

**PENYEDIAAN DAN PENCIRIAN BAHAN  
PATERI ALOI STANUM-PLUMBUM-  
KUPRUM**

**AMIRUL FAZLI BIN MD ROSLIM  
(HS 2005-2008)**

PERPUSTAKAAN  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

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

**2008**



**UMS**  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

PENYEDIAAN DAN PENCIRIAN BAHAN PATERI ALOI STANUM-PLUMBUM-  
KUPRUM

AMIRUL FAZLI BIN MD ROSLIM

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

NOVEMBER 2008



**UMS**  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

## UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS@

JUDUL: PENYEDIAAN DAN PENURIAN BAHAN PATERI ALOISTANUM-PLUMBUM-KUPRUMIJAZAH: IJAZAH SARJANA MUDA SAINS DENGAN KEPUJIAN  
FIZIK DENGAN ELEKTRONIK.SAYA AMIRUL FAZLI BIN MD ROSLIM  
(HURUF BESAR)SESI PENGAJIAN: 2005-2008

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

 TERHAD

 TIDAK TERHAD

## PERPUSTAKAAN

(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)

Disahkan Oleh

  
(TANDATANGAN PENULIS)

  
(TANDATANGAN PUSTAKAWAN)

Alamat Tetap: NO. 43, LRG. SRI MAHKOTA  
AMAN 12, TAMAN SRI MAHKOTA AMAN,  
26070 KUANTAN PAHANG

SAAFIE SALLEH  
Nama Penyelia

Tarikh: 1/12/08

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.

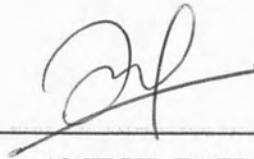
@Tesis dimaksudkan sebagai tesis bagi Ijazah Doktor Falsafah dan Sarjana secara penyelidikan atau disertai bagi pengajian secara kerja kursus dan Laporan Projek Sarjana Muda (LPSM).



## PENGAKUAN

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

20 November 2008



---

AMIRUL FAZLI BIN MD ROSLIM

HS 2005- 2008

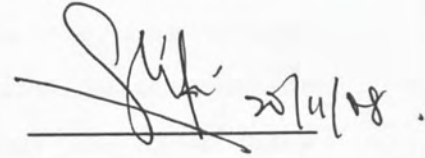


**DIPERAKUKAN OLEH**

Tandatangan

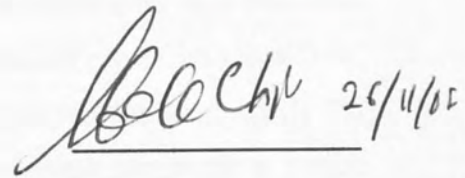
**1. PENYELIA**

**(En. Saafie Bin Salleh)**

  
\_\_\_\_\_ 20/11/18

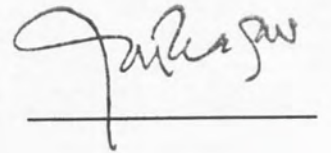
**2. PEMERIKSA**

**(Prof. Madya Dr. Abdullah Chik)**

  
\_\_\_\_\_ 20/11/18

**3. DEKAN**

**(Prof. Dr. Mohd Harun Abdullah)**

  
\_\_\_\_\_





## PENGHARGAAN

Alhamdulillah, terlebih dahulu saya bersyukur kehadiran Illahi Allah SWT di atas limpah kurnia Nya dengan memberi saya kekuatan dan keyakinan untuk menyiapkan projek ini. Jutaan terima kasih ditujukan khas kepada penyelia saya En. Saafie bin Salleh kerana memberi bimbingan, tunjuk ajar dan nasihatnya dalam membantu saya menyiapkan projek ini.

Dikesempatan ini juga saya ingin mengucapkan terima kasih yang tidak terhingga kepada ibubapa dan adik beradik saya yang tersayang di atas galakkan, sokongan dan semangat yang tidak pernah putus-putus supaya saya melakukan yang terbaik dalam pelajaran.

Akhir sekali, penghargaan ini ditujukan juga kepada sahabat setia saya Romaina Ely Zainal Basri yang sentiasa berada disisi dari awal hingga akhir projek ini dihasilkan. Tidak dilupakan juga kepada rakan-rakan seperjuangan dan pembantu makmal, En Rahim kerana telah memberi sokongan, nasihat dan galakkan untuk menyiapkan projek ini. Tanpa anda semua, projek ini tidak akan berjalan dengan lancar. Dengan semangat dan kekuatan yang tersemat ini, maka projek ini telah berjaya disiapkan.



