

8746100005

PEMBINAAN MODEL PENGESAN LOGAM

NUR FADZILAH BINTI BASRI

PROGRAM FIZIK DENGAN ELEKTRONIK

SEKOLAH SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

PERPUSTAKAAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

2007



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS@

JUDUL: MEMBINA MODEL PENGESAN LOGAMIjazah: IJAZAH SARJANA MUDA SAINS DENGAN KEPUJIANSESI PENGAJIAN: 2004/2005 SEMESTER 6Saya NUR FAZILAH BINTI BASRI

(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

(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

NUR FAZILAH BINTI BASRI
(TANDATANGAN PENULIS)

(TANDATANGAN PUSTAKAWAN)

Alamat Tetap: KAMPUNG SHARIF,
JALAN TENGAH NIPA SILAM,

Nama Penyelia

91100 LAHAD DATU, SABAH

Tarikh: 17/04/07

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.

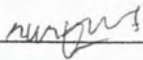
@ Tesis dimaksudkan sebagai tesis bagi Ijazah Doktor Falsafah dan Sarjana secara penyelidikan, atau disertasi bagi pengajian secara kerja kursus dan penyelidikan, atau Laporan Projek Sarjana Muda (LPSM).



PENAKUAN

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

13 April 2007



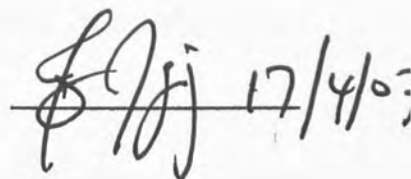
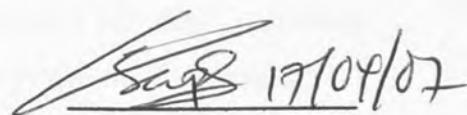
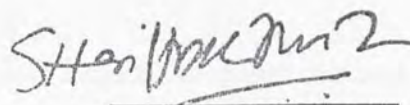
NUR FADZILAH BINTI BASRI
HS2004-3796



PENGAKUAN PEMERIKSA

DIPERAKUKAN OLEH

Tandatangan

1. PENYELIA**(MS TEH MEE TENG)**
17/4/2023**2. PEMERIKSA 1****(PROF. MADYA DR FAUZIAH HJ ABDUL AZIZ)**
17/4/2023**3. PEMERIKSA 2****(CIK FAUZIAH SULAIMAN)**
17/04/2023**4. DEKAN****(PROF MADYA DR SHARIF A. K. OMANG)**
17/4/2023

PENGHARGAAN

Syukur alhamdulillah ke hadrat Ilahi kerana dengan limpah kurniaNya dapat saya menyiapkan projek saya dengan ketabahan dan kesabaran walaupun terdapat sedikit kepincangan yang berlaku.

Jutaan terima kasih dan penghargaan saya ucapkan kepada penyelia saya iaitu Puan Teh Mee Teng yang telah banyak memberikan bantuan, bimbingan dan tunjuk ajar serta cadangan dan pandangan beliau sepanjang tempoh saya menjalankan projek ini.

Ribuan terima kasih juga diucapkan kepada keluarga saya terutamanya ibu dan bapa saya yang amat saya sayangi dan cintai yang telah banyak membantu saya dari segi kewangan, sokongan moral dan berkat doa mereka, maka dapatlah saya menjalankan projek ini dengan sabarnya walaupun terdapat sedikit masalah.

Tidak lupa juga penghargaan terima kasih kepada rakan-rakan seperjuangan saya (program Fizik dan Elektronik) yang telah banyak membantu serta berkongsi kesusahan dan kesenangan bersama saya sepanjang tempoh menjalankan projek ini. Penghargaan ini juga ditujukan khas kepada rakan-rakan serumah saya kerana memberi dorongan, semangat serta buah fikiran untuk saya menyiapkan projek ini.

Di samping itu, saya ingin mengucapkan terima kasih kepada pembantu makmal Sekolah Sains dan Teknologi iaitu Encik Rahim dan Sekolah Kejuruteraan dan Teknologi Maklumat iaitu Encik Seri Pali kerana telah banyak membantu saya dalam menyediakan peralatan dan kemudahan makmal dalam melakukan projek ini.

