

**PENGUKURAN DAN PENCIRIAN KEHILANGAN ISYARAT PADA SALURAN DAN  
GANDINGAN GENTIAN OPTIK**

**CALVIN TIONG INN HUAT**

**DISERTASI DIKEMUKAKAN UNTUK MEMENUHI SEBAHAGIAN  
DARIPADA SYARAT MEMPEROLEHI IJAZAH SARJANA  
MUDA SAINS DENGAN KEPUJIAN**

**PROGRAM FIZIK DENGAN ELEKTRONIK  
SEKOLAH SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH**

**APRIL 2010**



**UMS**  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

## UNIVERSITI MALAYSIA SABAH



## BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS@

JUDUL: Pengukuran Dan Pencirian kehilangan kewarnt pada Salinan  
Dan Gandingan Gantian Optik

Ijazah: B. Sc. (Hons.)

SESI PENGAJIAN: 2010

Saya CALVIN TIONG IUN HUAT

(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 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

PERPUSTAKAAN  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

Disahkan oleh

NURULAIN BINTI ISMAIL

LIBRARIAN

UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

(TANDATANGAN PENULIS)

Nurulain  
(TANDATANGAN PUSTAKAWAN)

Nama Penyelia

Alamat Tetap: 3B, Lane 35, Off  
Road, 96000, Kota Kinabalu.

Tarikh: 5/5/10

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

PERPUSTAKAAN UMS



\* 1000353657 \*



UMS

UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

## **PENGAKUAN**

Dengan ini saya menyatakan bahawa disertasi ini adalah hasil daripada karya asli saya,  
kecuali sumber-sumber yang telah diberikan nukilan.



---

**CALVIN TIONG INN HUAT**  
**BS07110155**

**31 March 2010**

**PENGESAHAN**

**DIPERAKUKAN OLEH**

**TANDATANGAN**

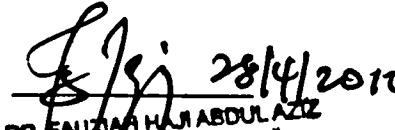
**1. PENYELIA**

(Dr. Zulistiana Zulkifli)



**2. PEMERIKSA 1**

(Prof. Dr. Fauziah Binti Haji Abdul Aziz)

  
PROF. DR. FAUZIAH HAJI ABDUL AZIZ  
Program Fizik dengan Elektronik  
Sekolah Sains Dan Teknologi  
Universiti Malaysia Sabah

**3. DEKAN**

(Prof. Dr. Mohd. Harun Abdullah)



## **PENGHARGAAN**

Terlebih dahulu saya ingin merakamkan jutaan terima kasih kepada penyelia saya, iaitu Dr. Zulistiana Zulkifli yang telah banyak memberikan tunjuk ajar, pimpinan dan segala bantuan kepada saya sepanjang projek tahun akhir ini. Tidak lupa juga kepada pensyarah-pensyarah yang banyak memberikan nasihat dan pimpinan dalam menyiapkan projek ini.

Selain itu, saya juga ingin mengucapkan ribuan terima kasih kepada En. Jeffrey selaku pembantu makmal yang banyak memberikan kerjasama dan bantuan makmal kepada saya. Begitu juga kepada rakan-rakan saya yang telah member bantuan kepada saya dalam kerja amali ini. Segala bantuan dan jasa yang mereka sumbangkan tidak akan saya lupakan.

Akhir sekali, saya juga ingin mengucapkan terima kasih yang tidak terhingga kepada keluarga saya yang telah banyak memberikan sokongan, dorongan dan tunjuk ajar kepada saya sepanjang projek ini dijalankan. Sekian terima kasih.

## **ABSTRAK**

Gentian optik merupakan medium penghantaran utama dalam sistem komunikasi optik. Matlamat projek ini adalah mengkaji kesan pelembahan dan kehilangan isyarat yang wujud pada sepanjang gentian optik dan gandingan gentian optik. Kesan jenis gentian optik yang lebih sesuai digunakan terhadap diod pemancar infrared yang digunakan dibandingkan. Selain itu, kehilangan isyarat ekstrinsik pada gandingan gentian optik berdasarkan gerakan anjakan sisi dan gerakan pemisahan hujung dikaji. Panjang gentian optik yang digunakan adalah dalam lingkungan 10 meter. Hubungan antara voltan dan arus pada pemancar, SO4201-9L dapat ditentukan dengan melaraskan meter upaya diod pemancar infrared. Sebelum menguji pelbagai modulasi, nilai voltan dan arus pada diod pemancar perlu dikaji dan ditentukan supaya isyarat yang dihantar adalah linear. Tanggapan frekuensi pada pemancar dan saluran penghantaran perlu disetkan, supaya tanggapan frekuensi pada saluran penghantaran adalah konsisten dan isyarat yang dihantar adalah linear. Pelembahan dan kehilangan isyarat diukur berdasarkan sepanjang gentian optik dan gandingan di antara gentian optik pada saluran penghantaran. Kehilangan isyarat pada gandingan adalah jauh lebih tinggi berbanding dengan kehilangan isyarat pada sepanjang gentian optik untuk semua jenis gentian optik. Terdapat juga, gentian optik kaca adalah lebih sesuai digunakan pada lingkungan infrared jika dibandingkan dengan gentian optik plastik. Di samping itu, gerakan pemisahan hujung menghasilkan kehilangan isyarat yang lebih kedua pada gandingan di antara dua gentian optik jika dibanding dengan gerakan anjakan sisi pada jarak pemisahan dalam mm yang sama. Kehilangan isyarat ekstrinsik pada gandingan bagi anjakan sisi gentian optik tidak bergantung kepada jenis gentian optik yang digunakan. Akhirnya, pelembahan dan kehilangan isyarat ekstrinsik pada gandingan bagi pemisahan hujung gentian optik kaca adalah lebih rendah jika dibanding dengan gentian optik plastik.