## ABSTRAK

Aloi pateri stanum-plumbum-kuprum dengan peratusan berat di antara 59.41%Sn-39.60%Pb-0.99%Cu sehingga 52.17%Sn-34.78%Pb-13.04%Cu disediakan dengan menggunakan teknik peleburan yang mana tiga bahan iaitu stanum (Sn), plumbum (Pb) dan kuprum (Cu) dileburkan dengan menggunakan relau. Sampel yang dihasilkan diukur kerintangannya dan kekonduksian elektrik dengan menggunakan kaedah penduga empat titik. Kajian ini dijalankan adalah bertujuan untuk menghasilkan aloi pateri stanum-plumbum-kuprum yang terbaik dan membandingkan kerintangannya dan kekonduksian elektrik aloi pateri 60%Sn-40%Pb dengan sampel aloi pateri stanum-plumbum-kuprum pilihan. Sampel 6 dengan peratusan beratnya 53.10%Sn-35.40%Pb-11.50%Cu merupakan sampel yang mempunyai kerintangannya elektrik paling rendah iaitu  $5.1631 \times 10^{-5} \Omega \cdot cm$  dan kekonduksian elektrik yang paling tinggi iaitu  $1.9363 \times 10^4 \Omega^{-1} cm^{-1}$ . Selain itu juga, sampel alternatif yang sesuai digunakan ialah Sampel 7 dengan peratusan berat 52.17%Sn-34.78%Pb-13.04%Cu kerana sampel ini juga mempunyai kerintangannya yang agak rendah dan kekonduksian yang juga tinggi berbanding sampel lain. Pertambahan kuprum dalam peratusan berat sampel aloi pateri telah menyebabkan kekonduksian elektrik meningkat dan kerintangannya elektrik berkurangan. Perbandingan di antara kedua-dua jenis aloi pateri telah menunjukkan bahawa aloi pateri 60%Sn-40%Pb mempunyai kerintangannya yang paling rendah dan kekonduksian elektrik yang paling tinggi.



## ABSTRACT

Stannum-plumbum-cuprum solder alloy with weight percentage from 59.41%Sn-39.60%Pb- 0.99%Cu to 52.17%Sn- 34.78%Pb- 13.04%Cu had prepared by using melting technique. Three types of composite namely stannum (Sn), plumbum (Pb) and copper (Cu) had melted by using the furnace. Sample that had produced was measured based on its' electrical resistivity and conductivity by using four point probe. The objective of this research is to compare the electrical resistivity and conductivity solder alloy of 60%Sn-40%Pb with alternative sample stannum-plumbum-copper. Sample 6 with weight percentage 53.10%Sn-35.40%Pb-11.50%Cu is the sample which has the lowest electrical resistivity  $5.1631 \times 10^{-5} \Omega.cm$  and the highest electrical conductivity is  $1.9363 \times 10^4 \Omega^{-1}cm^{-1}$ . Apart from that, alternative sample that is suitable to use is Sample 7 with weight percentage 52.17%Sn- 34.78%Pb- 13.04%Cu due to this sample has the lower electrical resistivity and high electrical conductivity compared with other samples. The increasing of copper weight percentage in solder alloy sample had caused the increasing of electrical conductivity while the electrical resistivity was decreased. The comparison between two types of solder alloys had shown that 60%Sn-40%Pb has the lowest and the highest electrical conductivity compared with others.





## KANDUNGAN

	Muka Surat
PENGAKUAN	i
PENGESAHAN	ii
PENGHARGAAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KANDUNGAN	vi
SENARAI JADUAL	ix
SENARAI RAJAH	x
SENARAI GRAF	xi
SENARAI FOTO	xii
SENARAI SIMBOL	xiii
<b>BAB 1      PENDAHULUAN</b>	
1.1    PENGENALAN	1
1.2    OBJEKTIF KAJIAN	2
1.3    SKOP KAJIAN	3



**BAB 2      ULASAN LITERATUR**

2.1	PENGENALAN	4
2.2	PEMATERIAN	5
2.3	PATERI LEMBUT	6
2.4	STANUM	7
2.5	KUPRUM	9
2.6	PLUMBUM	11
2.7	ALOI PATERI	12
2.8	PENDUGA EMPAT TITIK	15
2.9	FAKTOR PEMBETULAN	18
2.10	RALAT	19
2.11	KETIDAKPASTIAN	21

