

**APLIKASI FOTODIOD DAN PENGESAN HUJAN SEBAGAI SENSOR KEPADA
AMPAIAN BAJU AUTOMATIK**

NOUR AZILAWATY BTE BAHAR

**PENGPUJIAN
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**

2008

UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS@

JUDUL: APLIKASI FOTODICD DAN PENGESAHAN HUJAN SEBAGAI SENSOR KEPADA ANPAIAN BAJU AUTOMATIK.

IJAZAH: SARJANA MUDA SAINS DENGAN KEPUSIAN

SAYA NOUR AZILAWATY BTE BAHAR
(HURUF BESAR)

SESI PENGAJIAN: 2004/2005

mengaku membenarkan tesis (LPSM/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 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

Nour Azilawaty
(TANDATANGAN PENULIS)

NURULAIN BINTI ISMAIL

Nurulain
LIBRARIAN
(TANDATANGAN PUSTAKAWAN)
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

Alamat Tetap: NO 96, LORONG MUHIBBAH 9, PIK 2, KG MUHIBBAH RAYA,
91000, TAWAU, SABAH

PROF. MADYA DR. JEDOL DA-YOU

Nama Penyelia

Tarikh: 16 MEI 2008

Tarikh: 16 MEI 2008

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 disertai bagi pengajian secara kerja kursus dan 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.

16 MEI 2008



NOUR AZILAWATY BAHAR

HS2004-8109



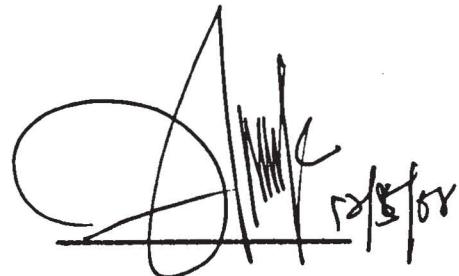
UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

DIPERAKUI OLEH**Tandatangan**

- 1. PENYELIA
(PROF. MADYA DR. JEDOL DAYOU)**


13. 5. 2008

- 2. PEMERIKSA 1
(EN. ALVIE LO SIN VOI)**


13.5.08

- 3. PEMERIKSA 2
(PROF. DR FAUZIAH BINTI HJ. ABDUL AZIZ)**


13.5.08

- 4. DEKAN
(SUPT PROF. MADYA DR. SHARIFF A. KADIR S. OMANG) _____**


13.5.08

PENGHARGAAN

Setinggi-tinggi penghargaan saya tujukan kepada Cik Fauziah Sulaiman dan Prof. Madya Dr. Jedol Dayou selaku penyelia dan penyelia bersama projek ini di atas segala nasihat serta bantuan yang telah dihulurkan sepanjang projek ini dijalankan.

Terima kasih saya ucapkan kepada semua pensyarah-pensyarah, Prof. Fauziah Hj. Abdul Aziz, Prof. Madya Dr. Jedol Doyou, Dr. Abdullah Chik, En. Alvie Lo Sin Vui, En. Shafiee Salleh, dan Pn. Teh Mee Teng kerana telah membimbing dan membuka minda saya sepanjang tempoh saya mengikuti pengajian program Fizik Dengan Elektronik di UMS. Begitu juga kepada En. Rahim atas demonstrasi penggunaan pelbagai peralatan yang terlibat dalam kajian ini.

Tidak lupa pula kepada rakan-rakan seperjuangan program Fizik Dengan Elektronik atas kerjasama dan dorongan dalam menjayakan projek ini.

Disertasi ini juga adalah sebagai dedikasi kepada ahli keluarga saya yang dikasihi. Kepada bapa dan ibu saya, Bahar Palatuwi dan Hawinah Omar yang telah memayung kewangan saya dalam usaha untuk menyiapkan disertasi ini. Dan kepada semua adik-beradik saya, terima kasih atas nasihat, kasih sayang serta doa yang dicurahkan kepada saya.

Akhir sekali, kepada semua individu yang terlibat secara langsung ataupun tidak langsung dalam pembikinan disertasi ini, berbanyak-banyak terima kasih saya ucapkan. Jasa kalian amat bermakna buat saya.

Sekian.

