

4000005623



PENGUKURAN KEDALAMAN CECAIR DENGAN KAEDAH KAPASITANS

HADIAH

SIM KWAN TACK

DISERTASI YANG DIKEMUKAKAN 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

PERPUSTAKAAN UMS



MAC 2004

1400005623



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS@

JUDUL: Pengukuran Kedalaman Cecair Dengan Kaedah Kaparitons

Ijazah: Ijazah Sarjana Muda Sains Dengan Kepujian

SESI PENGAJIAN: 2003/2004

Saya SIM KWAN TACK

(HURUF BESAR)

mengaku membenarkan tesis (LPS/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 sabaja.
3. Perpustakaan dibenarkan membuat salinan tesis ini sebagai bahan pertukaran antara institusi pengajian tinggi.
4. **Sila tandikan (/)

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

SIM KWAN TACK

(TANDATANGAN PENULIS)

(TANDATANGAN PUSTAKAWAN)

Alamat Tetap: 40, Jalan Everbright Park
Batu 3, Jalan Penyelatan, 89320

Kening, Sarawak

Nama Penyelia

Tarikh: 12/3/2004

Tarikh:

CATATAN: * Potong yang tidak berkenaan.

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

③ Tesis dimaksudkan sebagai tesis bagi Ijazah Doktor Falsafah dan Sarjana secara penyelidikan, atau disertasikan bagi pengajian secara kerja kursus dan penyelidikan, atau Laporan Projek Sarjana Muda LPSM.



PENGAKUAN

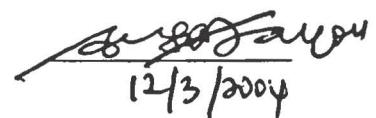
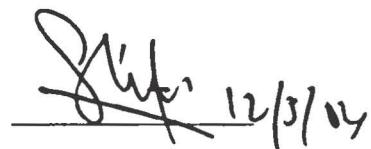
Saya akui kajian ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang setiap satunya telah dijelaskan sumbernya.

8 Mac 2004



SIM KWAN TACK

HS2001-2087

PENGESAHAN**DIPERAKUKAN OLEH****Tandatangan****1. PENYELIA****(PN. ZULISTIANA ZULKIFLI)****2. PEMERIKSA 1****(DR. JEDOL DAYOU)**
12/3/2009**3. PEMERIKSA 2****(EN. SAAFIE SALLEH)**
12/3/114**4. DEKAN****(PROF. MADYA DR. AMRAN AHMED)****UMS**
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

PENGHARGAAN

Dengan mengambil kesempatan ini, saya ingin merakamkan ucapan terima kasih yang tidak terhingga kepada semua pihak yang pernah memberikan kerjasama dan bantuan serta mencerahkan bakti baik ketika saya menjalankan kajian ini, maka dapatlah saya menyiapkan projek tahun akhir ini.

Jutaan terima kasih ingin saya ucapkan kepada Puan Zulistiana Zulkifli, selaku penyelia projek tahun akhir saya atas bantuan, tunjuk ajar, nasihat, bimbingan, idea-idea dan banyak masa yang diluangkan demi memastikan projek saya ini berjaya dilaksanakan.

Di samping itu, saya juga ingin megucapkan ribuan terima kasih kepada semua pembantu makmal fizik, Sekolah Sains dan Teknologi khasnya Encik Rahim, Encik Ahmad Manik dan Encik Jimmy atas bantuan yang diberikan ketika saya menjalankan kerja-kerja makmal. Tidak ketinggalan juga, pensyarah-pensyarah program Fizik dengan Elektronik kerana ilmu yang anda semua sampaikan telah menjadi asas penting kepada saya bagi menyiapkan projek ini.

Tidak dilupakan juga ibu bapa tersayang yang tidak pernah putus memberi sokongan kepada saya dan juga rakan seperjuangan yang sentiasa memberi dorongan kepada saya.

Jasa baik anda semua akan sentiasa saya kenangi. Terima kasih.

