



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGARUH UNSUR Zn TERHADAP  
KARAKTERISTIK TERMAL DAN MORFOLOGI  
PERMUKAAN PADUAN LOGAM MATERIAL  
SOLDER Sn-Cu-Zn**

**TESIS**

**ARIE HARTANTO**

**1006733221**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
PROGRAM STUDI ILMU MATERIAL  
SALEMBA  
JULI 2012**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**PENGARUH UNSUR Zn TERHADAP  
KARAKTERISTIK TERMAL DAN MORFOLOGI  
PERMUKAAN PADUAN LOGAM MATERIAL  
SOLDER Sn-Cu-Zn**

**TESIS**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar magister kimia**

**ARIE HARTANTO**

**1006733221**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**PROGRAM STUDI ILMU MATERIAL**

**SALEMBA**

**JULI 2012**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Tesis ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Arie Hartanto , S.Si

NPM : 1006733221

Tanda Tangan : 

Tanggal : 20 Juli 2012

## HALAMAN PENGESAHAN

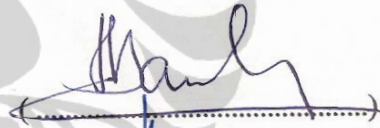
Tesis ini diajukan oleh:

Nama : Arie Hartanto , S.Si  
NPM : 1006733221  
Program Studi : Ilmu Material  
Judul Tesis : Pengaruh Unsur Zn terhadap Karakteristik Termal dan Morfologi Permukaan Paduan logam Material Solder Sn-Cu-Zn

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Sains pada Program Studi Ilmu Material, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia.

### DEWAN PENGUJI

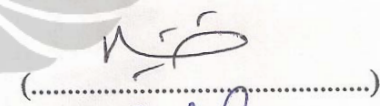
Pembimbing : Dr. Bambang Soegijono



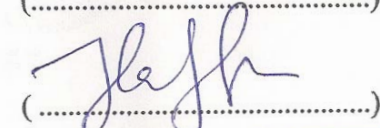
Penguji I : Dr. Azwar Manaf, M. Met.



Penguji II : Dr. Budhy Kurniawan



Penguji III : Dr. Muhammad Hikam



Ditetapkan di : Salemba  
Tanggal : 6 Juli 2012

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan tesis ini. Penulisan tesis ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai kelulusan Program Magister Ilmu Material Departemen Fisika pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia.

Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan tesis ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan tesis ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Bapak Dr. Bambang Soegijono selaku dosen pembimbing dan Ketua Program Studi Ilmu Material yang selalu menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan tesis ini;
- (2) Para dosen pengajar di program pascasarjana ilmu material yang telah mentransfer ilmu yang amat berharga dan member inspirasi.
- (3) Para dosen penguji yang telah bersedia memberi masukan dan koreksi untuk tesis ini.
- (4) Orang tua, istriku Farah Nurlidar tercinta dan putra putriku Fathi Khairullah Yusuf dan Athiah Khairunnisa Salsabila serta keluarga besar saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral; dan
- (5) Rekan-rekan seperjuangan S2 ilmu Material angkatan 2010 serta semua pihak yang tidak dapat saya sebut satu persatu yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan tesis ini.

Akhir kata, saya berharap Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga tesis ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

**Penulis**

2012

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Arie Hartanto , S.Si  
NPM : 1006733221  
Program Studi : Ilmu Material  
Departemen : Fisika  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Jenis karya : Tesis

demikian demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Pengaruh Unsur Zn terhadap Karakteristik Termal dan Morfologi Permukaan Paduan logam Material Solder Sn-Cu-Zn

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Salemba  
Pada tanggal : 20 Juli 2012  
Yang menyatakan



(Arie Hartanto)

## ABSTRAK

Nama : Arie Hartanto , S.Si  
Program Studi : Ilmu Material  
Judul Tesis : Pengaruh Unsur Zn terhadap Karakteristik Termal dan Morfologi Permukaan Paduan logam Material Solder Sn-Cu-Zn

Meningkatnya kekhawatiran terhadap dampak dari penggunaan Pb dari sisi kesehatan mendorong industri-industri elektronik mulai mencari material solder bebas Pb. Paduan yang berpotensi sebagai material solder pengganti Sn-Pb adalah Sn-0,7Cu, tetapi paduan tersebut memiliki titik leleh tinggi yaitu 216-227 °C, paduan lain yang berpotensi besar adalah Sn-9Zn dengan titik leleh 199° C, tetapi Zn sangat mudah teroksidasi dan mengalami korosi. Pada penelitian ini akan dilakukan pembuatan dan karakterisasi paduan 3 logam (*ternary system*) yaitu Sn-Zn-Cu, paduan baru ini diharapkan dapat memperbaiki kelemahan dari paduan Sn-Cu dan Sn-Zn. Karakterisasi paduan logam Sn-Cu-Zn menggunakan XRF (*X-Ray Fluorescence*) dan XRD (*X-Ray Diffraction*) menunjukkan adanya logam Sn, Cu dan Zn dalam setiap paduan logam dengan komposisi (% berat) Sn-0,8Cu, Sn-0,6Cu-10,4Zn dan Sn-0,5Cu-23,6Zn. Paduan logam Sn-0,5Cu-23,6Zn adalah paduan logam yang paling berpotensi sebagai pengganti Sn-37Pb, dengan titik leleh terendah 204,13 °C, nilai *pasty range* 9,33 °C yang mendekati paduan logam Sn-37Pb dan nilai *heat of fusion*/ΔH 65,33 J/g yang lebih rendah dari paduan Sn-37Pb.

Kata kunci : Material solder bebas Pb, paduan logam Sn-Cu-Zn,  
Karakteristik termal, *pasty range*  
xiii+50 halaman : 21 gambar; 6 tabel  
Daftar Pustaka : 20 (1989-2012)

## ABSTRACT

Name : Arie Hartanto, S.Si  
Study Program : Materials Science  
Thesis title : Effect of Zn element on Thermal Characteristics and Surface Morphology of Metal Alloys Sn-Cu-Zn Solder Material

Increasing concerns over the impact of the use of Pb from the health side drive electronics industries began to search for Pb-free solder material. Alloy material that has potential as a substitute for Sn-Pb solder is Sn-0.7Cu, but these alloys have high melting point is 216-227 °C, another potential alloys are Sn-9Zn in melting point of 199 ° C, but Zn is susceptible to oxidation and corrosion experience. This research will be done the manufacture and characterization of metal alloy 3 (ternary system) the Sn-Zn-Cu, the new alloy is expected to improve the weaknesses of the alloy Sn-Cu and Sn-Zn. Characterization metal alloy Sn-Cu-Zn used XRF (X-Ray Fluorescence) and XRD (X-Ray Diffraction) indicate the presence of metallic Sn, Cu and Zn in each metal alloy with a composition (wt%) Sn-0.8Cu, Sn-0.6Cu-10.4Zn dan Sn-0.5Cu-23.6Zn. Sn-0.5Cu-23.6Zn is metal alloy with the most potential as a replacement for Sn-37Pb, with the lowest melting point 204.13 °C, the pasty range is close to 9.33 ° C metal alloy Sn-37 Pb and the heat of fusion/ $\Delta H$  65.33 J/g lower than Sn-37Pb alloy. Surface characterization using SEM (Scanning Electron Microscopy) show the existence of phases rich in Sn, Cu-Zn and Zn-rich alloy surfaces supported by the data of EDS (Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy)

Keywords : Pb-free solder materials, metal alloys Sn-Zn-Cu, thermal characteristics, pasty range  
xiii +50 pages : 21 pictures, 6 tables  
Bibliography : 20 (1989-2012)



## DAFTAR ISI

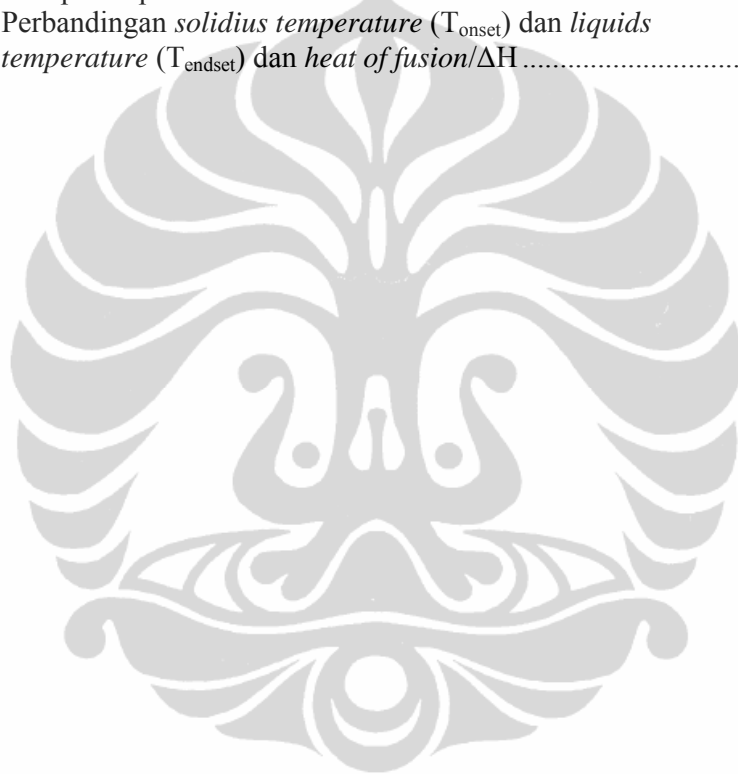
	<b>Halaman</b>
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....	iii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH .....	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
1. PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Hipotesa Penelitian.....	4
1.5 Manfaat penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
2. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Dasar Penyolderan.....	6
2.2 Material solder berbasis Pb .....	8
2.3 Pemilihan Paduan Logam sebagai material solder pengganti Pb.....	9
2.4 Paduan Logam Sn-Cu.....	12
2.5 Paduan Logam Sn-Zn.....	15
3. METODE PENELITIAN.....	16
3.1 Lokasi Penelitian .....	16
3.2 Metodologi Penelitian .....	16
3.3 Diagram Kerja Penelitian .....	16
3.4 Variasi Paduan Sn-Cu-Zn.....	17
3.5 Karakterisasi Sampel.....	17
3.5.1 Karakterisasi dengan menggunakan XRD ( <i>X-Ray</i> <i>Diffraction</i> ).....	17
3.5.2 Karakterisasi dengan menggunakan XRF ( <i>X-Ray</i> <i>Fluorescence</i> ).....	17
3.5.3 Karakterisasi dengan menggunakan DSC ( <i>Differential Scanning</i> <i>Calorimetry</i> ).....	18
3.5.4 Karakterisasi dengan menggunakan SEM ( <i>scanning electron</i> <i>microscopy</i> ).....	19

4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	20
4.1 Hasil uji XRF ( <i>X-Ray Fluorescence</i> ) paduan logam Sn-Cu-Zn.....	20
4.2 Karakterisasi XRD ( <i>X-Ray Diffraction</i> ) paduan logam Sn-Cu-Zn.....	23
4.3 Karakterisasi termal paduan logam Sn-Cu-Zn.....	25
4.4 Karakterisasi morfologi permukaan paduan logam Sn-Cu-Zn.....	30
5. KESIMPULAN DAN SARAN.....	34
5.1 Kesimpulan .....	34
5.2 Saran.....	34
DAFTAR PUSTAKA .....	35
LAMPIRAN.....	37



## DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
Tabel 2.1	Temperatur leleh dari paduan logam Sn-Pb dan paduan logam bebas Pb ..... 11
Tabel 2.2	Kapasitas produksi dari beberapa logam yang berpotensi sebagai material solder pengganti Pb..... 12
Tabel 4.1	Puncak XRF dan transisi elektron sampel 1 ..... 21
Tabel 4.2	Puncak XRF dan transisi elektron sampel 2 ..... 22
Tabel 4.3	Komposisi paduan solder Sn-Cu-Zn ..... 23
Tabel 4.2	Perbandingan <i>solidus temperature</i> ( $T_{onset}$ ) dan <i>liquids temperature</i> ( $T_{endset}$ ) dan <i>heat of fusion</i> / $\Delta H$ ..... 28



## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
Gambar 2.1 Senyawa IMC pada material solder SAC (Sn-Ag-Cu).....	7
Gambar 2.2 Profil panas selama proses penyolderan.....	7
Gambar 2.3 Diagram fasa paduan logam Sn-Pb .....	8
Gambar 2.4 Pengamatan struktur mikro paduan logam Sn-0,7 Cu.....	13
Gambar 2.5 Diagram fasa biner paduan logam Sn-Cu.....	14
Gambar 2.6 Senyawa IMC $Cu_5Sn_6$ pada material solder Sn-Ag-Cu.....	14
Gambar 2.7 Diagram fasa biner paduan logam Sn-Zn.....	15
Gambar 3.1 Diagram kerja penelitian .....	16
Gambar 4.1 Spektrum XRF sampel 1 .....	21
Gambar 4.2 Spektrum XRF sampel 2 .....	22
Gambar 4.3 Spektrum XRF sampel 3 .....	23
Gambar 4.4 Pola difraksi paduan logam (a) Sn-0,8Cu, (b)Sn-0,6Cu-10,4Zn dan (c) Sn-0,5Cu-23,6Zn .....	24
Gambar 4.5 Pola difraksi paduan logam Sn-0,5Cu-23,6Zn.....	25
Gambar 4.6 Kurva DSC paduan logam Sn-0,8Cu, (b) Sn-0,6Cu-10,4Zn dan (c) Sn-0,5Cu-23,6Zn .....	26
Gambar 4.7 Kurva DSC ( <i>Differential Scanning Calorimetry</i> ) paduan solder Sn-0,8Cu, (b) Sn-0,6Cu-10,4Zn dan (c) Sn-0,5Cu-23,6Zn .....	27
Gambar 4.8 Gambar SEM paduan logam Sn-0,8Cu pada perbesaran 2000 dan 4000 X.....	30
Gambar 4.9 Spektrum EDS paduan logam Sn-0,8Cu .....	31
Gambar 4.10 Gambar SEM paduan logam Sn-0,6Cu-10,4Zn pada perbesaran 500 dan 4000 X .....	32
Gambar 4.11 Spektrum EDS paduan logam Sn-0,6Cu-10,4Zn .....	32
Gambar 4.12 Gambar SEM paduan logam Sn-0,5Cu-23,6Zn pada perbesaran 1000 dan 4000 X.....	33
Gambar 4.13 Spektrum EDS paduan logam Sn-0,5Cu-23,6Zn .....	33

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Data Analisis Difraksi Sinar-X .....	37
Lampiran 2	Data Analisis DSC ( <i>Differential Scanning Calorimetry</i> ).....	42
Lampiran 3	Data Analisis EDS ( <i>Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy</i> ) ...	45
Lampiran 4	Data Analisis XRF ( <i>X-Ray Fluorescence</i> ).....	48



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Material solder merupakan material yang sangat penting dalam industri elektronik. Material solder yang banyak dipakai adalah paduan logam Sn-37Pb dan Sn-36Pb-2Ag, paduan ini memiliki banyak kelebihan diantaranya yaitu harga murah, sifat soldering yang baik, titik leleh rendah dan bisa bergabung dengan baik secara fisik. Akan tetapi, Pb merupakan logam berat, bersifat toksik dan sangat berbahaya terhadap kesehatan makhluk hidup. Berdasarkan ISO 9453, batas maksimal Pb yang diperbolehkan dalam solder hanya 0,1% (JEITA, 2004).

Sejak 1 juli 2006, negara-negara uni Eropa telah menerbitkan peraturan *Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE)* dan *Restriction of Hazardous Substances Directive (RoHS)* tentang daur ulang limbah elektronik dan pembatasan penggunaan unsur-unsur berbahaya dalam produk elektronik diantaranya solder yang mengandung Pb (JEITA, 2004; Garcia, et al., 2010). WEEE juga telah menetapkan bulan January 2008 sebagai hari dimulainya produk-produk elektronik bebas timbal. Meskipun di Indonesia penggunaan Pb dalam solder untuk keperluan elektronik belum dilarang. Meningkatnya kekhawatiran terhadap dampak dari penggunaan Pb dari sisi kesehatan mendorong industri-industri elektronik mulai mencari material solder bebas Pb sebagai pengganti material solder Sn-Pb yang selama ini digunakan (Chen, at al., 2007). Produk elektronik tanpa kandungan timbal dianggap sebagai produk hijau dan juga merupakan tren pasar untuk saat ini.

Solder Sn-Pb mempunyai komposisi 63Sn -37Pb (% berat), menurut diagram fasa Sn-Pb, komposisi ini dekat dengan titik eutektiknya dan mempunyai temperatur leleh rendah yaitu sekitar 183°C, paduan ini kemudian dikenal sebagai solder Sn-Pb eutektik. Sebagai material solder, paduan logam Sn-Pb memiliki beberapa keunggulan diantaranya titik leleh yang rendah, harga yang murah, sifat-sifat soldering dan sifat mekanik yang baik.

Keunggulan Sifat Pb yang baik berdampingan dengan Sn pada paduan solder tentunya tidak mudah bisa digantikan oleh unsur lain sebagai pengganti Pb. Beberapa paduan logam yang paling menjanjikan untuk digunakan sebagai material solder bebas Pb diantaranya paduan logam Sn-Cd, Sn-Ga-Ag, Sn-Ag, Sn-Cu, Sn-Ag-Cu, Sn-Zn, Sn-Bi, Sn-In dan Sn-Sb (Chen, et al., 2007; Wu, et al., 2002). Akan tetapi beberapa logam dalam paduan tersebut memiliki beberapa kelemahan diantaranya harga Ag/perak yang mahal, ketersediaan Bi/Bismuth dimasa yang akan datang karena Bi merupakan produk samping pada penambangan Pb, selain itu Bi juga memiliki konduktivitas termal dan listrik yang kurang baik, kadmium/Cd memiliki dampak negatif terhadap toksisitas dan pencemaran lingkungan, sedangkan In dan Ga ketersediaannya di alam sangat sedikit (Seelig, 1995).

Material yang akan digunakan sebagai material solder bebas timbal diharuskan memenuhi beberapa kriteria penting diantaranya yaitu: tidak toksik, ketersediaannya tinggi, harga murah, tahan terhadap korosi, titik leleh rendah ( $< 200^{\circ}\text{C}$ ), dan kompatibel dengan flux yang sudah ada, paduan yang memenuhi Kriteria ini adalah paduan berbasis Sn. (Kattner, 2002; Islam, et al., 2005).

Penelitian tentang material solder bebas Pb biasanya diutamakan pada titik leleh paduan logam yang biasanya diambil pada titik eutektik pada diagram fasa setiap paduan logam, diharapkan paduan logam yang akan dibuat memiliki titik leleh yang mendekati atau lebih rendah dari paduan Sn-37Pb yaitu sekitar  $183^{\circ}\text{C}$ . Salah satu paduan biner yang berpotensi sebagai material solder bebas Pb berbasis logam Sn adalah paduan Sn-0,7Cu, paduan logam ini pada titik eutektiknya memiliki titik leleh  $227^{\circ}\text{C}$  (C.M.L.Wu, 2002; Nurhati, 2010). Keuntungan utama pada paduan logam ini adalah harganya lebih murah dibanding material solder bebas Pb yang lainnya, tetapi memiliki kelemahan yaitu titik leleh yang cukup tinggi ( $>200^{\circ}\text{C}$ ) (Turbini, 2007). Paduan logam lain seperti paduan Sn-3,5Ag dan Sn-3,8Ag-0,7Cu merupakan material yang juga berpotensi sebagai material solder pengganti Sn-Pb, akan tetapi paduan logam tersebut juga memiliki titik leleh yang cukup tinggi yaitu sekitar  $216-227^{\circ}\text{C}$ .