Sekian dan terima kasih.



ABSTRAK

Tujuan utama kajian ini dijalankan adalah untuk membina satu litar pengesan logam yang menggunakan teknologi ayunan frekuensi rentak. Terdapat dua gegelung dalam litar pengesan ini iaitu gegelung pengesan dan gegelung rujukan yang merupakan komponen yang paling penting dalam litar ini. Pengesan logam ini berfungsi berdasarkan prinsip aruhan elektromagnet di mana apabila medan magnet yang dihasilkan oleh gegelung melalui sebarang logam, ia akan menghasilkan arus elektrik pada logam tersebut. Arus elektrik yang terhasil ini seterusnya menghasilkan medan magnetnya sendiri. Medan magnet ini akan berinterferens dengan medan magnet gegelung pada pengesan. Pengesan atau sensor mengesan arus elektrik yang bertentangan ini dan seterusnya menghantar isyarat amaran kepada pengawal pengesan logam melalui bunyi. Jarak berkesan bagi beberapa jenis logam iaitu ferum (besi), kuprum, aluminium (tin minuman) dan aloi (duit syiling) diukur menggunakan pengesan logam yang dibina. Besi mempunyai jarak berkesan yang paling tinggi iaitu (15.0 ± 0.1) cm manakala kuprum mempunyai jarak berkesan yang paling rendah iaitu (3.0 ± 0.1) cm.



CONSTRUCTION OF A METAL DETECTOR CIRCUIT

ABSTRACT

The main purpose of this research is to build a Beat Frequency Oscillator Metal Detector Circuit. There are two oscillators (coil), each of which produces a radio frequency. One of these oscillators uses a coil of wire that we call the search loop. The second oscillator uses a much smaller coil of wire, and is usually inside the control box and is called the reference oscillator. This circuit work based on electromagnetic induction law. If the coil in the search head passes over a metal object, the magnetic field caused by the current flowing through the coil creates a magnetic field around the object. The object's magnetic field interferes with the frequency of the radio waves generated by the search-head coil. As the frequency deviates from the frequency of the coil in the control box, the audible beats change in duration and tone. The effective distance for several metals were measured by using this metal detector circuit built. Iron has the highest effective distance that is (15.0 ± 0.1) cm while copper has the lowest effective distance that is (3.0 ± 0.1) cm.



KANDUNGAN

	Muka Surat
PENGAKUAN	ii
PENGESAHAN	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
SENARAI KANDUNGAN	vii
SENARAI JADUAL	x
SENARAI RAJAH	xi
SENARAI FOTO	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 PENGENALAN PENGESAN LOGAM	1
1.1.1 Aplikasi Pengesan Logam	2
1.1.2 Pengesan Logam Jenis Ayunan Frekuensi Rentak	2
1.1.1. Struktur Binaan Pengesan Logam	3
1.2 MATLAMAT/TUJUAN UTAMA KAJIAN	5
1.3 OBJEKTIF KAJIAN	5
1.4 SKOP KAJIAN	5
1.5 KEPENTINGAN KAJIAN	6
BAB 2 ULASAN PERPUSTAKAAN	7
2.1 LATAR BELAKANG ALAT PENGESAN LOGAM	7