## **ABSTRACT**

Fibre optics is the main transmission medium in optical communication system. The objective of this project is studying on the attenuation and loss of signal over length of fiber optic and coupling losses on fiber optic transmission line. Besides that, types of fiber optic that are used which is more suitable on infrared transmitting diodes are compared. In addition, extrinsic coupling losses at the transmission line of transverse displacement and end separation is defined. The length of fiber optic used is in the range of 10 meters. The relationship between voltage and current in the transmitter, SO4201-9L can be determined by adjust potentiometer infrared transmitting diode. Before examining various types of modulation, characteristics of infrared transmitting diode should be examined to ensure that a linear signal is transfer. The frequency response at transmitter and transmission line should be set, so that the signal transfer is linear. Attenuation and signal loss in a fiber optic transmission line is measured based on the length of optical fiber and optical fiber separation distance at the coupling. Signal loss at the coupling is much higher than the signal loss over the length of the fiber optic. Fiber optic glass is more suitable to be used in the infrared region than fiber optic plastic. Moreover, end separation between the ends of the fiber optic has smaller effect on the coupling attenuation when compared with transverse displacement at the same distance separation in mm. Transverse displacement at the coupling loss is not depend on the types of fiber optic that been used. Lastly, end separation for the fiber optic glass has less effect on the coupling losses compared to the fiber optic plastic.

## **SENARAI KANDUNGAN**

	Halaman
PENGAKUAN	ii
PENGESAHAN	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
SENARAI KANDUNGAN	vii
SENARAI JADUAL	x
SENARAI RAJAH	xi
SENARAI SIMBOL	xii

### **BAB 1 PENDAHULUAN**

1.1 Pengenalan	1
1.2 Objektif Kajian	2
1.3 Skop Kajian	2
1.4 Hipotesis	3

### **BAB 2 ULASAN PERPUSTAKAAN**

2.1 Pengenalan	4
2.2 Sejarah Perkembangan Awal	6
2.3 Fungsi Dan Struktur Gentian Optic	8
2.4 Cara Gelombang Cahaya Merambat Melalui Gentian Optik	10
2.5 Jenis-jenis Gentian Optik	13
2.6 Kelebihan Gentian Optik	15
2.7 Asas Operasi Sistem Komunikasi	17
2.8 Mekanisme Pelemanahan Dan Kehilangan Isyarat Pada Saluran Gentian Optik	19
2.8.1 Kehilangan Penyelerakan	19
2.8.2 Kehilangan Penyerapan	21
2.9 Mekanisme Pelemanahan Dan Kehilangan Isyarat Pada Gandingan (Coupling Losses) Antara Gentian Optik	23
2.9.1 Sambat	23
2.9.2 Penyambung	25
2.9.3 Jenis-Jenis Kehilangan Gandingan Daripada Penyambung Dan Sambat	26

### **BAB 3 BAHAN DAN KADEAH**

3.1	Pendahuluan	29
3.2	Kompenan-kompenan	30
3.3	Pemancar Isyarat	31
3.4	Penerima Isyarat	32
3.5	Pemasangan Komponen Dan Operasi	33
3.6	Penyediaan Kabel Gentian Optik	36
3.7	Pengawalan Diod Pemancar	38
3.8	Pengisyarat Semula	41
3.9	Penurunan Dan Kehilangan Isyarat Pada Saluran Gentian Optik	43
3.10	Pelemahan Dan Kehilangan Isyarat Ekstrinsik Pada Gandingan Antara Gentian Optik	45

### **BAB 4 KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN**

4.1	Pengenalan	48
4.2	Pengawalan Diod Pemancar	49
4.2.1	Sifat-sifat diod pada pemancar infrared	49
4.2.1.1	Keputusan	49
4.2.1.2	Perbincangan	50
4.2.2	Sifat-sifat Keamatan Cahaya Sebagai Fungsi Arus Diod	51
4.2.2.1	Keputusan	51
4.2.2.2	Perbincangan	52
4.3	Tanggapan Frekuensi (Frequency Response) Pemancar	53
4.3.1	Keputusan	53
4.3.2	Perbincangan	53
4.4	Pengisyarat semula	54
4.4.1	Keputusan	54
4.4.2	Perbincangan	55
4.5	Pelemahan dan kehilangan isyarat pada saluran gentian optik	56
4.5.1	Keputusan	57
4.5.2	Perbincangan	58
4.6	Pelemahan dan kehilangan isyarat ekstrinsik pada gandingan antara Gentian optik	59
4.6.1.	Pelelemahan dan kehilangan Isyarat ekstrinsik pada gandingan bagi anjakan sisi gentian optik	59
4.6.1.1	Keputusan	59
4.6.1.2	Perbincangan	60
4.6.2	Pelelemahan dan kehilangan Isyarat ekstrinsik pada gandingan bagi pemisahan hujung gentian optik	61
4.6.2.1	Keputusan	61
4.6.2.2	Perbincangan	62

