

**PEMBINAAN DAN PENGOPTIMUM AI(III)-ISE UNTUK PENENTUAN
ALUMINIUM DI DALAM AIR**

JURIA BTE JOTEN

**DISERTASI INI DIKEMUKAKAN UNTUK MEMENUHI SEBAHAGIAN
DARIPADA SYARAT MEMPEROLEHI IJAZAH SARJANA MUDA SAINS
DENGAN KEPUJIAN**

**PERPUSTAKAAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH**

**PROGRAM KIMIA INDUSTRI
SEKOLAH SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH**

Oktober 2007



UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS@

JUDUL: Pembinaan dan Pengoptimisan Al(III)-ISE untuk Penentuan Aluminium di dalam Air.

IJAZAH: Ijazah Sarjana Muda Sains (Kimia Industri) dengan Kepujian

SAYA JURIA BT E TOTEN (HURUF BESAR)

SESI PENGAJIAN: 2004/2007

mengaku membenarkan tesis (LPSM/Sarjana/Doktor Falsafah) ini disimpan di Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dengan syarat-syarat kegunaan seperti berikut:-

1. Tesis adalah hak milik Universiti Malaysia Sabah.
2. Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dibenarkan membuat salinan untuk tujuan pengajian sahaja.
3. Perpustakaan dibenarkan membuat salinan tesis ini sebagai bahan pertukaran antara institusi pengajian tinggi.
4. Sila tandakan (/)

SULIT

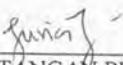
(Mengandungi maklumat yang berdarjah keselamatan atau Kepentingan Malaysia seperti yang termaktub di dalam AKTA RAHSIA RASMI 1972)

TERHAD

(Mengandungi maklumat TERHAD yang telah ditentukan oleh organisasi/badan di mana penyelidikan dijalankan)

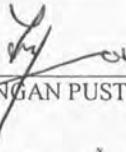
TIDAK TERHAD

Disahkan Oleh


(TANDATANGAN PENULIS)

Alamat Tetap: Kg. Titirang,
Peti Surat 61629,
91036, Tawau.

Tarikh: 14/12/07


(TANDATANGAN PUSTAKAWAN)

En. Jahimin Asik

Nama Penyelia

Tarikh: _____

CATATAN:- *Potong yang tidak berkenaan.

**Jika tesis ini SULIT atau TERHAD, sila lampirkan surat daripada pihak berkuasa /organisasi berkenaan dengan menyatakan sekali sebab dan tempoh tesis ini perlu dikelaskan sebagai SULIT dan TERHAD.

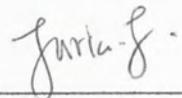
@Tesis dimaksudkan sebagai tesis bagi Ijazah Doktor Falsafah dan Sarjana secara penyelidikan atau disertai bagi pengajian secara kerja kursus dan Laporan Projek Sarjana Muda (LPSM).



PENGAKUAN

Saya akui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang setiap satunya telah dijelaskan sumbernya.

29 Oktober 2007



JURIA BTE JOTEN

HS2004-3442

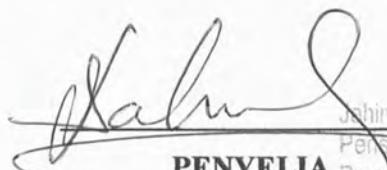


UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

PENGESAHAN

Nama : Juria bte Joten

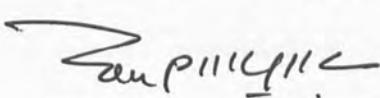
Tajuk : Pembinaan dan pengoptimuman Al(III)-ISE untuk penentuan aluminium di dalam sampel air



Jahimin Asik
 Pensyarah / Penasihat Akademik
PENYELIA
 Program Kimia Industri
 Fakulti Sains Dan Teknologi
 (Encik Jahimin Bin Asik)
 UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

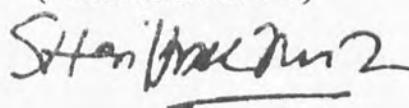
PEMERIKSA 1

(Dr. Noumie Surugau)



PEMERIKSA 2

(Encik Moh Pak Yan)



DEKAN

(Prof. Madya Dr. Shariff A.K Omang)

DISEMBER, 2007



PENGHARGAAN

Alhamdulillah syukur ke hadrat Illahi di atas keberkatanNya dapat juga saya menyiapkan penulisan disertasi ini mengikut tempoh masa yang ditetapkan. Di kesempatan ini saya ingin mengambil peluang merakamkan penghargaan dan rasa terima kasih saya kepada En. Jahimin bin Asik selaku penyelia yang banyak memberi tunjuk ajar, dorongan dan panduan dalam menyiapkan penulisan disertasi ini. Terima kasih juga saya ucapkan kepada para pensyarah program kimia industri di atas tunjuk ajar serta kritikan dalam memperbaiki lagi mutu kajian ini. Tidak lupa juga penghargaan kepada kedua pembantu makmal kimia industri, En Sani Bin Gorudin dan En Samudi Bin Surang yang telah banyak membantu saya dari segi keperluan makmal sepanjang kajian ini di jalankan. Sekalung penghargaan juga ditujukan kepada keluarga yang tercinta dan rakan-rakan seperjuangan saya iaitu Azrani, Norazaninah, Llewellyn dan Roddny untuk segala dorongan dan galakan yang diberikan. Akhir kata, kepada mereka yang terlibat samada secara langsung atau tidak langsung dalam menjayakan disertasi ini, terima kasih yang tak terhingga diucapkan kepada semua.

