



UNIVERSITAS INDONESIA

**Pengaruh Penambahan Zn (0 - 41 wt%) Terhadap Struktur ,
Kristalisasi dan Sifat Termal Paduan Sn-Zn**

TESIS

**WALUYO
0606001052**

**PROGRAM STUDI ILMU MATERIAL
PASCASARJANA FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU
PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS INDONESIA
DEPOK
2010**



UNIVERSITAS INDONESIA

**Pengaruh Penambahan Zn (0 - 41 wt%) Terhadap Struktur ,
Kristalisasi dan Sifat Termal Paduan Sn-Zn**

TESIS

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister Ilmu Material**

**WALUYO
0606001052**

**PROGRAM STUDI ILMU MATERIAL
PASCASARJANA FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU
PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS INDONESIA
DEPOK
2010**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Waluyo

NPM : 0606001052

Tanda Tangan :



Tanggal : 15 Juli 2010

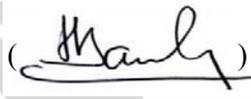
HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh

Nama : Waluyo
NPM : 0606001052
Program Studi : Ilmu Material
Judul : Pengaruh Penambahan Zn (0 - 41 wt %) Terhadap Struktur, Kristalisasi dan Sifat Termal Paduan Sn-Zn

Telah dipertahankan dihadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Sains pada Program Studi Ilmu Material Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Ketua Program Studi : Dr. Bambang Soegijono ()
Pembimbing : Dr. Bambang Soegijono ()
Penguji I : Dr. Muhamad Hikam ()
Penguji II : Dr. Budhy Kurniawan ()
Penguji III : Dr. Yudi Masduky Solihin ()

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal : Juli 2010

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur senantiasa dipanjatkan kepada Allah SWT, Tuhan semesta alam yang telah memberikan berbagai kenikmatan kepada kita semua, karena dengan ridhonyalah sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini dengan sebaik-baiknya. Tesis dengan judul **'Pengaruh Penambahan Zn (0 - 41 wt %) Terhadap Struktur, Kristalisasi dan Sifat Termal Paduan Sn-Zn'** ini dibuat sebagai syarat yang harus dipenuhi dalam menyelesaikan mata kuliah tesis dan untuk mencapai gelar Magister Sains di Program Studi Ilmu Material pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia.

Selama proses penyusunan tesis ini, penulis telah banyak mendapatkan masukan maupun bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Bambang Soegijono, selaku pembimbing dan selaku Ketua Program Studi Ilmu Material yang tak mengenal lelah dalam membimbing, memotivasi dan memberikan ilmu yang bermanfaat bagi penulis.
2. Bapak Dr Muhamad Hikam ,selaku pembimbing akademis yang telah memberikan bimbingan selama menjadi mahasiswa.
3. Bapak – bapak dosen ilmu material yang memberikan ilmu , motivasi dan sangat membantu dalam menyelesaikan tesis ini.
4. Seluruh Staf Tata Usaha Program Studi Ilmu Material yang telah membantu dalam segala hal administrasi.
5. Istriku Neneng Widiarsih yang tercinta dan keluarga besar atas doa dan dukungannya.
6. Aulia Yosi, Intan Kirana, Aiga Regina dan Nayla Anindita, yang selalu berdoa dan memberi motivasi inspirasi.
7. Teman-teman Ilmu Material seangkatan Hamdan, Maykel dan lain-lain yang memberikan dukungan dan informasi.

Penulis menyadari masih terdapat banyak kekuarangan dalam penyusunan tesis ini, untuk itu, saran dan kritik yang konstruktif sangat penulis harapkan untuk memperbaiki penulisan dan membawa manfaat bagi pengembangan ilmu dimasa yang akan datang.

Penulis berharap penelitian ini dapat dipahami sebagai upaya untuk memberikan kontribusi yang nyata dalam menciptakan kehidupan yang lebih baik karena penelitian ini menawarkan ilmu yang baru, pemahaman yang baru dalam mempelajari pengaruh logam Zn terhadap struktur mikro dan Ukuran Kristal material paduan Sn-Zn.

Dalam penulisan tesis ini ketidaklengkapan dan kekurangakuratan merupakan bagian dari belum sempurnanya penelitian , yang tentunya masih menjadi tanggung jawab penulis untuk itu masukan dan informasi sangat diharapkan demi untuk menyempurnakannya.

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA
ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMISI**

Sebagai civitas akademik Universitas Indonesia, saya bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Waluyo
NPM : 0606001052
Program Studi : Ilmu Material
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenis Karya : Tesis

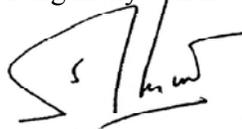
Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

“Pengaruh Penambahan Zn (0 - 41 wt %) Terhadap Struktur, Kristalisasi dan Sifat Termal Paduan Sn-Zn”

beserta perangkat yang ada (bila diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, 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 : Jakarta
Pada tanggal : Juli 2010
Yang menyatakan



(Waluyo)

ABSTRAK

Nama : Waluyo
Program Studi : Ilmu Material
Judul : Pengaruh Penambahan Zn (0 - 41 wt %) Terhadap Struktur, Kristalisasi dan Sifat Termal Paduan Sn-Zn

ABSTRAK

Pada penelitian ini dilakukan pembuatan dan karakterisasi paduan Sn-Zn dengan menggunakan XRF, XRD dan DSC. Karakterisasi untuk mengetahui struktur, Kristalisasi dan Sifat Termal Paduan Sn-Zn. Penelitian dengan menggunakan alat uji DSC bekerja pada suhu 31° C hingga 400 °C dan laju 10°C/menit. Paduan Sn-Zn pada penelitian ini berasal dari unsur-unsur murninya yang dilebur secara bersamaan pada suhu sekitar 600°C selama 10 sampai 15 menit. Persen berat (wt %) Zn dibanding Sn yang digunakan adalah 6 %, 40% dan 41%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan wt % Zn, mempengaruhi Struktur , sifat termal Paduan Sn-Zn dan juga cenderung menghambat kristalisasi Sn.

Kata kunci :
Struktur, Paduan Sn-Zn, kristalisasi, sifat termal

ABSTRACT

Name : Waluyo
Study Program : Materials Science
Title : The Influence of Metal Zinc to The Structure and Grain
Crystall of Sn-Zn Alloys

ABSTRACT

In this research, manufacture and characterization of Sn-Zn alloys using XRF, XRD, DSC and SEM. Characterization for to know microstructure, heat capacity C_p as a function of temperature (T) of Sn-Zn solder material. Research tools DSC test worked at temperature 31°C to 400°C and the rate of $5^\circ\text{C} / \text{min}$. Sn-Zn solder material in this study originated from the pure elements are melted together at a temperature of about 700°C for 10 to 15 minutes. Zn than the weight percent of Sn used was 6%, 30%, 40% and 41%. The results showed that the addition of weight percent Zn, influence to microstructure of sample Sn-Zn and Sn tends to inhibit the growth of crystals

Key words:

Structure, Sn-Zn solder alloys, thermal temperature

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	
ABSTRAK	
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR LAMPIRAN	iv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Permasalahan	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Hipotesa Penelitian	2
1.5. Batasan Penelitian	2
1.6. Sistematika Penulisan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Solder bebas timbal	4
2.2. Timah / Tin (Sn)	4
2.3. Sifat Fisik Timah	6
2.4. Seng / Zinc (Zn)	12
2.5. X-Ray Fluorescence (XRF)	13
2.6. X-Ray Diffractometer (XRD)	16
2.7. Differential Scanning Calorimetry (DSC)	20
BAB 3 METODOLOGI DAN PROSEDUR PENELITIAN	22
3.1. Alur Penelitian	22
3.2. Preparasi Material	22

3.3. Karakterisasi Sampel Paduan	20
3.3.1. Karakterisasi dengan menggunakan XRF (X-Ray Fluorescence)	26
3.3.2. Karakterisasi dengan menggunakan XRD (X-Ray Diffractometer)	26
3.3.3. Karakterisasi dengan menggunakan DSC (Differential Scanning Calorimeter)	23
3.3.4. Ukuran Kristal Sampel	32
3.3.5. Metode DSC	36
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	25
4.1. Hasil Uji dengan X-Ray Fluorescence (XRD)	26
4.2. Hasil Uji dengan X-Ray Diffractometer (XRF)	27
4.3. Hasil Ukuran Kristalit Sampel	35
4.4. Hasil karakterisasi dengan DSC	40
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	45
5.1. Kesimpulan	45
5.2. Saran	45
DAFTAR REFERENSI	46
DAFTAR LAMPIRAN	48

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1	Contoh bentuk tetragonal	9
Gambar 2	Diagram Fasa Timah / Tin (Sn).....	12
Gambar 3	DiagramFasa Sn-Zn.....	11
Gambar 4	DiagramFasa Seng (Zn)	13
Gambar 5	Contoh Hasil pengukuran dengan XRF.....	15
Gambar 6	X-Ray Fluorescence	15
Gambar 7	Skema cara Kerja X-Ray Fluorescence.....	16
Gambar 8	Arah Difraksi berkas sinar X.....	17
Gambar 9	X-Ray Powder Diffactometer (XRD).....	17
Gambar 10	Contoh Hasil Pengukuran dengan Alat XRD	18
Gambar 11	Differential Scanning Calorimetry (DSC).....	20
Gambar 12	Contoh Kurva hasil DSC pada alloy	21
Gambar 13	Kurva Intensitas Sn-Murni	27
Gambar 14	Grafik Intensitas Sn-Murni.....	28
Gambar 15	Grafik Intensitas Sn6Zn.....	28
Gambar 16	Grafik Intensitas Sn40Zn.....	29
Gambar 17	Grafik Intensitas Sn41Zn.....	30
Gambar 18	Kurva Intensitas Sn6Zn	32
Gambar 19	Kurva XRD Paduan Sn-Zn.....	34
Gambar 20	Linearisasi Sn-Murni	36
Gambar 21	Linearisasi ukuran kristal Sn6Zn.....	37
Gambar 22	Linearisasi Ukuran kristal Sn40Zn.....	38
Gambar 23	Linearisasi ukuran kristal Sn41Zn.....	39
Gambar 24	Ukuran kristal paduan Sn-Zn.....	40
Gambar 25	Hasil Pengukuran dengan DSC untuk sampel Sn-Murni	41
Gambar 26	Kurva hasil pengukuran dengan DSC sampel Sn40Zn	42
Gambar 27	Kurva hasil pengukuran dengan DSC sampel Sn41Zn	42
Gambar 28	Kurva hasil pengukuran dengan DSC untuk sampel paduan Sn-Zn.....	43

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Alloy Pengganti Sn-Pb Eutectik.....	8
Tabel 4.1	Hasil Karakterisasi XRF pada paduan Sn-Zn.....	26
Tabel 4.2	Puncak difraksi Sn6Zn	32
Tabel 4.3	Puncak difraksi Sn40Zn	32
Tabel 4.4	Puncak difraksi Sn41Zn	33
Tabel 4.5	Intensitas sudut 2 θ sampel.....	34
Tabel 4.6	Ukuran Kristal paduan Sn-Zn.....	40
Tabel 4.7	Data hasil DSC paduan Sn-Zn.....	43



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Kurva Hasil Karakterisasi dengan XRF untuk Sn-Murni....	48
Lampiran 2	Kurva Hasil Karakterisasi dengan XRF untuk Sn6Zn	49
Lampiran 3	Kurva Hasil Karakterisasi dengan XRF untuk Sn40Zn	50
Lampiran 4	Kurva Hasil Karakterisasi dengan XRF untuk Sn41Zn	51
Lampiran 5	Grafik analisa program Match! Untuk sampel Sn-Murni....	52
Lampiran 6	Grafik analisa program Match! Untuk sampel Sn6Zn	53
Lampiran 7	Grafik analisa program Match! Untuk sampel Sn40Zn	54
Lampiran 8	Grafik analisa program Match! Untuk sampel Sn41Zn	55
Lampiran 9	Data excel linearisasi APD untuk sampel Sn-Murni.....	56
Lampiran 10	Data excel linearisasi untuk sampel Sn-Murni.....	57
Lampiran 11	Data excel linearisasi APD untuk sampel Sn6Zn.....	58
Lampiran 12	Data excel linearisasi untuk sampel Sn6Zn.....	59
Lampiran 11	Data excel linearisasi APD untuk sampel Sn40Zn.....	60
Lampiran 12	Data excel linearisasi untuk sampel Sn40Zn.....	61
Lampiran 11	Data excel linearisasi APD untuk sampel Sn41Zn.....	62
Lampiran 12	Data excel linearisasi untuk sampel Sn41Zn.....	63



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Saat ini industri mikroelektronik tengah berupaya mencari alternatif untuk menggantikan solder berbahan Sn-Pb, hal ini dikarenakan kandungan Timbal (Pb) yang bersifat racun dapat mempengaruhi kesehatan lingkungan dan global. Aturan Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) telah melarang penggunaan bahan solder Sn-Pb mulai tahun 2006 (Yan Yanfu et.al, 2007). Oleh karena itu untuk mencari pengganti bahan Pb tentunya perlu diadakan penelitian terhadap bahan-bahan baru yang memiliki sifat fisik yang hampir sama dengan Sn-Pb. Penelitian tentang solder bebas timbal sebagai alternatif pengganti material solder Sn-Pb pertama-tama didasarkan pada titik leleh (melting point) pada paduan logam yang akan dibuat. Dan biasanya diambil pada titik eutectic pada diagram fasa setiap paduan logam, Komposisi eutektik merupakan kondisi dimana seluruh material penyusun pada paduan/campuran dapat meleleh pada suhu yang sama. Eutektik SnPb memiliki titik leleh sebesar 183°C . Kondisi eutektik serta titik leleh yang tidak tinggi merupakan kriteria utama suatu paduan/campuran dapat dijadikan material solder, sehingga tidak diperlukan suhu tinggi untuk membuat paduan meleleh secara menyeluruh. Hal ini penting tentunya agar komponen serta alat elektronik yang digunakan tidak rusak akibat tingginya temperatur penyolderan. Selain itu, paduan/campuran yang digunakan juga harus memiliki sifat konduktifitas elektrik dan kemampuan *wetting* yang baik. Konduktifitas elektrik diperlukan agar material solder yang digunakan dapat menghantarkan arus listrik pada rangkaian elektronik. Sedangkan kemampuan *wetting* merupakan kemampuan zat cair untuk membasahi permukaan zat padat sehingga dapat terbentuk interaksi inter molekuler pada kedua zat tersebut. Telah banyak komposisi pengganti Sn-Pb (solder bebas timbal) yang dimungkinkan sebagai pengganti antara lain : Sn-Ag-Bi, Sn-Ag-Cu, Sn-Zn, Sn-Cu-In, Sn-Ag-Bi-Cu-Ge (nurmi.et al, 2004). Diantara paduan diatas Sn-Zn (paduan S-Z) dipilih sebagai alternative karena memiliki berbagai keunggulan seperti titik leleh, solderability, kehandalan yang mendekati Sn-Pb.

1.2. Perumusan Masalah

Penelitian ini akan menguraikan bagaimana pengaruh penambahan variasi Zn terhadap struktur mikro, perbedaan entalpi dan ukuran kristal pada paduan Sn-Zn.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

Mengetahui pengaruh penambahan Zn dengan variasi persen berat terhadap stuktur paduan Sn-Zn.

Mengetahui titik leleh paduan Sn-Zn.

Mengetahui kristalisasi dari variasi persen berat Zn.

1.4. Manfaat Penelitian

Dalam penelitian ini setelah diketahui pengaruh variasi penambahan Zn pada paduan Sn-Zn terhadap struktur, perbedaan titik leleh dan ukuran kristal dapat dijadikan salah satu rujukan dalam membuat solder bebas timbal.

1.5. Pembatasan Masalah

Pada penelitian ini dibatasi pada menganalisa pengaruh penambahan variasi persen berat (wt%) Zn yaitu Sn6wt%Zn, Sn40wt%Zn, Sn41wt%Zn terhadap struktur, titik leleh dan ukuran kristal pada paduan Sn-Zn yang dihasilkan.

1.6. Hipotesis

Dalam penelitian ini penambahan Zn dalam paduan Sn-Zn akan mempengaruhi titik leleh, dan kristalisasi Sn.