Paduan logam lain yang berpotensi besar adalah paduan Sn-9Zn dengan titik leleh 199° C. Walaupun paduan ini memiliki titik leleh yang cukup rendah (< 200°C), paduan ini memiliki kelemahan yaitu Zn sangat mudah teroksidasi sehingga mudah bereaksi dengan logam-logam lain disekitarnya (Masaaki, 2007).

Hal lain yang harus diperhatikan dalam pemilihan material solder bebas Pb adalah ketersediaan dan harga bahan baku penyusun material solder. Ketersediaan bahan baku di masa sekarang dan yang akan datang menjamin keberlangsungan produksi dan penggunaan material solder di masa yang akan datang. Diantara material logam yang berpotensi sebagai material solder bebas Pb, Cu dan Zn memiliki kapasitas produksi terbesar didunia yaitu sebesar 10.200.000 dan 7.600.000 ribu per tahun. Produksi dunia dan kapasitas produksi dunia memberikan sedikit gambaran mengenai dan tersedia dalam jumlah yang cukup sehingga menjamin keberlangsungan produksinya di masa yang akan datang, sehingga pada penelitian ini difokuskan pada paduan logam berbasis Sn, Cu dan Zn.

Pada penelitian ini akan dilakukan karakterisasi paduan 3 logam (*ternary system*) yaitu Sn-Zn-Cu, dengan paduan baru ini diharapkan dapat memperbaiki kelemahan dari paduan Sn-Cu dan Sn-Zn seperti yang telah disebutkan di atas. Pengujian yang akan dilakukan terhadap paduan logam tersebut adalah analisa termal menggunakan alat DSC (*Differential Scanning Calorimetry*), XRF (*X-ray Fluoresence*), *X-ray diffraction/XRD* dan analisa morfologi permukaan menggunakan SEM (*scanning electron microscopy*).



## 1.2 Perumusan Masalah

Meningkatnya kekhawatiran terhadap dampak pencemaran Pb dari komponen dan produk elektronik yang mengandung material solder Sn-Pb mendorong dilakukannya penelitian tentang material solder bebas Pb sebagai pengganti material solder Sn-Pb yang selama ini digunakan. Berdasarkan latar belakang permasalahan tersebut, pada penelitian ini akan dipelajari pengaruh penambahan Cu dan Zn pada paduan logam Sn terhadap temperatur leleh, karakteristik termal dan struktur permukaannya.

## 1.3 Tujuan dan batasan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Membuat dan mengkarakterisasi material solder Sn- Cu-Zn
2. Mengamati perubahan karakteristik termal (titik leleh, *pasty range* dan *heat of fusion*  $\Delta H$ ) dari paduan logam menggunakan DSC (*Differential Scanning Calorimetry*).
3. Mengamati morfologi permukaan paduan logam menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscopy*).

## 1.5 Hipotesa Penelitian

Penambahan Zn akan mempengaruhi temperatur leleh, *pasty range*, *heat of fusion*  $\Delta H$  dan struktur permukaan pada paduan Sn-Cu

## 1.5. Manfaat Penelitian

Material Solder Sn-Cu-Zn yang digunakan yang dihasilkan dalam penelitian ini dapat digunakan sebagai alternatif material solder bebas Pb dengan kelebihan-kelebihannya yaitu murah, memiliki titik leleh rendah, memiliki sifat-sifat soldering yang baik dan tidak toksik.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tesis ini adalah sebagai berikut:

Bab 1 menjelaskan tentang latar belakang permasalahan, perumusan masalah, tujuan penelitian, hipotesa penelitian dan manfaat penelitian.

Bab 2 menjelaskan tentang tinjauan pustaka yang berisi teori dasar yang dipergunakan dalam penelitian ini.

Bab 3 menjelaskan tentang metode eksperimen yaitu prosedur yang dilakukan dalam eksperimen

Bab 4 menjelaskan tentang analisa dan pembahasan mengenai hasil yang diperoleh dalam penelitian ini.

Bab 5 menjelaskan tentang kesimpulan dan saran dari hasil penelitian.



## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

Material solder Sn-37Pb telah lama digunakan secara luas di bidang industri, dikarenakan harganya yang murah, sifat solder yang baik dan temperatur lelehnya yang rendah. Namun isu pencemaran lingkungan dan kesehatan berkaitan dengan penggunaan unsur Pb mendorong dilakukannya penelitian mengenai material solder bebas Pb.

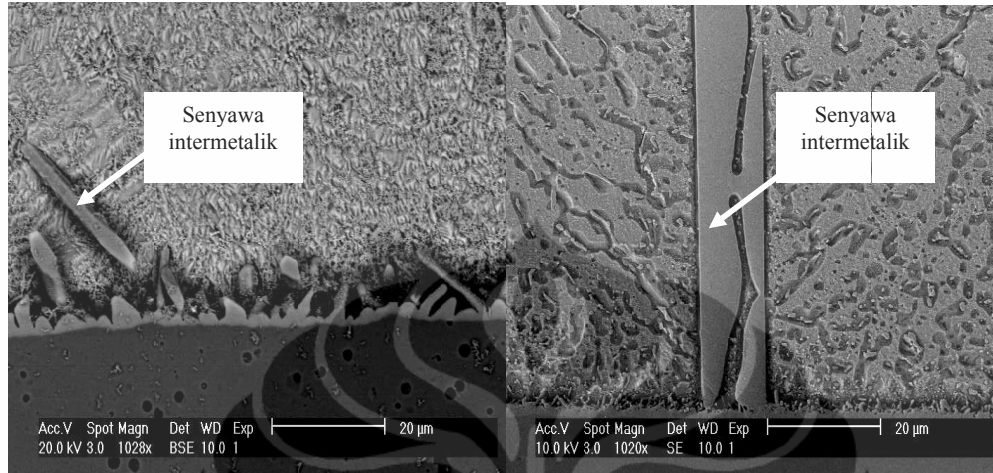
Kebanyakan paduan logam bebas Pb memiliki temperatur leleh 30–40°C lebih tinggi dibanding solder Sn-37Pb (183 °C), hal ini dapat berakibat pada rusaknya material-material penyusun peralatan elektronik yang tidak tahan terhadap suhu tinggi pada saat penyolderan berlangsung seperti terjadinya delaminasi dan degradasi. Oleh karena itu, kriteria utama pemilihan paduan logam bebas Pb adalah memiliki titik leleh yang rendah paling tidak mendekati titik leleh paduan Sn-37Pb yaitu 183°C (Turbini, 2007).

#### 2.1 Dasar Penyolderan

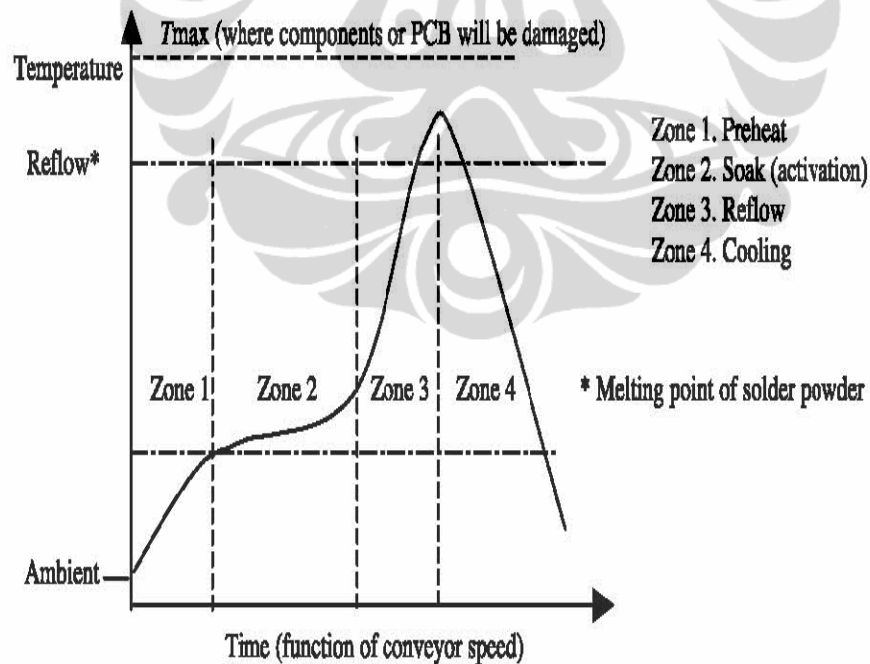
Penyolderan merupakan metoda yang digunakan untuk membuat sambungan permanen antara dua material logam dalam peralatan-peralatan elektronik. Ada 4 komponen dasar dalam proses penyolderan yaitu: material logam yang akan disambung, material solder, fluks dan panas. Material logam akan bereaksi dengan lelehan material solder untuk membentuk senyawa intermetalik (*Intermetallic compound/IMC*) yang memperkuat sambungan antara dua material logam, gambar 2.1 menunjukkan senyawa IMC pada material solder SAC/Sn-Ag-Cu).

Ketebalan lapisan IMC akan bertambah dengan bertambahnya temperatur dan waktu penyolderan. Panas yang diberikan pada proses penyolderan harus sesuai dengan panas yang dibutuhkan oleh material solder untuk meleleh biasanya 30-40 °C lebih tinggi dari titik leleh material solder yang digunakan akan tetapi tidak menyebabkan rusaknya material-material penyusun peralatan elektronik

yang tidak tahan terhadap suhu tinggi (Plumbridge, 2005). Proses pemanasan yang terjadi pada saat penyolderan diberikan oleh Gambar 2.2.



**Gambar 2.1** Senyawa IMC pada material solder SAC (Sn-Ag-Cu)

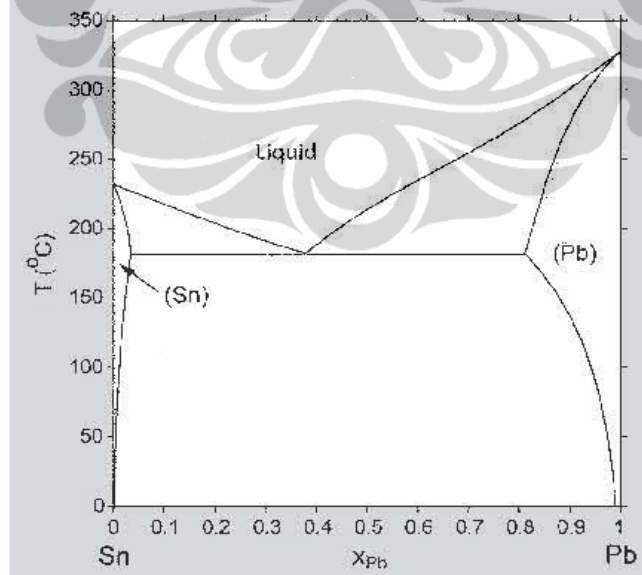


**Gambar 2.2** Profil panas selama proses penyolderan (Plumbridge, W. J., et al., 2005)

## 2.2 Material solder berbasis Pb

Pb/timbal merupakan logam dengan titik leleh dan titik didih yang cukup rendah yaitu 327,5 °C dan 1740 °C sehingga Pb mudah sekali dibentuk dan banyak digunakan dalam peralatan-peralatan elektronik diantaranya baterai, pelindung kabel dan solder. Seiring dengan meningkatnya penggunaan Pb, produksi Pb dunia pada awal abad ke 20 terus meningkat dan pada tahun 2000 mencapai 7 juta ton/tahun, sedangkan produksi Pb untuk industri elektronik diperkirakan mencapai 100.000 ton/tahun (Deubzer et al., 2001).

Dalam industri elektronik, Pb banyak digunakan dalam produk baterai dan solder. Paduan logam Sn-Pb yang selama ini digunakan sebagai material solder adalah Sn-37Pb dengan komposisi 63% Sn dan 37% Pb, paduan ini banyak digunakan karena memiliki titik leleh yang cukup rendah (183°C), harganya yang cukup murah dan memiliki sifat-sifat soldering yang baik. Diagram fasa paduan Sn-Pb seperti dapat dilihat pada Gambar 2.3, memiliki titik eutektik pada komposisi  $x_{Sn}=0,619$  atau 61,9% Sn.



**Gambar 2.3** Diagram fasa paduan logam Sn-Pb (Kattner, 2002)

Walaupun Pb memiliki beberapa keunggulan dalam aplikasinya dalam bidang elektronik diantaranya sebagai solder, limbah elektronik yang mengandung Pb sangat berbahaya dan memberikan dampak negatif terhadap kesehatan makhluk hidup dan lingkungannya. Pb diklasifikasikan sangat toksik terhadap organisme hidup dengan nilai  $LC_{50}$  toksisitas akut sangat tinggi yaitu berkisar antara 1,5-40 mg/L dan nilai  $LC_{50}$  toksisitas kronis yaitu  $< 0,3$  mg/L. Pb memberikan dampak negatif terhadap kesehatan diantaranya dapat terakumulasi dalam jaringan tulang, menyebabkan gangguan sistem syaraf dan memberikan efek *reprotoxic* yaitu kerusakan pada sistem syaraf yang menyebabkan berkurangnya kapasitas pembelajaran dalam sistem syaraf manusia. Selain itu penelitian menunjukkan adanya korelasi positif antara peningkatan jumlah Pb dalam darah dengan berkurangnya tingkat kecerdasan/IQ pada anak-anak.

Oleh karena itu, diperlukan usaha yang cukup keras untuk mengganti material solder berbasis Pb dengan material logam lain yang relatif lebih aman tetapi memiliki keunggulan yang diinginkan seperti sifat-sifat yang dimiliki oleh paduan Sn-Pb.

### **2.3 Pemilihan Paduan Logam sebagai material solder pengganti Pb**

Material-material yang berpotensi untuk digunakan sebagai material solder bebas Pb diharuskan memiliki beberapa kriteria penting yang mirip atau mendekati sifat-sifat paduan logam Sn-Pb, diantaranya yaitu:

- memiliki sifat konduktivitas termal dan listrik yang baik untuk mencegah terjadinya *overheat*
- memiliki temperatur leleh rendah ( $< 200^{\circ}\text{C}$ ) untuk menghemat energi selama proses pabrikasinya dan mencegah rusaknya material penyusun peralatan elektronik selama proses penyolderan
- material solder yang dilelehkan harus cepat memadat (rentang *pasty range*-nya rendah)
- logam-logam penyusunnya tersedia dalam jumlah yang banyak
- tahan terhadap korosi
- kompatibel dengan flux yang sudah ada

- tidak toksik, tidak memberikan dampak negatif terhadap lingkungan
- ekonomis (harganya murah).

Paduan yang memenuhi kriteria ini adalah paduan logam berbasis Sn karena memiliki kemampuan *wetting* dan *spreading* yang sangat baik, tidak toksik dan tersedia dalam jumlah besar (Kattner, 2002; Plumbridge, 2005). Paduan 2 atau 3 logam berbasis Sn seperti paduan logam Sn dengan Ag, Ga, Cu, Bi, In dan Cd telah diteliti memiliki sifat mekanik yang lebih baik dan titik leleh yang lebih rendah dari paduan Sn-Pb sehingga sangat berpotensi untuk digunakan sebagai material solder bebas Pb. Akan tetapi logam-logam tersebut memiliki beberapa kelemahan diantaranya:

- Ag/perak: Ag merupakan logam dengan toksisitas cukup rendah akan tetapi harganya relatif mahal,
- Bi/Bismuth: Bi merupakan logam yang relatif tidak toksik, akan tetapi ketersediaan Bi dimasa yang akan datang dipertanyakan karena Bi merupakan produk samping pada penambangan Pb, selain itu Bi juga memiliki konduktivitas termal dan listrik yang kurang baik
- Cd/ kadmium: Cd memiliki dampak negatif terhadap toksisitas dan pencemaran lingkungan
- In dan Ga ketersediaannya di alam sangat sedikit (Seelig, 1995).

Penelitian tentang paduan logam yang sesuai sebagai material solder bebas Pb pertama-tama didasarkan pada titik leleh paduan logam yang akan dibuat dan biasanya diambil pada titik eutektik pada diagram fasa setiap paduan logam. Pada komposisi eutektik ini, temperatur pelelehan dan pepadatan (*the solidus and liquidus temperatures*) sama atau hanya sedikit berbeda, titik leleh berada pada keadaan minimum sehingga menghemat jumlah energi selama proses pabrikasinya dan mencegah rusaknya materia penyusun peralatan elektronik selama proses penyolderan, proses pepadatan terjadi lebih cepat, menghasilkan struktur mikro yang bagus dan peningkatan sifat mekaniknya (Plumbridge, 2005).

Saat ini, Jepang, Amerika dan IPC (*The International Printed Circuit*) merekomendasikan menggunakan material solder Sn-3.0Ag-0.5Cu dan Sn-3.9Ag-0.6Cu sebagai pengganti paduan logam Sn-Pb (Islam et al., 2005), akan tetapi paduan logam berbasis Sn-Ag-Cu memiliki kelemahan diantaranya temperatur leleh yang tinggi, selain itu Ag/perak memiliki harga yang cukup tinggi dan walaupun ketersediaannya di alam cukup banyak (Kim, et al., 2009). Pada tabel 2.1 diberikan Titik leleh dari beberapa material paduan logam berbasis Sn yang berpotensi sebagai material solder bebas timbal (Wu, et al., 2002; Turbini, 2007).

**Tabel 2.1** Temperatur leleh dari Paduan logam Sn-Pb dan paduan logam bebas Pb (Turbini, 2007; Plumbridge, 2005; (Kim, et al., 2009)

Paduan logam	Komposisi (% berat)	Titik leleh (°C)
Sn-Pb	Sn-37Pb	183
Sn-Cu	Sn-0.7Cu	227
Sn-Ag	Sn-3.5Ag	221
Sn-Zn	Sn-9Zn	198.5
Sn-Bi	Sn-58Bi	138
Sn-Cu-Ni	Sn-0.7Cu+ Ni	227
Sn-Ag-Bi	Sn-3.5Ag-3Bi	206-213
Sn-Bi-Zn	Sn-8Zn-3Bi	199
Sn-Ag-Cu	Sn-3.8Ag-0.7Cu	217
Sn-Ag-Cu	Sn-1.0Ag-0.5Cu	220,63
Sn-Ag-Cu	Sn-2.5Ag-0.5Cu	220,23
Sn-Ag-Cu	Sn-3.0Ag-0.5Cu	220,94
Sn-Ag-Cu	Sn-3.5Ag-0.5Cu	221,85
Sn-Ag-Cu-Bi	Sn- 2,5Ag-0,8Cu-0.5Sb	216



Hal lain yang harus diperhatikan dalam pemilihan material solder bebas Pb adalah ketersediaan dan harga bahan baku penyusun material solder. Ketersediaan bahan baku di masa sekarang dan yang akan datang menjamin keberlangsungan produksi dan penggunaan material solder di masa yang akan datang. Produksi dunia dan kapasitas produksi dunia beberapa material logam seperti terlihat pada Tabel 2.2 memberikan sedikit gambaran mengenai material logam yang berpotensi dan tersedia dalam jumlah yang cukup. Pada Tabel 2.2 terlihat Cu dan Zn memiliki kapasitas produksi dunia terbesar sehingga menjamin keberlangsungan produksinya di masa yang akan datang, sehingga pada penelitian ini difokuskan pada paduan logam berbasis Sn, Cu dan Zn.