2.2 ARUHAN ELEKTROMAGNET	8
2.3 SWAINDUKTANS UNTUK SOLENOID	10
2.4 ARUHAN SALING	12
2.5 TENAGA TERSIMPAN DALAM INDUKTOR	14
2.6 PENGAYUN FREKUENSI RENTAK	15
2.7 PRINSIP KERJA PENGESAN LOGAM	18
BAB 3 BAHAN DAN KAEDAH KAJIAN YANG DILAKUKAN	20
3.1 PROSES PENGHASILAN PENGESAN LOGAM	20
3.2 KOMPONEN DAN RADAS YANG DIGUNAKAN	22
3.2.1 Senarai komponen dan radas yang digunakan	22
3.2.2 Fungsi-fungsi komponen dan radas yang digunakan	23
3.2.2.1 Multimeter	23
3.2.2.2 Osiloskop	24
3.2.2.3 Perintang	25
3.2.2.4 Kapasitor	28
3.2.2.5 Transistor	30
3.3 LITAR PENGESAN LOGAM	32
3.4 KAEDAH PENGUKURAN JARAK BERKESAN BAGI LOGAM	34
BAB 4 KEPUTUSAN DAN ANALISIS DATA	36
4.1 PENGUJIAN LITAR	36
4.2 PENGUKURAN JARAK BERKESAN BAGI BEBERAPA JENIS LOGAM	39
4.2.1 Pengukuran Jarak Berkesan Bagi Logam Besi Ferum (Besi)	40
4.2.2 Pengukuran Jarak Berkesan Bagi Logam Aluminium (Tin Minuman)	42



4.2.3 Pengukuran Jarak Berkesan Bagi Aloi (Syiling)	44
4.2.4 Pengukuran Jarak Berkesan Bagi Kuprum	46
4.3 PERBANDINGAN JARAK BERKESAN ANTARA LOGAM BESI, ALUMINIUM, ALOI DAN FERUM	48
BAB 5 PERBINCANGAN	50
5.1 PENDAHULUAN	50
5.2 MASALAH LUARAN	50
5.3 MASALAH PADA LITAR	51
5.4 KELEMAHAN YANG WUJUD PADA MODEL PENGESAN YANG DIBINA	52
BAB 6 KESIMPULAN DAN CADANGAN MASA HADAPAN	53
RUJUKAN	55
LAMPIRAN 1	57



SENARAI JADUAL

No. Jadual	Muka Surat
3.1 Senarai komponen yang digunakan	22
3.2 Ciri-ciri perintang mengikut jenis	26
3.3 Kod warna perintang	27
3.4 Kod warna kapasitor	29
4.1 Jarak pengesanan ferum (besi)	40
4.2 Jarak pengesanan aluminium (tin minuman)	42
4.3 Jarak pengesanan logam aloi (syiling)	44
4.4 Jarak pengesanan kuprum	46
4.5 Perbandingan jarak berkesan antara logam besi, aluminium, aloi dan kuprum	48



SENARAI RAJAH

No. Rajah	Muka Surat
1.1 Model pengesan logam	3
2.1 Solenoid	11
2.2 Aruhan saling oleh dua gegelung yang berdekatan	12
2.3 Pengayun frekuensi rentak	15
2.4 Mekanisma pengesanan logam oleh alat pengesan logam	18
3.1 Multimeter	24
3.2 Osiloskop	24
3.3 Gambarajah simbol perintang	26
3.4 Gambarajah simbol potentiometer	26
3.5 Gambarajah simbol kapasitor	28
3.6 Gambarajah simbol transistor	30
3.7 Rajah skematik litar pengesan logam ayunan frekuensi rentak	32
3.8 Gambarajah susunan radas	34
4.1 Graf jarak berkesan melawan beza upaya bagi aluminium, aloi, besi dan Kuprum	49



SENARAI FOTO

4.1 Paparan output pembesar suara pada osiloskop sebelum mengesan logam	38
4.2 Paparan output pembesar suara pada osiloskop ketika berjaya mengesan logam	38
4.3 Paparan output pembesar suara pada osiloskop ketika mengesan besi (Ferum)	41
4.4 Paparan output pembesar suara pada osiloskop ketika mengesan tin minuman (Aluminium)	43
4.5 Paparan output pembesar suara pada osiloskop ketika mengesan syiling (aloi)	45
4.6 Paparan output pembesar suara pada osiloskop ketika mengesan wayar Kuprum (kuprum)	47
Lampiran A	57
Lampiran B	58
Lampiran C	59



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 PENGENALAN PENGESAN LOGAM

Arus pembangunan dalam bidang sains dan teknologi pada masa kini berkembang dengan begitu pesat. Ini terbukti dengan kewujudan pelbagai benda baru yang melibatkan pelbagai bidang yang tumbuh dengan begitu cepat seperti cendawan yang tumbuh selepas hujan. Boleh dikatakan terdapat penemuan dan penciptaan benda baru pada setiap hari. Ini jelas menunjukkan betapa pentingnya teknologi pada masa kini kepada manusia. Justeru itu, mesin pengesan logam adalah satu perkembangan teknologi yang membolehkan manusia melakukan pekerjaan dengan mudah dan cepat.