**BAB 3      BAHAN DAN METODOLOGI**

3.1	BAHAN DAN ALAT RADAS	23
3.1.1	BAHAN SAMPEL	24
3.1.2	ALATAN RADAS	25
3.2	METODOLOGI	30
3.2.1	PENYEDIAAN SAMPEL KAJIAN	30
3.2.2	KAEDAH PENDUGA EMPAT TITIK	32



**BAB 4 KEPUTUSAN DAN ANALISIS DATA**

4.1	PENYEDIAAN ALOI PATERI	34
4.2	PENGUJIAN SAMPEL	35
4.3	KERINTANGAN DAN KEKONDUKSIAN ELEKTRIK	35

**BAB 5 KESIMPULAN** 42

RUJUKAN	44
LAMPIRAN A	47
LAMPIRAN B	48
LAMPIRAN C	49
LAMPIRAN D	50
LAMPIRAN E	56
LAMPIRAN F	58
LAMPIRAN G	60



## SENARAI JADUAL

No.	Tajuk Jadual	Muka Surat
2.1	Ciri-ciri utama logam stanum	8
2.2	Ciri-ciri utama logam kuprum	10
2.3	Ciri-ciri utama logam plumbum	12
2.4	Aloi pateri dan ciri-cirinya	13
2.5	Kelebihan dan kelemahan aloi pateri	15
3.1	Alat radas atau peralatan yang digunakan dalam kajian	23
3.2	Set sampel aloi pateri stanum-plumbum-kuprum	31
4.1	Data-data bagi nilai voltan per arus $\left(\frac{V}{I}\right)$ bagi bahan-bahan sampel yang berlainan peratusan berat	47
4.2	Data-data bagi diameter $d$ bagi setiap bahan sampel yang berlainan peratusan berat	48
4.3	Data-data bagi ketebalan, $t$ bagi setiap sampel yang berlainan peratusan berat	49
4.4	Nilai kerintangan elektrik, $\rho$ dan kekonduksian elektrik, $\sigma$ bagi peratusan berat sampel	37
4.5	Perbandingan kerintangan dan kekonduksian elektrik di antara aloi pateri 60%Sn-40%Pb dan Sampel 6	41





**SENARAI RAJAH**

No.	Tajuk Rajah	Muka Surat
2.1	Gambar rajah skematik penduga empat titik	16
3.1	Rajah skematik penduga empat titik	29



**SENARAI GRAF**

No.	Tajuk Graf	Muka Surat
4.1	Graf kerintangan elektrik bagi sampel-sampel aloi pateri Sn-Pb-Cu	38
4.2	Graf kekonduksian elektrik bagi sampel-sampel aloi pateri Sn-Pb-Cu	39



**SENARAI FOTO**

No.	Tajuk Foto	Muka Surat
3.1	Angkup Vernier	25
3.2	Tolok skru mikrometer	26
3.3	Penimbang Mettler Toledo PB 303-S	27
3.4	Pelan Carbolite CWF 1200	28
3.5	Pelan Heraus Instruments	28
3.6	Peralatan Penduga empat titik Signatone dilengkapi dengan Keithley Model 2400 Series SourceMeter	30
3.7	Acuan besi yang digunakan untuk membentuk aloi pateri	32



## SENARAI SIMBOL

Sn	Stanium
Pb	Plumbum
Cu	Kuprum
$\beta$	Beta
$\alpha$	Alpha
$^{\circ}\text{C}$	Darjah Celcius
$\text{Cu}^{+}$	Ion Kupros
$\text{Cu}^{++}$	Ion Kuprik
$\Omega$	Ohm
cm	Centimeter
Xe	Xenon
PbS	Galena
$\text{PbCO}_3$	Cerussite
$\text{PbSO}_4$	Anglesite
Ag	Argentum
% IACS	International Annealed Copper Standard Percentage
$I_c$	Arus Genting
$V$	Voltan
$I$	Arus





$\rho$	Kerintangan Elektrik
$s$	Jarak di antara titik-titik penduga empat titik
$d$	Diameter
$F$	Faktor Pembetulan
$\sigma$	Kekonduksian Elektrik
$\bar{x}$	Purata
PCB	Cetakan Papan Litar
W	Watt

