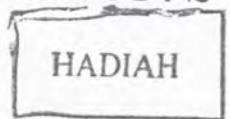


157738

4000008872



SEL VOLTAN DARIPADA BUAH-BUAHAN

NORASMALINI BINTI ABU HASSAN ASAARI

DISERTASI YANG 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

April 2006

PERPUSTAKAAN UMS



1400008872



**UMS**  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

PUMS99:1

UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS@

JL: *ve uolton doripodo buah-buahan*

AH: *Ijazah sarjana muda dengan kepujian*

A NORASMALINI BINTI ABU HANUAN <sup>ASAARI</sup> SESI PENGAJIAN: *03/06*  
(HURUF BESAR)

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

- Tesis adalah hak milik Universiti Malaysia Sabah.
- Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dibenarkan membuat salinan untuk tujuan pengajian sahaja.
- Perpustakaan dibenarkan membuat salinan tesis ini sebagai bahan pertukaran antara institusi pengajian tinggi.
- 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

NDATANGAN PENULIS)

(TANDATANGAN PUSTAKAWAN)

Tetap: NO 36 PERN CHEPOR  
IMAN MAR 3/000 - SEMOR  
RAK

EN JAHIMIN ASA'AD  
RASHID Nama Penyelia

26/4/06

Tarikh: 26/4/06

TAN:- \*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).

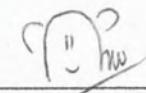


**UMS**  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

## PENGAKUAN

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

26 April 2006



Norasmalini Abu Hassan Asaari

HS2003-2983



**UMS**  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

**DIPERAKUKAN OLEH**

Tandatangan

**1. PENYELIA**

(En Jahimin Asik @ Abd Rashid)

Jahimin Asik @ ABD. RASHID  
 Program Kimia Industri  
 Sekolah Sains dan Teknologi  
 Universiti Malaysia Sabah

**2. PEMERIKSA 1**

(Dr Suhaimi Md Yasir)

**3. PEMERIKSA 2**

(En Collin Glen Joseph)

Collin

**4. DEKAN**

(SUPT/KS Prof. Madya Dr Syariff A.K Omang)

Syariff Omang



**UMS**  
 UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

## PENGHARGAAN

Assalamualaikum dan selamat sejahtera saya ucapkan kepada kesemua pihak yang banyak membantu saya dalam menjayakan kajian saya ini. Ucapan terima kasih kepada mereka dan rasa amat bersyukur pada Allah S.W.T kerana kajian ini dapat disiapkan dengan sempurnanya.

Setinggi -tinggi ucapan terima kasih dan penghargaan kepada penyelia saya iaitu En Jahimin Asik atas tunjuk ajar, bimbingan, pandangan, teguran dan nasihat yang telah banyak membantu saya dalam menghasilkan tesis ini. Segala tunjuk ajar dan nasihat encik akan saya gunakan untuk masa hadapan saya. Tidak lupa juga jutaan terima kasih kepada pensyarah-pensyarah lain atas bimbingan dan tunjuk ajar.

Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada pembantu-pembantu makmal Kimia Universiti Malaysia Sabah iaitu Encik Sani , Encik Samudi dan lain-lain kerana telah memberikan sepenuh kerjasama dan bantuan kepada saya untuk membolehkan saya menyiapkan kajian saya ini.

Akhir sekali, perhargaan dan terima kasih saya tujukan kepada kedua ibu bapa dan keluarga tersayang atas bantuan dan dorongan serta doa tidak henti-henti untuk kejayaan saya. Tidak ketinggalan juga ucapan terima kasih kepada Mohd Zharif Dahalan, Zawiyah Din, Aini Hayati Zulkifli dan teman-teman seperjuangan lain yang selama ini tidak putus-putus memberikan dorongan dan semangat dalam menjalani pengajian di universiti. Diharapkan kalian berjaya dalam menempuh segala cabaran pada masa hadapan. Sekian, terima kasih.