JURIA BTE JOTEN

ABSTRAK

Al(III)-ISE telah dibina menggunakan kurkumin (1,7-bis-(hydroxy-3-methoxyphenyl)-1,6-heptadiene-3,5-dion) sebagai ionopor dalam penyediaan membran Al(III)-ISE. Komposisi membran yang disediakan terdiri daripada 5% kurkumin, 58% bahan pemplastik DEP, 32% polivinilklorida (PVC) sebagai matriks polimer dan 5% garam lipofilik (NaTPB) sebagai pemencil ion dengan berat keseluruhan ialah 1.0 g. Komposisi membran juga mengandungi 3 mL larutan THF sebagai pelarut bahan-bahan kimia di atas. Al(III)-ISE yang dihasilkan menunjukkan respon linear untuk pengukuran aktiviti ion Al(III) pada julat 1×10^{-1} M hingga 1×10^{-4} M dengan kecerunan 13 mV per-dekad. Al(III)-ISE yang dibina berfungsi dengan baik pada julat pH 3 hingga 9. Anggaran had pengesanan elektrod pula adalah sehingga 7.93×10^{-5} M. Keselektivian Al(III)-ISE diuji dengan menggunakan ion-ion seperti Mg^{2+} , Ca^{2+} , Cu^{2+} , Fe^{3+} dan Mn^{2+} . Elektrod pemilih ion Al(III) yang dicadangkan mempunyai masa respon antara 20-40 saat dengan jangka hayat elektrod sehingga 3 minggu.



CONSTRUCTION AND OPTIMIZATION Al(III)-ISE FOR DETERMINATION OF ALUMINIUM IN WATER

ABSTRACT

Al(III)-ISE has been constructed with Curcumin or 1,7-bis-(hydroxy-3-methoxyphenyl)-1,6-heptadiene-3,5-dione which was being used as ionophore in the preparation of the membrane for the Al(III)-ISE constructed. Membrane composition for the electrode was consist of 5% Curcumin as ionophore, 58% of DEP, 32% polyvinilchloride (PVC) and 5% of NaTPB as anion excluder with overall weight was 1.0 g. Membrane composition also consist of 3 mL THF to dissolve all the chemicals above. The ion activity measurement using the electrode was a linear at range of 1×10^{-1} M to 1×10^{-4} M with a slope of 13 mV per decade. Al(III)-ISE working effectively between pH 3 to 9 and the estimated detection limits is 7.93×10^{-5} M. The proposed aluminium (III) ion selective electrode has response time between 20 to 40 seconds with lifetime of 3 weeks.



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

KANDUNGAN

	Muka surat
PENGAKUAN	ii
PENGESAHAN	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
SENARAI KANDUNGAN	vii
SENARAI JADUAL	x
SENARAI RAJAH	xi
SENARAI SIMBOL DAN SINGKATAN	xiii
BAB 1 PENGENALAN	
1.1 Aluminium	1
1.2 Elektrod Pemilih Ion	2
1.3 Objektif Kajian	3
1.4 Skop Kajian	3
BAB 2 ULASAN LITERATUR	
2.1 Elektrod Pemilih Ion (ISE)	5
2.1.1 Sejarah perkembangan ISE	5
2.1.2 Jenis ISE	7
2.1.3 Elektrod Pemilih Ion Jenis Membran Polimer	13
2.1.3.1 Membran dan komponennya	15
2.1.3.2 Larutan Pengisi	18
2.1.3.3 Elektrod Rujukan Dalaman	18
2.2 Elektrod Rujukan	19



2.2.1	Elektrod Rujukan Kalomel (SCE)	20
2.2.2	Elektrod Rujukan Argentum/Argentum Klorida (Ag/AgCl)	20
2.3	Keupayaan Elektrod Pemilih Ion (ISE)	21
2.4	Keselektifan	23
2.5	Aluminium	26
2.6	Kajian Terdahulu	27

BAB 3 BAHAN DAN KAEDAH

3.1	Bahan Kimia	30
3.2	Alat Radas	30
3.3	Kaedah Penyediaan Larutan	31
3.3.1	Penyediaan Larutan Stok Al^{3+} 0.1 M	31
3.3.2	Penyediaan Larutan Piawai Al^{3+}	31
3.3.3	Penyediaan Larutan Ion Pengganggu	32
3.4	Pembinaan Elektrod Pemilih Ion Aluminium (Al(III)-ISE)	33
3.4.1	Penyediaan Membran	34
3.4.2	Penyediaan Wayar Ag/AgCl Secara Elektrolisis	35
3.4.3	Lekatan Membran	35
3.4.4	Pemasangan Elektrod Al(III)-ISE	36
3.5	Pembinaan Elektrod Rujukan Ag/AgCl	37
3.6	Penentuan Respon Al(III)-ISE	38
3.7	Pengoptimuman Elektrod Pemilih Ion Aluminium (Al(III)-ISE)	39
3.7.1	Respon Terhadap Perubahan pH	39
3.7.2	Kesan Perubahan Kepekatan	40
3.7.3	Had Pengesanan Al(III)-ISE	40
3.7.4	Masa Respon	40



