

MEREKABENTUK DAN MENGUJI SEBUAH INKUBATOR
DENGAN MENGGUNAKAN TERMISTOR SEBAGAI
SENSOR

ZULFAUZI MAZLAN

PELILABAH
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

DISERTASI YANG DIKEMUKAN UNTUK MEMENUHI
SEBAHAGIAN DARIPADA SYARAT MEMPEROLEHI IJAZAH
SARJANA MUDA SAINS DENGAN KEPUJIAN DALAM FIZIK
DENGAN ELEKTRONIK

PROGRAM FIZIK DENGAN ELEKTRONIK
SEKOLAH SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

NOVEMBER 2007



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS@

JUDUL: MEREKABENTUK DAN MENGUJI SEBUAH
INKUBATOR MINI DENGAN MENGGUNAKAN TERMISTOR SEBAGAI SENSOR

IJAZAH: FIZIK DENGAN ELEKTRONIK

SAYA ZULFAUZI MAZLAN SESI PENGAJIAN: 2004/2008
 (HURUF BESAR)

mengaku membenarkan tesis (LPSM/Sarjana/Doktor Falsafah) ini disimpan di Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dengan syarat-syarat kegunaan seperti berikut:-

1. Tesis adalah hakmilik Universiti Malaysia Sabah.
2. Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dibenarkan membuat salinan untuk tujuan pengajian sahaja.
3. Perpustakaan dibenarkan membuat salinan tesis ini sebagai bahan pertukaran antara institutsi 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

Apot
 (TANDATANGAN PENULIS)

En. Saafie Salleh
 (TANDATANGAN PUSTAKAWAN)

Alamat Tetap: J7342, JLN ORKID3,
IAMAN MAJU, 77000 JASIN,
MELAKA

En. Saafie Salleh
 Nama Penyelia

Tarikh: 29/11/07

Tarikh: 29/11/07

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 dijelaskan sumbernya.

30 NOVEMBER 2007



ZULFAUZI MAZLAN

HS2004-1713

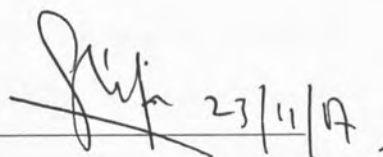


PENGESAHAN**DIPERAKUKAN OLEH**

Tandatangan

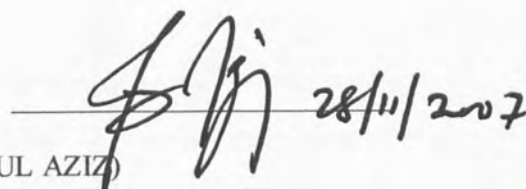
1. PENYELIA

(ENCIK SAAFIE SALLEH)


23/11/07

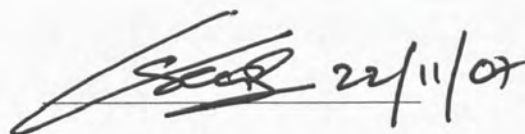
2. PEMERIKSA-1

(PROF. MADYA DR. FAUZIAH HAJI ABDUL AZIZ)


28/11/2007

3. PEMERIKSA-2

(CIK FAUZIAH SULAIMAN)


22/11/07

4. DEKAN

(SUPT/ KS PROF. MADYA DR. SHARIFF
A. K OMANG)
_____

PENGHARGAAN

Syukur Alhamdulillah ke hadrat Ilahi dengan izinnya saya dapat menyempurnakan projek tahun akhir ini pada masa yang telah ditetapkan. Saya ingin mengambil kesempatan ini untuk mengucapkan ribuan terima kasih ke atas jasa baik semua pihak yang telah memberikan kerjasama dan bantuan bagi menyudahkan kajian ini.

Saya ingin mengucapkan ribuan terima kasih tidak terhingga ini khas buat bapa, Mazlan bin Abu Mansor, ibu, Siti Aishah bt Abd. Wahid serta keluarga yang telah memberikan semangat dan bantuan kewangan serta sentiasa memberikan sokongan dan berdoa kepada Ilahi supaya saya terus berjaya di dunia dan akhirat.