ABSTRAK

Kajian ini adalah untuk membina dan menggunakan satu kapasitor sebagai pengukur kedalaman air dengan menggunakan air sebagai bahan dielektriknya. Kapasitor plat selari telah digunakan untuk menentukan nilai pemalar dielektrik air, ϵ_{air} . Kapasitor plat selari dibina dengan menggunakan dua plat aluminium yang mempunyai lebar satu inci masing-masing. Nilai ϵ_{air} dikira dengan menggunakan nilai kapasitans kapasitor plat selari, C_p . Nilai ϵ_{air} ialah 88.4. Kapasitor yang menjadi pengukur kedalaman air ialah kapasitor silinder. Kapasitor silinder ini terdiri daripada dua silinder sepaksi. Kapasitor silinder ini dibina dengan menggunakan dua silinder aluminium yang mempunyai diameter setengah inci dan satu inci masing-masing. Kapasitor silinder ini dikalibrasikan dengan mengukur nilai kapasitans, C_s untuk kedalaman air bermula pada paras 1.00 cm hingga 10.00 cm, untuk setiap peningkatan 1.00 cm. Kemudian nilai-nilai C_s ini dibandingkan dengan nilai-nilai kapasitans, C_t yang dikira secara teori. Bacaan nilai C_s mempunyai nilai yang konsisten, iaitu mempunyai pemalar kolerasi, $R^2 = 0.9998$. Walau bagaimanapun, ia terdapat ketakpastian apabila dibandingkan dengan nilai-nilai teori, C_t , iaitu mempunyai peratus ketakpastian sebanyak $\pm 10.8\%$. Kapasitor silinder yang telah dikalibrasi ini digunakan untuk mengukur kedalaman air, h , untuk memperoleh nilai kapasitans, C yang sepadan. Daripada graf kedalaman air, h lawan nilai kapasitans, C , hubungan yang dapat diperoleh ialah $h = 0.0153 C - 0.1715$.

ABSTRACT

This research is on the building and usage of a capacitor as a measurement device of water level using water itself as its dielectrics. The parallel plate capacitor was used to determine the dielectric constant value of water, ϵ_{water} . The parallel plate capacitor was built with two aluminum plates with the width of one inch each. The ϵ_{water} value was calculated using the value of capacitance, C_p , which was measured using the parallel plate capacitor. The ϵ_{water} value is 88.4. The capacitor which was chosen in this study to measure the water level was a cylindrical capacitor. The cylindrical capacitor was built using two aluminum cylinders with diameters of half inch and one inch, each respectively. This cylindrical capacitor was calibrated by measuring the capacitance values, C_s , for the range of water level from 1.00 cm to 10.00 cm, with the increment of 1.00 cm for each time of measurement. Then the C_s values were compared with the capacitance values, C_t which was calculated using theoretical equation. The readings of the C_s showed a consistent result with the correlation constant, $R^2 = 0.9998$. However, the readings showed error when they were compared with the values of C_t that were calculated using the theoretical equation with the percentage of uncertainty of $\pm 10.8\%$. The cylindrical capacitor which had been calibrated was then used to measure the water level, h , to obtain the corresponding capacitance value, C . The relationship that was obtained from the graph of the water level, h , versus the capacitance value, C , is $h = 0.0153 C - 0.1715$.

KANDUNGAN

| | Muka Surat |
|-------------------------------|------------|
| PENGAKUAN | ii |
| PENGESAHAN | iii |
| PENGHARGAAN | iv |
| ABSTRAK | v |
| ABSTRACT | vi |
| KANDUNGAN | vii |
| SENARAI JADUAL | x |
| SENARAI RAJAH | xi |
| SENARAI FOTO | xiii |
| SENARAI SIMBOL | xiv |
| BAB 1 PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 PENGENALAN | 1 |
| 1.2 LATAR BELAKANG | 1 |
| 1.3 TUJUAN | 3 |
| 1.4 OBJEKTIF | 4 |
| 1.5 SKOP | 5 |
| BAB 2 ULASAN LITERATUR | 6 |
| 2.1 KAPASITOR | 6 |
| 2.2 KAPASITANS | 7 |
| 2.3 JENIS-JENIS KAPASITOR | 8 |
| 2.3.1 Kapasitor Plat Selari | 8 |
| 2.3.2 Kapasitor Silinder | 9 |

