

SKRIPSI FISIKA



**KARAKTERISASI KOEFISIEN SELEKTIF ELEKTRODA KAWAT
TERLAPIS (EKT) TERHADAP ION ASING NITRAT DAN NITRIT**

HELMA MANTING

H 211 01 003



UPT PERPUSDAKAS	
Tgl. Terima	31-5-6
Asal Dari	Fale MIPA.
Banyaknya	1 (satu) ek
Harga	H.
No. Inventaris	658/31-5-6
No. Kias	

**PROGRAM STUDI FISIKA JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2006



**KARAKTERISASI KOEFISIEN SELEKTIF ELEKTRODA KAWAT
TERLAPIS (EKT) TERHADAP ION ASING NITRAT DAN NITRIT**

Skripsi untuk melengkapi tugas-tugas dan memenuhi syarat untuk
mencapai gelar sarjana



HELMA MANTING

H 211 01 003

**PROGRAM STUDI FISIKA JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

MAKASSAR

2006

**KARAKTERISASI KOEFISIEN SELEKTIF ELEKTRODA KAWAT
TERLAPIS (EKT) TERHADAP ION ASING NITRAT DAN NITRIT**



Pembimbing Utama



DR. Nurlaela Rauf, M.Sc
NIP : 131 570 877

Pembimbing Pertama



Ir. Widji Ediologito, MT
NIP : 130 792 982

Pada Mei 2006

SARI BACAAN

Pada penelitian ini telah dibuat elektroda selektif ion fosfat tipe kawat terlapis yang berbasis Aliquot 336 H_2PO_4^- , Polyvinilchloride (PVC), Dioctylphthalate (DOP), dan Tetrahidrofuran (THF). Elektroda jenis ini memiliki harga faktor Nernst 31,4 mV/unit konsentrasi, dengan trayek pengukuran 1×10^{-7} M hingga 1×10^{-5} M, waktu respon rata-rata 10 - 11 detik. Elektroda ini bekerja baik pada pH 5 dalam larutan asam HNO_3 . Penentuan koefisien selektifitas dilakukan dengan metoda larutan terpisah dan metoda larutan tercampur.

Kata Kunci : Elektroda Selektif Ion, faktor Nernst, koefisien selektifitas



ABSTRACT

In this experiment a coated wire phosphat ion-selective electrodes based on Aliquot 336 H_2PO_4^- , Polyvinilchloride (PVC), Dioctylphthalate (DOP), and Tetrahydrofuran (THF). The electrode has Nernst factor value 31,4 mV/unit concentration, mean respon time 10 - 11 seconds. The electrode is working well at pH 5 in HNO_3 acid solution. Selectivity coefficient was determined by separated solution method and mixed solution method.

Key words : ion-selective electrode, Nernst factor, selectivity coefficient.



"Takut akan TUHAN adalah permulaan pengetahuan,
tetapi orang bodoh menghina hikmat dan didikan."

(Amsal 1 : 7)

Kupersembahkan ini untuk
Ayah dan Bundaku



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran *Tuhan Jesus Kristus* atas kasih-Nya yang selalu setia menjadi penolong dalam kesesakan, penopang dikala bimbang, penjaga hati dan jiwa, “pendengar setia semua keluh dan kesahku”, dan sumber kekuatan terbesarku. Ucapan terima kasih yang terdalem dari lubuk hati penulis haturkan kepada Ayahanda **Efrain Manting** dan Ibunda **Ludia L** atas segala doa dan usaha yang tak ternilai harganya serta kasih sayang dalam membesarkan dan mendidik penulis sampai seperti sekarang ini.

Dalam tugas akhir ini penulis telah banyak dibantu oleh banyak pihak, maka pada kesempatan ini perkenankan penulis untuk mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya Kepada yang terhormat :

- Ibu **Dra. Bidayatul Armynah, MT** sebagai penasehat akademik yang telah sabar mendidik, memberi nasehat, dan arahan selama penulis mengikuti pendidikan.
- Ibu **DR. Nurlaela Rauf, M.Sc**, selaku pembimbing utama yang telah sabar mendidik, memberi nasehat dan arahan dalam menyelesaikan tugas akhir hingga penulis dapat menyelesaikannya dengan baik.
- Bapak **Ir. Widji Edilogito, M.T**, selaku pembimbing pertama yang telah banyak mendidik, memberikan saran dan pikiran, serta kesabaran beliau dalam penyelesaian tugas akhir ini.

- Ibu DR. Sri Suryani, DEA, Bapak DR. Syamsir Dewang, M.Eng.Sc, dan Bapak Drs. Bualkar Abdullah, M.Eng, selaku dosen penguji atas segala kritik dan saran.
- Bapak dan Ibu dosen, Staf Jurusan dan Laboran atas segala kerjasamanya selama penulis menempuh pendidikan.
- My brothers Leo, Adi, dan Putra (*membre crew*) untuk doa, perhatian, kasih sayang, dan kebersamaan yang selalu ada.
- Untuk My Big Family “MANTING-MORO” atas doa dan bantuan yang selama ini diberikan kepada penulis.
- Untuk orang2 di Partam (*Mama, Mbak Saras, Mbak Wiwi’, Mas Tono “om dutanya Putra”, Mbak Nining, Mas Popi’, and begeges Titi*). Wesabbe Crew (*Yudith, Suzan, Bobby, Bika, Gatot, Dundu, Nona, Sastri (anak baru), My cousin Arthur (Bruthus)*) makaci ya untuk bantuannya selama ini, **Bhuyunk, Ika** (makaci ya de’ untuk semuanya, rajin belajar!!!, “langgeng terusss. Amien”) dan smua yang tak sempat ditulis pada lembaran ini “**kurresumanga buda-buda**” untuk doa, perhatian, dan kebersamaan yang selama ini terus terjaga.
- Saudara , sahabat terbaikku yang selalu ada disampingku, *Nhana, Arni, Mo2t, Wawa, Mule*, atas doa, segala bantuan, dorongan serta kebersamaannya yang tidak akan terlupakan. Satu yang pasti dari kalian saya belajar banyak hal “makaci tuk smuanya”. Semoga apa yang telah kita lakukan menjadi kenangan manis dan terindah dalam hidupku. Tak terlupakan untuk *Ocha (smangat ko !!!!!!!!!!!!!!!!)*,

Uni pingu (teman seperjuanganku, makaci untuk smuanya) dan Anti (thanks sudah temani ka' ambil data).

- Seluruh teman-teman seperjuangan '01, *Biah, Ata, Amma, Cida, Mira (yang slalu dibilang kembarku hehehe), Ame' (kecil item berkeringat, cayo amel!!!), Evi, Indra, Endas, Osfan, Dini, Ida, Fira, Egha, Ory, Jo, Murti, Idayati, Marni, Velma, Uni bondeng, Tari, Iin, Achank, Echank, Cullank (makaci sudah temani ka' begadang), Cullunk (makaci juga ko mau temani ka'), Muflich (My Shaggy akhirnya sa dapat pasangannya Scooby_koe), Acci (jagaiki temanku na!!), Yo2 (perasaan dulu namamu ichil deh) , Yoseph, Rahim, Ardy, Sarif, Udin, Ichal, Habibie, Marwan, Alim, Edy-tse, Wandy, Chandra, Ano, Arief, Desnat*, Kalian telah membuat hidupku lebih berwarna.
- Untuk senior-senior dan adik-adikku angkatan '02 - '05.

Mudah-mudahan Tuhan YME senantiasa memberikan petunjuk dan rahmat-Nya kepada semua pihak yang membantu penulis dan menjadi amal ibadah yang bernilai di sisi-Nya.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini jauh dari sempurna. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penulis menerima kritikan dan saran yang bersifat membangun.

Makassar , Mei 2006

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Judul	
Lembar Pengesahan.....	i
Sari bacaan	ii
Abstract	iii
Kata Pengantar	iv
Daftar Isi.....	vii
Daftar Tabel.....	x
Daftar Gambar	xi
Daftar Lampiran	xii
Bab I Pendahuluan.....	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Ruang Lingkup.....	2
I.3 Tujuan Penelitian	3
Bab II Tinjauan Pustaka	4
II.1 Metode Potensiometri.....	4
II.2 Elektroda Pembanding.....	5
II.3 Elektroda Indikator	6



II.3.1 Elektroda Indikator Logam.....	7
II.3.2 Elektroda Indikator Membran.....	7
II.4 Elektroda Selektif Ion (ESI)	8
II.4.1 Sifat Membran Selektif Ion	10
II.4.2 Klasifikasi Elektroda Selektif Ion (ESI).....	11
II.4.3 Prinsip Timbulnya Potensial.....	13
II.4.4 Prinsip Pengukuran ESI.....	17
II.5 Kualitas Elektroda Selektif Ion (ESI).....	18
II.5.1 Faktor Nernst dan Trayek Pengukuran.....	19
II.5.2 Waktu Tanggap (Respon Time).....	19
II.5.3 Koefisien Selektifitas	20
II.6 Nitrat (NO_3^-)	24
II.7 Nitrit (NO_2^-).....	25
Bab III Metodologi Penelitian.....	26
III.1 Alat dan Bahan	26
III.1.1 Alat	26
III.1.2 Bahan.....	27
III.2 Prosedur Kerja.....	28
III.2.1 Pembuatan Larutan.....	28
III.2.1.1 Pembuatan Larutan Induk H_2PO_4^-	28
III.2.1.2 Pembuatan Larutan Aliquot Fosfat.....	28
III.2.1.3 Pembuatan Larutan Asing	28

III.2.2 Pembuatan Membran Elektroda	29
III.2.3 Pembuatan Elektroda	29
III.3 Uji Kualitas ESI.....	30
III.3.1 Faktor Nernst dan Trayek Pengukuran.....	30
III.3.2 WaktuTanggap (Respon Time)	31
III.3.3 Pengaruh pH.....	31
III.3.4 Koefisien Selektifitas	32
III.4 Bagan Alir Penelitian	33
III.5 Set-up Penelitian.....	34
Bab IV Hasil dan Pembahasan	35
IV.1 Komposisi Optimum Membran	35
IV.2 Faktor Nernst dan Trayek Pengukuran	35
IV.3 Waktu Tanggap (<i>Time Respon</i>).....	38
IV.4 Pengaruh pH.....	39
IV.5 Koefisien Selektifitas	40
Bab V Penutup.....	43
V.1 Kesimpulan.....	43
V.2 Saran	44

Daftar Pustaka

Lampiran

DAFTAR TABEL

Tabel		Halaman
I	Faktor Nernst dan trayek pengukuran.....	36
II	Waktu tanggap ESI untuk berbagai konsentrasi	37
III	Harga faktor Nernst pada berbagai pH.....	39
IV	Nilai koefisien selektifitas ESI fosfat dengan metoda larutan terpisah.....	40
V	Nilai koefisien selektifitas ESI fosfat dengan metoda larutan tercampur.....	41

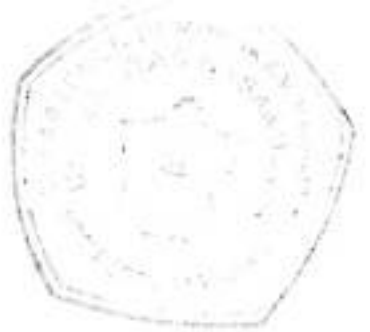
DAFTAR GAMBAR

Gambar		Halaman
1	Konstruksi ESI tipe kawat terlapis	11
2	Antar muka elektrolit-elektrolit.....	14
3	Grafik hubungan konsentrasi dan potensial	17
4	Rangkaian peralatan dalam pengukuran ESI.....	18
5	Kurva potensial elektroda terhadap – Log konsentrasi H_2PO_4^- untuk penentuan faktor Nernst dan trayek pengukuran.....	37