Dalam pada itu, saya amat terhutang budi kepada Encik Saafie Salleh, selaku penyelia projek, yang telah banyak memberikan nasihat dan tunjuk ajar serta bersabar dengan karenah saya sepanjang pelaksanaan projek ini. Ucapan jutaan terima kasih tidak terhingga kepada beliau. Saya juga turut berterima kasih kepada pensyarah Fizik Dengan Elektronik yang turut terlibat bagi menjayakan projek ini.

Tidak ketinggalan juga ribuan terima kasih diucapkan kepada pensyarah Kejuruteraan Elektrik dan Elektronik dan kepada pembantu makmal mikroelektronik, iaitu Encik Sri kerana telah memberikan kerjasama yang sepenuhnya kepada saya untuk menjayakan kajian ini

Akhir sekali, saya ingin mengucapkan terima kasih kepada rakan- rakan yang sudi membantu serta memberikan idea dan nasihat dalam meneruskan kajian ini. Semoga segala pertolongan yang diberikan itu mendapat balasan dari yang Esa.

Adalah diharapkan dengan lahirnya penulisan ini akan dapat mengembangkan lagi bidang ilmu pengetahuan khususnya dalam bidang Fizik untuk kebaikan sejagat. Sekian.



ABSTRAK

Dalam projek ini, sebuah inkubator mini dibina hasil dari penukaran bentuk tenaga daripada tenaga terma kepada tenaga elektrik. Inkubator mini ini bertujuan untuk mengesan haba dengan menggunakan termistor sebagai sensor untuk mengesannya seterusnya *thymistor* sebagai suis yang menjalankan aktiviti penutupan dan penghidupan pemanas iaitu mentol. Didalam projek ini termistor yang digunakan adalah daripada jenis NTC. Objektif utama kajian diantaranya adalah untuk membina sebuah inkubator mini yang berfungsi secara automatik dengan menggunakan alat seperti termistor dan *thymistor*. Disamping itu juga inkubator ini juga diharapkan dapat menghasilkan suhu berpandukan kepada nilai-nilai yang dikehendaki oleh termistor yang dikawal oleh perintang boleh laras dan keseluruhan proses pengawalan suhu didalam inkubator mini ini dapat berlaku secara automatik. Disamping itu juga fungsi *thymistor* sebagai suis untuk mengawal penghidupan dan pemanasan mentol bergantung pada rintangan yang ditetapkan pada perintang boleh laras dan termistor itu sendiri. Transistor juga berfungsi apabila mentol hendak dipadamkan berbanding apabila mentol hendak dihidupkan dimana sewaktu masa pemadaman mentol, transistor bertindak mematikan *thymistor*. Kesimpulannya inkubator mini ini dapat berfungsi memenuhi semua objektif yang dikehendaki dengan menggunakan litar kawalan suhu yang direka.



DESIGN AND TESTING AN INCUBATOR USING THERMISTOR AS THE SENSOR

ABSTRACT

In this project, a mini incubator has been constructed from the conversion of energy from thermal to electrical. The purpose of this mini incubator is to detect heat using thermistor as a sensor to detect it and thymistort as a switch that perform an on or off abilities to the connected heater. Therefore in this project a NTC type thermistor is being used as sensor and a thymistor as the switch. The main objective of this project is to build a mini incubator that function automatically using the help from thermistor and thymistor. Not only functioning automatically but also is able to produce a desirable temperature according to the thermistor using potentiometer as the resistance controller according to the required temperature automatically. Thymistor also function as a switch that that control the current flow to the heat depends on the thermistor and the resistance from the potentiometer. Transistor also functions to control the thymistor on or off regarding from the thermistor resistance and potentiometer resistance. As the conclusion, this mini incubator has function according to all the objective needed using a temperature controller circuit.