| | | |
|--------------|--|----|
| 2.4 | DIELEKTRIK | 11 |
| 2.5 | CAS DAN NYAHCAS KAPASITOR DENGAN RINTANGAN TINGGI | 12 |
| 2.5.1 | Nyahcas | 12 |
| 2.5.2 | Mengecas | 15 |
| 2.6 | MENGUKUR KEDALAMAN AIR DENGAN KAEDAH KAPASITANS | 19 |
| BAB 3 | BAHAN DAN RADAS | 22 |
| 3.1 | PENYEDIAAN BAHAN | 22 |
| 3.1.1 | Pembinaan Kapasitor | 22 |
| 3.1.2 | Kalibrasi | 23 |
| 3.2 | KAEDAH | 23 |
| 3.2.1 | Membina Kapasitor | 23 |
| 3.2.2 | Menentukan Nilai Pemalar Dielektrik Air | 24 |
| 3.2.3 | Mengkalibrasi Kapasitor | 26 |
| 3.2.4 | Mengukur Kedalaman Air dengan Kaedah Kapasitans | 28 |
| BAB 4 | HASIL DAN PERBINCANGAN | 29 |
| 4.1 | PENGENALAN | 29 |
| 4.2 | PENGUKURAN BAHAN YANG DIGUNAKAN DALAM PEMBINAAN KAPASITOR | 29 |
| 4.2.1 | Kapasitor plat selari | 29 |
| 4.2.2 | Kapasitor silinder | 30 |
| 4.3 | MENENTUKAN NILAI PEMALAR DIELEKTRIK AIR | 33 |
| 4.3.1 | Mengukur Nilai Kapasitans | 33 |
| 4.3.2 | Mengukur Nilai Pemalar Dielektrik Air | 35 |
| 4.4 | KALIBRASI KAPASITOR SILINDER | 36 |
| 4.4.1 | Menentukan Nilai Kapasitans Kapasitor yang Dibina | 36 |



| | | |
|--------------------------------------|---|----|
| 4.4.2 | Menentukan Nilai Kapasitans Secara Teori | 38 |
| 4.5 | MENENTUKAN KEDALAMAN AIR DENGAN KAEDEAH KAPASITANS | 41 |
| BAB 5 KESIMPULAN DAN CADANGAN | | 48 |
| 5.1 | KESIMPULAN | 48 |
| 5.2 | CADANGAN | 49 |
| RUJUKAN | | 50 |
| LAMPIRAN | | 53 |



SENARAI JADUAL

| No. Jadual | Muka Surat |
|--|------------|
| 3.1 Nilai dielektrik bagi beberapa jenis bahan yang biasa digunakan | 25 |
| 4.1 Keputusan pengukuran lebar plat aluminium | 30 |
| 4.2 Keputusan pengukuran diameter lapisan paling luar silinder setengah inci | 31 |
| 4.3 Keputusan pengukuran diameter lapisan paling dalam silinder satu inci | 32 |
| 4.4 Nilai kapasitans kapasitor plat selari | 34 |
| 4.5 Keputusan kalibrasi | 37 |
| 4.6 Perbandingan nilai kapasitor daripada kajian dan secara teori | 42 |
| 4.7 Keputusan pengukuran kedalaman air | 46 |



