

MENGANALISIS ELEKTROD YANG DIGUNAKAN UNTUK MENDAPATKAN  
VOLTAN LEMAH DARIPADA BUAH-BUAHAN

LING PING PING

DIERTASI INI IKEMUKAKAN UNTUK MEMENUHI SEBAHAGIAN DARIPADA  
SYARAT MEMPEROLEHI IJAZAH SARJANA MUDA SAINS DENGAN KEPUJIAN

PERPUSTAKAAN  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

PROGRAM FIZIK DENGAN ELEKTRONIK  
SEKOLAH SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

April 2008



**UMS**  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

## UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

## BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS@

JUDUL: Menganalisis Elektrod Yang Digunakan Untuk Mendapatkan Voltan Lemah daripada Buah-buahan

IJAZAH: Sarjana Muda Sains dengan Kepujian

SAYA LING PING PING SESI PENGAJIAN: \_\_\_\_\_  
(HURUF BESAR)

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 pengajaran 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)

(TANDATANGAN PUSTAKAWAN)

Alamat Tetap: Lot 1161,  
J Lang 1, Pgut 4B,  
98000 MIRI, SARAWAK

Nama Penyelia

Tarikh: \_\_\_\_\_

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 karya saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang setiap satunya telah dijelaskan sumbernya.

**15 May 2008**



---

LING PING PING  
HS2005-4492



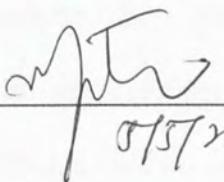
**UMS**  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

**DIPERAKUKAN OLEH**

Tandatangan

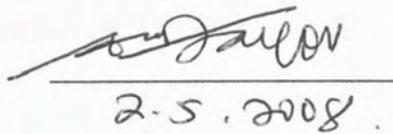
## 1. PENYELIA

(Pn. Teh Mee Teng)

  
07/07/2008

## 2. PEMERIKSA 1

(Prof. Madya Dr. Jedol Dayou)

  
2-5.2008.

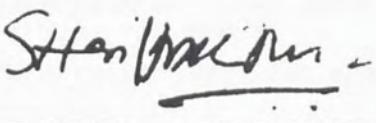
## 3. PEMERIKSA 2

(En. Shaafie Salleh)



## 4. DEKAN

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

**UMS**  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

## PENGHARGAAN

Saya ingin mengucapkan ribuan terima kasih khas kepada penyelia saya Puan Teh Mee Teng atas penyeliaannya yang penuh dengan kesabaran. Saya juga ingin berterima kasih atas segala nasihat dan cadangan yang sangat memanfaatkan daripada beliau. Jika tanpa penyeliaan beliau yang berterusan, saya percaya tesis ini tidak akan disiapkan. Saya sangat terharu ke atas penyeliaan beliau.

Saya juga ingin mengucapkan terima kasih kepada Sekolah Sains Dan Teknologi, Universiti Malaysia Sabah kerana memberi peluang kepada saya untuk menjalankan kajian saya ini. Selain itu, saya juga ingin berterima kasih kepada pembantu makamal, En. Abdul Rahim kerana sudi meminjamkan alat radas yang diperlukan dalam kajian ini.

Tambah lagi, saya juga ingin mengucapkan terima kasih kepada pensyarah-pensyarah Sekolah Sains dan Teknologi: Prof. Datuk Dr. Hj. Mohd. Noh Bin Dalimin, Prof. Madya Dr. Abdullah Chik, Prof. Madya Dr. Jedol Dayou, Prof. Dr. Fauziah Hj. Aziz, Dr. Haider f. Abdul Amir, Cik Fauziah Sulaiman, En. Shaafie Salleh dan En. Alvie Lo Sin Vooi atas batuan mereka secara langsung dan tidak langsung.