1.9. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan terdiri atas lima bab yang dapat diuraikan sebagai berikut:

- Bab 1 Menjelaskan tentang latar belakang, perumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, pembatasan masalah, kerangka berfikir, hipotesa, dan metodologi penelitian.
- Bab 2 Merupakan garis besar dari teori dasar yang berhubungan dengan penelitian yang dilakukan.
- Bab 3 Membahas prosedur percobaan yang meliputi proses pembuatan paduan Sn-Zn, variasi yang dilakukan, material yang digunakan serta karakterisasi terhadap seluruh sampel.
- Bab 4 Berisi penjelasan mengenai hasil karakterisasi sampel yang telah dilakukan, kurva dan data-data yang bersangkutan dengan sampel tersebut, menganalisa hasil yang didapat.
- Bab 5 Merupakan kesimpulan dari seluruh penelitian yang telah dilakukan dan saran.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Solder bebas timbal.

Saat ini industri mikroelektronik tengah berupaya mencari alternative untuk menggantikan solder berbahan Sn-Pb, hal ini dikarenakan kandungan Timbal (Pb) dalam solder yang bersifat racun yang dapat mempengaruhi kesehatan.

Efek Timbal (Pb) Terhadap Kesehatan antara lain :

- 2.1.1. Gangguan Neurologi (susunan syaraf) akibat tercemar oleh timbal (Pb) dapat berupa encephalopathy, ataxia, stupor dan coma. Pada anak-anak dapat menimbulkan kejang tubuh dan neuropathy perifer.
- 2.1.2 Logam berat timbal (Pb) dapat menyebabkan tidak berfungsinya tubulus renal, nephropati irreversible, sclerosis vaskuler, sel tubulus atrofi, fibrosis dan sclerosis glumerulus. Akibatnya dapat menimbulkan aminoaciduria dan glukosuria, dan jika paparannya terus berlanjut dapat terjadi nefritis kronis.

Oleh karena itu saat ini banyak penelitian dilakukan untuk mencari pengganti Timbal. Untuk mencari pengganti bahan Pb tentunya perlu diadakan penelitian terhadap bahan-bahan baru yang memiliki sifat yang hampir sama dengan Sn-Pb. Ada dua factor yang harus dipertimbangkan untuk memenuhi harapan tersebut yaitu solderability dan kehandalan. Telah banyak komposisi pengganti Sn-Pb yang dimungkinkan sebagai pengganti antara lain : Sn-Ag-Bi, Sn-Ag-Cu (SAC), Sn-Zn, Sn-Cu-In, Sn-Ag-Bi-Cu-Ge ((nurmi.et al, 2004).

2.2 Timah (Sn)

Timah dalam bahasa Inggris disebut sebagai Tin dengan symbol kimia Sn. Kata “Tin” diambil dari nama Dewa bangsa Etruscan “Tinia”. Nama latin dari timah adalah “Stannum” dengan simbol Sn dimana kata ini berhubungan dengan

kata “stagnum” yang dalam bahasa Inggris bersinonim dengan kata “dripping” yang artinya menjadi cair / basah, penggunaan kata ini dihubungkan dengan logam timah yang mudah mencair. Timah merupakan logam putih keperakan, logam yang mudah ditempa dan bersifat fleksibel, memiliki struktur kristalin, akan tetapi bersifat mudah patah jika didinginkan.

Timah (Sn) bersifat lunak dan *ductile* pada saat dipanaskan namun bersifat *brittle* pada saat didinginkan (Wikipedia). Karena perbedaan sifat tersebut Sn disebut sebagai material *allotropic*, yaitu memiliki struktur kristal yang berbeda pada temperatur dan tekanan yang berbeda. Sn memiliki 3 jenis *allotropic*. Jenis pertama yaitu Sn normal atau β -Sn dengan struktur kristal *body centered tetragonal* (BCT) dan rapat jenis 7.31 g/cm³. Jenis kedua yaitu Sn abu-abu atau α -Sn dengan struktur kristal *diamond cubic* dan rapat jenis 5.77 g/cm³. Jenis ketiga adalah γ -Sn dengan struktur kristal rhombohedral. Transisi dari jenis pertama ke jenis kedua terjadi pada temperatur dibawah 13,2°C atau sering disebut sebagai *Sn-pest*. Sedangkan transisi dari jenis pertama ke jenis ketiga terjadi pada temperatur diatas 202,8°C..

Seperti yang telah disebutkan diatas bahwa timah memiliki nomor atom 50 dan nomor massa rata-rata adalah 118,71. Dengan nomor atom tersebut maka timah memiliki konfigurasi elektron [Kr] 5s² 4d¹⁰ 5p². Dalam sistem tabel periodik timah berada pada golongan utama IVA (atau golongan 14 untuk sistem periodik modern) dan periode 5 bersama dengan C, Si, Ge, dan Pb. Timah menunjukkan kesamaan sifat kimia dengan Ge dan Pb seperti pembentukan keadaan oksidasi +2 dan +4.

2.2.2 Sifat Timah

Sifat Fisika dan Kimia

- Fasa : padatan
- Densitas : 7,365 g/cm³ (Sn putih) 5,769 g/cm³ (Sn abu-abu)
- Titik didih : 231,93 C
- Titik leleh : 231,93°C

- Panas fusi : 7,03 kJ/mol
- Kalor jenis : 27,112 J/molK
- Jari-jari atom : 140 pm
- Jari-jari ikatan kovalen : 139 pm
- Jari-jari van der waals : 217 pm
- Struktur kristal : tetragonal (Sn putih) kubik diamond (Sn abu-abu)
- Konduktifitas termal : 66,8 W/mK.
- Entalphi : 301,33 J

2.2.4. Logam Timah dan Paduannya

Paduan SnPb telah diaplikasikan dalam dunia elektronik selama 20 abad. Pertama kali paduan tersebut digunakan pada radio serta alat telekomunikasi. Berbagai sifat dan karakteristik paduan SnPb sangat dipengaruhi oleh banyaknya kandungan Sn atau kandungan Pb pada paduan tersebut. Sifat termal, mekanik, struktur serta morfologi paduan SnPb mempengaruhi baik atau tidaknya paduan tersebut untuk dijadikan sebagai material solder. Sehingga penentuan rasio fraksi berat Sn terhadap Pb merupakan kunci utama dalam pembuatan material solder SnPb.

Tabel 2.1 adalah semua paduan logam (alloy) yang telah diteliti sebagai alternatif pengganti material solder Sn-Pb (Solder bebas Timbal)

Tabel 2.1 : Alloy pengganti Sn Pb *eutectic*

Alloy	Komposisi	<i>Solidus</i> (°C)	<i>Liquidus</i> (°C)	Catatan	Density	Peneliti
Sn – Pb	63 Sn-37 Pb	183	183	eutectic	8.40	
Au – Sn	80 Au-20 Sn	280	280	eutectic	14.51	
Bi – Cd	60 Bi-40 Cd	144	144	eutectic	9.31	Indium
Bi – In	67 Bi-33 In	109	109	eutectic	8.81	Indium

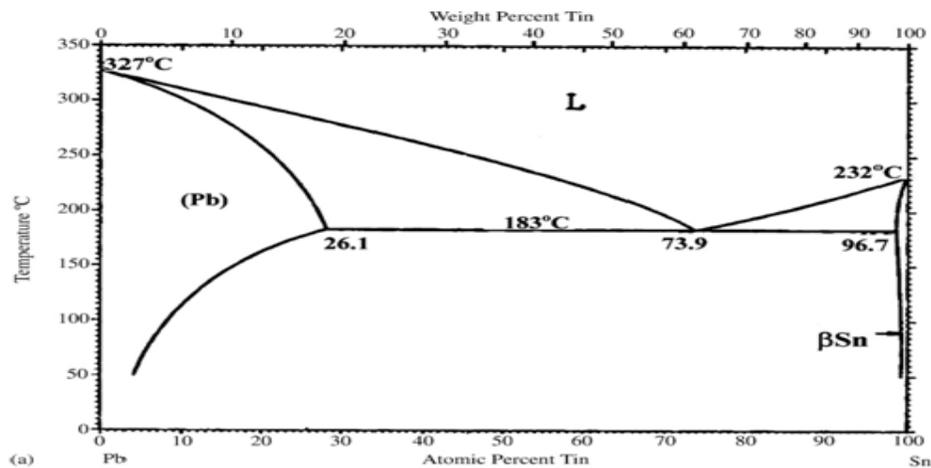
Alloy	Komposisi	<i>Solidus</i> (°C)	<i>Liquidus</i> (°C)	Catatan	Density	Peneliti
Bi-In-Sn	57Bi-26In-17Sn	79	79	eutectic		
Bi – Sn	58 Bi-42 Sn	138	138	eutectic	8.56	
	95 Bi-5 Sn	134	251		9.64	Indium
Bi-Sn-Fe	54.4 Bi-43 Sn-2.5 Fe		137			AT&T
Bi-Sn-In	56Bi-42Sn-2In		138			IBM
Bi-Sb	95 Bi-5 Sb	~275	~308			Ford
In – Ag	97 In-3 Ag	143	143	eutectic	7.38	Indium
	90 In-10 Ag	141	237		7.54	Indium
In-Bi-Sn	48.8 In-31.6 Bi- 19.6 Sn	59	59	eutectic		
	51.0 In-32.5 Bi- 16.5 Sn	60	60	eutectic	7.88	Indium
In – Sn	60 In-40 Sn	118	~127			
	52 In-48 Sn	118	118	eutectic	7.30	Indium
	50 In-50 Sn	118	125		7.30	Indium
Sn	100 Sn	232	232		7.28	Indium
Sn – Ag	96.5 Sn-3.5 Ag	221	221	eutectic	7.36	Indium
	95 Sn-5 Ag	221	~250			
Sn-Ag- Cu	93.6 Sn-4.7 Ag- 1.7 Cu	216	216	eutectic		Iowa

Alloy	Komposisi	<i>Solidus</i> (°C)	<i>Liquidus</i> (°C)	Catatan	Density	Peneliti
Sn-Ag-Cu-Sb	96.2 Sn-2.5 Ag-0.8 Cu-0.5 Sb	210	217			AIM (CASTI N)
Sn-Ag-Sb	65 Sn-25 Ag- 10 Sb		233			Motorol a
Sn –Ag-Zn	95.5Sn-3.5Ag-1.0Zn		217			AT&T
Sn- Ag-Zn-Cu	95 Sn-3.5 Ag-1.0 Zn-0.5 Cu					AT&T
Sn-Bi-Ag	91.8 Sn-4.8 Bi-3.4 Ag		211			Sandia
Sn-Bi-Ag-Cu	91.0 Sn-4.5 Bi-3.5 Ag- 1.0 Cu		210			Senju
Sn-Bi-Cu-Ag	48 Sn-46 Bi- 4.0 Cu- 2.0 Ag					IBM
Sn-Bi-Cu-Ag-P	Bi0.08-20, Cu0.02-1.5,Ag 0.01-1.5,P0-0.20,campuran rare earth0-0.2, sisanya Sn					Cookson
Sn – Cd	67.8 Sn- 32.2Cd	177	177	eutectic	7.68	Indium
Sn – Cu	99.3 Sn- 0.7 Cu	227	227			
	99 Sn- 1.0 Cu	227	227	eutectic		

Alloy	Komposisi	<i>Solidus</i> (°C)	<i>Liquidus</i> (°C)	Catatan	Density	Peneliti
	97 Sn- 3 Cu	227	~330			Ford
Sn-Cu-Ag	95.5 Sn- 4 Cu- 0.5 Ag	225	349(260)			Engelhardt (silvabrite 100)
Sn-Cu-Sb-Ag	95.5 Sn – 3 Cu – 1 Sb – 0.5 Ag		256			Motorola
Sn – In	70 Sn – 30 In	120	~175			
	58 Sn – 42 In	118	145		7.30	Indium
Sn-In-Ag	77.2 Sn – 20 In- 2.8 Ag	175	187		7.25	Indium
Sn-In-Ag-Sb	88.5 Sn – 10 In- 1.0 Ag- 0.5 Sb		211			Qualitek
Sn-In-Bi	90 Sn-8 In-2 Bi					IBM
	80 Sn –10 In- 10 Bi	153	199			IBM
Sn – In-Bi – Ag	80 Sn-10 In- 9.5 Bi – 0.5 Ag	179	201			Ford
	78.4 Sn-9.8 In-9.8 Bi – 2 Ag					
Sn – Sb	95 Sn – 5 Sb	~234	240			Motorola
Sn-Sb-	Sn 90-95, Sb 3 –					Willard

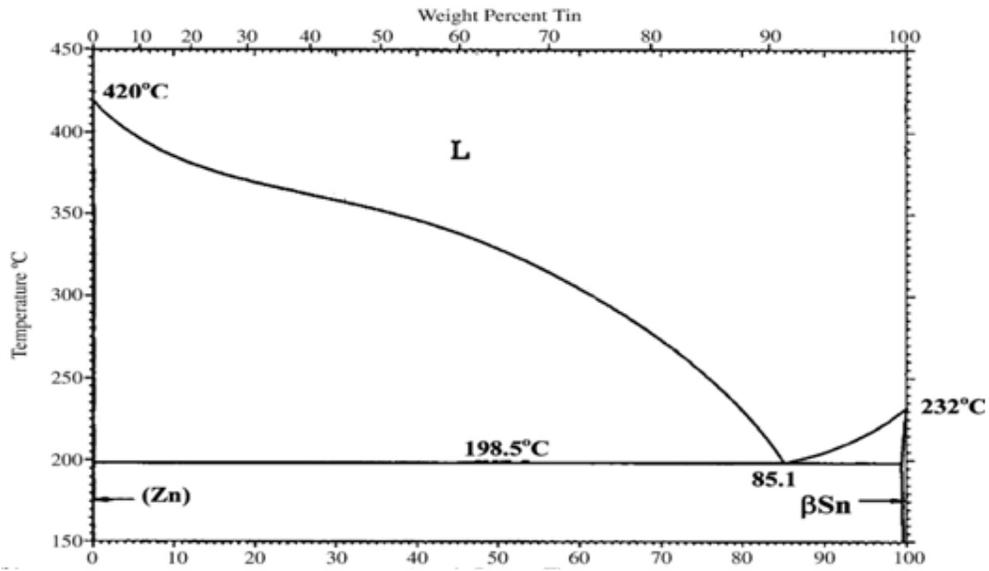
Alloy	Komposisi	Solidus (°C)	Liquidus (°C)	Catatan	Density	Peneliti
Bi-Ag	5, Bi 1-4.5-Ag 0.1-0.5					Industrie s
Sn-Zn	91 Sn - 9 Zn	199	199	eutectic	7.27	Indium
Sn-Zn-In	87 S - 8 Zn - 5In	175	188			AT&T
Sn-Zn-In-Ag	87 S - 8 Zn - 5 In-0.1 Ag					AT&T
Sn-Zn-In-Cu	87 Sn - 8 Zn - 5 In-0.1 Cu					AT&T

Sumber tabel : Dr. Ning Cheng Lee; Getting Ready for Lead Free Solders; Indium Corporation of America, Utica, NY, USA



Gambar : 2.1, Diagram Fasa Sn-Pb

Dari Gambar 2.1 diketahui titik leleh Sn 232°C dan titik leleh Pb 327°C dan Sn-Pb eutectic pada suhu 183°C.



Gambar : 2.2, Diagram Fasa Sn-Pb

Dari Gambar 2.2 diketahui titik leleh Sn 232°C dan titik leleh Zn 420°C dan Sn-Zn eutectic pada suhu 198,5°C.

2.3 Seng / Zinc (Zn)

Seng diambil dari bahasa Belanda yaitu zink adalah unsur kimia dengan lambang kimia Zn, nomor atom 30, dan massa atom relatif 65,39. Ia merupakan unsur pertama golongan 12 pada tabel periodik. Beberapa aspek kimiawi seng mirip dengan magnesium. Hal ini dikarenakan ion kedua unsur ini berukuran hampir sama. Selain itu, keduanya juga memiliki keadaan oksidasi +2. Seng merupakan unsur paling melimpah ke-24 di kerak Bumi dan memiliki lima isotop stabil.

2.3.1 Sifat Fisika dan Kimia

Seng merupakan logam yang berwarna putih kebiruan, berkilau, dan bersifat diamagnetik.

