

**APLIKASI FOTODIOD SEBAGAI SENSOR KEPADA AMPAIAN BAJU  
AUTOMATIK**

**NABIL FIKRI BIN ISMAIL**

PERPUSTAKAAN  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH  
**DISERTASI INI DIKEMUKAKAN UNTUK MEMENUHI  
SEBAHAGIAN DARIPADA SYARAT MEMPEROLEHI IJAZAH  
SARJANA MUDA SAINS DENGAN KEPUJIAN**

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

**2007**



**UMS**  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS@

TITUL: APLIKASI FOTODIOD SEBAGAI SENSOR KEPADA  
ANPAIAN BAJU AUTOMATIK

SAHAB: SARJANA MUDA SAINS DENGAN KEPUJIAN FIZIK DENGAN  
ELEKTRONIK  
SESI PENGAJIAN: 2804/2005

DAFTAR: NABIL PIKRI ISMAIL  
(HURUF BESAR)

Perpustakaan ini dibenarkan menyimpan tesis (LPS/Sarjana/Doktor Falsafah)\* ini di Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dengan syarat-syarat kegunaan seperti berikut:

Tesis adalah hakmilik Universiti Malaysia Sabah.

Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dibenarkan membuat salinan untuk tujuan pengajian sahaja. Perpustakaan dibenarkan membuat salinan tesis ini sebagai bahan pertukaran antara institusi pengajian tinggi.

\*Sila tandakan ( / )

**PERPUSTAKAAN  
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)

TIDAK TERHAD

Disahkan oleh

  
TANDATANGAN PENULIS)

  
(TANDATANGAN PUSTAKAWAN)

Alamat Tetap: JALAN SEKOLAH  
PMA, KG. LONDANG, 78300

CIK FAUZIAH SULAIMAN  
Nama Penyelia

SJID TANAH, MELAKA

tarikh: 18/04/07

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

NOTA: \* 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.

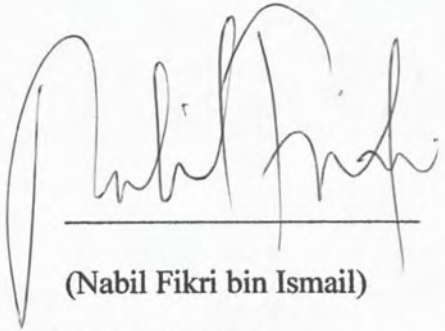
@ Tesis dimaksudkan sebagai tesis bagi Ijazah Doktor Falsafah dan Sarjana secara penyelidikan, atau disertasi bagi pengajian secara kerja kursus dan penyelidikan, atau Laporan Projek Sarjana Muda (LPSM).



## PENGAKUAN

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

13 Mac 2007



(Nabil Fikri bin Ismail)

HS 2004-1664

PERPUSTAKAAN  
UNIVERSITI MALAYSIA SARAWAK



## PENGESAHAN

## DIPERAKUKAN OLEH

## TANDATANGAN

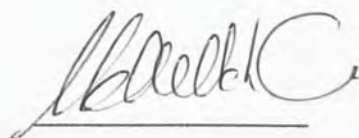
1. PENYELIA

(CIK FAUZIAH SULAIMAN)

  
17/04/07

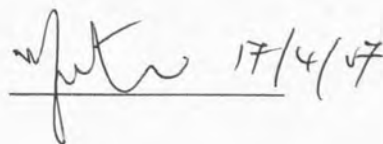
2. PEMERIKSA 1

(PROF. MADYA DR. ABDULLAH CHIK)



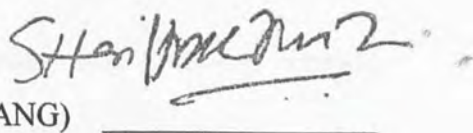
3. PEMERIKSA 2

(PN. TEH MEE TENG)

PERPUSTAKAAN  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH  
17/4/07

4. DEKAN

(PROF. MADYA DR. SHARIFF A. KADIR S. OMANG)