SENARAI RAJAH

| No. Rajah | Muka Surat |
|---|------------|
| 1.1 Balang Leyden pada permulaan | 3 |
| 1.2 Balang Leyden kini | 4 |
| 2.1 Simbol kapasitor | 6 |
| 2.2 Cara mengecas satu kapasitor | 7 |
| 2.3 Kapasitor plat selari | 8 |
| 2.4 Kapasitor berbentuk silinder | 9 |
| 2.5 Cara penghitungan kapasitans dalam kapasitor silinder | 10 |
| 2.6 Mekanisme molekul dalam dielektrik apabila plat dicaskan | 12 |
| 2.7 Litar penyahcas kapasitor dengan rintangan tinggi | 13 |
| 2.8 Beza keupayaan menyusut secara eksponen | 15 |
| 2.9 Cas menyusut secara eksponen | 15 |
| 2.10 Arus nyahcas menyusut secara eksponen | 16 |
| 2.11 Penyusutan cas berbanding dengan pemalar masa | 16 |
| 2.12 Kesan pemalar masa terhadap penyusutan cas | 17 |
| 2.13 Litar pengecasan satu kapasitor | 17 |
| 2.14 Beza keupayaan bertambah dengan masa | 18 |
| 2.15 Arus meyusut dengan masa | 19 |
| 2.16 Mengukur kedalaman air dengan kapasitor | 20 |
| 3.1 Kedudukan tanda pada plat aluminium | 25 |
| 3.2 Litar pengecas | 26 |
| 3.3 Litar nyahcas | 27 |
| 4.1 Graf nilai kapasitans kalibrasi, C_s lawan kedalaman air, h | 39 |



| | | |
|-----|---|----|
| 4.2 | Graf nilai kapasitans teori, C_t lawan kedalaman air, h | 43 |
| 4.3 | Graf nilai kapasitans kajian, C_s dan nilai kapasitans teori, C_t lawan kedalaman air, h | 44 |
| 4.4 | Graf kedalaman air, h lawan nilai kapasitans, C_a | 47 |



SENARAI FOTO

| No. Foto | Muka Surat |
|---|------------|
| 4.1 Radas menentukan pemalar dielektrik air | 33 |
| 4.2 Kapasitor silinder yang dibina | 36 |
| 4.3 Radas kalibrasi | 37 |
| 4.4 Radas mengukur kedalaman cecair | 45 |

SENARAI SIMBOL

- + tambah atau positif
- tolak atau negatif
- d.g.e. daya gerak elektrik
- C kapasitans
- Q cas
- V beza keupayaan
- F Farad
- d jarak pemisahan antara dua plat selari
- A luas permukaan plat
- E kekuatan medan elektrik
- Φ fluks
- ϵ ketelusan ruang relatif
- a jejari silinder di dalam
- b jejari silinder di luar
- L ketinggian silinder
- r jejari
- l ketinggian
- q cas
- ϵ_0 ketelusan vakum
- ϵ_r pemalar dielektrik
- m meter
- I arus
- R rintangan



τ pemalar masa

S suis

t masa

π $\frac{22}{7}$

h kedalaman air

Ω ohm

V volt



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 PENGENALAN

Kapasitans merupakan ukuran keupayaan satu kapasitor menyimpan cas. Satu kapasitor pada asasnya terdiri daripada dua plat logam yang dicerai oleh suatu penebat yang dipanggil dielektrik (Huang *et al.*, 1988). Kapasitor tidak mengalirkan arus elektrik. Sebaliknya kapasitor menyimpan cas elektrik. Sebenarnya sebarang objek yang berkeupayaan menyimpan cas elektrik dianggap sebagai kapasitor. Oleh yang demikian, satu sfera konduktor yang bertebat boleh dianggap sebagai satu kapasitor. Kini kapasitor yang beraneka bentuk telah dicipta. Kapasitor-kapasitor ini dapat menyimpan lebih banyak cas dalam suatu ruang yang kecil.

1.2 LATAR BELAKANG

Pada tahun 1600, seorang saintis England, William Gilbert telah melakukan eksperimen magnetism dengan daya elektrik geseran (<http://www.FaradNet.com/>). Beliau mendapati daya wujud antara dua objek kerana dicas oleh elektrik geseran. Gilbert memperoleh daya magnet daripada daya elektrik. Beliau mendapati daya magnet menyebabkan objek relatif kepada satu sama lain



apabila daya elektrik menyebabkan objek menarik atau menolak antara satu sama lain. Penemuan yang paling penting oleh beliau ialah daya magnet tidak dipengaruhi oleh bahan yang memisahkan objek secara praktik daripada pemerhatian, tetapi daya elektrik sangat dipengaruhi oleh bahan di antara objek.