Norasmalini Abu Hassan Asaari (2006)

## ABSTRAK

Sel voltan buah-buahan telah dibuat dengan menggunakan logam zink sebagai anod dan rod karbon (grafit) sebagai katod. Kisaran buah-buahan iaitu limau kasturi, nanas, tembikai, betik dan tomato telah digunakan sebagai elektrolit. Secara keseluruhannya didapati bahawa nilai voltan dan nilai arus yang paling tinggi dicatatkan oleh limau kasturi iaitu masing-masing sebanyak 2.81V dan 2.73mA, diikuti oleh nanas ( 2.64V dan 2.21mA), tomato (2.39V dan 2.08mA), tembikai (2.21V dan 1.29mA) dan seterusnya betik (2.20V dan 1.03mA). Nilai keupayaan yang dicatatkan bergantung kepada nilai pH dan nilai arus yang dihasilkan pula bergantung kepada cara penyambungannya samaada selari atau sesiri.



## ABSTRACT

Voltaic cell from fruits was made by using zink as anode and carbon rod as cathode. In this experiment, sources of electrolytes were from blended fruits of lime musk, pineapple, watermelon, papaya and tomato. The experiment shows that musk lime has produced the highest potential (V) and current (mA) which are 2.81V and 2.73mA respectively. Then, it is followed by the pineapple (2.64V and 2.21 mA), tomato (2.39V and 2.08mA), watermelon (2.21V and 1.29mA) and papaya (2.20V and 1.03mA). The potential amount that had been produced is pH depended while the amount of current is depend whether it is connected in parallel or series connection.



## KANDUNGAN

Muka surat	
PENGAKUAN	i
PENGESAHAN	ii
PENGHARGAAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
SENARAI KANDUNGAN	vi
SENARAI JADUAL	x
SENARAI RAJAH	xi
SENARAI SIMBOL	xii
 <b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	 1
1.1 Pengenalan	1
1.2 Objektif Kajian	2
1.3 Skop Kajian	2
1.4 Kepentingan Kajian	3
 <b>BAB 2 KAJIAN LITERATUR</b>	 4
2.1 Tenaga	4
2.2 Sel Elektrokimia	5
2.3 Sel Voltik	6
2.4 Sel Voltan Tumbuhan	10
2.5 Sel Voltan daripada Buah-Buahan	14
2.5.1 Limau kasturi ( <i>citrus mitis</i> )	15
2.5.2 Nanas ( <i>Ananas comosus</i> )	15
2.5.3 Tembikai ( <i>Citrus llus lanatus</i> )	16
2.5.4 Betik ( <i>Carica papaya</i> )	17
2.5.5 Tomato ( <i>Lycopersicon exculentum</i> )	17
2.6 Konfigurasi Sel Voltan	18



2.7	Pemasangan secara Bersiri dan Selari	19
<b>BAB 3 BAHAN DAN KAEADAH</b>		22
3.1	Kaedah Kajian	22
3.2	Alat Radas dan Bahan Kimia	23
3.3	Kaedah	24
3.3.1	Pemerolehan dan Penyediaan awal sampel	24
3.3.2	Penentuan pH Buah-Buahan	24
3.3.3	Penyediaan Sel Voltan	25
3.3.3.1	Penyediaan Bekas Sel	25
3.3.3.2	Susunan Sel	27
3.3.4	Pengukuran yang Dijalankan ke atas Sel Voltan	28
3.3.4.1	Mengukur Keupayaan Sel Voltan Buahan	28
3.3.4.2	Mengukur Arus bagi setiap Sel Voltan	29
3.3.4.3	Kesan Bebanan ke atas Sel Voltan	30
3.3.5	Pemerolehan Data	30
<b>BAB 4 KEPUTUSAN</b>		32
4.1	Kandungan dalam Sel Voltan daripada Buahan	32
4.2	Sel Voltan Limau kasturi	34
4.3	Sel Voltan Nanas	35
4.4	Sel Voltan Tembikai	36
4.5	Sel Voltan Betik	38
4.6	Sel Voltan Tomato	39
4.7	Kesan Bebanan	40
4.8	Jarak di antara Elektrod	41
<b>BAB 5 PERBINCANGAN</b>		42
5.1	Perbandingan Bacaan Voltan	42
5.2	Perbandingan Nilai Arus	44
5.3	Kesan pH	45