## PENGHARGAAN

Bismillahirrahmanirrahim, dengan kesempatan yang diberikan ini saya ingin mengambil peluang untuk mengucapkan ribuan terima kasih kepada mereka yang terlibat dalam memberi segala bantuan dan tunjuk ajar semasa projek ini dijalankan. Khasnya kepada Cik Fauziah Sulaiman yang banyak memberi galakan dan tunjuk ajar kepada saya agar projek ini dapat berjalan dengan baik dan lancar

Kedua adalah kepada para pensyarah Program Fizik dengan Elektronik yang turut sama memberi bantuan tunjuk ajar kepada saya walaupun masing-masing mempunyai pelajar yang perlu dibimbing. Seterusnya kepada pembantu makmal yang sentiasa menyediakan peralatan yang diperlukan untuk menjayakan projek ini.

Disamping itu kepada ibu dan bapa yang banyak memberi kata-kata semangat dan juga bantuan kewangan untuk menjalankan projek ini, jasamu amat dikenang. Kepada rakan-rakan yang tidak dilupakan, membantu memberi pandangan dan komen bagi memantapkan hasil kajian ini.

Akhir sekali, saya ingin mengucapkan setinggi-tinggi terima kasih kepada semua yang terlibat secara langsung dan tidak langsung dalam menjayakan projek ini.



## ABSTRAK

Kajian ini dijalankan bertujuan mereka bentuk satu model ampaian rumah automatik dengan menggunakan peranti optoelektronik sebagai sensornya serta menganalisa prestasi model ampaian tersebut. Sensor optik yang digunakan adalah fotodiod. Litar pengesan cahaya ini dibina bagi memainkan peranan sebagai suis kepada litar pemasa yang disambungkan kepadanya. Sistem ini diuji prestasinya dengan membandingkan nilai rintangan yang dikumpulkan dari beberapa tempat di negeri Sabah yang terletak di altitud yang berbeza serta jarak dari pinggir pantai. Selain itu, prestasi ampaian ini juga diuji dengan gangguan cahaya lampu pendaflor pada waktu malam samada ianya memberi kesan yang signifikan ataupun sebaliknya. Ampaian ini berfungsi bila mana fotodiod mengesan cahaya dan mencetuskan geganti pada litar pengesan cahaya yang mana geganti ini akan menjadi suis kepada dua litar pemasa yang disambungkan kepadanya. Litar pemasa yang dilengkapi dengan motor akan menggerakkan dawai ampaian melalui mekanisme tolak dan tarik yang dijalankan oleh litar pemasa. Litar-litar yang dibina beroperasi dengan menggunakan fungsi geganti yang berada pada dua keadaan, iaitu terbuka normal dan tertutup normal. Kesimpulannya, model ampaian yang dibina dapat berfungsi pada julat waktu pagi dan petang yang sesuai dengan fungsinya sebagai ampaian baju.



## ABSTRACT

The purpose for this research is to design and to evaluate an automatic cloth lines model using an optoelectronics sensor. Sensor that been used is a photodiode. A light detector circuit is build to be the switch for another timer circuit that connected to the light detector circuit. This circuit has been tested by comparing the resistance produce by photodiode that collected from certain places in Sabah which has different altitude and distance from beach. Besides that, pendaflor light is used to determine either it give a significant disturbance to the system during night day. This cloth lines operating by triggering the relays in the light detector circuit which will determine what mode the cloth lines is operating just now. The timer circuit that connected to a motor will pull or push the lines. The main function for all the circuit based on the state of relays either normally closed or normally opened. As the conclusion, the automatic cloth line that has been built has done it job as a cloth lines at suitable range of time.



## KANDUNGAN

	Halaman
PENGAKUAN	ii
PENGESAHAN	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
SENARAI KANDUNGAN	vii
SENARAI JADUAL	xii
SENARAI GAMBARAJAH	xiii
SENARAI SIMBOL	xv
SENARAI RUMUS	xvi
SENARAI FOTO	xvii
<b>BABI PENDAHULUAN</b>	
1.1 <b>Pengenalan</b>	1
1.1.1    Sekilas Pandang	1
1.2 <b>Analisa Masalah</b>	3
1.3 <b>Matlamat Kajian</b>	3
1.4 <b>Objektif Kajian</b>	4
1.5 <b>Skop Kajian</b>	4