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran

- A Pengukuran potensial pada pH 3
- B Pengukuran potensial pada pH 4
- C Pengukuran potensial pada pH 6
- D Contoh perhitungan koefisien selektifitas dengan metoda larutan terpisah
- E Harga koefisien selektifitas ESI fosfat terhadap ion nitrat dengan metoda larutan terpisah
- F Harga koefisien selektifitas ESI fosfat terhadap ion nitrit dengan metoda larutan terpisah
- G Contoh perhitungan koefisien selektifitas dengan metoda larutan tercampur
- H Harga koefisien selektifitas ESI fosfat terhadap ion nitrat dengan metoda larutan tercampur
- I Harga koefisien selektifitas ESI fosfat terhadap ion nitrit dengan metoda larutan tercampur
- J Gambar ESI fosfat tipe kawat terlapis dan perangkat pengukuran



BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, sistem pengukuran dan instrumentasi semakin memegang peranan penting dalam kehidupan manusia. Salah satu elemen penting dari sistem tersebut adalah sensor, yang berfungsi untuk mengubah sinyal non listrik menjadi sinyal listrik.⁽¹⁾

Suatu instrumen yang mengubah energi kimia ke bentuk energi listrik dikenal sebagai transduser fisik. Peralatan untuk mengubah suatu energi kimia ke energi listrik yang berfungsi sebagai transduser misalnya yaitu elektroda amperometrik, elektroda potensiometrik, semikonduktor, termometrik, fotometrik, piezoelektrik.⁽²⁾

Elektroda selektif ion (ESI) merupakan salah satu contohnya, yang berfungsi untuk mendeteksi ion tertentu dalam suatu larutan. Penggunaan elektroda selektif ion sangatlah luas mulai analisis ion-ion anorganik sampai organik kompleks, dalam bidang kimia analisis, pengukuran biomedis, mengontrol polusi, geologi, oseanografi, serta kontrol industri.⁽³⁾

Nitrat dan nitrit merupakan senyawa anorganik yang mempunyai peranan dalam kehidupan manusia. Senyawa-senyawa ini dapat menyebabkan polusi pada lingkungan utamanya pada air. Konsumsi air yang kadar nitrat 45 ppm dan nitritnya berlebih dapat menimbulkan dampak negatif bagi manusia. Oleh karena itu, dengan elektroda kawat terlapis ini dapat digunakan untuk mendeteksi kadar ion nitrat dan nitrit yang terdapat dalam air.

I.2 Ruang Lingkup

Pada penelitian ini dibuat elektroda kawat terlapis yang merupakan elektroda membran yang selektif terhadap ion fosfat. Elektroda dibuat dengan melapisi kawat platina dengan pasangan ionik aliquot H_2PO_4^- yang digabungkan dalam suatu matriks *Polyvinilchloride* (PVC), *Diocetylphthalate* (DOP), *Tetrahydrofuran* (THF). Uji kualitas elektroda meliputi faktor Nernst dan trayek pengukuran, waktu tanggap, pengaruh pH, dan koefisien selektifitas dengan dua macam metoda yaitu metoda larutan terpisah dan metoda larutan tercampur.

I.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Membuat ESI fosfat tipe kawat terlapis.
2. Mengukur tegangan keluaran, waktu tanggap, dan pengaruh pH.
3. Menghitung koefisien selektifitas elektroda kawat terlapis terhadap ion nitrat dan nitrit.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Metoda Potensiometri

Metoda potensiometri adalah salah satu teknik analisis yang berdasarkan hubungan antara potensial sel dengan konsentrasi atau aktifitas spesi kimia di dalam suatu sel. Perkembangan metoda potensiometri cukup pesat, hal ini disebabkan oleh kesesuaian kebutuhan analisis yang relatif cepat, murah dan hasil analisis cukup akurat. Peralatan yang penting dalam pengukuran potensiometri adalah sebuah elektroda kerja (elektroda indikator) yang dapat berupa elektroda selektif ion (ESI), sebuah elektroda pembanding, dan pengukur potensial yaitu mV/pH meter yang mempunyai impedansi cukup tinggi dan dapat membaca potensial sampai 0,1 mV.⁽³⁾

Sel dimana reaksi kimia muncul secara spontan dan menghasilkan energi listrik disebut sel galvanik atau sel volta. Gaya gerak listrik (ggl) diukur dalam satuan volt dan disebut sebagai voltase atau potensial dari sel tersebut. Satu volt adalah gaya gerak listrik (ggl) yang diperlukan untuk memberikan satu joule (J) energi pada sebuah muatan listrik sebesar satu coulomb (C) :⁽⁴⁾

$$1 V = 1 J/C \quad \dots\dots\dots(2.1)$$

Harus diingat bahwa muatan sebuah elektron adalah $1,60 \times 10^{-19} C$ dan $1 C/s$ adalah satu ampere (A), satuan untuk arus. Selain itu, muatan dari 1 mol elektron disebut Faraday adalah $96.500 C$.⁽⁴⁾

II.2 Elektroda Perbandingan

Didalam beberapa penggunaan analisis elektrokimia, diperlukan suatu elektroda dengan harga potensial setengah sel yang diketahui, konstan, dan tidak peka terhadap komposisi larutan yang sedang diselidiki. Suatu elektroda yang memenuhi persyaratan di atas disebut elektroda perbandingan (*reference electrode*).⁽⁵⁾

Elektroda perbandingan berfungsi sebagai acuan (*ground*) pada pengukuran potensial yang disebabkan oleh ion-ion dalam larutan, dan tidak sensitif terhadap ion-ion dalam larutan.⁽⁶⁾

Beberapa contoh elektroda perbandingan yang digunakan, antara lain :

1. Elektroda Kalomel

Elektroda ini terdiri dari lapisan *Hg* yang ditutupi dengan pasta merkuri (*Hg*), merkuri klorida/ kalomel (Hg_2Cl_2) dan Kalium klorida (*KCl*). Suatu larutan yang akan dideteksi bersentuhan dengan *KCl* dan Hg_2Cl_2 dalam larutan jenuh. Kontak

elektrik terjadi antara larutan yang diukur dengan larutan jenuh melalui pori-pori.

Potensial elektroda kalomel yang jenuh pada 25°C adalah $0,244\text{ V}$.⁽⁷⁾

2. Elektroda Perak/Perak Klorida ($\text{Ag}/\text{Ag Cl}$)

Elektroda pembanding yang mirip dengan elektroda kalomel, terdiri dari suatu elektroda perak (Ag) yang dicelupkan ke dalam larutan KCl yang dijenuhkan dengan AgCl . Biasanya elektroda ini terbuat dari suatu larutan jenuh atau $3,5\text{ M KCl}$ yang harga potensialnya adalah $0,199\text{ V}$ (jenuh) dan $0,205\text{ V}$ pada suhu 25°C . Elektroda ini dapat digunakan pada suhu tinggi.⁽⁵⁾

3. Elektroda Emas

Elektroda ini terbuat dari kawat emas yang inert terhadap larutan, tidak mempengaruhi dan mengambil bagian pada reaksi larutan. Elektroda ini langsung bersentuhan dengan larutan yang dideteksi.⁽⁷⁾

II.3 Elektroda Indikator

Elektroda indikator atau elektroda kerja adalah elektroda yang potensialnya merupakan fungsi dari aktifitas (konsentrasi) dari analit. Elektroda indikator terbagi menjadi dua kategori, yaitu elektroda logam dan elektroda membran.⁽⁵⁾

II.3.1 Elektroda Indikator Logam

Elektroda logam dapat dikelompokkan ke dalam elektroda jenis pertama (*first kind*), elektroda jenis kedua (*second kind*), elektroda jenis ketiga (*third kind*), dan elektroda redoks.⁽⁵⁾

Elektroda jenis pertama (*first kind*) adalah elektroda yang langsung berkesinambungan dengan kation yang berasal dari elektroda logam tersebut, contohnya elektroda tembaga. Elektroda jenis kedua (*second kind*) adalah elektroda yang harga potensialnya bergantung pada konsentrasi suatu anion dengan ion yang berasal dari elektroda membentuk endapan atau ion kompleks yang stabil, contohnya elektroda perak. Elektroda jenis ketiga (*third kind*) adalah elektroda logam yang harga potensialnya bergantung pada konsentrasi ion lain, contohnya elektroda Hg. Elektroda redoks adalah elektroda logam yang bertindak sebagai indikator pada reaksi redoks, contohnya logam-logam mulia seperti platina, emas, dan palladium.⁽⁵⁾

II.3.2 Elektroda Indikator Membran

Elektroda membran seringkali disebut elektroda selektif ion (ESI) karena elektroda ini memiliki selektifitas yang lebih besar terhadap ion tertentu dibanding ion lainnya. Elektroda membran juga dikenal sebagai elektroda pIon karena hasil pengukurannya dicatat sebagai suatu fungsi-p, seperti pH, pCa, atau pNO₃.⁽⁸⁾

Membran yang digunakan untuk elektroda selektif ion ini dapat diklasifikasikan berdasarkan komposisi kimia atau fisika membran, yaitu elektroda membran kristalin dan elektroda membran non kristalin.⁽⁸⁾

Elektroda membran kristalin terbagi menjadi dua, yaitu kristal tunggal dan polikristalin atau kristal campuran. Contohnya kristal tunggal adalah LiF_3 untuk F^- , sedangkan polikristalin adalah Ag_2S untuk S^{2-} dan Ag^+ .⁽³⁾

Elektroda membran non kristalin terbagi menjadi tiga, yaitu gelas, cairan, dan cairan polimer. Contoh elektroda membran gelas adalah gelas silikat untuk Na^+ dan H^+ . Contoh elektroda membran cairan adalah cairan penukar ion untuk Ca^{2+} dan pembawa netral untuk K^+ . Contoh untuk elektroda membran cairan polimer adalah *polyvinilchloride* (PVC) untuk Ca^{2+} dan NO^- .⁽⁵⁾

II.4 Elektroda Selektif Ion

Elektroda selektif ion (ESI) adalah suatu piranti alat ukur yang digunakan untuk menentukan ion secara kuantitatif, dengan membran sebagai sensor kimia yang potensialnya berubah secara reversibel terhadap keaktifan ion yang ditentukan.⁽⁹⁾

Membran secara fisik didefinisikan sebagai lempeng elastis berdimensi dua⁽¹⁰⁾, sedangkan secara kimia didefinisikan sebagai suatu lapisan penghantar muatan yang memisahkan larutan sampel dengan larutan bagian dalam membran serta mengatur

pergerakan ionik dari kedua larutan yang dipisahkan. Pergerakan spesi ini menyebabkan gradien aktifitas ion, selanjutnya menimbulkan potensial yang terukur sebagai beda potensial membran elektroda selektif ion dengan elektroda pembanding.⁽¹¹⁾

Membran merupakan bagian yang terpenting dari suatu ESI karena berfungsi sebagai sensor ion tertentu disebut juga sebagai membran selektif ion⁽¹²⁾. Membran dapat dibedakan atas :

1. Membran ESI menurut gambaran elektrokimia

- a. Membran berpori adalah lapisan membran yang memisahkan difusi kation dan anion dari kedua fasa. Ion-ion yang mempunyai ukuran sama atau lebih kecil dari pori-pori membran dapat melalui, sedang yang berukuran besar ditahan. Potensial membran yang ditimbulkan oleh perbedaan difusi ion-ion tersebut.⁽¹²⁾
- b. Membran permiselektif adalah membran yang mempunyai matrik dengan gugus ionik berkedudukan tetap, sehingga membran tersebut bermuatan tetap.⁽¹²⁾
- c. Membran spesifik ion adalah membran yang memiliki sifat sama dengan membran permiselektif, namun yang ditranspor adalah ion tertentu yang dapat mengadakan pertukaran spesifik saja, sedang ion lain tidak dapat.⁽¹²⁾



2. Membran ESI menurut struktur

- a. Membran homogen adalah membran yang hanya terdiri dari satu macam bahan aktif yang memberikan respon terhadap sifat elektrokimia. Bahan aktif membran ini dapat dibuat dari pencampuran bahan partikel amorf, polikristal, atau pertumbuhan suatu kristal tunggal yang selanjutnya ditekan menjadi suatu membran.⁽¹²⁾
- b. Membran heterogen adalah membran yang terdiri dari bahan aktif dan bahan pendukung (matrik) yang inert.⁽¹²⁾

II.4.1 Sifat Membran Selektif Ion

Semua membran selektif ion memiliki sifat umum yang tertuju pada sensitivitas dan selektifitas elektroda membran terhadap kation dan anion. Sifat tersebut adalah sebagai berikut :⁽⁷⁾

1. Kelarutan minimum

Sifat yang terpenting dari suatu medium selektif ion adalah kelarutannya dalam larutan analit mendekati nol.

