

LITAR PENGESAN WARNA

WONG JIA HORNG

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

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

**PERPUSTAKAAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH**

APRIL 2007



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS@

JUDUL: LITAR PENGESEN WARNA

Ijazah: SARJANA MUDA SAINS DENGAN KEPUJIAN (Physics with Electronic)

SESI PENGAJIAN: 2006/2007

Nama _____ WONG JIA HORNG

(HURUF BESAR)

Saya mengakui membenarkan tesis (LPS/Sarjana/Doktor Falsafah)* ini disimpan di Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dengan syarat-syarat kegunaan seperti berikut:

Tesis adalah hak milik 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 (/)

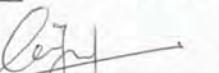
SULIT

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

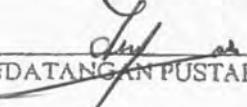
TERHAD

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

TIDAK TERHAD


(TANDATANGAN PENULIS)

Disahkan oleh


(TANDATANGAN PUSTAKAWAN)

PN. TEH MEE TENG

Nama Penyelia

Alamat Tetap:
No. 7, Lig. 6, TAMAN SRI REPUTAN,

50, KOTA KINABALU, SABAH

Tarikh: 19/04/2007

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).

PERPUSTAKAAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAHUMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

PENGAKUAN

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

MAC 2007



WONG JIA HORNG

HS2004-4773

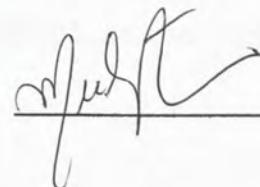


UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

DIPERAKUKAN OLEH

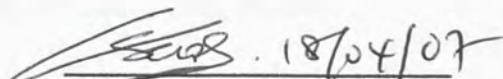
Tandatangan

- 1. PENYELIA
(PUAN TEH MEE TENG)**



19/4/2007

- 2. PEMERIKSA 1
(CIK FAUZIAH SULAIMAN)**



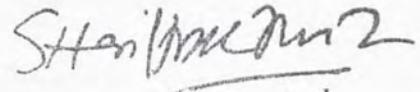
18/04/07

- 3. PEMERIKSA 2
(DR. HAIDER F. AMIR)**



19/4/10/

- 4. DEKAN
(SUPT/KS PROF MADYA DR. SHARIFF A.K OMANG)**



SHARIFF OMANG



PENGHARGAAN

Terlebih dahulu, saya ingin merakamkan ribuan terima kasih dan penghargaan yang tidak terhingga kepada penyelia projek saya Pn. Teh Mee Teng kerana telah memberikan bimbingan dan tunjuk ajar sewaktu kerja lapangan sepanjang penulisan ini.

Buat keluarga yang tercinta, terima kasih yang tidak terhingga ke atas segala sokongan dan dorongan yang diberikan.

Sekalung budi juga kepada rakan-rakan seperjuangan yang turut membantu memberi pendapat dalam perlaksanaan projek akhir ini. Segala sumbangan dan bantuan tidak akan dilupakan. Saya akhiri dengan jutaan terima kasih kepada semua yang terlibat.

Sekian, terima kasih.

Wong Jia Horng

HS2004-4773

Fizik dengan Elektronik,

Sekolah Sains dan Teknologi,

Universiti Malaysia Sabah.

MAC 2007



ABSTRAK

Projek ini bertujuan untuk membina satu litar pengesan warna. Pengesan warna merupakan satu pengesan optikal yang digunakan untuk mengesan satu warna tunggal pada sesuatu permukaan. Apabila satu warna dikesan, voltan keluaran akan diperoleh dengan menggunakan hukum pembahagi voltan. Untuk melaksanakan tujuan-tujuan projek ini, beberapa langkah akan diambil yang melibatkan pembinaan litar pengesan warna, dan menjalani pengujian pada litar tersebut. Ujian-ujian yang terlibat adalah menguji litar pengesan warna pada jarak ketinggian yang berlainan, kualiti permukaan kertas yang berlainan, dan mengujinya dalam keadaan bilik terang dan bilik gelap. Keputusan-keputusan yang diperolehi menunjukkan pengesan warna akan memberi tindakbalas yang tepat dan sensitiviti yang tinggi dengan memenuhi syarat-syarat berikut iaitu jarak pengesanan yang dekat, sekeliling yang terang dan permukaan yang licin.