Akhir sekali, saya ingin mengucapkan terima kasih kepada ibu bapa saya, kakak, abang dan juga adik saya, serta kawan-kawan saya yang telah memberi bantuan kepada saya. Bantuan mereka secara pemberian maklumat, nasihat, dan juga model amat dihargai. Saya sangat terharu ke atas sokongan mereka dalam tempoh saya berlajar di Universiti Malaysia Sabah. Terima kasih.



## ABSTRAK

Pengecasan superkapasitor dengan voltan lemah daripada buah-buahan juga boleh merupakan sejenis bateri voltaik. Bateri voltaik mengubahkan tenaga kimia ke dalam tenaga elektrik dengan tindak balas yang berlaku di elektrod yang digunakan. Bateri voltaik mengandungi sekurang-kurangnya sejenis elektrolit dan dua elektrod yang berlainan. Dalam kajian ini, jus buah pisang dianggap sebagai elektrolit dan kepingan logam kuprum, zink, ferum, aluminium dan plumbum dijadi sebagai elektrod. Jus pisang mempunyai nilai pH 4.5-5.2 yang bersifat asid. Objektif kajian ini ialah mengkaji kesan elektrod dan juga saiz elektrod terhadap pengecasan superkapasitor dengan voltan lemah dari buah pisang. Voltan yang didapati daripada pasangan elektrod kuprum dan zink mencatat voltan yang paling tinggi iaitu  $(0.84 \pm 0.01)$  V. Pasangan elektrod yang lain membekalkan voltan di antara  $(0.06 \pm 0.01)$  V hingga  $(0.55 \pm 0.01)$  V. Didapati kedalaman kepingan elektrod yang dicucuk ke dalam buah dan luas permukaan mempengaruhi nilai voltan. Kadar pengecasan juga dipengaruhi kerana kadar tindak balas yang berlainan. Kajian ini amat menarik kerana bateri buah ini masih mempunyai banyak potensi yang boleh dikaji untuk meningkatkan voltan yang didapati.



## ANALYSING THE EFFECT OF THE ELEKTRODES USED ON THE WEAK VOLTAGE FROM THE FRUIT.

### ABSTRACT

Fruit battery is a type of voltaic cell. A voltaic cell convert chemical energy into the electrik energy from the spontaneously reaction that occur at the elektrode. In a common voltaic cell, it consist of an electrolic and two different electrodes. In this research, the banana and is considered as the electrolic and the metal plat as the elektrode. Bananas have the pH range of 4.5-5.2 with consider as an acid. The objective of this research is to analysis the effect of electrode and size of the electrodes to the voltage gain. Voltage gain from copper and zinc pair have the highest value that is  $(0.84 \pm 0.01)$  V. The other pairs of electrode will produce the voltage in the range of  $(0.06 \pm 0.01)$  V until  $(0.55 \pm 0.01)$  V. The depth of the electrode injected into the fruit has effect the voltage gain. It will also effect alot with the rate of charging. With more deep the electrode injected, the rate will beccome higher. The surface size of the elektrode will also the voltage gain. This research is interesting because it still have many other potential to be research to maximize the voltage gain.



## KANDUNGAN

Muka Surat

HALAMAN JUDUL	
PENGAKUAN	ii
PENGESAHAN	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
SENARAI KANDUNGAN	vii
SENARAI JADUAL	x
SENARAI RAJAH	xi
SENARAI FOTO	xiii
SENARAI SIMBOL, UNIT, SINGKATAN, ISTILAH & RUMUS	xiv
SENARAI LAMPIRAN	xvi

### **BAB 1 PENGENALAN**

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Objektif Kajian	4
1.3 Skop Kajian	4
1.4 Hipotesis	5

### **BAB 2 KAJIAN PERPUSTAKAAN**

2.1 Superkapasitor dan Ciri-cirinya	6
2.1.1 Kapasitor	6
2.1.2 Sejarah Superkapasitor	8
2.1.3 Ciri-ciri Superkapasitor	9
2.2 Logam Sebagai Elektrod dan Ciri-cirinya	11
2.2.1 Ciri-ciri Logam	12
2.2.2 Zink	13
2.2.3 Kuprum	15
2.2.4 Ferum	17
2.2.5 Plumbum	19