5.4	Tindak Balas Kimia yang Terlibat	46
5.5	Faktor Jenis Sambungan	48
5.6	Kelemahan Kajian	49
<b>BAB 6            KESIMPULAN</b>		50
6.1	Kesimpulan	50
6.2	Cadangan	51
<b>RUJUKAN</b>		52
<b>LAMPIRAN</b>		55



## **SENARAI JADUAL**

No. Jadual	Halaman
2.1: Sel voltik menggunakan pelbagai jenis tumbuhan	13
3.1: Senarai alat radas utama yang digunakan semasa ujikaji	23



## SENARAI RAJAH

No. Rajah	Halaman
2.1 Sel Daniell	7
2.2 Pembinaan se voltan tumbuhan	11
2.3 Sambungan sel voltan tumbuhan	12
2.4 Bateri yang disambungkan secara selari	20
2.5 Bateri yang disambungkan secara sesiri	21
3.1 Ringkasan kaedah kajian sel voltan daripada buahan	22
3.2 Saiz rod karbondan tabung zink yang digunakan	26
3.3 Pandangan depan dan atas bekas sel	26
3.4 Pandangan depan dan atas pembinaan sel	27
3.5 Sambungan sel voltan bersiri (A) dan (B) secara selari dan sesiri	29
3.6 Penyambungan sel voltan dengan bebanan	30
4.1 Nilai bacaan purata (3 replikat) bagi buah limau kasturi	35
4.2 Nilai bacaan purata (3 replikat) bagi buah nanas	36
4.3 Nilai bacaan purata (3 replikat) bagi buah tembikai	37
4.4 Nilai bacaan purata (3 replikat) bagi buah betik	39
4.5 Nilai bacaan purata (3 replikat) bagi buah tomato	40
5.1 Graf keupayaan (V) melawan jenis sambungan	43
5.2 Graf arus (mA) melawan jenis sambungan	45
5.3 Nilai bacaan pH bagi setiap buahan	46



## SENARAI SIMBOL

-	hingga
%	peratus
g	gram
Kg	kilogram
°C	darjah Celcius
cm	sentimeter
m	meter
mm	millimeter
mg	milligram
l	liter
ml	milliliter
V	volt
E°	E sel
mA	miliamphere
log	logaritma
ak	akues
p	pepejal
g	gas
Cu	kuprum
Zn	Zink
e	electron
d.g.e	daya gerak elektrik
oks	pengoksidaan
run	penurunan



## **BAB 1**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Pengenalan**

Sel voltan atau sel galvani ialah peranti yang dapat menghasilkan perbezaan keupayaan elektrik di antara dua elektrod daripada tindak balas kimia yang berlaku di dalam sel tersebut (Satapah A & Mohd J.N, 1995). Contohnya ialah bateri.

Sel elektrokimia biasanya mengandungi sepasang elektrod atau konduktor (biasanya logam) yang direndam dalam elektrolit. Apabila kedua-dua elektrod disambungkan dengan dawai atau kondoktor luar, arus elektrik akan terhasil. Pengoksidaan akan berlaku pada satu permukaan elektrod (di anod) dan penurunan berlaku pada permukaan elektrod yang satu lagi (di katod ) (Ramli I *et al.*, 2003). Arus elektrik terhasil apabila berlaku pengaliran elektron dari anod ke katod. Elektron tersebut terhasil apabila berlaku tindak balas spontan di dalam sel.

Dalam kajian ini, buah-buahan digunakan sebagai elektrolit. Sel voltan biasanya menggunakan garam inorganik sebagai elektrolitnya untuk menghasilkan arus elektrik.

Kebanyakan tumbuhan terdiri daripada pelbagai jenis elektrolit inorganik dan organik yang diserap daripada sistem akar atau sintesis daripada proses metabolismik (Datta P, 2003). Sesetengah buahan mengandungi bahan seperti asid askobik, asid sitrik, dan NADH (bahan kimia yang menghasilkan tenaga bersel). Dengan adanya bahan-bahan ini, tenaga elektrik dijangka dapat dihasilkan.