## BAB 1

### PENDAHULUAN

#### 1.1 PENGENALAN

Kajian ini dilakukan adalah untuk menyediakan sampel aloi pateri stanum (Sn) - plumbum (Pb) - kuprum (Cu). Sampel aloi pateri ini terdiri daripada tujuh set sampel yang berlainan peratusan berat dari 59.41%Sn-39.60%Pb-0.99% Cu sehingga 52.17% Sn-34.78%Pb-13.04%Cu. Sifat-sifat kerintangan dan kekonduksian elektrik set aloi ini dikaji dengan lebih lanjut. Sebab utama mengapa kajian ini dijalankan adalah untuk membandingkan aloi pateri stanum-plumbum dengan aloi pateri stanum-plumbum-kuprum.

Pateri ialah sejenis aloi yang digunakan untuk mencantumkan komponen elektrik pada permukaan logam. Terdapat empat jenis pateri iaitu pateri plumbum (Pb), pateri keras, pateri teras berfluks dan pateri bebas plumbum. Pateri yang biasa digunakan ialah pateri plumbum. Nisbah peratusan berat yang biasa digunakan untuk pateri ini ialah 60%Sn:40%Pb dan 63%Sn:37%Cu. Nisbah 63%Sn:37%Pb adalah sejenis sebatian istimewa yang mana ia adalah sebatian eutektik. Sebatian eutektik ialah sebatian pejal



yang mana ia mempunyai dua atau lebih bahan bergabung di dalamnya dan ia mempunyai takat beku yang paling rendah hasil daripada gabungan bahan-bahan tersebut.

## 1.2 OBJEKTIF KAJIAN

Kajian ini dilakukan adalah bertujuan :

- i. Untuk menyediakan aloi pateri stanum-plumbum-kuprum daripada peratusan berat dari 59.41%Sn-39.60%Pb-0.99%Cu sehingga 52.17%Sn-34.78%Pb-13.04%Cu.
- ii. Untuk menguji sifat-sifat kerintangan dan kekonduksian elektrik bagi setiap sampel aloi pateri stanum-plumbum-kuprum.
- iii. Membuat kesimpulan peratusan sampel yang manakah yang paling sesuai untuk dijadikan aloi pateri stanum-plumbum-kuprum.
- iv. Membandingkan kerintangan dan kekonduksian elektrik aloi pateri 60%Sn-40%Pb dengan sampel pilihan stanum-plumbum-kuprum.



### 1.3 SKOP KAJIAN

Set aloi pateri stanum-plumbum-kuprum yang mempunyai peratusan berat dari 59.41%Sn-39.60%Pb-0.99%Cu sehingga 52.17%Sn-34.78%Pb-13.04%Cu. Sifat-sifat kerintangan elektrik dan kekonduksian elektrik bagi tujuh set aloi pateri ini dikaji.





## BAB 2

### ULASAN LITERATUR

#### 2.1 PENGENALAN

Menurut Alan Isaacs (2000), aloi ialah suatu bahan yang mana terdiri daripada dua atau lebih logam. Ia boleh terhasil samada daripada bahan logam dengan bahan logam yang lain atau bahan logam dengan bahan bukan logam. Sebagai contoh, bahan logam dengan bahan logam adalah tembaga. Ia datangnya daripada kuprum dan zink. Manakala aloi keluli terhasil daripada besi (ferum) dan karbon, dan kadangkala ia ditambah dengan bahan logam lain. Aloi boleh berada dalam bentuk campuran, sebatian pejal atau campuran kedua-dua komponen tersebut.

Sepuluh daripada seribu aloi mempunyai elemen seperti logam yang terdapat di dalam jadual berkala. Aloi digunakan kerana ia mempunyai sifat-sifat khas atau ciri-ciri pembuatan yang mana lebih menarik daripada bahan-bahan asli iaitu unsur logam. Contohnya, sesetengah aloi memiliki kekuatan yang tinggi, takat lebur yang rendah, kerintangan yang rendah. Ada juga aloi yang susah untuk dikawal pada suhu takat lebur yang tinggi. Terdapat juga aloi yang mempunyai keistimewaan untuk tahan karat dan ada



juga aloi yang mempunyai sifat-sifat kemagnetan, termal dan elektrik. Kesemua sifat ini terhasil daripada struktur dalaman dan elektronik aloi tersebut. Kebiasaannya, aloi adalah lebih keras daripada bahan-bahan asalnya dan ianya mempunyai kekonduksian elektrik yang rendah.