3.7.5	Kesan Kehadiran Ion Pengganggu	41
3.7.6	Jangka Hayat Elektrod	41
3.8	Aplikasi Al(III)-ISE	42
3.8.1	Kalibrasi Al(III)-ISE	42
3.8.2	Perbandingan Dengan UV-Vis	42
BAB 4 HASIL DAN PERBINCANGAN		
4.1	Respon Elektrod	43
4.2	Pengoptimuman Elektrod	44
4.2.1	pH Berkesan	44
4.2.2	Kesan Kepekatan	46
4.2.3	Had Pengesanan	48
4.2.4	Masa Respon	49
4.2.5	Gangguan dan Pemalar Selektiviti	49
4.2.6	Jangka Hayat Elektrod	55
4.3	Perbandingan Al(III)-ISE Dengan Kaedah UV-Vis	56
BAB 5 KESIMPULAN		
5.1	Kesimpulan	57
5.2	Cadangan	58
RUJUKAN		59
LAMPIRAN		64

SENARAI JADUAL

	Muka surat
Jadual 2.1 Perkembangan dan penemuan elektrod pemilihan ion	7
Jadual 3.1 Penyediaan larutan piawai Al^{3+} pada kepekatan $1 \times 10^{-1} \text{ M}$ hingga $1 \times 10^{-8} \text{ M}$	32
Jadual 3.2 Berat setiap garam dalam penyediaan 50 mL larutan piawai $1 \times 10^{-1} \text{ M}$ bagi ion pengganggu	33
Jadual 4.1 Pemalar selektiviti Al(III) -ISE bagi Kaedah Larutan Terpisah	51
Jadual 4.2 Pemalar selektiviti Al(III) -ISE bagi Kaedah Larutan Tercampur	54



SENARAI RAJAH

	Muka surat
Rajah 2.1 Susunan sel untuk pengukuran potentiometri menggunakan ISE	6
Rajah 2.2 Gambarajah berskema elektrod membran kaca	9
Rajah 2.3 Gambarajah berskema binaan elektrod pemilih ion membran pepejal	10
Rajah 2.4 Gambarajah berskema binaan elektrod pemilih ion membran polimer	12
Rajah 2.5 Gambarajah berskema binaan elektrod pengesan gas	13
Rajah 2.6 Binaan asas sebuah Elektrod Pemilih Ion (ISE)	14
Rajah 2.7 Susunan sel elektrokimia lengkap	14
Rajah 2.8 Struktur Spesies Kurkumin	17
Rajah 2.9 Graf Kalibrasi bagi Kaedah Larutan Terpisah	24
Rajah 2.10 Lengkung kalibrasi Kaedah Interferens Tetap	25
Rajah 3.1 Penyediaan membran polimer berdasarkan PVC	34
Rajah 3.2 Susunan sel semasa penyaduran wayar Ag secara elektrolisis	35
Rajah 3.3 Lekatan membran pada hujung tiub kaca	36
Rajah 3.4 Elektrod Pemilih Ion Al(III) yang dibina	37
Rajah 3.5 Elektrod Rujukan bagi Al(III)-ISE yang dibina	38
Rajah 3.6 Susunan sel lengkap semasa pengukuran keupayaan Al(III)-ISE dengan sempadan fasa setiap komponen	38
Rajah 3.7 Susunan sel dalam pengukuran potentiometri	39
Rajah 4.1 Respon elektrod terhadap perubahan pH pada kepekatan	



	1.0 x 10 ⁻² M larutan AlCl ₃	45
Rajah 4.2	Graf respon Al(III)-ISE terhadap ion Al ³⁺ pada kepekatan 1.0 x 10 ⁻¹ hingga 1.0 x 10 ⁻⁸ M	47
Rajah 4.3	Had pengesanan Al(III)-ISE	48
Rajah 4.4	Kesan ion pengganggu terhadap respon Al(III)-ISE pada pH 5 melalui kaedah larutan terpisah	50
Rajah 4.5	Kesan ion pengganggu terhadap respon Al(III)-ISE pada pH 5 melalui kaedah larutan tercampur	52
Rajah 4.6	Penentuan tempoh jangka hayat Al(III)-ISE	55

SENARAI SIMBOL, UNIT DAN SINGKATAN

[i]	Kepekatan ion
z	Cas ion
E	Keupayaan
E_{sel}	Keupayaan sel
ISE	<i>Ion-Selective Electrode</i>
NaTPB	<i>Natrium tetraphenylborate</i>
DEP	<i>Diethylphthalate</i>
THF	<i>Tetrahydrofuran</i>
PVC	Polivinilklorida



