

SENSOR KELEMBAPAN TANAH JENIS KAPASITANS  
( CAPACITANCE SOIL MOISTURE SENSOR)

AWANG JOHAN BIN SAMSUDIN

PERPUSTAKAAN  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

DISERTASI YANG DIKEMUKAKAN UNTUK MEMENUHI  
SEBAHAGIAN DARIPADA SYARAT MEMPEROLEHI IJAZAH SARJANA  
MUDA SAINS DENGAN KEPUJIAN DALAM FIZIK DENGAN ELEKTRONIK

PROGRAM FIZIK DENGAN ELEKTRONIK  
SEKOLAH SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

APRIL 2007



**UMS**  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS@

JUDUL: SENSOR KELEMBAPAN TANAH JENIS KAPASITANS  
(CAPACITANCE SOIL MOISTURE SENSOR)

Ijazah: Sarjana Muda Sains dgn Kejuruteraan (Fizik dgn Elektronik)

SESI PENGAJIAN: 2004/2005

Saya AWANG JOHAN B. SAMUDIN  
 (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 hakmilik 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

TERHAD

TIDAK TERHAD

UNIVERSITI MALAYSIA SABAH  
 (Mengandungi maklumat yang berdarjah keselamatan atau kepentingan Malaysia seperti yang termaktub di dalam AKTA RAHSIA RASMI 1972)

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

(TANDATANGAN PENULIS)

Alamat Tetap: No. 715  
PERUMAHAN RAKYAT,  
98700 LUMBANG, S'WAK

Tarikh: 23/04/07

Dijahkan oleh

*[Signature]*

(TANDATANGAN PUSTAKAWAN)

EN ALVIE LO SIN VOI

Nama Penyelia

Tarikh: 23/04/07

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.

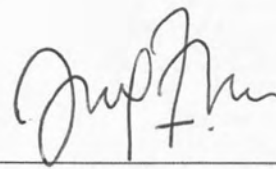
@ Tesis dimaksudkan sebagai tesis bagi Ijazah Doktor Falsafah dan Sarjana secara penyelidikan, atau disertasi bagi pengajian secara kerja kursus dan penyelidikan, atau Laporan Projek Sarjana Muda (LPSM).



## PENGAKUAN

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

20 APRIL 2007



---

AWANG JOHAN B. SAMSUDIN

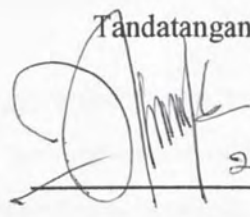
HS 2001 - 2946



## DIPERAKUKAN OLEH


## 1. PENYELIA

( En. Alvie Lo Sin Voi )

Tandatangan  
  
20/4/07

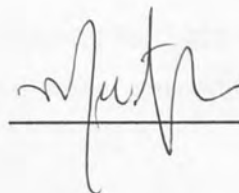
## 2. PEMERIKSA 1

( Prof. Madya Dr. Fauziah Bt. Haji Abdul Aziz )

 23/4/07

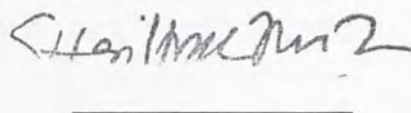
## 3. PEMERIKSA 2

( Puan Teh Mee Teng )

 23/4/07

## 4. DEKAN

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





## PENGHARGAAN

-Dengan Nama Allah Yang Maha Pemurah Lagi Maha Pengasih-

Saya ingin mengambil kesempatan ini untuk merakamkan ribuan terima kasih kepada penyelia saya, En. Alvie Lo Sin Voi yang banyak membantu saya dalam menyiapkan projek ini. Segala tunjuk ajar dan kesabaran encik, saya hargai buat selama-lamanya.

Penghargaan juga diberikan kepada pembantu makmal, En. Rahim yang telah memberikan kerjasama dan bantuan dalam menyediakan peralatan dan bahan yang diperlukan untuk menjalankan projek ini.