Pateri ialah sejenis aloi yang digunakan untuk menyambung permukaan-permukaan logam. Pateri lembut melebur pada suhu 200-300 °C dan ianya terdiri daripada aloi stanum-plumbum. Kehadiran stanum pada 80% adalah untuk merendahkan takat lebur dan pada 31% ianya akan meningkatkan takat lebur aloi pateri lembut. Pateri keras biasanya mempunyai logam perak (*argentum*) di dalam aloi (Isaacs, 2000).

## 2.2 PEMATERIAN

Sekarang, terdapat pelbagai jenis barangan elektrik dan elektronik di pasaran. Samada dari sekecil-kecil telefon sehinggalah sebesar-besar televisyen. Hampir semua barangan elektrik dan elektronik ini menggunakan pematerian untuk menyambungkan komponen-komponen logam. Setiap perubahan pada teknologi pematerian ini samada kecil atau besar akan memberi kesan yang besar terhadap industri-industri lain. Perubahan-perubahan yang sering kali dikaji termasuk sifat-sifat fizikal, mekanikal, termal dan sifat-sifat yang lain bagi aloi pateri terhadap sebarang perubahan suhu, titik atau takat lebur, kerintangan dan kekonduktivitan elektrik (Halliday *et al.*, 2001).



Pematerian ialah proses yang membabitkan sambungan elektrik dan sambungan mekanikal antara logam yang mana penyambungan yang dilakukan dipanggil pematerian lembut. Pematerian dilakukan dengan suhu yang tepat dengan menggunakan besi pematerian. Kebanyakan kerja-kerja elektronik yang melibatkan litar-litar elektronik yang kecil dan kompleks memerlukan besi pematerian yang amat bagus di mana kerintangan bahan pateri tersebut adalah rendah dan kekonduksian elektriknya pula adalah tinggi (Kang, 2002).

### 2.3 PATERI LEMBUT

Pateri lembut ialah sejenis pateri yang mempunyai takat lebur yang rendah dan contoh pateri yang biasa digunakan ialah aloi plumbum stanum (McGraw Hill Encyclopedia of Science and Technology, 2003). Pateri lembut menjadikan penggunaan stanum kedua terbesar kira-kira 23 peratus daripada jumlah keseluruhan penggunaan stanum. Dari dua puluh tahun lepas, terdapat berbagai-bagai jenis corak teknologi dibangunkan di serata negara (Barry & Thwaites, 1983).

Proses pematerian lembut ditakrifkan sebagai satu teknik penyambungan logam yang melibatkan satu bahan pateri yang dapat membasahi permukaan bagi kedua-dua logam supaya satu penyambungan terbentuk dengan tempoh masa membeku yang pendek (Landers *et al.*, 1994). Pematerian lembut dicirikan sebagai nilai takat lebur logam ketiga ataupun aloi yang mana suhunya dibawah 450 °C.





Menurut Ani Idris dan Jasni Hashim (1997), proses pematerian lembut mempunyai prinsip yang sama dengan bahan pengisi lebur pada suhu yang rendah. Cecair pengisi ini akan ditarik melalui tindakan rerambut (capillary action) ke dalam sela kecil di antara bahagian yang hendak dipateri. Kebaikan menggunakan proses ini adalah sambungan yang dibuat pada suhu rendah supaya terdapat sedikit sahaja herotan haba pada bahagian bahan dan terdapat sedikit perubahan pada mikrostruktur logam induk.

## 2.4 STANUM

Stanum digunakan dalam pelbagai jenis produk industri. Meskipun begitu, jumlah pengeluaran stanum seluruh dunia adalah kecil iaitu 200 000 tan per setahun. Ini adalah lebih jauh berbeza dengan pengeluaran logam-logam lain seperti kuprum, plumbum dan zink iaitu di antara 3 juta dan 9 juta tan setahun (Barry & Thwaites, 1983).

Stanum mendapat tempatnya di dalam industri dengan sifat-sifat asasnya. Sebagai logam, ciri-ciri yang paling penting ialah mempunyai takat lebur yang rendah, berkebolehan untuk membentuk aloi dengan logam lain, tidak bertoksid dan tahan karat. Stanum dan aloi-aloi daripadanya juga mempunyai kebolehan yang cemerlang dalam menahan filem minyak (Barry & Thwaites, 1983).