	2.2.6 Aluminium	20
2.3	Sel Elektronik dan Sel Voltaik	22
	2.3.1 Sel Elektrolitik	22
	2.3.2 Sel Voltaik	23
	2.3.3 Perbandingan Antara Sel Elektronik dan Sel Voltaik	23
2.4	Faktor yang Mempengaruhi Voltan	24
	2.4.1 Penggunaan Jenis Logam yang Berlainan sebagai Elektrod	25
	2.4.2 Perbezaan Kereaktifan Elektrod	26
	2.4.3 Saiz Elektrod yang Digunakan	33
2.5	Buah Pisang	34
	2.5.1 Pertumbuhan Buah Pisang	34
	2.5.2 Komposisi Buah Pisang	36
<b>BAB 3</b>	<b>METODOLOGI KAJIAN</b>	
3.1	Pengenalan	38
3.2	Peralatan Kajian	38
3.3	Kaedah Kajian	40
	3.3.1 Eksperimen I : Kajian Terhadap Kebolehan Kepinggan Elektrod yang Dipasangkan untuk Mengcaskan Superkapasitor	41
	3.3.2 Eksperimen II: Kajian Terhadap Kesan Kedalaman Elektrod Dicucuk ke Dalam Buah Semasa Elektrolisis Dijalankan	43
	3.3.3 Eksperimen III: Kajian Terhadap Kesan Saiz Elektrod Terhadap Voltan yang Akan Dihasilkan	44
<b>BAB 4</b>	<b>DATA DAN PERBINCANGAN</b>	
4.1	Pengenalan	46
4.2	Analisis Data	46
	4.2.1 Pengecasan Superkapasitor dengan Elektrod yang Berlainan	47
	4.2.2 Perbandingan Antara Elektrod yang Berlainan	57



4.2.3	Perbandingan Antara Elektrod Dicucuk dengan Kedalamann yang Berlainan	59
4.2.4	Perbandingan Antara Elektrod yang Berlainan Saiz	60
4.3	Perbincangan	62
4.3.1	Tindak Balas yang Berlaku	62
4.3.2	Penggunaan Elektrod yang Berlainan	65
4.3.3	Pengaruh Saiz Elektrod	66
<b>BAB 5 KESIMPULAN</b>		
5.1	Kesimpulan	69
5.2	Cadangan	70
<b>RUJUKAN</b>		71
<b>LAMPIRAN</b>		73



## SENARAI JADUAL

No. Jadual		Muka Surat
2.1	Ciri-ciri zink	14
2.2	Ciri-ciri kuprum	16
2.3	Ciri-ciri ferum	18.
2.4	Ciri-ciri plumbum	20
2.5	Ciri-ciri aluminium	21
2.6	Perbandingan antara sel elektrolitik dan sel voltaik	24
2.7	Voltan Penurunan Piawai (Standard Reduction Potentials) pada suhu 25°C	26
2.8	Jadual kereaktifan logam	31
2.9	Jadual kereaktifan	32
2.10	Komposisi bagi kulit pisang	36
2.11	Komposisi pisang bagi setiap 100gram	37
3.1	Pasangan kepingan logam dalam kajian	42
4.1	Voltan maksimum dan masa untuk mencapai voltan maksimum	58
4.2	Kadar pengecasan superkapasitor	66