ABSTRACT

This project presents the design and results of color sensor circuit. The color sensor is a type of optical sensor which is used to detect single color of the paper surface. Once a color is detected, output voltage will be obtained by using the voltage divider law. In order to accomplish the project purpose, several steps are taken, that includes building the color sensor circuit, and run testing on the circuit. The test comprises of testing the color sensor circuit on different distances from the surface, different paper quality surface, and testing it in bright and dark room. The results show that the color sensor will give accurate responding and high sensitiveness in the conditions of short distances, bright surroundings, and smooth surface.



ISI KANDUNGAN

	MUKA SURAT
PENGAKUAN	i
PENGESAHAN	ii
PENGHARGAAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
SENARAI KANDUNGAN	vi
SENARAI JADUAL	viii
SENARAI RAJAH	x
SENARAI FOTO	xii
SENARAI SIMBOL DAN NOTASI	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 PENGENALAN	1
1.2 TUJUAN	2
1.3 OBJEKTIF	3
1.4 SKOP KAJIAN	3
BAB 2 KAJIAN LITERATUR	4
2.1 PENGESAN	4
2.2 WARNA	6
2.3 PERINTANG PEKA CAHAYA (LDR)	10
2.3.1 Respons Spektrum Kadmium Sulfida LDR	13
2.3.2 Respons Spektrum Kadmium Sulfida dan Mata Manusia	14
2.4 DIOD PEMANCAR CAHAYA (LED)	15
BAB 3 BAHAN DAN METODOLOGI	19
3.1 PENGENALAN	19
3.2 KOMPONEN DAN KELENGKAPAN	19



3.2.1 Kelengkapan Keperluan Makmal	19
3.2.2 Kelengkapan Perkakasan	20
3.3 SPESIFIKASI PERKAKASAN	21
3.3.1 Kadmium Sulfida (CdS) LDR	21
a. Spesifikasi	21
3.4 PERKAKASAN	22
3.4.1 Prosedur Ringkas Pembinaan Sistem Perkakasan	22
3.4.2 Pembinaan Sistem Perkakasan	24
3.5 KALIBRASI	25
3.5.1 Kalibrasi Warna	25
a. Kaedah Pembahagian Voltan	26
b. Kaedah Hukum Ohm	26
3.6 EKSPERIMEN	27
BAB 4 KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN	30
4.1 PENGENALAN	30
4.2 KEPUTUSAN EKSPERIMEN DAN ANALISIS DATA	30
4.2.1 Pengujian Bekalan Kuasa Litar	30
4.2.2 Pengujian Tindakbalas Pengesan	32
4.2.3 Pengujian Sensitiviti Pengesan	33
4.2.4 Eksperimen	35
BAB 5 KESIMPULAN	43
5.1 KESIMPULAN	43
5.2 CADANGAN	43
5.2.1 Kajian Lanjutan	43
RUJUKAN	45
LAMPIRAN	47



SENARAI JADUAL

No. Jadual	MUKA SURAT
3.1 Aktiviti dan butiran bagi aliran proses pembinaan perkakasan.	23
3.2 Contoh jadual hasil keputusan bagi setiap voltan keluaran setiap warna.	29
3.3 Contoh jadual hasil keputusan dengan jarak pengesanan berlainan.	29
4.1 Perbezaan pengukuran punca bekalan kuasa.	31
4.2 Pengukuran voltan warna pada keadaan terang dan gelap pada jarak $0.5 \pm 0.1\text{cm}$.	32
4.3 Pengukuran sensitiviti pengesan pada jarak tertentu.	34
4.4 Voltan keluaran warna pada permukaan licin dengan jarak tertentu.	36
4.5 Voltan keluaran warna pada permukaan kertas A4 70 gms dengan jarak tertentu.	37
4.6 Voltan keluaran warna pada permukaan kertas A4 80 gms dengan jarak tertentu.	37
4.7 Voltan keluaran warna pada permukaan licin dengan jarak tertentu.	38
4.8 Voltan keluaran warna pada permukaan kertas A4 70gsm dengan jarak tertentu.	38