Terdapat tiga jenis teknologi yang digunakan untuk membina alat pengesan logam. Alat pengesan logam yang terdapat di pasaran menggunakan salah satu daripada teknologi berikut :

- i. Frekuensi Amat Rendah atau '*Very Low Frequency (VLF)*'
- ii. Aruhan Denyutan atau '*Pulse Induction (PI)*'
- iii. Ayunan Frekuensi Rentak atau '*Beat Frequency Oscillation (BFO)*'



Dalam projek ini, pembinaan pengesan logam jenis Ayunan Frekuensi Rentak atau '*Beat Frequency Oscillation (BFO)*' telah dipilih untuk dibina.

1.1.1 Aplikasi Pengesan Logam

Terdapat pelbagai aplikasi yang boleh digunakan dengan mesin pengesan logam. Ini termasuklah untuk aktiviti beriadah iaitu sebagai alat untuk mencari barang-barang berharga seperti emas, perak dan sebagainya yang telah tersimpan sebagai khazanah lama yang tersembunyi. Aktiviti mencari 'harta karun' ini sangat popular pada masa kini dan mempunyai ramai penggemar yang menjalankan aktiviti ini secara aktif pada masa lapang. Selain itu, pengumpul barang-barang khazanah yang berharga juga boleh menggunakan mesin pengesan logam ini untuk mengesan barangan artifak lama seperti senjata yang pernah digunakan untuk berperang pada zaman dahulu. Selain itu, pengesan logam ini juga digunakan sebagai pengimbas keselamatan di lapangan terbang, bangunan dan sebagainya. Ia juga berguna untuk mengesan barang-barang berharga yang hilang seperti barang kemas. Alat ini juga boleh digunakan untuk mengesan kehadiran logam dalam batu atau tanah.

1.1.2 Pengesan Logam Jenis Ayunan Frekuensi Rentak

Pengesan logam jenis ini merupakan cara mengesan logam yang paling mudah. Terdapat dua gegelung dalam pengesan jenis ini. Gegelung besar terletak di bahagian kepala pengesan (*search head*) (Hawkins, 2001) manakala gegelung yang lebih kecil terletak di



dalam kotak kawalan. Setiap gegelung disambungkan kepada pengayun yang menghasilkan beribu-ribu denyutan arus elektrik setiap saat. Terdapat sedikit perbezaan frekuensi denyutan di antara kedua-dua gegelung ini. Semasa denyutan ini melalui setiap gegelung, gelombang radio akan terhasil. Penerima di dalam kotak kawalan menerima gelombang ini dan menghasilkan siri audibel bunyi berdasarkan perbezaan antara frekuensi-frekuensi tersebut.

Jika gegelung di dalam kepala pengesan melalui objek logam, arus elektrik yang mengalir melalui gegelung akan menghasilkan medan magnet objek logam tersebut. Medan magnet objek dan frekuensi gelombang radio gegelung kepala pengesan akan mengalami interferens. Frekuensi yang terhasil adalah berbeza dengan frekuensi gegelung di dalam kotak kawalan, rentak audibel akan berubah nada.

1.1.3 Struktur Binaan Pengesan Logam



Rajah 1.1 Model Pengesan Logam

Struktur binaan pengesan logam adalah seperti yang ditunjukkan dalam gambarajah model pengesan logam di sebelah. Berdasarkan Rajah 1.1;

1. Penstabil (*Stabilizer*)

Bahagian ini digunakan untuk menstabilkan pengesan logam ini ketika sedang digunakan iaitu ketika menggerakkannya di sekitar kawasan yang ingin diterokai.