NOUR AZILAWATY BTE BAHAR

ABSTRAK

Kajian ini bertujuan untuk membina dan mereka bentuk satu prototaip ampaian rumah dengan menggunakan peranti optoelektronik sebagai sensornya serta menganalisa prestasi model ampaian tersebut. Sensor optik yang digunakan ialah fotodiod dan pengesan hujan. Dalam kajian ini terdapat empat litar yang dibangunkan iaitu litar pengesan cahaya, litar pengesan hujan dan dua litar pemasa. Litar pengesan cahaya dan litar pengesan hujan ini dibina bagi memainkan peranan sebagai suis kepada litar pemasa yang disambungkan kepadanya. Prestasi keempat-empat litar ini diuji dengan membandingkan kecekapannya untuk memberi tindak balas terhadap kehadiran cahaya dan juga hujan. Selain itu, prestasi ampaian juga diuji dengan gangguan cahaya pendaflour pada waktu malam samaada ia memberi kesan yang signifikan atau sebaliknya. Ampaian berfungsi apabila sensor pada litar mengesan kehadiran hujan atau cahaya dan mencetuskan geganti pada litar pengesan. Geganti bertindak sebagai suis kepada dua litar pemasa yang disambungkan kepadanya. Motor yang terdapat pada litar pemasa menggerakkan dawai ampaian melalui mekanisme tolak dan juga tarik. Litar yang dibina ini beroperasi dengan menggunakan fungsi geganti yang berada pada dua keadaan iaitu terbuka normal dan tertutup normal. Kesimpulannya, prototaip ampaian yang dibina dapat berfungsi pada julat waktu pagi dan petang bersesuian dengan fungsinya sebagai ampaian baju.

ABSTRACT

The purpose of this research is to design and to build an automatic cloth line using optoelectronic sensor. The sensor that has been used is photodiode. Four circuits has been built which are light detector circuit, rain detector circuit and two timer circuits. Light and rain detector circuit were built to be the switch for the timer circuit that connected to them. This circuit has been tested by comparing it's efficiency to react to the presence of light and rain. Besides that, pendaflor light was used to determine either it give a significant disturbance to the system during night time. The cloth lines operating by triggering the relays in the circuit which determine what mode the cloth line is operating. The timer circuit that connected to a motor will pull or push the line clothes. The main function for all the circuit based on the state of relays either normally closed or normally opened. As a conclusion, the automatic cloth line that has been built has done it job at suitable range of time.

KANDUNGAN

Halaman

PENGAKUAN	ii
PENGESAHAN	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
SENARAI KANDUNGAN	vii
SENARAI JADUAL	x
SENARAI GAMBARAJAH	xi
SENARAI SIMBOL	xiii
SENARAI RUMUS	xiv
SENARAI FOTO	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 PENGENALAN	1
1.2 ANALISA MASALAH	2
1.3 MATLAMAT KAJIAN	3
1.4 OBJEKTIF KAJIAN	3
1.5 SKOP KAJIAN	4
1.6 HIPOTESIS	5
BAB 2 ULASAN KEPUSTAKAAN	
2.1 SENSOR	6
2.1.1 Jenis Sensor	7
2.1.2 Sistem Sensor	9
2.2 PENGENALAN KEPADA FOTODIOD	10
2.2.1 Prinsip Kerja Fotodiod	13
2.2.2 Fotodiod Avalanche	16
2.2.3 Binaan Dalaman	17



2.2.4 Kekutuhan Fotodiod	20
2.2.5 Tindak Balas Fotodiod	21
2.2.6 Tindak Balas Spektral	21
2.2.7 Keefisyenian Kuantum	22
2.2.8 Kesan Suhu	23
2.2.9 Kuasa Kebisingan Setara	25
2.2.10 Masa Bangkit	27
2.2.11 Masa Tindak Balas	28
2.2.12 Kelebihan dan Kelemahan Fotodiod	30
2.2.13 Bahan Binaan	31
2.3 PERINTANG	32
2.4 PERINTANG BOLEH LARAS	35
2.5 KAPASITOR	36
2.6 SUIS	38
2.7 LITAR PEMASA	39
2.7.1 Mod Monostabil	41
2.7.2 Proses Penundaan	43
2.8 TRANSISTOR	44
2.8.1 Jenis Transistor	45
2.9 DIOD	47
2.10 DIOD PEMANCAR CAHAYA	48
2.11 GEGANTI	49
2.12 MOTOR ARUS TERUS	50
2.12.1 Cirian Suatu Motor	52