2. Konduktivitas listrik

Suatu membran harus menunjukkan konduktivitas listrik, walaupun kecil. Secara keseluruhan konduksi ini dalam bentuk migrasi dari ion bermuatan tunggal melalui membran.

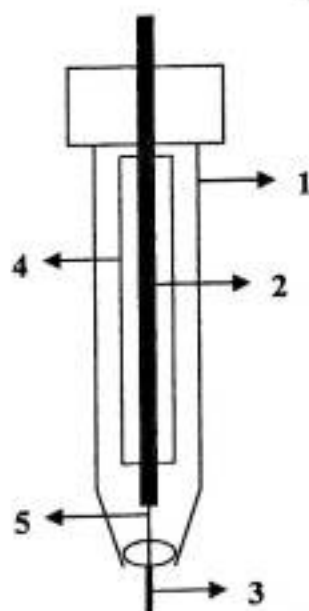
3. Reaktivitas selektif dengan analit

Suatu membran atau beberapa spesi yang terkandung dalam matrik membran harus bisa mengikat secara selektif ion analit. Tiga tipe dari pengikatan adalah penukar ion, kristalisasi, dan kompleksasi. Pengikatan dengan tipe penukar ion dan kristalisasi lebih umum terjadi.

II.4.2 Klasifikasi Elektroda Selektif Ion (ESI)

Elektroda selektif ion diklasifikasikan kedalam dua tipe, yaitu :

1. ESI tipe kawat berlapis



Keterangan :

1. Tabung tip biru
2. Kawat Cu
3. Membran
4. Polietilen
5. Kawat Platina

Gambar 1. Konstruksi ESI tipe kawat berlapis
(Sumber: Artha Lina, Pembuatan dan Karakterisasi ESI Tipe Kawat Berlapis, 2001)

ESI tipe kawat telapis pada umumnya memberikan respon potensial maksimal setelah diprakondisikan dalam larutan ion yang disensornya pada saat pertama kali.⁽¹³⁾

ESI tipe kawat terlapisi menggunakan membran yang terdiri dari bahan aktif yang diamobilisasi pada matriks PVC dan dilapiskan pada kawat platina. ESI tipe ini dapat dibuat selektif terhadap kation, anion atau senyawa netral bergantung pada zat aktif yang dimobilisasi di dalam membran. Bahan elektroaktif yang umum digunakan adalah senyawa organik yang merupakan cairan penukar ion. Salah satu senyawa yang umum digunakan adalah Aliquot 336 S, yaitu kation metiltrioktilamonium.⁽⁸⁾

Kelebihan ESI tipe kawat terlapisi antara lain : berukuran kecil (1-2 mm), hanya perlu volume sampel sedikit, konstruksinya sederhana sehingga mudah dibuat, harga relatif murah serta dapat digunakan sekali pakai, dapat digunakan dalam posisi miring. Kelemahan ESI ini secara teoritis adalah sistem redoks yang terjadi pada antarmuka konduktor-membran belum diketahui dan harganya tidak menentu.⁽¹¹⁾

2. ESI tipe tabung

Susunan sistem elektrokimia pengukuran aktivitas ion dalam larutan sampel secara potensiometri menggunakan ESI konvensional tipe tabung. Sistem terdiri dari suatu membran, larutan pembanding dalam berkomposisi tetap dan sebuah elektroda pembanding dalam, yang menyusun suatu elektroda bermembran selektif ion tipe tabung (sebagai elektroda indikator). Elektroda indikator ini dan sebuah elektroda

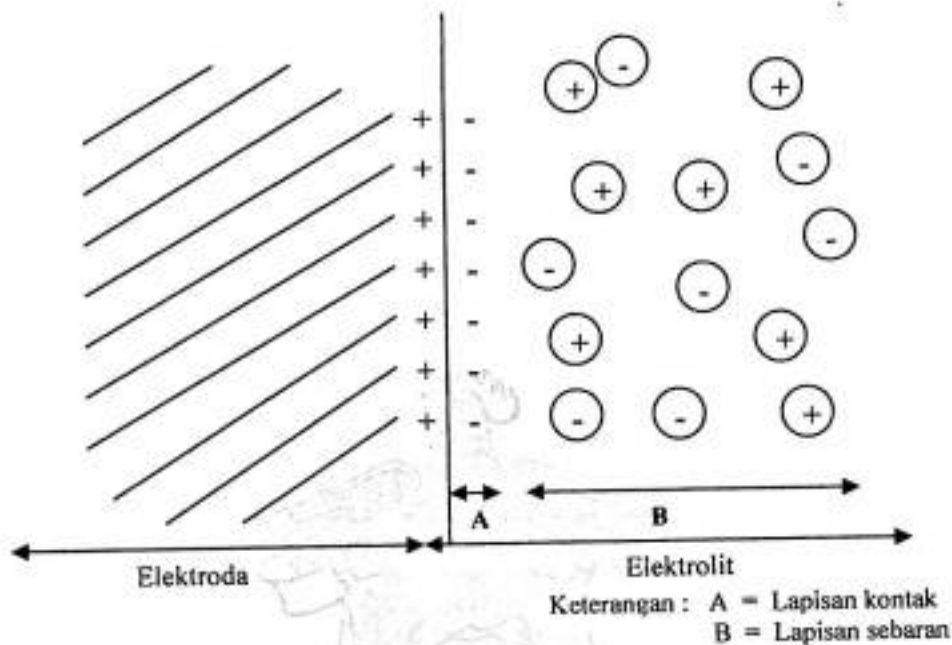
pembanding luar yang konstan dengan analit menghasilkan potensial sel yang harganya sama dengan jumlah semua beda potensial listrik yang timbul dibagian dalam susunan elektroda bermembran selektif ion (ESI).⁽¹¹⁾

II.4.3 Prinsip timbulnya potensial

Elektroda yang dibuat pada penelitian ini adalah elektroda kawat berlapis yang merupakan elektroda membran. Potensial timbul pada elektroda membran akibat sensitivitas membran terhadap ion tertentu.⁽⁸⁾ Prinsip timbulnya potensial pada elektroda membran secara sederhana sebagai berikut :

Ketika elektroda membran dimasukkan ke dalam larutan elektrolit, di sekitar permukaan elektroda yang bersentuhan dengan elektrolit akan terbentuk lapisan Helmholtz. Pada lapisan ini terdapat muatan yaitu ion-ion dari elektrolit yang menempel pada permukaan elektroda yang bermuatan berlawanan.

Stern mengembangkan konsep lapisan muatan dalam elektrolit di dua daerah muatan, yaitu lapisan kontak (*contact layer*) yang dibentuk oleh ion-ion terdekat dengan permukaan elektroda dan disebut IHP (*Inner Helmholtz Plane*), dan lapisan sebaran (*diffuse layer*) yang agak jauh dari antar muka. Lapisan kontak memiliki gaya elektrostatik lebih besar daripada lapisan sebaran.



Gambar 2. Antar muka elektrolit-elektrolit
 (Sumber: Artha Lina, Pembuatan dan Karakterisasi ESI Tipe Kawat Terlapis, 2001)

Kondisi yang sama digunakan untuk menerangkan antar muka membran dalam larutan elektrolit. Muatan yang terbentuk pada lapisan tergantung pada komposisi membran dan konsentrasi larutan elektrolit.

Aktifitas ion-ion dalam suatu larutan sederhana dengan anion dan kation tunggal dipengaruhi oleh konsentrasinya, seperti persamaan berikut :⁽⁴⁾

$$a_{\pm} = \gamma_{\pm} C \dots\dots\dots(2.2)$$

dengan:

a_{\pm} = aktifitas anion dan kation

γ_{\pm} = koefisien aktifitas kation dan anion

C = konsentrasi

Pada elektroda yang dimasukkan dalam larutan elektrolit akan terjadi kesetimbangan dengan potensial kesetimbangan yang dinyatakan dalam persamaan Nernst. Potensial antar muka membran dan elektrolit yang sering disebut sebagai potensial Nernst dapat dituliskan sebagai berikut : ⁽⁴⁾

$$E = E_o \pm \left(\frac{RT}{zF} \right) \ln a \quad \dots\dots\dots(2.3)$$

dengan:

E_o = Perbedaan potensial kimia standar antara membran dan elektrolit yang berharga tetap

R = Konstanta Rybert (8,316 J/mol K)

T = Temperatur tetap (298 K)

F = Konstanta Faraday (96.500 C)

a = aktifitas ion

z = muatan ion

Potensial yang dihasilkan antara membran dan elektroda acuan adalah ukuran konsentrasi dari aktivitas ion yang diukur. Seperti konsentrasi dari ion yang bereaksi dengan elektroda sensitif ion, demikian juga potensial yang diukur kedua elektroda.