### **1.2 Objektif Kajian**

Terdapat dua objektif yang ingin dicapai di dalam kajian ini iaitu:

1. Mengenal pasti buahan yang mana satukah yang menghasilkan nilai voltan dan nilai arus elektrik yang paling tinggi.
2. Melihat perkaitan pH elektrolit serta jenis (sama ada selari atau bersiri) dengan nilai voltan dan nilai arus pada sel voltan yang dikaji.

### **1.3 Skop Kajian**

Kajian ini dibuat dengan menggunakan lima jenis sampel buahan sahaja antaranya ialah tomato (*Lycopersicum esculentum*), limau kasturi (*Citrus mitis*), tembikai (*Citrus llus lanatus*), nanas (*Ananas comosus*) dan betik (*Carica papaya*).

Elektrod yang digunakan ialah zink dan karbon. Elektrod zink bertindak sebagai elektrod positif iaitu anod, dan karbon pula bertindak sebagai elektrod negatif iaitu sebagai katod.

Selain daripada itu, pH sampel buahan juga diukur dengan menggunakan pH meter. Hal ini bertujuan untuk melihat perkaitan pH dengan nilai voltan dan nilai arus sel voltan yang dicerap.

#### **1.4 Kepentingan Kajian**

Kajian ini adalah amat penting untuk menilai buahan yang manakah menghasilkan nilai arus elektrik yang tinggi. Kelebihan menggunakan sel voltan ini ialah, ia tidak memerlukan kos yang banyak dan bahan-bahan yang rumit kerana ia hanya menggunakan bahan-bahan biologikal seperti buah-buahan. Di samping itu juga, sel voltan ini adalah mesra alam dan penggunaannya tidak melibatkan pencemaran alam sekitar.



## BAB 2

### ULASAN LITERATUR

#### 2.1 Tenaga

Tenaga adalah kemampuan melakukan kerja. Tenaga boleh dijelaskan dengan teori pertama dan kedua termodinamik. Teori pertama termodinamik menyatakan tenaga tidak dapat dicipta atau dimusnahkan, tetapi boleh bertukar dari satu bentuk ke bentuk yang lain. Manakala bagi teori kedua termodinamik pula menyatakan, pemindahan tenaga sentiasa menghasilkan tenaga yang kurang , terutamanya tenaga haba ( Paul, 1993).

Tenaga terdiri daripada pelbagai jenis bergantung kepada sumber yang didapati. Contoh-contoh tenaga dan sumbernya ialah (Paul, 1993) :

- ◆ Tenaga haba; berkaitan pergerakan rawak zarah.
- ◆ Tenaga mekanikal; berkaitan dengan kelajuan (tenaga dinamik), ketinggian (tenaga daya), atau pergerakan (tenaga kinetik) sesuatu objek.
- ◆ Tenaga elektrik; berkaitan dengan pergerakan cas zarah.
- ◆ Tenaga kimia; berkaitan dengan tenaga yang melibatkan ikatan kimia.

- ◆ Tenaga nuklear; berkaitan dengan tenaga ikatan atom nuklear.
- ◆ Tenaga graviti; berkaitan dengan tarikan graviti.
- ◆ Tenaga cahaya; berkaitan dengan radiasi elektromagnetik

Tenaga elektrik juga boleh diperolehi daripada bahan kimia. Bateri merupakan sel yang boleh membekalkan tenaga elektrik melalui tindak balas kimianya (Ramli Ibrahim et.al., 2003).

## 2.2 Sel Elektrokimia

Sel elektrokimia terdiri daripada sepasang elektrod iaitu konduktor elektronik (katod atau anod yang diperbuat sama ada dari logam, semikonduktor atau karbon) yang dicelup ke dalam konduktor ionik atau elektrolit (yang mungkin larutan, gel atau leburan) (Halimaton H, 2000). Anod boleh didefinisikan sebagai elektrod yang menyebabkan elektron meninggalkan larutan dan katod adalah tempat elektron masuk ke dalam larutan. Sel elektrokimia dikelaskan kepada dua jenis iaitu sel voltik dan sel elektrolisis. Kedua-duanya mengaplikasikan tindak balas pengoksidaan dan penurunan yang berlaku di elektrod.