KANDUNGAN

	Muka Surat
PENGAKUAN	ii
PENGESAHAN	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
SENARAI KANDUNGAN	vii
SENARAI JADUAL	x
SENARAI RAJAH	xi
SENARAI FOTO	xiii
SENARAI SIMBOL	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Pengenalan	1
1.2 Tujuan Kajian	4
1.3 Objektif Kajian	5
1.4 Skop Kajian	5
1.5 Hipotesis	6
BAB 2 ULASAN LITERATUR	
2.1 Termistor	8
2.1.1 Operasi dan Kesan Pemanasan Sendiri	10
2.1.2 Kegunaan/Aplikasi Termistor	12
2.2 Thyristor	14
2.3 Transistor Dwipolar	16
2.3.1 Voltan Pincang	17



2.3.2	Bagaimana Transistor Beroperasi	18
2.4	Perintang Boleh Laras/Potentiometer	19
2.5	Perintang	20
2.6	Diod	23
2.7	Zener Diod	24
2.8	Kapasitor	25
BAB 3 METODOLOGI		
3.1	Pengenalan	29
3.2	Jangkaan Masalah	31
3.3	Cadangan Pembaikan	31
3.4	Penyediaan Litar Pada PCB (<i>Printed Circuit Board</i>)	32
3.4.1	Proses Merekabentuk Litar Skematik Ke PCB	32
3.5	Proses <i>Etching</i>	34
3.6	Pemeriksaan Litar PCB	34
3.6.1	Proses Menebuk Lubang Pada Litar PCB	35
3.6.2	Proses Membengkokkan Kaki Komponen	36
3.6.3	Proses Pematerian	37
3.6.4	Proses Memotong Kaki Komponen	39
3.7	Pengujian Projek	41
3.7.1	Cara-Cara Pengukuran Yang Digunakan	41
3.8	Gambarajah Blok Inkubator Mini	44
3.8.1	Fungsi Setiap Blok	45
3.9	Skematik Litar Yang Digunakan	46
3.9.1	Kendalian Litar	48



BAB 4 KEPUTUSAN

4.1	Keputusan Litar Pengawal Suhu	50
4.2	Perkembangan Penghasilan Projek	53
4.2.1	Proses Pembuatan Litar Pada PCB	53
4.2.2	Proses Membuat Model Inkubator Mini	55
4.2.3	Peringkat Terakhir Penghasilan Inkubator Mini	56

BAB 5 PERBINCANGAN

5.1	Pengenalan	59
5.2	Pengesan Kepanasan Atau Suhu	59
5.3	Litar Kawalan Suhu	60
5.4	Sifat-Sifat Sistemik	60
5.4.1	Julat Dan Jengkal	61
5.4.2	Ralat Persekitaran	61
	(a) Teknik Pengurangan Ralat Yang Disebabkan Oleh Perubahan Alam Sekitar	62
5.4.3	Ambang Dan Ketepatan	63
5.5	Skematik Litar Ke PCB	64
5.6	<i>Casing</i> Litar	65

BAB 6 KESIMPULAN DAN CADANGAN

6.1	Kesimpulan	65
6.2	Cadangan	67
	RUJUKAN	68
	LAMPIRAN	71



SENARAI JADUAL

No. Jadual	Muka surat
1.1 Perbezaan masa pengeraman, suhu dan suhu persekitaran bagi beberapa spesis telur burung	3
2.1 Kod warna perintang	21
2.2 Pengganda digit bagi kapasitor	27
2.3 Terjemahan nilai huruf toleransi bagi kapasitor	28
3.1 Waktu perjalanan kajian	30
3.2 Alatan yang digunakan	40
4.1 Keputusan rintangan terhadap suhu	51
4.2 Bacaan masa yang diambil untuk suhu malar	52



SENARAI RAJAH

No. Rajah	Muka surat	
2.1	Simbol umum termistor	8
2.2	Contoh termistor jenis NTC	9
2.3	Hubungan antara rintangan termistor dengan suhu	10
2.4	Simbol thymistor	14
2.5	Binaan thymistor	15
2.6	Simbol bagi transistor jenis NPN dan PNP	16
2.7	Voltan pincang dari transistor jenis NPN dan PNP	17
2.8	Pengaliran arus elektron dalam transistor	18
2.9	Arus elektron didalam transistor	19
2.10	Contoh perintang boleh laras/potentiometer	20
2.11	Nilai rintangan berdasarkan jalur pada badan perintang	22
2.12	Beberapa contoh perintang	22
2.13	Contoh diod	24
2.14	Simbol zener diod	25
3.1	Membengkokkan kaki komponen	36
3.2(a)	Proses pematerian komponen	38
3.2(b)	Pematerian yang kemas	38
3.2(c)	Pematerian yang tidak kemas	39
3.3	Gambarajah pemotongan kaki komponen	40
3.4	Pengukuran voltan DC/AC	41
3.5	Pengukuran arus	42