- Fasa : padatan
- Densitas : 7,140 g/cm³
- Titik leleh : 419,53°C

- Panas fusi : 6,67 kJ/mol
- Jari-jari atom : 132 pm
- Jari-jari ikatan kovalen : 131 pm
- Jari-jari van der waals : 139 pm
- Struktur kristal : Heksagonal
- Konduktifitas termal : 30,2 W/mK.
- Entalphi : 301,33 J

2.3.3. Senyawa seng

Kebanyakan metaloid dan non logam dapat membentuk senyawa biner dengan seng, terkecuali gas mulia. Oksida ZnO merupakan bubuk berwarna putih yang hampir tidak larut dalam larutan netral. Ia bersifat amfoter dan dapat larut dalam larutan asam dan basa kuat.^[18] Kalkogenida lainnya seperti ZnS, ZnSe, dan ZnTe memiliki banyak aplikasinya dalam bidang elektronik dan optik. Pniktogenida (Zn_3N_2 , Zn_3P_2 , Zn_3As_2 dan Zn_3Sb_2), peroksida ZnO_2 , hidrida ZnH_2 , dan karbida ZnC_2 juga dikenal keberadaannya. Dari keempat unsur halida, ZnF_2 memiliki sifat yang paling ionik, sedangkan sisanya ($ZnCl_2$, $ZnBr_2$, dan ZnI_2) bertitik lebur rendah dan dianggap lebih bersifat kovalen.

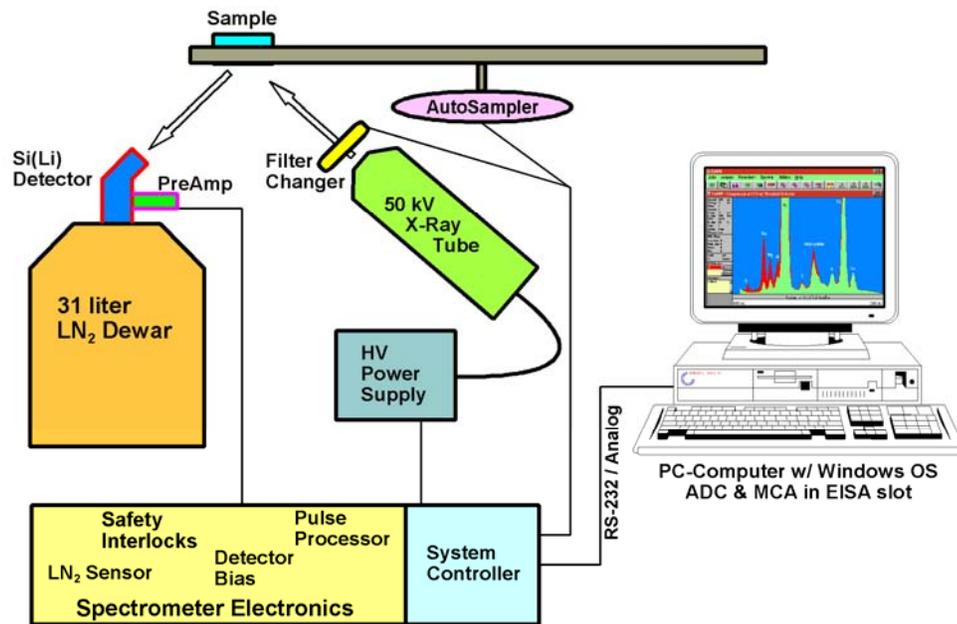
2.4. XRF (X-ray Fluoriscence)

X-Ray Fluorescence merupakan suatu teknik analisis yang dapat menganalisa unsure-unsur yang membangun suatu materi .Spektrometer XRF (X-Ray Fluorescence) dapat menentukan unsur-unsur dalam Suatu bahan baik secara kualitatif dan kuantitatif. Metoda komparatif digunakan ntuk perhitungan kuantitatif dengan menggunakan standar pembanding, sedangkan perhitungan kuantitatif metoda *standardless* dilakukan tanpa menggunakan standar. Selama ini metoda pengujian yang digunakan adalah metoda komparatif (perbandingan langsung) dan pada penelitian sebelumnya telah diperoleh metoda komparatif yang valid untuk pengujian unsur Fe, Cr, Sn dan Ni dalam paduan zirkonium pada tingkat kepercayaan 95% dan akurasi < 5% [4,5]. Analisis dengan metoda *standardless* merupakan perhitungan langsung dengan menggunakan fasilitas *software (data base)* yang ada di perangkat computer XRF. Analisis ini tidak

memerlukan standard untuk perhitungan konsentrasinya. Asumsi perhitungannya berdasarkan jumlah total unsur yang terkandung dalam sampel yaitu 100%. Dengan menggunakan metoda *standardless* diduga konsentrasi unsur Sn, Cr, Fe dan Ni dalam sampel tidak mempunyai perbedaan yang signifikan terhadap konsentrasi yang tercantum dalam sertifikat.



Gambar 2.3 : Alat XRF merk Jeol Element Analyzer JSX – 3211

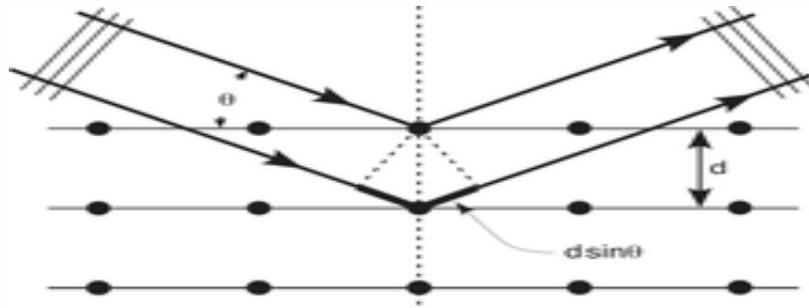


Gambar 2.4 : Skema Cara Kerja X-ray Fluoresensi (XRF)

2.5 X-ray diffraction (XRD)

Suatu material yang dikenai sinar X, maka akan terjadi interaksi antara radiasi dan dengan elektron-elektron didalam atom. Yang menyebabkan terjadinya penyebaran radiasi. Jika suatu atom teratur dalam bidang-bidang dan jarak antar atom memiliki magnitude yang sama panjang gelombangnya dengan sinar X maka akan terjadi interferensi yang memperkuat dan memperlemah. Hasil difraksi dimana sinar X diemisikan pada sudut-sudut karakteristik berdasarkan ruang antar atom yang teratur dalam struktur kristalin. kebanyakan kristal mempunyai banyak bentuk atau keteraturan bidang yang melintasi atom. Setiap bentuk bidang mempunyai jarak interplanar spesifik dan memberikan sudut karakteristik yang muncul dari difraksi sinar X hubungan antara panjang gelombang, jarak atom (d) dan sudut dirumuskan secara geometri oleh Bragg. Hal ini disebabkan adanya penyerapan oleh material dan juga penghamburan oleh atom-atom dalam material tersebut. Berkas sinar X yang dihamburkan tersebut ada yang saling menghilangkan karena fasanya berbeda dan ada juga yang saling menguatkan karena fasanya sama. Berkas sinar X yang saling menguatkan itulah

yang disebut sebagai berkas difraksi. Gambar dibawah akan menjelaskan pengertian tersebut.



Gambar 2.5 : Arah difraksi berkas sinar X

XRD atau X-Ray Diffraction merupakan salah satu alat yang memanfaatkan prinsip tersebut dengan menggunakan metoda karakterisasi material yang paling tua dan paling sering digunakan hingga sekarang. Teknik ini digunakan untuk mengidentifikasi fasa kristalin dalam material dengan cara menentukan parameter struktur kisi serta untuk mendapatkan ukuran partikel. Bahan yang dianalisa adalah tanah halus, homogenized, dan rata-rata komposisi massal ditentukan.



Gambar 2.6 : X-Ray Powder Diffractometer (XRD) Philips PW 3710/40kv

2.3.1 Prinsip kerja X-ray difraksi (XRD)

Dasar dari prinsip pendifraksian sinar X yaitu difraksi sinar-X terjadi pada hamburan elastis foton-foton sinar-X oleh atom dalam sebuah kisi periodik. Hamburan monokromatis sinar-X dalam fasa tersebut memberikan interferensi yang konstruktif. Dasar dari penggunaan difraksi sinar-X untuk mempelajari kisi kristal adalah berdasarkan persamaan Bragg:

$$n.\lambda = 2.d.\sin \theta ; n = 1,2,\dots$$

2.6 Differensial Scanning Calorimetri (DSC)

DSC adalah suatu cara untuk mempelajari perilaku suatu senyawa saat dipanaskan, misalnya transisi termal suatu polimer.

Secara sederhana, DSC terdiri dari dua wadah (*pan*), yaitu *reference pan* dan *sample pan*. Kedua wadah ini dihubungkan dengan pemanas dan termokopel untuk mendeteksi temperatur. *Sample pan* adalah tempat untuk meletakkan sample yang akan dianalisa, sedangkan di *reference pan* diletakkan suatu bahan acuan. Biasanya *reference pan* dapat juga dibiarkan dalam keadaan kosong. Aliran kalor diberikan kepada kedua wadah tersebut sedemikian sehingga menghasilkan laju pemanasan yang sama (misalnya 10^o/menit). Ini berarti kalor yang diberikan pada masing-masing wadah berbeda karena kedua wadah mempunyai isi yang berbeda. Prinsip pengukuran dengan menggunakan DSC adalah dengan mengetahui perbedaan kalor yang diberikan pada *sample* dan *reference* untuk menghasilkan penambahan temperature yang sama. Data yang diperoleh adalah perbedaan aliran kalor antara *reference* dan *sample* terhadap temperature.



Gambar 2.7 : Differential Scanning Calorimeter (DSC) merk Shimadzu tipe 50

Alat uji DSC biasanya digunakan untuk menentukan :

T_g = *Glass Transition Temperature*,

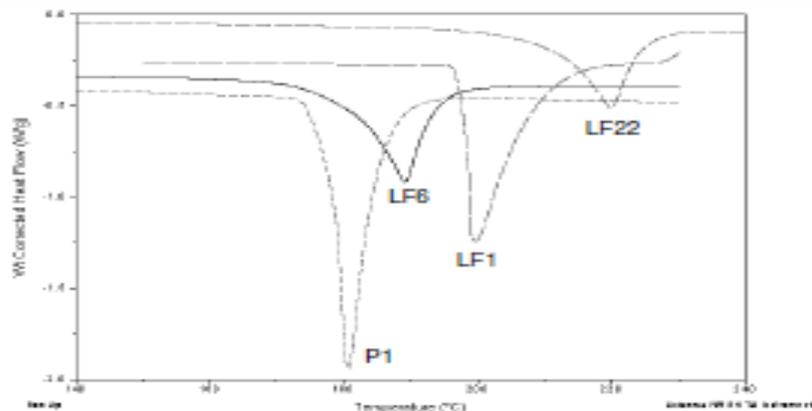
T_m = *melting point*

ΔH_m = energi yang diserap oleh sampel pada saat melting (J/g)

T_c = *crystallization point*, suhu kristalisasi pada polimer

ΔH_c = energi yang dilepaskan saat kristalisasi sampel (J/g)

Pada Gambar 2.8 adalah contoh hasil pengukuran melting point yang dilakukan dengan alat uji DSC (D. Soares et.al, 2005)



Gambar 2.8 , Kurva DSC pada alloy

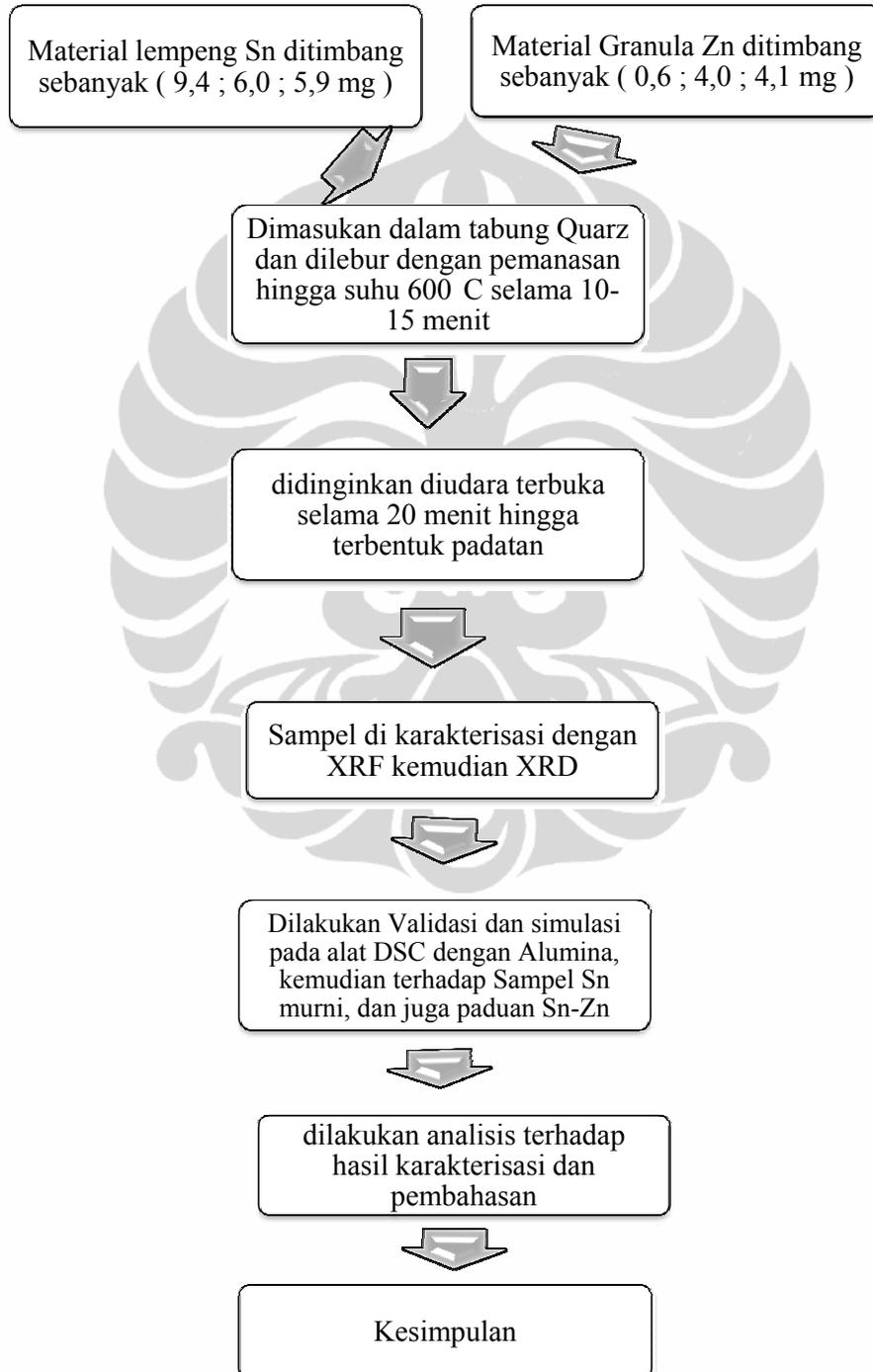
P1 adalah alloy Sn Pb, LF1 dan LF6 adalah alloy Sn Zn dan LF22 adalah alloy Sn Cu. Hasil uji XRF menunjukkan masing - masing paduan mempunyai komposisi wt% yang berbeda seperti dalam tabel 2.7. Dapat dilihat bahwa adanya logam yang ditambahkan pada Sn, akan mempengaruhi *melting point* alloy tersebut.



BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Alur Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian

3.2. Preparasi Material

Pada penelitian ini paduan dibuat dengan tahapan seperti pengadaan material, material Sn yang digunakan adalah Timah / tin (Sn) dalam bentuk filamen dengan kemurnian 99,5%, sedangkan untuk Zink yang digunakan berbentuk granula kemurnian 99,6%. Paduan Sn-Zn yang dibuat dengan komposisi : Sn plat (Sn 99,5 wt%), Sn40Zn (Sn 59,76 wt% - Zn 40,24 wt%), Sn30Zn (Sn 70,44 wt% - Zn 29,56 wt%) dan Sn6Zn (Sn 93,77 wt% - Zn 6,23 wt%). Sampel yang akan diuji sebanyak 4 buah sampel dan dibuat dengan didasarkan pada rasio perbandingan fraksi berat Sn terhadap Zn dimana fraksi berat Sn lebih banyak dibandingkan Zn. variasi ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan Zn terhadap struktur mikro paduan Sn-Zn. Preparasi sampel dilakukan pada suhu kamar di ruangan terbuka laboratorium material science salemba.