SENARAI RAJAH

No. Rajah	MUKA SURAT
2.1 Pengesahan imej atau warna dalam mata dan otak.	6
2.2 Ruang Hue dan Saturation dengan tanda titik skala V.	7
2.3 Pemantulan Warna Objek.	8
2.4 Rangsangan tindak balas terhadap warna.	8
2.5 Warna dalam 2D mapping, panjang gelombang ditunjukkan pada luaran warna.	9
2.6 Koordinasi warna dalam 3D, garisan titik mewakili warna kelabu.	10
2.7 Reka Bentuk Skema dan Simbol LDR.	10
2.8 Pengalihan Elektron Dalam Fotokonduktor.	11
2.9 Respons Spektrum bagi bahan-bahan LDR berlainan.	14
2.10 Respons Spektrum antara CdS LDR dengan Mata Manusia.	15
2.11 Biru, Merah, dan Hijau LEDs.	16
2.12 Sifat-Sifat LED.	18
3.1 Carta Aliran Proses Pembinaan Perkakasan.	22
3.2 Litar Skematik Sistem Pengesan Warna.	24



3.3	Corak Warna yang dipilih untuk pengesanan	28
4.1	Perbezaan voltan dalam keadaan terang dan gelap pada jarak 0.5 ± 0.1 cm.	32
4.2	Graf menunjukkan sensitiviti voltan warna yang diukur.	34
4.3	Voltan keluaran warna pada jarak (0.5 ± 0.1) cm dalam keadaan bilik terang.	40
4.4	Voltan keluaran warna pada jarak (0.5 ± 0.1) cm dalam keadaan bilik gelap.	40



SENARAI FOTO

No. Foto	MUKA SURAT
3.1 Prototaip Litar Pengesan Warna.	24
3.2 Sambungan multimeter dan bekalan kuasa kepada litar	27



SENARAI SIMBOL DAN NOTASI

Alat

CdS	Kadmium Sulfida
LED	Light Emitter Diode
PC	Komputer Peribadi
LDR	Light Dependent Resistor

Elektronik

AC	Arus Ulang-Alik
DC	Arus Terus
V	Voltan
I	Arus
R	Rintangan
F	Farad
W	Watt
A	Ampere
GND	Bumi

Digital

HEX	Nilai Hexadecimal
-----	-------------------

Rintangan

Ω	Ohm
R_{PC}	Rintangan LDR
R_V	Rintangan Pembolehubah
R1	Perintang Luaran 1 Timer 555
R2	Perintang Luaran 2 Timer 555



Voltan

V_{CC}	Bekalan Kuasa
V_{rf}	Voltan Rujukan
V_{out}	Voltan Keluaran

Unit

μ	mikro
n	nano
m	mini
k	kilo
M	Mega

Lain-lain

%	Peratus
$^{\circ}C$	Celsius
Hz	Hertz
F	Frekuensi
s	Saat
min	Minit
HSI	Hue, Saturation, dan Intensity
CIE	Commission International de l'Eclairage
λ	Panjang Gelombang
RGB	Merah, Hijau, dan Biru

Kekonduksian

σ	Kekonduksian
n	ketumpatan pembawa cas
e	cas
μ	mobiliti



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 PENGENALAN

Pengesan merupakan satu komponen yang digunakan secara meluas dalam sistem pengukuran dan analisis. Ia bertindak balas terhadap rangsangan fizikal dan kimia seperti haba, cahaya, bunyi, tekanan, magnet, atau pergerakan tertentu dan menghantar isyarat tertentu. Terdapat dua jenis pengesan iaitu pengesan aktif dan pengesan pasif. Pengesan aktif memerlukan punca kuasa luar untuk menjalankan operasi mereka manakala pengesan pasif menjanakan isyarat elektrik secara langsung apabila bertindak balas terhadap suatu rangsangan.