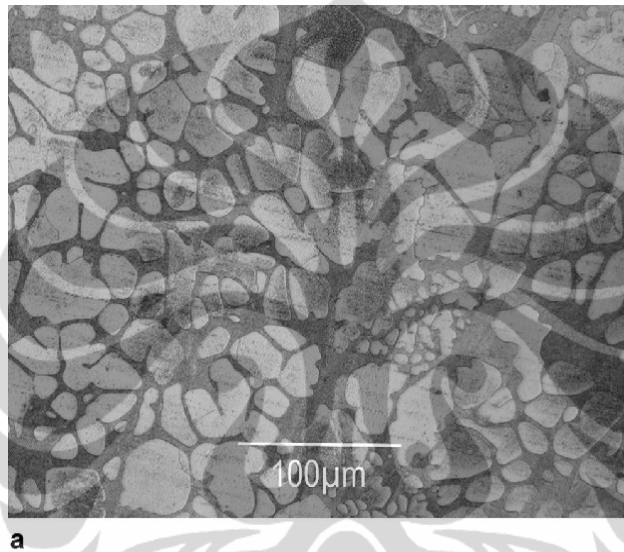
**Tabel 2.2** Kapasitas produksi dari beberapa logam yang berpotensi sebagai material solder pengganti Pb (Seelig, 1995).

<b>Logam</b>	<b>Produksi dunia (ton)</b>	<b>Kapasitas Produksi Dunia (ton)</b>
Ag	13.500	15.000
Bi	4.000	8.000
Cu	8.000.000	10.200.000
Ga	30	80
In	80-100	200
Sb	78.200	122.300
Zn	6.900.000	7.600.000

#### **2.4 Paduan logam Sn-Cu**

Paduan logam Sn-0,7 Cu merupakan paduan logam yang banyak digunakan dalam penelitian mengenai material solder bebas Pb, paduan ini memiliki ketidakstabilan pada struktur mikronya, pada gambar 2.2 terlihat terjadinya retakan pada matriks Sn (Wu, et al., 2002).

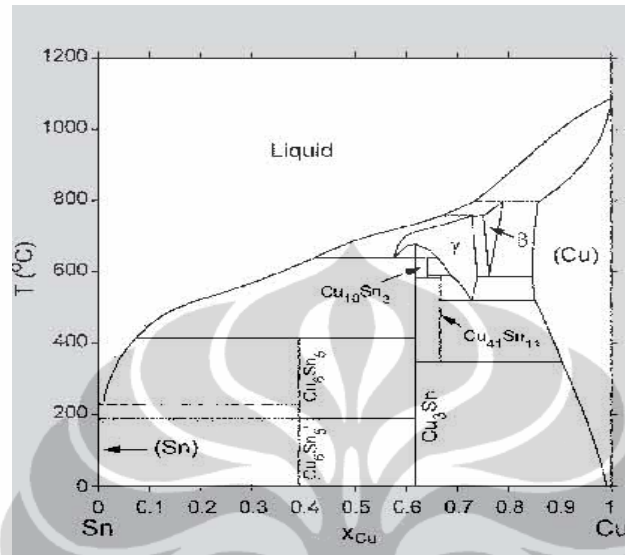
Logam Cu murni memiliki titik leleh yang cukup tinggi yaitu 1084 °C, sehingga paduan logam Sn-0,7Cu pada titik eutektiknya juga memiliki titik leleh yang cukup tinggi yaitu 227°C. Keuntungan utama pada paduan logam ini adalah harganya lebih murah dibanding material solder bebas Pb yang lainnya, tetapi memiliki kelemahan yaitu titik leleh yang cukup tinggi yaitu 227 °C dan kekuatan yang lebih rendah dibanding material solder bebas Pb lainnya (Wu, et al., 2002).



**Gambar 2.4.** Pengamatan struktur mikro paduan logam Sn-0,7Cu (Wu, et al., 2002)

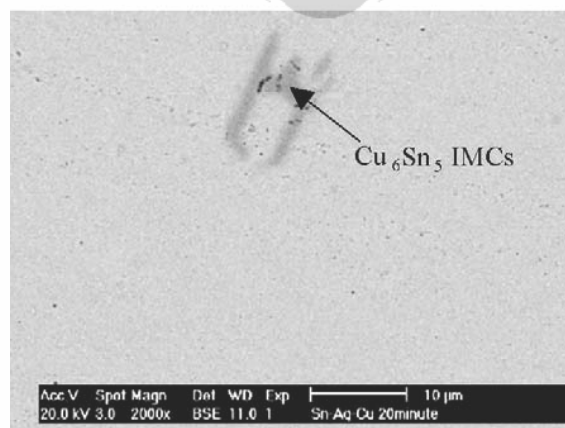
Diagram fasa dari paduan biner Sn-Cu dapat di lihat pada Gambar 2.5. Diagram fasa memberikan gambaran temperatur pelelehan dan pematatan (*the liquidus and solidus Temperatures*) dan pembentukan fasa intermetalik pada saat proses pematatan atau pada reaksi dengan material substrat. Diagram fasa dibuat berdasarkan data analisa termal dan analisa mikrostruktur paduan logam pada berbagai komposisi. Pada diagram fasa sistem Sn-Cu memiliki 7 fasa intermediet yaitu:  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\text{Cu}_{41}\text{Sn}_{11}$  ( $\delta$ ),  $\text{Cu}_{10}\text{Sn}_3$  ( $\zeta$ ),  $\text{Cu}_3\text{Sn}$  ( $\gamma$ ), and  $\text{Cu}_6\text{Sn}_5/\text{Cu}_6\text{Sn}_5'$  ( $\eta/\eta_1$ , *high- and low-temperature forms*). Semua fasa intermediet terbentuk oleh reaksi peritektik atau peritektoid, dan semua fasa intermediet kaya Cu terdekomposisi pada reaksi eutektoid pada temperatur di atas 350°C sehingga hanya fasa  $\text{Cu}_3\text{Sn}$  dan  $\text{Cu}_6\text{Sn}_5/\text{Cu}_6\text{Sn}_5'$  yang berpotensi sebagai material solder. Penelitian yang

dilakukan oleh Moon et al., menunjukkan bahwa temperatur eutektik paduan ini berada pada komposisi  $x_{Sn}=0.9$  (Kattner, 2002).



**Gambar 2.5** Diagram Fasa biner paduan logam Sn-Cu (Kattner, 2002)

Senyawa IMC yang terbentuk pada paduan biner Sn-Cu adalah  $Cu_3Sn$  dan  $Cu_6Sn_5$ . Ketika laju pembentukan senyawa IMC  $Cu_6Sn_5$  dari reaksi antara Cu dan Sn tidak secepat laju masuknya atom Cu memasuki matriks  $\beta$ -Sn dan ketika supply Sn melalui batas antar muka IMC lebih dibatasi daripada supply Cu dari substrat maka lapisan  $Cu_6Sn_5$  dapat berubah menjadi  $Cu_3Sn$ . Gambar 2.6 menunjukkan terbentuknya senyawa IMC  $Cu_6Sn_5$  pada paduan logam Sn-Ag-Cu.

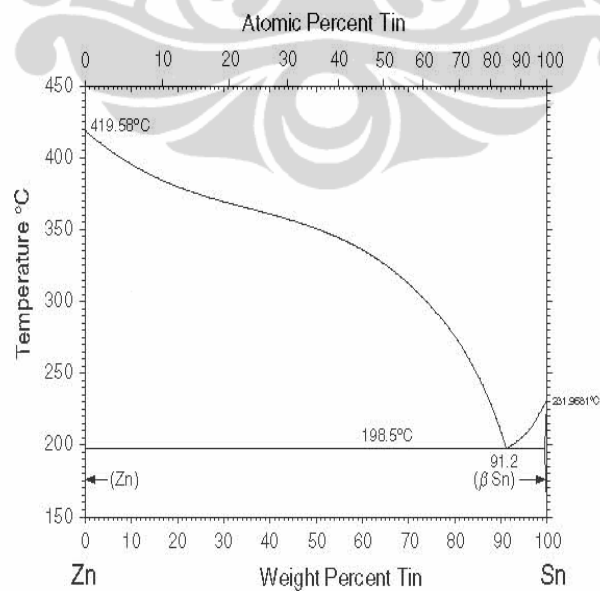


**Gambar 2.6** Senyawa IMC  $Cu_6Sn_5$  pada material solder Sn-Ag-Cu

## 2.5 Paduan logam Sn-Zn

Walaupun Jepang, Amerika dan IPC (*The International Printed Circuit*) merekomendasikan paduan logam berbasis Sn-Cu-Ag sebagai material solder bebas Pb, akan tetapi banyak penelitian memfokuskan pada paduan Sn-Zn karena temperatur leleh pada titik eutektiknya mirip dengan Sn-Pb37, sifat Zn yang tidak toksik, dan titik leleh yang mendekati titik leleh Sn-Pb sangat disukai oleh industri elektronik karena tidak membutuhkan perubahan besar dalam desain komponen-komponen elektronik berkaitan dengan panas yang dapat menyebabkan rusaknya komponen-komponen elektronik selama proses penyolderan.

Selain itu, paduan Sn-Zn diketahui memiliki kekuatan mekanik yang cukup baik dan titik leleh yang cukup rendah ( $< 200^{\circ}\text{C}$ ), akan tetapi paduan ini memiliki kelemahan yaitu Zn sangat mudah teroksidasi sehingga mudah bereaksi dengan logam-logam lain disekitarnya dan mudah mengalami korosi (Masaaki, 2007; Yagi et al. 2009; Das et al., 2009). Pada diagram fasa biner Sn-Zn pada Gambar 2.7 terlihat bahwa sistem biner Sn-Zn memiliki titik eutektik pada  $198,5^{\circ}\text{C}$  dengan komposisi 8,8% Zn (Chen, et al., 2007). Pada paduan solder Sn-9Zn eutektik tidak terbentuk senyawa IMC, hal ini karena Zn memiliki kelarutan yang rendah dalam Sn.



**Gambar 2.7.** Diagram Fasa paduan logam Sn-Zn (Chen, et al., 2007)

## BAB 3

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di program studi Ilmu Material Universitas Indonesia, Salemba-Jakarta. Pelaksanaan penelitian akan dilaksanakan pada tahun ke-2 masa perkuliahan (pertengahan tahun 2011) dan selesai pada pertengahan tahun 2012.

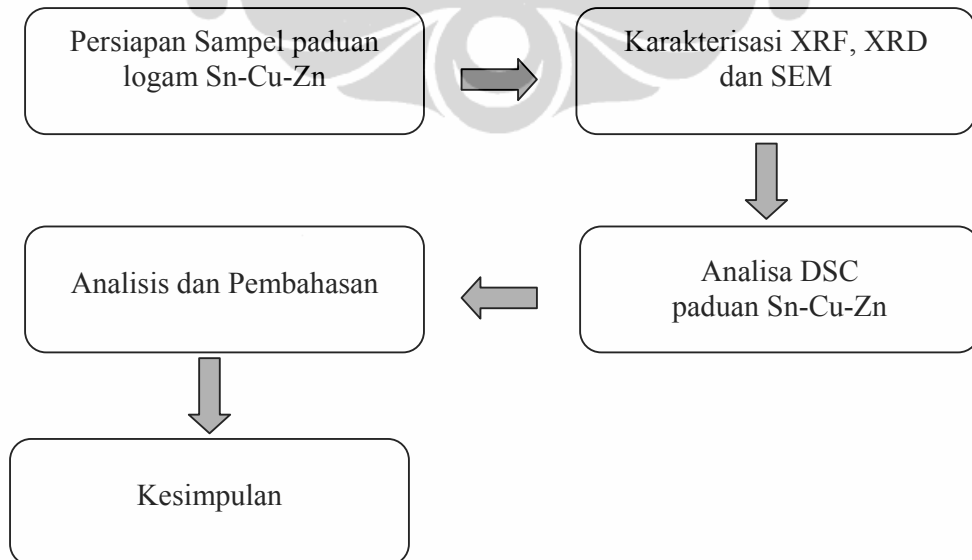
#### 3.2 Metodologi Penelitian

Penelitian mengenai paduan logam Sn-Cu-Zn dilakukan dalam 2 tahap, yaitu :

- a. Sintesis paduan logam Sn-Cu-Zn
- b. Karakterisasi paduan logam Sn-Cu-Zn yang meliputi analisa *scanning electron microscopy*/SEM, XRF (X-ray Fluoresence), *X-ray diffraction*/XRD dan penentuan titik leleh, *pasty range* dan *heat of fusion*  $\Delta H$  menggunakan alat DSC (*Differential Scanning Calorimetry*).

#### 3.3 Diagram Kerja Penelitian

Diagram kerja pada penelitian ini diberikan oleh gambar 3.1.



**Gambar 3.1** Diagram alir penelitian

### 3.4 Variasi paduan Sn-Cu-Zn

Pada tesis ini, digunakan paduan Sn-Cu-Zn dengan variasi rasio fraksi berat logam Sn, Cu dan Zn. Variasi ini dibuat untuk melihat pengaruh penambahan Zn terhadap karakteristik termal dan morfologi permukaan paduan logam Sn-Cu-Zn.

### 3.5 Karakterisasi Sampel

Untuk mempelajari pengaruh penambahan material Zn terhadap paduan logam Sn-Cu-Zn maka perlu dilakukan karakterisasi yaitu terhadap struktur dan fasa yang ada dari paduan Sn-Cu-Zn, sifat termal dan juga karakteristik permukaan dari paduan Sn-Cu-Zn.

#### 3.5.1 Karakterisasi dengan Menggunakan XRD (*X-ray Diffraction*)

Difraksi sinar-X digunakan untuk karakterisasi struktur, fasa dan parameter kisi. Alat X-Ray Diffractometer yang digunakan adalah Shimadzu XRD-7000 X-Ray Diffractometer yang berlokasi di UIN Syarif Hidayatullah Ciputat. Beroperasi pada tegangan 40kV dengan arus 30mA. Berkas Cu-K<sub>α1</sub> digunakan sebagai sumber radiasi dengan panjang gelombang  $\lambda$  1,5406Å. Scan step XRD dilakukan sebesar 0,02°, mulai dari sudut 2 $\theta$  sebesar 10° hingga 90°.

Dengan menggunakan data XRD, maka dapat dilakukan proses identifikasi selanjutnya terhadap struktur dari sampel dengan mencocokkan tiga puncak tertinggi dari kurva XRD dengan database ICDD dan program MATCH!.

#### 3.5.2 Karakterisasi dengan menggunakan XRF (*X-ray Fluorescence*)

Metode XRF adalah metode yang digunakan untuk mengukur kuantitas komposisi unsur dari suatu material menggunakan emisi sinar-X. Berdasarkan kebutuhan, XRF tidak selalu dihasilkan dari emisi sinar-X tetapi juga dihasilkan oleh sumber eksitasi primer lainnya seperti partikel alpha, proton, ataupun electron dengan energy tinggi. Dikarenakan dengan menggunakan metode ini tidak merusak sampel, maka XRF merupakan pilihan yang tepat untuk analisis komposisi paduan ini

Alat XRF yang digunakan untuk uji sampel ini adalah X-MET 5100 Oxford Instrument, USA yang berlokasi di BATAN Pasar Jumat Jakarta. Pengukuran sampel dilakukan selama 60 detik dengan 3 kali pengulangan.

### 3.5.3. Karakterisasi dengan menggunakan DSC (*Differential Scanning Calorimetry*)

Karakteristik termal yang dianalisa dalam penelitian ini adalah titik leleh, *pasty range* dan nilai *heat of fusion* / $\Delta H$ . Nilai *heat of fusion* / $\Delta H$  menunjukkan jumlah energi yang dibutuhkan (reaksi endotermik) dalam proses pelelehan paduan logam. Nilai *heat of fusion* / $\Delta H$  dapat ditentukan berdasarkan persamaan 3.1:

$$\Delta H = kA/m \quad (3.1)$$

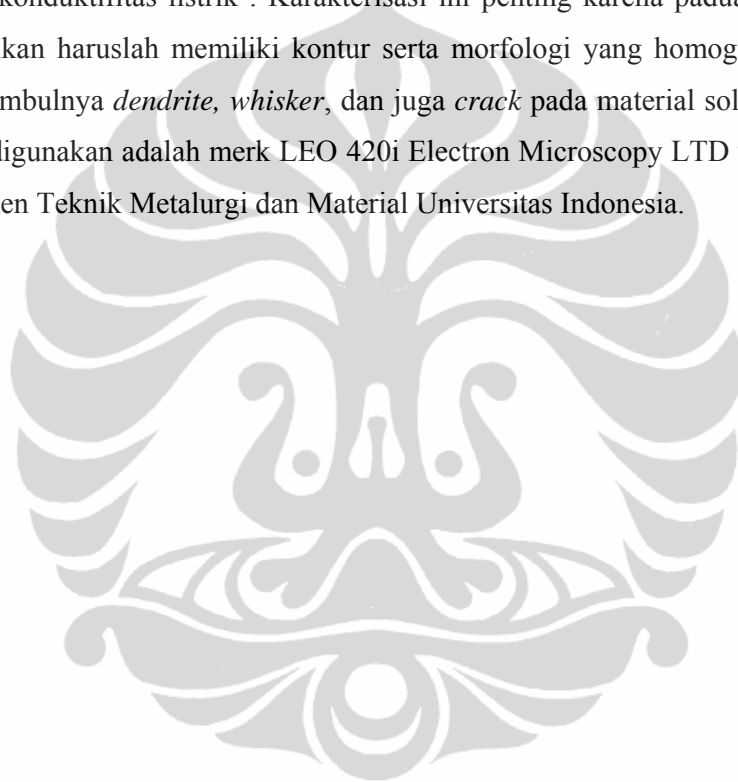
Dimana k adalah tetapan dengan nilai 2,64 (untuk logam Sn murni), k didefinisikan sebagai koefisien kalibrasi yang bergantung pada krusibel pada alat DSC, sedangkan m adalah massa sampel dan A adalah luas area puncak endotermik.

Karakterisasi termal pada sampel dilakukan menggunakan *Differential Scanning Calorimetry* (DSC) merk Shimadzu tipe 60A yang terdapat di UI Depok. DSC adalah alat analisa termal untuk mengukur energy yang diserap atau diemisikan oleh sampel sebagai fungsi waktu atau suhu. Baik sampel maupun standar, temperaturnya dijaga untuk sama selama pengambilan data. Fungsi utama dari DSC ini adalah untuk mengetahui transisi fasa seperti titik lebur, transisi gelas dan dekomposisi eksotermik. Proses transisi ini bisa terjadi karena adanya perubahan energi atau perubahan kapasitas panas.

Paduan Sn-Cu-Zn dikarakterisasi pada rentang suhu dari temperature 30°C sampai 480°C. krusibel (sample holder) yang digunakan terbuat dari bahan aluminium. Sedangkan sampel standar yang dipakai adalah alumina. Hal ini dikarenakan alumina merupakan logam yang nilai kapasitas panasnya tidak akan berubah apabila dipanaskan atau digunakan berkali-kali.