Jutaan terima kasih saya ucapkan kepada ibu saya Amsah bt Hj. Panjang dan bapa saya Samsudin bin Amat kerana memberi saya dorongan dan galakan disamping menyediakan keperluan kewangan untuk menyiapkan tesis ini.

Ribuan terima kasih kepada kawan-kawan yang membantu saya secara langsung mahupun secara tidak langsung.

Akhir sekali, terima kasih semua pensyarah-pensyarah program Fizik Dengan Elektronik dan staf-staf di Sekolah Sains dan Teknologi. Terima kasih sekali lagi.



## ABSTRAK

Kajian ini bertujuan untuk membina sebuah sensor berasaskan kapasitor yang mampu mengesan kehadiran air dalam tanah atau kelembapan tanah tersebut. Litar sensor ini terdiri daripada pembekal kuasa, sebuah perintang  $510\Omega$  dan sebuah prob tanah. Prob tanah ini dibina menggunakan 2 batang jarum yang disusun secara selari. Jarum-jarum ini bertindak sebagai satu kapasitor. Kelembapan tanah dapat diketahui apabila nilai kapasitans pada suatu jenis tanah telah ditentukan. Dengan menggunakan formula tertentu, pemalar dielektrik tanah tersebut dapat dicari seterusnya kelembapan tanah itu juga akan dapat diketahui. Kelembapan suatu tanah itu ditentukan dengan merujuk nilai pemalar dielektrik air iaitu 80 serta pemalar dielektrik udara yang bernilai 1. Dalam kajian ini, beberapa sampel tanah dari kawasan yang berbeza diambil dan diuji di dalam makmal dengan menggunakan sensor ini untuk mencari kelembapan setiap jenis tanah tersebut. Setelah setiap sampel diuji dapat disimpulkan bahawa sensor ini mengesan kehadiran air dengan perubahan nilai kapasitans pada setiap jenis tanah. Semakin banyak kehadiran air maka semakin tinggi nilai kapasitans tanah tersebut. Sensor ini boleh digunakan untuk tujuan pertanian kerana kelembapan tanah sangat penting untuk perkembangan tumbuhan. Selain itu, sensor ini mudah untuk digunakan dan kos pembinaannya sangat murah.



## ABSTRACT

The objective of this research is to build a capacitance soil moisture sensor which will determine the moisture content in soil. A power supply,  $510\Omega$  resistor and a soil probe is needed to build this sensor. The soil probe is made using two sewing needle which connected in parallel and act as a capacitor. Soil moisture can be determined if the capacitance of the soil is known. Then, dielectric constant of that soil will be calculated using a certain formula and finally the moisture content is determined. Soil moisture is measured by referring the value of dielectric constant of water which is theoretically 80 and the value of dielectric constant of air which is 1. In this research, a few soil samples is collected from different area and tested in the lab using this sensor to find the moisture content of each types of soil. As a conclusion, this sensor can determined soil moisture content by knowing the value of capacitance in each soil. Increasing moisture present in soil will increase the value of capacitance. This sensor can be used for agriculture applications because soil moisture content is very important for plant growth. Besides, this sensor is easy to use and the cost to build this sensor is very cheap.



## KANDUNGAN

	Muka surat
PENGAKUAN	ii
PENGESAHAN	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KANDUNGAN	vii
SENARAI JADUAL	x
SENARAI RAJAH	xi
SENARAI SIMBOL	xii
<b>BAB 1        PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1    PENGENALAN	4
1.2    TUJUAN	4
1.3    OBJEKTIF KAJIAN	4
1.4    SKOP KAJIAN	5
<b>BAB 2        ULASAN PERPUSTAKAAN</b>	<b>6</b>
2.1    PENGENALAN	6
2.1.1 Pengaruh Kelembapan Tanah Dalam Pertanian	7
2.2    KAPASITOR	8
2.3    TEORI KAPASITANS	11
2.4    FAKTOR-FAKTOR YANG MENENTUKAN KAPASITANS	12
2.4.1 Luas Plat Berkesan ( A )	12