3.2.1. Proses Pembuatan.

Pada proses pembuatan paduan Sn-Zn, sampel paduan dibuat masing-masing seberat 10 mg dengan cara menimbang material Sn dan Zn sesuai dengan variasi persen berat (6 wt% Zn ; 40 wt% dan 41 wt% Zn) menggunakan neraca analitik kemudian bahan material ditempatkan dalam wadah (tabung quartz) dan dilebur secara bersamaan selama 10 sampai 15 menit diudara terbuka hingga temperatur 600°C. Proses peleburan berlangsung dalam kondisi inert atmosfera (dalam gas nitrogen), kemudian hasil peleburan didiamkan selama ± 20 menit pada suhu ruang (untuk proses pendinginan) hingga terbentuk padatan. Hal yang sama dilakukan untuk mendapatkan padatan dengan variasi persen berat yang lain seperti direncanakan, hingga dihasilkan tiga buah sampel (Sn6Zn, Sn40Zn dan Sn41Zn) disamping sampel Sn dan Zn Murni.

3.3. Karakterisasi sampel.

Untuk mengetahui pengaruh penambahan Zn pada paduan Sn-Zn, maka perlu dilakukan karakterisasi pada semua sampel yang dibuat, hal ini bertujuan untuk mengetahui struktur, sifat termal dan fasa yang terbentuk.

Untuk mengetahui komposisi paduan Sn-Zn dikarakterisasi menggunakan *X-Ray Fluorescence* (XRF). Struktur serta fasa yang terbentuk pada paduan Sn-Zn diketahui dengan melakukan karakterisasi menggunakan *X-Ray Powder Diffractometer* (XRD). *Differential Scanning Calorimetry* (DSC) digunakan untuk mengetahui sifat termal

3.3.1. Karakterisasi dengan X-ray Fluorescence (XRF).

X-Ray Fluorescence digunakan untuk mengetahui komposisi paduan Sn-Zn. Alat XRF yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah merk JEOL Element Analyzer JSX-3211. Alat ini menggunakan tegangan sebesar 30.0 kV dengan besarnya arus yang digunakan 0.035 mA. Pengukuran dilakukan dalam kondisi vakum selama 110 menit.

3.3.2. Karakterisasi dengan X-Ray Diffractometer (XRD)

X-Ray Diffractometer digunakan untuk mengetahui struktur dan fasa yang terbentuk pada paduan Sn-Zn, dalam penelitian ini alat yang digunakan adalah Philips PW 3710/40 kV yang berlokasi di Salemba. Beroperasi pada tegangan 40 kV dengan arus sebesar 30 mA. Berkas Co-K α digunakan sebagai sumber radiasi dengan panjang gelombang elektromagnetik λ sebesar 1,78897 Å. *Scan step* XRD dilakukan sebesar 0,02⁰, mulai dari sudut 2 θ sebesar 25,00⁰ hingga 99,86⁰.

Dengan menggunakan data XRD, maka dapat dilakukan proses identifikasi selanjutnya terhadap struktur dari sampel dengan cara mencocokkan puncak intensitas tertinggi dari kurva XRD dengan bantuan program MATCH!

Sedangkan besarnya *kristalisasi* dihitung dengan menggunakan persamaan *Debye-Scherrer* dan juga *linearisasi* yaitu:

$$t = \frac{K \lambda}{B \cos \theta}$$

Dimana t merupakan besarnya nilai *kristalisasi*, K merupakan konstanta yang nilainya 0,9 sedangkan λ merupakan panjang gelombang berkas pada umber radiasi sinar X, B merupakan FWHM (*Full Width at Half Maximum*, dalam satuan radian) puncak XRD yang mempunyai intensitas tertinggi dan θ merupakan nilai besarnya sudut (dalam besaran radian) puncak tersebut.

3.3.3. Karakterisasi dengan Differential Scanning Calorimetry (DSC)

Differential Scanning Calorimetry (DSC) digunakan untuk mengetahui sifat termal paduan Sn-Zn , dalam penelitian ini digunakan alat DSC dengan merk Shimadzu tipe 50. Paduan yang dikarakterisasi DSC ditempatkan pada krusibel (sample holder) yang terbuat dari aluminium. Untuk pembanding digunakan sampel standar yaitu alumina (Al_2O_3), selama proses karakterisasi dengan DSC , pengukuran dilakukan pada atmosfera inert argon dengan kecepatan aliran gas argon 10 ml/menit dengan rentang suhu antara 25°C sampai dengan 400°C.

Untuk mendeteksi temperatur T dan perbedaan temperatur ΔT digunakan termokopel tipe Dumbbell (Pt-Pt.10% Rhodium). Data yang didapat dari DSC, selanjutnya diolah dan dianalisa menggunakan program TA-50 WS untuk mengetahui sifat termal paduan, temperatur terjadinya reaksi eksoterm/endoterm serta mengetahui puncak apa saja yang terbentuk.

BAB 4

ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Analisis dengan X-Ray Fluorescence (XRF)

Sampel material paduan yang dikarakterisasi sebanyak dengan XRF sebanyak 3 macam dengan komposisi persen berat yang berbeda.

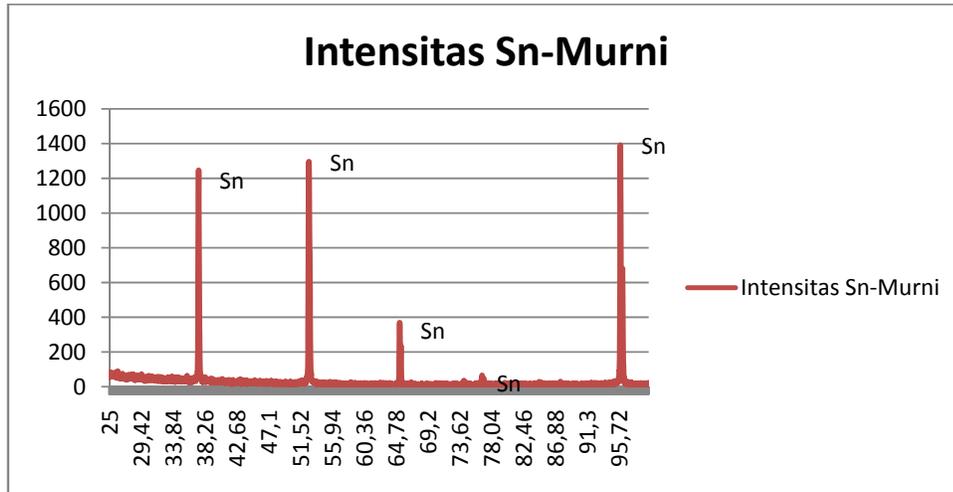
Pada Tabel 4.1 dicantumkan hasil analisis dengan XRF untuk komposisi massa Sn dan Zn yang digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 4.1 : Hasil karakterisasi XRF pada semua variasi paduan Sn-Zn

No	Sampel	Atom/Chem Formula	wt(%)	at/mole(%)	Integral Int.	Standar dev.
1	Sn-Plat	Sn	99.4641	98.4194	132920	0.1694
2	Sn6Zn	94 Sn	93.7722	89.2391	147069	0.1236
		6 Zn	6.2278	10.7609	31499	0.0369
3	Sn30Zn	70 Sn	70.4438	56.7602	80401	0.1443
		30 Zn	29.5561	43.2398	113236	0.0414
4	Sn40Zn	60 Sn	59.7563	44.9887	60723	0.0960
		40 Zn	40.2437	55.0113	140056	0.0270
5	Sn41Zn	59 Sn	59.0723	44.2876	59212	0.1027
		41 Zn	40.9277	55.7124	140687	0.0288

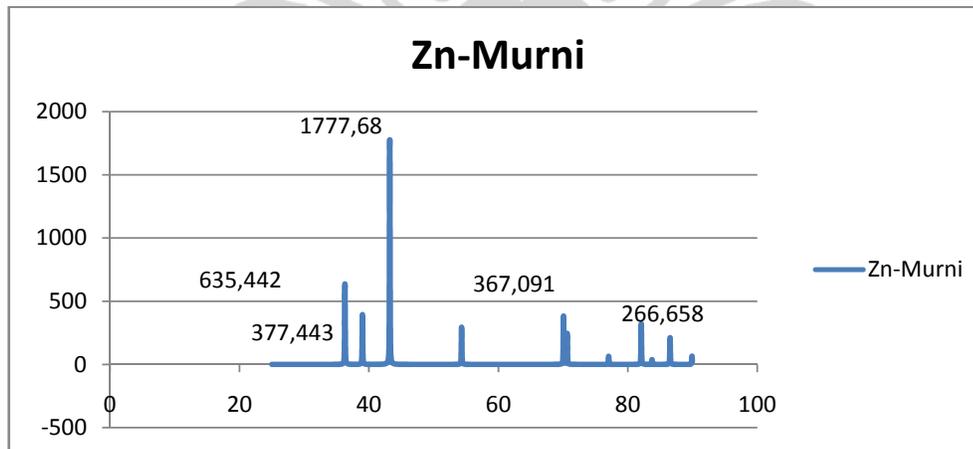
4.2. Hasil Uji XRD pada Sampel

Kurva XRD paduan Sn-Zn untuk semua variasi rasio wt % Sn terhadap Zn diilustrasikan pada Gambar 17.



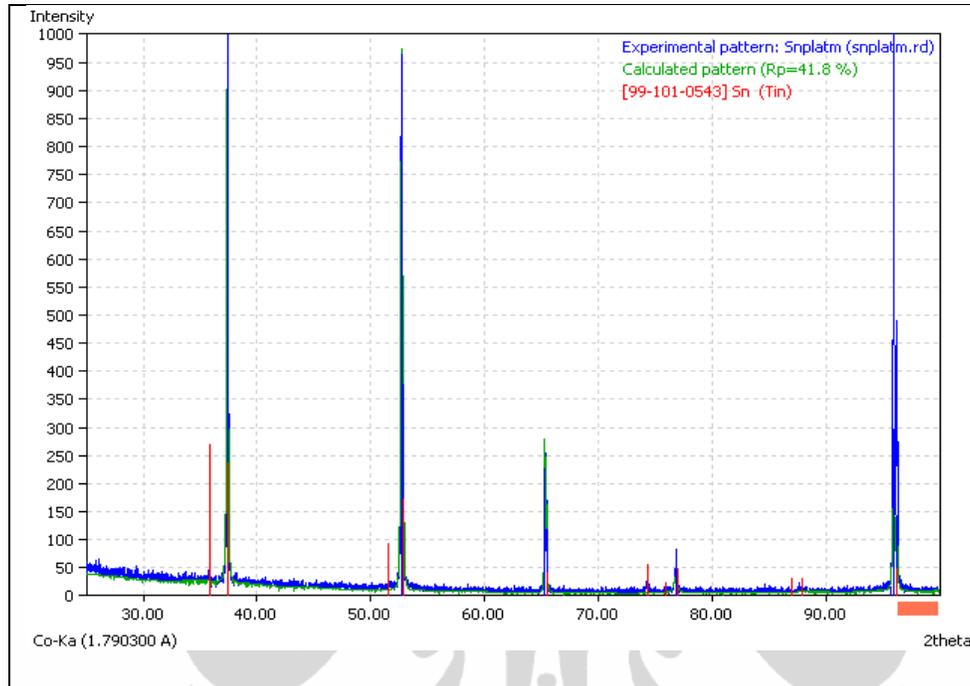
Gambar : 4.1 Kurva Intensitas Sn-Murni diplot dengan bantuan program Match! dan Excel.

Dari Gambar 4.1, menunjukkan terdapat 4 puncak utama pada Sn-murni di sudut 2θ (37,39 ; 52,69 ; 65,30 dan 95,94).



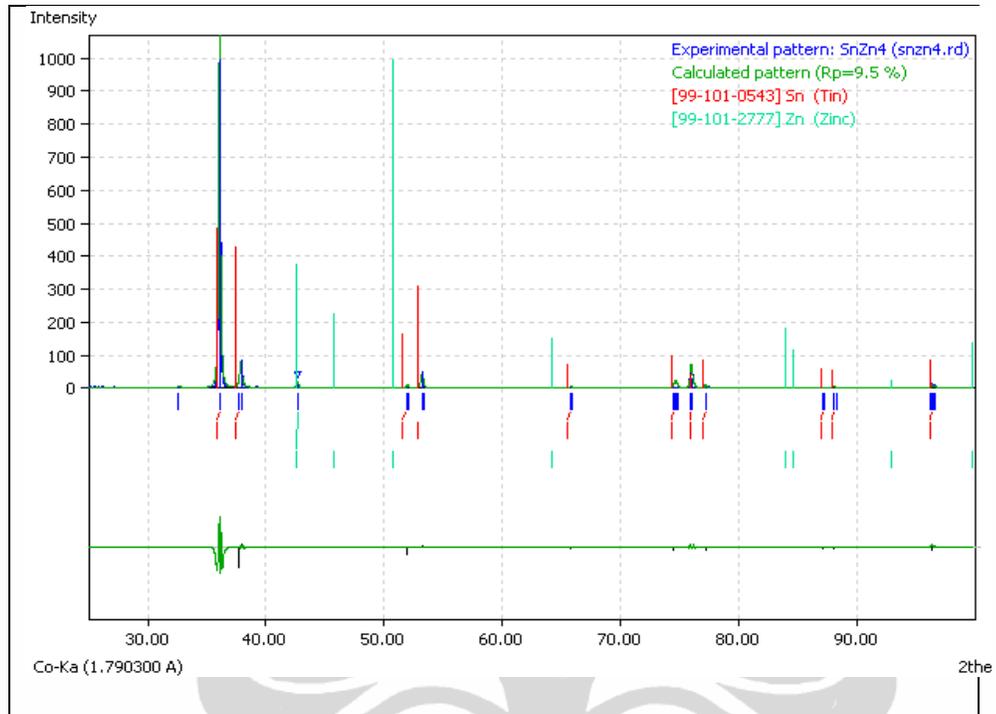
Gambar : 4.2 , Kurva Intensitas Zn-Murni diplot dengan bantuan program Match! dan Excel.

Dari Gambar 4.2, menunjukkan terdapat 8 puncak utama pada Zn murni di sudut 2θ (36,28 ; 38,98 ; 43,22 ; 54,32 ; 70,06 ; 70,08 ; 82,08 dan 86,54).



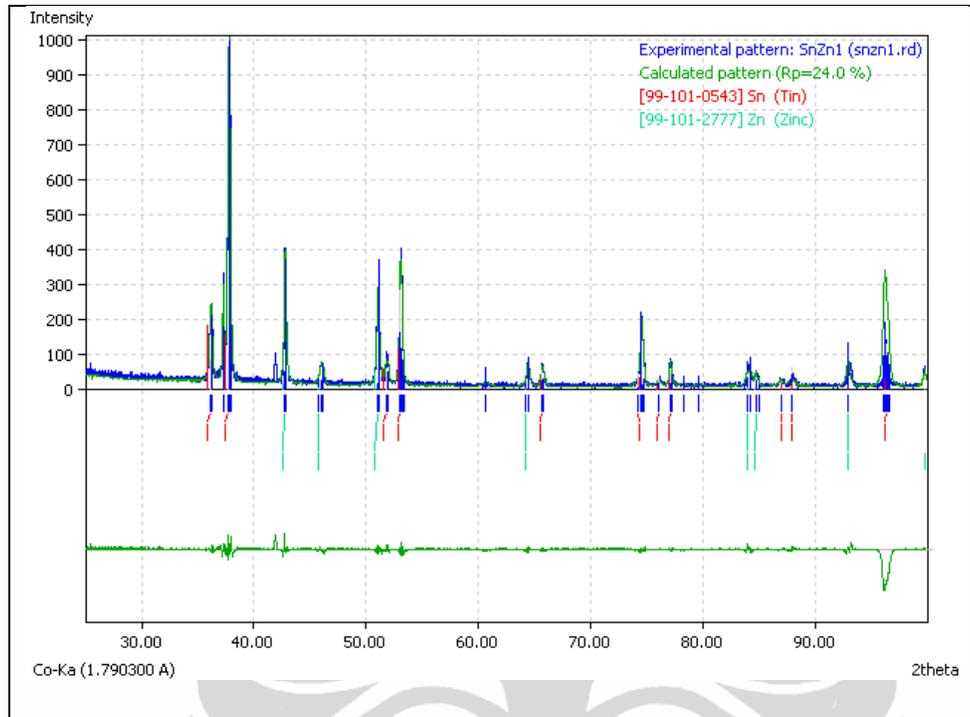
Gambar 4.3 Grafik intensitas Sn-Murni dengan bantuan program Match!