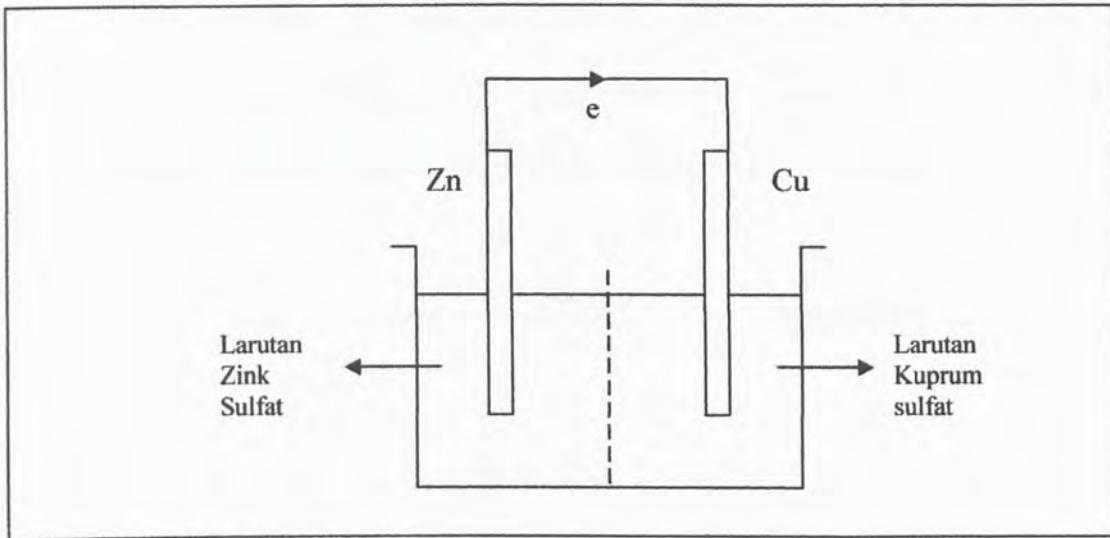
Jika keikutuhan sel elektrokimia telah diketahui, tindak balas sel selalunya boleh ditentukan dengan menggunakan prinsip yang berikut. Tindak balas sel akan terjadi apabila keseimbangan elektrod diganggu dengan menyambungkan sel ini kepada litar luarnya, oleh itu sel itu akan mengalirkan arus di sekeliling litar. Elektron akan mengalir

dari pada elektrod yang lebih negatif melalui litar kepada kutub positif sel. Supaya arus ini tetap, tindak balas mesti terjadi di anod yang berkemampuan untuk memberikan elektron kepada litar luar dan di katod mesti terjadi proses penggunaan elektron yang tiba dari pada litar luar tadi. Ini bermakna, tindak balas yang terjadi anod selalunya adalah tindak balas pengoksidaan dan pada katod adalah tindak balas penurunan.

Sel voltan juga dikenali sebagai sel galvanik iaitu peranti yang dapat menghasilkan perbezaan keupayaan elektrik di antara dua elektrod daripada tindak balas kimia yang berlaku secara spontan di dalam sel tersebut. Sekiranya kedua-dua elektrod dihubungkan dengan litar luar, maka arus elektrik akan dihasilkan. Tindak balas pengoksidaan selalunya berlaku di anod dan tindak balas penurunan pula berlaku di katod. Oleh itu, arus yang mengalir yang kemudiannya boleh digunakan bagi melakukan kerja mekanik, ini bermakna sel voltik menukar tenaga kimia kepada kerja iaitu tenaga elektrik (Satapah A. & Mohd J.N, 1995). Berbeza dengan sel voltik, sel elektrolisis pula memerlukan tenaga elektrik dari luar supaya tindak balas kimia boleh berlaku. Oleh itu tindak balas adalah tidak spontan.

### 2.3 Sel Voltik.

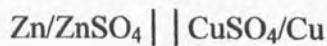
Satu contoh sel voltik yang paling ringkas ialah sel Daniell. Sel Daniell terdiri daripada setengah sel zink dan setengah sel kuprum. Contoh binaan sel Daniell adalah ditunjukkan seperti gambarajah di bawah.



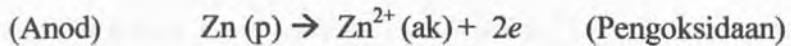
\*sumber: Anuar K (1987).