1.6	HIPOTESIS	5
-----	-----------	---

## BAB 2 ULASAN PERPUSTAKAAN

2.1	PENGENALAN KEPADA FOTODIOD	6
2.1.1	Prinsip Kerja Fotodiod	9
2.1.2	Fotodiod <i>Avalanche</i>	13
2.1.3	Binaan Dalaman	14
2.1.4	Kekutuban Fotodiod	16
2.1.5	Tindakbalas Fotodiod	17
2.1.6	Tindakbalas Spektral	18
2.1.7	Keefisyenan Kuantum	19
2.1.8	Kesan Suhu	20
2.1.9	Kuasa Kebisingan Setara	22
2.1.10	Masa Bangkit	24
2.1.11	Masa Tindakbalas	25
2.1.12	Kelebihan dan Kelemahan Fotodiod	27
2.1.13	Bahan Binaan	28
2.2	PENGENALAN KEPADA MOTOR ARUS TERUS	30
2.2.1	Cirian Penting Bagi Sesebuah Motor	31
2.3	LITAR PEMASA BERSEPADU ( <i>IC TIMER 555</i> )	33
2.3.1	Mod <i>Monostable</i>	36
2.3.2	Proses Penundaan ( <i>Delay Process</i> )	38
2.4	GEGANTI	39



2.5	TRANSISTOR	40
2.6	KAPASITOR	42
2.7	DIOD	43
2.8	SUIS	44
2.9	DIOD PEMANCAR CAHAYA (LED)	45
2.10	PERINTANG	46
2.11	PERINTANG BOLEH LARAS	48

### BAB 3 METODOLOGI

3.1	LOKASI	50
3.2	RINGKASAN PERALATAN	50
3.2.1	Sistem Penentu Kedudukan Global (GPS)	51
3.2.2	Multimeter	51
3.2.3	Bateri	52
3.3	MENGUMPUL DATA	52
3.3.1	Peralatan	52
3.3.2	Binaan Litar Kajian Arus	53
3.3.3	Mengumpul Data	54
3.4	BINAAN LITAR AMPAIAN	54
3.4.1	Litar Pengesan Cahaya	55
3.4.1.1	Peralatan	55
3.4.1.2	Binaan Litar	56
3.4.1.3	Konsep dan Cara Kerja Litar	56



3.4.2	LITAR PEMASA	58
3.4.2.1	Peralatan	58
3.4.2.2	Binaan litar mekanisme tolak	60
3.4.2.3	Binaan litar mekanisme tarik	61
3.4.2.4	Konsep dan Cara Kerja Litar	62
3.5	CARTA ALIR	64
BAB 4 KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN		65
4.1	CARA KERJA LITAR PENGESAN CAHAYA	65
4.2	HASIL KAJIAN PERUBAHAN ARUS, RINTANGANGA DAN VOLTAN FOTODIOD TERHADAP KEAMATAN CAHAYA	67
4.2.1	Keputusan Kajian di Kundasang	67
4.2.2	Keputusan Kajian di Tamparuli	68
4.2.3	Keputusan Kajian di Tambunan	69
4.2.4	Keputusan Kajian di Tenom	70
4.2.5	Keputusan Kajian di Universiti Malaysia Sabah (ODEC)	72
4.2.6	Keputusan Kajian di Tuaran	73
4.2.7	Perbincangan Hasil Kajian	75
4.3	ANALISIS LITAR PENGESAN CAHAYA	77
4.3.1	Ujian Gangguan Kepada Litar Pemasa	77
4.3.2	Analisis kajian rintangan fotodiod	79



4.4	ANALISIS LITAR PEMASA	81
4.4.1	Cara Kerja Litar	82
4.4.2	Pelarasan Jumlah Waktu Untuk Litar Pemasa	84
4.4.3	Analisis motor	85
4.5	PEMBINAAN MODEL PROTOTAIP AMPAIAN AUTOMATIK	86
4.5.1	Pelan binaan ampaian	86
BAB 5 KESIMPULAN DAN CADANGAN		88
5.1	KESIMPULAN	88
5.2	CADANGAN	90
RUJUKAN		91
LAMPIRAN A	Foto A.1 Sambungan antara litar pengesan cahaya ke litar pemasa.	94