BAB 1

PENGENALAN

1.1 Aluminium

Logam aluminium adalah unsur yang mudah dibentuk, ringan, menarik dan boleh menghasilkan aloi yang kuat. Aluminium berada pada Kumpulan 3A dan bernombor atom 13 dalam Jadual Berkala (Silberberg, 2003). Sekurang-kurangnya 8% daripada komposisi kerak bumi terdiri daripada aluminium. Secara asalnya, aluminium banyak terdapat di udara, tanah dan air. Akibatnya, alam sekitar berkemungkinan tinggi terdedah kepada aluminium. Kesan ini tidak dapat dielakkan kerana sebatian aluminium bukan sahaja terdapat di kebanyakkan bekalan air malahan dalam pemprosesan makanan dan ubat-ubatan. Aluminium dikenali sebagai *neurotoxicant* iaitu toksik terhadap saraf otak. Apabila otak tercemar oleh aluminium, ia boleh mengakibatkan penyakit *neuro-degenerative* termasuk dialisis *encephalopathy*, *osteomalacia*, *osteodystrophy* dan yang berkaitan dengan rawatan dialisis *uremic* (Martin, 1986).

Menurut Wills dan Savory (1983), hanya sebahagian kecil ion Al(III) dalam dialisis sebatian boleh mengakibatkan kesan-kesan seperti di atas. Aluminium boleh

menyumbang kepada penyakit *Alzheimer's* atau lebih dikenali sebagai hilang ingatan. Aluminium juga boleh meningkatkan toksik dalam tulang dan mempengaruhi sistem *hematopoietic* dalam badan manusia (Martyn *et al.*, 1989). Pengesan kimia adalah alat yang memberikan respon terhadap spesies kimia sasaran dan secara langsung memberi maklumat tentang spesies kimia tersebut (Stradiotto *et al.*, 2003). Salah satu alat pengesan kimia ialah elektrod pemilih ion. Bagi sampel air, Aluminium selalunya dikesan menggunakan *Eriochrome Cyanide R* pada spektrofotometer ultra-ungu (*UV-Visible*) (Harvey, 2000).

1.2 Elektrod Pemilih Ion

Elektrod pemilih ion adalah satu kaedah yang mudah untuk mengukur aktiviti atau kepekatan ion dalam analisis kimia. Empat dekad yang lalu, elektrod pemilih ion yang pertama berjaya ialah elektrod membran kaca. Pelbagai kajian dilakukan untuk mempelbagaikan penggunaan elektrod pemilih ion. Pemahaman tentang mekanisma tindak balas dan mengesan bahan kimia baru atau konfigurasi kimia diperlukan bagi meningkatkan pelaksanaan elektrod (Macca, 2004). Sepanjang 20 tahun yang lalu, elektrod pemilih ion telah melalui perkembangan yang hebat dari segi penggunaan dan pembinaannya. Elektrod tersebut menunjukkan pemilihan dan kepekaan yang tinggi dalam pengukuran aktiviti ion tertentu (Sawyer *et al.*, 1995).

Pemilihan ion adalah bergantung kepada jenis dan komponen elektrod yang dibina. Ini biasanya dicapai dengan mempelbagaikan komponen membran iaitu matriks, bahan aktif (ionofor), pemplastik dan penyah kation atau anion. Amnya, membran bertindak sebagai pengangkut ion dan keselektifannya adalah bergantung

kepada bahan aktif (ionofor) di dalamnya. Matriks merupakan komponen terbanyak dalam membran. Bahan yang biasanya digunakan sebagai matriks ialah sejenis polimer misalnya polivinilklorida (PVC), getah silikon, resin atau polimer lain yang bersesuaian. PVC adalah bahan yang terbaik bagi membran cecair. Ianya mudah, senang dikendalikan dan murah berbanding alat dan teknik analisis yang lain (Khopkar, 2002).

1.3 Objektif Kajian

Objektif kajian ini adalah untuk:

- a. Membina Al(III)-ISE menggunakan kurkumin sebagai ionofor dalam membran elektrod yang dibina.
- b. Mencirikan Al(III)-ISE yang dibina untuk mendapatkan nilai optimum bagi pH, julat dinamik, had pengesan, kesan ion pengganggu, masa respon dan jangka hayat elektrod.
- c. Membuat perbandingan antara Al(III)-ISE dengan Kaedah Spektrofotometer Ultra-ungu (*UV-Visible*) jika Al(III)-ISE yang dibina bersifat selektif dan sensitif terhadap ion Al^{3+} .

1.4 Skop Kajian

Al(III)-ISE dibina dan kurkumin digunakan sebagai ionofor dalam penyediaan membran elektrod Al(III)-ISE. Selepas Al(III)-ISE siap dibina, Al(III)-ISE dioptimumkan untuk memastikan keberkesaan dan kebolehgunaannya dalam

mengesan ion Al^{3+} . Parameter-parameter yang dioptimumkan ialah pH berkesan, had pengesanan, julat kepekatan bekerja, kesan ion pengganggu, masa respon dan jangka hayat elektrod. Hasil penentuan secara potentiometri menggunakan Al(III)-ISE dibandingkan dengan penentuan menggunakan UV-Vis jika elektrod yang dibina berjaya.