### 3.5.4 Karakterisasi dengan menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscopy*)

Karakterisasi mikrostruktur terhadap paduan dilakukan menggunakan alat Scanning Electron Microscope (SEM). SEM merupakan sebuah mikroskop electron yang berfungsi dengan cara menembakkan electron dengan energy tinggi pada sampel. Elektron ini kemudian berinteraksi dengan atom-atom pada sampel sehingga sampel akan memproduksi sinyal-sinyal yang mengandung informasi mengenai topografi permukaan dari sampel komposisi dan beberapa karakteristik lain seperti konduktifitas listrik . Karakterisasi ini penting karena paduan solder yang dihasilkan haruslah memiliki kontur serta morfologi yang homogen untuk mencegah timbulnya *dendrite*, *whisker*, dan juga *crack* pada material solder. Alat SEM yang digunakan adalah merk LEO 420i Electron Microscopy LTD yang ada di Departemen Teknik Metalurgi dan Material Universitas Indonesia.





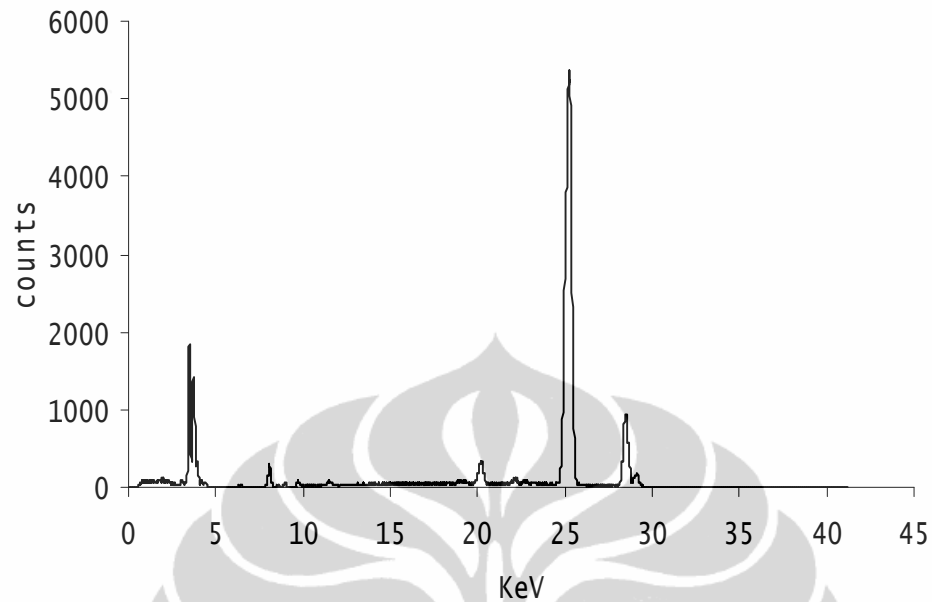
## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Uji XRF (*X-Ray Fluorescence*) Paduan Solder Sn-Cu-Zn

Sampel material solder yang dipakai pada eksperimen ini sebanyak 3 buah dengan komposisi berat yang berbeda, pada penelitian ini difokuskan pada variasi 2 jumlah Zn dalam paduan Sn-Cu-Zn dan 1 kontrol paduan logam Sn-Cu.

Analisa menggunakan XRF (*X-Ray Fluorescence*) digunakan untuk menganalisa secara kualitatif dan kuantitatif unsur-unsur yang terdapat dalam sampel paduan logam. Analisa kualitatif menggunakan XRF berdasarkan adanya transisi elektron dari kulit yang lebih tinggi untuk mengisi kekosongan elektron pada kulit K sambil mengemisikan energi sinar X yang spesifik yang besarnya sama dengan perbedaan energi antara kulit tersebut. Sedangkan, analisa kuantitatif menggunakan XRF berdasarkan intensitas sinar-X spesifik yang diemisikan, dimana intensitas sinar-X yang diemisikan akan sebanding dengan jumlah unsurnya.

Spektrum XRF sampel 1 seperti diberikan pada gambar 4.1 menunjukkan terdapatnya puncak-puncak dari transisi elektron atom Sn dan Cu. Puncak pada energi 25,2819 KeV bersesuaian dengan energi transisi elektron  $K\alpha_1$  (transisi electron dari kulit L ke K) dan puncak pada 28.4923 KeV bersesuaian dengan energi transisi elektron  $K\beta_1$  (transisi elektron dari kulit M ke K) pada atom Sn, hasil analisa XRF dan transisi elektron yang terjadi pada energi tersebut dirangkum dalam tabel 4.1 . Pada spektrum tersebut juga terlihat adanya transisi elektron atom Cu dari kulit L ke K (Cu - $K\alpha_2$  dan Cu - $K\alpha_1$ ) dan transisi elektron dari kulit M ke K (Cu - $K\beta_1$ ) pada energi 8.0260, 8.0461 dan 8.9089KeV.

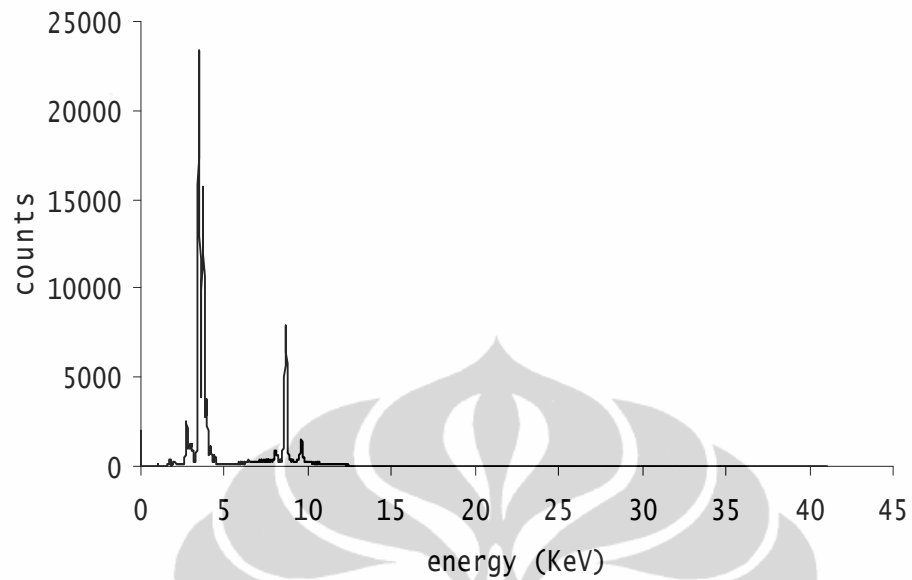


**Gambar 4.1** Spektrum XRF sampel 1

**Tabel 4.1** Puncak XRF dan transisi elektron sampel 1

<b>Energi (KeV) sampel</b>	<b>Transisi Elektron</b>
3.4512	Sn - $L\alpha_1$
3.4311	Sn - $L\alpha_2$
3.6719	Sn - $L\beta_1$
3.9127	Sn - $L\beta_2$
25.0411	Sn - $K\alpha_2$
25,2819	Sn - $K\alpha_1$
28.4923	Sn - $K\beta_1$
8.0260	Cu - $K\alpha_2$
8.0461	Cu - $K\alpha_1$
8.9089	Cu - $K\beta_1$

Spektrum XRF sampel 2 menunjukkan adanya transisi elektron yang khas untuk atom Sn, Zn dan Cu, seperti terlihat pada gambar 4.2 dan transisi elektron yang terjadi dirangkum pada tabel 4.2.

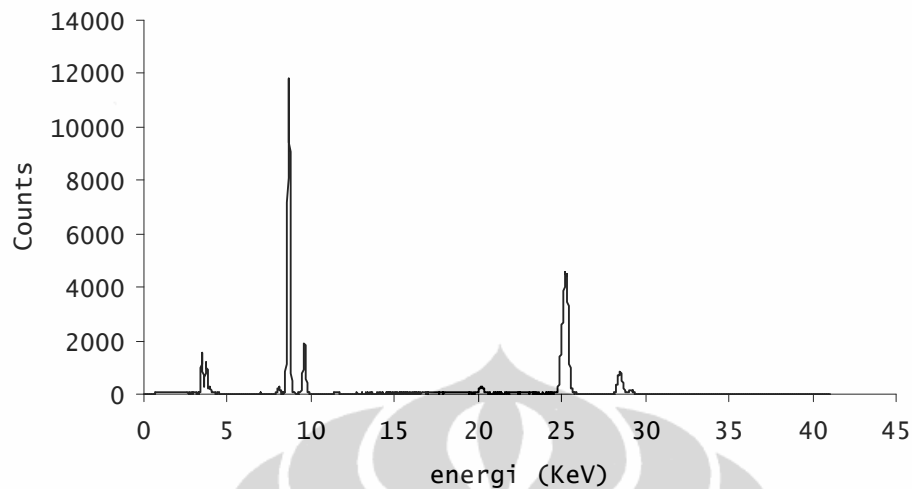


**Gambar 4.2** Spektrum XRF sampel 2

**Tabel 4.2** Puncak XRF dan transisi elektron sampel 2

Energi (KeV) sampel	Transisi Elektron
3.4507	Sn - $L\alpha_1$
3.4306	Sn - $L\alpha_2$
3.6713	Sn - $L\beta_1$
3.9121	Sn - $L\beta_2$
8.6267	Zn - $K\alpha_2$
8.6467	Zn - $K\alpha_1$
9.5696	Zn - $K\beta_1$
8.0248	Cu - $K\alpha_2$
8.0449	Cu - $K\alpha_1$
8.9075	Cu - $K\beta_1$

Spektrum XRF sampel 3 juga menunjukkan adanya transisi elektron yang khas untuk atom Sn, Zn dan Cu, seperti terlihat pada gambar 4.3.



**Gambar 4.3** Spektrum XRF sampel 3

Komposisi massa Sn, Cu dan Zn dalam sampel 1, 2 dan 3 dianalisa menggunakan XRF (*X-Ray Fluorescence*). Hasil analisa kuantitatif sampel tersebut dicantumkan dalam Tabel 4.3. Hasil analisis komposisi paduan logam tersebut kemudian digunakan untuk penamaan sampel yaitu Sn-0,8Cu, Sn-0,6Cu-10,4Zn dan Sn-0,5Cu-23,6Zn.

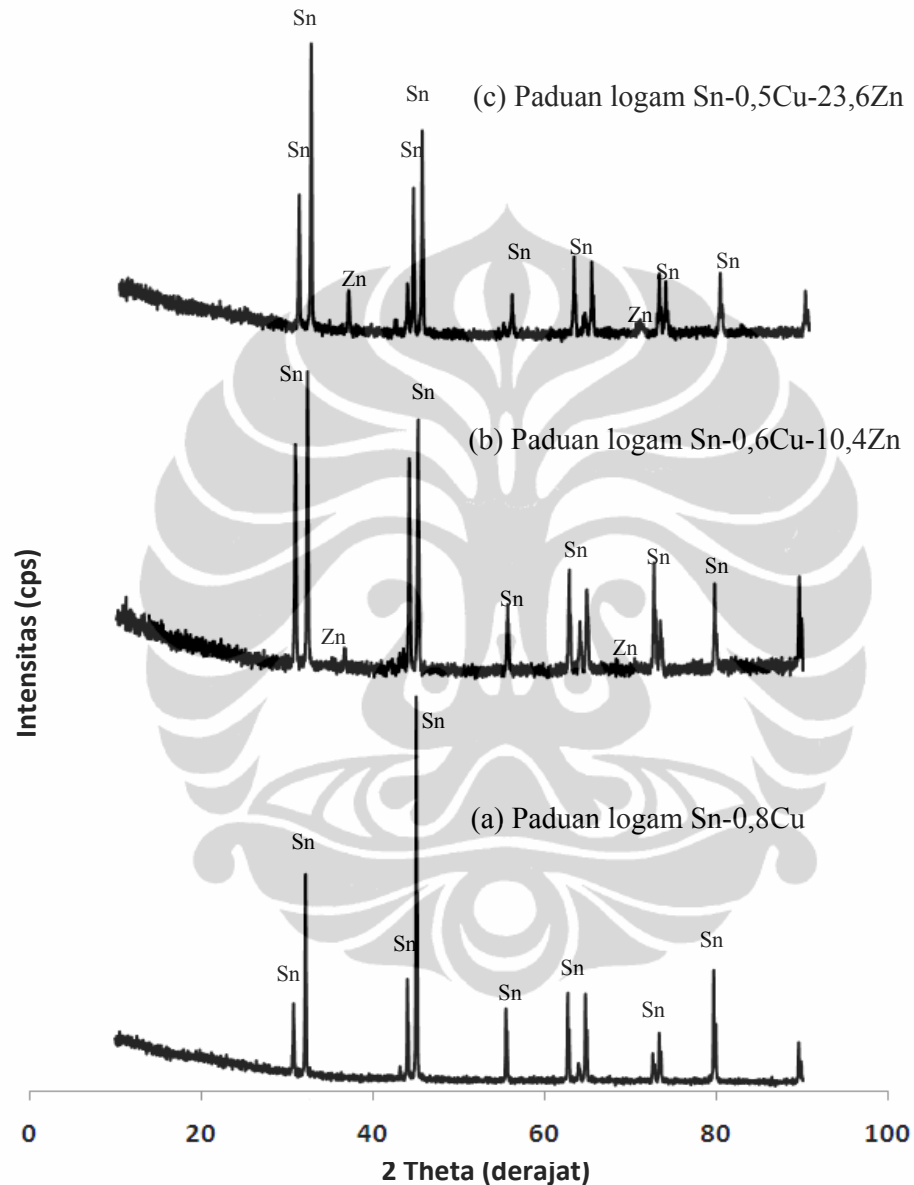
**Tabel 4.3** Komposisi paduan solder Sn-Cu-Zn

Paduan logam	Berat (%)		
	Sn	Cu	Zn
Sn-0,8Cu	$99,2 \pm 0,3$	$0,8 \pm 0,02$	0
Sn-0,6Cu-10,4Zn	$89,0 \pm 0,3$	$0,6 \pm 0,01$	$10,4 \pm 0,1$
Sn-0,5Cu-23,6Zn	$75,9 \pm 0,3$	$0,5 \pm 0,01$	$23,6 \pm 0,1$

#### 4.2 Karakterisasi XRD (*X-Ray Diffraction*) paduan logam

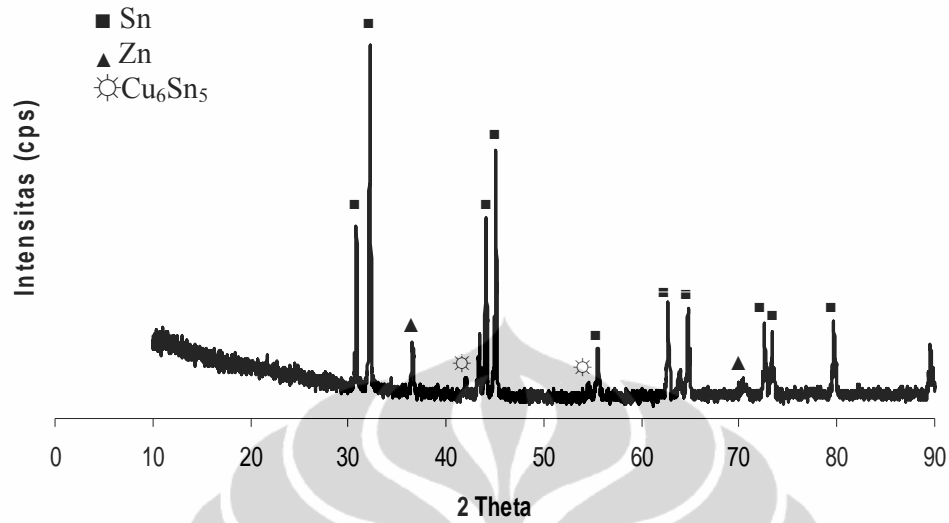
Analisis XRD paduan logam digunakan untuk menganalisa fasa yang ada pada paduan logam, pada Gambar 4.4 (a) hanya terlihat 1 fasa yaitu fasa Sn, dengan intensitas puncak tertinggi dari logam Sn pada sudut  $2\theta = 45,0624^\circ$ . Pada Gambar 4.1 (b) dan (c) terlihat adanya  $\beta$ -Sn dan  $\alpha$ -Zn, intensitas puncak Zn

semakin meningkat dengan meningkatnya jumlah Zn dalam paduan Sn-Cu-Zn. Spektrum XRD dari ketiga sampel menunjukkan bahwa matriks  $\beta$ -Sn merupakan komponen utama dalam paduan logam Sn-Cu-Zn.



**Gambar 4.4** Pola difraksi paduan logam (a) Sn-0,8Cu, (b) Sn-0,6Cu-10,4Zn dan (c) Sn-0,5Cu-23,6Zn

Menurut El-Daly dan Hammad 2010, pada paduan logam Sn-Cu-Zn selain terdapat fasa  $\beta$ -Sn dan  $\alpha$ -Zn, kemungkinan terdapat komponen intermetalik/IMC yaitu  $\text{Cu}_6\text{Sn}_5$  dan  $\epsilon\text{-CuZn}_5$  seperti ditunjukkan oleh gambar 4.5.



**Gambar 4.5** Pola difraksi paduan logam Sn-0,5Cu-23,6Zn

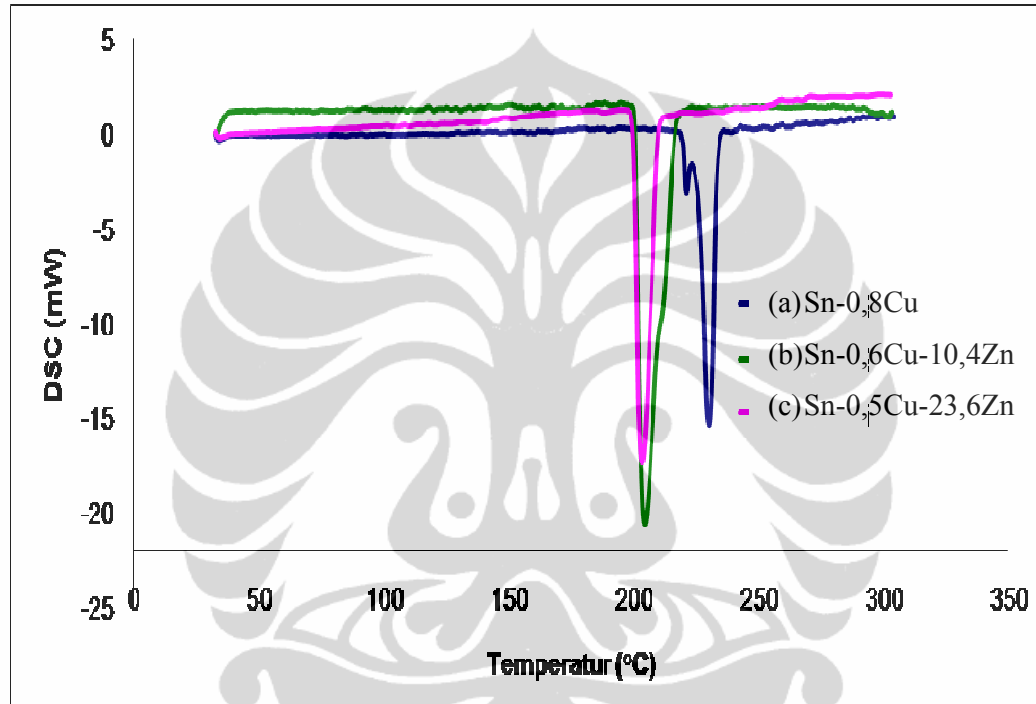
Berdasarkan diagram fasa biner paduan Sn-Cu, hanya fasa  $\text{Cu}_3\text{Sn}$  dan  $\text{Cu}_6\text{Sn}_5$  yang berpotensi sebagai material solder karena memiliki titik leleh yang rendah yaitu sekitar  $227^\circ\text{C}$  senyawa, sedangkan senyawa intermediet lain seperti terlihat pada gambar 2.5 yaitu,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\text{Cu}_{41}\text{Sn}_{11}$  ( $\delta$ ),  $\text{Cu}_{10}\text{Sn}_3$  ( $\zeta$ ), dan  $\text{Cu}_3\text{Sn}$  ( $\gamma$ ) terdekomposisi pada reaksi eutektoid pada temperatur di atas  $350^\circ\text{C}$ .