3.6	Pelarasan MOV dan pengukuran rintangan	42
3.7	Mengecas kapasitor menggunakan MOV	43
3.8	Pengujian transistor	44
3.9	Gambarajah blok inkubator mini	44
3.10	Litar kawalan suhu bagi inkubator mini	47
4.1	Perubahan suhu terhadap rintangan yang ditetapkan pada perintang boleh laras	51
4.2	Perbezaan masa kemalaran sesuatu suhu mengikut rintangan yang dikehendaki	52



SENARAI FOTO

No. Foto	Muka surat	
4.1	Proses <i>UV</i> pada litar di atas PCB	54
4.2	Proses <i>etching</i>	54
4.3	Litar setelah siap di <i>etching</i>	55
4.4	Lubang pada kotak polistirin	56
4.5	Lubang ditebuk untuk membenarkan mentol, termistor dan termogandingan didalam	57
4.6	Penyambungan plug 2 kaki dan mentol pada litar	57
4.7	Litar pengesanan dan kawalan suhu yang lengkap	58
4.8	Model lengkap inkubator mini	58



SENARAI SIMBOL

B	tapak
C	pengumpul
E	pemancar
V	voltan
I_B	arus tapak
I_C	arus pengumpul
I_E	arus pemancar
W	watt
+	nilai positif
C	kapasitor
Q	transistor
R	rintangan
T	Termistor
PTC	pekali suhu positif
NTC	pekali suhu negatif
PCB	<i>printed circuit board</i>
RTD	resistor temperature detector
I_{\min}	input minimum
I_{\max}	input maksimum
I_S	input sebenar
I_P	input perubahan
I_G	input gangguan

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Pengenalan

Menurut prinsip keabadian tenaga, tenaga tidak dapat dicipta atau dimusnahkan, tetapi ia boleh ditukar kepada bentuk tenaga yang lain. Walau bagaimanapun, apa yang telah dilakukan oleh manusia ialah menghasilkan kesan haba yang diinginkan daripada penukaran sebarang jenis tenaga yang ada seperti tenaga elektrik, cahaya, magnet, kimia dan mekanik (Loper & Tedsen, 1992).

Zaman moden sekarang banyak inkubator untuk tujuan pengeraman dihasilkan tidak mengira bentuk dan cara beroperasi dapat dijumpai dimana-mana pasaran didalam mahupun diluar negara. Biasanya inkubator mini yang menggunakan perkakasan mudah seperti bekas dan sistem pemanasan yang memadai untuk menetaskan telur yang sihat dan sempurna menjadi daya penarik utama kepada pembeli atau pelanggan. Disamping itu juga, inkubator mini yang hanya menggunakan cahaya lampu sebagai sumber haba dan perkakasan mudah yang



tertutup untuk mengekalkan haba kepada proses pengeraman telur mempunyai peratusan keberkesanan yang rendah untuk menghasilkan pengeraman telur yang berjaya. Oleh itu penggunaan inkubator mini yang lebih efisien iaitu menggunakan sistem bekalan haba yang terkawal serta bersesuaian biasanya menghasilkan lebih kurang 80% keberkesanan pengeraman seterusnya penetasan telur yang sihat dan jauh dari penyakit (Mathie, 2005).

Selain itu juga terdapat inkubator yang mempunyai sistem dan perkakasan yang berteknologi tinggi yang mampu mengesan serta membetulkan sebarang masalah yang dihadapi oleh inkubator mini atau manusia. Inkubator berteknologi tinggi ini bukan sahaja mempunyai sistem pemanasan yang canggih malah mampu menjimatkan masa untuk pengeraman telur dengan adanya bantuan pemantauan sistem berkomputer yang mampu menghasilkan penetasan telur yang jauh lebih sempurna dan baik berbanding dengan penggunaan inkubator mini. Tetapi masalah yang dihadapi adalah inkubator berteknologi tinggi ini terlalu mahal yang menyebabkan penternak kecil tidak berkemampuan untuk memilikinya.