Warna merupakan satu komponen yang kritikal tentang bagaimana sesuatu objek dilihat atau muncul terhadap mata manusia. Warna merupakan satu fenomena yang diperhatikan sebagai interaksi cahaya terhadap objek lain. Tiga faktor penting mesti digabung untuk merangsang kesan-kesan cahaya iaitu Punca Sinaran, Objek yang disinarkan, dan Pengesan (kombinasi mata dan otak) (Solomon, 1999). Sains warna mentakrifkan warna dalam suatu ruang, terdiri daripada *hue*, *saturation*, dan *intensity*.



(HSI). Ketiga-tiga komponen am yang unik ini mendefinisikan sebarang warna dalam ruang warna HSI. Warna mempunyai panjang gelombang (λ), frekuensi, dan tenaga untuk warna tertentu (Solomon, 1999).

Light Dependent Resistor (LDR) merupakan satu komponen elektronik di mana rintangannya akan berkurang apabila keterangan pancaran cahaya bertambah. Penyerapan cahaya dalam semikonduktor akan membebaskan pembawa-pembawa cas yang akan menyumbangkan proses pengkonduksian atau pengaliran. Kekonduksian adalah diberikan sebagai $\sigma = ne\mu$, dimana n ialah ketumpatan pembawa bebas, e ialah cas, dan μ ialah mobiliti. *Light Emitting Diode* (LED) adalah satu alat semikonduktor yang mengeluarkan spektrum cahaya sempit tak koheren apabila pincangannya ke hadapan. LED merupakan semikonduktor yang kompleks yang menukar arus elektrik kepada cahaya (Sze, 1994).

Kajian ini merangkumi bahagian-bahagian seperti rekacipta, pembinaan, pengujian, kalibrasi, dan pengukuran.

1.2 TUJUAN

Tujuan kajian ini adalah untuk mencipta pengesan warna yang digunakan untuk mengesan warna terhadap permukaan tertentu.



1.3 OBJEKTIF

Objektif-objektif kajian ini adalah:

1. Membina satu litar pengesan warna.
2. Mengesan warna menggunakan litar pengesan warna.
3. Membuat kalibrasi alat pengesan warna.
4. Mengesan warna pada permukaan kertas berlainan.
5. Mengesan warna pada jarak ketinggian pengesan yang berlainan terhadap suatu permukaan kertas.

1.4 SKOP KAJIAN

Skop kajian ini adalah pengesanan warna pada permukaan kertas berlainan iaitu permukaan kertas licin, kertas A4 70gsm dan 80gsm serta ketinggian berlainan pengesan terhadap suatu permukaan dengan menggunakan litar pengesan warna yang dibina.



BAB 2

KAJIAN LITERATUR

2.1 PENGESAN

Pengesan atau penderia selalunya ditakrifkan sebagai satu alat atau peranti yang menerima dan bertindak balas terhadap suatu isyarat atau rangsangan dan bertindak balas terhadap suatu isyarat elektrik. Dunia ini dibahagikan kepada dua iaitu objek semula jadi dan buatan manusia. Penderia semula jadi yang boleh didapati dalam organisma, biasanya bertindak balas terhadap isyarat dan mempunyai sifat-sifat elektrokimia. Fizikal semula jadi mereka adalah berdasarkan pengangkutan ion, seperti di dalam gentian saraf. Dalam penderia atau pengesan buatan manusia, maklumat-maklumat adalah dihantar dan diproses dalam bentuk elektrik, melalui pengangkutan elektron. Pengesan buatan mestilah berucap dengan bahasa yang sama terhadap peranti-peranti yang disambungkan kepada suatu antara muka. Bahasa ini adalah secara elektrik dalam semula jadi dan penderia buatan manusia mestilah berupaya bertindak balas terhadap isyarat di mana informasi atau maklumat disalurkan melalui sesaran elektron (Fraden, 1993).