Pola difraksi paduan solder Sn-0,5Cu-23,6Zn menunjukkan terjadinya reaksi antara Cu dan Sn membentuk senyawa IMC  $\text{Cu}_6\text{Sn}_5$  pada paduan logam  $\text{Sn}_{75,9}\text{-Cu}_{0,5}\text{-Zn}_{23,6}$ . Sedangkan Zn dan Sn tidak membentuk senyawa IMC, hal ini dikarenakan kelarutan Zn dalam Sn sangat kecil (Islam, et al., 2005). Akan tetapi, Zn memiliki kelarutan yang lebih tinggi dalam Cu sehingga atom Zn akan berdifusi lebih cepat ke dalam substrat Cu membentuk senyawa IMC Cu-Zn.

### 4.3 Karakteristisasi Termal Paduan Logam Sn-Cu-Zn

Karakterisasi termal menggunakan DSC (*Differential Scanning Calorimetry*) digunakan untuk mengidentifikasi reaksi termal yang terjadi pada paduan solder Sn-0,8Cu, Sn-0,6Cu-10,4Zn dan Sn-0,5Cu-23,6Zn yang dipanaskan. Hasil analisa DSC dapat dilihat pada gambar 4.6, 4.7 dan dirangkum

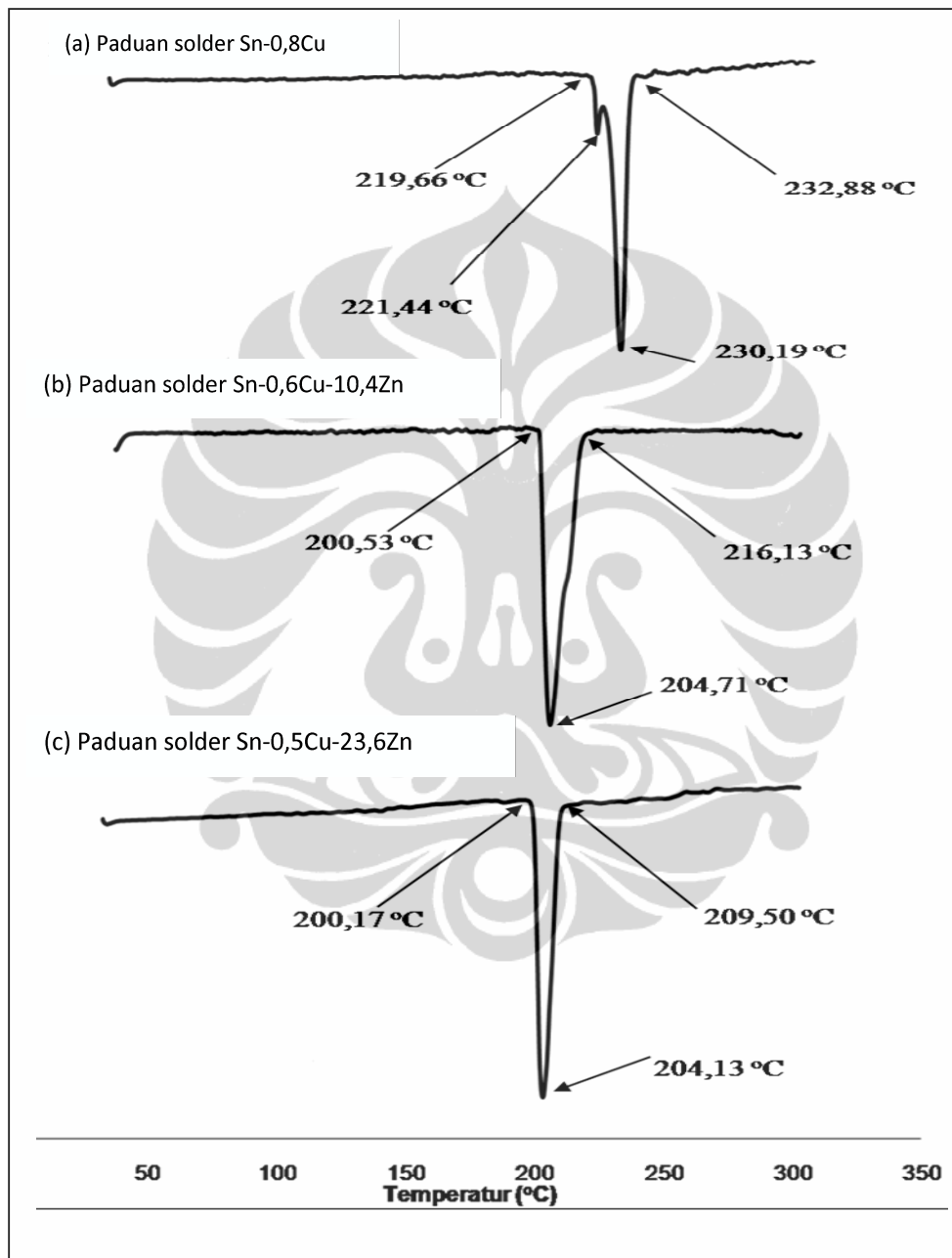
dalam tabel 4.4, hasil analisa DSC menunjukkan temperatur leleh dari paduan solder Sn-0,8Cu, Sn-0,6Cu-10,4Zn dan Sn-0,5Cu-23,6Zn berturut-turut adalah 230,19; 204,71 dan 204,13 °C. Penambahan Cu dalam paduan Sn-Cu-Zn adalah sebagai aditif, dimana unsur Zn pada paduan akan ditangkap oleh aditif Cu membentuk senyawa IMC Cu-Zn, yang akan menurunkan tinggi puncak paduan Sn-Cu-Zn, hal ini dapat dilihat pada Gambar 4.6.



**Gambar 4.6** Kurva DSC paduan logam Sn-0,8Cu, (b) Sn-0,6Cu-10,4Zn dan (c) Sn-0,5Cu-23,6Zn

Nilai titik leleh paduan logam Sn-Cu-Zn mengalami penurunan dengan bertambahnya jumlah Zn dalam paduan logam. Paduan logam Sn-0,5Cu-23,6Zn memiliki titik leleh terendah yaitu 204,13 °C, nilai titik leleh ini cukup dekat dengan titik leleh paduan logam Sn-37Pb sekitar 183 °C, sehingga paduan logam ini sangat berpotensi untuk digunakan sebagai material solder bebas Pb. Peningkatan temperatur leleh paduan logam Sn-Cu-Zn dikarenakan adanya unsur Cu dalam paduan, seperti diketahui Cu murni memiliki titik leleh yang cukup tinggi yaitu 1084 °C. Pada tabel 4.2 dapat dilihat paduan biner Sn-0,8Cu memiliki titik leleh yang paling tinggi yaitu 230,19 °C, dengan bertambahnya unsur Zn

(titik leleh Zn murni 419,6 °C), titik leleh paduan Sn-Cu-Zn mengalami penurunan, menurut literatur paduan biner Sn-9Zn (tidak mengandung Cu) memiliki titik leleh yang rendah yaitu 199,1 °C (El-Daly dan Hammad, 2010).



**Gambar 4.7** Kurva DSC (*Differential Scanning Calorimetry*) paduan solder (a) Sn-0,8Cu, (b) Sn-0,6Cu-10,4Zn dan (c) Sn-0,5Cu-23,6Zn



**Tabel 4.4** Perbandingan *solidus temperature* ( $T_{\text{onset}}$ ), *liquids temperature* ( $T_{\text{endset}}$ ) dan *fusion of heat* ( $\Delta H$ ) dari beberapa paduan logam

Paduan logam	$T_{\text{onset}}$ (°C)	$T_{\text{endset}}$ (°C)	$T_{\text{endset}} - T_{\text{onset}}$ (°C)	Temperatur leleh (°C)	$\Delta H$ (J/g)	Referensi
Sn-0,8Cu (peak 1)	219,66	226,52	6,86	221,44	2,16	Penelitian ini
Sn-0,8Cu (peak 2)	226,46	232,88	6,42	230,19	40,23	Penelitian ini
Sn-0,6Cu-10,4Zn	200,53	216,13	15,6	204,71	60,97	Penelitian ini
Sn-0,5Cu-23,6Zn	200,17	209,50	9,33	204,13	65,33	Penelitian ini
Sn-9Zn	197,9	201,9	4	199,1	157,9	El-Daly & Hammad 2010
Sn-37Pb	179,5	191,0	11,5	183,0	104,2	El-Daly & Hammad 2010

Karakteristik termal lain yang penting adalah nilai *pasty range*, nilai ini sangat penting dalam aplikasi paduan logam sebagai solder dalam industri elektronik. Nilai *pasty range* menunjukkan selisih nilai selisih  $T_{\text{onset}}$  dengan  $T_{\text{endset}}$ , atau rentang suhu antara awal dan akhir proses pelelehan berlangsung. Semakin besar nilai *pasty range* maka semakin banyak waktu yang dibutuhkan material solder untuk meleleh dan kemudian memadat kembali, sehingga akan meningkatkan porositas dan perbedaan kontraksi termal selama proses solidifikasi/pemadatan (El-Daly dan Hammad, 2010).

Rentang nilai *pasty range* yang tinggi juga akan menimbulkan masalah pada saat proses pembuatannya, seperti sensitivitas terhadap vibrasi selama penyolderan. Nilai *pasty range* yang diinginkan adalah seminimal mungkin atau mendekati nilai *pastry range* dari paduan Sn-37Pb komersial. Pada penelitian ini didapat nilai *pasty range* yang cukup tinggi untuk paduan Sn-0,6Cu-10,4Zn yaitu sebesar 15,6 °C nilai ini tidak diinginkan, sedangkan paduan Sn-0,5Cu-23,6Zn memiliki nilai *pasty range* 9,33 °C yang mendekati paduan logam Sn-37 Pb yaitu 11,5 °C.

Karakteristik termal terakhir yang dianalisa dalam penelitian ini adalah nilai *heat of fusion* / $\Delta H$ . Nilai ini menunjukkan jumlah energi yang dibutuhkan (reaksi endotermik) dalam proses pelelehan paduan logam. Nilai *heat of fusion* / $\Delta H$  dapat ditentukan berdasarkan persamaan 4.1:

$$\Delta H = kA/m \quad (4.1)$$

Dimana k adalah tetapan dengan nilai 2,64 (untuk logam Sn murni), k didefinisikan sebagai koefisien kalibrasi yang bergantung pada krusibel pada alat DSC, sedangkan m adalah massa sampel dan A adalah luas area puncak endotermik.

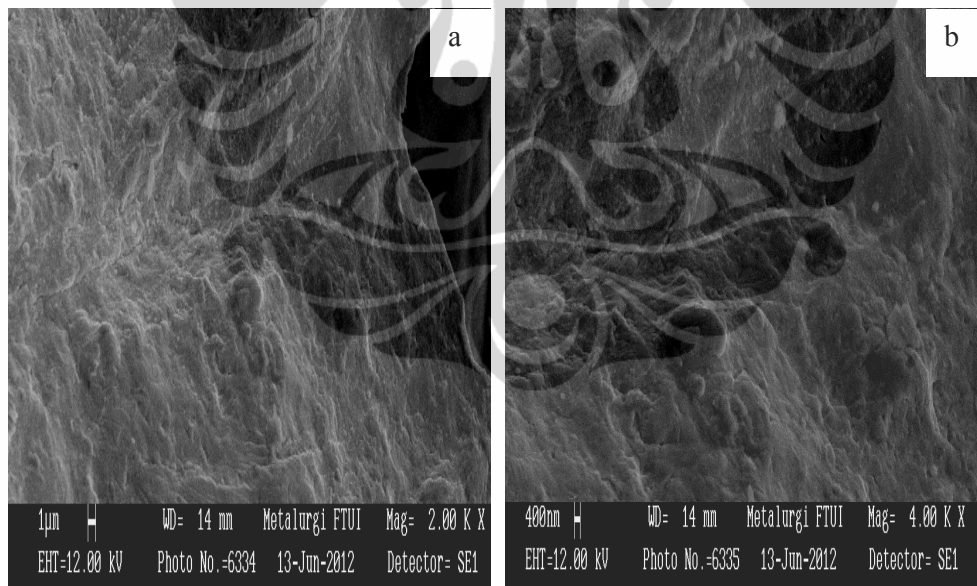
Nilai  $\Delta H$  yang tercantum pada tabel 4.4 menunjukkan bahwa pada komposisi logam Cu yang relatif tetap dalam paduan logam Sn-Cu-Zn dengan bertambahnya jumlah Zn dalam paduan maka semakin banyak pula jumlah energi yang dibutuhkan dalam proses pelelehannya, hal ini dapat dilihat juga dari nilai paduan biner Sn-9Zn yang cukup tinggi yaitu mencapai 157,9 J/g sampel paduan. Akan tetapi tidak terdapat perbedaan yang signifikan nilai  $\Delta H$  paduan Sn-0,6Cu-10,4Zn dan Sn-0,5Cu-23,6Zn begitu juga dengan perbedaan temperatur lelehnya.

Nilai  $\Delta H$  yang rendah sangat disukai oleh industri, karena berkaitan erat dengan biaya yang dibutuhkan dalam pabrikasi material solder, semakin besar nilai  $\Delta H$  suatu material solder maka semakin banyak pula energi yang dibutuhkan dalam proses pelelehan logam berarti semakin tinggi biaya yang dibutuhkan dalam proses pabrikasinya.

Berdasarkan hasil karakteristik termal, paduan logam Sn-0,5Cu-23,6Zn merupakan paduan logam yang paling berpotensi sebagai pengganti Sn-37Pb dengan kelebihan yaitu titik leleh rendah (200,13 °C), nilai *pasty range* dan  $\Delta H$  yang mendekati paduan Sn-37Pb.

#### 4.4 Karakteristisasi Morfologi Permukaan Paduan Logam Sn-Cu-Zn

Karakterisasi morfologi permukaan paduan logam Sn-Cu-Zn dilakukan menggunakan SEM (*Scanning electron Microscopy*). Gambar SEM Sn-0,8Cu diberikan oleh Gambar 4.8 (a) dan (b). Pada Gambar 4.8 (a) terlihat permukaan paduan dipenuhi warna putih yang merupakan matriks yang kaya akan Sn (berwarna putih). Hal ini diperkuat dengan hasil EDS (*Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy*) pada 3 titik yang berbeda menunjukkan komposisi fasa  $\beta$ -Sn yang dominan pada setiap titik pengukuran, spektrum EDS ditunjukkan oleh Gambar 4.9.

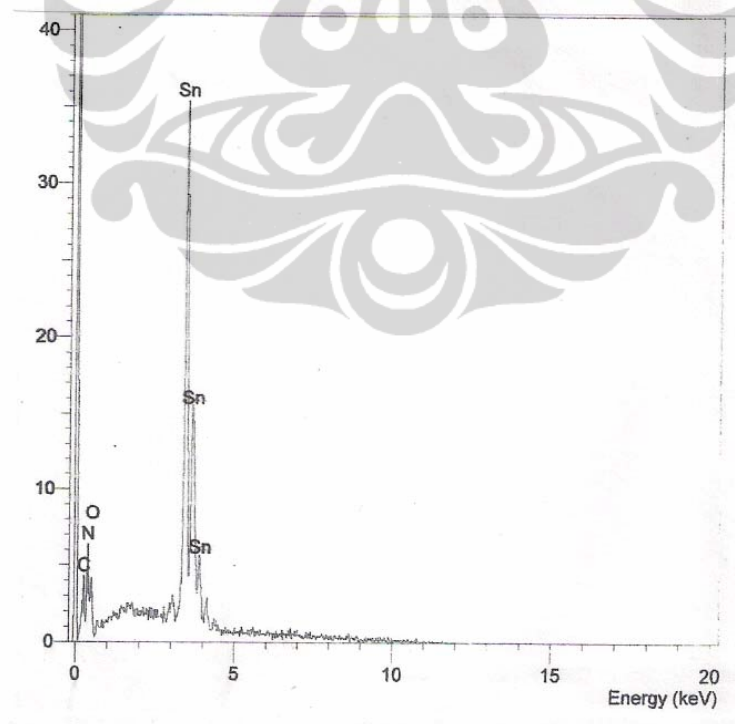


**Gambar 4.8** Gambar SEM paduan logam Sn-0,8Cu pada perbesaran 2000 dan 4000 X

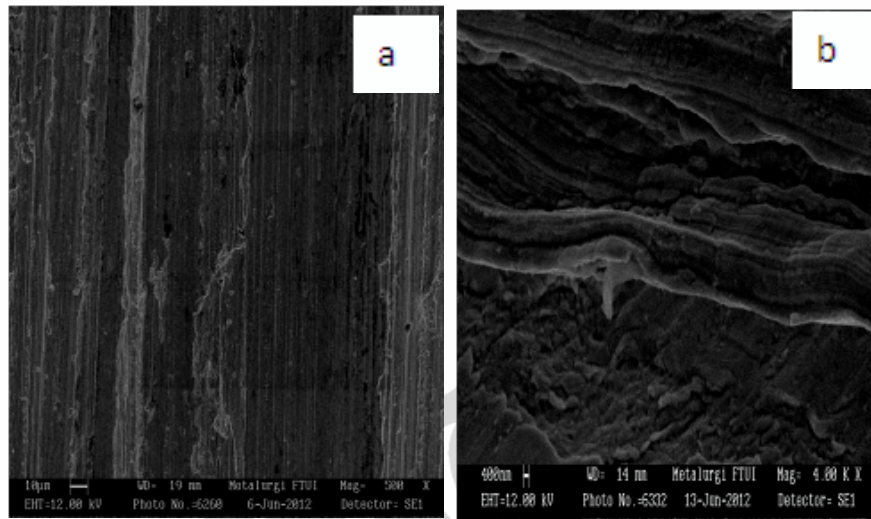
Selain fasa  $\beta$ -Sn dan  $\alpha$ -Zn dalam paduan logam Sn-Cu-Zn juga terbentuk senyawa intermetalik/IMC, Zn memiliki afinitas reaksi yang lebih besar terhadap

Cu dibanding terhadap Sn, sehingga Zn akan berdifusi lebih cepat ke dalam substrat Cu membentuk senyawa intermetalik/IMC Cu-Zn. Sedangkan antara Zn dan Sn tidak terbentuk senyawa IMC karena kelarutan Zn dalam Cu lebih besar daripada kelarutan Zn dalam Sn (ukuran atom Sn lebih besar daripada ukuran atom Cu) (Islam, et al., 2005). Selain itu juga dimungkinkan terbentuk reaksi antara atom Cu dan Sn membentuk senyawa IMC  $\text{Cu}_6\text{Sn}_5$  pada permukaan paduan.