2.4.2	Jarak Antara Plat ( $d$ )	13
2.4.3	Ketelusan Relatif ( $\epsilon_r$ )	13
2.5	SUSUNAN KAPASITOR	14
2.5.1	Susunan Selari	14
2.5.2	Susunan Sesiri	16
2.6	DIELEKTRIK	18
2.6.1	Tindakan Dielektrik Dalam Kapasitor	19
2.6.2	Ketelusan Relatif, $\epsilon_r$	22
2.6.3	Kekuatan Dielektrik	24
2.7	PROSES MENGECAS DAN MENDISCAS KAPASITOR	25
2.7.1	Proses Mengecas ( Suis Ditutup )	25
2.7.2	Proses Mendiscas ( Suis Dibuka )	26
<b>BAB 3</b>	<b>METODOLOGI</b>	27
3.1	PENGENALAN	27
3.2	LOKASI KAJIAN	27
3.3	KOMPONEN – KOMPONEN SENSOR KELEMBAPAN TANAH JENIS KAPASITANS	28
3.3.1	Komponen Sensor Kelembapan Tanah Jenis Kapasitans	28
3.3.2	Litar Sensor Kelembapan Tanah Jenis Kapasitans	29
3.4	PENGIRAAN NILAI KAPASITANS DAN DIELEKTRIK TANAH	31
3.5	PENGUJIAN SAMPEL – SAMPEL TANAH	33
3.5.1	Pengambilan Sampel – sampel Tanah	33
3.5.2	Analisis Dan Perbandingan Data	34



<b>BAB 4</b>	<b>KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN</b>	35
4.1	KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN	35
4.2	PENGAMBILAN SAMPEL-SAMPEL TANAH	36
4.3	KEPUTUSAN UNTUK SETIAP SAMPEL	40
4.4	KAPASITANS	49
4.5	PEMALAR DIELEKTRIK, K	51
	4.5.1. Kalibrasi	51
	4.5.2. Pemalar Dielektrik Setiap Sampel	53
4.6	PERATUS KELEMBAPAN TANAH	55
<b>BAB 5</b>	<b>KESIMPULAN DAN CADANGAN</b>	58
5.1	KESIMPULAN	58
5.2	CADANGAN	59
	RUJUKAN	61
	LAMPIRAN A	64
	LAMPIRAN B	66
	LAMPIRAN C	67
	LAMPIRAN D	68



## SENARAI JADUAL

No.	Tajuk Jadual	Muka Surat
2.1	Nilai ketelusan relatif bahan dielektrik	24
3.1	Pemalar dielektrik air pada suhu yang berlainan	33
4.1	Nilai-nilai Voltan, $V_s$ , $V_1$ , $V_2$ , masa, $t$ dan rintangan $R$ bagi Sampel A	40
4.2	Nilai-nilai Voltan, $V_s$ , $V_1$ , $V_2$ , masa, $t$ dan rintangan $R$ bagi Sampel B	41
4.3	Nilai-nilai Voltan, $V_s$ , $V_1$ , $V_2$ , masa, $t$ dan rintangan $R$ bagi Sampel C	42
4.4	Nilai-nilai Voltan, $V_s$ , $V_1$ , $V_2$ , masa, $t$ dan rintangan $R$ bagi Sampel D	43
4.5	Nilai-nilai Voltan, $V_s$ , $V_1$ , $V_2$ , masa, $t$ dan rintangan $R$ bagi Sampel E	44
4.6	Nilai-nilai Voltan, $V_s$ , $V_1$ , $V_2$ , masa, $t$ dan rintangan $R$ bagi Air	45
4.7	Nilai-nilai Voltan, $V_s$ , $V_1$ , $V_2$ , masa, $t$ dan rintangan $R$ bagi Udara	46
4.8	Nilai-nilai Voltan, $V_s$ , $V_1$ , $V_2$ , masa, $t$ dan rintangan $R$ bagi Air laut	47
4.9	Nilai-nilai Voltan, $V_s$ , $V_1$ , $V_2$ , masa, $t$ dan rintangan $R$ bagi Air tasik SST	48
4.10	Nilai kapasitan bagi setiap sampel dan nilai kapasitan bagi air, Air laut, air tasik dan udara	49
4.11	Nilai pemalar dielektrik, $K$ bagi air, air laut dan air tasik	51
4.12	Nilai pemalar dielektrik, $K$ bagi lima sampel tanah	54
4.13	Peratus kelembapan bagi lima sampel tanah	56