BAB 2

ULASAN LITERATUR

2.1 Elektrod Pemilih Ion (ISE)

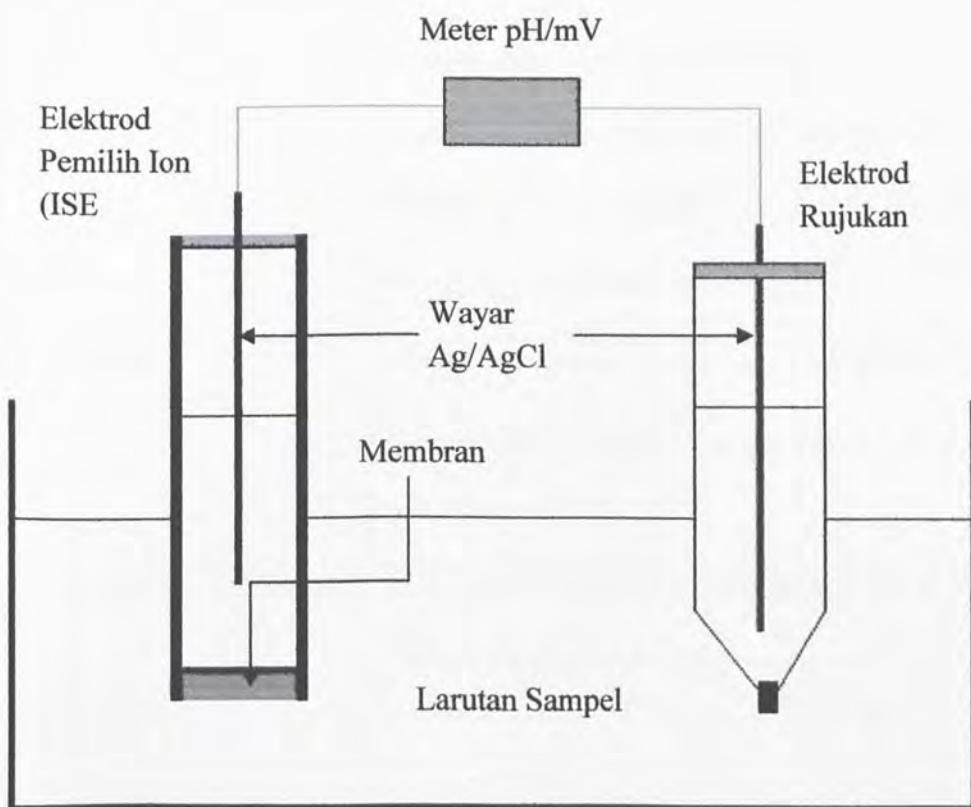
International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC) mengelaskan elektrod pemilih ion berdasarkan kepada jenis membran yang digunakan. Terdapat empat jenis membran bagi ISE iaitu membran kaca, membran pepejal, membran cecair penukargantian ion serta membran resapan. Membran cecair ion penukargantian dan membran pepejal hogenous dan heterogenous pula sesuai untuk pengesanan anion dan kation (Sawyer *et al.*, 1995). Contoh susunan sel dan litar semasa pengukuran menggunakan elektrod pemilih ion (ISE) adalah seperti di dalam Rajah 2.1. ISE tidak boleh menjalankan pengukuran secara sendirian. Elektrod rujukan berkeupayaan tetap diperlukan untuk melengkapkan litar. Elektrod rujukan berkeupayaan tetap berfungsi sebagai jambatan garam.

2.1.1 Sejarah Perkembangan ISE

Pada tahun 1906, penemuan terbesar dalam bidang elektrokimia telah ditemui hasil daripada pemerhatian terhadap elektrod membran kaca. Haber dan Clemensiewitz telah mendapati elektrod membran kaca menunjukkan isyarat tindakbalas terhadap



larutan berasid. Isyarat keupayaan ini hanya boleh dikesan oleh elektrometer yang mempunyai rintangan tenaga yang tinggi (*high input resistance*) (Pungor, 1998). Selepas penemuan oleh Haber dan Clemensiewitz pada tahun 1906 ini, beberapa kajian yang lebih terperinci telah dijalankan. Menurut Bailey (1976), sekitar tahun 1930, usaha untuk membina elektrod pemilihan ion menggunakan bahan selain kaca telah dimulakan oleh Tendello serta pasangan Kolthoff dan Sanders. Beberapa lagi penemuan dan perkembangan mengenai elektrod pemilihan ion diringkaskan di dalam Jadual 2.1.



Rajah 2.1 Susunan sel untuk pengukuran potensiometri menggunakan ISE.