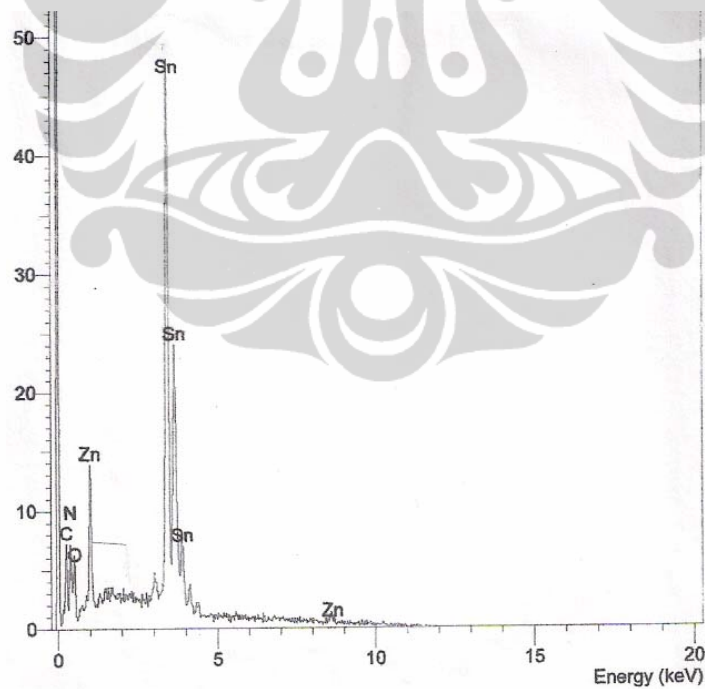
Gambar SEM paduan logam Sn-0,6Cu-10,4Sn, diberikan oleh Gambar 4.10 (a) dan (b). Pada Gambar 4.6 (a) terlihat dengan adanya Zn dalam paduan, permukaan paduan mulai terdapat fasa Zn (berwarna hitam) dan fasa kaya Cu-Zn (berwarna abu-abu). Hal ini diperkuat dengan hasil EDS (*Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy*) pada 3 titik yang berbeda menunjukkan adanya unsur Zn dan Sn pada setiap titik pengukuran, spektrum EDS ditunjukkan oleh Gambar 4.11.



**Gambar 4.9** Spektrum EDS paduan logam Sn-0,8Cu

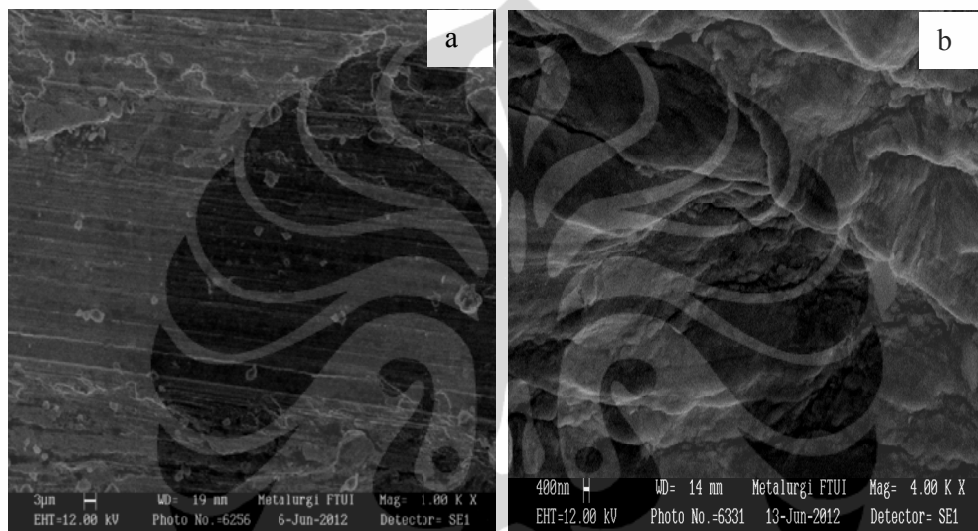


**Gambar 4.10** Gambar SEM paduan logam Sn-0,6Cu-10,4Zn pada perbesaran 500 dan 4000 X

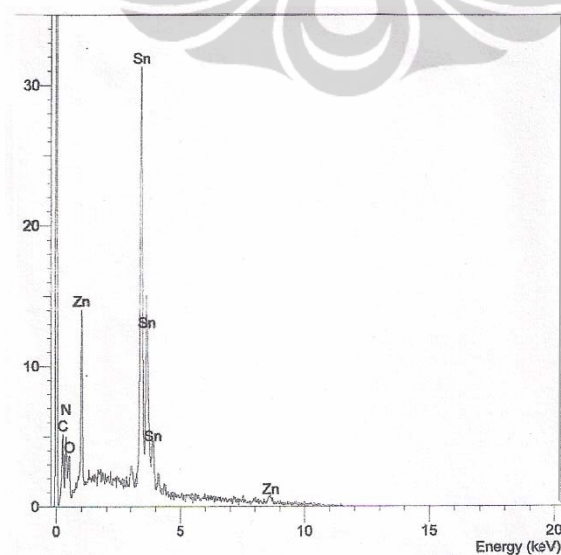


**Gambar 4.11** Spektrum EDS paduan logam Sn-0,6Cu-10,4Zn

Gambar SEM paduan logam Sn-0,5Cu-23,6Zn diberikan oleh Gambar 4.12 (a) dan (b). Pada gambar SEM, fasa kaya  $\beta$ -Zn ditunjukkan oleh daerah yang berwarna kehitaman, sedangkan fasa kaya Cu-Zn ditunjukkan oleh daerah berwarna abu-abu (Yagi et al., 2009). Spektrum EDS paduan logam Sn-0,5Cu-23,6Zn diberikan oleh Gambar 4.13, pada gambar terlihat intensitas puncak Zn yang semakin tinggi menunjukkan jumlah Zn yang meningkat dalam paduan Sn-Cu-Zn.



**Gambar 4.12** Gambar SEM paduan logam Sn-0,5Cu-23,6Zn pada perbesaran 1000 dan 4000 X



**Gambar 4.13** Spektrum EDS paduan logam Sn-0,5Cu-23,6Zn

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan karakterisasi paduan logam Sn-Cu-Zn menggunakan XRF (*X-RayFluorescence*) komposisi paduan logam adalah (dalam % berat): Sn-0,8Cu, Sn-0,6Cu-10,4Zn dan Sn-0,5Cu-23,6Zn.
2. Nilai titik leleh paduan logam Sn-Cu-Zn mengalami penurunan dengan bertambahnya jumlah Zn dalam paduan logam. Temperatur leleh dari paduan solder Sn-0,8Cu, Sn-0,6Cu-10,4Zn dan Sn-0,5Cu-23,6Zn berturut-turut adalah 230,19; 204,71 dan 204,13 °C.
3. Paduan Sn-0,5Cu-23,6Zn memiliki titik leleh terendah, memiliki nilai *pasty range* 9,33 °C yang mendekati paduan logam Sn-37 Pb yaitu 11,5 °C dan nilai *heat of fusion*/ $\Delta H$  65,33 J/g yang lebih rendah dari paduan Sn-Pb sebesar 104,2 J/g. Paduan logam ini adalah paduan logam yang paling berpotensi sebagai pengganti Sn-37Pb dengan kelebihanannya yaitu titik leleh rendah, nilai *pasty range* dan *heat of fusion*/ $\Delta H$  yang mendekati paduan Sn-37Pb.

#### 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, saran yang dapat dikemukakan adalah :

1. Perlu diteliti lebih lanjut mengenai sifat mekanik dari paduan Sn-Cu-Zn untuk mengetahui potensi aplikasi paduan ini sebagai material solder
2. Perlu di analisa lebih lanjut untuk mengetahui fasa-fasa yang terdapat dalam paduan dan interaksi antara logam-logam dalam paduan tersebut.

## DAFTAR PUSTAKA

- Chen, S.-W., Wang, C.-H., Lin, S.-K., & Chiu, C.-N. (2007). Phase Diagrams of Pb-Free Solders and their Related Materials systems. *J Mater Sci: Mater Electron* , 18, 19-37.
- El-Daly, A. A. and Hammad, A. E. (2010). Effects of small addition of Ag and/or Cu on the microstructure and properties of Sn–9Zn lead-free solders. *Materials Science and Engineering A*. 527. 5212–5219.
- El-Daly, A.A., & Hammad, A. E. (2010). Elastic properties and thermal behavior of Sn–Zn based lead-free solder alloys. *Journal of Alloys and Compounds* , 505, 793-800.
- Garcia, L. R., Osório, W. R., Peixoto, L. C., & Garcia, A. (2010). Mechanical properties of Sn–Zn lead-free solder alloys based on the microstructure array. *Material Characterization* , 61, 212-220.
- Ipser, H., et al. (2007). Thermodynamics and phase diagrams of lead-free solder materials. *Journal Material Science: Mater Electron*. Vol. 18, 3–17.
- Islam, M. I., Chana, Y. C., Rizvi, M., & Jillek, W. (2005). Investigations of interfacial reactions of Sn–Zn based and Sn–Ag–Cu lead-free solder alloys as replacement for Sn–Pb solder. *Journal of Alloys and Compounds* , 400, 136–144.
- JEITA. (2004). *Technical report of Japan Electronics and Information Technology Industries Association*. Retrieved December 15, 2011, from <http://www.mission-ic.com/Green/PDF/006%20JEITA%20%20ETR-7021.pdf>
- Kattner, U. R. (2002, december). Phase Diagrams for Lead-Free Solder Alloys. *JOM* , 45-51.
- Kim, S. W., Lee, J., Jeon, B.-M., Jung, E., Lee, S. H., & Kang, K. H. (2009). Thermophysical Properties of Sn–Ag–Cu Based Pb-Free Solders. *Int J Thermophys*. (DOI 10.1007/s10765-009-0599-x).

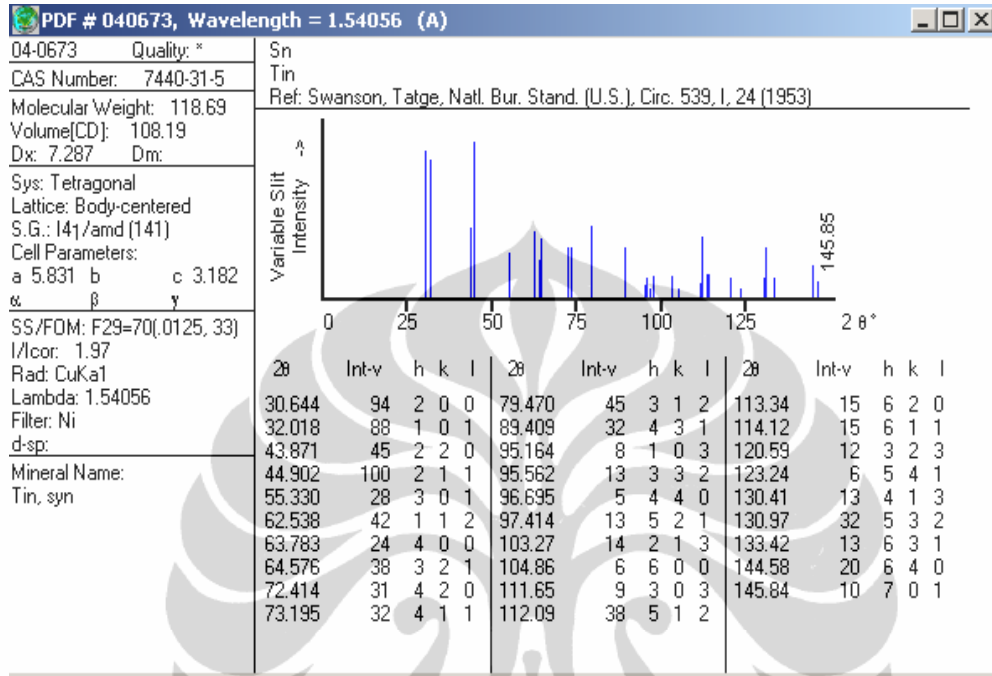


- Mayappan, R., Ismail A. B. and Ahmad, Z. A. (2006). Effect of sample perimeter and temperature on Sn–Zn based lead-free solders. *Journal of Alloys and Compounds*. 400. 136-144.
- Nurhati, B. H. (2010). *Thesis: Pengaruh Logam Cu terhadap struktur mikro dan kapasitas panas material solder Sn-Cu*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Plumbridge, W. J. (2005). Second Generation Lead-free Solder Alloys – A Challenge to Thermodynamics. *Monatshefte für Chemie*, 136, 1811–1821.
- Prasad, L. C., Xie, Y., & Mikula, A. (1999). Lead free solder materials In-Sn-Zn system. *Journal of Non-Crystalline Solids*, 250-252, 316-320.
- Turbini, L. J. (2007). Processing and material issues related to lead-free soldering. *J Mater Sci: Mater Electron*, 18, 147–154.
- Wassink, R. K. (1989). *Soldering in Electronics* (second ed.). Electrochemical Publications, Isle of Man.
- Wei, X., Huang, H., Zhou, L., Zhang, M., & Liu, X. (2007). On the advantages of using a hypoeutectic Sn–Zn as lead-free solder material. *Materials Letters*, 61, 655–658.
- Wu, et al. (2002). Microstructure and Mechanical Properties of New Lead-Free Sn-Cu-RE Solder Alloys. *Journal of Electronic Materials*, Vol. 31, No. 9, 928-932
- Yagi, S., Ichitsubo, T., Matsubara, E., Kimura, H., & Sasamori, K. (2009). Interfacial reaction of gas-atomized Sn–Zn solder containing Ni and Cu additives. *Journal of Alloys and Compounds*, 484, 185–189.
- Zhao, H., Nalagatla, D. R., & Sekulic, D. P. (2009). Wetting Kinetics of Eutectic Lead and Lead-Free Solders: Spreading over the Cu Surface. *Journal of Electronics Materials*, 38 (2), 284-292.
- Zhao, G., Sheng, G., Xue, H., & Yuan, X. (2012). Improved mechanical property of a Cu/Sn-9Zn-0.1Cr/Cu joint using a rapidly solidified solder. *Materials Letters*, 68, 129–132.

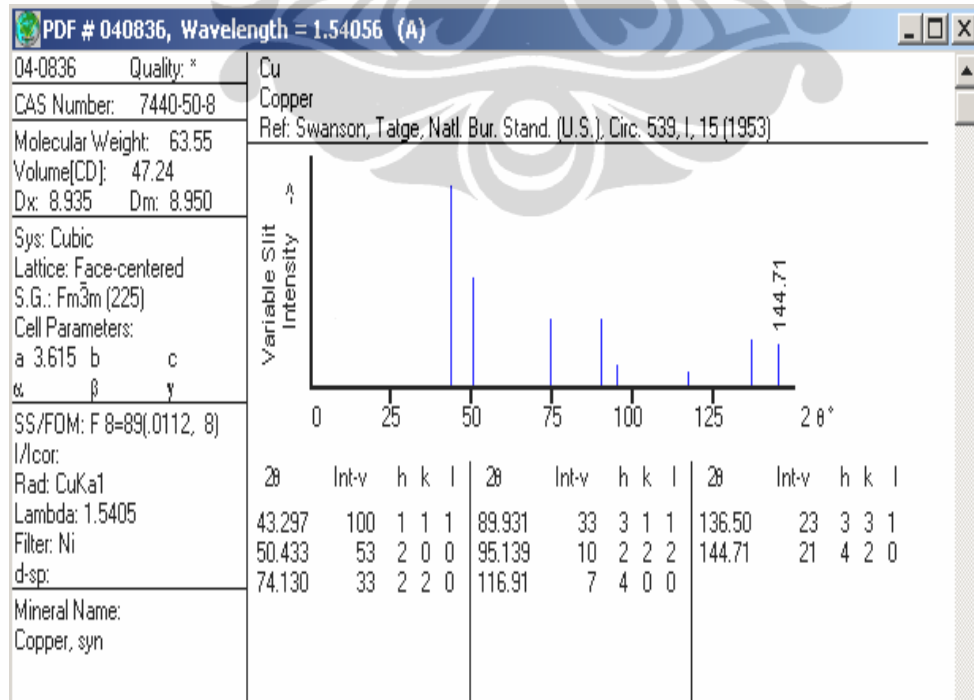
## Lampiran 1

### Data Analisis Difraksi Sinar-X

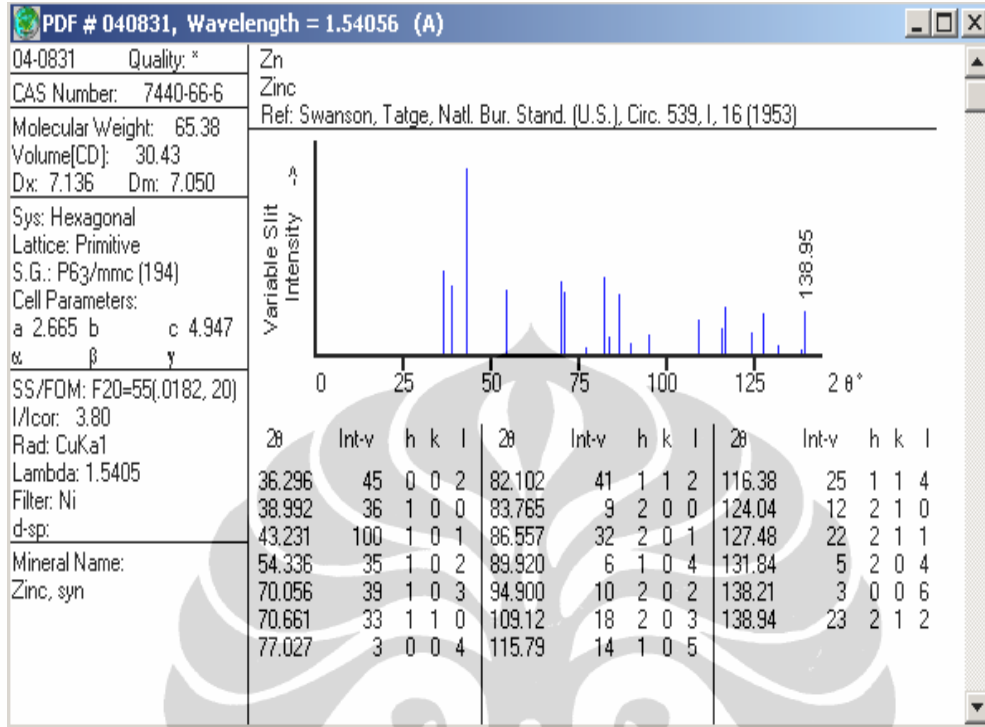
Standar PCPDFWIN untuk Logam Sn No. Kartu 04-0673