**Rajah 2.1:** Sel Daniell.

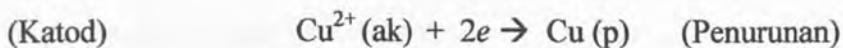
Sel Daniell ini terdiri daripada satu elektrod zink yang direndamkan separa bahagian ke dalam suatu larutan zink sulfat dan elektrod kuprum juga separa bahagiannya direndam ke dalam larutan kuprum sulfat. Kedua-dua larutan dipisahkan oleh selaput tertelap atau kaca bersinter. Contoh binaan sel Daniell ditunjukkan di dalam **Rajah 2.1**. Dalam sel ini elektrod zink selalunya lebih negatif daripada elektrod kuprum. Oleh itu, zink bertindak sebagai anod dan kuprum bertindak sebagai katod, yang mana berlaku pengaliran elektron dari elektrod zink ke elektrod kuprum (Anuar K, 1987). Sel ini boleh digambarkan sebagai



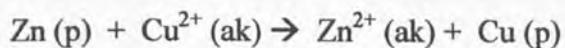
Jika sel ini dibenarkan untuk mengalirkan arus kepada litar luar, suatu tindak balas yang menghasilkan elektron akan terjadi pada elektrod zink (anod) dan suatu tindak balas yang menggunakan elektron akan terjadi pada elektrod kuprum (katod):



Dan;



Tindak balas sel keseluruhannya ialah:



Sekali lagi, pengoksidaan terjadi di anod (Zn) dan penurunan di katod (Cu). Ini adalah tindak balas biasa zink menggantikan kuprum dalam larutan dan ini digunakan dalam sel Daniell untuk membekalkan tenaga elektrik (Anuar K, 1987).

Sel yang belum mencapai keseimbangan kimia boleh melakukan kerja elektrik apabila tindak balas di dalamnya mendorong elektron melalui litar luaran. Kerja yang boleh dicapai oleh elektron bergantung kepada perbezaan keupayaan antara elektrod. Perbezaan keupayaan ini dipanggil keupayaan sel dan diukur dalam nilai Volt, V. Sel yang

tindak balasnya berada dalam keseimbangan tidak boleh melakukan kerja, maka keupayaan sel adalah sifar (Halimaton H, 2000).

Daya gerak elektrik (d.g.e) daripada suatu sel elektrokimia bersamaan dengan perbezaan antara keupayaan yang membina sel tersebut. D.g.e piawai sel adalah jumlah keupayaan piawai elektrod kiri (anod) dan keupayaan piawai elektrod kanan (katod) (Ramlil I et al., 2003). Kegunaan pengukuran d.g.e adalah untuk menentukan pH, pekali keaktifan, pemalar keseimbangan dan bagi menentukan hasil darab keterlarutan. D.g.e piawai bagi sel ditunjukkan seperti di bawah:

$$E^o_{\text{sel}} = E^o_{\text{katod}} - E^o_{\text{anod}} \quad *sumber : Anuar K (1987)$$

Jika kedua-dua sistem elektrod yang membina sel itu pada keadaan yang standard, keseluruhan sel tersebut berada dalam keadaan standard dan d.g.e sel itu dinamakan d.g.e. standard dan diukur dalam keadaan piawai iaitu tekanan 1 atm, 1M, dan pada suhu 25°C. Nilainya juga sama dengan perbezaan antara keupayaan elektrod standard daripada elektrod individunya (Anuar K, 1987)

Daya gerak elektrik (d.g.e.) suatu sel elektrokimia diukur dengan cara membandingkan d.g.e sel tersebut dengan suatu sel bandingan. Sel bandingan ini selalunya dikenali sebagai sel standard. Penggunaan sebutan standard di sini tidaklah dirujukkan kepada keadaan standard tetapi hanyalah menunjukkan yang d.g.e. sel standard itu telah diketahui nilainya dengan tepat. Sel standard yang selalu digunakan ialah sel Weston. Ia mempunyai nilai d.g.e 1.01859 V pada 20° C dan voltan ini bernilai

malar untuk jangka masa beberapa tahun. D.g.e yang hendak diukur dibandingkan dengan sel Weston oleh litar potentiometer (Anuar K,1987).