### **BAB 5 KESIMPULAN DAN CADANGAN**

5.1	Kesimpulan	64
-----	------------	----

<b>5.2 Cadangan</b>	<b>66</b>
<b>RUJUKAN</b>	<b>67</b>
<b>CARTA GANTT</b>	<b>68</b>

## **LAMPIRAN-LAMPIRAN**

<b>Lampiran A</b>	<b>Sifat-sifat diod pada pemancar infrared</b>	<b>69</b>
<b>Lampiran B</b>	<b>Tanggapan frekuensi (Frequency Response) pemancar</b>	<b>71</b>
<b>Lampiran C</b>	<b>Pengisyarat Semula</b>	<b>72</b>
<b>Lampiran D</b>	<b>Pelemahan dan kehilangan Isyarat pada saluran gentian optic</b>	<b>73</b>
<b>Lampiran E</b>	<b>Pelemahan dan kehilangan isyarat ekstrinsik pada gandingan dengan gerakan anjakan sisi antara gentian optik</b>	<b>74</b>
<b>Lampiran F</b>	<b>Pelemahan dan kehilangan isyarat ekstrinsik pada gandingan dengan gerakan pemisahan hujung antara gentian optik</b>	<b>76</b>
<b>Lampiran G</b>	<b>Data Teknikal</b>	<b>78</b>

## **SENARAI JADUAL**

No. Jadual	Halaman
4.1 Sifat-sifat $I = f(U)$ : Diode pemancar infrared TSTA7100 875nm.	49
4.2 Sifat-sifat $\Phi_L = k U_E = f(I)$ : Diode pemancar Infrared TSTA7100 875nm.	51
4.3 Tanggapan frekuensi: Diod pemancar infrared TSTA7100 875nm.	53
4.4 Tanggapan frekuensi pada saluran transmisi.	54
4.5 Diod permancar infrared TSTA7100, $\lambda = 875\text{nm}$ , $I = 20\text{mA}$ .	57
4.6 Kehilangan gandingan, $\alpha$ (dB) melawan panjang,L (mm) bagi gerakan anjakan sisi gentian optik plastik teras berdiameter $d = 1\text{mm}$ .	59
4.7 Kehilangan gandingan, $\alpha$ (dB) melawan panjang,L (mm) bagi gerakan anjakan sisi gentian optik kaca teras berdiameter $d = 1\text{mm}$ .	59
4.8 Kehilangan gandingan, $\alpha$ (dB) melawan panjang,L (mm) bagi gerakan pemisahan hujung gentian optik plastik teras berdiameter $d = 1\text{mm}$ .	61
4.9 Kehilangan gandingan, $\alpha$ (dB) melawan panjang,L (mm) bagi gerakan pemisahan hujung gentian optik kaca teras berdiameter $d = 1\text{mm}$	61

## SENARAI RAJAH

No. Rajah	Halaman
2.1 Spektrum elektromagnetik	5
2.2 Struktur asas dalam fiber optik	8
2.3 Gerakan cahaya melalui kabel gentian optik	9
2.4 Pantulan dalam berlaku gentian optik kabel	11
2.5 Pengelasan dan kemampuan fiber optik untuk panjang 1km	13
2.6 Sistem komunikasi secara umum	17
2.7 Komponen pada mesin sambat pelakuran	24
2.8 Jenis-jenis penyambung	26
2.9 Jenis-jenis kehilangan ekstrinsik (a) anjakan sisi (b) pemisahan hujung (c) tak padan penjajaran sudut	27
2.10 Graf Kehilangan ekstrinsik bagi (a) anjakan sisi, (b) tak padan penjajaran sudut, dan (c) pemisahan hujung	28
3.1 Pemancar isyarat gentian optik model SO4201-9L	31
3.2 Penerima isyarat gentian optik model SO4201-9M	32
3.3 Teknik-teknik pemasangan pemancar dan penerima isyarat gentian optik	33
3.4 Pemilih "jumper" bagi Coax Input, 50 ohm, TTL Input dan Input AF in	34
3.5 Set pemotongan kabel gentian optik, LM 9402(STRIIPAX®)	36
3.6 Kabel gentian optik yang dipasang "crimp barrel" dan penyambung DNP	37
3.7 Teknik-teknik pemasangan bagi Ammeter dan Voltmeter pada pemancar	38
3.8 Teknik-teknik pemasangan bagi Ammeter dan Voltmeter pada pemancar dan penerima	39
3.9 Teknik-teknik pemasangan bagi penjana fungsi dan Osiloskop pada pemancar	40
3.10 Teknik-teknik pemasangan bagi penjana fungsi dan osiloskop pada pemancar	41
3.11 Teknik-teknik pemasangan bagi ammeter, gentian optik dan osiloskop pada pemancar dan penerima	43
3.12 Tolok optik pada pemandangan hadapan	46
3.13 Tolok optik pada pemandangan sisi	46
4.1 Arus,I (mA) melawan Voltan,U (V) bagi diod pemancar infrared TSTA7100 875nm	50
4.2 Voltan,U (V) melawan Arus,I (mA) bagi diod pemancar Infrared TSTA7100 875nm	52
4.3 Tanggapan frekuensi,fr pada saluran penghantaran melawan frekuensi,F (kHz)	55
4.4 Kehilangan Gandingan, $\alpha$ (dB) melawan Panjang,L (mm) bagi gerakan anjakan sisi gentian optik	60
4.5 Kehilangan Gandingan, $\alpha$ (dB) melawan Panjang, L (mm) bagi gerakan pemisahan hujung	62