## SENARAI RAJAH

No	Tajuk Rajah	Muka Surat
1.1	Prinsip asas operasi sensor kelembapan tanah jenis kapasitans	3
2.1 (a)	Balang Leyden	9
2.1 (b)	Sambungan buah balang Leyden untuk menghasilkan bateri	9
2.2 (a)	Litar bagi sebuah kapasitor	10
2.2 (b)	Simbol bagi kapasitor dalam litar	11
2.3	Kapasitor-kapasitor dalam sambungan selari	14
2.4	Kapasitor-kapasitor dalam sambungan sesiri	16
2.5	Dielektrik dalam kapasitor	18
2.6	Pengutuban dielektrik satu molekul tunggal	19
2.7	Pengutuban dielektrik di antara plat-plat kapasitor	20
2.8	Air sebagai dielektrik	22
2.9	Proses mengecas kapasitor	26
2.10	Proses mendiscas kapasitor	26
3.1	Prob tanah untuk sensor kelembapan tanah jenis kapasitans	29
3.2	Litar sensor kelembapan tanah jenis kapasitans	30
4.1	Litar sensor kelembapan tanah jenis kapasitans yang siap dibina	36
4.2	Sampel tanah A (tanah di SST)	37
4.3	Sampel tanah B (pasir di ODEC)	38
4.4	Sampel tanah C (tanah tebing tasik SST)	38
4.5	Sampel tanah D (tanah di kawasan bukit)	39
4.6	Sampel tanah E (tebing kolam kolej E)	39



**SENARAI SIMBOL**

$\rho$	Kerintangan
$\sigma$	Kekonduksian
$\Omega$	Ohm
I	Arus
R	Rintangan
V	Voltan
K	Pemalar dielektrik
$\epsilon$	Dielektrik
$\epsilon_0$	Dielektrik udara
C	Kapasitans
Q	Cas elektrik
t	masa



## **BAB 1**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 PENGENALAN**

Bidang pertanian bermaksud kaedah penghasilan makanan, minuman serta barangan keperluan harian lain hasil daripada tanaman dan haiwan yang dijaga secara sistematik.

Dalam zaman moden sekarang, elektronik diaplikasikan dalam pelbagai bidang termasuklah bidang pertanian. Tenaga manusia kini semakin kurang digunakan dengan adanya jentera-jentera moden dan peralatan elektrik serta peralatan elektronik yang canggih. Peralatan elektronik seperti komputer, sensor dan robot jelas sekali mampu meningkatkan produktiviti dalam bidang pertanian ini.

Salah satu halangan terbesar penggunaan peralatan elektronik dalam pertanian ialah kekurangan peralatan elektronik yang berkesan, murah dan mudah digunakan. Sensor semakin banyak digunakan dalam pertanian pada zaman sekarang. Dengan adanya sensor para usahawan tani boleh mengetahui pelbagai jenis perkara seperti kelembapan tanah, nutrisi dalam tanah dan kehadiran cahaya matahari. Kemampuan peralatan elektronik mengesan setiap aspek tersebut mampu meningkatkan hasil tanaman