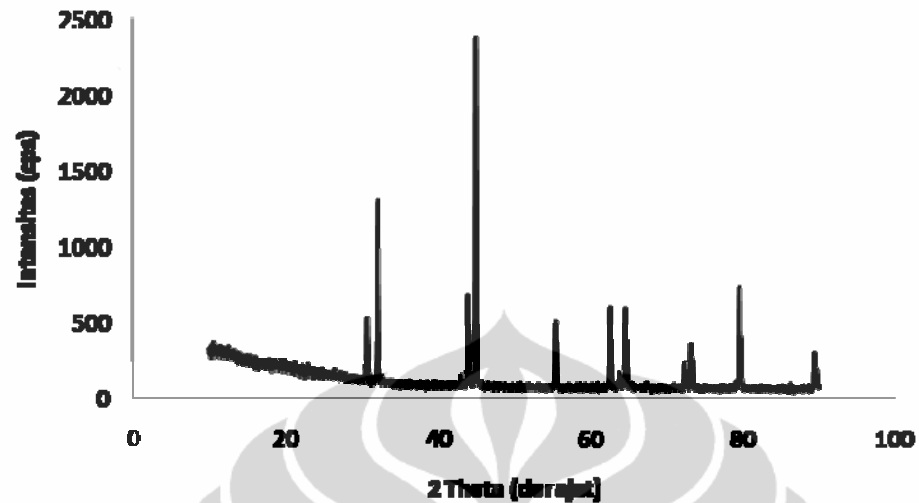
Standar PCPDFWIN untuk Logam Cu No. Kartu 04-0836



## Standar PCPDFWIN untuk Logam Zn No. Kartu 04-0831



## Data Analisis Difraksi Sinar-X Sn-0,8Cu



\*\*\* Basic Data Process \*\*\*

Group : 0511  
Data : 0

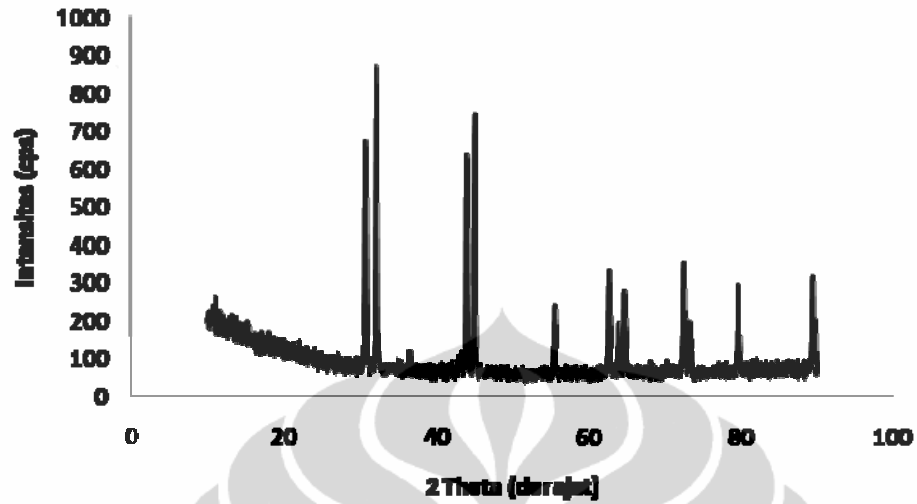
# Strongest 3 peaks

no. peak	2Theta (deg)	d (Å)	I/I1	FWHM (deg)	Intensity (Counts)	Integrated Int (Counts)
1	45.0264	2.01177	100	0.10690	2012	12382
2	32.1412	2.78266	47	0.11100	948	6178
3	79.6126	1.20323	31	0.11640	630	4155

# Peak Data List

peak no.	2Theta (deg)	d (Å)	I/I1	FWHM (deg)	Intensity (Counts)	Integrated Int (Counts)
1	30.7587	2.90451	17	0.10780	334	2310
2	32.1412	2.78266	47	0.11100	948	6178
3	43.1308	2.09570	3	0.11760	62	427
4	44.0000	2.05629	26	0.10750	533	3372
5	45.0264	2.01177	100	0.10690	2012	12382
6	55.4538	1.65564	21	0.11320	415	2674
7	62.6400	1.48187	25	0.10670	498	3104
8	63.8908	1.45584	5	0.12560	99	792
9	64.6980	1.43961	24	0.11290	484	3159
10	72.5347	1.30216	8	0.10840	153	1117
11	73.2760	1.29081	12	0.11380	250	1763
12	79.6126	1.20323	31	0.11640	630	4155
13	89.4964	1.09419	11	0.11820	220	1546

## Data Analisis Difraksi Sinar-X Sn-0,6Cu-10,4Zn



\*\*\* Basic Data Process \*\*\*

Group : 0511  
Data : 7

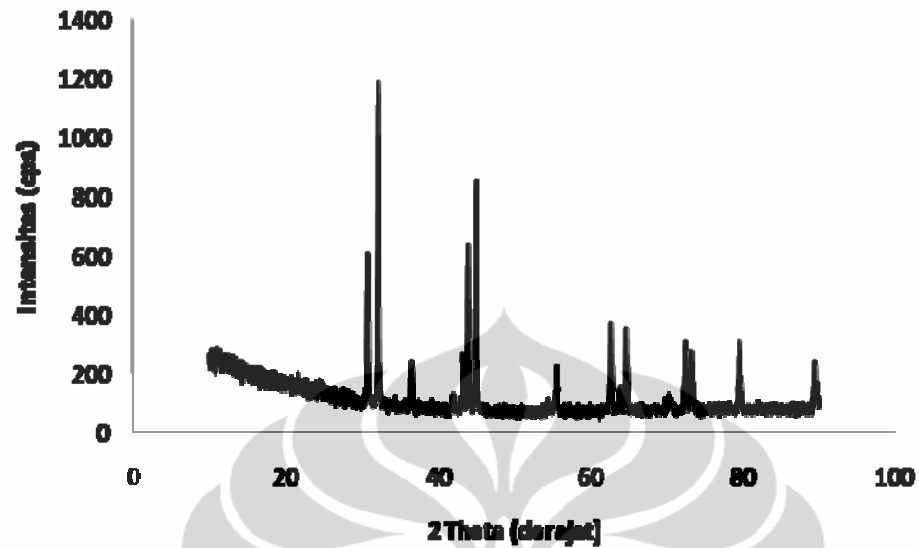
# Strongest 3 peaks

no. peak	2Theta (deg)	d (Å)	I/I1	FWHM (deg)	Intensity (Counts)	Integrated Int (Counts)
1	32.2362	2.77467	100	0.19300	538	5726
2	45.1236	2.00766	91	0.18310	492	4950
3	44.1022	2.05176	81	0.17350	434	4036

# Peak Data List

peak no.	2Theta (deg)	d (Å)	I/I1	FWHM (deg)	Intensity (Counts)	Integrated Int (Counts)
1	13.7954	6.41398	4	0.16420	20	352
2	30.8369	2.89732	75	0.19670	406	4484
3	32.2362	2.77467	100	0.19300	538	5726
4	36.5746	2.45489	6	0.23730	30	375
5	41.7800	2.16028	3	0.16000	17	310
6	43.4183	2.08248	5	0.13670	27	282
7	44.1022	2.05176	81	0.17350	434	4036
8	45.1236	2.00766	91	0.18310	492	4950
9	55.5492	1.65302	25	0.19840	137	1522
10	62.7362	1.47983	39	0.18580	209	2141
11	63.9852	1.45392	17	0.19210	90	991
12	64.7861	1.43787	35	0.19630	187	2056
13	72.6240	1.30078	43	0.17140	229	2290
14	73.3630	1.28949	21	0.19000	115	1288
15	79.6974	1.20216	32	0.18320	171	1787
16	89.5531	1.09364	38	0.17160	204	1933

## Data Analisis Difraksi Sinar-X Sn-0,5Cu-23,6Zn



## \*\*\* Basic Data Process \*\*\*

Group : 0511  
Data : 1

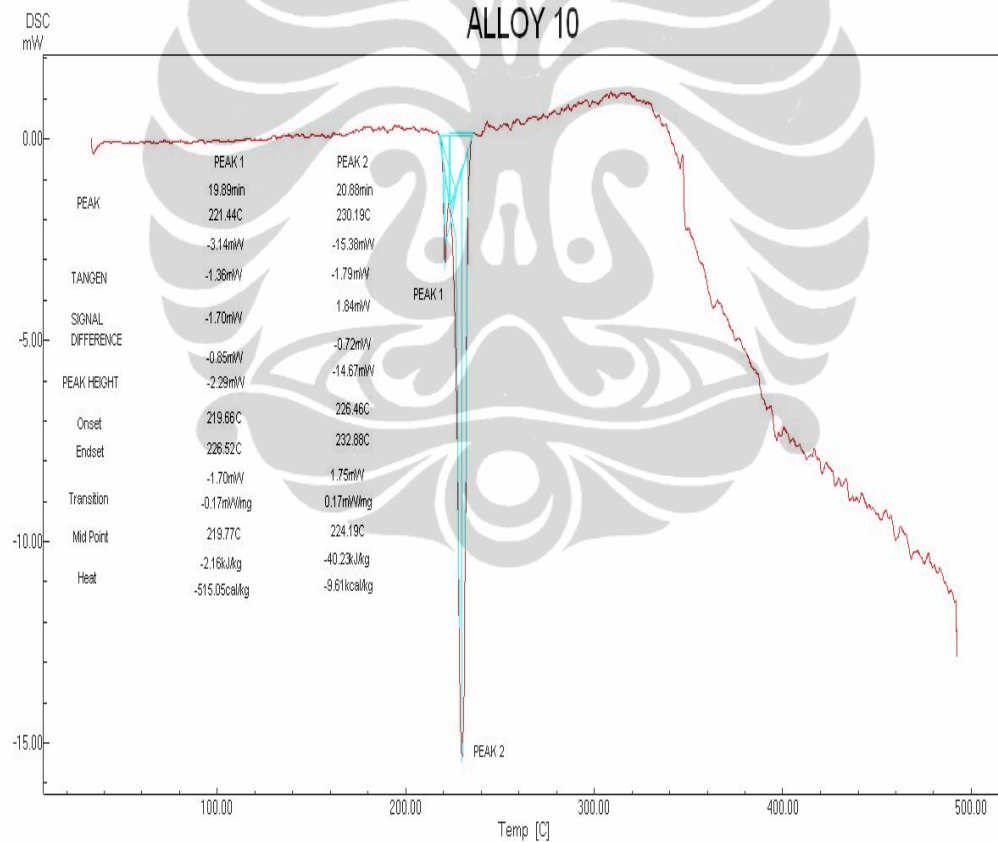
# Strongest 3 peaks							
no.	peak no.	2Theta (deg)	d (Å)	I/II	FWHM (deg)	Intensity (Counts)	Integrated Int (Counts)
1	2	32.2146	2.77649	100	0.15300	787	7009
2	9	45.0916	2.00901	74	0.15400	585	4941
3	7	44.0668	2.05333	52	0.15500	408	3562

# Peak Data List							
peak no.	2Theta (deg)	d (Å)	I/II	FWHM (deg)	Intensity (Counts)	Integrated Int (Counts)	
1	30.8149	2.89934	44	0.17400	343	3402	
2	32.2146	2.77649	100	0.15300	787	7009	
3	36.5507	2.45644	16	0.19100	125	1461	
4	39.1583	2.29866	3	0.13670	24	207	
5	41.9567	2.15158	5	0.15850	42	527	
6	43.3882	2.08386	18	0.14020	144	1284	
7	44.0668	2.05333	52	0.15500	408	3562	
8	44.7600	2.02312	3	0.12000	27	307	
9	45.0916	2.00901	74	0.15400	585	4941	
10	54.5480	1.68097	3	0.13600	27	207	
11	55.2800	1.66043	4	0.18660	28	296	
12	55.5154	1.65395	15	0.16220	116	1022	
13	62.7098	1.48039	26	0.16620	207	2210	
14	63.9579	1.45447	7	0.18920	57	763	
15	64.7663	1.43826	25	0.15620	194	1914	
16	70.3775	1.33670	4	0.24500	31	599	
17	72.5944	1.30124	22	0.16140	171	1774	
18	73.3408	1.28983	19	0.15400	152	1546	
19	79.6597	1.20264	24	0.18050	190	2241	
20	82.2233	1.17151	4	0.16670	30	304	
21	89.5503	1.09367	17	0.17360	133	1542	

## Lampiran 2

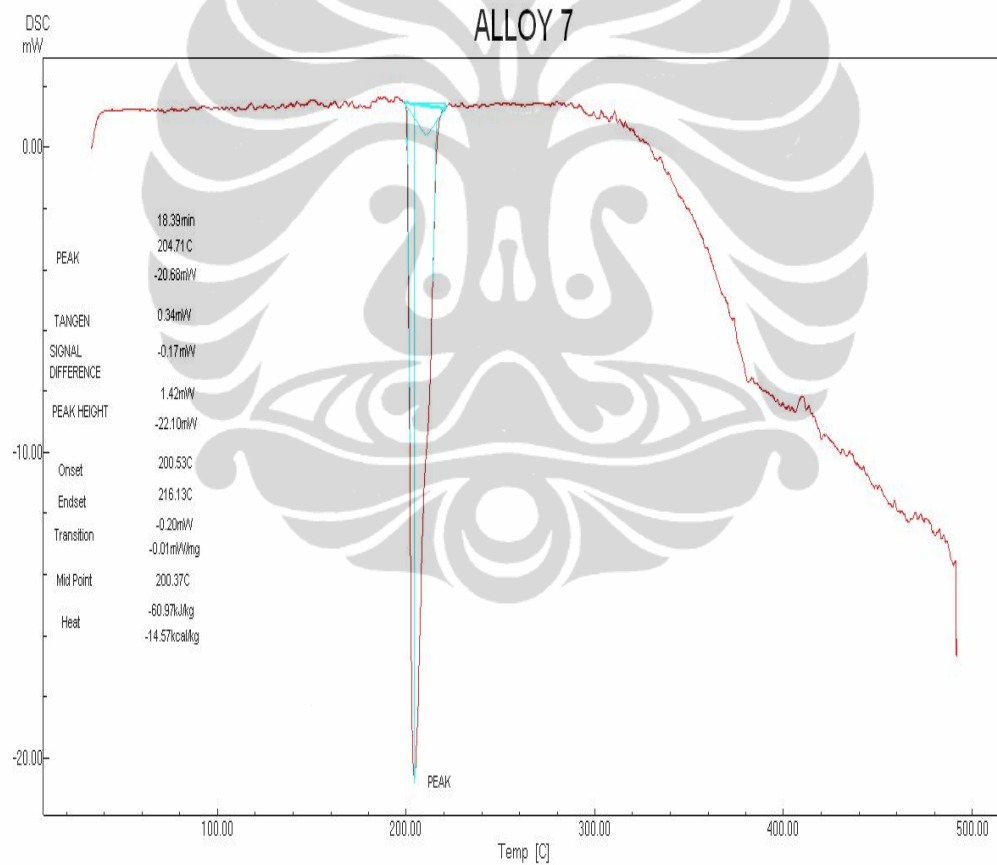
### Data Analysis DSC (*Differential Scanning Calorimetry*) Sn-0,8Cu

Sample Name: Alloy 10 (Sn<sub>99,2</sub>-Cu<sub>0,8</sub>)  
 Detector: DSC-60A  
 Serial No: C30504900173SA  
 Atmosphere: Nitrogen  
 Flow Rate: 30[ml/min]  
 Cell: Aluminum  
 Sample Weight: 20.000[mg]



### Data Analisis DSC (*Differential Scanning Calorimetry*) Sn-0,6Cu-10,4Zn

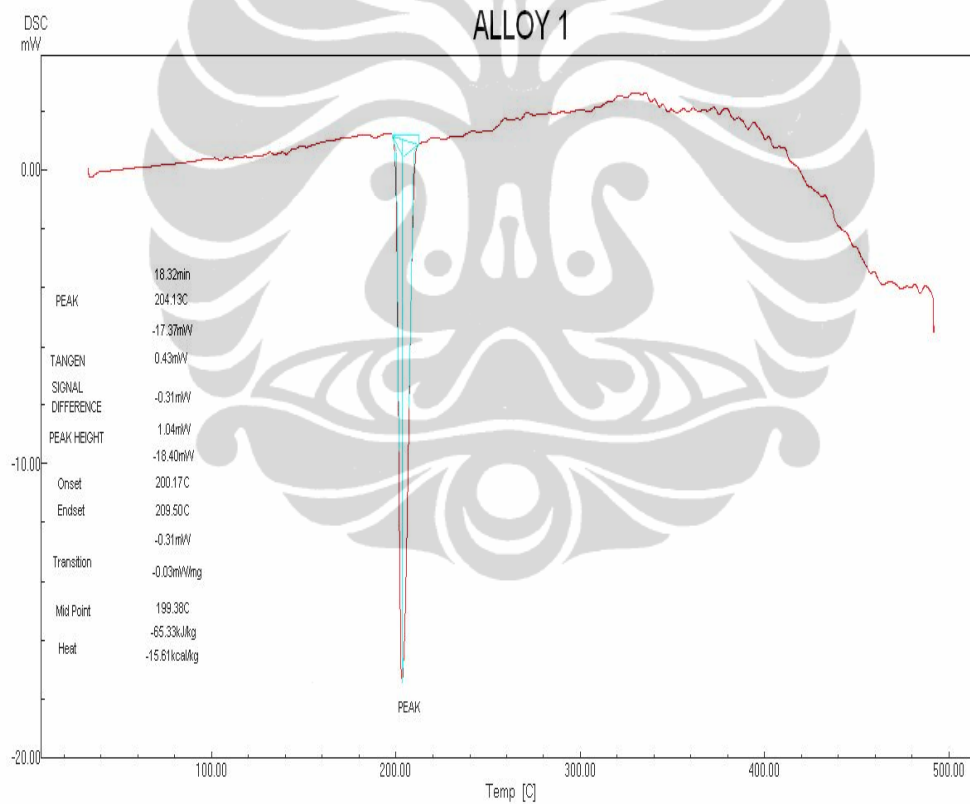
Sample Name: alloy7 (Sn<sub>89</sub>-Cu<sub>0,6</sub>-Zn<sub>10,5</sub>)  
 Detector: DSC-60A  
 Serial No: C30504900173SA  
 Atmosphere: Nitrogen  
 Flow Rate: 30[ml/min]  
 Cell: Aluminum  
 Sample Weight: 20.000[mg]





### Data Analisis DSC (*Differential Scanning Calorimetry*) Sn-0,5Cu-23,6Zn

Sample Name: Alloy1 (Sn<sub>75,9</sub>-Cu<sub>0,6</sub>-Zn<sub>23,7</sub>)  
 Detector: DSC-60A  
 Serial No: C30504900173SA  
 Atmosphere: Nitrogen  
 Flow Rate: 30[ml/min]  
 Cell: Aluminum  
 Sample Weight: 20.000[mg]