## **SENARAI SIMBOL**

$N_1$	Indeks Biasan bagi Permukaan 1
$N_2$	Indeks Biasan bagi Permukaan 2
$\theta_1$	Sudut 1
$\theta_2$	Sudut 2
$\theta_c$	Sudut Genting
$\theta_t$	Sudut Tuju
km	Kilometer
m	Meter
mm	Milimeter
$\mu\text{m}$	Mikrometer
nm	Nanometer
A	Ampere
mA	MilliAmpere
V	Volt
mV	milliVolt
V <sub>pp</sub>	Volt peak-to-peak
mV <sub>pp</sub>	MilliVolt peak-to-peak
kHz	Kilohertz
MHz	Megahertz
Hz	Hertz
W	Watt
mW	milliWatt
MAX	Maximum
MIN	Minimum
div	Perubahan
ms/div	Miliisaat melawan Perubahan
$\Omega$	Ohm
k $\Omega$	KiloOhm
dB	Decibel
dB/m	Decibel melawan meter
AC	Arus Ulangalik
DC	Arus terus
$\Delta$	Perubahan
$\pm$	Tambah Tolak
T	Masa
R <sub>L</sub>	Rintangan Beban
I	Arus
U	Voltan
L	Panjang Gentian Optik
IN	Input
OUT	Output
P <sub>IN</sub>	Kuasa Input
P <sub>OUT</sub>	Kuasa Output
F <sub>r</sub>	Tanggapan Frekuensi
$\lambda$	Panjang Gelombang

$a_c$	Kehilangan Isyarat pada Gandingan Gentian Optik
$a_{10}$	Kehilangan Isyarat pada Sepanjang Gentian Optik
%	Peratusan
E	Keamatan Cahaya
$E_i$	Arus Cahaya
$E_0$	Arus Diod

## **BAB 1**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Pengenalan**

Dalam teknologi kini yang semakin canggih, teknologi telekomunikasi merupakan titik tolak dan potensi besar untuk dapat meningkatkan dan mewujudkan berbagai jenis pelayanan komunikasi yang lebih canggih untuk komunikasi suara, video dan data. Justeru, lebih banyak data atau maklumat diperlukan pindah dalam masa yang singkat dan dengan kadar kesilapan yang amat sedikit.

Sebenarnya sistem talian logam dapat memenuhi kerperluan hari ini. Tetapi, sistem ini memperlihatkan beberapa kelemahan pada frekuensi tinggi. Antaranya ialah faktor pengedilan yang besar, iaitu sistem ini memerlukan pengulangan bagi setiap jarak 2 km atau 3 km (Mohamad, 2002).

Pada masa kini, gentian optik telah membawa reformasi baru dalam dunia komunikasi di Malaysia. Reformasi ini selaras dengan perkembangan dan kemajuan pesat sistem telekomunikasi dan teknologi maklumat negara. Permintaan ke atas penghantaran maklumat yang berkapasiti tinggi sehingga beberapa ratus giga bait, faktor pengedilan yang kecil, murah dan menjimatkan telah mendorong penggunaan gentian optik secara meluas di negara ini. Selain itu, gentian optik telah menawarkan pelbagai kelebihan berbanding dengan medium penghantaran yang lain.

Walau bagaimanapun, gentian optik amat sensitif terhadap kehilangan terutama dalam sistem komunikasi gentian optik. Terdapat pelbagai jenis mekanisme kehilangan yang dihasilkan oleh gentian optik dalam sistem komunikasi gentian optik tersebut. Untuk mengenalpasti kehilangan yang dihasilkan, peralatan-peralatan gentian optik yang terdapat dalam makmal UMS diuji.

## **1.2 Objektif Kajian**

- Mencirikan pelemahan dan kehilangan isyarat yang wujud pada sepanjang gentian optik dan pada gandingan (*Coupling Losses*) di antara gentian optik pada saluran penghantaran gentian optik.
- Mengkaji jenis gentian optik yang lebih sesuai digunakan terhadap diod pemancar infrared yang digunakan.
- Mengkaji kehilangan ekstrinsik isyarat pada gandingan gentian optik plastik dan kaca berdasarkan gerakan anjakan sisi dan gerakan pemisahan hujung.