## SENARAI JADUAL

Nombor Jadual	Halaman
<b>Jadual 2.1</b> Bahan binaan fotodiod dan jarak panjang gelombang yang dikesan	29
<b>Jadual 2.2</b> Kod nilai warna perintang	47
<b>Jadual 4.1</b> Nilai rintangan, voltan dan arus fotodiod di Kundasang pada 7 pagi	67
<b>Jadual 4.2</b> Nilai rintangan, voltan dan arus fotodiod di Kundasang pada 6 petang	68
<b>Jadual 4.3</b> Nilai rintangan, voltan dan arus fotodiod di Tamparuli pada 7 pagi	68
<b>Jadual 4.4</b> Nilai rintangan, voltan dan arus fotodiod di Kundasang pada 6 petang	69
<b>Jadual 4.5</b> Nilai rintangan, voltan dan arus fotodiod di Tambunan pada 7 pagi	70
<b>Jadual 4.6</b> Nilai rintangan, voltan dan arus fotodiod di Tambunan pada 6 petang	70
<b>Jadual 4.7</b> Nilai rintangan, voltan dan arus fotodiod di Tenom pada 7 pagi	71
<b>Jadual 4.8</b> Nilai rintangan, voltan dan arus fotodiod di Tenom pada 6 petang	71
<b>Jadual 4.9</b> Nilai rintangan, voltan dan arus fotodiod di UMS pada 7 pagi	72
<b>Jadual 4.10</b> Nilai rintangan, voltan dan arus fotodiod di UMS pada 6 petang	73
<b>Jadual 4.11</b> Nilai rintangan, voltan dan arus fotodiod di Tuaran pada 7 pagi	73
<b>Jadual 4.12</b> Nilai rintangan, voltan dan arus fotodiod di Tuaran pada 6 petang	74
<b>Jadual 4.12</b> Nilai rintangan fotodiod berdasarkan keamatan lampu pendaflor	78



## SENARAI GAMBARAJAH

Nombor Gambarajah		Halaman
Gambarajah 2.1	Skema silikon jenis-n. (a) penggantian atom P dengan digantikan oleh atom Si dan (b) penggantian atom B boleh mendermakan satu lubang.	7
Gambarajah 2.2	Penyeimbangan elektron dan lubang pada simpanagn p-n suatu diod.	8
Gambarajah 2.3	Keratan rentas fotodiod	11
Gambarajah 2.4	Keadaan simpangan p-n fotodiod pincangan sifar.	11
Gambarajah 2.5	Keadaan Simpangan p-n Fotodiod (a) pincangan belakang dan (b) pincangan depan.	12
Gambarajah 2.6	Cirian kapasitans melawan voltan pincangan	15
Gambarajah 2.7	Binaan fizikal sebuah fotodiod	17
Gambarajah 2.8	Lengkungan menunjukkan $A/W$ sebagai fungsi panjang gelombang	18
Gambarajah 2.9	Graf cirian kesan suhu terhadap keefisyenan kuantum.	21
Gambarajah 2.10	Graf penghasilan arus gelap terhadap pertambahan suhu	21
Gambarajah 2.11	Kegugupan masa yang mungkin memberi kesan terhadap operasi terhadap suatu litar.	25
Gambarajah 2.12	Respon fotodiod terhadap kuasa dua kerlipan radiasi.	26
Gambarajah 2.13	Binaan fizikal sebuah motor arus terus.	30