Jadual 2.1 Perkembangan dan penemuan elektrod pemilihan ion oleh Bailey (1976)

Tahun	Penyelidik / Saintis	Kajian / Penemuan
1906	Cremer	Pemerhatian terhadap elektrod pengesan ion hidrogen
1906	Haber dan Clemensiewitz	Mendapati elektrod kaca memberikan tindakbalas terhadap ion hidrogen (keasidan)
1930	Tendello, Kolthoff dan Sanders	Pembinaan ISE menggunakan bahan lain selain dari kaca. Menghasilkan elektrod pengesanan halida menggunakan argentum halida
1934	Lengyel dan Blum	Menunjukkan bahawa elektrod kaca yang mengandungi Al_2O_3 atau B_2O_3 memberikan tindakbalas Nernstian terhadap ion natrium
1965	-	Elektrod pemilihan bagi ion argentum dan ion halida dikomersilkan di Hungary
1967	Ross	Elektrod membran cecair untuk pengukuran ion kalsium diperkenalkan menggunakan bahan aktif fosfat ester
1969	Stefanac dan Simon	Menghasilkan elektrod pemilihan terhadap ion kalium berdasarkan ‘valinomycin’

2.1.2 Jenis ISE

Elektrod pemilihan ion (ISE) dibezakan berdasarkan kepada membran yang digunakan. Membran ini mengandungi bahan aktif yang memberikan pemilihan terhadap spesies ion tertentu. Membran inilah yang mengasingkan di antara dua

larutan iaitu larutan yang dikaji dan larutan rujukan dalaman elektrod. Pemilihan membran mestilah yang memberikan tindak balas dengan ion analit yang dikaji.

Menurut laporan Pungor (2001), pengelasan elektrod dibahagikan kepada dua iaitu elektrod untuk pengukuran ion dan juga elektrod untuk pengukuran molekul. Bagi elektrod yang digunakan untuk pengesanan molekul, isyarat yang ditunjukkan adalah hasil tindak balas kimia ataupun tindak balas fizikal dari molekul. Tindak balas yang dimaksudkan ini ialah tindak balas enzim dan tindak balas pengasingan.

Elektrod juga boleh dikelaskan berdasarkan jenis elektrod yang memberikan serapan kimia (*chemisorption*). Elektrod yang beroperasi berasaskan *chemisorption* ialah elektrod yang berasaskan kepada 3 prinsip iaitu tindak balas pemendakan, tindak balas asid-bes dan tindak balas pengkompleksan (*complexation*).

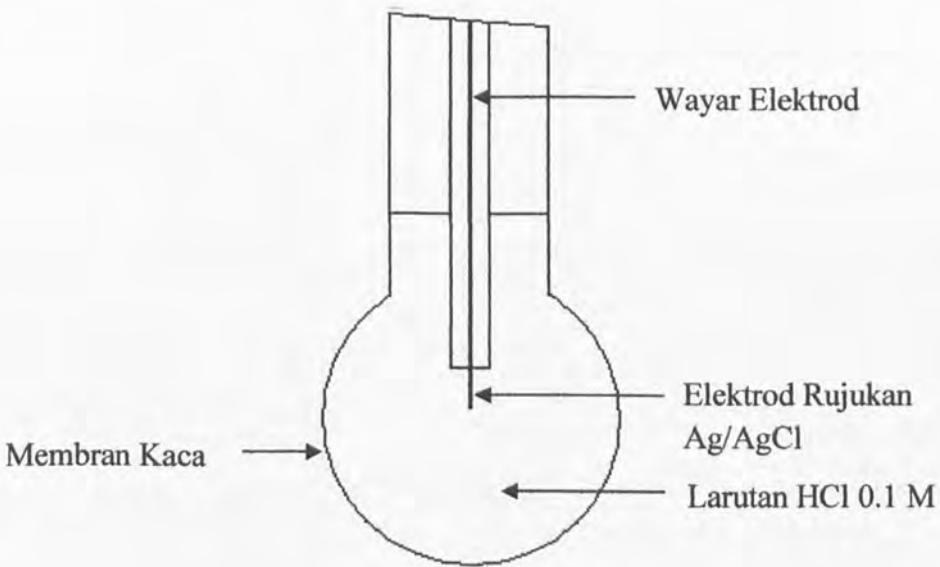
Merujuk kepada tapak pengikatan, membran boleh diklasifikasikan kepada membran yang mengandungi tapak tetap dan juga yang mengandungi ion penukarganti atau ionofor. Ion penukarganti atau ionofor inilah yang akan membawa ion spesifik yang dikaji merentasi membran. Walaubagaimanapun, dalam kajian yang dilakukan, ISE dikelaskan kepada empat berdasarkan jenis membran iaitu elektrod membran kaca, elektrod membran pepejal, elektrod membran-cecair penukarganti atau membran polimer dan elektrod pengesanan gas (Bailey, 1976).



a. Elektrod Membran Kaca

Elektrod membran kaca biasanya digunakan dalam pengukuran pH (Bailey, 1976). Elektrod jenis ini mempunyai keselektifan terhadap ion H_3O^+ dan juga kation (Sawyer *et al.*, 1995). Ia melibatkan mekanisma pertukaran ion dimana keupayaan pemisah dihasilkan dan ditentukan berdasarkan aktiviti relatif kation pada permukaan gel dan larutan luar. Oleh itu, keupayaan membrannya adalah bergantung kepada kation. Elektrod jenis ini boleh dikelaskan kepada tiga jenis iaitu elektrod pH, elektrod kation yang mana mempunyai keselektifan terhadap kation monavalen dan elektrod natrium.