Seperti yang diuraikan dalam persamaan Nernst, hubungan antara potensial elektroda yang terukur E dengan aktifitas ion dalam larutan adalah linear mengikuti persamaan: ⁽⁴⁾

$$E = E_o - S \log a \quad \dots\dots\dots(2.4)$$

dengan:

E = Potensial yang diukur

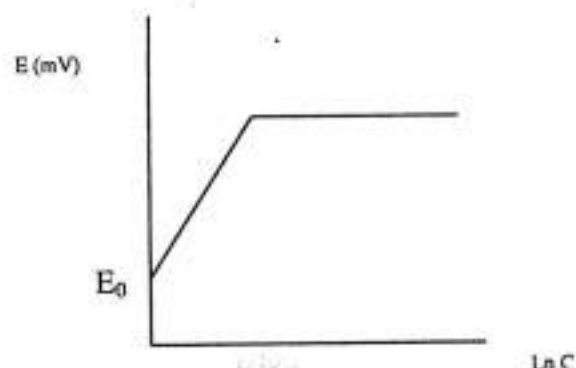
E_o = Potensial standar untuk kombinasi dua bagian sel

S = Faktor Nernst

Anggap bahwa kekuatan ionik hampir konstan. Persamaan Nernst harus ditulis ulang untuk memberikan respon elektroda untuk konsentrasi, C , pada jenis ionik yang diukur: ⁽⁴⁾

$$E = E_o - S \log C \quad \dots\dots\dots(2.5)$$

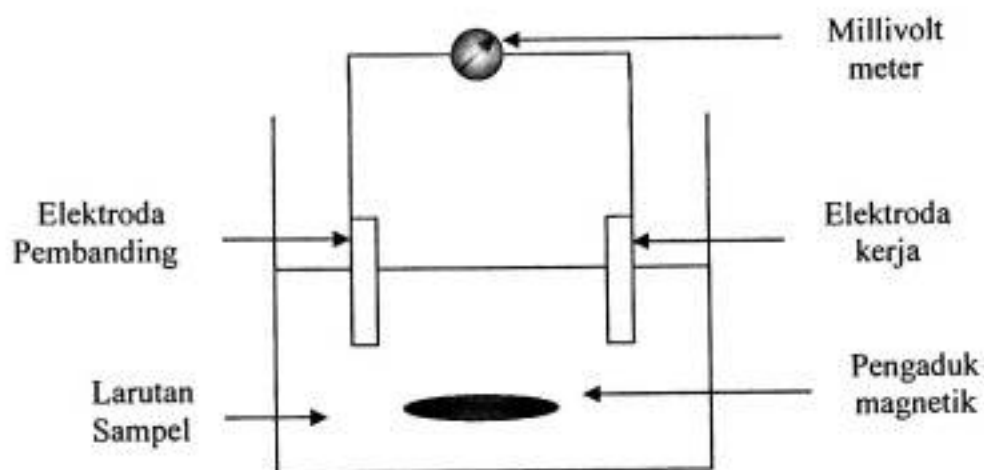
Berdasarkan persamaan diatas didapat grafik hubungan antara konsentrasi dengan tegangan sebagai berikut: ⁽⁴⁾



Gambar 3. Grafik hubungan Konsentrasi (C) dan Potensial (E)
 (Sumber : Rahmat M, Pembuatan dan Studi Kinerja Elektroda Selektif Ion Kobal (II) dengan Bahan Aktif Di(2-Ethylhexyl) Phosphoric Acid (D2EHPA), 2002)

II.4.4 Prinsip Pengukuran ESI

Potensial suatu ESI ditentukan dengan menggunakan elektroda pembanding, misalnya elektroda Perak/Perak Klorida (Ag/AgCl). Adapun rangkaian yang digunakan dalam pengukuran adalah sebagai berikut :⁽³⁾



Gambar 4. Rangkaian peralatan dalam pengukuran ESI
 (Sumber : Rahmat M, Pembuatan dan Studi Kinerja Elektroda Selektif Ion Kobal (II) dengan Bahan Aktif Di(2-Ethylhexyl) Phosphoric Acid (D2EHPA), 2002)

II.5 Kualitas Elektroda Selektif Ion (ESI)

Kualitas kinerja suatu ESI ditentukan oleh besaran-besaran karakteristik yang meliputi faktor Nernst dan trayek pengukuran, limit deteksi, waktu tanggap (*respon time*), usia pemakaian (*life time*), pengaruh pH, serta koefisien selektifitas terhadap ion-ion asing. Besaran-besaran tersebut perlu ditentukan untuk setiap elektroda karena menentukan kelayakan suatu elektroda bermembran.⁽³⁾

II.5.1 Faktor Nernst dan trayek pengukuran

Dalam pengukuran potensial elektroda yang menggunakan ESI yang tercelup dalam larutan anion i biasanya dibuat kurva hubungan antara potensial E terhadap logaritma aktifitas ion yang ada dalam larutan sesuai dengan persamaan di bawah ini:⁽³⁾

$$E = E_o - S \log a_i \quad \dots\dots\dots(2.6)$$

dimana :

E_o = Tetapan

S = Faktor Nernst yang setara dengan $\frac{2,303 RT}{zF}$

a = Aktifitas ion



II.5.2 Waktu tanggap (*Respon time*)

Waktu tanggap (*respon time*) adalah waktu yang diperlukan suatu ESI untuk memberikan respon potensial yang konstan. Makin cepat elektroda memberi respon potensial yang konstan, makin baik elektroda tersebut. Waktu tanggap dipengaruhi oleh konsentrasi analit dan pengadukan yang berfungsi untuk mempercepat proses kesetimbangan.⁽³⁾



II.5.3 Koefisien Selektifitas

Tidak ada ESI yang hanya merespon ion utama yang ditentukan saja, namun dapat merespon terhadap ion-ion lain yang terdapat dalam cuplikan. Meskipun ESI telah dirancang sedemikian rupa sehingga diharapkan memberikan respon hanya pada ion yang ditentukan saja. Sifat permiselektif dari membran menyebabkan ESI akan merespon terhadap ion utama dan ion asing yang terdapat cuplikan.⁽³⁾

Derajat selektifitas ESI terhadap ion utama i dengan ion pengganggu j dinyatakan dengan koefisien selektifitas K_{ij} . Hubungan antara potensial yang diukur dengan selektifitas elektroda dalam larutan diberikan oleh persamaan berikut :^(3,8)

$$E = E_o \pm \frac{2,303 RT}{z_i F} \log \left\{ a_i + \sum K_{ij} (a_j)^{(z_i/z_j)} \right\} \dots\dots\dots(2.7)$$

dengan :

a_i = keaktifan ion utama

a_j = keaktifan ion asing

z_i = muatan ion utama

z_j = muatan ion asing

K_{ij} = koefisien selektifitas ion i terhadap ion j

Bila $a_i > K_{ij} a_j^{(z_i/z_j)}$ dan $K_{ij} = 0$, maka ion asing tersebut tidak mengganggu. Jika elektroda sangat selektif terhadap ion i daripada j , maka $K_{ij} < 1$. Sebaliknya jika

elektroda sangat selektif terhadap ion j daripada ion i , maka $K_{ij} > 1$. harga K_{ij} tidak pernah konstan untuk aktifitas ion i dan ion j . Variasi harga K_{ij} tergantung respon elektroda dan lingkungan ion dalam larutan.⁽³⁾

$\frac{2,303RT}{zF}$ adalah nilai faktor Nernst, jika ion utama adalah kation maka faktor Nernst bernilai positif (+) dan bernilai negatif (-) jika ion utama adalah anion.

Ada dua metoda yang dapat digunakan untuk menentukan harga koefisien selektifitas, yaitu metoda larutan terpisah dan metoda larutan tercampur.

1. Metoda larutan terpisah

Pada metoda larutan terpisah potensial elektroda yang diukur dalam larutan yang mengandung ion utama i tanpa adanya ion j . Kemudian dalam larutan yang mengandung ion asing j tanpa adanya ion utama i .⁽⁸⁾

Potensial yang diberikan oleh ion utama adalah :^(3, 8)

$$E_i = E_o - \frac{2,303RT}{z_i F} \log a_i \quad \dots\dots\dots(2.8)$$

Potensial yang hanya mengandung ion asing adalah :^(3,8)

$$E_j = E_o - \frac{2,303RT}{z_j F} \log K_{ij} a_j^{(z_i/z_j)} \quad \dots\dots\dots(2.9)$$

Dengan mengurangi persamaan (2.9) dan persamaan (2.8), diperoleh persamaan :
(3, 8)

$$E_j - E_i = - \frac{2,303RT}{z_j F} \log \frac{K_{ij} a_j^{(z_i/z_j)}}{a_i} \quad \dots\dots\dots(2.10)$$

Dengan mensubstitusikan tetapan gas ideal R = 8,314 J/mol K, tetapan Faraday F = 96.500 C, dan suhu mutlak T = 298 K ke dalam persamaan (2.10), maka diperoleh persamaan :^(3, 8)

$$K_{ij} = \frac{10^{\Delta E / -0,059} a_i}{a_j^{(z_i/z_j)}} \quad \dots\dots\dots(2.11)$$

dimana : $\Delta E = E_j - E_i$

Metoda ini sederhana, tetapi kurang baik karena penentuan potensial E (mV) dilakukan pada kondisi yang berbeda. Karenanya harga K_{ij} yang diperoleh tidak mempunyai kedapat ulangan yang baik (tidak reproduibel).⁽³⁾

2. Metoda larutan tercampur

Pada metoda larutan tercampur potensial elektroda ditentukan dalam larutan yang mengandung ion utama i dengan keaktifan a_i tetap dan ion asing dengan keaktifan a_j bervariasi atau sebaliknya a_j tetap dan a_i bervariasi.⁽³⁾

Potensial yang dihasilkan larutan campuran diberikan oleh persamaan :^(3, 8)

$$E_j = E_o - \frac{2,303 RT}{z_i F} \log \left\{ a_i + \sum K_y (a_j)^{(z_i/z_j)} \right\} \dots\dots\dots(2.12)$$

Dengan mengurangkan persamaan (2.12) dan persamaan (2.8) diperoleh persamaan :
(3, 8)

$$E_j - E_i = -\frac{2,303 RT}{z_i F} \log \frac{a_i + K_y a_j^{(z_i/z_j)}}{a_i} \dots\dots\dots(2.13)$$

Dengan mensubstitusi nilai R, F, dan T ke dalam persamaan (2.13), maka diperoleh persamaan berikut :^(3, 8)

$$K_y = \frac{a_i (10^{\Delta E / -0,059} - 1)}{a_j^{(z_i/z_j)}} \dots\dots\dots(2.14)$$

Persamaan di atas memberikan hubungan antara aktifitas ion utama, ion asing, dan koefisien selektifitas sehingga dapat digunakan untuk menentukan koefisien selektifitas.⁽⁸⁾

II.6 Nitrat

Nitrat merupakan senyawa anorganik. Ion nitrat adalah senyawa poliatomik dengan rumus kimia NO_3^- dan dasar konyugasinya dari asam nitrit. Nitrat banyak terdapat dalam air. Adanya nitrat dalam air berkaitan dengan siklus nitrogen di alam.⁽¹⁴⁾

Nitrat dapat terbentuk karena tiga proses, yaitu badai listrik, organisme pengikat nitrogen, dan bakteri yang menggunakan amoniak. Jika manusia membuang kotoran dalam air, maka proses ketiga akan meningkat, karena kotoran mengandung banyak amoniak.⁽¹⁴⁾

Sumber nitrat sukar dilacak di sungai atau danau. Karena merupakan nutrien, nitrat mempercepat tumbuh plankton. Jika kandungan nitrat sudah mencapai 45 bpj (bagian per juta) akan berbahaya untuk dikonsumsi. Nitrat menyebabkan air lekas tua, menurunkan oksigen terlarut, penurunan populasi ikan, bau busuk, rasa tidak enak, dan kurang sehat untuk rekreasi.⁽¹⁴⁾

II.7 Nitrit

Nitrit merupakan senyawa anorganik. Ion nitrit adalah senyawa poliatomik dengan rumus kimia NO_2^- . Nitrit menunjukkan jumlah zat nitrogen yang hanya sebagian saja mengalami oksidasi. Dengan demikian nitrit merupakan suatu tingkat peralihan dalam proses perubahan zat organik kedalam bentuk tetap.⁽¹⁵⁾

Nitrit tidak dapat diketemukan dalam air limbah yang baru kecuali dalam jumlah kecil sekali, akan tetapi di dalam air limbah yang sudah lama (basi), nitrit dapat saja lebih unggul. Nitrogen nitrit jarang terjadi dalam konsentrasi-konsentrasi yang lebih besar dari 1 mg/L di dalam air limbah dan selokan-selokan, tetapi apabila saringan kecil meluap atau apabila pengaturan air limbah salah, nitrit cenderung untuk meningkat, mungkin disebabkan karena oksidasi amoniak yang tidak lengkap atau karena menurunnya NO_3^- menjadi NO_2^- . Terdapatnya nitrit dengan demikian menunjukkan pembersihan air limbah yang tidak sempurna.⁽¹⁵⁾



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

III.1 Alat dan Bahan

III.1.1 Alat

Adapun alat-alat yang digunakan, yaitu :

- mV/pH meter Orion 720 A untuk menentukan potensial dan pH larutan.
- Elektroda kaca sebagai elektroda kerja untuk menentukan pH larutan.
- Elektroda Perak/Perak Klorida (Ag/AgCl) sebagai elektroda pembanding.
- Neraca analitik digital untuk menimbang bahan-bahan kimia.
- Pengaduk magnetik untuk mengaduk/menghomogenkan larutan selama pengukuran.
- Kaca transparan 5 mm untuk tempat membuat membran.
- Stopwatch untuk menentukan waktu tanggap ESI.
- Alat-alat gelas yang umum digunakan di laboratorium.