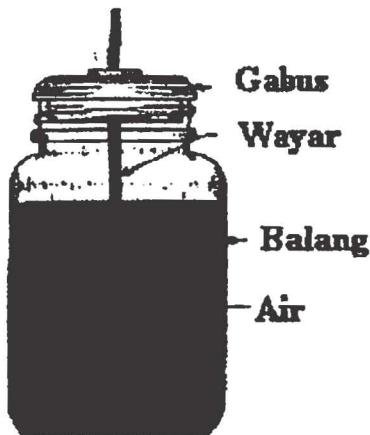
Stephen Gray, seorang saintis England telah mencipta konduktor elektrik pada tahun 1729 dan Charles Dufay, seorang saintis Francis merupakan orang pertama yang membuktikan daya tolakan dalam daya elektrik pada tahun 1733. Saintis Amerika Syarikat, Ben Franklin merupakan orang pertama yang menggunakan tanda + dan - untuk dua jenis daya elektrik, iaitu positif untuk penarikan dan negatif untuk penolakan. Beliau turut menyokong hukum penyimpanan cas di dalam suatu rantau tertentu.

Pada tahun 1745, *Leyden jar* atau balang Leyden, kapasitor yang pertama telah dicipta oleh Ewald Georg von Kleist, seorang pencipta Jerman. Seorang ahli fizik Belanda, Pieter van Musschenbroek dari Universiti Leyden juga berjaya mencipta balang Leyden secara berasingan pada tahun 1746.

Balang Leyden yang pertama merupakan balang kaca yang sebahagiannya diisi dengan air dan disumbat dengan menggunakan gabus. Terdapat satu wayar dimasukkan melalui tengah-tengah gabus ini dan direndam dalam air seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 1.1. Wayar ini menjadi penyambung kepada punca daya elektrik statik dan menyebabkan balang dicas. Suatu konduktor yang disambung atau mendekati wayar akan menyebabkan balang Leyden dinyahcas.



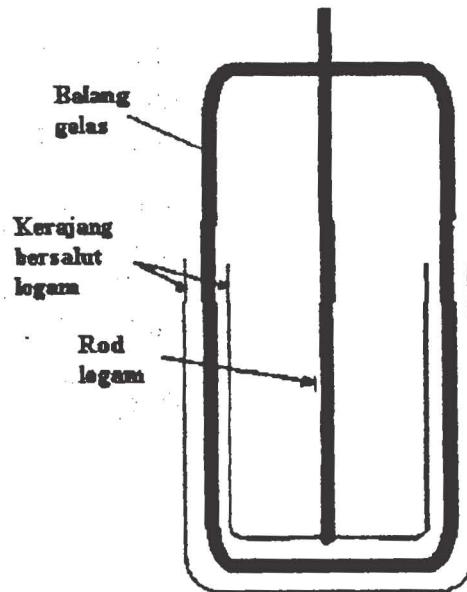
Kini, balang Leyden merupakan balang gelas dengan kerajang bersalut logam berada di dalam dan di luar balang. Satu rod logam melalui penyumbat pada mulut balang sebagai penyambung kepada kerajang di dalam gelas seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 1.2. Balang Leyden ini akan dicas dengan mengecas kerajang di gelas sama ada dengan cas positif atau negatif dan mengecas kerajang di luar dengan cas yang bertentangan pada masa yang sama. Balang ini boleh dinyahcas dengan menyambungkan kedua-dua kerajang kepada suatu konduktor.



Rajah 1.1 Balang Leyden pada permulaan (<http://www.FaradNet.com/>).

1.3 TUJUAN

Tujuan kajian ini adalah untuk mengukur kedalaman suatu air dengan kaedah kapasitans dengan menggunakan satu kapasitor yang dibina.



Rajah 1.2 Balang Leyden kini (<http://www.FaradNet.com/>).

1.4 OBJEKTIF

Terdapat beberapa objektif yang perlu dicapai supaya tujuan kajian dapat direalisasikan. Antaranya ialah membina satu kapasitor yang sesuai supaya kedalaman air dapat diukur dengan kaedah kapasitans.

Oleh sebab kapasitor yang dibina akan digunakan sebagai satu alat pengukuran, maka ia perlu dikalibrasikan untuk memastikan ia mematuhi piawaian yang ditetapkan bagi sesebuah kapasitor.