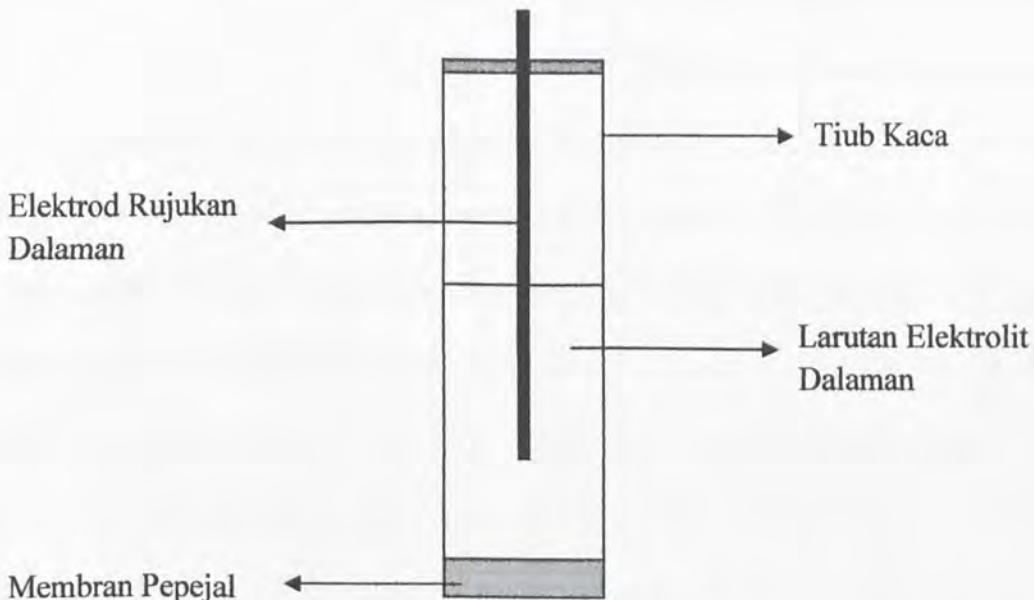
Membran elektrod kaca mempunyai tapak pengikatan tetap dan digunakan secara meluas dalam bidang analisis. Elektrod jenis ini merupakan antara elektrod pemilihan ion yang terbaik. Susunan elektrod membran kaca ditunjukkan dalam Rajah 2.2.



Rajah 2.2 Gambarajah berskema elektrod membran kaca.

b. Elektrod Membran Pepejal

Elektrod membran pepejal terbahagi kepada dua jenis iaitu jenis homogenus dan jenis heterogenus. Elektrod membran homogenus merupakan ISE dimana membrannya merupakan bahan berhablur yang disediakan daripada komponen tunggal atau campuran komponen homogenus. Elektrod membran pepejal jenis heterogenus pula dihasilkan dengan mencampurkan suatu bahan aktif atau campuran bahan-bahan aktif dengan matrik lengai seperti getah silikon atau PVC, atau diletakkan pada grafit hidrofobik atau epoksi pengalir untuk membentuk membran pengesan heterogenus. Membran jenis ini mempunyai rintangan yang rendah, telap secara memilih dan mudah dibuat. Gambarajah bagi elektrod pemilih ion membran pepejal ditunjukkan dalam Rajah 2.3.



Rajah 2.3 Gambarajah berskema binaan elektrod pemilih ion membran pepejal.

RUJUKAN

Ammon, H. P. dan Wahl, M. A., 1996. Pharmacology of Curcuma longa. *Planta. Med.* **57**, ms. 1-7.

APHA Methods, 1995. *Standard Methods of American Public Health Association for the Determination of Water and Wastewater.*

Ardakani, M. M., Mirhoseini, S. H. dan Niasani, M. S., 2006. Copper Selective Electrode Based on 1,8-bis(hydroxynaphthalimino)3,6-dioxaoctane. *Acta Chim. Slov.* **53**, ms. 197-203.

Bailey, P. L., 1976. *Analysis With Ion-Selective Electrodes*. Thomas L. C., Heyden & Sons Ltd, New York.

Bush, J. A., Cheung, K. J. dan Li, G., 2001. Curcumin Induces Apoptosis in Human Melanoma Cells Through a Fas Receptor/Caspase-8 pathway in Dependent of p53. *Exp. Cell. Res.* **271**, ms. 305-14.

Christian, G. D., 2004. *Analytical Chemistry*. Ed. ke-7. John Wiley & Sons, Singapore.

Elvers, B., Hawkins, S. dan Russey, W., 1994. *Ullman's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Jilid B6. Ed. ke-5. VCH Publisher, Berlin.

Erdem, A., Özkan, D., Kermen, K. dan Meric, B., 2000. Ion-Selective Membrane Electrode for the Determination of a Novel Phenylpiperazine Antidepressant, Nefazodone. *Turk. J. Chem.* **24**, ms. 353-360.