Suhu adalah faktor yang paling penting dalam proses pengeraman telur menggunakan inkubator. Pada suhu yang berbeza akan memberikan kesan kepada telur yang diaramkan. Perbezaan suhu sebanyak $-17.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ akan memberikan kesan kepada proses pengeraman telur-telur didalam inkubator. Jikalau perubahan suhu terlalu ekstrem (sejuk atau panas) ini akan mendatangkan masalah kepada pertumbuhan embrio atau pada kebanyakan kes kematian. Oleh itu suhu didalam inkubator harus diseragamkan dengan saiz dan jenis telur yang diaramkan. Pada kebiasaanya suhu yang biasa digunakan adalah pada $36.1\text{-}37.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan ia bergantung



pada jenis telur yang dieramkan (Gardiner, 1991). Jadual perbezaan masa pengeraman beberapa jenis telur adalah seperti dibawah:

Jadual 1.1 Perbezaan masa pengeraman, suhu dan suhu persekitaran bagi beberapa spesis telur burung (Gardiner, 1991).

Spesis	Masa Pengeraman (Hari)	Suhu (°C)	Suhu Persekitaran (°C)
Ayam	21	37.8	29.4-30.6
Ayam Belanda	28	37.2	28.9-30.0
Itik	28	37.8	29.4-30.0
Angsa	28-34	30.0-31.1	30.0-31.1
Burung Merpati	17	37.8	29.4-30.6
Itik Muscovy	35-37	37.8	29.4-30.0
Burung Puyuh Bobwhite	23-24	37.8	28.9-30.6
Burung Puyuh Coturnix	17	37.8	29.4-30.0

Kunci untuk mengawal suhu didalam inkubator adalah dengan menyeragamkan suhu dengan keupayaan inkubator untuk mengekalkan suhu didalam inkubator. Ini adalah kerana suhu memainkan peranan penting dalam mengawal pertumbuhan embrio dan waktu penetasan. Telur yang menetas terlalu awal atau saiz haiwan yang ditetaskan terlalu kecil (lebih kecil dari keadaan normal) adalah disebabkan oleh suhu didalam inkubator terlalu tinggi. Manakala bagi telur yang menetas lewat 2 hari atau lebih dari masa normal adalah pula disebabkan oleh suhu didalam inkubator terlalu rendah. Oleh itu waktu penetasan pada peringkat awal

musim adalah sebagai papan tanda penting bagi meningkatkan keefisienan mengawal suhu didalam inkubator untuk musim akan datang.

Jadi pengawalan suhu merupakan satu aspek penting dalam sesebuah inkubator supaya keadaan suhu yang malar dapat dikekalkan. Oleh itu suhu inkubator harus diperiksa setiap masa bagi mengekalkan suhu yang dikehendaki. Disebabkan faktor ini sebuah projek penghasilan inkubator mini akan dibina dimana suhu akan dikawal dengan oleh thymistor dan dibantu oleh termistor untuk mengawal suhu didalam inkubator. Proses pengawalan suhu ini akan dijalankan secara automatik dimana termistor akan mengesan suhu yang ditetapkan bergantung pada rintangan yang ditetapkan pada perintang boleh laras manakala pemutusan dan penyambungan litar dilakukan oleh thyristor yang bertindak sebagai suis. Inkubator mini ini diharapkan dapat memberi suatu idea dalam memajukan sektor penternakan dengan dapat menghasilkan baka yang sihat dan bermutu pada masa akan datang disamping mampu dimiliki oleh penternak-penternak kecil yang kurang berkemampuan.

1.2 Tujuan Kajian

Membina dan mengkaji satu inkubator mini yang mampu berfungsi secara automatik dengan menggunakan komponen termistor, perintang boleh laras dan thyristor.



1.3 Objektif Kajian

Dalam projek ini beberapa objektif kajian akan dilaksanakan iaitu:

- i. Membina inkubator mini menggunakan komponen termistor, perintang boleh laras dan thyristor.
- ii. Memastikan haba yang dibekalkan kepada pasir untuk pengeraman mengikut suhu yang dikehendaki.
- iii. Memastikan komponen termistor, perintang boleh laras dan thyristor dapat mengawal suhu yang ditetapkan secara automatik.
- iv. Menentukan julat suhu yang beroperasi bagi inkubator mini.