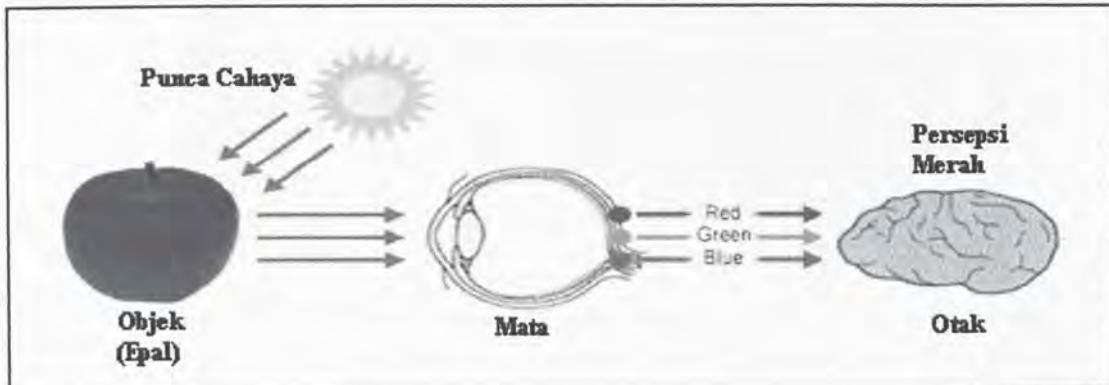
Terdapat dua jenis pengesan iaitu pasif dan aktif. Pengesan pasif menjanakan isyarat elektrik secara langsung apabila bertindak balas terhadap rangsangan luar (Fraden, 1993). Masukan tenaga rangsangan ini ditukar oleh pengesan atau penderia kepada tenaga keluaran tanpa memerlukan bantuan punca kuasa. Contohnya seperti termogandingan, pengesan pyroelektrik, dan pengesan piezoelektrik.

Pengesan aktif pula memerlukan punca kuasa luar untuk menjalankan operasi mereka, dikenali sebagai ujaan isyarat (Fraden, 1993). Isyarat ini diubah oleh pengesan atau penderia untuk menghasilkan isyarat keluaran. Pengesan aktif juga dikenali sebagai *parametric* kerana sifat-sifatnya juga berubah apabila bertindak balas terhadap kesan luar dan sifat-sifat ini kemudiannya ditukar kepada isyarat elektrik (Fraden, 1993). Sebagai contoh, pengesan *resistive strain gauge pressure* memerlukan +7.5 V dc pengawal pembekal kuasa untuk beroperasi (Carr, 1993).

Berdasarkan kepada aplikasi mereka, pengesan boleh dikelaskan kepada pengesan akustik, pengesan magnetik, pengesan mekanikal, pengesan sinaran, pengesan terma atau haba, pengesan kimia, dan pengesan bio. Pengesan warna merupakan satu pengesan sinaran.

2.2 WARNA

Warna merupakan satu komponen yang kritikal tentang bagaimana suatu objek dilihat atau muncul pada mata manusia. Warna merupakan satu fenomena yang diperhatikan sebagai interaksi cahaya terhadap objek lain. Tiga faktor penting mesti digabung untuk merangsang kesan-kesan cahaya iaitu Punca Sinaran, Objek yang disinarkan, dan Pengesan (kombinasi mata dan otak) (Solomon, 1999) seperti ditunjukkan dalam Rajah 2.1.



Rajah 2.1 Pengesanan imej atau warna dalam mata dan otak (Solomon, 1999).

Sains warna mentakrifkan warna dalam suatu ruang, terdiri daripada *hue*, *saturation*, dan *intensity* (HSI). Ketiga-tiga komponen am yang unik ini mendefinisikan sebarang warna dalam ruang warna HSI. *Hue* adalah berkaitan dengan pemantulan panjang gelombang warna apabila cahaya putih dipancarkan kepada suatu objek. *Intensity* atau kecerahan mengukur tahap skala keputihan atau kekelabuan sesuatu warna. *Saturation* atau tingkat kepekatan adalah pengukuran keterangan *hue* yang diberi

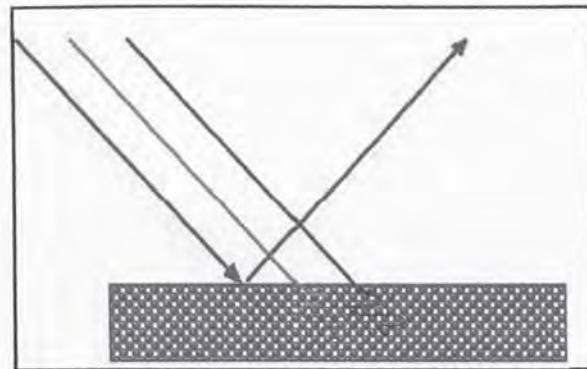
(Solomon, 1999), terutamanya istilah kromatik yang termasuk unsur *hue* dan komponen tingkat kepekatan atau *saturation*.