Gambarajah 2.14	Cirian kelajuan putaran rotor (a) dan nilai tork (b) melawan arus yang dikenakan.	32
Gambarajah 2.15	Gambarajah 2.15 Pandangan dari atas <i>IC 555</i>	34
Gambarajah 2.16	Gambarajah berfungsi <i>IC 555</i>	35
Gambarajah 2.17	Gambarajah fungsi <i>block IC 555</i> dalam mod <i>monostable</i>	37
Gambarajah 2.18	Simbol geganti jenis SPDT dalam penggunaan litar skema	40
Gambarajah 2.19	Menunjukkan struktur bagi transistor a) NPN manakala b) PNP.	41
Gambarajah 2.20	Simbol skema kapasitor	43
Gambarajah 2.21	Menunjukkan (a) bentuk fizikal diod dan (b) simbolnya	44
Gambarajah 2.22	Simbol perintang	46
Gambarajah 2.23	Tandaan kod warna perintang	48
Gambarajah 2.24	Binaan dan sambungan perintang boleh laras	49
Gambarajah 3.1	Gambarajah skema suatu litar dengan komponen elektronik	51
Gambarajah 3.2	Litar pengukur arus	53
Gambarajah 3.3	Litar pengesan cahaya	56
Gambarajah 3.4	Litar pemasa mekanisme tolak	60
Gambarajah 3.5	Litar pemasa mekanisme tarik	61
Gambarajah 3.6	Carta alir perjalanan metodologi kajian	64
Gambarajah 4.1	Binaan protoaip ampaian	86
Gambarajah 4.4	Lakaran dan perbandingan saiz model prototaip ampaian	87



## SENARAI SIMBOL

A	keluaran arus foto
W	tenaga yang terhasil oleh hentaman cahaya ke atas fotodiod
$\lambda$	panjang gelombang
R	rintangan
$I_s$	arus kebisingan tembakan
E	cas elektron ( $1.6 \times 10^{24}$ coulomb)
$I_d$	arus kebisingan gelap
B	lebar jalur sistem (Hertz)
K	pemalar Boltzman ( $1.38 \times 10^{-23}$ )
F	daya
L	panjang konduktor
$\eta$	keefisienan suatu motor
$P_o$	kuasa keluaran
$P_i$	kuasa masukan
C	kapasitans
T	masa
Si	silikon



## SENARAI RUMUS

No. Rumus		Halaman
2.1	Keefisienana kuantum	19
2.2	Kuasa kebisingan setara	21
2.3	Arus kebisingan tembakan	22
2.4	Arus kebisingan Johnson	23
2.5	Daya pada motor	30
2.6	Keefisienan suatu motor	32
2.7	Jumlah masa bagi IC 555 dalam mod <i>monostable</i>	36
2.8	Pemalar masa	38
4.1	Jumlah rintangan bagi simpangan ke IC 555 litar pemasa	85



**SENARAI FOTO**

No. Foto	Halaman
4.1 Litar pengesan cahaya	77
4.2 Litar pemasa	81
4.3 Binaan prototaip ampaian	86
A.1 Sambungan antara litar pengesan cahaya ke litar pemasa.	94



## **BAB 1**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 PENGENALAN**

##### **1.1.1 Sekilas Pandang**

Dunia pada masa kini dipenuhi dengan peralatan harian yang dibangunkan dengan teknologi terkini. Cuba kita lihat disekeliling, pasti kita akan mendapati bahawa tanpa teknologi dunia ini akan hambar dan tidak dapat digerakkan. Dasawarsa ini, penggunaan sensor semakin penting dalam penciptaan peralatan berteknologi samada berteknologi tinggi mahupun juga yang amat biasa kita gunakan seharian. Contoh yang paling mudah sekali adalah lampu jalan yang berfungsi pada waktu hari gelap.

Sensor terdiri dari pelbagai fungsi. Ia mengawal suhu, perbezaan hari gelap dan cerah, hujan, bunyi, sinar infra merah dan banyak lagi. Dalam kajian kali ini, kita akan menjurus kepada pengesanan kehadiran cahaya dan sebaliknya. Pengeksperimenan fizik, biologi, kimia dan diagnostik ubatan dan beberapa aspek lain dalam teknologi moden



mengambil kelebihan terhadap ciri-ciri unik keadaan pepejal pengesan seperti cepat, tepat dan efisien dalam kelas alat-alat pengesan yang sensitif. Khususnya, pengesan silikon

adalah pengasas dalam sistem pengesan berketepatan tinggi seperti jaluran mikro atau alatan piksel yang digunakan dalam fizik partikel. Sebagai contoh, fotodiod digunakan secara meluas untuk menukarkan isyarat cahaya kepada isyarat elektrik.