## **1.3 Skop Kajian**

Sebelum menguji pelbagai modulasi pada isyarat, hubungan antara voltan, arus dan tanggapan frekensi bagi sifat-sifat pada diod pemancar infrared TSTA7100 875nm perlu diuji untuk memastikan isyarat yang dihantar adalah linear. Selain itu, tanggapan frekuensi bagi saluran penghantaran pada penerima juga diuji. Bagi menguji pelemahan dan kehilangan isyarat pada saluran penghantaran, sifat-sifat yang akan dikaji meliputi voltan pada pengujian soket "input level", voltan jatuh pada rintangan input apabila voltan dinaikan pada gandaan input adalah 2.5, keamatan cahaya perlu dihasilkan pada PIN-diode untuk menghasilkan arus cahaya, dan akhirnya kelebihan isyarat pada gentian optik dapat diukur. Seterusnya, ujian terhadap jenis gentian optik yang lebih sesuai digunakan dalam pancaran infrared. Kajian berdasarkan kehilangan ekstrinsik jenis gerakan anjakan sisi dan gerakan pemisahan hujung terhadap pelemahan dan kehilangan isyarat saluran penghantaran gentian optik juga diuji. Akhirnya, kehilangan ekstrinsik isyarat pada gandingan bagi

gentian optik plastik dan gentian optik kaca berdasarkan gerakan anjakan sisi dan gerakan pemisahan hujung dibandingkan dan dianalisiskan.

#### **1.4 Hipotesis**

- Bagi semua jenis gentian optik yang digunakan, kehilangan isyarat pada gandingan adalah jauh lebih tinggi ke atas kehilangan isyarat pada sepanjang gentian optik.
- Bagi gentian optik kaca adalah lebih sesuai digunakan sebagai saluran penghantaran dalam pancaran infrared jika dibandingkan dengan gentian optik plastik.
- Bagi semua gentian optik yang digunakan, kelemahan dan kehilangan ekstrinsik jenis gerakan pemisahan hujung menghasilkan kehilangan isyarat yang lebih kecil jika dibandingkan dengan kehilangan ekstrinsik jenis gerakan anjakan sisi pada jarak pemisahan dalam mm yang sama.
- Kehilangan isyarat ekstrinsik pada gandingan bagi anjakan sisi gentian optik dan pemisahan hujung antara gentian optik adalah tidak bergantung kepada jenis gentian optik yang digunakan.

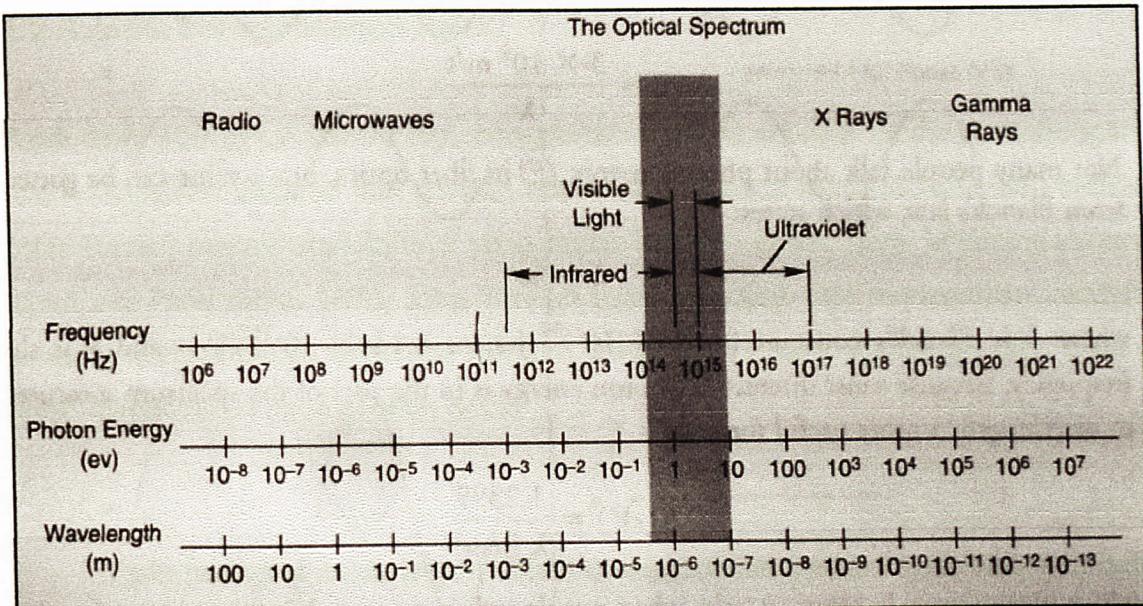
## BAB 2

### ULASAN PERPUSTAKAAN

#### 2.1 Pengenalan

Cahaya ialah sejenis tenaga yang berbentuk gelombang. Sumber cahaya yang utama di dunia kita adalah matahari. Dalam vakum, cahaya bergerak dengan halaju  $3 \times 10^8$  m/s. Dalam medium lain pula, cahaya bergerak dengan halaju  $v$  yang berbeza-beza, bergantung pada medium tersebut. Cahaya terdapat sifat-sifat tertentu. Cahaya bergerak ke semua arah. Disebabkan cahaya bergerak lurus, bayang akan terhasil apabila cahaya telah terhalang. Walau bagaimanapun, cahaya dapat dipantulkan, dan keadaan ini dinamakan sebagai pantulan cahaya. Apabila cahaya melalui medium yang berbeza, cahaya akan dipesongkan dan bergerak secara serong seperti melalui air, udara atau kaca. Keadaan ini dinamakan sebagai pembiasan cahaya. Justeru, cahaya yang bergerak secara serong akan dipesongkan apabila melalui dua medium yang berlainan.