## SENARAI RAJAH

No. Rajah	Muka
Surat	
2.1 Kapasitor plat selari	7
2.2 Perbandingan antara pembinaan bagi tiga jenis kapasitor. Kiri: kapasitor biasa; tengah: elektrolit; kanan: superkapasitor.	11
2.3 Kepingan zink	13
2.4 Logam kuprum	15
2.5 Logam ferum	17
2.6 Logam plumbum	19
2.7 Logam aluminium	20
3.1 Litar elektrik	41
4.1 Graf voltan berlawanan masa pengecasan superkapasitor dengan elektrod Kuprum (katod) dan elektrod Zink (anod)	47
4.2 Graf voltan berlawanan masa pengecasan superkapasitor dengan elektrod Kuprum (katod) dan elektrod Aluminium (anod)	48
4.3 Graf voltan berlawanan masa pengecasan superkapasitor dengan elektrod Plumbum (katod) dan elektrod Zink (anod)	49
4.4 Graf voltan berlawanan masa pengecasan superkapasitor dengan elektrod Kuprum (katod) dan elektrod Ferum (anod)	50
4.5 Graf voltan berlawanan masa pengecasan superkapasitor dengan elektrod Kuprum (katod) dan elektrod Plumbum (anod)	51
4.6 Graf voltan berlawanan masa pengecasan superkapasitor dengan elektrod Zink (katod) dan elektrod Aluminium (anod)	52
4.7 Graf voltan berlawanan masa pengecasan superkapasitor dengan elektrod Ferum (katod) dan elektrod Zink (anod)	53
4.8 Graf voltan berlawanan masa pengecasan superkapasitor dengan elektrod Plumbum (katod) dan elektrod Aluminium (anod)	54
4.9 Graf voltan berlawanan masa pengecasan superkapasitor dengan elektrod Plumbum (katod) dan elektrod Ferum (anod)	55
4.10 Graf voltan berlawanan masa pengecasan superkapasitor dengan	



	elektrod Ferum (katod) dan elektrod Aluminium (anod)	56
4.11	Graf voltan berlawanan masa pengecasan superkapasitor	57
4.12	Graf bagi elektrod kuprum dan elektrod zink yang dicucuk ke dalam pisang dengan kedalaman 1cm dan 3cm masing-masing	59
4.13	Perbandingan graf voltan berlawanan masa bagi elektrod yang berlainan saiz	60
4.14	Graf perbandingan antara kepingan elektrod zink dan kuprum dengan pasangan paku dengan wayar kuprum	61



## SENARAI FOTO

No. Foto	Muka Surat
1.1 Pengecasan superkapasitor dengan menggunakan sel suria	3
1.2 Pengecasan superkapasitor dengan proses elektrolisis buah-buahan	3
3.1 Superkapasitor (1.0F)	39
3.2 Wayar	39
3.3 Kepingan logam	39
3.4 Paku dan wayar kuprum	39
3.5 Multimeter	39
3.6 Jam randik	39
3.7 Buah pisang	40
3.8 Susunan alat radas bagi pengecasan superkapasitor dengan pasangan elektrod yang berlainan	41
3.9 Susunan alat radas bagi pengecasan superkapasitor dengan pasangan elektrod zink dan kuprum yang dicucuk dengan kedalaman 1 cm dan 3 cm	43
3.10 Susunan alat radas bagi pengecasan superkapasitor dengan Pasangan elektrod zink dan kuprum yang mempunyai luas permukaan 7 cm x 3 cm dan 10 cm x 3 cm	44
3.11 Pisang yang dicucuk dengan paku dan wayar kuprum	45



## SENARAI SIMBOL DAN SINGKATAN

Cu	Kuprum
Zn	Zink
Pb	Plumbum
Fe	Ferum
Al	Aluminium
OH	Hidroksida
NH <sub>3</sub>	Ammonia
$\epsilon$	Ketelusan ruang relatif
$\epsilon_0$	Ketelusan ruang vakum
$\epsilon_r$	Pemalar dielektrik
C	Kapasitan
A	Luas permukaan plat kapasitor yang selari
d	Jarak di antara kedua-dua plat kapasitor
IU	international unit
pH	potential of hydrogen
E	beza keupayaan
F	Farads
mm	milimeter
cm	sentimeter
m	meter
mg	miligram
kg	kilogram
kJ	kiloJoules
kcal	kilocalori