Eugester, R., Gehrig, P. M., Morf, W. E., Spichiger, U. E. dan Simon, W., 1991. Selectivity-Modifying Influence of Anionic Sites in Neutral-Carrier-Based Membrane Electrodes. *Analytical Chemistry* **63** (20), ms. 2285-2289.

Evsevleeva, L. G., Bykova, L. M. dan Badenikov, V. Y., 2005. *Journal of Analytical Chemistry* **60** (9), ms. 866-867.

Ganjali, M. R., Zamani, H. A., Norouzi, P., Adib, M. dan Accedy, M., 2005. Novel Calcium Sensors Based on [2-(2-hydroxyphenyl)imino]-1,2-diphenylethanone. *Acta Chim. Slov.* **52**, ms. 309-316.

Gupta, V.K., Jain, A.K. dan Kumar, P. 2006. PVC-based membranes of dicyclohexano-24-crown-8 as Cd(II) selective membrane. *Electrochimica Acta* **52**, ms. 736-741.

Gupta, V. K., Prasad, R. dan Kumar, A., 2003. Preparation of Ethambutol-Copper(II) Complex and Fabrication of PVC Based Membrane Potentiometric Sensor for Copper. *Talanta* **60**, ms. 149-160.

Harvey, D., 2000. *Modern Analytical Chemistry International Edition 2000*. McGraw Hill, USA

- Isildak, I., 2000. All Solid-State Contact Lead(II) Ion-Selective PVC Membrane Electrode Using Dimethylene Bis(4-methylpiperidinedithiocarbamate) Neutral. *Turk J Chem* **24**, ms. 389-394.
- Khopkar, S. M., 2002. *Analytical Chemistry of Macroyclic and Supramolecular Compounds*. Narosa Publishing Horse, New Delhi. ms. 261-262.
- Macca, C., 2004. Response Time of Ion-Selective Electrodes Current Usage Versus IUPAC Recommendations. *Analytica Chimica Acta* **512**, ms. 183-190.
- Malongo, T. K., Blankert, B., Kambu, O., Amighi, K., Nsangu, J. dan Kauffmann, J. M., 2006. Amodiaquine Polymeric Membrane Electrode. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis* **41**, ms. 70-76.
- Martin, R. B., 1986. The Chemistry of Aluminum as Related to Biology and Medicine. *Clin Chem.* **32**, ms. 1797-1806.
- Martyn, C. N., Barker, D. J. P., Osmond, C., Harris, E. C., Edwardson, J. A. dan Lacey, R. F., 1989. Geographical Relation Between Alzheimer's Disease and Aluminium in Drinking Water. *Lancet* **1**, ms. 59-62.
- Missel, P. J., 1999. Coated-Wire Ion-Selective Electrode for Levobetaxolol. *Langmuir* **15**, ms. 7122-7124.

Pungor, E., 1998. The Theory of Ion-Selective Electrodes. *Analytical Science* **14**, ms. 249-256.

Sawyer, D. T. dan Roberts Jr, J. L., 1974. *Experimental Electrochemistry for Chemists*. John Wiley & Sons, U.S.A.

Sawyer, D. T., Sobkowiak, A. dan Roberts Jr, J. L., 1995. *Electrochemistry for Chemists*. Ed. ke-2. John Wiley & Sons. New York.

Seol, H., Shin S. C. dan Shim Y. B., 2004. Trace Analysis of Al(III) Ions Based on the Redox Current of a Conducting Polymer. *Electroanalysis* **16** (24), ms. 2051-2057.

Shamsipur, M., Ershad, S., Yari, A., Sharghi, H. dan Salimi, A. R., 2004. Hydroxy-Thioxanthones as Suitable Neutral Ionophores for The Preparation of PVC-Membrane Potentiometric Sensors for Al(III) Ion. *Analytical Sciences* **20** (2), ms. 301.

Silberberg, M. S., 2003. *Chemistry: The Molecular Nature of Matter and Change*. Ed. ke-3. McGraw Hill, U.S.A.

Singh, A. K., Saxena, P. dan Panwar, A., 2005. Manganese(II)-Selective PVC Membrane Electrode Based on a Pentaazamacrocyclic Manganese Complex. *Sensors and Actuators B* **110**, ms. 377-381.

Skoog, D.A., West, D.M., Holler, F.J. dan Crouch, S.R. 2004. *Fundamentals of analytical chemistry*, Ed. Ke-8. Thomson Brooks/Cole, USA.

Stradiotto, N. R., Hideko, Y. H. dan Zanoni, M. V. B., 2003. Electrochemical sensors: A Powerful Tool in Analytical Chemistry. *J. Brazillian Chemical Society* **14** (2), ms. 159-173.

Toennesen, H. H. dan Karlsen, J., 1985. *Z Lebensm-Unter Forch.* **180**, ms. 402.

Verger, P., Chambolle, M., Babayou, P., Le Breton, S. dan Bolatier, J. L., 1998. Estimation of The Distribution of The Maximum Theoretical Intake for Ten Additives in France. *Food Addit Contam* **15**, ms. 759-66.

Wills, M. R. dan Savory, J., 1983. Aluminium Poisoning: dialysis encephalopathy. *Lancet* **2**, ms. 29-34.