Dari Gambar 4.3 puncak yang muncul adalah material Sn (dengan bantuan fitting diberi tanda garis merah) merupakan material Sn tidak ada material lain (sampel adalah Sn-murni dengan kemurnian 99,4641 %)



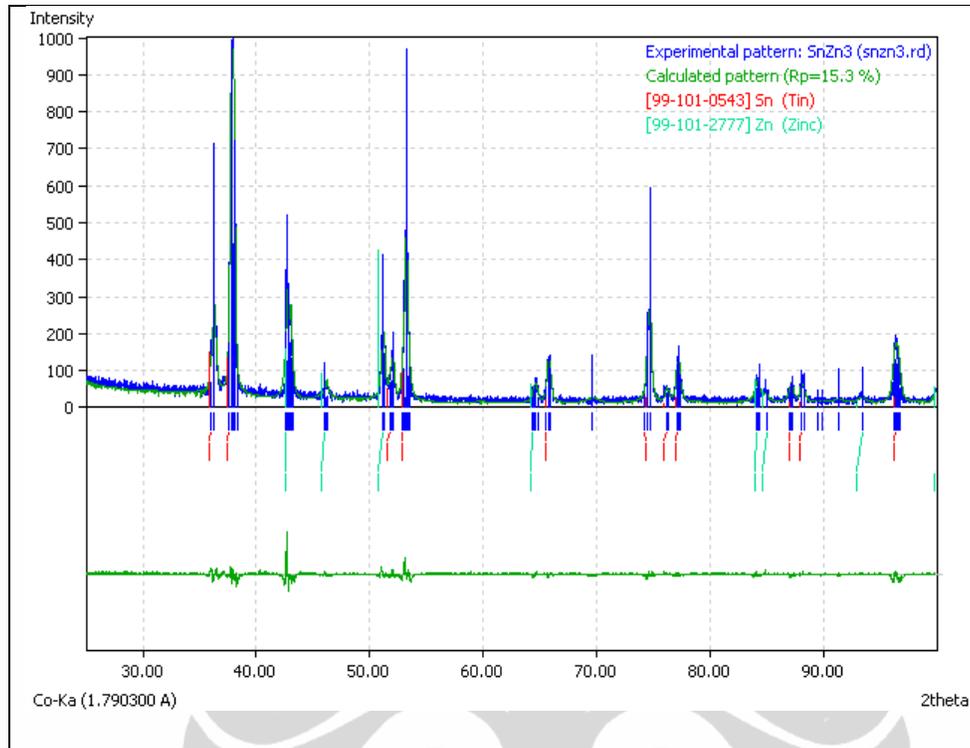
Gambar 4.4 Grafik intensitas Sn6Zn dengan bantuan program Match!

Namun intensitas berbeda ditunjukkan pada Gambar 4.4 , dari Gambar 4.4 yang menunjukkan intensitas Sn pada paduan Sn6Zn terlihat ada puncak intensitas Sn (garis warna merah) dan intensitas Zn (garis warna biru), puncak Zn yang muncul hanya satu puncak di bidang sudut 2θ ($42,68^\circ\text{C}$)



Gambar 4.5 Grafik intensitas Sn₄₀Zn dengan bantuan program Match!

Pada Gambar 4.5, intensitas Sn pada paduan Sn₄₀Zn terlihat terdapat puncak intensitas Sn (garis warna merah) dan intensitas Zn (garis warna biru), puncak Zn yang muncul sebanyak 7 puncak di bidang sudut 2θ ($42,79^\circ\text{C}$; $46,19^\circ\text{C}$; $51,03^\circ\text{C}$; $64,51^\circ\text{C}$; $84,11^\circ\text{C}$; $84,31^\circ\text{C}$ dan $93,19^\circ\text{C}$), hal ini seiring dengan bertambahnya wt % Zn yang ditambahkan pada paduan Sn-Zn, namun muncul puncak kecil yang tidak ditandai baik oleh garis merah maupun garis biru ada 3 puncak kecil pada ($60,69^\circ\text{C}$, $78,15^\circ\text{C}$, dan $79,59^\circ\text{C}$), puncak tersebut belum terlihat pada paduan Sn₆Zn, dan penulis menyebut intensitas tersebut unknown, dan dengan bantuan program Match! Intensitas tersebut kemungkinan adalah intermetalik antara Sn dan Sb dan pada $78,15^\circ\text{C}$ antara Sn dan S.

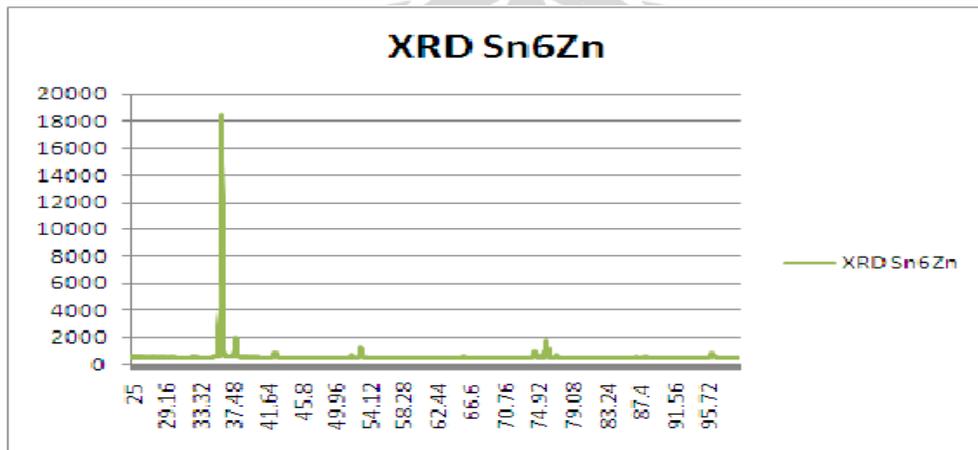


Gambar 4.6 Grafik intensitas Sn₄₁Zn dengan bantuan program Match!

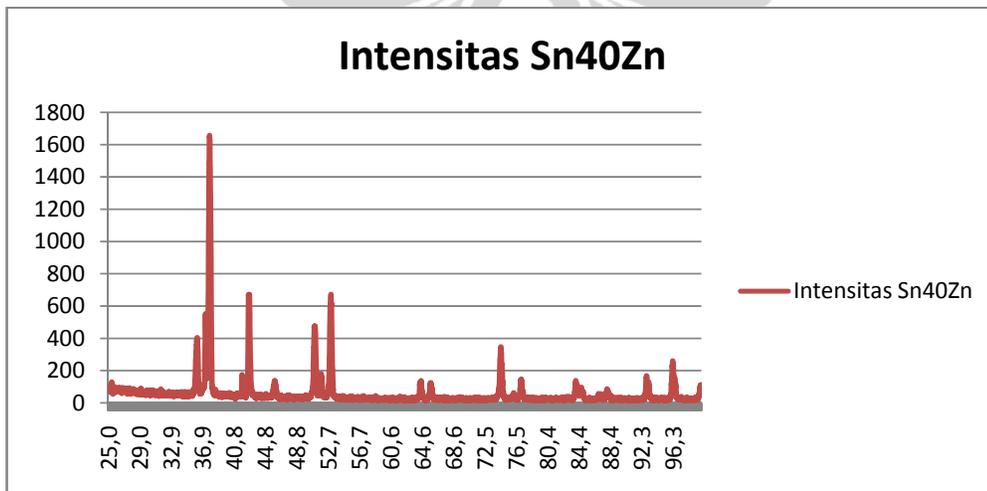
Hal yang hampir sama ditunjukkan pada Gambar 4.6, dari Gambar 4.6 yang merupakan intensitas Sn pada paduan Sn₄₁Zn terdapat 11 puncak intensitas Sn (garis warna merah) dan intensitas Zn (garis warna biru), puncak Zn yang muncul sama dengan Sn₄₀Zn yaitu sebanyak 7 puncak di bidang sudut 2θ ($42,79^\circ\text{C}$; $46,19^\circ\text{C}$; $51,03^\circ\text{C}$; $64,51^\circ\text{C}$; $84,11^\circ\text{C}$; $84,31^\circ\text{C}$ dan $93,19^\circ\text{C}$), hal ini seiring dengan bertambahnya wt % Zn yang ditambahkan pada paduan Sn-Zn, namun muncul puncak kecil yang tidak ditandai baik oleh garis merah maupun garis biru ada 4 puncak kecil pada ($89,49^\circ\text{C}$, $90,09^\circ\text{C}$ dan $91,35^\circ\text{C}$), puncak tersebut belum terlihat pada paduan Sn₆Zn, dan penulis menyebut intensitas tersebut unknown, dan dengan bantuan program Match! Intensitas tersebut kemungkinan adalah intermetalik antara Sn dan Sb pada $91,35^\circ\text{C}$ serta antara Sn dan Pd pada $89,49^\circ\text{C}$ dan $90,09^\circ\text{C}$.

Pada Gambar 4.1 yang merupakan hasil XRD terhadap Sn-Murni dan Gambar 4.2, yang merupakan hasil XRD terhadap Zn-Murni, serta ditunjukkan pada Gambar 4.7 paduan logam yaitu Sn₆Zn, Gambar 4.8 untuk Sn₄₀Zn dan Gambar 4.9 untuk Sn₄₁Zn, dari Gambar 4.7 pada Sn₆Zn terdapat 4 puncak pada

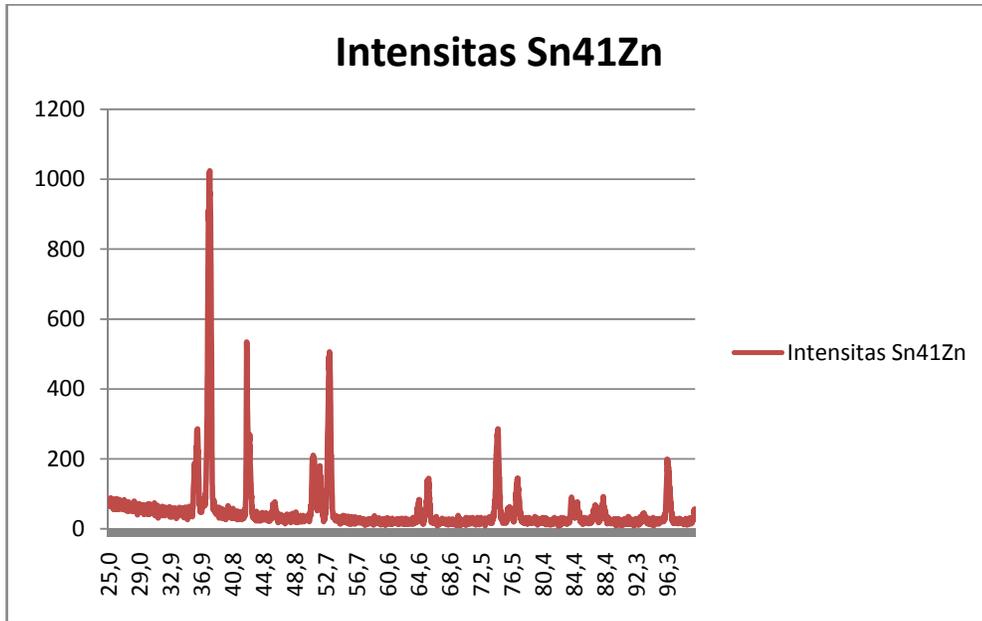
2 θ (36,10 ; 37,92 ; 53,22 ; dan 75,98) , Gambar 4.8 paduan Sn40Zn terlihat puncak intensitas Sn pada 2 θ (37,80 ; 51,09 ; 53,04 ; 74,53 ; 74,67) dan intensitas Zn pada 2 θ (42,74 ; 45,99 ; 64,43 ; 84,08 dan 93,19) , sementara pada Gambar 4.9 paduan Sn41Zn terdapat puncak intensitas pada 2 θ (36,32 ; 37,79 ; 51,29 ; 53,23 ; 65,87 ; 74,73 ; 77,18 ; dan 96,39) dari Gambar 4.1 , 4.2 dan Gambar 4.7; 4.8 dan 4.9 terlihat adanya pergeseran puncak dari Sn dan Zn murni dengan SnZn paduan hal ini berarti penambahan wt% Zn pada paduan Sn-Zn menyebabkan adanya pergeseran puncak baik Sn maupun Zn.



Gambar : 4.7 , Kurva intensitas Sn6Zn yang diplot dengan bantuan program Match! dan Excel.



Gambar : 4.8 , Kurva intensitas Sn6Zn, Sn40Zn, dan Sn41Zn yang diplot dengan bantuan program Match! dan Excel.



Gambar : 4.9 , Kurva intensitas Sn6Zn, Sn40Zn, dan Sn41Zn yang diplot dengan bantuan program Match! dan Excel.

Tabel : 4.2 Puncak difraksi Sn6Zn dibandingkan dengan Sn dan Zn Murni

No	2 θ		Sn-Murni	Sn6Zn		Zn-Murni
			Intensitas	Intensitas	FWHM	Intensitas
1	36,09	P1	-	1000	0,1806	-
2	37,91	P2	1000,00	80,80	0,2302	635,442
3	53,21	P3	968,1	57,00	0,2527	0,433
4	74,67	P4	85,9	25,90	0,1458	0,181
5	75,97	P5	-	51,00	0,1651	-
6	96,36	P6	265,2	3,30	0,2400	64,80

(P1,2,3,4,5,6 merupakan simbol puncak utama)

Pada tabel 4.2 terlihat puncak intensitas tertinggi Sn murni dan Zn murni pada sudut 2θ di $37,91^\circ$ sementara pada Sn₆Zn, dapat diketahui intensitas tertinggi puncak Sn pada sudut 2θ sebesar $36,09^\circ$ hal ini menunjukkan adanya pergeseran puncak intensitas.

Tabel : 4.3 Puncak difraksi Sn₄₀Zn dibandingkan dengan Sn dan Zn Murni

No	2θ		Sn-Murni	Sn ₄₀ Zn		Zn-Murni
			Intensitas	Intensitas	FWHM	Intensitas
1	36,23	P1	-	221,90	0,2025	-
2	37,80	P2	1000,00	1000,00	0,1400	635,442
3	51,87	P3	-	111,30	0,2429	-
4	53,04	P4	968,10	308,06	0,1978	0,433
5	65,75	P5	-	69,60	0,3874	-
6	74,61	P6	85,90	196,20	0,3240	0,181
7	77,09	P7	-	67,50	0,2081	-
8	96,24	P8	265,20	50,60	0,2800	64,80

Pada tabel 4.3 terlihat puncak intensitas tertinggi baik Sn murni dan Zn murni maupun pada Sn₄₀Zn, pada sudut 2θ yang sama yaitu pada sudut $37,80^\circ$

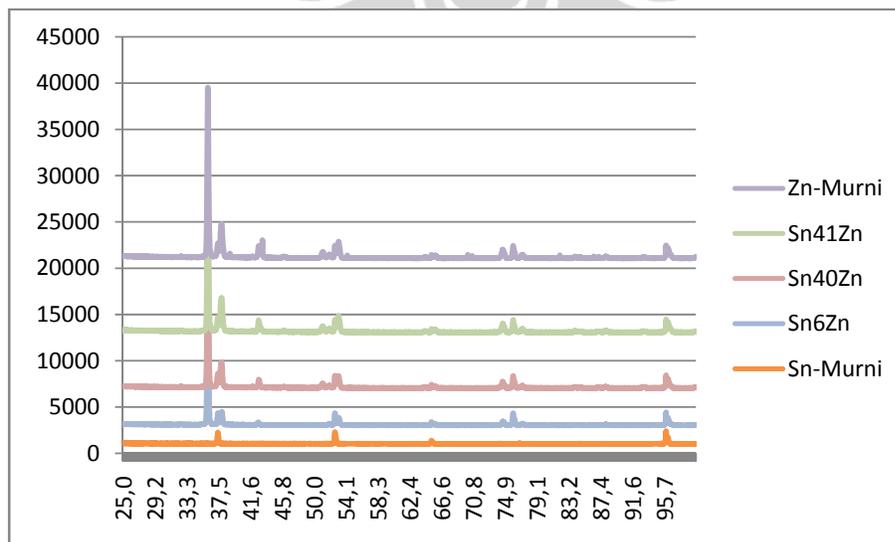
Tabel : 4.4 Puncak difraksi Sn₄₁Zn dibandingkan dengan Sn dan Zn Murni

No	2θ		Sn-Murni	Sn ₄₁ Zn		Zn-Murni
			Intensitas	Intensitas	FWHM	Intensitas
1	36,32	P1	-	515,90	0,2000	-

No	2 θ		Sn-Murni	Sn41Zn		Zn-Murni
			Intensitas	Intensitas	FWHM	Intensitas
2	37,79	P2	1000,00	724,70	0,2130	635,442
3	51,29	P3	-	198,40	0,2343	-
4	53,23	P4	968,10	1000,00	0,3426	0,433
5	65,72	P5	-	77,50	0,2051	-
6	74,73	P6	85,90	379,40	0,2941	0,181
7	77,27	P7	-	142,40	0,2729	-
8	96,29	P8	265,20	94,60	0,4000	64,80

Pada tabel 4.4 terlihat puncak intensitas tertinggi Sn murni dan Zn murni pada sudut 2 θ di 37,79° sementara pada Sn41Zn, dapat diketahui intensitas tertinggi puncak Sn pada sudut 2 θ di 53,23° hal ini menunjukkan adanya pergeseran puncak intensitas.