1.4 Skop Kajian

Didalam kajian ini, skop yang dikaji adalah pada proses pemanasan pasir serta pengawalan haba yang dibekalkan kepada pasir secara automatik dengan menggunakan komponen termistor, perintang boleh laras dan thyristor. Manakala kelembapan didalam inkubator mini ini tidak akan dikaji sama sekali. Antara komponen penting yang digunakan adalah termistor sebagai sensor suhu dan thyristor sebagai suis. Selain itu juga julat suhu yang dikaji adalah diantara 30-45 °C.



1.5 Hipotesis

Memastikan rintangan yang ditentukan pada perintang boleh laras dapat mengawal suhu yang dikesan pada termistor untuk dibekalkan pada inkubator mini. Disamping itu juga litar pengesanan dan pengawalan suhu dapat berfungsi secara automatik dengan pemutusan dan penyambungan arus dalam litar dengan menggunakan trymistor sebagai suis dan termistor sebagai sensor suhu.



BAB 2

ULASAN PERPUSTAKAAN

2.1 Termistor

Termistor adalah salah satu resistor yang digunakan untuk mengukur perubahan suhu, ia bergantung pada nilai rintangan. Ia terdiri daripada semikonduktor yang berfungsi seperti rintangan dengan pekali suhu rintangan negatif yang tinggi. Ini bermakna, rintangan berkurang apabila suhu bertambah (lihat Rajah 2.3). Termistor adalah singkatan bagi *thermal resistor* atau rintangan haba.

Jika kita menganggap hubungan antara rintangan dan suhu adalah linear, maka kita boleh menyatakan bahawa:

$$\Delta R = k \tag{2.1}$$

dimana,

ΔR = perubahan dalam nilai rintangan.

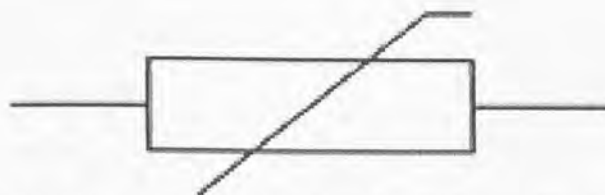


ΔT = perubahan dalam nilai suhu.

k = pekali perubahan suhu terhadap rintangan.

Termistor boleh dikelaskan kepada 2 jenis bergantung pada pekali k . Jikalau pekali k adalah positif, nilai rintangan meningkat dengan meningkatnya perubahan suhu, dan jenis termistor ini dipanggil pekali suhu positif atau *positive temperature coefficient* (PTC) termistor. Jikalau pekali k tadi adalah negatif, ini bermaksud nilai rintangan menurun dengan meningkatnya nilai suhu, dan jenis ini dipanggil pekali suhu negatif atau *negative temperature coefficient* (NTC) termistor. Resistor yang bukan daripada jenis-jenis termistor adalah direka untuk mempunyai nilai pekali k yang terkecil supaya nilai kerintangan berada dalam keadaan malar dalam sebarang julat suhu yang besar (Sinclair, 1992).

Termistor adalah berbeza daripada pengesanan suhu berdasarkan kerintangan atau *resistance temperature detectors* (RTD) dari segi bahan yang digunakan untuk membuat termistor yang hampir keseluruhannya adalah daripada seramik atau polimer manakala RTD pula diperbuat daripada bahan logam tulen. Tindakbalas terhadap pengesanan suhu juga berbeza dimana RTD adalah digunakan pada pengesanan perubahan suhu pada skala atau julat suhu yang agak luas dan besar. Rajah 2.1 dan Rajah 2.2 dibawah masing-masing adalah contoh simbol dan contoh gambar NTC termistor:



Rajah 2.1 Simbol umum termistor (Sumber daripada Sinclair, 1992)



Rajah 2.2 Contoh termistor jenis NTC (Sumber daripada Macklen, 1979)

Termistor terdiri dari campuran oksida-oksida logam seperti mangan, nikel, cobalt, besi dan uranium. Ia boleh didapati dalam bentuk manik, rod atau cakera. Termistor berbentuk manik mempunyai saiz yang paling kecil berdiameter 0.015 mm hingga 1.25 mm. Ia dikedapkan dalam hujung rod kaca untuk membentuk kuar yang mudah dipasang. Kuar-kuar kaca ini mempunyai diameter 2.5 mm dan panjang berubah-ubah daripada 6 mm hingga 50 mm. Cakera pula diperbuat daripada bahan yang ditekan dibawah tekanan tinggi untuk membentuk silinder yang rata dengan diameter dari 2.5 mm hingga 25 mm (Macklen, 1979).