BAB 3 METODOLOGI KAJIAN

3.1 PENGENALAN	54
3.2 RINGKASAN PERALATAN	54
3.3.1 Multimeter	55
3.3.2 Bateri	56
3.3 BINAAN LITAR	

3.3.1 Litar Pengesan Cahaya	
3.3.1.a Peralatan	56
3.3.1.b Binaan Litar	57
3.3.1.c Cara Kerja	57
3.3.2 Litar Pengesan Hujan	
3.3.2.a Peralatan	58
3.3.2.b Binaan Litar	59
3.3.2.c Cara Kerja	59
3.3.3 Litar Pemasa	
3.3.3.a Peralatan	60
3.3.3.b Binaan Litar	61
3.3.3.c Cara Kerja	63

BAB 4 KEPUTUSAN DAN ANALISIS

4.1 CARA KERJA LITAR PENGESAN CAHAYA	64
4.2 ANALISIS LITAR PENGESAN CAHAYA	65
4.3 ANALISIS LITAR PEMASA	67
4.4 ANALISIS LITAR PENGESAN HUJAN	69
4.5 PEMBINAAN MODEL PROTOTAIP AMPAIAN	70
4.5.1 Pelan Binaan Ampaian	71

BAB 5 KESIMPULAN DAN CADANGAN

5.1 KESIMPULAN	72
5.2 CADANGAN	74

RUJUKAN

75

LAMPIRAN A

78

SENARAI JADUAL

No. Jadual		Halaman
2.1	Bahan Binaan fotodiod dan panjang gelombang yang dikesan	31
2.2	Kod warna perintang	33
2.3	Kod jalur kelima	35
4.1	Nilai rintangan fotodiod terhadap lampu pendaflor	66

SENARAI RAJAH

No. Rajah	Halaman
2.1 Skema silikon jenis-n	11
2.2 Penyeimbangan elektron dan lubang	12
2.3 Keratan rentas fotodiod	14
2.4 Fotodiod pincangan sifar	14
2.5 Fotodiod pincangan depan dan belakang	15
2.6 Cirian kapasitans	19
2.7 Binaan fizikal fotodiod	20
2.8 Lengkungan A/W	21
2.9 Cirian kesan suhu terhadap keefisyenian kuantum	24
2.10 Penghasilan arus gelap terhadap suhu	24
2.11 Kegugupan masa	28
2.12 Respon fotodiod	29
2.13 Kod warna perintang	34
2.14 Binaan perintang boleh laras	36
2.15 Struktur kapasitor	37
2.16 Pemasa 555	40
2.17 Diagram 555	40
2.18 555 <i>one-shot</i>	42
2.19 Transistor p-n-p	46
2.20 Transistor n-p-n	46
2.21 Diod	47
2.22 LED	48
2.23 Geganti	50
2.24 Binaan dalam motor	51

2.25	Halaju dan tork sesebuah motor	53
3.1	Sambungan multimeter	55
3.2	Litar pengesan cahaya	57
3.3	Litar pengesan hujan	59
3.4	Litar pemasa (tolak)	61
3.5	Litar pemasa (tarik)	62
4.1	Binaan prototaip ampaian	70



SENARAI SIMBOL

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

SENARAI RUMUS

No. Rumus	Halaman
2.1 Keefisyenan kuantum	23
2.2 Kuasa kebisingan setara	25
2.3 Arus kebisingan tembakan	26
2.4 Arus kebisingan Johnson	26
2.5 Kerintangan	32
2.6 Kapasitans	37
2.7 Jumlah masa 555	41
2.8 Pemalar masa	43
2.9 Daya kilas	51
3.0 Keefisyenan motor	53

SENARAI FOTO

No. Foto		Halaman
2.1	Sensor	7
2.2	Kapasitor	38
3.1	Multimeter Digital	55
A.1	Litar pengesan cahaya	78
A.2	Litar pemasar	79
A.3	Litar pengesan hujan	80

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 PENGENALAN

Transduser, sensor dan ‘actuator’ adalah beberapa nama yang digunakan untuk menggambarkan sistem pengukuran. Kebiasaannya, transduser boleh di bahagikan kepada dua kelas: sensor, yang mengawasi suatu sistem; dan ‘actuator’, yang bertindak sebagai beban kepada sistem (Khazan, 1994). Transduser boleh berfungsi sebagai sensor atau ‘actuator’ tetapi bukan kedua-duanya pada satu masa yang sama (Pal & Rakshit, 2004). Transduser adalah peranti yang menukarkan satu bentuk tenaga kepada satu bentuk tenaga yang lain. Sebagai contoh, mata adalah transduser yang menukarkan cahaya kepada signal elektrik. Dalam beberapa dekad yang lepas telah menyaksikan perkembangan positif di dalam industri elektronik yang mana telah turut memberi kesan terhadap perkembangan transduser dan sensor. Keadaan ini telah mendorong penciptaan sensor yang terdiri dari pelbagai fungsi.