2. Kotak Kawalan (*Control Box*)

Bahagian ini pula mengandungi litar, pengawal, pembesar suara, bateri dan mikroprosesor.

3. Batang (*Shaft*)

Bahagian ini berfungsi untuk menyambungkan kotak kawalan dan gegelung. Batang pengesan logam ini boleh dilaraskan mengikut kedudukan tertentu bersesuaian dengan ketinggian pengguna.

4. Gegelung Pengesan (*Search Coil*)

Bahagian ini merupakan bahagian yang digunakan untuk mengesan logam. Ia juga dikenali sebagai antena.



1.2 MATLAMAT/TUJUAN UTAMA KAJIAN

Tujuan utama kajian ini adalah untuk membina satu model pengesan logam yang berupaya untuk mengesan kehadiran logam dengan keupayaan yang lebih berkesan dan sensitif.

1.3 OBJEKTIF KAJIAN

Terdapat beberapa objektif dalam kajian ini iaitu:

1. Membina model pengesan logam.
2. Menentukan jarak berkesan bagi beberapa jenis logam dengan menggunakan model pengesan logam yang dibina.

1.4 SKOP KAJIAN

Keupayaan alat pengesan logam mengesan logam adalah berbeza antara satu jenis dengan yang lain. Maka, pemilihan dibuat untuk membina model pengesan logam yang menggunakan teknologi pengesan Ayunan Frekuensi Rentak atau '*Beat Frequency Oscillation (BFO)*' (Steel, 2005).

1.5 KEPENTINGAN KAJIAN

Kajian ini penting bagi mengenalpasti mekanisma yang digunakan dalam alat pengesan logam dan membina satu model yang serupa. Model ini mengandungi penyelesaian untuk masalah-masalah yang selalu terdapat dalam alat pengesan logam seperti keupayaan yang terhad dan kurang sensitif bagi mengesan logam. Model ini adalah satu kaedah mahupun alat yang dihasilkan secara inovatif bagi mengatasi masalah yang ada sekarang.



BAB 2

ULASAN PERPUSTAKAAN

2.1 LATAR BELAKANG ALAT PENGESAN LOGAM

Alat pengesan logam telah wujud sejak dari dahulu lagi di mana para saintis pada akhir kurun ke-19 telah mula membina suatu mesin yang mampu mengesan kehadiran logam dengan menggunakan teori elektrik yang ada pada masa itu. Pembinaan mesin pengesan logam bermula dengan penemuan sistem aruhan seimbang oleh Heinrich Wilhelm Dove, seorang ahli fizik berbangsa Jerman. Ini diikuti oleh Alexander Graham Bell yang telah menggunakan prinsip ini untuk mengesan peluru di dalam badan James Garfield, presiden Amerika pada tahun 1881. Malangnya percubaan beliau ini gagal. Beliau tidak berjaya menyelamatkan James Garfield yang meninggal dunia sebelum sempat mengesan peluru tersebut.

Perkembangan era moden alat pengesan logam bermula pada tahun 30-an. Pada tahun 1925, Gerhard Fischer berjaya mencipta pengesan logam yang pertama. Bagaimanapun alat pengesan ini hanya berada di pasaran dan mula digunakan pada tahun 1937. Alat ciptaan beliau ini telah diuji secara praktikal di mana ia telah digunakan untuk



aktiviti perlombongan iaitu bagi mengesan logam pada Perang Dunia Kedua. Model pertama ini adalah berat dan struktur binaannya adalah mengandungi sebuah tiub vakum serta memerlukan bateri yang berasingan.