Secara amnya, pengesan silikon moden adalah berdasarkan kepada simpangan p-n, yang mana kebiasaannya dijumpai didalam perkara yang berkaitan elektron sebagai elemen pembetul atau pembaik, mengkonduksikan hampir keseluruhan arus dengan sempurna dalam satu arah dan menjadi pembuka litar untuk arus DC didalam arah yang bertentangan.

Pengesan gred silikon secara amnya adalah hablur berketulenan tinggi. Ia mempunyai kerintangan yang tinggi dan menyifatkan kebanyakan elektron-elektron hablur berada didalam jalur valens. Gerakan secara terus boleh membantu mengalihkan 1 elektron ke jalur konduksi, meninggalkan satu 'lubang' (kehilangan elektron dan bersifat sebagai cas positif) didalam jalur valensi (Rutkowski & Oleksy, 1992). Oleh itu silikon intrinsik adalah medium yang membawa arus menerusi dua pembawa yang lain, elektron dan lubang. Kunci teknologi yang membolehkan produksi pengesan silikon adalah pendopan yang dikawal terhadap medium silikon intrinsik. Jadi, kita akan melihat bagaimana pengesan seperti fotodiod dan perintang peka cahaya berfungsi. Dua alat ini adalah berfungsi secara songsang antara satu sama lain. Yang mana fotodiod mengalirkan



arus elektrik apabila didedahkan kepada cahaya, manakala perintang peka cahaya pula akan memutuskan litar apabila mengesan kehadiran cahaya dan mengalirkan arus elektrik apabila hari gelap.

## 1.2 ANALISA MASALAH

Pada masa kini, kebanyakan individu sibuk dengan tugas di pejabat masing-masing termasuk kaum ibu. Oleh itu, tidak semua orang dapat menyiapkan kerja-kerja dirumah. Antara yang paling ketara adalah pengeringan pakaian yang selalunya menghadapi masalah ingin dijemur semasa hari panas dan menariknya semasa mendung. Hujan juga merupakan masalah utama dalam situasi ini. Oleh itu, kajian ilmiah ini adalah dijalankan khas untuk membina suatu model prototaip ampaian automatik yang diserapkan dengan aplikasi pengesanan optikal. Ianya akan membezakan antara waktu terang dan mendung (gelap hari hampir malam).

## 1.3 MATLAMAT KAJIAN

Mengaplikasikan pengesanan optik didalam litar untuk menghasilkan satu alat kegunaan harian. Dalam kajian ini, alat kegunaan harian yang akan dibangunkan adalah ampaian jemuran. Ampaian ini juga diharapkan dapat berfungsi dengan baik berdasarkan kajian lapangan yang dijalankan di Sabah.



#### 1.4 OBJEKTIF KAJIAN

1. Membina satu model ampaian baju berasaskan sensor optik iaitu fotodiod.
2. Mengkaji kadar penghasilan rintangan oleh fotodiod berdasarkan altitud dan kedudukan dari tepi pantai serta pengaruh kawasan pergunungan di beberapa kawasan di Sabah pada waktu pagi dan petang.

#### 1.5 SKOP KAJIAN

Mengukur kadar penghasilan arus berdasarkan keamatan cahaya di Universiti Malaysia Sabah, Tuaran, Tamparuli, Tambunan, Tenom dan Kundasang.



## 1.6 HIPOTESIS (JANGKAAN AWAL)

Keamatan cahaya dipengaruhi oleh ketinggian altitud suatu tempat, kedudukan berhampiran dengan pantai dan terletak jauh dari kawasan lapang (pedalaman). Faktor dominan yang menyebabkan radiasi solar adalah disebabkan ketebalan awan dan juga altitud (yang mana menentukan sudut matahari dan juga panjang waktu siang). Faktor lain juga disebabkan oleh kabus (Riordan, 1995). Oleh itu, penggunaan pengesan optik perlulah disesuaikan dengan pengubahsuaian rintangan pada litar untuk membolehkan ianya berfungsi dengan baik. Kadar keamatan cahaya di Sabah adalah amat bersesuaian untuk pengaplikasian pengesan optik terhadap ampaian jemuran.