Warna dalam suatu ruang menggunakan *hue* sebagai satu sudut vektor, *saturation* sebagai kepanjangan, dan *intensity* sebagai ketinggian positif dan negatif daripada titik tengah (Solomon, 1999). Rajah 2.2 menunjukkan plot *hue* dan *saturation* dengan *intensity* yang berlainan .



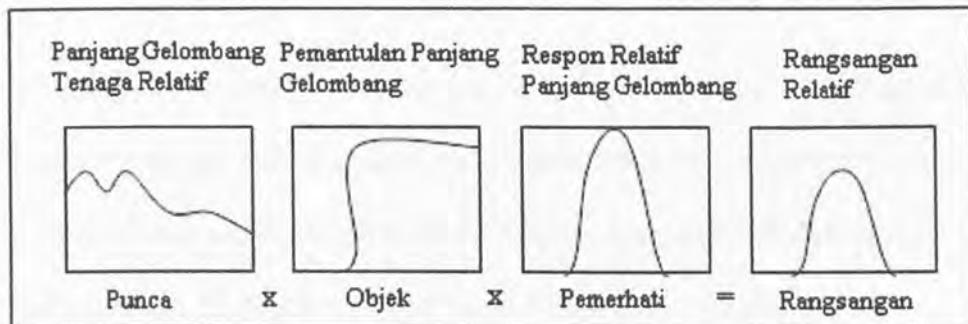
Rajah 2.2 Ruang Hue dan Saturation dengan tanda titik skala V (Mark, 2006).

Warna muncul apabila cahaya berinteraksi dengan molekul-molekul pigmen. Warna dihasilkan apabila molekul-molekul pigmen mengembalikan atau memantul balik cahaya tuju (rujuk Rajah 2.3 di muka surat sebelah). Sebagai contoh, pigmen merah merupakan punca ketara suatu komponen *hue*. Ketumpatan relatif pigmen molekul tersebut menyebabkan formasi komponen tingkat kepekatan warna. Terdapat beberapa molekul yang hadir yang akan memantulkan hampir kesemua panjang gelombang dan hasilnya warna putih akan muncul. Keadaan inilah yang mempengaruhi *intensity* atau kecerahan suatu komponen (Solomon, 1999).



Rajah 2.3 Pemanutan Warna Objek (Wikipedia, 2004)..

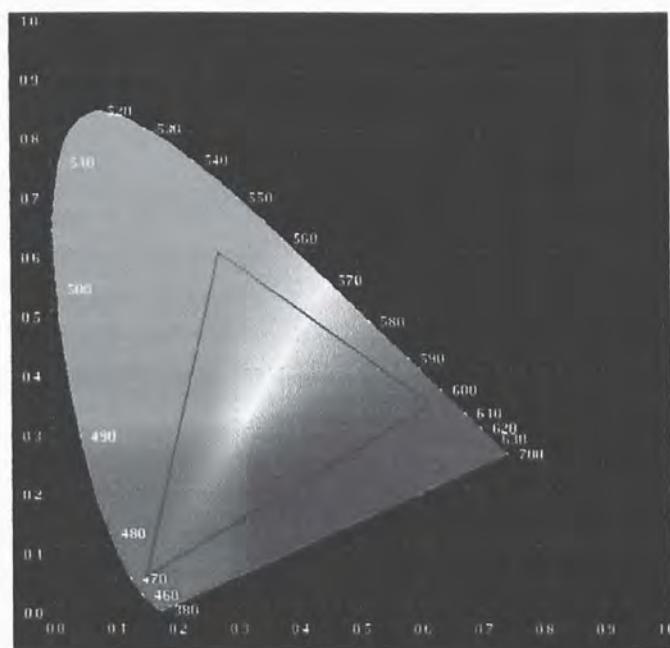
Satu set pemawaian yang terkenal telah digubal oleh *Commission International de l'Eclairage* (CIE), yang merupakan satu organisasi pemawaian. Daripada teori warna, tindak balas warna terhadap suatu rangsangan (*determination*), bergantung kepada pengagihan spektrum warna daripada punca cahaya (*illuminant*), darab dengan spektrum pemanutan suatu objek atau permukaan, dan darab dengan spektrum tindak balas pengesan atau pemerhati (Solomon, 1999). Rajah 2.4 menunjukkan tindak balas rangsangan.