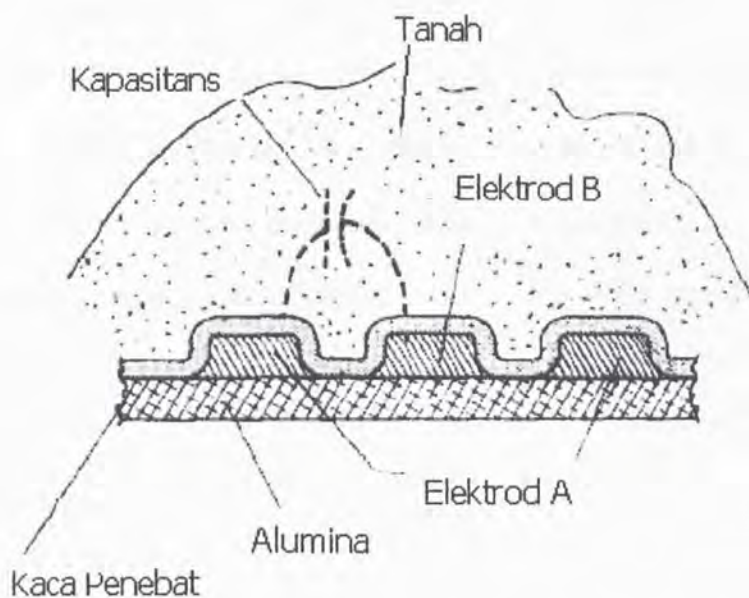


sekiranya digunakan dengan sebaiknya. Walau bagaimanapun, sensor yang terdapat di pasaran sekarang kebanyakannya mahal dan sukar untuk dikendalikan. Dalam kajian ini, sebuah sensor yang murah dan berkesan serta mudah untuk digunakan akan dibina. Sensor ini akan mengesan kehadiran air dalam tanah. Sensor ini dinamakan sensor kelembapan tanah jenis kapasitans.

Sensor kelembapan tanah jenis kapasitans ini akan mengukur nilai kapasitans dalam tanah dan mengaitkan nilai kapasitans itu dengan nilai pemalar dielektrik tanah tersebut. Dengan cara ini kelembapan suatu jenis tanah akan dapat diketahui. Sensor ini beroperasi dengan bergantung kepada nilai pemalar dielektrik air iaitu 80 dan nilai pemalar dielektrik udara iaitu 1 ( Lucas, 1976 ). Oleh itu, dengan kehadiran sedikit air dalam tanah akan mengakibatkan perubahan besar pada pemalar dielektrik tanah tersebut. Kehadiran air ini sebenarnya menyebabkan perubahan nilai kapasitans tanah dan akhirnya mengakibatkan pemalar dielektrik tanah turut berubah.

Prinsip asas operasi sensor kelembapan tanah jenis kapasitor ini diterangkan dalam Rajah 1.1.