$^{\circ}\text{C}$  darjah Celcius

V Voltan

$\Omega$  Ohm

% peratus

## SENARAI LAMPIRAN

No. Lampiran		Muka
Surat		
<b>A1</b>	Pasangan elektrod: Kuprum dan Zink	73
<b>A2</b>	Pasangan elektrod: Kuprum dan Aluminium	74
<b>A3</b>	Pasangan elektrod: Kuprum dan Ferum	75
<b>A4</b>	Pasangan elektrod: Plumbum dan Zink	76
<b>A5</b>	Pasangan elektrod: Kuprum dan Plumbum	77
<b>A6</b>	Pasangan elektrod: Zink dan Aluminium	78
<b>A7</b>	Pasangan elektrod: Ferum dan Zink	79
<b>A8</b>	Pasangan elektrod: Aluminium dan Plumbum	80
<b>A9</b>	Pasangan elektrod: Plumbum dan Ferum	81
<b>A10</b>	Pasangan elektrod: Ferum dan Aluminium	82
<b>B</b>	Data bagi elektrod dicucuk dengan kedalaman yang berlainan	83
<b>C</b>	Data bagi perbandingan saiz elektrod	86
<b>D</b>	Data bagi pasangan paku dengan wayar kuprum	88



## **BAB 1**

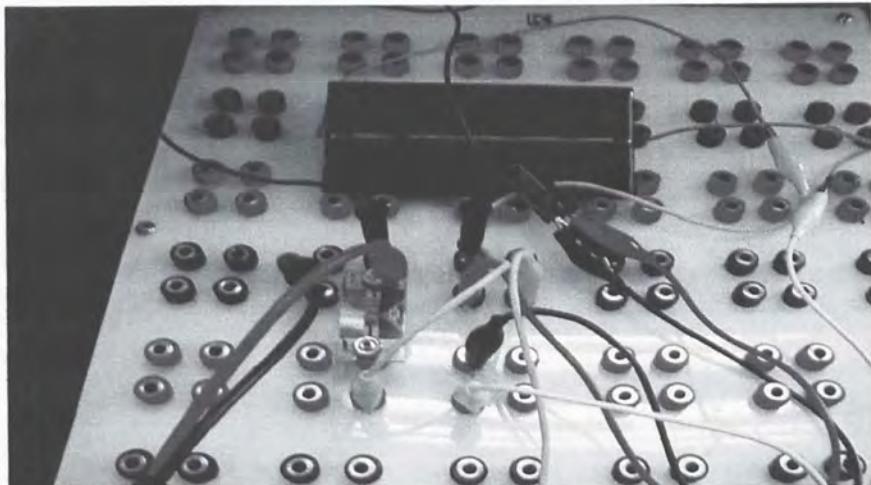
### **PENGENALAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

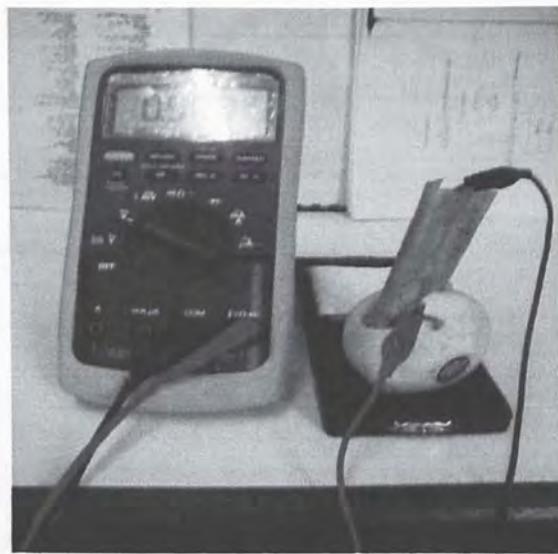
Kajian ini merupakan lanjutan kajian daripada kajian M.M.See. Saudari See telah menjalankan kajian ke atas kemampuan superkapasitor untuk menyimpan voltan lemah. Daripada kajian yang telah dijalankan, superkapasitor tertunjuk mampu menyimpan voltan lemah daripada buah-buahan dan sumber sel suria (See, 2006) .