III.1.2 Bahan

Adapun bahan-bahan yang digunakan, yaitu :

- Tip biru ukuran 2 mL sebagai badan elektroda.
- Kawat platina (diameter 0,2 mm, 99,95 %) untuk pembuatan elektroda pembanding dalam.
- Kawat tembaga untuk sebagai konduktor.
- Plastik polietilen untuk membungkus kawat tembaga.
- Kabel koaksial sebagai penghubung elektroda kerja dengan mV/pH meter Orion 720 A.
- KH_2PO_4 sebagai bahan pembuatan larutan induk H_2PO_4^- .
- Aliquot 336 H_2PO_4^- untuk pembuatan membran.
- Polyvinilchloride (PVC) sebagai pengikat dalam pembuatan membran.
- Dioctylphthalate (DOP) untuk meningkatkan kekuatan dan fleksibilitas membran.
- Tetrahidrofur (THF) untuk melarutkan Polivinilklorida (PVC) selama pembuatan membran.
- NaNO_3 untuk pembuatan larutan asing NO_3^- (Nitrat).
- NaNO_2 untuk pembuatan larutan asing NO_2^- (Nitrit).
- HNO_3 untuk menurunkan pH larutan.
- Aquades sebagai pelarut.

III.2 Prosedur Kerja

III.2.1 Pembuatan larutan

III.2.1.1 Pembuatan larutan induk (H_2PO_4^-)

Larutan yang digunakan sebagai larutan standar adalah larutan KH_2PO_4 dengan konsentrasi 0,1 M dalam keadaan jenuh dan dilakukan pengenceran sampai konsentrasi 1×10^{-4} M untuk pengukuran tegangan tiap konsentrasi.

III.2.1.2 Pembuatan larutan Aliquot 336 Fosfat

Sebanyak 12,5 ml aliquot 336 dimasukkan ke dalam corong pemisah. Tambahkan 10 ml KH_2PO_4 1 M ke dalamnya, kemudian kocok sampai terjadi pertukaran anion Cl^- dari gugus aliquot dengan H_2PO_4^- . Ekstraksi dilakukan hingga tercapai penukaran anion secara sempurna. Uji ekstraktan dengan AgNO_3 , apabila tidak terjadi endapan putih berarti sudah terjadi pertukaran anion secara sempurna dan terbentuk Aliquot H_2PO_4^- .

III.2.1.3 Pembuatan larutan asing (NO_3^- dan NO_2^-)

Larutan yang digunakan dalam pembuatan larutan asing masing-masing NaNO_3 untuk larutan NO_3^- (Nitrat) dan NaNO_2 untuk larutan NO_2^- (Nitrit) dengan

konsentrasi 0,1 M. Pengenceran dilakukan untuk masing-masing larutan sampai konsentrasi 1×10^{-3} M

III.2.2 Pembuatan membran elektroda

Pembuatan membran dilakukan dengan cara sebagai berikut :

- a. Aliquot 336 H_2PO_4^- 0,07 gr, PVC 0,35 gr, DOP 0,58 gr dilarutkan dalam THF 5 ml sampai diperoleh larutan yang mempunyai viskositas tertentu untuk dibuat membran. Larutan membran diaduk sampai diperoleh larutan yang homogen.
- b. Larutan membran dituangkan di atas plat kaca yang pada bagian pinggirnya diberi lakban sesuai dengan tebal membran yang diinginkan.
- c. Paparan larutan membran dibiarkan selama 2 hari untuk menguapkan pelarutnya hingga diperoleh membran yang siap digunakan.

III.2.3 Pembuatan elektroda

- a. Badan elektroda yang terdiri dari tabung tip biru berdiameter 2 mm sepanjang 7 cm dan kawat platina sepanjang 2 cm dengan diameter 0,2 mm.
- b. Menyambungkan kawat Cu yang terdapat dalam tip biru yang ditutupi plastik polietilen dengan kawat platina.
- c. Bagian bawah platina dibiarkan terbuka untuk tempat menempelnya membran.

- d. Mencilupkan kawat platina ke dalam larutan membran beberapa saat sehingga membran menempel pada kawat secara merata.
- e. Elektroda dikeringkan pada suhu kamar selama satu malam.
- f. Elektroda diprakondisikan dengan merendam dalam larutan H_2PO_4^- 0,1 M selama 2 hari.

III.3 Uji Kualitas ESI

III.3.1 Faktor Nernst dan trayek pengukuran

Harga faktor Nernst ditentukan untuk mengetahui ESI yang dibuat memenuhi persamaan Nernst. Cara penentuannya adalah sebagai berikut :

- a. Menyiapkan larutan H_2PO_4^- dengan konsentrasi mulai dari 1×10^{-4} M sampai 1×10^{-12} M.
- b. Mengukur potensial berturut-turut dari larutan yang konsentrasinya paling encer ke larutan yang konsentrasinya lebih pekat.
- c. Pembacaan dilakukan pada saat mV/pH meter menunjukkan potensial yang konstan.
- d. Dari hasil pengukuran dibuat grafik antara potensial (mV) terhadap logaritma konsentrasi H_2PO_4^- .

- e. Pada selang konsentrasi tertentu (trayek pengukuran) diperoleh garis lurus dengan kemiringan secara teoritis sebesar $2,303 RT/zF$ yang merupakan harga faktor Nernst.
- f. Kurva yang berupa garis lurus tadi menunjukkan daerah trayek pengukuran ESI.

III.3.2 Waktu tanggap (*Respon time*)

Untuk mengetahui berapa waktu yang diperlukan ESI sehingga diperoleh harga potensial yang tetap terhadap waktu. Makin cepat waktu yang diperlukan untuk mencapai harga potensial yang tetap menunjukkan semakin cepat kesetimbangan tercapai, makin baik kualitas ESI. Potensial sel di dalam setiap larutan diukur pada saat ESI dicelupkan sampai potensialnya konstan adalah waktu tanggap dari ESI tersebut.

III.3.3 Pengaruh pH

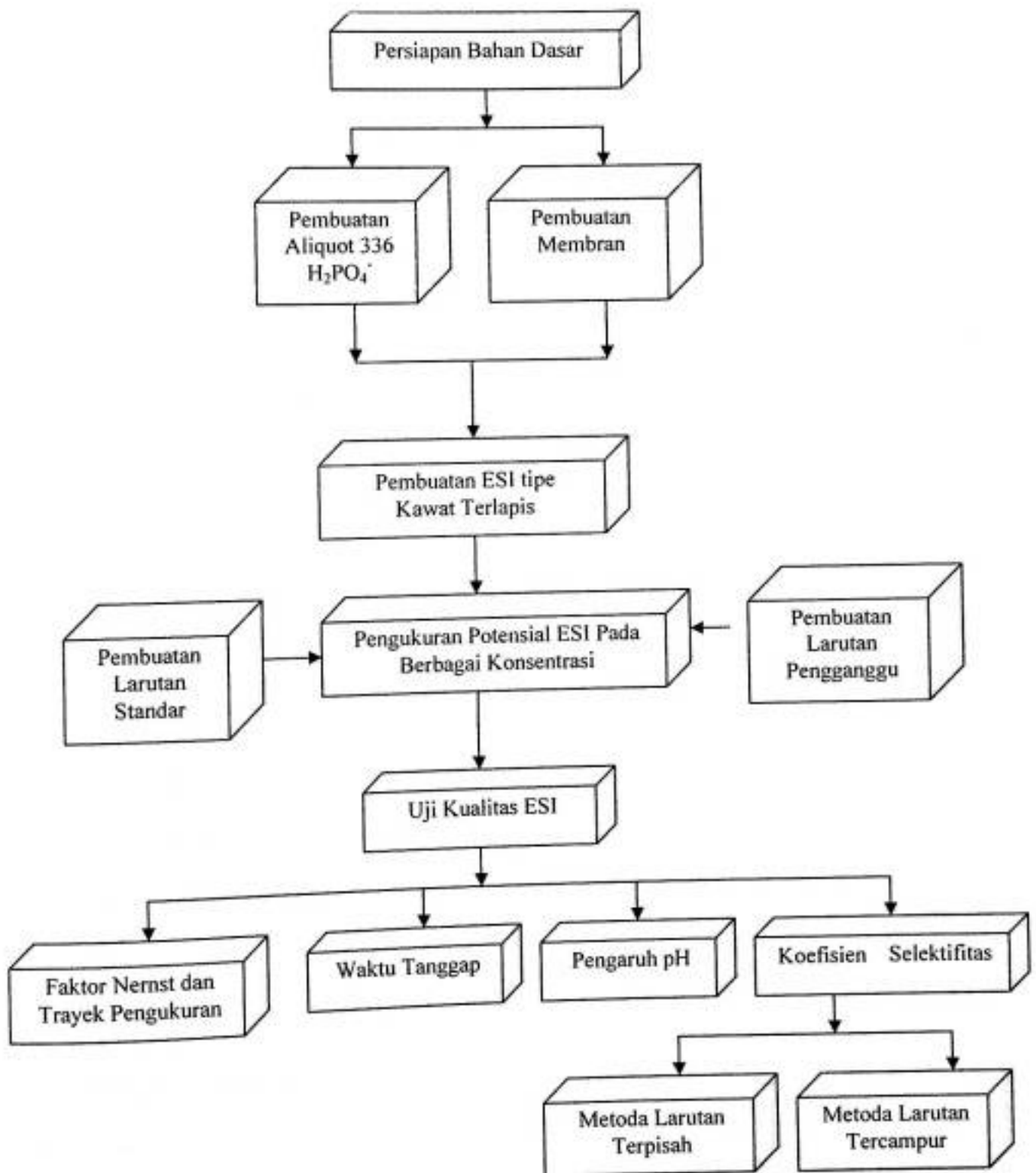
Untuk mengetahui apakah pH larutan mempengaruhi respon ESI, maka dibuat suatu variasi konsentrasi larutan dari 10^{-4} M – 10^{-1} M dan masing-masing konsentrasi dibuat pH 3, 4, 5, dan 6 dengan menggunakan larutan asam HNO_3 .