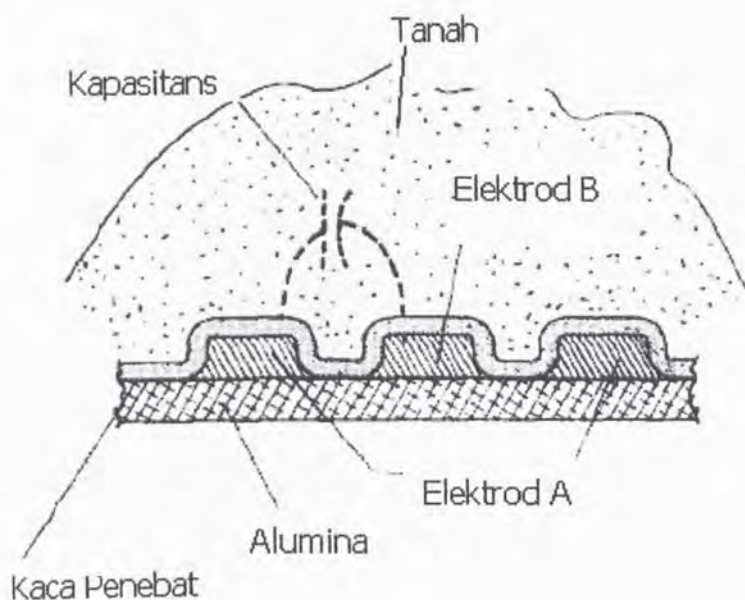


**Rajah 1.1** Prinsip asas operasi sensor kelembapan tanah jenis kapasitans( Lucas, 1976 ).

Rajah 1.1 menunjukkan seksyen di dalam satu sensor jenis kapasitor. Sensor ini mengesan perubahan variasi kapasitans dalam tanah pada struktur elektrod koplantar. Kapasitans di antara jejari elektrod A dan B adalah fungsi pemalar dielektrik bagi bahan di sekitar kawasan elektrod tersebut. Nilai kapasitans akan berubah dengan kehadiran air dalam tanah tersebut. Perbezaan kapasitans bergantung kepada jumlah atau peratusan air dalam tanah ( Lucas, 1976 ).

Satu litar elektronik akan dibina untuk menghasilkan sensor ini. Litar ini akan terdiri daripada beberapa komponen elektronik seperti kapasitor, perintang, punca arus dan punca voltan. Litar ini akan dibina di dalam makmal dan setelah selesai dan berfungsi dengan sempurna, litar ini akan digunakan sebagai sensor untuk mengesan kelembapan tanah di sekitar kawasan Universiti Malaysia Sabah.





**Rajah 1.1** Prinsip asas operasi sensor kelembapan tanah jenis kapasitans( Lucas, 1976 ).

Rajah 1.1 menunjukkan seksyen di dalam satu sensor jenis kapasitor. Sensor ini mengesan perubahan variasi kapasitans dalam tanah pada struktur elektrod koplantar. Kapasitans di antara jejari elektrod A dan B adalah fungsi pemalar dielektrik bagi bahan di sekitar kawasan elektrod tersebut. Nilai kapasitans akan berubah dengan kehadiran air dalam tanah tersebut. Perbezaan kapasitans bergantung kepada jumlah atau peratusan air dalam tanah ( Lucas, 1976 ).

Satu litar elektronik akan dibina untuk menghasilkan sensor ini. Litar ini akan terdiri daripada beberapa komponen elektronik seperti kapasitor, perintang, punca arus dan punca voltan. Litar ini akan dibina di dalam makmal dan setelah selesai dan berfungsi dengan sempurna, litar ini akan digunakan sebagai sensor untuk mengesan kelembapan tanah di sekitar kawasan Universiti Malaysia Sabah.

Kajian ini amat penting dalam pertanian kerana kandungan air yang cukup dalam tanah akan membantu pembesaran suatu tumbuhan. Sekiranya kajian ini berjaya, manusia boleh mengetahui kandungan air dalam tanah dan akhirnya mencari cara terbaik untuk mengawal pengairan tanaman dengan lebih baik. Di samping itu, dengan terhasilnya sensor ini pengguna boleh mendapatkan sensor yang lebih murah dan mudah untuk digunakan.

## 1.2 TUJUAN

Tujuan kajian ini adalah untuk membina satu sensor untuk mengesan kelembapan tanah dengan menggunakan komponen-komponen elektronik.

## 1.3 OBJEKTIF KAJIAN

Beberapa objektif yang perlu dicapai dalam kajian ini ialah :

1. Membina satu litar elektronik untuk mengesan kelembapan dalam tanah
2. Mengesan kelembapan dalam tanah di sekitar kawasan Universiti Malaysia Sabah
3. Menentu kecekapan dan kalibrasi sensor dengan menganalisa beberapa sampel tanah yang diambil dan membandingkan kelembapan tanah bagi setiap sampel tersebut.



## 1.4 SKOP KAJIAN

Kajian ini hanya membina litar elektronik sahaja disamping menguji keberkesanan litar tersebut untuk mengesan kehadiran air dalam tanah.



## **BAB 2**

### **ULASAN PERPUSTAKAAN**

#### **2.1 PENGENALAN**

Kelembapan tanah ialah kehadiran air dalam tanah. Ruang-ruang udara pada tanah menyebabkan air mampu memasuki tanah dan menyebabkan kelembapan pada tanah tersebut. Struktur tanah yang berbeza akan mengakibatkan kemampuan setiap jenis tanah untuk menyimpan air juga berbeza.