Menurut See (2006), sel suria membekalkan julat voltan 1.0 V-1.2 V dan buah-buahan boleh menghasilkan julat voltan 0.5 V-3.0 V. Ini menunjukkan satu kajian yang sangat bermanfaat dan mengalakkannya. Buah-buahan yang digunakan oleh beliau ialah buah pisang, buah epal, buah oren dan juga buah lemon. Antara buah-buahan ini, buah pisang dan buah lemon telah menghasilkan nilai voltan yang paling tinggi iaitu 0.9 V. Manakala buah epal dan buah oren memberikan nilai voltan 0.7 V dan 0.8 V masing-masing. Ini merupakan keputusan bagi nilai voltan dalam sebiji buah dan tiga biji buah disambung secara selari. Apabila tiga biji buah yang sama disambung secara bersiri, voltan yang dihasilkan hampir-hampir tiga kali ganda iaitu 2.7 V bagi buah lemon dan buah pisang. Manakala buah epal akan menghasilkan 2.1 V dan buah oren menghasilkan kira-kira 2.4 V. Daripada keputusan beliau,

menunjukkan kajian ini sangat digalakkan jika kajian ini berjaya dan diaplikasikan sebagai pembekal tenaga. Voltan setinggi sel bateri yang kita biasa gunakan boleh dihasilkan.



**Foto 1.1** Pengecasan superkapasitor dengan menggunakan sel suria. (See,2006).



**Foto 1.2** Pengecasan superkapasitor dengan elektrolisis buah-buahan. (See,2006).

Buah-buahan telah dipilih sebagai sumber voltan kerana buah-buahan senang dan banyak didapati dimana-mana tempat. Tambahan pula, buah-buahan merupakan

sumber yang boleh dikitarsemulakan. Buah-buahan boleh ditanam semula. Masa yang lebih singkat diperlukan untuk berbuah jika berbanding dengan proses pembentukan sumber tenaga lain seperti pembentukan petroleum dan sebagainya. Selain itu, buah-buahan boleh digunakan dengan mentah dan tidak payah diproseskan sebelum ia digunakan untuk sebagai sumber pembekal voltan. Maka, kos yang lebih rendah dipercayai diperlukan. Kos untuk mendapatkan buah-buahan juga lebih murah.

Jika kajian ini berjaya, buah-buahan akan menggantikan sumber tenaga yang lain, banyak manfaat akan didapatkan. Kos keseluruhan untuk mendapatkan voltan dipercayai jauh lebih murah berbanding dengan mendapatkan voltan daripada sumber tenaga yang lain. Selain itu, buah-buahan juga boleh menggantikan sumber-sumber yang semakin pupus. Maka bumi kita juga boleh dipermuliharkan.

Walaupun buah-buahan nampaknya begitu efektif dalam kajian ini, tetapi didapati selepas menggunakan buah tersebut, buah itu akan menjadi rosak. Buah itu dianggap tidak selamat untuk dimakan lagi. Maka ini merupakan satu pembaziran. Elektrod dipercayai merupakan faktor utama yang menyebabkan buah tersebut menjadi rosak. Jadi, jika elektrod yang lebih sesuai digunakan supaya keputusan yang optimum didapatkan setiap kali buah-buahan dicaskan. Maka kajian ini akan mencapai keputusan yang lebih baik. Untuk kajian lanjutan, kajian untuk mengkaji elektrod yang sesuai untuk memperbaiki keputusan optimum dalam elektrolisis buah-buahan telah dijalankan. Elektrod yang berlainan pasangan digunakan untuk membandingkan voltan yang akan didapatkan. Saiz elektrod yang berlainan juga dikaji sama ada akan memberi kesan terhadap keputusan atau tidak.