Dari ketiga Tabel (Tabel 4.2, Tabel 4.3, dan Tabel 4.4) menunjukkan penambahan wt % Zn mempengaruhi adanya pergeseran intensitas tertinggi baik pertama maupun kedua.



Gambar 4.10 : Kurva XRD paduan Sn-Zn dengan variasi rasio wt % Sn terhadap Zn.

Pada kurva ini juga diplot XRD Sn-Murni dan Zn Murni sebagai referensi.

Tabel : 4.5 Tabel Intensitas sudut 2 θ untuk Sn-murni , Zn-Murni dan Sn6Zn, Sn40Zn dan Sn41Zn.

No	Sampel	2 θ				Intensitas			
		P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4
1	SnMurni	37,40	52,70	65,30	95,96	1246	1296	369	1391
2	Sn6Zn	37,92	53,22	75,98	96,38	1952	1301	1803	799
3	Sn40Zn	37,80	53,12	74,56	96,24	1656	671	346	259
4	Sn41Zn	37,82	53,24	74,74	96,39	900	506	286	196
5	ZnMurni	36,96	54,42	70,62	89,92	1,92	38,02	245,21	64,83

Pada Gambar 4.1 menunjukkan puncak intensitas Sn sudut 2 θ di (37,39°; 52,69°; 65,30° dan 95,94°) dan pada Gambar 4.2 sudut 2 θ di sudut 36,28° ; 38,98° ; 43,22° ; 54,32° ; 70,06° ; 70,08° ; 82,08° dan 86,54° menunjukkan intensitas puncak Zn. Namun intensitas berbeda ditunjukkan pada Gambar 4.7 , yang merupakan hasil XRD terhadap paduan logam yaitu Sn6Zn terdapat 4 puncak pada sudut 2 θ di sudut 37,92° ; 53,22° ; 75,98° dan 96,38°, Gambar 4.8 yang merupakan hasil XRD terhadap paduan logam Sn40Zn terdapat puncak intensitas Sn pada sudut 2 θ di sudut 37,80° ; 53,12° ; 74,56° ; dan 96,24° dan Gambar 4.9 yang merupakan hasil XRD terhadap paduan logam Sn41Zn terdapat puncak intensitas pada 2 θ (37,82° ; 53,24° ; 74,74° ; dan 96,39°), dari Gambar 4.1;4.2 dan Gambar 4.7; 4.8; 4.9 serta Tabel 4.5 terlihat adanya penurunan intensitas dari Sn-Murni ke Sn41Zn hal ini disebabkan semakin tingginya wt % Zn pada paduan Sn-Zn namun anomali terjadi pada sudut 2 θ di 75,98° pada Sn6Zn intensitas sangat tinggi jika dibandingkan pada sudut 2 θ antara sudut 65° s.d 76° pada puncak ke 3 (P3) yaitu sebesar 1803 dan pada rentang tersebut intensitas Zn-

Murni juga tertinggi yaitu pada sudut 2θ di sudut $70,62^\circ$ yang memiliki intensitas 245,21 seperti terlihat di Tabel 4.5.

Kurva XRD tersebut juga menunjukkan adanya penambahan puncak-puncak Sn pada variasi paduan SnZn. Puncak Sn yang ada pada paduan Sn-Zn adalah puncak Sn pada sudut 2θ di sudut $(37,40^\circ)$, $(53,22^\circ)$, $(65,30^\circ)$, dan $(95,06^\circ)$. Sedangkan puncak Zn yang tumbuh adalah puncak Zn pada sudut 2θ di sudut $(36,96^\circ)$, $(54,42^\circ)$, $(70,62^\circ)$ dan $(89,92^\circ)$. Hal ini membuktikan bahwa paduan Sn-Zn terdiri dari 3 puncak intensitas. Dan berdasarkan hasil *fitting dengan bantuan program Match!*, intensitas tersebut adalah Sn, Zn dan unknown. Dimana intensitas ini terlihat pada Gambar 4.4 ; 4.5 dan 4.6

Seperti yang telah dijelaskan pada paragraf sebelumnya, dimana puncak-puncak intensitas Sn pada Sn paduan, juga terlihat pertumbuhannya disemua variasi paduan SnZn. Dan pertumbuhan puncak paling sedikit pada Sn6Zn, pada saat wt % Zn meningkat dari 6 wt% menjadi 40 wt% terjadi penambahan puncak intensitas Sn sampai pada Sn40Zn. Hal ini pun disebabkan karena semakin berkurangnya kandungan Sn pada paduan tersebut. Namun untuk unknown pada Sn6Zn (Gambar 4.4) belum terdeteksi, pada Sn40Zn (Gambar 4.5) terdapat 3 intensitas dan pada Sn41Zn (Gambar 4.6) terdapat 4 intensitas hal ini kemungkinan peningkatan wt% Zn menyebabkan penambahan intensitas unknown.

4.3. Kristalisasi Sampel

Besarnya kristalisasi pada sampel yang digunakan dalam penelitian ini dihitung dengan formula Scherrer (B. D. Znlly, 1978), dan linearisasi.

$$t = \frac{K \cdot X \cdot \lambda}{B \cdot \cos \theta} \quad (4.1)$$

B = FWHM (rad) diambil dari peak width dari APD

K = faktor bentuk, untuk bentuk bola = 0.9

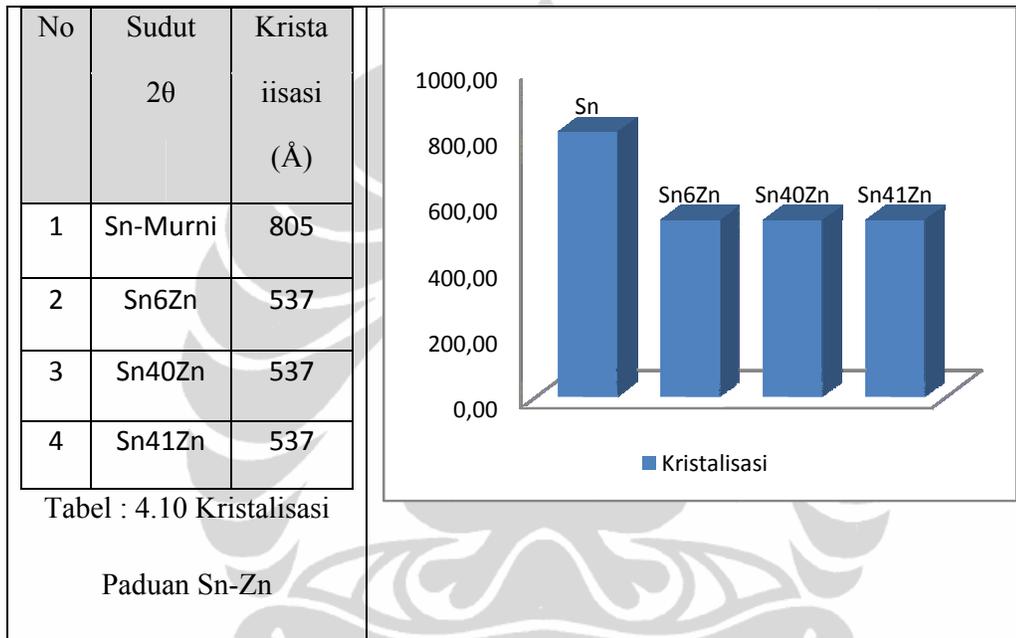
λ = panjang gelombang Co-K α (Å) (1.790300 Å)

t = kristalisasi (\AA)

$\cos \theta$ = diambil dari sudut 2θ

Kristalisasi sampel dalam penelitian ini menggunakan rumusan linearisasi, dan untuk kristalisasi Sn-Murni dan paduan Sn-Zn seperti tertera dalam Gambar 4.11 berikut ini,

Tabel Kristalisasi Paduan Sn-Zn



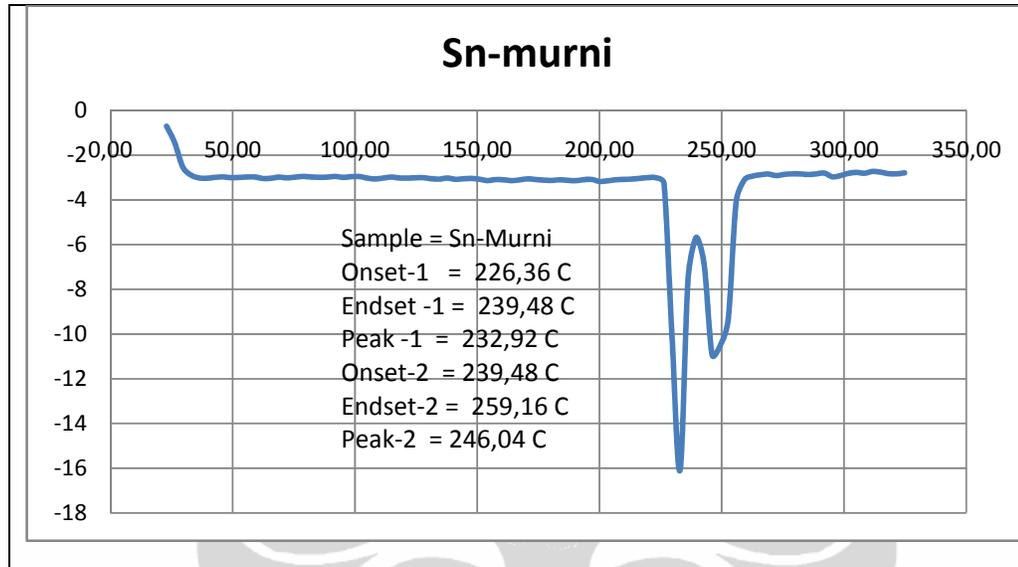
Gambar 4.11 : Kristalisasi paduan Sn-Zn

Pada Tabel 4.11 dan Gambar 4.11, terlihat Kristalisasi Sn-Murni sebesar $805,64 \text{ \AA}$ sementara penambahan wt % Zn sebesar 6wt% , 40wt% dan 41wt% Zn pada paduan Sn-Zn baik Sn6Zn, Sn40Zn dan Sn41Zn menunjukkan adanya penurunan kristalisasi Sn yang konstan yaitu sebesar $537,09 \text{ \AA}$, penurunan ini menunjukkan bahwa penambahan Zn pada paduan Sn-Zn dapat menghambat kristalisasi Sn , dan penambahan variasi Zn tidak mempengaruhi besarnya kristalisasi.

4.4. Metode DSC untuk mengetahui sifat termal paduan Sn-Zn

Untuk menentukan sifat termal material sampel dalam penelitian ini digunakan uji DSC dengan suhu $23^\circ \text{C} - 400^\circ \text{C}$. Karakterisasi DSC dilakukan

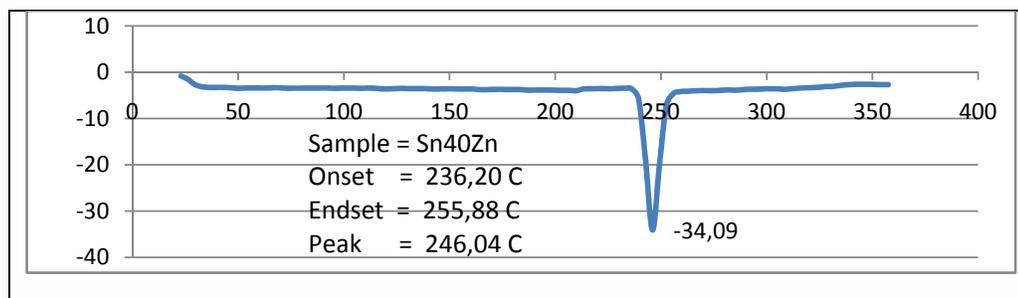
untuk sampel (Sn-Murni, Sn40Zn dan Sn41Zn) Kurva hasil pengukuran dengan DSC untuk Sn murni ditunjukkan dalam Gambar 4.12 berikut ini.



Gambar 4.12. Kurva Hasil pengukuran DSC sampel Sn murni

Hasil uji dengan DSC menunjukkan kurva Sn murni memiliki 2 puncak , untuk puncak pertama pada suhu 232,92 °C, dengan endoterm – 16,09 cal/gr yang dimulai dengan onset pertama pada 226,36°C dan endset 239,48 dan puncak kedua pada suhu 246,04 dengan endoterm – 10,93 cal/gr yang dimulai pada onset 239,48 dan endset 259,16°C..

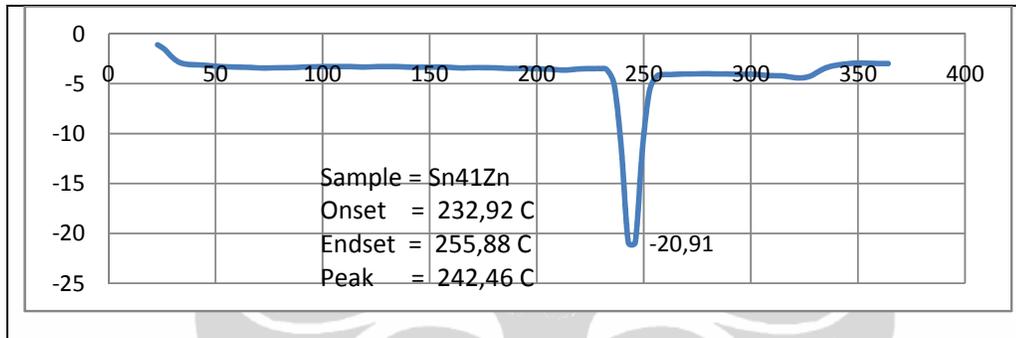
Hasil pengukuran dengan uji DSC untuk sampel material Sn40Zn dengan penambahan Zn sebanyak 40wt% diGambarkan dalam Gambar 4.13.



Gambar 4.13: Kurva Hasil pengukuran DSC untuk Sn40Zn

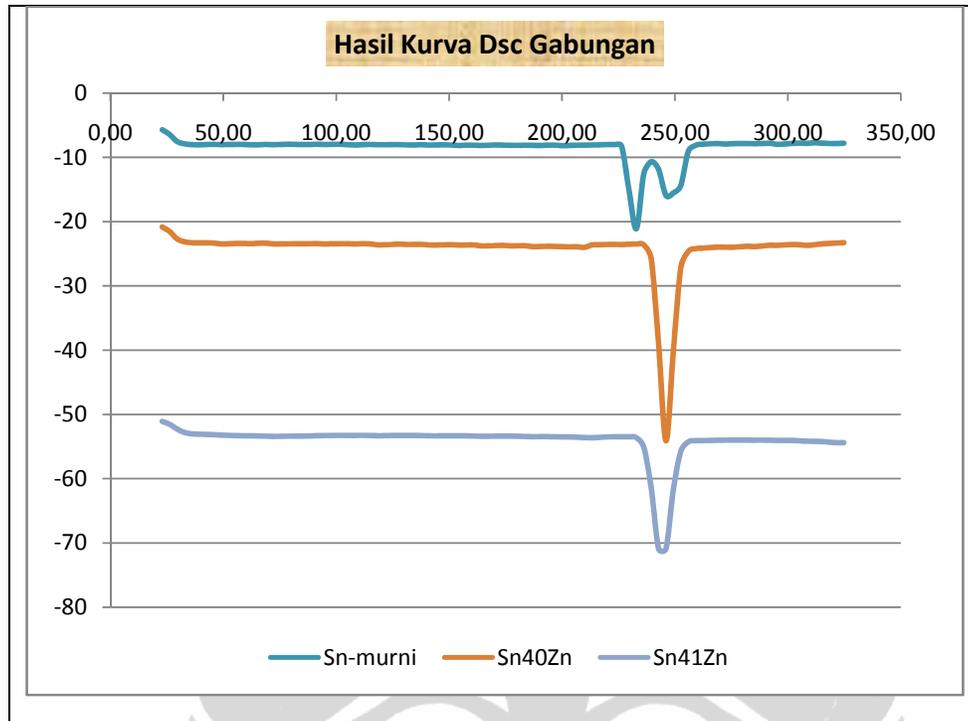
Hasil uji dengan DSC menunjukkan kurva Sn40Zn memiliki satu puncak utama yaitu pada suhu 246,04 °C, dengan endoterm – 34,09 cal/gr yang dimulai dengan onset pertama pada 236,20°C dan endset 255,88 °C.