Peratus kelembapan tanah ialah kandungan air dalam suatu jenis tanah. kandungan air ditentukan dengan menimbang jisim tanah dan kemudian dikeringkan. Tanah yang sudah dikeringkan ditimbang sekali. Perbezaan jisim merupakan kandungan air dalam tanah tersebut.



Peratus kelembapan tanah,

$$u = \frac{m - m_{\text{kering}}}{m_{\text{kering}}} \times 100\% \quad (2.1)$$

### 2.1.1 Pengaruh Kelembapan Tanah Dalam Pertanian

Kebanyakan jenis tanaman memerlukan air yang banyak untuk pertumbuhan dan mengeluarkan hasil. Air diperlukan oleh tumbuhan kerana sel tumbuhan terdiri daripada air. 50% hingga 90% s tisu tumbuhan adalah air bergantung kepada jenis tumbuhan tersebut ( Plaster, 2003 ).

Kehadiran air dalam tanah membolehkan tumbuhan menyerap air melalui akar untuk menjalankan proses fotosintesis. Proses ini ialah proses di mana tumbuhan menghasilkan karbohidrat sendiri. Kehadiran air juga boleh melarutkan nutrien dalam tanah untuk keperluan tumbuhan. Nutrien yang larut lebih mudah untuk diserap oleh akar. Kekuatan tanah yang lembap adalah lemah berbanding tanah yang kering. Keadaan ini membolehkan akar tumbuh dengan lebih mudah ( Plaster, 2003 ).

Kekurangan air dalam tanah akan menyebabkan kekurangan air dalam tisu tumbuhan. Tumbuhan tidak mendapat air yang secukupnya untuk pertumbuhan. Oleh itu, hasil tanaman juga akan berkurangan. Air yang berlebihan pula mengakibatkan ruang-ruang tanah dipenuhi air dan menyukarkan oksigen melalui tanah. Akibatnya, akar tidak mendapat oksigen yang mencukupi untuk proses respirasi ( Plaster, 2003 ).



## 2.2 KAPASITOR

Kapasitor atau juga dikenali sebagai kondenser merupakan satu komponen elektronik yang digunakan untuk menyimpan cas elektrik. Kapasitor pertama dicipta secara tidak sengaja oleh seorang ahli fizik Belanda yang bernama Pieter van Musschenbroek pada Januari 1746 ( Parker, 1982 ). Kapasitor tersebut dinamakan balang Leyden bersempena dengan nama Universiti Leyden iaitu tempat van Musschenbroek bekerja. Daniel Galath pula merupakan orang pertama yang menyambung balang Leyden secara selari untuk menghasilkan satu bateri yang mampu menyimpan lebih banyak cas elektrik ( Parker, 1982 ). Pada awalnya unit bagi kapasitans ialah 'jar' yang bersamaan dengan 1nF. Rajah 2.1(a) di bawah menunjukkan sebuah balang Leyden manakala Rajah 2.1(b) pula merupakan sambungan beberapa buah balang Leyden untuk menghasilkan sebuah bateri.