III.3.4 Koefisien selektifitas

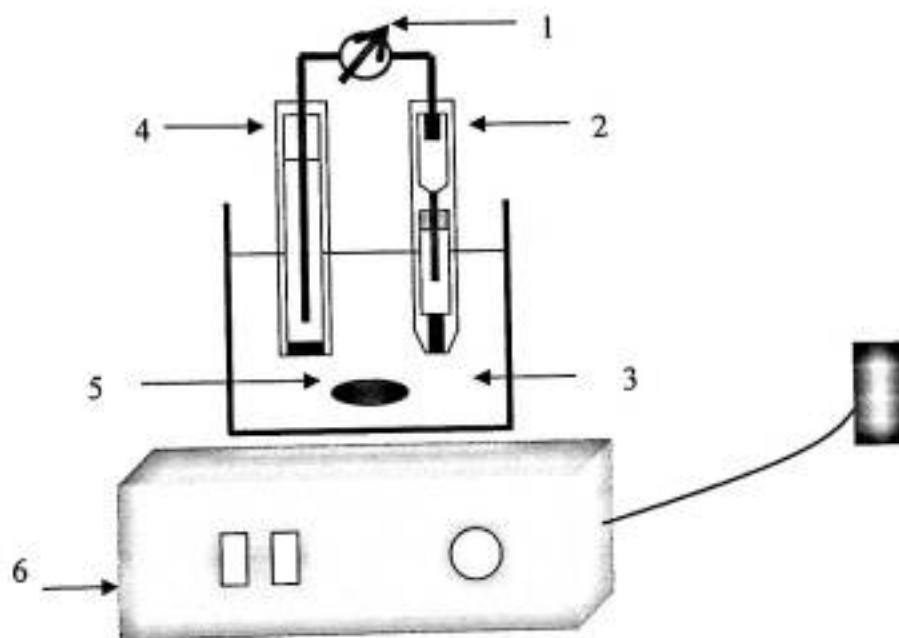
Koefisien selektifitas ditentukan untuk mengetahui sejauh mana ion asing mengganggu ion utama selama pengukuran. Pengukuran potensial dilakukan terhadap larutan yang mengandung ion utama (H_2PO_4^-) untuk konsentrasi yang bervariasi dengan ion pengganggu NO_3^- (Nitrat) dan NO_2^- (Nitrit) dengan konsentrasi mulai 1×10^{-1} M sampai 1×10^{-3} M. Metoda yang digunakan ada dua, yaitu metoda larutan terpisah dan metoda larutan tercampur. Pengukuran potensial dilakukan terhadap larutan yang mengandung konsentrasi yang sama dengan ion asing.



III.4 Bagan alir penelitian



III.5 Set-up Penelitian



Keterangan :


1. mV/pH meter
2. Elektroda Kerja
3. Larutan sampel
4. ESI tipe kawat berlapis
5. Pengaduk Magnetik
6. Stirrer

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

ESI fosfat tipe kawat terlapis dengan bahan aktif aliquot H_2PO_4^- diuji kualitasnya dengan melihat harga faktor Nernst dan trayek pengukuran, waktu tanggap (*response time*), dan koefisien selektifitasnya terhadap ion asing.

IV.1 Komposisi Optimum Membran



Penentuan komposisi optimum dimaksudkan untuk mencari komposisi membran yang terdiri dari bahan elektroaktif aliquot 336 fosfat, PVC, DOP dan THF yang menghasilkan elektroda dengan kinerja yang optimum. Penentuan komposisi optimum didasarkan pada kemiringan (*slope*) garis linier pada kurva antara potensial elektroda (*E*) dan $-\log$ konsentrasi fosfat. Diharapkan kemiringan kurva mendekati faktor Nernst teoritis, yaitu 59 mV/unit konsentrasi.

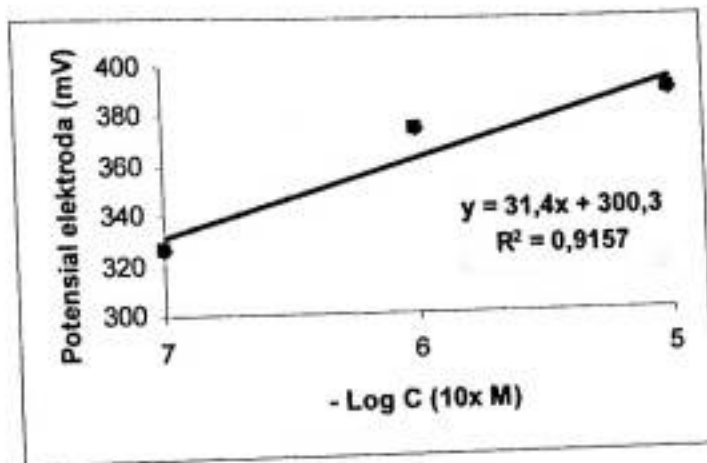
IV.2 Faktor Nernst dan Trayek Pengukuran

Hasil percobaan untuk menentukan nilai faktor Nernst dan trayek pengukuran dapat dilihat pada Tabel I dan Gambar 5.

Tabel I. Faktor Nernst dan trayek pengukuran

- Log [H ₂ PO ₄] ⁻ (10 ^x Molar)	Potensial Elektroda E (mV)
12	307,1
11	322,6
10	313,7
9	340,8
8	339,8
7	326,2
6	374,1
5	389
4	384,9
3	384,2
2	361,2
1	358,3
Slope	31,4
R²	0,9157
Trayek Pengukuran	10⁻⁷ - 10⁻⁵

Penentuan faktor Nernst dilakukan dengan membuat grafik antara -log [Fosfat] dengan potensial yang terukur. Grafik yang diperoleh merupakan garis lurus pada selang konsentrasi tertentu disebut trayek pengukuran dengan kemiringan $2,303 \frac{RT}{zF}$ yang merupakan harga faktor Nernst. Trayek pengukuran dari ESI fosfat yang dibuat dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Kurva potensial elektroda terhadap $-\log$ konsentrasi $[\text{H}_2\text{PO}_4^-]$ untuk penentuan faktor Nernst dan trayek pengukuran

Gambar 5 menunjukkan kurva garis lurus pada selang konsentrasi 10^{-7} M – 10^{-5} M dengan kemiringan yang merupakan harga faktor Nernst sebesar 31,4 mV/unit konsentrasi. Faktor Nernst yang diperoleh tidak sesuai dengan faktor Nernst teoritis untuk ion fosfat yaitu 59 mV/unit konsentrasi. Hal ini dapat terjadi karena tidak ada kenaikan harga potensial untuk setiap kenaikan konsentrasi.

Beberapa faktor yang mempengaruhi tidak terjadi kenaikan harga potensial seperti komposisi membran, ketebalan membran, penggunaan parafilm, penyambungan kawat platina (Pt) dengan kawat tembaga (Cu), dan penggunaan aquades murni.

IV.3 Waktu tanggap (*Respon Time*)

Waktu tanggap adalah waktu yang diperlukan suatu elektroda untuk mencapai potensial yang konstan disebabkan oleh terjadinya kesetimbangan reaksi pada elektroda. Waktu tanggap dari elektroda ditunjukkan pada Tabel II.

Tabel II. Waktu jawab ESI untuk berbagai konsentrasi

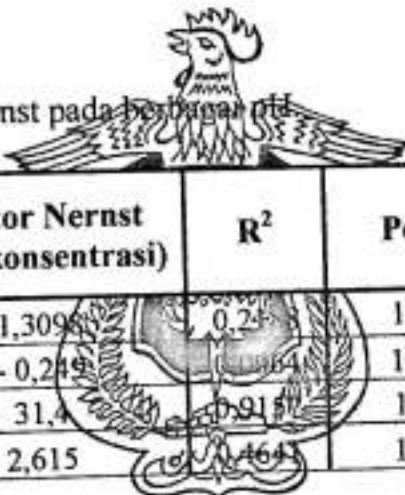
Log [H ₂ PO ₄] ⁻ (10 ^x Molar)	Waktu Jawab (detik)
12	10,61
11	11,84
10	10,83
9	11,74
8	10,63
7	11,26
6	11,59
5	10,89
4	10,4
3	10,76
2	11,21
1	10,92

Tabel II memperlihatkan bahwa waktu tanggap untuk tiap konsentrasi fosfat pada range pengukuran 10^{-12} M – 10^{-1} M itu rata-rata 10-11 detik. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi waktu tanggap ESI. Faktor-faktor yang memperlambat waktu tanggap antara lain adanya ion pengganggu dalam larutan, melarutnya bahan elektroaktif ke dalam fasa cair. Faktor yang mempercepat waktu tanggap adalah homogenitas larutan. Selain itu waktu tanggap juga dipengaruhi oleh struktur elektroda selektif ion seperti komposisi membran.

IV.4 Pengaruh pH

Salah satu hal yang paling penting untuk mengetahui kinerja dari ESI fosfat adalah bagaimana pengaruh ESI ini terhadap keadaan berbagai pH. Potensial larutan diukur pada selang konsentrasi tertentu dengan variasi pH 3, 4, 5, dan 6. Hasil pengukuran disajikan pada tabel III.

Tabel III. Harga faktor Nernst pada berbagai pH



pH	Faktor Nernst (mV/konsentrasi)	R ²	Trayek Pengukuran
3	1,3098	0,23	10 ⁻¹² - 10 ⁻¹ M
4	- 0,249	0,64	10 ⁻¹² - 10 ⁻¹ M
5	31,4	0,91	10 ⁻⁷ - 10 ⁻⁵ M
6	2,615	0,46	10 ⁻¹² - 10 ⁻¹ M

Tabel III memperlihatkan bahwa pH mempengaruhi respon ESI fosfat yang dibuat. Pada pH 3, 4, 5, dan 6 harga faktor Nernst menyimpang cukup besar dari harga faktor Nernst teoritis yaitu 59 mV/unit konsentrasi. Pada kondisi ini ESI fosfat tidak bekerja dengan baik. Adanya ion-ion dari asam HNO₃ yang mempengaruhi pengukuran potensial dan juga menurunkan harga faktor Nernst. Hal ini disebabkan selain merespon ion fosfat ESI fosfat juga merespon ion-ion yang terdapat dalam asam HNO₃.

IV.5 Koefisien Selektifitas

Penentuan koefisien selektifitas dilakukan dengan melihat respon suatu elektroda terhadap ion asing. Koefisien selektifitas dilakukan dengan menggunakan metoda larutan terpisah dan metoda larutan tercampur.

1. Metoda Larutan Terpisah

Pada metoda larutan terpisah, ion utama dimasukkan dalam larutan yang mengandung ion utama saja dan kemudian larutan yang mengandung ion pengganggu saja. Data selengkapnya dapat dilihat pada lampiran E-1, sedangkan contoh perhitungan koefisien selektifitas dapat dilihat pada lampiran E-2.



Tabel IV. Nilai koefisien selektifitas ESI fosfat dengan metoda larutan terpisah

Ion utama H_2PO_4^- (10x Molar)	Ion Pengganggu (10x Molar)	Kij	
1×10^{-7}	NO_3^-	1×10^{-3}	$1,824 \times 10^{-3}$
		1×10^{-2}	$1,282 \times 10^{-3}$
		1×10^{-1}	$1,977 \times 10^{-3}$
	NO_2^-	1×10^{-3}	$4,977 \times 10^{-3}$
		1×10^{-2}	$7,161 \times 10^{-4}$
		1×10^{-1}	$3,793 \times 10^{-3}$
	NO_3^-	1×10^{-3}	0,61
		1×10^{-2}	0,43
		1×10^{-1}	0,663

1×10^{-6}	NO_2^-	1×10^{-3}	1,667
		1×10^{-2}	0,257
		1×10^{-1}	0,127

Berdasarkan tabel di atas menunjukkan bahwa ion pengganggu NO_3^- dan NO_2^- pada konsentrasi larutan $10^{-3} - 10^{-1}$ M memberikan nilai koefisien selektifitas kecil dari 1 ($K_{ij} < 1$) dengan demikian ion-ion tersebut tidak mengganggu penentuan ion fosfat dengan ESI. Ini berarti ESI masih akurat terhadap ion fosfat dibandingkan ion pengganggu NO_3^- dan NO_2^- pada konsentrasi 10^{-3} M - 10^{-5} M.