Hasil pengukuran dengan uji DSC untuk sampel material Sn41Zn dengan penambahan Zn sebanyak 41wt% diGambarkan dalam Gambar 4.14.



Gambar 4.14 : . Kurva Hasil pengukuran DSC untuk Sn 41Zn

Hasil uji dengan DSC menunjukkan kurva Sn41Zn memiliki satu puncak utama yaitu pada suhu 242,46 °C, dengan endoterm – 20,91 cal/gr yang dimulai dengan onset pada 232,92°C dan endset 255,88 °C.



Gambar 4.15. Kurva Hasil pengukuran DSC untuk Paduan Sn-Zn

Dari kurva di Gambar 4.15 terlihat pada Sn-murni terdapat dua puncak sementara pada paduan baik Sn40Zn dan Sn41Zn hanya satu puncak, hal ini menunjukkan penambahan wt % Zn pada paduan Sn-Zn menyebabkan berkurangnya intensitas Sn. Penambahan wt % Zn juga menyebabkan terjadinya pergeseran puncak intensitas Sn dan perbedaan luas kurva yang terbentuk jika dibanding dengan kurva pada Sn-murni, dimana luas permukaan terluas adalah pada Sn40Zn.

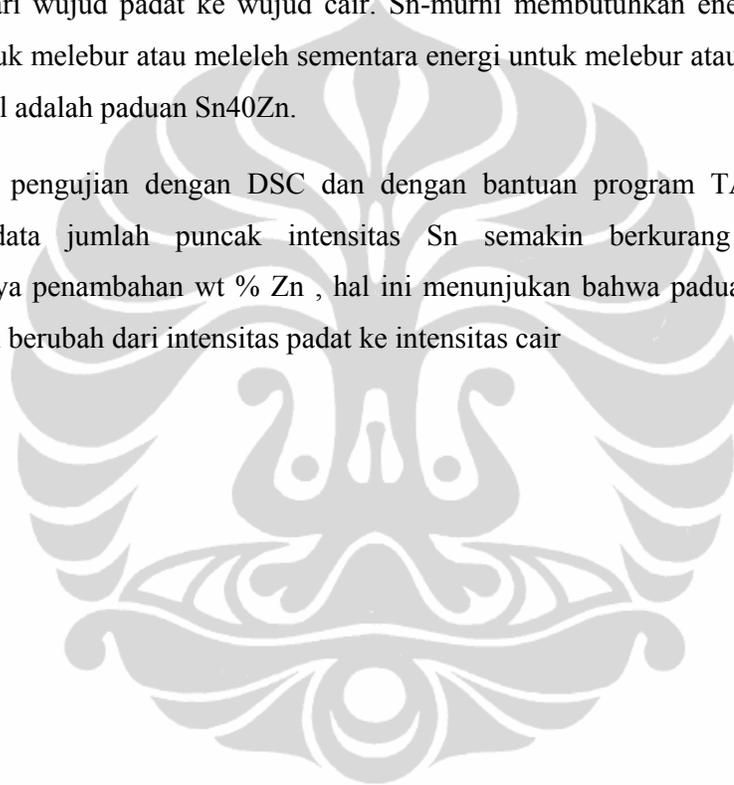
Tabel 4.11. Data Hasil DSC Paduan Sn-Zn

Sampel	Onset °C	Endset °C	Titik Leleh °C	endoterm
Sn-Murni-P1	226,36	239,48	232,92	-16,09
Sn-Murni-P2	239,48	259,16	246,04	-10,93
Sn40Zn	236,20	255,88	246,04	-34,09
Sn41Zn	232,92	255,88	242,76	-20,91

Dari Tabel 4.11 menunjukkan bahwa titik leleh paduan Sn-Zn ($242,76^{\circ}\text{C}$) lebih tinggi jika dibandingkan dengan titik leleh Sn-Murni ($232,92^{\circ}\text{C}$) tetapi lebih rendah dari titik leleh Zn-murni (421°C sesuai referensi yang tertera pada bab 2), dan jika ditinjau dari rata-rata titik leleh dua unsur murni ($232,92 + 421$) yaitu $326,96^{\circ}\text{C}$ maka pembentukan paduan Sn-Zn memiliki titik leleh lebih rendah $246,04^{\circ}\text{C}$ untuk Sn40Zn dan $242,76^{\circ}\text{C}$ untuk Sn41Zn.

Entalpi menunjukkan besarnya energi yang dibutuhkan untuk melebur suatu zat dari wujud padat ke wujud cair. Sn-murni membutuhkan energi yang terbesar untuk melebur atau meleleh sementara energi untuk melebur atau meleleh yang terkecil adalah paduan Sn40Zn.

Dari pengujian dengan DSC dan dengan bantuan program TA-50WS, diperoleh data jumlah puncak intensitas Sn semakin berkurang dengan meningkatnya penambahan wt % Zn, hal ini menunjukkan bahwa paduan Sn-Zn lebih mudah berubah dari intensitas padat ke intensitas cair



BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa penambahan persen berat (wt%) Zn terhadap paduan Sn-Zn dapat :

1. Menghambat kristalisasi Sn.
2. Memiliki titik leleh yang relatif stabil pada kisaran temperatur 246°C.
3. Menyebabkan perubahan struktur Paduan dan memunculkan intensitas lain diluar komponen paduan yang merupakan intermetalik unsur lain.

5.2. Saran

Dari Kesimpulan tadi maka penulis menyarankan agar pada penelitian lanjutan atau peneliti lain dapat melakukan penelitian dengan menitikberatkan pada :

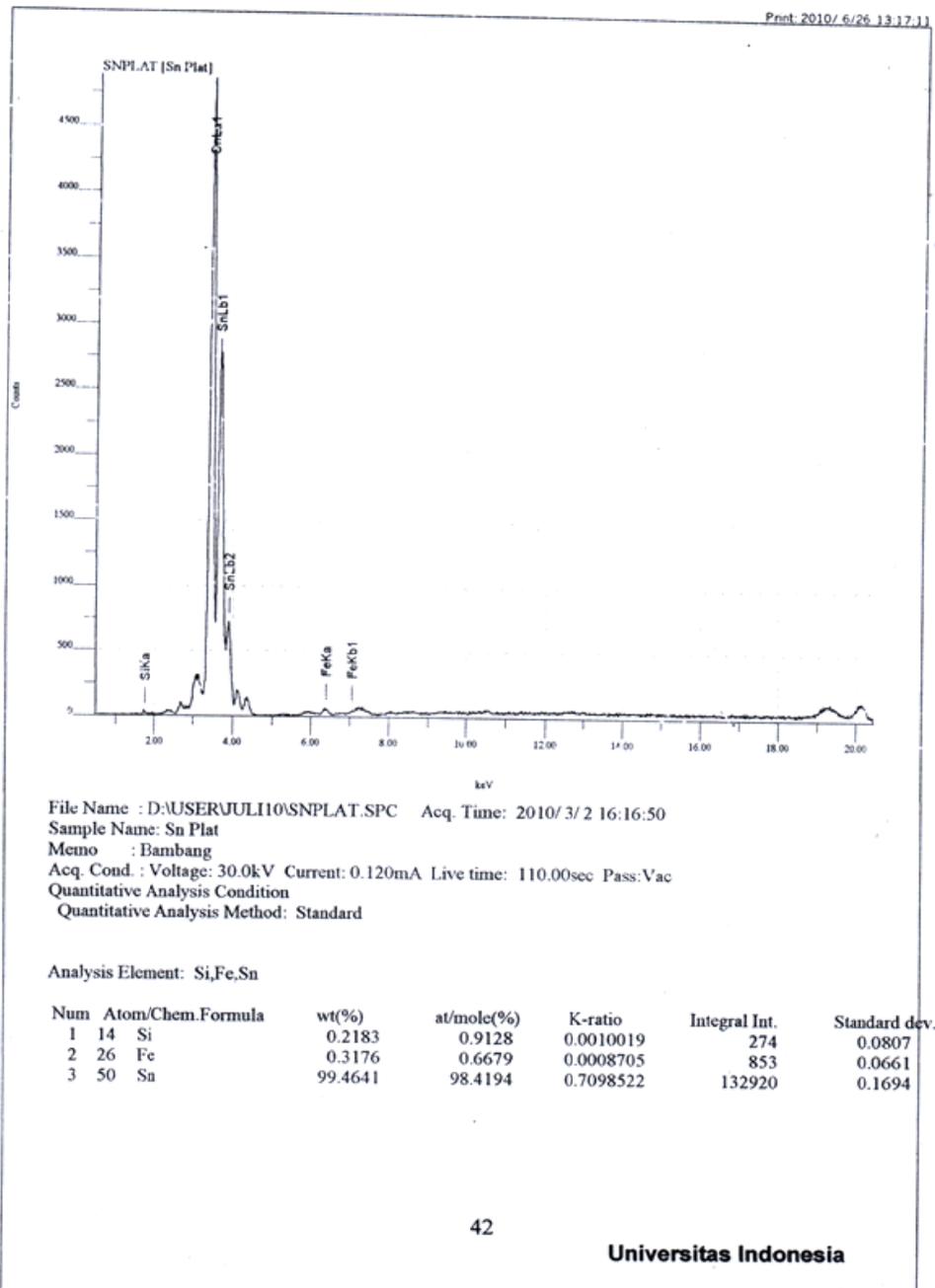
1. Munculnya intensitas lain pada hasil XRD yang dihipotesa merupakan intermetalik logam selain Sn dan Zn , kemudian bagaimana pengaruhnya terhadap paduan.
2. Penambahan variasi wt% Zn yang lebih bervariasi dengan keteraturan jumlah penambahan Zn hal ini untuk mengetahui komposisi yang tepat sebagai pengganti solder Sn-Pb.

Untuk mengetahui lebih rinci pengaruh penambahan wt% Zn terhadap ketahanan , kekerasan dan struktur mikro yang lebih detail dengan uji SEM dan karakterisasi yang lainnya.

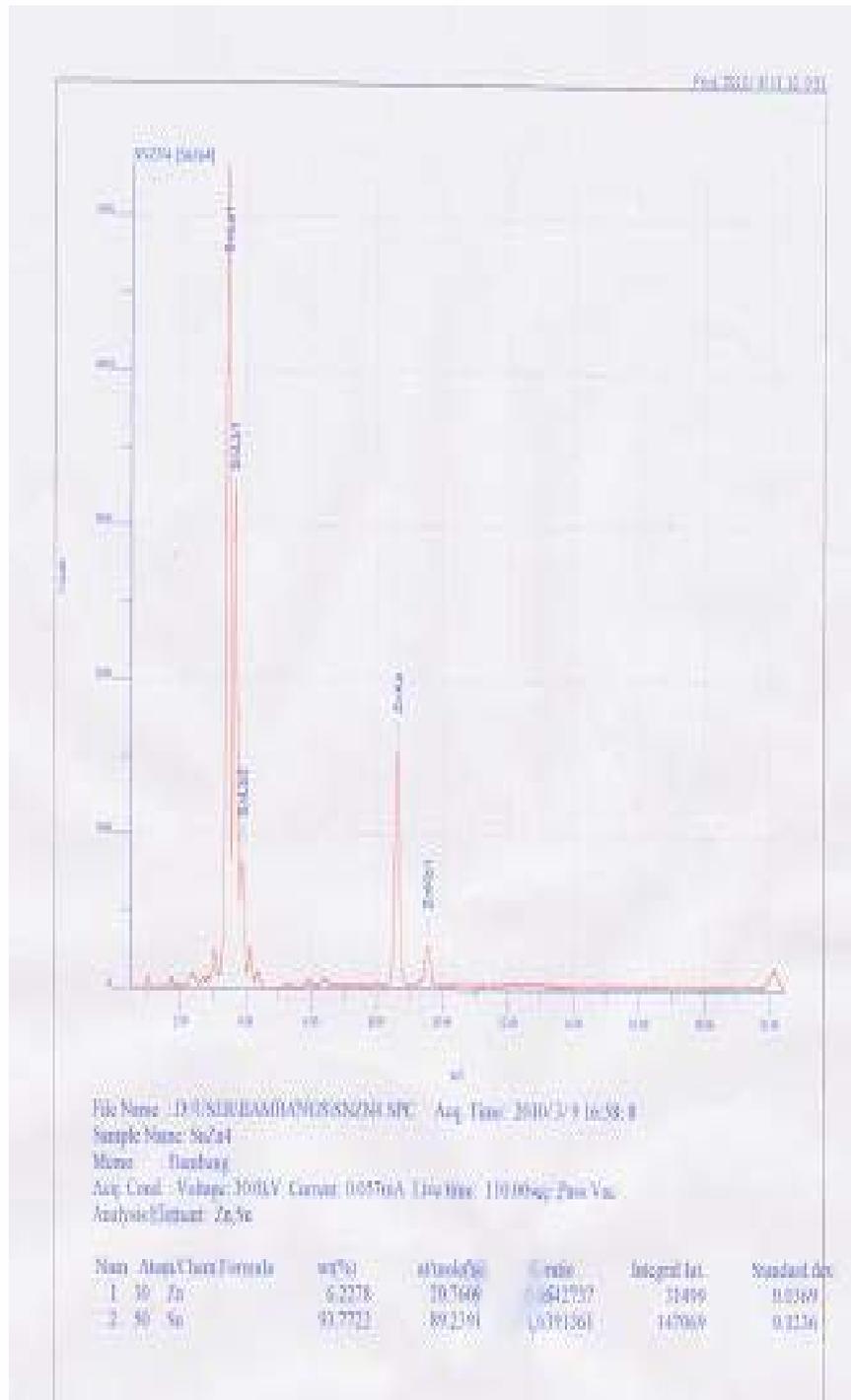
DAFTAR REFERENSI

1. Islam R,A, Wu B.Y, Alam M.O,Y.C Chan , Jillek.W. (2005). Investigations on microhardness oh Sn-Zn based lead-free solders alloys as replacement of Sn-Pb solder. *Journal of Alloys and compound* 392, 148-158.
2. Yanfu, Yan et al. (2007). Influence of Temperature on Creep Behaviour of Ag Particle Enhancement SnCu Based Composite Solder. *TSINGHUA SCIENCE AND TECHNOLOGY ISSN 1007-0214 10/18 pp 296-301, Volume 12, number 3, June.*
3. Lee, Ning Cheng (2007). *Getting Ready for Lead Free Solders*. USA: Indium Corporation of America Utica NY
4. Hikam, Muhammad. (2006). *Handbook Kristolgrafi Program Studi Ilmu Material*. Departemen Fisika FMIPA. Jakarta : Universitas Indonesia.
5. ASM Handbook Committee. (1992). *ASM Handbook Volume 3: Alloys Phase Diagrams*. USA: ASM International.
6. McCormack M, Jin S., Chen H.S. (1994).New Lead-Free, Sn-Zn-In Solders Alloys. *Journal of Elektronik Material, Vol 23, No.7.*
7. William F. Hosford , *Material for Enginers* Cambridge University Press, 978-0521-89997-0
8. A. Handwerker. Carol et al. (2007). *Alloy Selection; Lead Free Electronic; edited by Bradley, Handwerker, Bath and Gedney*. New York :The Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.
9. Puttlitz, Karl J and Stalter, Kathleen A. (2004). *Handbook of Lead-Free Solder Technology for Microelectronic Assemblies*. New York: Marcel Dekker Inc.
10. National Institute of Standards & Technology, Colorado School of Mines. (2002). *Database for Solder Properties with Emphasis on New Lead-free Solders Release 4.0: Properties of Lead free Solders*. USA
11. Cullity,B.D. (1978). *Elements of X-Ray Diffraction second edition*. USA : Addison-Wesley Publishing Company,inc.
12. Chen Ding et al. (2007). Preparation for Intermetallic powders of Cu-Sn and Cu-Ni-Sn system via solid liquid reaction milling technique. *Transsactions of Nonferrous Metal Society of China,17,594-598.*