Pada keadaan bukan piaawai pual keupayaan sel yang terhasil boleh diterangkan menggunakan persamaan Nernst yang berikut iaitu:

$$E_{\text{sel}} = E^{\circ}_{\text{sel}} - \left[ \frac{0.05916}{n} \right] \log \left[ \frac{[\text{terturun}]}{[\text{terokksida}]} \right]$$

\*sumber : Anuar K (1987)

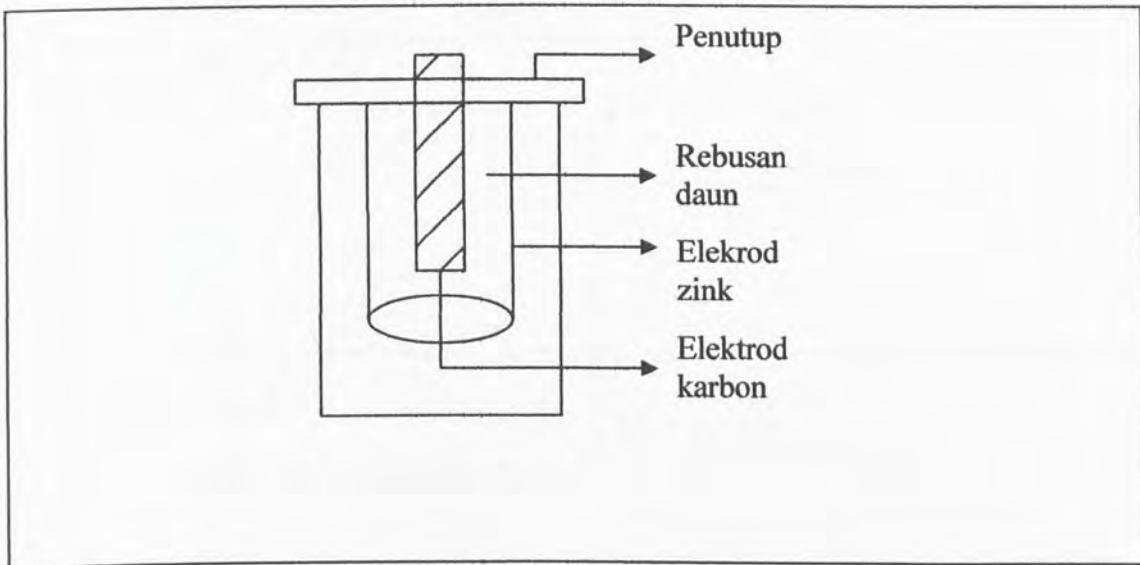
Di mana;

n = bilangan elektron yang terlibat.

#### 2.4 Sel Voltan Tumbuhan

Sel voltan biasanya menggunakan garam inorganik sebagai elektrolit untuk menghasilkan arus elektrik. Berdasarkan kajian literatur tidak banyak laporan terhadap sel voltan yang menggunakan bahagian tumbuhan sebagai elektrolit, kajian terhadap potensinya sebagai sumber tenaga dalam bentuk sel voltan masih lagi belum berkembang. Menurut Prajjal Datta (2003) tumbuh- tumbuhan kebanyakannya mengandungi pelbagai jenis elektrolit inorganik dan organik yang diserap daripada sistem akar atau sintesis daripada proses metabolismik.

Prajjal Datta (2003) menggunakan sayur-sayuran sebagai sumber elektrolitnya dan menggunakan elektrod zink sebagai anod dan elektrod kuprum sebagai katod. Beliau menggunakan 12 sel dalam ujikaji tersebut dan setiap sel berisipadu  $50\text{cm}^3$ . Elektrod karbon ( $7.5 \times 5.0$  cm) diletakkan ditengah-tengah dan elektrod zink ( $10.0 \times 5.0\text{cm}$ ) mengelilingi elektrod karbon dan jarak antara keduanya ialah  $0.5\text{cm}$ . Pembinaan sel ditunjukkan seperti di dalam **Rajah 2.2**. Manakala pada **Rajah 2.3** pula menunjukkan sambungan yang dilakukan bagi sel voltan.