Pelbagai pembaharuan telah dilakukan ke atas alat pengesan logam sehingga ke hari ini. Teknologi yang digunakan semakin canggih dan keupayaan pengesan ini untuk mengesan logam juga adalah semakin tinggi dan efektif. Terdapat beberapa syarikat yang menjadi tunggak kepada permodenan alat pengesan logam. Syarikat White Electronics di California, Amerika Syarikat merupakan peneraju kepada inovasi alat pengesan logam sehingga ke hari ini. Syarikat ini telah beroperasi sejak tahun 1950-an dengan membina sebuah mesin yang dinamakan '*Oremaster Geiger Counter*'. Penghasilan transistor pada sekitar tahun 50-an dan 60-an telah membawa perubahan besar kepada inovasi pengesan logam. Pengesan yang lebih kecil dan ringan dengan litar yang lebih baik mampu beroperasi dengan hanya menggunakan bateri yang lebih kecil telah dihasilkan. Pengurangan saiz pengesan logam ini menjadikan alat ini lebih fleksibel dan efektif kerana ia boleh digunakan oleh sesiapa sahaja termasuklah kanak-kanak.

2.2 ARUHAN ELEKTROMAGNET

Aruhan elektromagnet merupakan prinsip saintifik yang menjadi tunggak kepada teknologi-teknologi moden masa kini tidak kiralah samada penghasilan arus elektrik, komunikasi dan juga proses menyimpan data. Aruhan elektromagnet adalah ditakrifkan sebagai proses menghasilkan arus elektrik dengan mengubah medan magnet litar tersebut.



Michael Faraday merupakan orang yang telah menemui fenomena aruhan ini pada tahun 1831 (Knight, 2004). Francesco Zantedeschi telah meneruskan kajian ini pada tahun 1829. Pada sekitar tahun 1830 hingga 1832 pula, Joseph Henry telah melakukan penemuan yang hampir serupa, tetapi penemuan beliau hanya diterbitkan setelah beberapa lama selepas itu.

Faraday telah mendapati bahawa daya gerak elektrik (d.g.e) yang dihasilkan dalam suatu gegelung adalah berkadar terus dengan kadar perubahan fluks magnet yang melalui gegelung tersebut (Alonso dan Finn, 1992) . Ini bermaksud bahawa arus elektrik akan diaruhkan dalam litar tertutup jika jumlah fluks magnet yang melalui permukaan tersebut dipengaruhi oleh perubahan oleh konduktor tersebut. Aruhan elektromagnet merangkumi prinsip operasi penjana, motor aruhan, transformer dan kebanyakan mesin elektrik yang lain. Hukum Faraday menyatakan bahawa d.g.e aruhan ialah (Nasirum, 1989)

$$E = -N \frac{d\Phi}{dt} \quad (2.1)$$

di mana E merupakan daya gerak elektrik, N mewakili bilangan lilitan dalam satu gegelung dan Φ mewakili fluks magnet melalui gegelung itu yang diukur dalam unit weber.

Tetapi Φ adalah berkadar terus dengan arus I dalam gegelung, iaitu

$$\Phi = kI \quad (2.2)$$

Maka

$$E = -N \frac{d\Phi}{dt} = \frac{-Nd(kI)}{dt} \quad (2.3)$$



$$\text{Atau } E = -N \frac{d\Phi}{dt} = -L \frac{dI}{dt} \quad (2.4)$$

Iaitu pemalar k digabungkan dengan N untuk mentakrif satu lagi pemalar L . Maka secara am

$$E = -L \frac{dI}{dt} \quad (2.5)$$

D.g.e aruhan berkadar terus dengan kadar perubahan arus dalam gegelung. Pemalar perkadaran dikenali sebagai swainduktans untuk gegelung itu. Swainduktans ialah nisbah d.g.e swaaruhan kepada kadar perubahan arus. (Md. Yusof dan Wan M. Saridan, 1993)

$$N \frac{d\Phi}{dt} = L \frac{dI}{dt} \quad (2.6)$$

$$\text{Maka } Nd\Phi = LdI \quad (2.7)$$

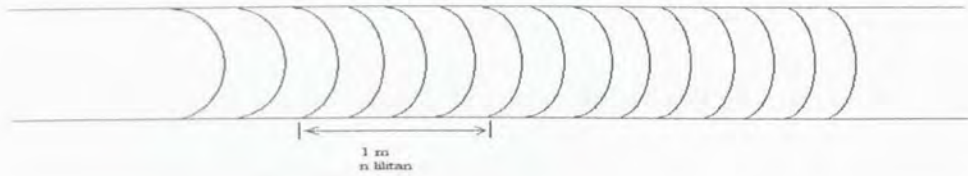
$$\text{Iaitu } N\Phi = LI \quad (2.8)$$

Hubungan ini berguna untuk mengira nilai swainduktans, L sebuah gegelung.