RUJUKAN

- Adams, L. F. 1975. *Engineering Measurement and Instrumentation*. London.
- Baer, C. J., and Ottaway, J. R. 1986. *Electrical and Electronic Drawing*. Ed. ke-5. Westerville.
- Bar-Lev, A. 1984. *Semiconductors and Electronics Device*. Ed. ke-2. Prentice Hall, United States America.
- Beerens, A. C. J. 1966. *Measuring Methods and Devices in Electronics*. Cleaver-Hume Press LTD, London.
- Bently, J. P. 1995. *Principles of Measurement System*. Ed. ke- 3. Longman, London.
- Bierman, H. 1983. *Circuits and Software for Electronics Engineers*. McGraw Hill.
- Boylestad, R. L., dan Nashelky, L. 1992. *Electronic Devices and Circuit Theory*. Ed. ke-5. Prentice Hall International.
- Chirlian, P. M. 1981. *Analysis and Design of Integrated Electronic Circuits*. Harper and Row, New York.
- Davis, R. M., Peregrinus, P. 1988. *Power Diode & Thyristors Circuits*. United Kingdom.
- Dennis, W. H. 1983. *Electronic Component and Systems*. Butterworth and Co, 83-94 ms.
- Edwards, D.F.A. 1971. *Electronic Measurement Techniques*. The Butterworth Group, London.
- Erland. J. 2002. PCB Layout. <http://www.gyraf.dk/gy.pd/pcbs.htm>.



- Faissler, W. F. 1991. *An Introduction to Modern Electronics*. John Wiley & Sons, Canada.
- Gardiner, J. R. 1991. *The Incubator Ballroom: A novella and Tour Stories*. Random House, United States of America.
- Grob, B., dan Schultz, M. E. 2003. *Basic Electronic*. McGraw Hill.
- Haji Md. Nasir bin Haji Abd Manan. 2004. *Panduan Pendawaian Elektrik*. IBS Buku Sdn. Bhd.
- Loper, E.O. dan Tedsen, E., 1992. *Asas Arus Terus*. Rosilla Abd. Latif (ptjr), Dewan Bahasa dan Pustaka Kementerian Pendidikan Malaysia, Kuala Lumpur.
- Macklen, E. D. 1979. *Thermistors*. Electrochemical Publication Limited, Great Britain.
- Malmstadt, H. V., Enke, C. G. dan Crouch, S. R. 1974. *Electronic Measurement For Scientists*. W. A. Benjamin Inc., London.
- Mohd Zaid Abdullah. 2004. *Sistem Peralatan dan Ukuran*. Universiti Sains Malaysia, Penang.
- Mathie, P. 2005. *Incubators View: A Story of Teen Pregnancy and the Struggle of Her Premie*. iUniverse, United States of America.
- Patrick, D. R., and Fardo, S. W. 2002. *Electricity and Electronics A Survey*. Ed. ke-5. Pearson Education, Inc.
- Santini, A. 1997. *Electricity and Electronics*. Ed. ke-3. Delmar Publishers Inc.
- Sinclair, I. R. 1992. *Sensors and Transducer: A Guide For Technicians*. Ed ke-2. Great Britain.



- Slone, G. R. 1995. *The Tab Electronics Guide to Understand Electricity and Electronics*. McGraw Hill, New York.
- Smith, H. T. 1994. *Quality Hand Soldering and Circuit Board Repair*. Delmar Publisher Inc.
- Usher, M. J. 1985. *Sensors and Transducers*. Macmillan Education Ltd.
- Villanucci, R. S., Avtgis, A. W., and Megow, W. F. 1999. *Electronic Techniques Shop Practices and Construction*. Ed. ke-6. Prentice Hall, Columbus.
- Yahya Emat MD. Nasir Abd. Manan, 1989. *Elektronik Perindustrian*. Jilid 1. Dewan Bahasa Dan Pustaka, Kuala Lumpur.