Sensor memainkan peranan yang sangat penting dalam kehidupan seharian kita, seperti pengukuran, sistem kawalan, dan juga dalam aplikasi lain. Seperti lampu-lampu jalan

yang hanya akan menyala pada waktu malam dan sebaliknya pada hari siang. Ini adalah kerana komponen pengesan cahaya iaitu sel kadmium sulfida atau CdS digunakan sebagai sensor dalam lampu tersebut. Sensor ini adalah jenis fotoresistor, yang menukar rintangan berdasarkan kepada jumlah cahaya yang dikesan. Apabila terdapat banyak cahaya yang dikesan, rintangannya adalah hampir sifar dan mengalirkan elektrik dengan baik. Apabila tiada cahaya yang dikesan, ia mempunyai rintangan yang tinggi dan arus elektrik tidak dapat mengalir dengan baik. Jika cahaya memancar pada selfoto, ia akan menghidupkan transistor dan seterusnya mengaktifkan relay yang akan menyebabkan lampu terpadam. Tetapi ketika hari gelap, selfoto mempunyai rintangan yang tinggi dan tiada arus yang mengalir melalui tapak. Keadaan ini akan menyebabkan relay tidak diaktifkan sekali gus menyebabkan lampu menyala (Kortland, 1971).

Dalam projek ini, dua litar pengesan atau sensor akan dibina untuk mengaktifkan satu ampaian baju automatik. Sensor yang digunakan adalah jenis fotodiod dan pengesan hujan yang akan mengesan kehadiran cahaya dan hujan dan seterusnya menyebabkan ampaian bertindak balas iaitu menolak keluar ketika hari cerah dan menarik kedalam ketika hari hujan.

1.2 ANALISA MASALAH

Dalam era yang serba maju dan pantas ini, kebanyakkan individu berlumba-lumba untuk mencapai taraf hidup yang lebih baik. Justeru, kebanyakkan masa akan dihabiskan untuk menambah sumber pendapatan sehingga tiada masa untuk memberi tumpuan pada hal-hal

yang dianggap remeh. Suri rumah juga tidak terkecuali dalam hal ini yang mana kebanyakkan mereka juga sibuk mencari nafkah seperti bermiaga atau menjahit walaupun hanya dari rumah. Salah satu masalah yang sering dihadapi adalah berkaitan dengan kerja-kerja rumah seperti mengeringkan pakaian. Disebabkan masa yang terhad, mereka selalunya menghadapi masalah ingin menjemur pakaian semasa hari cerah dan menariknya semasa hari hujan, gelap, atau malam. Oleh itu, projek ini dijalankan untuk membangunkan litar pengesan cahaya dan hujan untuk di aplikasikan kepada satu prototaip ampaian baju. Model prototaip ini akan bertindak balas terhadap cahaya dan juga kehadiran hujan.

1.3 MATLAMAT KAJIAN

Matlamat kajian ini adalah untuk mengaplikasikan pengesan optik dan pengesan hujan dalam litar untuk menghasilkan satu ampaian automatik.

1.4 OBJEKTIF KAJIAN

- Membina pengesan hujan dan pengesan optik dengan menggunakan sensor yang sesuai.
- Membina satu model prototaip ampaian automatik berdasarkan kepada dua sensor iaitu pengesan cahaya dan pengesan hujan.
- Mengenalpasti mekanisma yang terlibat dalam cara kerja kedua-dua sensor.

1.5 SKOP KAJIAN

Skop bagi kajian ini secara keseluruhannya adalah melibatkan penggunaan komponen-komponen elektronik di mana setiap satunya mempunyai peranan yang tersendiri dalam projek. Setiap litar yang digunakan dalam projek ini mempunyai komponen-komponen elektronik asas yang perlu dikaji fungsinya secara terperinci.

Secara umumnya, skop kajian ini terbahagi kepada dua bidang iaitu

- **Fizik**

Dalam mengkaji litar-litar yang dibangunkan, adalah amat perlu untuk mengetahui mekanisma litar yang mana melibatkan pengetahuan tentang fizik.

- **Elektronik**

Komponen-komponen yang digunakan untuk membina litar tersebut antaranya transistor, kapasitor, perintang, diod dan lain-lain. Dengan itu perlu untuk mengetahui fungsi-fungsi komponen tersebut.