Nilai dielektrik merupakan satu faktor penting yang mempengaruhi nilai kapasitans yang bakal diberikan oleh kapasitor, maka untuk mengukur kedalaman air, nilai dielektrik bagi air yang hendak diukur kedalamannya perlu ditentukan.

Walaupun nilai dielektrik bagi air boleh diperoleh daripada bahan rujukan, tetapi komposisi dalam air yang berlainan akan mempengaruhi nilai dielektriknya.

Untuk mencapai tujuan kajian ini, kedalaman suatu air akan diukur dengan kaedah kapasitans dengan menggunakan kapasitor yang telah dibina.

1.5 SKOP

Skop kajian ini ialah mengukur kedalaman air pili dengan kaedah kapasitans dengan menggunakan kapasitor yang dibina.

BAB 2

ULASAN LITERATUR

2.1 KAPASITOR

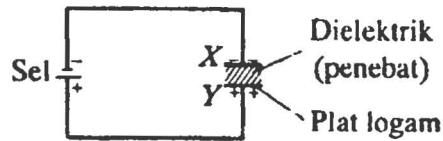
Satu kapasitor ialah satu komponen elektrik yang menyimpan cas. Pada asasnya, satu kapasitor terdiri daripada dua plat logam yang dicerai oleh suatu penebat yang dipanggil dielektrik. Contoh-contoh dielektrik ialah udara, kertas, lilin dan mika. Suatu kapasitor dinamakan mengikut dielektriknya. Simbol kapasitor dalam suatu litar diwakili oleh simbol yang ditunjukkan dalam Rajah 2.1.



Rajah 2.1 Simbol kapasitor (LaLond & Ross, 1994).

Sebuah sel boleh digunakan untuk mengecas satu kapasitor seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2.2. Elektron-elektron dari plat negatif bateri berkumpul pada plat X kapasitor itu dan jumlah cas positif yang sama diaruhkan kepada plat Y. Proses mengecas kapasitor ini dilanjutkan sehingga beza keupayaan merentasi kapasitor adalah sama dengan d.g.e. bateri. Jika rintangan litar mengecas boleh diabaikan, proses pengecasan selesai dalam masa yang sangat singkat. Ini

menyebabkan cas disimpan dalam kapasitor. Cas kekal dalam kapasitor walaupun sel ditanggalkan dari litar.



Rajah 2.2 Cara mengecas satu kapasitor (Asiah, 1992).

2.2 KAPASITANS

Kapasitans satu kapasitor ialah nisbah cas pada mana-mana satu plat kapasitor itu

$$\text{kepada beza keupayaan di antara plat-platnya, iaitu } C = \frac{Q}{V} \quad (2.1)$$

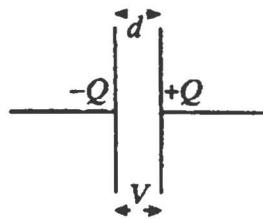
dengan C ialah kapasitans kapasitor, Q ialah cas pada mana-mana plat kapasitor dan V ialah beza keupayaan di antara plat-plat. Bagi kes satu konduktor, Q dalam persamaan 2.1 mewakili cas pada konduktor dan V pula mewakili keupayaan konduktor.

Unit bagi kapasitans ialah farad (F). Satu farad ialah kapasitans suatu kapasitor apabila cas pada mana-mana satu platnya ialah satu coulomb dan beza keupayaan merentasi kapasitor itu ialah satu volt.

2.3 JENIS-JENIS KAPASITOR

2.3.1 Kapasitor plat selari

Dengan merujuk kepada Rajah 2.3, cas pada setiap plat dalam suatu kapasitor plat selari ialah Q , d merupakan jarak pemisahan di antara kedua-dua plat selari itu dan V merupakan beza keupayaan di antara plat-plat. Luas setiap plat ialah A .



Rajah 2.3 Kapasitor plat selari (Bueche & Jerde, 1995).