## 1.2 Tujuan Kajian

Tujuan bagi kajian ini adalah untuk mengkaji dan mendapatkan elektrod yang paling sesuai untuk menghasilkan keputusan optimun.

## 1.3 Objektif Kajian

Elektrolisis buah-buahan boleh menghasilkan voltan lemah. Akan tetapi, buah-buahan akan menjadi rosak selepas dicaskan. Objektif kajian ini adalah seperti yang ditunjukkan:

- a.) Mengkaji kemampuan superkapasitor dicaskan dengan menggunakan elektrod yang berlainan. Beberapa jenis logam akan dipilih dan dipasangkan untuk menjadikan elektrod untuk menjalankan kajian ini.
- b.) Mengkaji kesan kedalaman elektrod dicucuk ke dalam buah-buahan.
- c.) Mengkaji kesan saiz kepingan elektrod ke atas jumlah voltan yang didapati.

## 1.4 Skop Kajian

Kajian ini akan menggunakan superkapasitor 1.0 F-5.5 V. Logam yang digunakan sebagai elektrod adalah kepingan zink, kuprum , aluminium, ferum dan plumbum. Buah-buahan yang dipilih untuk menjalankan kajian ialah buah pisang.

### 1.5 Hipotesis

Beberapa hipotesis telah dibuat bagi kajian yang akan dijalankan. Superkapasitor akan dicas dengan menggunakan elektrod zink, kuprum , aluminium, ferum dan plumbum. Saiz elektrod yang lebih besar akan menghasilkan voltan yang lebih tinggi. Kedalaman elektrod juga akan mempengaruhi keputusan kajian.

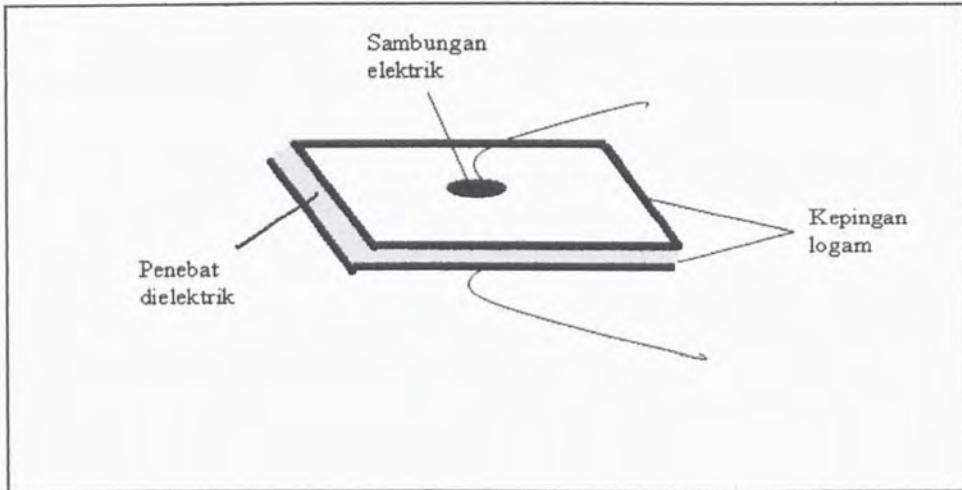
## **BAB 2**

### **KAJIAN PERPUSTAKAAN**

#### **2.1 Superkapasitor dan Ciri-cirinya**

##### **2.1.1 Kapasitor**

Kapasitor berfungsi untuk menyimpan cas elektrik dan juga menyimpan tenaga. Kapasitor merupakan komponen elektrik dengan ciri utamanya ialah kewujudan kapasitan antara kedua-dua terminalnya (Storey, 2004). Kapasitan wujud dengan dua konduktor elektrik yang dipisahkan antara suatu sama lain oleh suatu lapisan penebat yang digelar sebagai dielektrik. Celah antara dua konduktor ini boleh diisi dengan udara yang merupakan penebat yang bagus atau dielektrik yang lain.