2.3 SWAINDUKTANS UNTUK SOLENOID

Nilai swainduktans sesuatu gegelung bergantung pada saiz gegelung, bilangan lilitan, bentuk gegelung dan nilai ketelapan medium dalam gegelung (Alonso dan Finn, 1992). Untuk satu solenoid dengan panjang infiniti, nilai swainduktans dapat dikira dengan mudah.





Rajah 2.1 Solenoid (Knight, 2004)

Berdasarkan Rajah 2.1, katakan bilangan lilitan per unit panjang satu solenoid infiniti ialah n . Maka, medan magnet, B dan fluks, Φ bagi solenoid tersebut adalah

$$B = \mu n I \quad (2.9)$$

$$\Phi = \mu n I A \quad (A = \text{luas keratan solenoid}) \quad (2.10)$$

Daripada persamaan

$$L I = N \Phi \quad (2.11)$$

Jika kita mempertimbangkan 1 unit panjang solenoid itu, maka $N = n$ dan

$$L = \frac{n \Phi}{I} \quad (2.12)$$

$$= \frac{n \mu n I A}{I} \quad (2.13)$$

$$= \mu n^2 A \quad (2.14)$$

Dengan itu untuk satu solenoid berpanjang l , secara hampiran (dengan mengabaikan kesan sisi) (Shrader, 1996)

$$L = \mu n^2 A l \quad (2.15)$$

RUJUKAN

- Alonso, M dan Finn, J.E, 1992. *Physics*. Addison-Wesley, Amerika Syarikat.
- Burhanuddin Yeop Majlis, 2000. *Teknologi Fabrikasi Litar Bersepadu*. Universiti Kebangsaan Malaysia, Selangor.
- Goodall, F dan Rishton, D.K, 1995. *Prinsip Elektrik dan Elektronik*. Terjemahan Dewan Bahasa dan Pustaka, Kuala Lumpur.
- Hawkins, J.M. 2001. *Kamus Dwibahasa Oxford Fajar*. Ed ke-3. Fajar Bakti, Selangor Darul Ehsan.
- Kalsi, H S.1995. *Electronic Instrumentation*. McGraw-Hill, New Delhi, India.
- Knight, D, Randall, 2004. *Physics for Scientist and Engineers: A Strategic Approach, Volume 4*. Addison Wesley, Amerika Syarikat.
- Md. Yusof Abu Bakar dan Wan Muhamad Saridan Wan Hassan, 1993. *Keelektrikan dan Kemagnetan*. Dewan Bahasa dan Pustaka, Kuala Lumpur.
- Malvino, A.P, 1999. *Electronic Principles*. Ed ke-6. McGraw-Hill, New York.



- Nasirum Mohd. Salleh (pntj.), 1989. *Teori Elektromagnet Klasik*. Universiti Sains Malaysia dan Dewan Bahasa dan Pustaka, Kuala Lumpur.
- Shrader L,R. 1996. *Electronic Communication*. Ed ke-6. McGraw-Hill, Amerika Syarikat.
- Steel, M (pnyt.), 2005. *New Oxford Dictionary*. Fajar Bakti, Kuala Lumpur.
- Turley, J. 2003. *The Essential Guide to Semiconductors*. Prentice Hall, Amerika Syarikat.
- Wolf, S dan Smith, F.M, Richard, 1990. *Student Reference Manual for Electronic Instrumentation Laboratories*. Prentice Hall, Amerika Syarikat.
- Yahya Emat dan Md. Nasir Abd. Manan, 1989. *Elektronik Perindustrian Jilid 1*. Dewan Bahasa dan Pustaka, Kuala Lumpur