2. Metoda Larutan Tercampur

Pada metoda ini pengukuran pertama kali yaitu potensial elektroda dalam larutan ion fosfat tanpa mengandung ion pengganggu, selanjutnya pengukuran dengan penambahan konsentrasi ion pengganggu pada berbagai konsentrasi ion fosfat. Data selengkapnya dapat dilihat pada lampiran H dan I, sedangkan contoh perhitungan koefisien selektifitas dapat dilihat pada lampiran G.

Tabel V. Nilai koefisien selektifitas ESI fosfat dengan metoda larutan tercampur

Ion utama H_2PO_4^- (10x Molar)	Ion Pengganggu (10x Molar)	Kij	
	NO_3^-	1×10^{-3}	$5,594 \times 10^{-6}$
		1×10^{-2}	$1,805 \times 10^{-4}$
		1×10^{-1}	$1,399 \times 10^{-4}$

1×10^{-7}	NO_2^-	1×10^{-3}	$2,118 \times 10^{-2}$
		1×10^{-2}	$7,416 \times 10^{-4}$
		1×10^{-1}	$2,751 \times 10^{-5}$
1×10^{-6}	NO_3^-	1×10^{-3}	$8,863 \times 10^{-3}$
		1×10^{-2}	$1,611 \times 10^{-2}$
		1×10^{-1}	$2,465 \times 10^{-2}$
	NO_2^-	1×10^{-3}	-
		1×10^{-2}	$5,235 \times 10^{-1}$
		1×10^{-1}	$5,394 \times 10^{-2}$
1×10^{-5}	NO_3^-	1×10^{-3}	$7,028 \times 10^{-1}$
		1×10^{-2}	$1,099 \times 10^{-1}$
		1×10^{-1}	$3,418 \times 10^{-2}$
	NO_2^-	1×10^{-3}	-
		1×10^{-2}	-
		1×10^{-1}	-

Berdasarkan tabel di atas menunjukkan bahwa ion pengganggu NO_3^- dan NO_2^- pada konsentrasi larutan $10^{-3} - 10^{-1}$ M memberikan nilai koefisien selektifitas kecil dari 1 ($K_{ij} < 1$) dengan demikian ion-ion tersebut tidak mengganggu penentuan ion fosfat dengan ESI. Ini berarti ESI masih sangat selektif terhadap ion fosfat dibandingkan ion pengganggu NO_3^- pada konsentrasi 10^{-7} M – 10^{-5} M dan NO_2^- pada konsentrasi 10^{-7} M – 10^{-6} M.

BAB V

PENUTUP

V.1 Kesimpulan

1. Pada penelitian ini dibuat Elektroda Selektif Ion (ESI) fosfat tipe kawat terlapis dengan menggunakan bahan aktif Aliquot 336 H_2PO_4^- , Polyvinilchloride (PVC), Dioctylphthalate (DOP), dan Tetrahidrofuran (THF).
2. a) Hasil pengukuran tegangan keluaran elektroda selektif ion (ESI) Fosfat tipe kawat terlapis menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi ion fosfat dalam larutan maka semakin tinggi tegangan keluaran dari alat. Elektroda ini memiliki faktor Nernst sebesar 31,4 mV/dekade dengan trayek pengukuran antara 10^{-7}M – 10^{-5}M . Pengukuran tegangan keluaran dilakukan dalam larutan dengan pH 5.
b) Waktu tanggap dipengaruhi oleh konsentrasi fosfat dalam larutan, melarutnya bahan elektroaktif dalam larutan, dan homogenitas larutan.
c) Pada pH larutan basa, elektroda tidak bekerja baik. Elektroda cenderung optimum pada pH 5.
3. ESI fosfat tipe kawat terlapis masih sangat selektif terhadap ion fosfat dibandingkan ion nitrat dan nitrit.

V.2 Saran

- Perlu dilakukan percobaan dengan menggunakan plasticizer yang lain untuk memperoleh kinerja ESI yang baik dengan memperhatikan komposisi membran.
- Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pembuatan ESI yaitu komposisi membran, ketebalan membran, dan penyambungan kawat platina (Pt) dengan kawat tembaga (Cu), dan penggunaan aquades.
- Perlu dipelajari lebih lanjut mengenai pengaruh ion-ion pengganggu lain pada penggunaan ESI fosfat.



DAFTAR PUSTAKA

- Sugiharto Agus S.Pd. Penerapan Dasar Transducer dan Sensor. Yogyakarta: Kanisius; 1999.
- Wicaksono Dedy. Mengenal Biosensor. Jakarta; 2002
- Rahmat, M. Pembuatan dan Studi Kinerja Elektroda Selektif Ion Kobal (II) dengan Bahan Aktif Di(2-Ethylhexyl) Phosphoric Acid (D2EHPA). Tesis Magister Kimia. Bandung: ITB; 2002.
- Day, R.A. Analisis Kimia Kuantitatif. Aloysius H.P. (Penterjemah). ed kelima. Jakarta: Penerbit Erlangga; 1996.
- H. Sumar. Kimia Analitik Instrumen. Semarang: IKIP Semarang Press; 1994.
- Rivai, Harrizul. Asas Pemeriksaan Kimia. Jakarta: Universitas Indonesia Press; 1995.
- Skoog, A.D., Holler, J.F., Nieman, A.T. Principles of Instrumental Analysis. 5th ed. New York: Harcourt Brace College Publisher; 1992.
- Artha Lina. Pembuatan dan Karakterisasi Elektroda Selektif Ion Tipe Kawat Terlapis. Skripsi Kimia. Bandung: ITB; 2001.
- Buchari, dkk. Pembuatan suatu Elektroda Spesifik Bermembran dan Penentuan Besaran Fisiko-Kimianya. Jakarta: Dirjen Dikti Dep. P dan K; 1983.
- Mulder, M. Basic Principles of Membrane Technology. Kluwer Academic Publisher Dordrecht; 1991.

Atikah. Kajian Tentang Fenomena Transpor Ion Nitrat Pada ESI Tipe Kawat Terlapis Bermembran Polivynilklorida (PVC). Disertasi S3. Bandung: ITB; 2004.

Lakshminarayanaiah, N. Membrane Electrode. New York: Academic Press; 1976.

Cunningham, L, H. Freiser. Coated-wire ion-selective Electrodes. Anal. Chim; 1986.

Tresna S, A. Pencemaran Lingkungan. Jakarta: Penerbit Rineka Cipta; 1991.

Mahida. U. N. Pencemaran Air dan Pemanfaatan Limbah Industri. Jakarta: Penerbit Rineka Cipta; 1981.



Lampiran A

Pengukuran potensial pada pH 3

- Log [H₂PO₄]⁻ (10^x Molar)	Potensial Elektroda E (mV)
12	402,8
11	403,5
10	425,3
9	418,7
8	422,2
7	421,8
6	420,8
5	439
4	430,4
3	421,4
2	422,6
1	413,9
Slope	11,26
R²	0,7733
Trayek Pengukuran	10⁻¹² - 10⁻¹⁰

Lampiran B

Pengukuran potensial pada pH 4

- Log [H₂PO₄]⁻ (10^x Molar)	Potensial Elektroda E (mV)
12	381,4
11	395,8
10	393,9
9	382,1
8	382,4
7	395,2
6	391,3
5	397,6
4	401
3	396,8
2	395,8
1	360,7
Slope	4,85
R²	0,9711
Trayek Pengukuran	10⁻⁶ - 10⁻⁴

Lampiran C

Pengukuran potensial pada pH 6

- Log [H₂PO₄]⁻ (10^x Molar)	Potensial Elektroda E (mV)
12	284,9
11	296,6
10	312,2
9	295,2
8	306,4
7	299,2
6	327
5	320,5
4	314,6
3	298,7
2	326,9
1	321,5
Slope	8,82
R²	0,6478
Trayek Pengukuran	10⁻⁹ - 10⁻⁶

Lampiran D

Contoh perhitungan koefisien selektifitas dengan metode larutan terpisah

$$K_{ij} = \frac{10^{\Delta E / -S} a_i}{a_j^{(z_i / z_j)}}$$

Keterangan:

K_{ij}	=	koefisien selektifitas ion utama terhadap ion pengganggu
ΔE	=	selisih potensial ion utama dengan ion pengganggu
S	=	faktor Nernst (0,059)
a_i	=	aktifitas ion utama
a_j	=	aktifitas ion pengganggu
z_i	=	muatan ion utama
z_j	=	muatan ion pengganggu

misalnya untuk menentukan koefisien selektifitas ion fosfat (10^{-7} M) terhadap ion nitrat (10^{-3} M).

$$a_i = 1 \times 10^{-7} M$$

$$a_j = 1 \times 10^{-3} M$$

$$\Delta E = -53,3 mV$$

$$S = -31,4 mV / konsentrasi$$

$$K_{ij} = \frac{10^{-53,3 / 31,4} \cdot 1 \times 10^{-7}}{1 \times 10^{-3}}$$

$$K_{ij} = 4,997 \times 10^{-3}$$

Lampiran E

Harga koefisien selektifitas ESI fosfat terhadap ion nitrat (NO_3^-) dengan metoda larutan terpisah.

$[\text{H}_2\text{PO}_4^-]$ M	$[\text{NO}_3^-]$ M	E (mV)	ΔE (mV)	a_i	a_j	$\Delta E/s$	K_{ij}
1×10^{-7}	0	326,2	0	1×10^{-7}	0	0	1
1×10^{-7}	1×10^{-3}	272,9	-53,3	1×10^{-7}	1×10^{-3}	1,697	$4,977 \times 10^{-3}$
1×10^{-7}	1×10^{-2}	267	-59,2	1×10^{-7}	1×10^{-2}	1,885	$7,161 \times 10^{-4}$
1×10^{-7}	1×10^{-1}	245,2	-81	1×10^{-7}	1×10^{-1}	2,579	$3,793 \times 10^{-3}$
1×10^{-6}	0	374,1	0	1×10^{-6}	0	0	1
1×10^{-6}	1×10^{-3}	272,9	-101,2	1×10^{-6}	1×10^{-3}	3,222	1,667
1×10^{-6}	1×10^{-2}	267	-107,1	1×10^{-6}	1×10^{-2}	3,41	0,257
1×10^{-6}	1×10^{-1}	245,2	-128,9	1×10^{-6}	1×10^{-1}	4,105	0,127
1×10^{-5}	0	389	0	1×10^{-5}	0	0	1
1×10^{-5}	1×10^{-3}	272,9	-116,1	1×10^{-5}	1×10^{-3}	3,697	49,77
1×10^{-5}	1×10^{-2}	267	-122	1×10^{-5}	1×10^{-2}	3,885	7,673
1×10^{-5}	1×10^{-1}	245,2	-143,8	1×10^{-5}	1×10^{-1}	4,579	3,793

Lampiran F

Harga koefisien selektifitas ESI fosfat terhadap ion nitrat (NO_2^-) dengan metoda larutan terpisah.