Cahaya merupakan elemen penting dalam gentian optik. Cahaya digunakan oleh gentian optik untuk menghantar isyarat. Cahaya merupakan sebahagian daripada radiasi spektrum elektromagnet. Jalur spektrum elektromagnet yang digunakan dalam komunikasi gentian optik ialah dekat cahaya inframerah (*infrared*) yang tidak dilihat oleh mata manusia. Jalur spektrum elektromagnet yang digunakan dalam komunikasi gentian optik ialah dalam lingkungan 800nm hingga 1550nm. Rajah 2.1 di bawah menunjukkan spektrum elektromagnetik dengan cahaya.



**Rajah 2.1** Spektrum elektromagnetik (Hecht, 2006).

## **2.2 Sejarah Perkembangan Awal**

Sejak lebih 100 tahun dahulu lagi, penggunaan cahaya sebagai media perhubungan telah dikenalkan. Sejarah dari gentian optik bermula pada masa Victoria iaitu ketika John Tyndall menemukan cahaya yang dapat berjalan dalam garis lengkung dalam aliran air. Pada tahun 1870, John Tyndall telah mengkaji dan menemukan kaedah pantulan cahaya dalam beberapa medium. Eksperiment yang dijalankan oleh beliau boleh diaplikasikan pada gentian optik.

Pada peringkat awal, tujuan dalam menggunakan gentian optik hanya terhad laitu menghantar cahaya dari satu titik ke titik yang lain. Mula tahun 1950, gentian optik baru mula digunakan untuk pelbagai tujuan dalam pelbagai bidang. Hal ini disebabkan oleh kelebihannya yang ketara berbanding dengan sistem optik yang lain. Gentian optik boleh dibuat dalam pelbagai bentuk, saiz, dan sifat mekanik. Sebagai contoh, gentian optik boleh dibuat dalam bentuk besar atau kecil, yang berbentuk bengkok, tirus, atau lurus, dan bersifat lembut atau tegar.

Pada tahun 1958, Charles Townes dan Arthur Schawlow dari 'Bell Laboratories' telah membuat teori penggunaan Laser sebagai keamatan punca cahaya. Pada 1960, Theodore Maiman dari 'Hughes Research Laboratory' telah membuat eksperimen yang pertama tentang laser. Pada tahun ini dengan tercipta laser, wujudnya sistem komunikasi optik semakin ketara. Penggunaan laser sebagai sumber optik yang monokromat dan berdarjah koheren yang tinggi, dapat menghasilkan isyarat pembawa yang berupayaan tinggi (Mohamad, 2002).

Sistem komunikasi optik tanpa gentian telah diusahakan sebaik sahaja laser ditemui. Walaupun sistem ini mempunyai pelbagai kelemahan. Sistem ini memerlukan ruang atmosfera yang bersih dan laluan yang lurus di antara pemancar dan penerima. Selain itu, sinar laser juga boleh merosakkan atau memusnahkan peralatan atau mata manusia apabila yang terdedah pada laluan sinar ini. Justeru, sinar optik melalui suatu gentian adalah lebih sesuai digunakan (Mohamad, 2002).

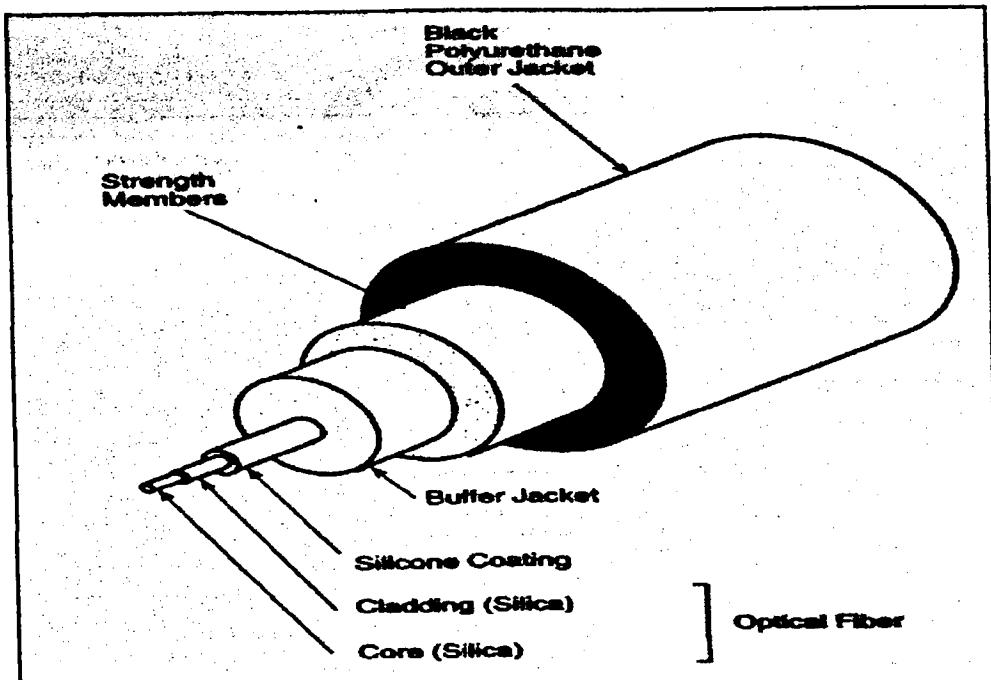
Dalam tahun 1970, suatu gentian kaca dengan kadar kehilangan yang rendah telah ditemui. Sejak itu, era baru dalam bidang komunikasi bermula. Namun, penemuan itu bukan idea yang terbaru. Hal ini disebabkan 100 tahun dahulu, seorang ahli fizik british telah menunjukkan bahawa cahaya boleh dipandu di dalam alur air yang mengalir yang disebabkan pembalikan dalam penuh. Fenomena inilah yang terdapat dalam gentian optik iaitu sinar optik boleh membawa isyarat dalam bentuk pancaran cahaya kepada penerima. (Mohamad, 2002).