Stanum adalah elemen kimia di dalam jadual berkala yang mempunyai simbol Sn dan nombor atom 50. Ia berwarna perak keputihan. Logam ini mudah ditempa (malleable) dan juga tidak mudah teroksida di udara. Stanum adalah logam yang tahan karat dan





## RUJUKAN

- Abtew, M & Selvaduray, G., 2000. *Lead-Free Solders in Microelectronics*. Materials Science and Engineering. 27.
- Ani Idris & Jasmi Hashim (ptjr.), 1997. *Pengenalan Kepada Bahan Kejuruteraan. Ed. Ke-3*. Universiti Teknologi Malaysia, Johor.
- Barry, B. T. K & Thwaites, C. J., 1983. *Tin and Its Alloys and Compounds*. Ellis Horwood Limited, West Sussex, England.
- Butts, A. (eds.), 1970. *Copper The Science and Technology of The Metal, Its Alloys and Compounds*. Hafner Publishing Company Inc., New York, United State of America.
- Faulk, R. O. & Gray, J. S., 2006. *Getting the Lead Out? The misuse of public nuisance litigation*.
- Goosey, M., 2008. *An Overview of the Current Status of Lead-Free Assembly and Related Issues*. Rohm and Haas Electronic Materials Europe Ltd. Coventry, United Kingdom.
- Halliday, D., Resnick, R. & Walker, J., 2005. *Fundamental of Physics. Ed. Ke-7*, John Wiley & Sons, New York, United State of America.
- Heskel, D. L., 1983. *A Model for the Adoption of Metallurgy in the Ancient Middle East*. Current Anthropology 24 (3): 362-366. doi:10.1086/203007.



- Isaacs, A. (eds.), 2000. *Oxford Dictionary of Physics*. Oxford University Press Inc., New York, United State of America.
- Kang, S. K., 2002. *Recent Progress in Lead (Pb) Free Solders and Soldering Technology*, IBM T. J. Watson Research Centre, USA.
- Landers, T. L., Brown, W. F., Fant, E. W., Malstrom, E. M., dan Schmitt, N. M., 1994. *Electronic Manufacturing Process*. Prentice-Hall, United States of America.
- Lee, Ning-Cheng, 2005. *Getting Ready For Lead Free Solders*. Indium Corporation of America, Utica, New York, United State of America.
- Manko, H. H., 1992. *Solders and Soldering, Material, Design, Production and Analysis for Reliable Bonding*. 3rd Edition. McGraw-Hill Inc., New York, United State of America.
- Nor Aini Naim, Muhanad Shaiedi Ishak, V. Vijayakumar, Thum Ann, Kang Chi Keng, Bahbibbi Rahmatullah, Faezah Jasman, Mohd Zaki Mas'ud, Mohd Rahimi Yusoff, 2003. *Experimental Physics An Introduction*. Prentice Hall Pearson, Petaling Jaya, Malaysia.
- Razak Hj. Lajis, 1996. *Racun*. Universiti Sains Malaysia. <http://www.prn2.usm.my/mainsite/bulletin/racun/1996/plumbum.html>.
- Rong Chen & Fuqian Yang, 2008. *Electrocontact Heating in a Sn60-Pb40 Solder Alloy*. Journal of Physics D: Applied Physics **41**. IOP Publishing.
- Roslan Abd. Shukor, 1996. *Superkonduktor Konvensional dan Suhu Tinggi*. Pencetakan Dewan Bahasa dan Pustaka, Hulu Kelang, Selangor.
- Schroder, D. K., 1990. *Semiconductor Material and Device Characterization*. John Wiley & Sons, Inc., Canada.



Sekolah Sains dan Teknologi, 2006. *Panduan Penulisan Disertasi*. Ed. Ke-3. Universiti Malaysia Sabah, Kota Kinabalu, Sabah.

Seelig, K, Suraski. D, 2003. *A comparison of tin-silver-copper lead free solder alloys*. AIM Corporated.

*The Columbia Electronic Encyclopedia*, 2003. Edisi ke-6, Columbia University Press.

Walsh, R. A., 2000. *Electromechanical Design Handbook*, 3rd Edition. McGraw-Hill Professional, New York, United State of America.

Wikipedia, 2007. <http://en.wikipedia.org/wiki/copper>.