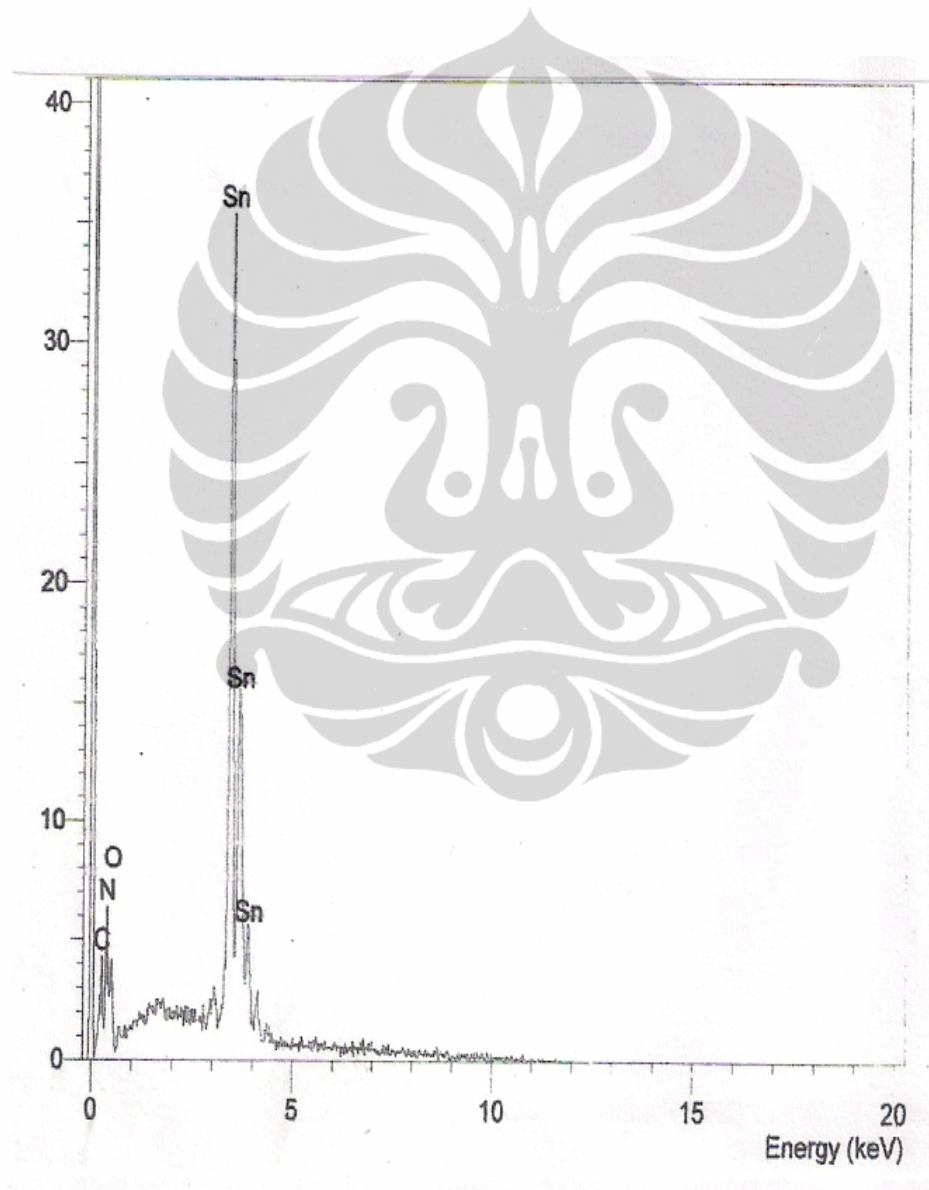
**Lampiran 3****Data Analisis EDS (*Energy Dispersive Spectroscopy*) Sn-0,8Cu**

Operator :Ferdian

Client: Departemen Teknik Metalurgi dan Material

Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis

0706-(10)-1 (06/06/12 20:23)



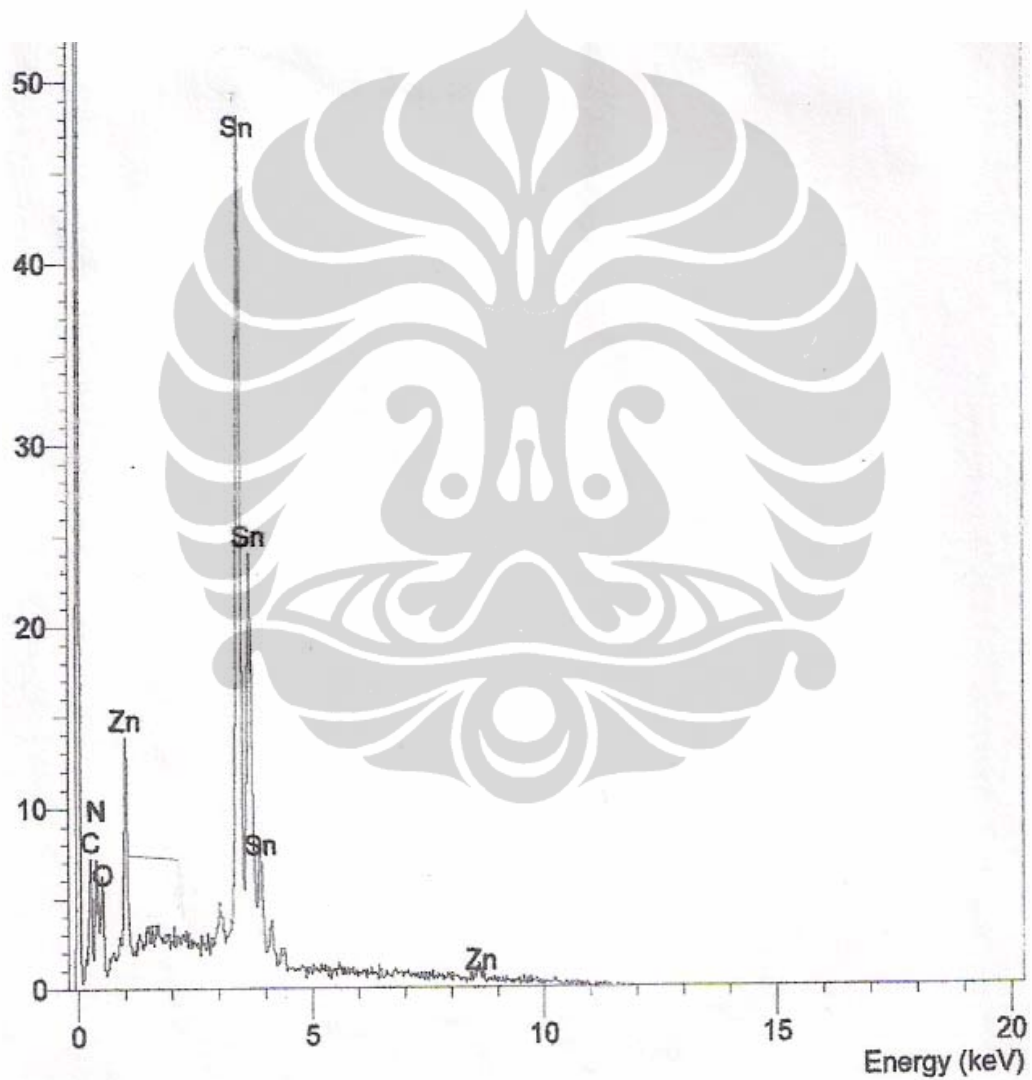
**Data Analisis EDS (*Energy Dispersive Spectroscopy*) Sn-0,6Cu-10,4Zn**

Operator :Ferdian

Client: Departemen Teknik Metalurgi dan Material

Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis

0706-(7)23.46-2 (06/06/12 20:15)



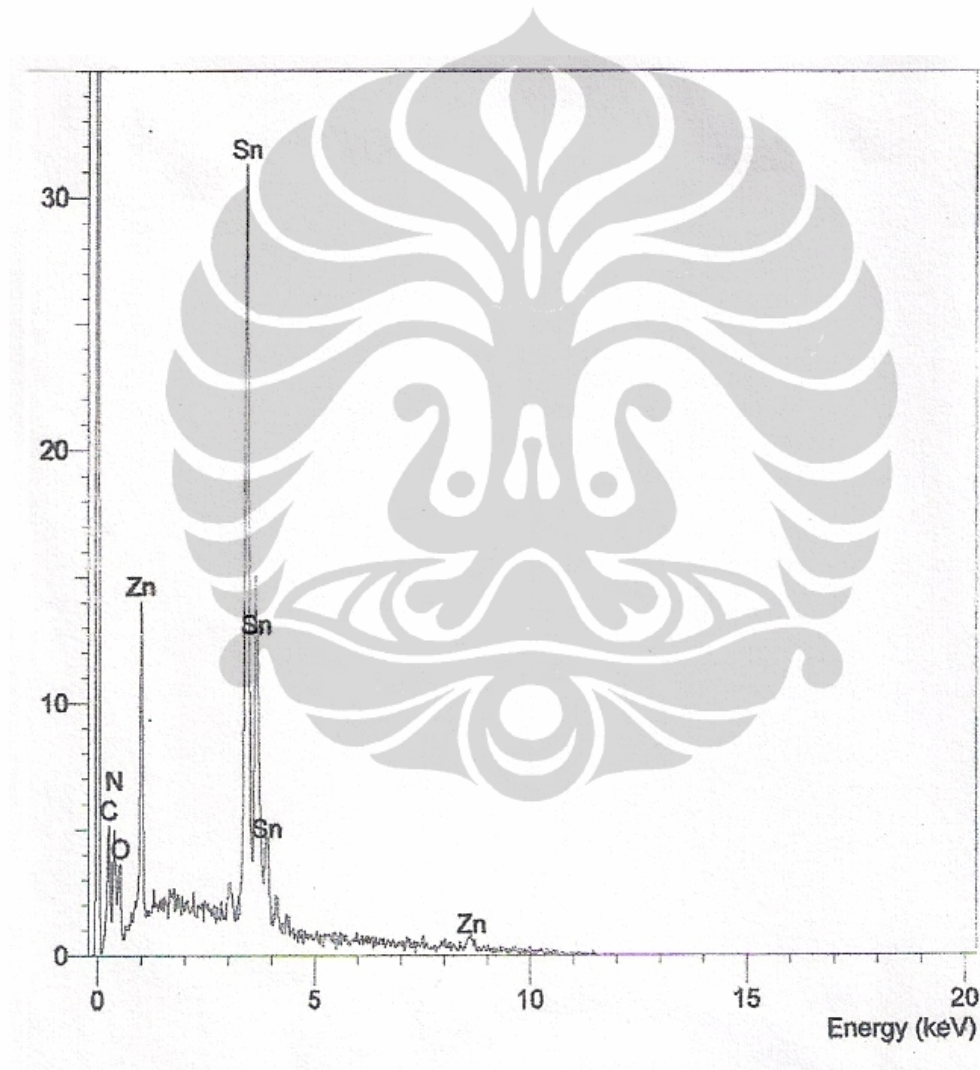
**Data Analisis EDS (*Energy Dispersive Spectroscopy*) Sn-0,5Cu-23,6Zn**

Operator :Ferdian

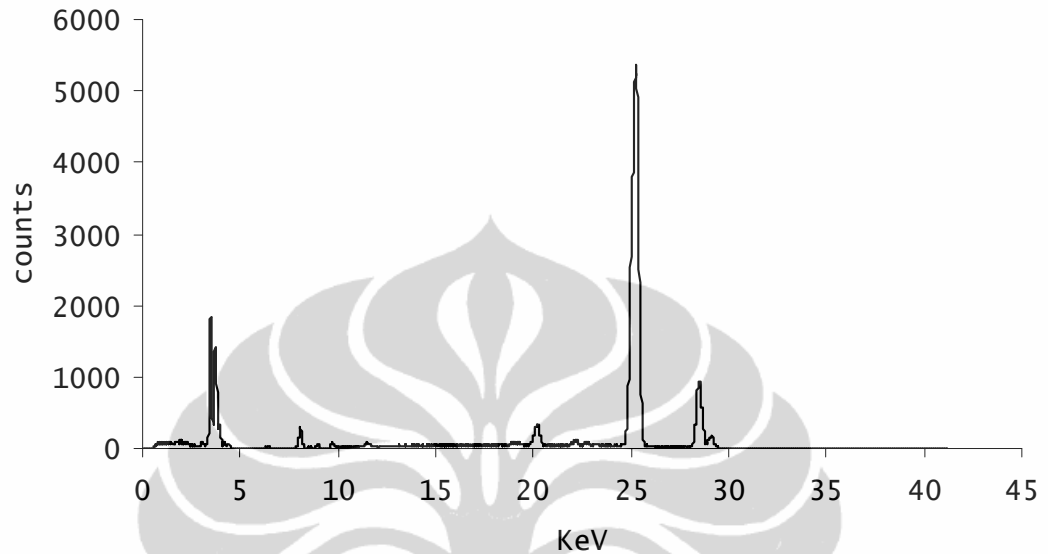
Client: Departemen Teknik Metalurgi dan Material

Job: Energy Dispersive X-Ray Analysis

0706-(1)25.03-2 (06/06/12 20:06)



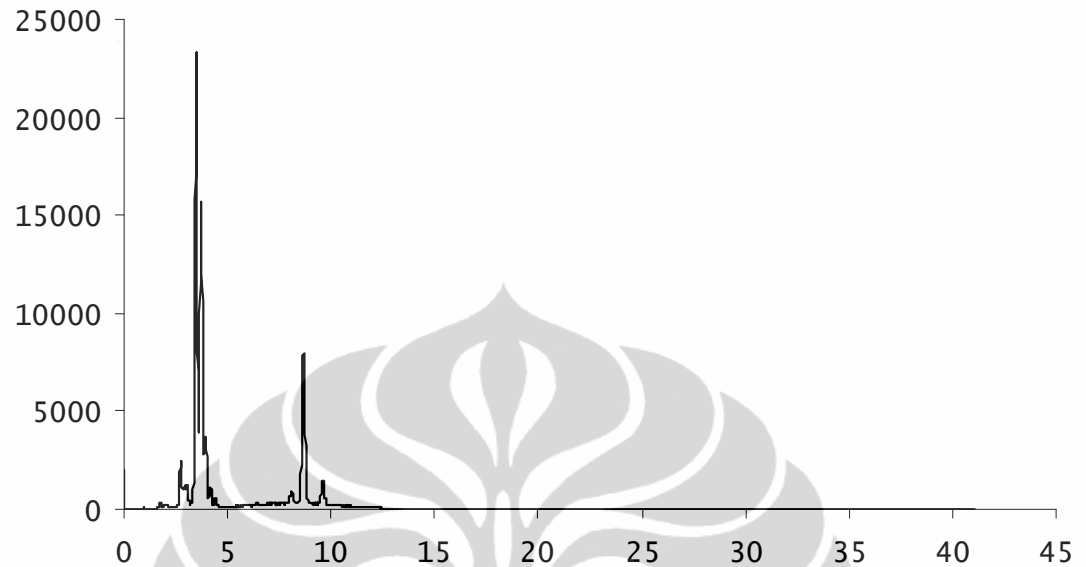
## Lampiran 4

**Data Analisis XRF (X-Ray Fluorescence) Sn-0,8Cu**

Version: 5002  
 Sample: 1 - metal-0  
 Live Time:14.675 s  
 True Time:16.136 s  
 Raw counts: 227775  
 Valid counts: 216952  
 Valid counts in the channel range: 216952  
 Active period time:15.411 s  
 Date: 11/2/2012  
 Time: 12:14:06  
 Energy Calibration: -0.005000 keV 0.020065 keV/channel  
 Energy Calibration Temp0: -0.005000 keV 0.020057 keV/channel  
 Energy Calibration Delta: 0.000000 eV/degC 0.000449 eV/(degC\*channel)  
 Initial temperature: 311.2 K  
 Final temperature: 312.2 K  
 X-ray tube: 40 kV 10 uA  
 Filter Position: 4  
 Average Air Density: 0.001146 g/cm<sup>3</sup>  
 Duration: 60 s

Element	Sn	Cu
%	99.2	0.8
STD	0.30	0.018

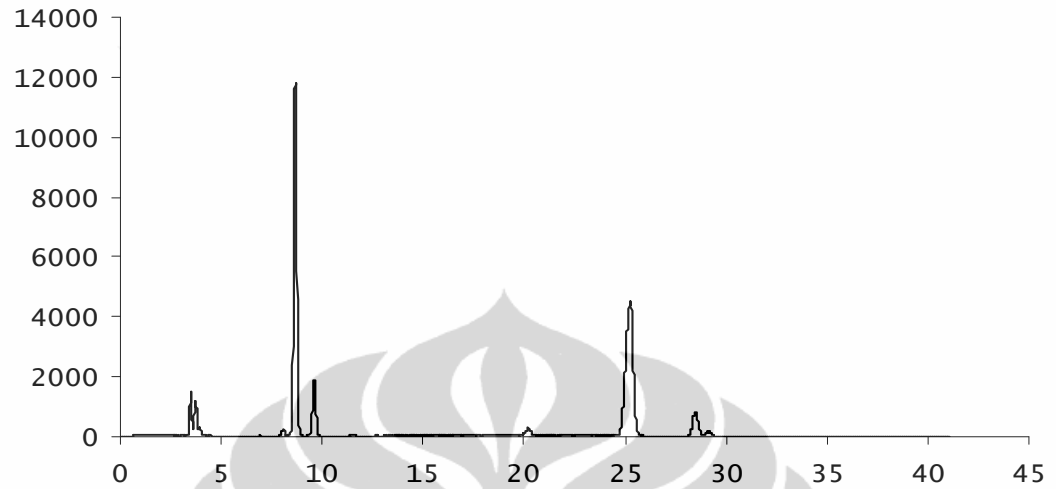
### Data Analisis XRF (X-Ray Fluorescence) Sn-0,6Cu-10,4Zn



Version: 5002  
 Sample: 1 - metal-1  
 Live Time:42.027 s  
 True Time:43.889 s  
 Raw counts: 541039  
 Valid counts: 524400  
 Valid counts in the channel range: 524400  
 Active period time:43.364 s  
 Date: 11/2/2012  
 Time: 12:29:07  
 Energy Calibration: -0.005000 keV 0.020065 keV/channel  
 Energy Calibration Temp0: -0.005000 keV 0.020057 keV/channel  
 Energy Calibration Delta: 0.000000 eV/degC 0.000449 eV/(degC\*channel)  
 Initial temperature: 318.3 K  
 Final temperature: 318.6 K  
 X-ray tube: 13 kV 45 uA  
 Filter Position: 4  
 Average Air Density: 0.001153 g/cm<sup>3</sup>  
 Duration: 60 s

Element	Sn	Zn	Cu
%	89	10.4	0.6
STD	0.27	0.049	0.015

**Data Analisis XRF (X-Ray Fluorescence) Sn-0,5Cu-23,6Zn**



Version: 5002  
 Sample: 1 - metal-7  
 Live Time:14.524 s s  
 True Time:16.136 s  
 Raw counts: 329726  
 Valid counts: 311079  
 Valid counts in the channel range: 311079  
 Active period time:15.398 s  
 Date: 11/2/2012  
 Time: 11:56:31  
 Energy Calibration: -0.005000 keV 0.020065 keV/channel  
 Energy Calibration Temp0: -0.005000 keV 0.020057 keV/channel  
 Energy Calibration Delta: 0.000000 eV/degC 0.000449 eV/(degC\*channel)  
 Initial temperature: 311.3 K  
 Final temperature: 312.3K  
 X-ray tube: 40 kV 10 uA  
 Filter Position: 4  
 Average Air Density: 0.001156 g/cm<sup>3</sup>  
 Duration: 60 s

Element	Sn	Zn	Cu
%	75.9	23.6	0.5
STD	0.25	0.070	0.015