Oleh itu, projek ini dilaksanakan adalah sesuai dengan kursus yang diambil dimana ia melibatkan penggunaan litar elektronik dan aplikasi sains terutamanya sains fizik. Ini adalah kerana ia dapat memudahkan pelaksanaan projek akhir disebabkan pendedahan yang diterima sepanjang pengajian dalam kursus ini adalah tepat dan sesuai dengan tajuk yang dipilih.

1.6 HIPOTESIS (JANGKAAN AWAL)

Litar pengesan cahaya dan pengesan hujan yang dibina akan dapat mengesan kehadiran cahaya dan juga hujan. Apabila sensor mengesan kehadiran cahaya atau hujan, ia akan mencetuskan geganti dan akan menggerakkan ampaian ke luar rumah dan ke dalam kawasan teduh bergantung kepada kesesuaianya.

BAB 2

KAJIAN KEPUSTAKAAN

2.1 SENSOR

Sensor adalah alat yang di gunakan untuk tujuan mengesan, mengukur, dan merekod fenomena-fenomena fizikal seperti haba, cahaya, bunyi, tekanan, ataupun pergerakan tertentu. Sensor ini bertindak balas dengan memancarkan maklumat, perubahan awal, atau kesan terhadap sistem kawalan (Nwagboso, 1996). Dalam kata lain sensor mewakili gangguan yang berlaku di antara dunia fizik dan dunia peralatan elektronik seperti komputer.

Secara amnya, sensor dibahagikan kepada beberapa kelas seperti mekanikal, elektrikal, akustik, termal, magnetik, dan banyak lagi. Sensor mekanikal lazimnya digunakan untuk mengukur kuantiti sesuatu bahan seperti posisi, bentuk, halaju, tork, daya, getaran dan sebagainya. Sensor yang digunakan untuk mengukur voltan, perubahan arus, konduktiviti, dikenali sebagai sensor elektrikal. Sensor magnetik hanya berfungsi untuk mengukur medan magnet, fluks, dan resapan tetapi sensor termal boleh berfungsi untuk mengukur suhu, haba tentu, fluks, dan konduktiviti.

Selain daripada beberapa jenis sensor yang telah di sebutkan tadi, terdapat banyak lagi sensor-sensor lain yang berfungsi untuk mengukur kuantiti seperti akustik, radiasi, laser, sistem optik dan sebagainya. Dalam foto di bawah menunjukkan beberapa contoh sensor yang terdapat dalam pasaran. Sensor ini digunakan secara meluas dalam pembuatan robot-robot.

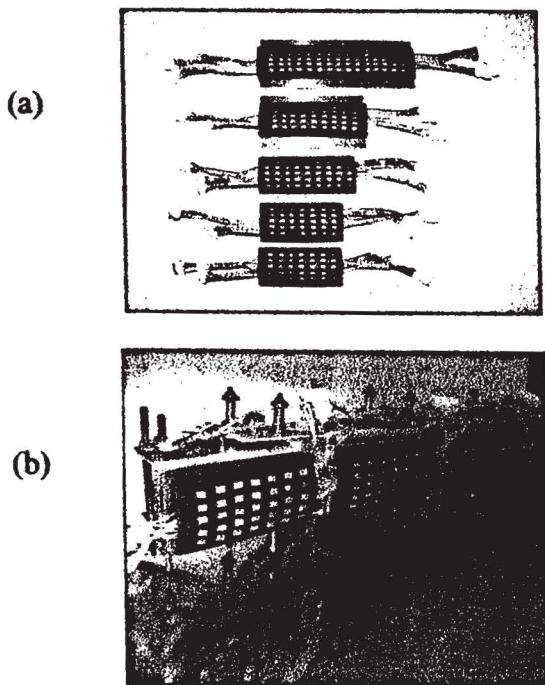


Foto 2.1 (a) & (b) contoh sensor yang digunakan dalam pembuatan robot

2.1.1 Jenis-jenis Sensor

Walaupun sensor mempunyai beberapa kelas berdasarkan fungsinya, tetapi secara amnya sensor boleh dibahagikan kepada dua kumpulan utama iaitu Sensor Pasif dan Sensor Aktif.

a. Sensor Pasif

Sensor pasif berfungsi untuk memerhati sebarang perubahan pada keadaan persekitaran. Fungsi utama sensor jenis ini adalah untuk mengesan sebarang perubahan di sekitarnya tanpa menambah atau melakukan apa-apa penukaran terhadap persekitaran (Miles & Carroll, 2000).