\*sumber: Datta. P (2003)

**Rajah 2.2:** Pembinaan sel voltan tumbuhan.

## RUJUKAN

- Anuar Kassim (ptrj), 1987. *Elektrokimia Permulaan*. Dewan Bahasa dan Pustaka, Kuala Lumpur.
- Mann C. K., dan Barnes K. K., 1970. *Electrochemical Reactions in Nonaqueous Systems*. Marcel Dekker, Inc, New York.
- Chin C. T., 1985. *Ikhtisar Kimia Fizik*. Dewan Bahasa dan Pustaka, Kuala Lumpur.
- Langer G., Jensen H., Josserand J., dan Girault H. H., 2003. Hydro- Voltaic cell. *Journal of Electroanalytical Chemistry*, Vol 545: 1-6
- Stoker H. S., 2003. *Essentials of General, Organic, and Biological Chemistry*. Houghton Mifflin Company, U.S.A.
- Halimaton Hamdan, Hanim Awab dan Mohd Nazlan Mohd Muhib, 1996. *Kimia untuk Jurutera dan Ahli Teknologi*. Dewan Bahasa dan Pustaka, Kuala Lumpur.
- Halimaton Hamdan (pntj), 2000. *Kimia Fizik Edisi Keempat*. Universiti Teknologi Malaysia, Johor
- Halimaton Saadiah A Shafiei, 1998. *Sayur-sayuran Semenanjung Malaysia*. Dewan Bahasa dan Pustaka, Kuala Lumpur.
- Ibrahim Baba, 1994. *Kimia Tak organik Konsep dan Struktur*. Dewan Bahasa dan Pustaka, Selangor.
- Levine I. N., 2003. *Physical Chemistry*. McGraw-Hill Companies, New York
- Speight J. G., 1996. *Environmental Technology Handbook*. Taylor & Francis, United Stated.

- Almora K., Pino J. A., Hernandez M., Duarte C., Gonzalez J. dan Roncal E., 2004. Evaluation of Volaties from Ripening Papaya (*carica papaya L.*, var *Maradol roja*). *Food Chemistry*, Vol 86: 127-130
- Yong L. K. dan Eng S. C., 1987. *Elektrokimia*. Universiti Sains Malaysia, Pulau Pinang
- M.S Yadav, 2001. *Electrochemistry*. Anmol Publications Pvt. Ltd., New Delhi.
- Liu P. I. F., 1993. *Energy and the Environment*. Van Nostrand Reinhold, New York.
- Kissinger P. T. dan Heineman W. R., 1996. *Laboratory Techniques in Electroanalytical Chemistry*. Marcel Dekker, Inc, New York.
- Poedijono Nitisewojo, 1995. *Prinsip Analisis Makanan*. Bangi :Universiti Kebangsaan Malaysia, Halaman: 69-85
- Datta P., 2003. A Vegetative Voltaic Cell. *Current Science*, Vol 85 (3) : 244-245
- Ramli Ibrahim, Illyas Md. Isa dan Anuar Kassim, 2003. *Kimia Analisis*. Penerbit Universiti Pendidikan Sultan Idris, Tanjung Malim.
- Razak Ali (ptrj), 1988. *Pengenalan Kimia Tak Organik Fizik*. Dewan Bahasa dan Pustaka, Selangor.
- Raquel B., H.E. 1994. *Pharmacology of Vitamin C*. Annual Review of Nutrition 1 (4): 371-379
- Hinrichs R. A., 1996. *Energy Its Use and The Environmental*. Saunders College Publishing, United Stated.
- Verdini R. A. dan Lagier C. M., 2004. Studying Current-Potential Curves Using a Bipotentiometric Iodometric Back-Titration for the Determine of Ascobic Asid in Fruits and Vegetables. *Journal of Chemical Education*, Vol 81: 1482-1485.

Sigmann S. B. dan Wheeler D. E., 2004. Quantitative Determination of Citric and Ascorbic Asid in Powdered Drink Mixes. *Journal of Chemical Education*, Vol 81: 1479-1481

Satapah Ahmad dan Mohd Jain Noordin (ptrj), 1995. *Kimia Fizik Jilid I*. Dewan Bahasa dan Pustaka, Kuala Lumpur.