Dewasa ini, gentian optik digunakan sebagai medium penghantaran isyarat dalam bentuk gelombang cahaya melalui gentian kaca atau plastik. Gelombang cahaya yang bergerak dalam gentian optik sentiasa mematuhi Prinsip Hukum Snell's. Di Malaysia, Syarikat Telekom Malaysia Berhad (STMB) sekarang telah menggunakan gentian optik sebagai litar sambungan jarak jauh dan sistem penghantaran data. Hal ini disebabkan, gentian optik mempunyai kehilangan kuasa yang kurang, kos yang rendah, dan senang diselenggarakan.

## 2.3 Fungsi Dan Struktur Gentian Optik

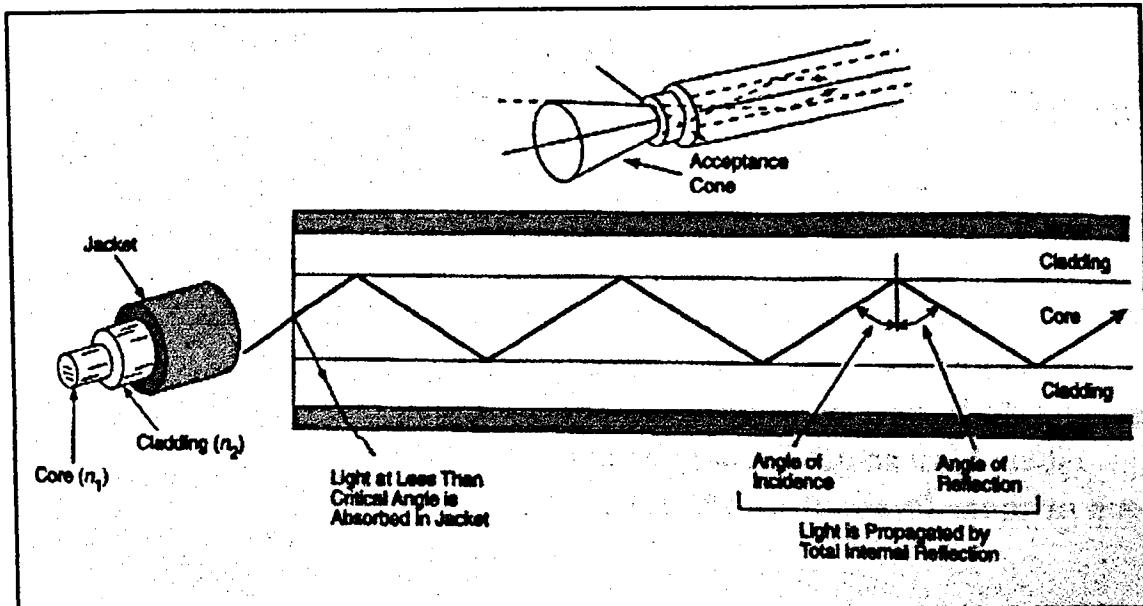
Gentian optik merupakan medium penghantaran maklumat. Ia digunakan secara meluasnya sebagai medium penghantaran maklumat bagi isyarat data, suara dan video dalam dunia telekomunikasi serta beberapa aplikasi lain seperti pertahanan, industri automasi dan perubatan.

Gentian optik mempunyai struktur yang mudah. Pada asasnya gentian optik wujud dalam tiga jenis lapisan utama. Tiga lapisan berkenaan adalah terdiri daripada lapisan teras (*core layer*), lapisan pelapisan (*cladding layer*) dan lapisan penimbal (*buffer layer*). Setiap lapisan mempunyai fungsi dan peranan yang berlainan. Lapisan teras merupakan lapisan yang membenarkan cahaya memasuki fiber berkenaan dan mempunyai indeks biasan yang tinggi. Lapisan pelapisan bertindak sebagai lapisan yang menghalang cahaya daripada terkeluar dari lapisan teras dan mempunyai indeks biasan yang rendah berbanding lapisan teras. Bagi lapisan penimbal pula bertindak sebagai lapisan pelindungan kepada fiber berkenaan. Rajah 2.2 di bawah menunjukkan struktur dan kedudukan dalam setiap lapisan fiber optik.



Rajah 2.2 Struktur asas dalam fiber optik (String, 2004).

Gentian optik mempunyai saiz diameter seperti sehelai rambut manusia. Kabel gentian optik merupakan paip cahaya yang digunakan untuk membawa gelombang cahaya. Sumber cahaya diletakan dihujung gentian dan cahaya dipancarkan melalui gentian dan keluar melalui hujung kabel yang satu lagi. Cara cahaya merambat melalui gentian bergantung kepada hukum optik. (String, 2004). Rajah 2.3 dibawah menunjukkan cahaya melalui kabel gentian optik.