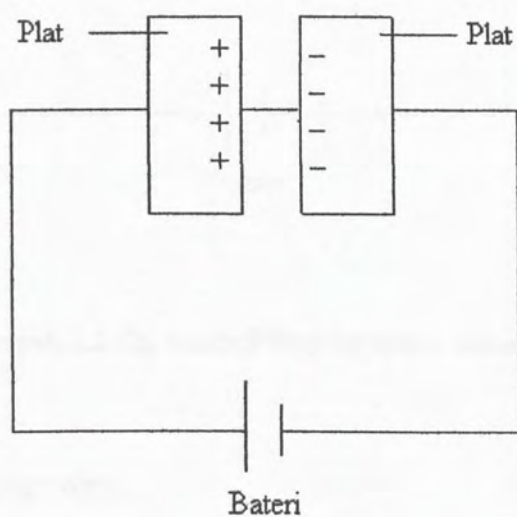
**Rajah 2.1 (a)** Balang Leyden



**Rajah 2.1 (b)** Sambungan beberapa buah balang Leyden untuk menghasilkan bateri

Kapasitor dibina daripada dua konduktor ( plat logam ) yang dipisahkan oleh bahan penebat yang dipanggil dielektrik. Nilai bagi sebuah kapasitor di panggil kapasitans. Unit SI bagi kapasitans ialah farad (F) iaitu bersamaan dengan 1 coulomb cas elektrik per beza upaya 1 volt. Secara praktikalnya kapasitans yang diperolehi mempunyai nilai yang sangat kecil, maka simbol unit farad biasanya ditulis sebagai

mikrofarad ( $\mu\text{F}$ ), nanofarad (nF) atau pikofarad (pF). Simbol bagi kapasitor yang digunakan sekarang adalah seperti dalam Rajah 2.2(a) dan Rajah 2.2(b) di bawah.



**Rajah 2.2 (a)** Litar bagi sebuah kapasitor



## RUJUKAN

- Andrade P., Aguera J., Upadhyaya S., Jenkins B., Rosa U., Josiah M., 2001. *Evaluation of a Dielectric-based Moisture and Salinity Sensor for in-situ Applications*. University of Cordoba, Spain.
- Atkins R.T., Pangburn T., Bates R. E. and Brockett B. E., 1998. *Soil Moisture Determinations Using Capacitance Probe Methodology*. US Army Corps of Engineers.
- Bueche, J. F. D. A Jerde, 1995. *Principle of Physics Sixth Edition*. McGraw – Hill, INC New York.
- David A. B., 1996. *Asas Litar Elektrik Edisi Ke 4*. Terjemahan Alias Mohd Yusof, Camalil Omar, Shaikh Nasir Shaikh Abd. Rahman, Mazlina Esa. Skudai : Penerebitan Universiti Teknologi Malaysia.
- David B., 1984. *Electronics Basic Devices Applications*. Preston VA : Preston Publishing Company, Inc.
- Halliday, D., Resnick, R. Dan Walker, J., 2001. *Fundamental of physics*. Ed. Ke-6. John Wiley & Sons, New York.



- Lucas M. S. P., Stephens L. E., Dawes W. H., 1976. *Thick Film Sensors for Agricultural Applications*. Manhattan.
- Maddock R. I., Calcutt D. M., 1994. *Electronics for Engineers Second Edition*. Longman Scientific & Technical, Singapore.
- Matthews, J., 1991. *Progress in Agricultural Physics and Engineering*. C.A.B International, UK. 1-20
- Parker, P. , 1982. *Elektrik dan Fizik Atom Edisi Kedua*. Kuala Lumpur, DBP.
- Paul, W., 2002. *Computers and Electronics in Agriculture*. Braunschweig, Jerman. pp151-163.
- Plaster, J.E., 2003, *Soil Science and Management*. Thomson-Delmar Learning, United States of America.
- Rende A., Biage M., 2002. *Characterization of Capacitive Sensors for Measurements of the Moisture in Irrigated Soils*. Federal University of Uberlandia.
- Slone, G. R., 2000. *Tab Electronics Guide to Understand Electricity and Electronics*. McGraw – Hill, New York.



Terbutt, T. H. Y., 1988 . *Prinsip Pengawalan Kualiti Air Edisi Ke – 3*. Terjemahan

Ruslan Hassan. Selangor : Biro Penyediaan Teks, ITM.

Van Hippel, A. R., 1959. *Dielectrics and Waves* Second Edition. New York : John Wiley and Sons.

Villanucci, R. S., Artgis, A. W., Megow, W. F., 1996. *Electronis Techniques – Shop Practice and Construction*. Prentice Hall, Inc, New Jersey.

Yahya Emat dan MD Nasir, 1989. *Elektronik Perindustrian Jilid 1*. Kuala Lumpur : Dewan Bahasa Dan Pustaka.