**Rajah 2.1** Kapasitor plat selari

Tenaga elektrik akan disimpan di antaranya apabila beza keupayaan wujud antara kedua-dua plat konduktor ini. Tenaga elektrik disimpan dalam medan elektrik yang dicipta antara kedua-dua konduktor ini. Berbeza dengan bateri yang tenaganya disimpan secara kimia, kapasitor menyimpan tenaga dalam medan elektrik. Kapasitan dikira dalam bentuk farads (F) dan dijelaskan dengan persamaan

$$C = \frac{A}{d} \varepsilon_r \varepsilon_0 \quad (2.1)$$

dimana A adalah luas permukaan plat yang selari, d adalah jarak di antara kedua-dua plat ini,  $\varepsilon_r$  adalah pemalar dielektrik dan  $\varepsilon_0$  adalah permitiviti bagi ruang bebas ( $8.54 \times 10^{-12}$  F/m).

**RUJUKAN:**

Albery, J. 1975. *Electrode Kinetics*. Oxford University Press, London.

Archibald, J.G. 1949. Nutrient Composition of Banana Skins. *Journal of Dairy Sceince* 32(11), ms. 969-971.

Boylestad, R.L., 2004. *Essentials of Circuits Analysis*. Pearson Education International.

Chwee Neo, L, 2004. *Physical Chemistry*. Pustaka Sarjana Sdn. Bhd. Malaysia.

Conway, B. E, 1999. *Electrochemical Supercapacitors: Scientific Fundamental and Technologies Applications*. Kluwer Academic/ Plenum Publishers.

Dhillon, B.S., Tyagi, R.K., Saxena, S., Randhawa, G.j., 2005. *Plant Genetic Resources: Horticultural Crops*. Narosa Publishing House, India.

Earl, B.& wilford, L.D.R, 2002. *IGCSE Chemistry*. John Murray Ltd, London.

Floyd, T. L., 1996. *Electronic Devices Electron Flow Version*. Ed. ke-2. Prentice Hall.

Fowler, R. J., 1994. *Electricity Principle and Applications*. Ed. ke-4. McGraw-Hill.

Halliday, D., Resnick, R. dan Walker, J., 2001. *Fundamentals of Physics*. Ed. ke-6. John Wiley & Sons, New York.

Hill, J. W. dan Petrucci, R. H., 2002. *General Chemistry An Integrated Approach*. Ed. ke-3. Prentice Hall.

Meade, R. L., 1994. *Foundation of Electronics Circuits and Devices*. Delmar Publishers, Inc.

Muske, Kenneth R., Nigh, Christoper W., Weinstein, Randy D. 2007. A Lemon Cell Battery for High-Power Applications. *Jornal of Chemical Education*, ms.635.

Phillon, B.S., Tyagi, R.K., Saxena, S. & Randhawa, G.J.,2005. *Plant Genetic Resources: Horticulture Crops*. Narosa Publishing House PVT LTD, New York.

Ryan, L, 2000. *Advanced Chemistry for You*.Nelson Thornes Ltd, UK.

See, M.M. 2007. *Menganalisis Kemampuan Sueprkapasitor Untuk Menyimpan Voltan Elektrik Lemah*. Disertasi Sarjana Sains, University Malaysia Sabah, Kota Kinabalu (Tidak diterbitkan).

Silberberg.M.S., 2006. *Chemistry: The Molecular Nature of Matter and Change*. Ed. ke-4. McGraw-Hill, NY.

Storey, N, 2004. *Electrical & Electronic Systems*.Pearson Education Limited, UK.

Worley, John D., Fourinier, James.1988. A Homemade Lemon Battery. *Journal of Chemical Education*, ms. 158.