Termometer dan selfoto merupakan satu contoh sensor pasif yang terdapat dalam kehidupan seharian kita. Jika satu termometer disambungkan kepada termostat rumah, ia akan mengarah satu litar ringkas pemanas rumah sama ada untuk hidup atau tidak. Begitu juga selfoto yang berfungsi untuk mengesan keamatan cahaya untuk menentukan kecerahannya. Selfoto telah diaplikasikan kepada lampu jalan untuk mengesan kehadiran cahaya dan menyalakan lampu apabila hari gelap. Selain daripada mengesan cahaya, sensor juga digunakan untuk mengukur posisi, dimensi, dan aplikasi lain seperti penentuan warna (Khazan, 1994).

b. Sensor Aktif

Sensor aktif biasanya merujuk kepada bunyi atau cahaya. Ia memantau bagaimana tenaga bertindak balas dengan keadaan sekitar. Beberapa contoh pengesanan jenis ini ialah sonar, laser, dan pengesan infra merah.

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. & Nashelsy, L. 1996. *Electronics A Survey of Electrical Engineering Principles*. Prentice-Hall Inc, United States of America.
- Burhanuddin Yeop Majlis. 1988. *Makmal Elektronik*. Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangi.
- Cook, N. P. 1997. *Practical Electronics*. Prentice-Hall Inc, United States of America.
- Floyd, T. L. 1996. *Electronic Devices*. Ed. Ke-4. Prentice-Hall, New Jersey.
- Green, D.C. 1995. *Electronics*. Longman Scientific and Technical, Britain .
- Grob, B. & Schultz, M.E. 2003. *Basic Electronics*. Ed. Ke-7. McGraw-Hill, United States of America.
- Hand, A. 2002. *Electric Motor Maintenance and Troubleshooting*. McGraw-Hill Companies, United States of America.
- Harris, R. 1999. *Nonclassical Physics, Beyond Newton's View*. Addison-Wesley Longman Inc, United States of America
- Hill, R. 1989. *Applications of Photovoltaics*. J.W. Arrowsmith Ltd, Britain.

Hj. Yahya Emat & Hj. Md Nasir Hj. Abd. Manan. 2006. *Elektronik Industri*. IBS Buku Sdn. Bhd, Petaling Jaya.

Keranlens, J. G. 1999. *Robot Technology Fundamentals*. Delmer Publisher.

Khazan, A. D. 1994. *Transducers and Their Elements*. PTR Prentice Hall, United State of America.

Kortlandt, K. 1971. Light Sensitive CdS Thin Films with Temperature Resistant Contacts. *Journal of Microelectronics and Reliability* **10**, ms. 61-267.

Laplante, P.A. 1999. *Comprehensive Dictionary of Electrical Engineering*. CRC Press LLC, United States of America.

Malvino, P.A. 1993. *Electronic Principle*. McGraw-Hill Companies, United States of America.

Melissinos, C. 1966. *Experiment in Modern Physics*. Academic Press Inc, United States of America.

Miles, P. & Carroll, T. 2000. *Build Your Own Combat Robot*. McGraw-Hill.

Milonai, P.W. & Eberly, J.H. 1988. *Lasers*. John Wiley and Sons, United States of America.

Nelkon, M. & Parker, P. 1958. *Modern Physics*. Heinmann Educational Publishers, United States of America.

Nwagboso, C. O. 1993. *Automotive Sensory Systems*. Chapman Hall, London.

Overstraeten, R.J. Van & Marters, R.P. 1986. *Physics, Technology and Use of Photovoltaics*. Adam Hilger Ltd, Britain.

Pal, S. & Rakshit, A. 2004. Development of Network Capable Smart Transducer Interface for Traditional Sensors and Actuators. *Journal of Sensors and Actuators* 112, ms. 381–387.

Reis, R.A. 2002. *Electronic Project Design and Fabrication*. Ed. Ke-5. Prentice Hall, New Jersey.

Riordan, C. 1995. *Solar Cells and Their Applications*. John Wiley and Sons Inc, United States of America.

Sclater, N. 1999. *Electronics Technology Handbook*. McGraw-Hill, United States of America.

Shuang, S.K. 1995. *Physics of Optoelectronics Devices*. John Wiley and Sons Inc, Canada.

Singh, J. 1995. *Semiconductor Electronics*. McGraw-Hill, United States of America.

Smith, P. P. and Zografos, K., 2005. Sonar for Recognizing the Texture of Pathways. *Journal of Robotics and Autonomous Systems* 51, ms. 17-28.

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

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