**Rajah 2.3** Gerakan cahaya melalui kabel gentian optik (String, 2004).

Secara umumnya, gentian optik ini dibina berbentuk seutas kaca atau plastik yang panjang dan halus. Salah satu jenis kaca yang digunakan ialah silika. Kabel ini terdapat dalam pelbagai bentuk dan saiz. Binaannya menggunakan kaca adalah lebih baik jika berbanding dengan plastik. Namun begitu kaca mempunyai kos yang jauh lebih tinggi dan mudah pecah manakala plastik mempunyai kos yang lebih murah dan lebih fleksibel. Bagi penghantaran jarak jauh, gentian kaca lebih diutamakan tetapi untuk penghantaran jarak dekat, gentian plastik lebih praktikal.

## 2.4 Cara Gelombang Cahaya Merambat Melalui Gentian Optik

Gelombang cahaya yang merambat melalui gentian optik adalah dengan cara pembiasan dan pantulan. Alur cahaya akan difokuskan pada hujung kabel apabila perambatan gelombang cahaya melalui gentian optik. Kedudukan alur cahaya menghasilkan laluan dan sudut berbeza bagi alur electron masuk melalui gentian.

Gelombang cahaya adalah bergerak dalam garis lurus. Perubahan medium boleh menyebabkan sinar cahaya terpesong atau terbias. Hukum Snell boleh diwakili dalam persamaan matematik seperti berikut:-

$$N_1 \sin \theta_1 = N_2 \sin \theta_2$$

dimana,

- |            |   |                                |
|------------|---|--------------------------------|
| $N_1$      | - | indeks biasan bagi permukaan 1 |
| $N_2$      | - | indeks biasan bagi permukaan 2 |
| $\theta_1$ | - | sudut 1                        |
| $\theta_2$ | - | sudut 2                        |

(Mohamad, 2002)

Cahaya menerusi gentian optik adalah berdasarkan kepada hukum Snell. Menerusi hukum ini, jika  $N_1 > N_2$ , maka  $\sin \theta_2 > \sin \theta_1$ , yang bermakna sinar cahaya akan terpesong menjauhi normal. Sekiranya sinar tuju pada medium tumpat dibesarkan, akan tiba pada suatu nilai sudut  $\theta_1$  akan menghasilkan  $\theta_2$  iaitu  $90^\circ$ , iaitu sinar cahaya tebias di sepanjang sempadan dan tidak terkeluar ke medium kedua. Fenomena ini diberi nama pantulan dalam. Sudut tuju yang menghasilkan pantulan dalam ini dinamakan sudut genting. Ini dapat dijelaskan menerusi persamaan matematik berikut:-

Apabila  $\theta_1 = \theta_c$  maka  $\theta_2 = 90^\circ$  dan  $\sin 90^\circ = 1$

$$\sin \theta_c = N_2 / N_1$$

$$\theta_c = \sin^{-1} N_2 / N_1$$

## RUJUKAN

- Abdul, A. 2007. *Fibre Optics Principle And Practices*. CRC Press, Inc, United State of America. pp1-116.
- Harper, D. W., Watts, J. K., Yarker, C. A. & Halliwell, A. 1977. Medium Loss Optical Fibers and Cables. *Optics and Laser Technology*, 35-37.
- Harres, D. N., Company B. & Louis, St. 2006. Built-In Test Fiber Optic Networks Enabled By OTDR. *25<sup>th</sup> Digital Avionics Systems Conference*, 5A1-1 – 5A1-8.
- Hayes, J. 1996. *Fiber Optic Technician's Manual*. Delmar Publishers, United State of America. Pp1-87.
- Hecht, J. 2006. *Understanding Fiber Optics*. Edition 5. Pearson Prentice Hall, United State of America. pp20-323.
- Hui, R. & Maurice, O. 2006. *Fiber Optic Measurement Techniques*. Elsevier, Inc, United State of America.
- Inada, K. 1976. A New Graphical Method Relating to Optical Fiber Attenuation. *International Journal of Optics Communications* 19( 3), 437-439.
- Mohamad, D., Baharudin, Y., Sahbudin, S. & Musa, A. 2002. *Prinsip Asas dan Kegunaan Sains Gentian Optik*. Dewan Bahasa dan Pustaka, Malaysia.
- Powers, J. P. 1993. *An Introduction to Fiber Optic Systems*. Aksen Associates Incorporated publishers, United State of America.
- Shotwell, R. A. 1997. *An Introduction to Fiber Optic*. Prentice-Hall, Inc, United State of America. pp 45-96.
- Sterling, D. J. 2004. *Technician's Guide to Fiber Optics*. Edition 4. Thomson Delmar Learning, United State of America. pp87.
- Thorsen, N. 1998. *Fiber Optics And The Telecommunication Explosion*. Prentice-Hall, Inc, United State of America. Pp 3-70.
- Tsujikawa, K., Tajima, K. & Zhou, J. 2005. Intrinsic Loss of Optical Fibers. *Optical Fiber Technology* 11, 319-331.
- Lachs, G. 1998. *Fiber Optic Communications*. MaGraw Hill Companies, Inc, United State of America. Pp 1-30.