## BAB 2

### ULASAN PERPUSTAKAAN

#### 2.1 PENGENALAN KEPADA FOTODIOD

Pengeksperimenan fizik, biologi, kimia dan diagnostik ubatan dan beberapa aspek lain dalam teknologi moden mengambil kelebihan terhadap ciri-ciri unik keadaan pepejal pengesan seperti cepat, tepat dan efisien dalam kelas alat-alat pengesan yang sensitif. Khususnya, pengesan silikon adalah pengasas dalam sistem pengesan berketepatan tinggi seperti Jaluran Mikro atau Alatan Piksel yang digunakan dalam fizik partikel (Amato *et al.*, 1997). Fotodiod digunakan secara meluas untuk menukarkan isyarat cahaya kepada isyarat elektrik.

Secara amnya, pengesan silikon moden adalah berdasarkan kepada simpangan p-n, yang mana kebiasaannya dijumpai didalam perkara yang berkaitan elektron sebagai elemen pembetul atau pembaik, mengkonduksikan hampir keseluruhan arus dengan sempurna dalam satu arah dan menjadi pembuka litar untuk arus terus didalam arah yang bertentangan.





## RUJUKAN

- Amato G., Delerue C., Von Bardeleben H. J., 1997. *Optoelectronics Properties of Semiconductors and Superlattice, Volume 5, Structural and Optical Properties of Porous Silicon Nanostructures*. Breach Science Publishers: India.
- Boylestad, R. dan Nashelsy, L., 1996. *Electronics A Survey of Electrical Engineering Principles*. Prentice-Hall Inc.: United States America.
- Cook, N. P., 1997. *Practical Electronics*. Prentice Hall Inc.: United States America.
- Green, D. C., 1995. *Electronics*. Longman Scientific and Technical.: Britain.
- Floyd, T. L., 1996. *Electronic Devices*. Ed. ke-4. Prentice-Hall: New Jersey.
- Grob, B. dan Schultz, M. E., 2003. *Basic Electronic*. Ed. ke-7. Mc.Graw-Hill.: United States America
- Hand, A., 2002. *Electric Motor Maintainace and Troubleshooting*. McGraw Hill Companies.: United States America.
- Harris, R., 1999. *Nonclassical Physics, Beyond Newton's View*. Addison-Wesley Longman Inc.: United States America.
- Hill, R., 1989. *Applications of Photovoltaics*. J.W. Arrowsmith Ltd.: Brittain.



- Kasap, S. O., 2000. *Principles of Electrical Engineering Materials and Devices*. McGraw Hill Companies.: United States America.
- Laplante, P.A., 1999. *Comprehensive Dictionary of Electrical Engineering*. CRC Press LLC: United States America.
- Malvino, P. A., 1993. *Electronic Principle*. McGraw Hill Companies.: United States America.
- Melissinos, C., 1966. *Experiment in Modern Physics*. Academic Press Inc.: United States America.
- Milonai, P.W. dan Eberly, J. H., 1988. *Lasers*. John Wiley and Sons: United States America.
- Nelkon, M. dan Parker, P., 1958. *Modern Physics*. Heinmann Educational Publishers: United States America.
- Overstraeten, R.J. Van dan Marters R.P., 1986. *Physics, Technology and Use of Photovoltaics*. Adam Hilger Ltd.: Brittain.
- Riordan, C., 1995. *Solar Cells and Their Applications*. John Wiley and Sons Inc.:United States America.
- Rutkowski, G. B. dan Oleksy, J. E., 1992. *Solid-State Electronics*. McGraw-Hill School Publishing Co: United States America.
- Sclater, N., 1999. *Electronics Technology Handbook*. Mc.Graw-Hill.: United States America.
- Shuang, S. K., 1995. *Physics of Optoelectronics Devices*. John Wiley and Son Inc.: Canada.
- Singh, J., 1995. *Semiconductor Electronics*.Mc.Graw-Hill.: United States America.



Smith, R. J., 1987. *Electronics: Circuit and Devices*. John Wiley and Son Inc.: Canada.

Young, H. D. dan Freedman, R. A., 1996. *University Physics*. Addison-Wesley Publishing Company Inc.: United States America.