Rajah 2.4 Rangsangan tindak balas terhadap warna (Solomon, 1999).

Dengan menggunakan prinsip ini, CIE memperkenalkan satu butiran mengenai piawaian punca cahaya dan piawaian pengesan atau pemerhati. Hasil analisisnya adalah

gambar rajah CIE yang terkenal, iaitu taburan 2D satu ruang warna yang ditunjukkan dalam Rajah 2.5.



Rajah 2.5 Warna dalam 2D mapping, panjang gelombang ditunjukkan pada luaran warna (Mark, 2006).

Secara teori, wujudnya 256^3 atau 16,777,216 posisi unik dalam ruang warna yang mendefinisikan pelbagai warna, seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2.6 di muka surat sebelah. Tetapi dalam realiti, nombor warna sebenar yang dapat dibezakan oleh pengesan adalah kurang daripada angka tersebut kerana disebabkan kebisingan optikal dan juga pengehadan praktik suatu rekaan.

RUJUKAN

- Carr, J.J., 1993, *Sensors and Circuits: sensors, transducers, and supporting circuit for electronic instrumentation, measurement, and control*, Prentice-Hall, Inc., New Jersey.
- Fiber-Optics, 2005, *Light Emitting Diode*,
<http://www.fiber-optics.info/articles/LEDs.htm>
- Fraden, J., 1993, *AIP Handbook of modern sensors: physics, designs and applications*, American Institute of Physics, United State of America.
- Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J., 2004, *Fundamentals of Physics 6th Edition*, John Wiley & Sons, Inc., India.
- Holman, J.P., 2001, *Experimental Methods for Engineers*, McGraw-Hill Inc, Boston.
- Mark, R., 2006 , *The Chromaticity Chart*, CIE Colour System,
<http://www.cs.bham.ac.uk/~mer/colour/cie.html>
- Mark, R., 2006 , *The HSV Colour Space*, CIE Colour System,
<http://www.cs.bham.ac.uk/~mer/colour/hsv.html>
- Mark, R., 2006 , *The RGB Colour Tube*, CIE Colour System,
<http://www.cs.bham.ac.uk/~mer/colour/rgb.html>
- Murray, W.M. & William, R.M, 1992, *The Bonded Electrical Resistance Strain Gages*, Oxford University Press, New York.
- Sedra A.S. & Kenneth C.S., 2004, *Microelectronic Circuits*, Oxford University Press, New York.

Sinclair, I. R., 1992, *Sensors and transducers: a guide for technician, 2nd Edition*, Redwood Books, Great Britain.

Solomon, S., 1999, *Sensors handbook*, McGraw-Hill, United State of America.

Sze, S.M., 1994, *Semiconductor Sensor*, John Wiley & Sons, New York.

The Pennsylvania State University, *Advantages and Limitations*,
<http://www.ecsel.psu.edu/~rdk148/4advantages.htm>.

Wikipedia, *Common-Mode Rejection Ratio* ,
http://en.wikipedia.org/wiki/Common-mode_rejection_ratio.

Williams, J.J., 1990, *Bridge circuits, Marrying gains and balance*, Linear Technology Application Note 43, Linear Technology, United State of America.

Yeap, K.S., 2005, *Light Sensor: Collecting Light Data And Sending It To A PC..*
Disertasi Sarjana Sains, Universiti Malaysia Sabah.