$[\text{H}_2\text{PO}_4^-]$ M	$[\text{NO}_2^-]$ M	E (mV)	ΔE (mV)	a_i	a_j	$\Delta E/s$	K_{ij}
1×10^{-7}	0	326,2	0	1×10^{-7}	0	0	1
1×10^{-7}	1×10^{-3}	286,6	-39,6	1×10^{-7}	1×10^{-3}	1,261	$1,824 \times 10^{-3}$
1×10^{-7}	1×10^{-2}	260	-66,2	1×10^{-7}	1×10^{-2}	2,108	$1,282 \times 10^{-3}$
1×10^{-7}	1×10^{-1}	222,7	-103,5	1×10^{-7}	1×10^{-1}	3,296	$1,977 \times 10^{-3}$
1×10^{-6}	0	374,1	0	1×10^{-6}	0	0	1
1×10^{-6}	1×10^{-3}	286,6	-87,5	1×10^{-6}	1×10^{-3}	2,786	0,61
1×10^{-6}	1×10^{-2}	260	-114,1	1×10^{-6}	1×10^{-2}	3,634	0,43
1×10^{-6}	1×10^{-1}	222,7	-151,4	1×10^{-6}	1×10^{-1}	4,822	0,663
1×10^{-5}	0	389	0	1×10^{-5}	0	0	1
1×10^{-5}	1×10^{-3}	286,6	-102,4	1×10^{-5}	1×10^{-3}	3,261	18,238
1×10^{-5}	1×10^{-2}	260	-129	1×10^{-5}	1×10^{-2}	4,108	12,823
1×10^{-5}	1×10^{-1}	222,7	-166,3	1×10^{-5}	1×10^{-1}	5,296	19,769

Lampiran G

Contoh perhitungan koefisien selektifitas dengan metode larutan tercampur

$$K_{ij} = \frac{a_i (10^{\Delta E / S} - 1)}{a_j^{(z_i / z_j)}}$$

Keterangan:

- K_{ij} = koefisien selektifitas ion utama terhadap ion pengganggu
 ΔE = selisih potensial ion utama dengan ion utama + ion pengganggu
 S = faktor Nernst
 a_i = aktifitas ion utama
 a_j = aktifitas ion pengganggu
 z_i = muatan ion utama
 z_j = muatan ion pengganggu

misalnya untuk menentukan koefisien selektifitas ion fosfat (10^{-7} M) terhadap ion ion nitrat (10^{-3} M)

$$a_i = 1 \times 10^{-7} \text{ M}$$

$$a_j = 1 \times 10^{-3} \text{ M}$$

$$\Delta E = 0,8 \text{ mV}$$

$$S = -31,4 \text{ mV / konsentrasi}$$

$$K_{ij} = \frac{1 \times 10^{-7} (10^{0,8 / -31,4} - 1)}{1 \times 10^{-3}}$$

$$K_{ij} = -5,6 \times 10^{-6}$$

Lampiran H

Harga koefisien selektifitas ESI fosfat terhadap ion nitrat (NO_3^-) dengan metoda larutan tercampur.

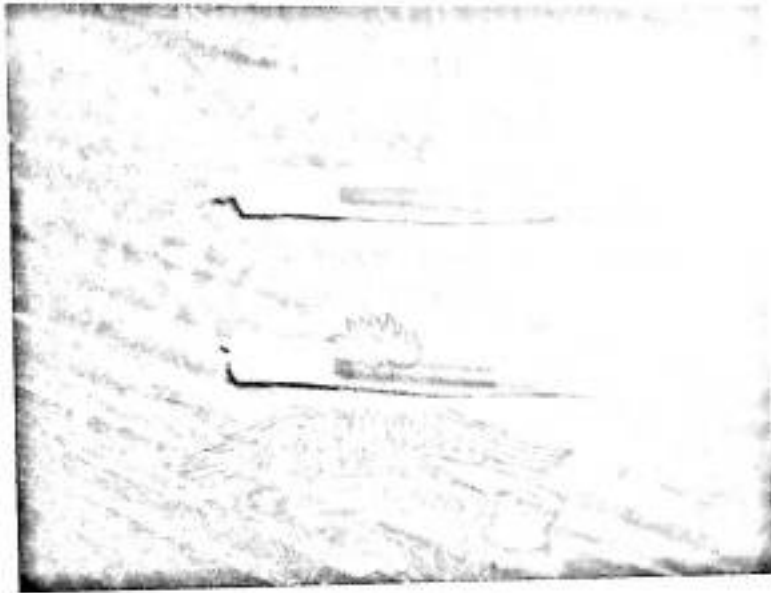
$[\text{H}_2\text{PO}_4^-]$ M	$[\text{NO}_3^-]$ M	E (mV)	ΔE (mV)	a_i	a_j	$\Delta E/s$	K_{ij}
1×10^{-7}	0	326,2	0	1×10^{-7}	0	0	-
1×10^{-7}	1×10^{-3}	327	0,8	1×10^{-7}	1×10^{-3}	-0,025	$5,594 \times 10^{-4}$
1×10^{-7}	1×10^{-2}	286	-40,2	1×10^{-7}	1×10^{-2}	1,28	$1,805 \times 10^{-4}$
1×10^{-7}	1×10^{-1}	258,7	-67,5	1×10^{-7}	1×10^{-1}	2,149	$1,399 \times 10^{-4}$
1×10^{-6}	0	374,1	0	1×10^{-6}	0	0	-
1×10^{-6}	1×10^{-3}	342,9	-31,2	1×10^{-6}	1×10^{-3}	0,994	$8,863 \times 10^{-3}$
1×10^{-6}	1×10^{-2}	304,7	-69,4	1×10^{-6}	1×10^{-2}	2,21	$1,611 \times 10^{-2}$
1×10^{-6}	1×10^{-1}	267,6	-106,5	1×10^{-6}	1×10^{-1}	3,392	$2,465 \times 10^{-2}$
1×10^{-5}	0	389	0	1×10^{-5}	0	0	-
1×10^{-5}	1×10^{-3}	330,8	-58,2	1×10^{-5}	1×10^{-3}	1,853	$7,028 \times 10^{-1}$
1×10^{-5}	1×10^{-2}	324,8	-64,2	1×10^{-5}	1×10^{-2}	2,045	$1,099 \times 10^{-1}$
1×10^{-5}	1×10^{-1}	309,4	-79,6	1×10^{-5}	1×10^{-1}	2,535	$3,418 \times 10^{-2}$

Lampiran I

Harga koefisien selektifitas ESI fosfat terhadap ion nitrit (NO_2^-) dengan metoda larutan tercampur.

$[\text{H}_2\text{PO}_4^-]$ M	$[\text{NO}_2^-]$ M	E (mV)	ΔE (mV)	a_i	a_j	$\Delta E/s$	K_{ij}
1×10^{-7}	0	326,2	0	1×10^{-7}	0	0	-
1×10^{-7}	1×10^{-3}	253,1	-73,1	1×10^{-7}	1×10^{-3}	2,328	$2,118 \times 10^{-2}$
1×10^{-7}	1×10^{-2}	267,3	-58,9	1×10^{-7}	1×10^{-2}	1,876	$7,416 \times 10^{-4}$
1×10^{-7}	1×10^{-1}	280,5	-45,7	1×10^{-7}	1×10^{-1}	1,455	$2,751 \times 10^{-5}$
1×10^{-6}	0	374,1	0	1×10^{-6}	0	0	-
1×10^{-6}	1×10^{-3}	272,5	-101,6	1×10^{-6}	1×10^{-3}	3,236	1,721
1×10^{-6}	1×10^{-2}	257,3	-116,8	1×10^{-6}	1×10^{-2}	3,719	$5,235 \times 10^{-1}$
1×10^{-6}	1×10^{-1}	256,9	-117,2	1×10^{-6}	1×10^{-1}	3,732	$5,394 \times 10^{-2}$
1×10^{-5}	0	389	0	1×10^{-5}	0	0	-
1×10^{-5}	1×10^{-3}	267,9	-121,1	1×10^{-5}	1×10^{-3}	3,857	71,935
1×10^{-5}	1×10^{-2}	261,9	-127,1	1×10^{-5}	1×10^{-2}	4,048	11,167
1×10^{-5}	1×10^{-1}	252,6	-136,4	1×10^{-5}	1×10^{-1}	4,344	2,208

Lampiran J



Gambar 6. ESI fosfat tipe kawat terlapis



Gambar 7. Perangkat pengukuran



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MIPA
UNIVERSITAS HASANUDDIN**
KAMPUS TAMALANREA JL. PERINTIS KEMERDEKAAN KALIA MANASSAE, 90245
Telp. (0411) 586269 Psw. (2403,2404,2405,2406,2407,2408) 57634 FAX. 0411 588 551

**KARTU KONTROL
SEMINAR TUGAS AKHIR MAHASISWA**

OK : Helma Manung
AM STUDI : H 211 01 003
PEMBIMBING T.A. : FISIKA
: DR. NURLAELA RAUF, MSc / Ir. WIJJI EDIOLOGITO, UT

PEMATERI SEMINAR

No. Regal	Nama/ No. Perekam	Judul Seminar I/II	Paraf Pimp. Sidang/ Pembimbing
Sabtu, 24 Feb 2005	MULTAZANI H 2110108	Pembuatan Sensor Potensiometri EKT untuk deteksi H_2PO_4 di Waduk Bili-Bili	ER
Sabtu, 24 Feb 2005	SASTRAWATI H 211 01 001	Pembuatan Sensor Potensiometri Elektroda Tabung γ deteksi H_2PO_4 di waduk Bili-Bili	ER
Sabtu, 24 Feb 2005	Annaliyah H H 211 01 009	Analisis Faktor γ yg mempengaruhi konsentrasi Pb (Timbal) di air debu di kota Makassar.	ER ER ER
Sabtu, 1 Nov 2005	ARNIATI H 2110105	Model Efisiensi Sel Surya Tandem Berdasarkan Nilai Pita Energi Terlarang (Band Gap)	
Sabtu, 1 Des 2005	ENDAS H 2110105	Analisis Distribusi Ketapatan Arus Pada Konduktor ACSR dengan menggunakan Metode Elemen Hingga	
Sabtu, 23 Des 05	NATALIA AL H 2110102	Evaluasi Karakteristik Limbah Cair Pada Instalasi uran di RS. Wabidin	ER ER ER
Sabtu, 23 Des 05	SYAMSIDAR H 211 01 014	Evaluasi Karakteristik Fisik Limbah Cair pada instalasi fisis di RS. Wabidin	
Sabtu, 03 Des 05	MIRIAN TANDI H 211 01 027	Analisis Penyebaran Cahaya Pada Media dengan Kelambatan terhambur.	
Sabtu, 10 des 05	BENYAMIN P H 21 99 026	Rancangan Alat Kendali Jarak Jauh Peralatan Listrik RT (Lampu) Lewat Jaringan telepon	ER
Selasa 13 Des 05	MULTAZANI M H 21 01 018	Pembuatan Sensor Potensiometri Elektroda Terkapis γ deteksi H_2PO_4 di Waduk Bili-Bili	ER
Selasa 13 Des 05	SAGRAWATI S H 21 01 024	Pembuatan Sensor Potensiometri Elektroda Tabung γ deteksi H_2PO_4 di Waduk Bili-Bili	ER
Kamis 09 Des 05	Rahmawati H 21 01 004	Pembuatan dan karakterisasi dinding alusfil dari erami padi	ER
Kamis 09 Des 05	Yusmanth H 211 01 030	Pemanfaatan Serami dalam pembuatan Dinding Akustik Berornamen	ER
Kamis 09 Des 05	Annaliyah H 21 01 009	Analisis Faktor γ yg mempengaruhi konsentrasi Pb (Timbal) di air debu di kota Makassar	ER
Sabtu, 11 Mar 06	A-Zainal Abidin H 21 02 005	Model baru Teori Kemungkinan Elemen Elektro Lemah (Model Wenberg-Salem)	

TATAN: terbolehkan melaksanakan seminar I/II a Mengikuti seminar minimal 10 kali

Makassar,
Sekertaris Jurusan

Dr. Syamsir Dewang M.Fag.Sc.
NIP 131 876 905