Dengan menggunakan hukum Gauss, kekuatan medan elektrik, E di antara plat-plat kapasitor diberi oleh $\Phi = \frac{Q}{\epsilon}$, dengan ϵ ialah ketelusan relatif ruang di antara

plat-plat. Maka $EA = \frac{Q}{\epsilon}$, $\Phi = EA$

$$E = \frac{Q}{\epsilon A}$$

Dengan merujuk kepada Rajah 2.3, $E = \frac{V}{d}$, $E = \frac{Q}{\epsilon A}$

$$\frac{Q}{\epsilon A} = \frac{V}{d}$$

$$\frac{Q}{V} = \frac{\epsilon A}{d}, \frac{Q}{V} = C$$

RUJUKAN

- Asiah, S. (ptjr.), 1992. *Fizik 2*. Dewan Bahasa dan Pustaka, Kuala Lumpur.
- Astbury, N.F. dan Ford, L.H. 1939. The precision measurement of capacitance. *Proceedings of the Physical Society* **51**, 37-52.
- Bentley, P.B., 1995. *Principles of Measurement Systems*. 3rd ed. Longman Scientific & Technical, Essex, England.
- Bruce, N.C., Valenzuela, A.G. dan Kouznetsov, D., 1999. Rough-surface capacitor: approximations of the capacitance with elementary functions. *Journal of Physics D: Applied Physics* **32**, 2692-2702.
- Bueche, F.J. dan Jerde, D.A., 1995. *Principles of Physics*. 6th ed. McGraw-Hill, New York.
- Dodd, C. dan Roberts, G.N., 1950. Dielectric Loss and Dielectric Constant Measurements in Supercooled Liquids. *Proceedings of Physical Society Section B* **63**, 814-818.
- Doebelin, E.O., 1990. *Measurement Systems : Application and Design*. 4th ed. McGraw-Hill, New York.
- Elkow, K.J. dan Rezkallah, K.S., 1996. Void fraction measurements in gas-liquid flows using capacitance sensors. *Measurement Science and Technology* **7**, 1153-1163.
- Giancoli, D.C., 1998. *Physics: Principles with Applications*. Prentice Hall International, New Jersey.

Giancoli, D.C., 2000. *Physics for Scientists & Engineers with Modern Physics*. 3rd ed. Prentice Hall International, New Jersey.

Gibalov, V.I. dan Pietsch, G.J. 2000. The development of dielectric barrier discharges in gas gaps and on surfaces. *Journal of Physics D: Applied Physics* **33**, 2618-2636.

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

Hinson, W.H., 1971. A simple method of obtaining an analogue output from capacitance as a transducer. *Journal of Physics E: Scientific Instruments* **4**, 778-779.

<http://www.FaradNet.com/>

Huang, S.M., Fielden, J., Green, R.G. dan Beck, M.S., 1988. A new capacitance transducer for industrial applications. *Journal of Physics E: Scientific Instruments* **21**, 251-256.

Huang, Y., 2001. Design, calibration and data interpretation for a one-port large coaxial dielectric measurement cell. *Measurement Science and Technology* **12**, 111-115.

LaLond, D.E. dan Ross, J.A., 1994. *Principles of Electronic Devices and Circuits*. Delmar Publishers, New York.

Loyd, D.H., 1992. *Physics Laboratory Manual*. Saunders College Publishing, Tex.

Marioli,D., Sardini,E. dan Taroni, A., 1993. High-accuracy measurement techniques for capacitance transducers. *Measurement Science Technology* **4**, 337-343.

Nanbu,Y. dan Tateiba, M., 1996. A comparative study of the effective dielectric constant of a medium containing randomly distributed dielectric spheres embedded in a homogeneous background medium. *Waves Random Media* 6, 347-360.

Morris, A.S., 1993. *Principle of Measurement and Instrumentation*. Ed. ke-2. Prentice Hall, New York.

Stanford, A.L. dan Tanner J.M., 1985. *Physics for Students of Science and Engineering*. Harcourt Brace Jovanovich, Florida.

Tse, F.S. dan Morse, I.E., 1989. *Measurement and Instrumentation in Engineering: Principles and Basic Laboratory Experiments*. M.Dekker, New York.

Webster, J.G. (eds), 1999. *The Measurement, Instrumentation, and Sensors: Handbook*. CR Press, Florida.