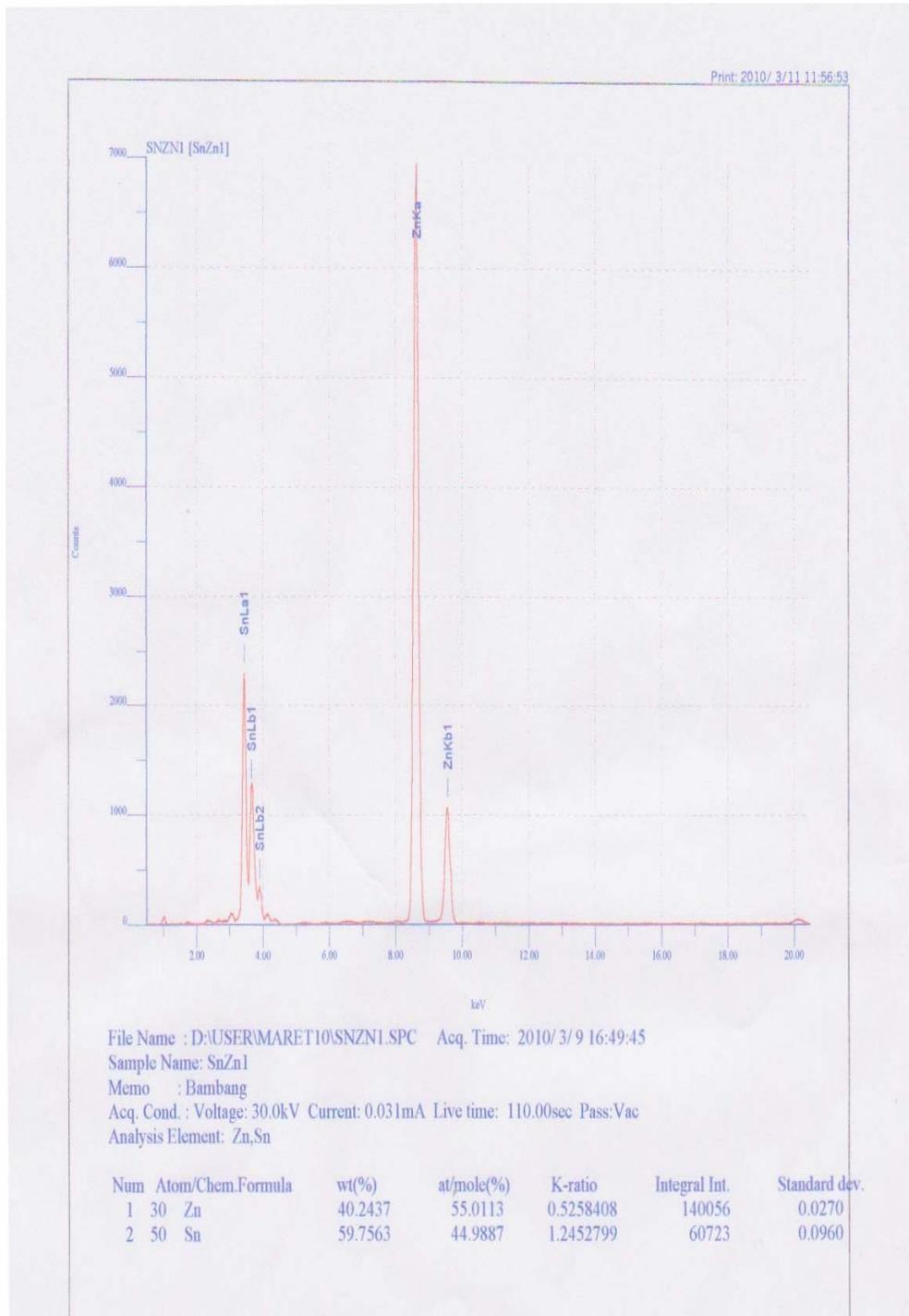
Lampiran 1 : Kurva Hasil Karakterisasi Dengan XRF Untuk Sn-Murni



Lampiran 2 : Kurva Hasil Karakterisasi Dengan XRF untuk Sn6Zn

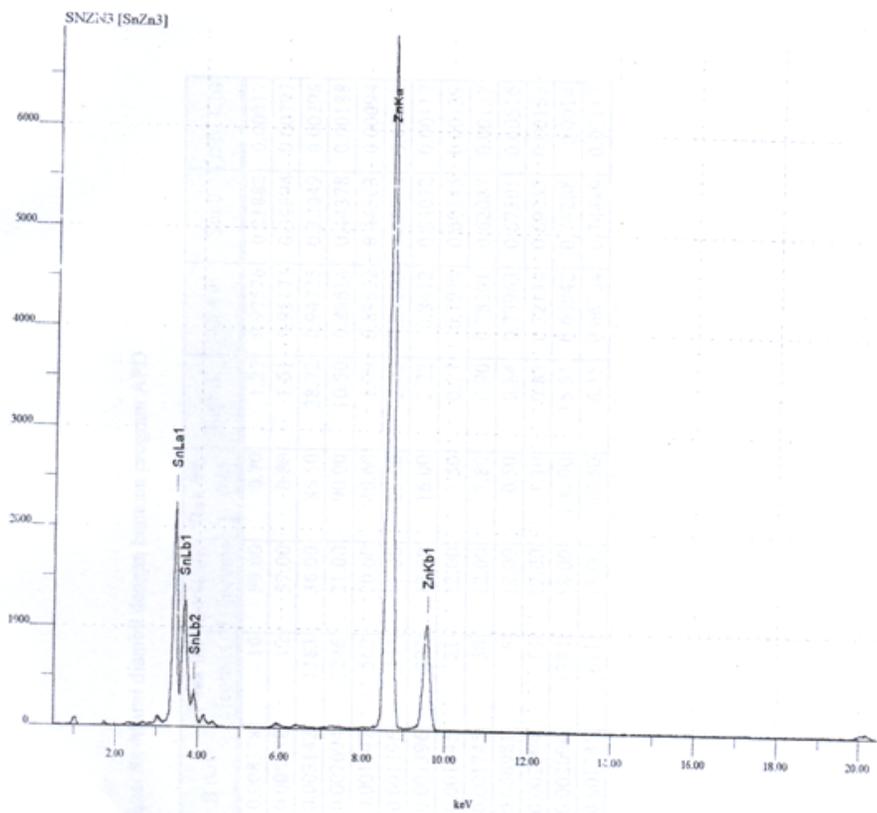


Lampiran 3 : Kurva Hasil Karakterisasi Dengan XRF untuk Sn40Zn



Lampiran 4 : Kurva Hasil Karakterisasi Dengan XRF Untuk Sn41Zn

Print: 2010/ 6/26 13:45:47



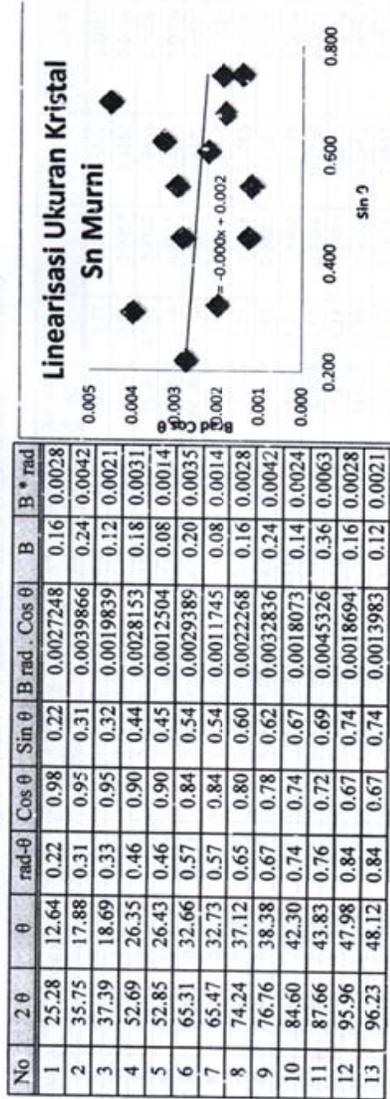
File Name : D:\USER\JULI10\SNZN3.SPC Acq. Time: 2010/ 3/9 16:55:12
 Sample Name: SnZn3
 Memo : Bambang
 Acq. Cond. : Voltage: 30.0kV Current: 0.029mA Live time: 110.00sec Pass:Vac
 Analysis Element: Zn,Sn

Num	Atom/Chem.Formula	wt(%)	at/mole(%)	K-ratio	Integral Int.	Standard dev.
1	30 Zn	40.9277	55.7124	0.5741409	140687	0.0288
2	50 Sn	59.0723	44.2876	1.3198726	59212	0.1027

Data Untuk Linearisasi Sn-Murni diambil dengan bantuan program APD

No	Angle [2θ]	Rad theta	d-value d_1 [Å]	d-value d_2 [Å]	h-value Per h_2 [Å]	B rad	Peak int [counts]	Back int [counts]	Rel. int [%]	Signif.	Cos θ	Sin θ	rad . Cos
1	25.280	0.2206	4.0877	4.0965	0.008378	10	59.00	0.70	1.27	0.97576	0.21882	0.00817	
2	35.750	0.3120	2.9142	2.9205	0.008378	12	37.00	0.80	1.01	0.95173	0.30694	0.00797	
3	37.385	0.3262	2.7910	2.7971	0.003142	1183	36.00	85.50	28.72	0.94725	0.32049	0.00298	
4	52.690	0.4598	2.0156	2.0200	0.002094	1246	21.00	90.00	10.50	0.89614	0.44378	0.00188	
5	52.850	0.4612	2.0100	2.0143	0.001047	562	20.00	40.60	1.79	0.89552	0.44503	0.00094	
6	65.310	0.5699	1.6577	1.6613	0.001396	357	13.00	25.80	2.82	0.84193	0.53958	0.00118	
7	65.465	0.5713	1.6542	1.6578	0.001396	222	13.00	16.00	2.22	0.8412	0.54072	0.00117	
8	74.235	0.6478	1.4855	1.4855	0.001745	21	12.00	1.50	0.77	0.7974	0.60345	0.00139	
9	76.760	0.6699	1.4438	1.4438	0.001745	38	12.00	2.80	0.90	0.78391	0.62087	0.00137	
10	84.600	0.7383	1.3291	1.3320	0.006981	6	12.00	0.50	0.84	0.73963	0.67301	0.00516	
11	87.662	0.7650	1.2921	1.2949	0.002094	15	12.00	1.10	0.83	0.72139	0.69253	0.00151	
12	95.955	0.8374	1.2041	1.2067	0.002094	1384	18.00	100.00	15.51	0.66942	0.74288	0.0014	
13	96.230	0.8398	1.2015	1.2041	0.001745	671	18.00	48.50	6.15	0.66764	0.74449	0.00117	

Data Untuk Linearisasi Sn-Murni diambil dengan bantuan program APD



K λ C Ik Kristal
0.90 1.7903 0.002 805.64

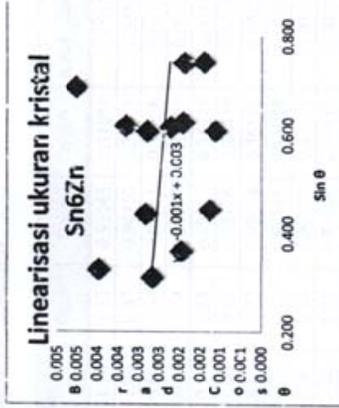
Data Untuk Linearisasi Sn6Zn diambil dengan bantuan program APD

No	Angle (2θ)	Rad theta	d-value λ_1 (Å)	d-value Peak λ_2 (Å)	B rad	Peak int (counts)	Back. int (counts)	Rel. int (%)	Signif.	Cos θ	Sin θ	B rad . Cos θ
1	36.12	0.3152	2.89	2.89	0.00349	4.00	48.00	0.20	0.77	0.9507	0.3100	0.0033
2	37.95	0.3311	2.75	2.76	0.00384	16.00	46.00	0.60	0.94	0.9457	0.3251	0.0036
3	42.63	0.3720	2.46	2.47	0.00279	847.00	45.00	25.30	14.92	0.9316	0.3635	0.0026
4	52.02	0.4540	2.04	2.04	0.00105	149.00	21.00	0.80	1.23	0.8987	0.4385	0.0009
5	53.20	0.4642	2.00	2.00	0.00279	2,894.00	44.00	100.00	40.40	0.8942	0.4477	0.0025
6	74.64	0.6513	1.48	1.48	0.00279	12.00	20.00	0.40	0.85	0.7953	0.6062	0.3022
7	74.91	0.6537	1.47	1.47	0.00105	182.00	17.00	1.00	1.24	0.7938	0.6081	0.0008
8	75.97	0.6630	1.45	1.46	0.00279	28.00	20.00	1.00	1.43	0.7882	0.6155	0.0022
9	76.21	0.6650	1.45	1.45	0.00175	243.00	20.00	8.40	3.31	0.7869	0.6171	0.0014
10	77.22	0.6739	1.43	1.44	0.00175	159.00	17.00	0.90	1.52	0.7814	0.6240	0.0014
11	88.08	0.7686	1.29	1.29	0.01396	114.00	14.00	0.60	1.27	0.7189	0.6951	0.0100
12	96.36	0.8409	1.20	1.20	0.00244	1,109.00	21.00	38.30	6.89	0.6668	0.7452	0.0016
13	96.61	0.8430	1.20	1.20	0.00209	154.00	14.00	0.90	1.90	0.6652	0.7467	0.0014

Data Untuk Linearisasi Sn6Zn diambil dengan bantuan program APD

Nc	2θ	θ	rad-θ	Cos θ	Sin θ	B rad . Cos θ	B	B * rad.
1	36.12	18.06	0.32	0.95	0.31	0.0026549	0.16	0.0028
2	37.95	18.97	0.33	0.95	0.33	0.0039612	0.24	0.0042
3	42.63	21.31	0.37	0.93	0.36	0.0019512	0.12	0.0021
4	52.02	26.01	0.45	0.90	0.44	0.0028234	0.18	0.0031
5	53.20	26.60	0.46	0.89	0.45	0.0012485	0.08	0.0014
6	74.64	37.32	0.65	0.80	0.61	0.0027761	0.20	0.0035
7	74.91	37.46	0.65	0.79	0.61	0.0011084	0.08	0.0014
8	75.97	37.99	0.66	0.79	0.62	0.0022010	0.16	0.0028
9	76.21	38.10	0.67	0.79	0.62	0.0032962	0.24	0.0042
10	77.22	38.61	0.67	0.78	0.62	0.0019093	0.14	0.0024
11	88.08	44.04	0.77	0.72	0.70	0.0045169	0.36	0.0063
12	96.36	48.18	0.84	0.67	0.75	0.0018620	0.16	0.0028
13	96.61	48.30	0.84	0.67	0.75	0.0013932	0.12	0.0021

K λ C UK Kristal
0.90 1.7903 0.003 537.09





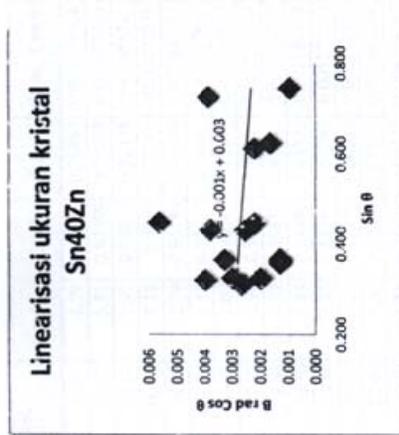
Data Untuk Linearisasi Sn40Zn diambil dengan bantuan program APD

No	Angle [2θ]	Rad theta	d-value $\frac{a}{d}$ [Å]	d-value $\frac{a^2}{d^2}$ [Å ²]	Peak [counts]	B rad	Peak int [counts]	Back int [counts]	Rel. int [%]	Signif.	Cos θ	Sin θ	B rad . Cos θ
1	36.2250	0.3161	2.8696	2.8758	262	0.00140	262	49	21.90	1.13	0.95045	0.31088	0.00133
2	37.2950	0.3255	2.7975	2.8036	502	0.00140	502	49	41.90	0.87	0.94750	0.31974	0.00132
3	37.7200	0.3292	2.7671	2.7731	1156	0.00140	1156	49	96.60	1.98	0.94631	0.32326	0.00132
4	37.9250	0.3310	2.7527	2.7587	1197	0.00140	1197	49	100.00	0.84	0.94573	0.32495	0.00132
5	41.8900	0.3656	2.5022	2.5077	121	0.00140	121	41	10.10	1.55	0.93392	0.35747	0.00130
6	42.7350	0.3729	2.4550	2.4603	610	0.00175	610	41	51.00	0.96	0.93126	0.36435	0.00163
7	42.8350	0.3738	2.4495	2.4549	576	0.00140	576	41	48.10	1.77	0.93094	0.36516	0.00130
8	51.0350	0.4454	2.0764	2.0809	437	0.00175	437	31	36.50	0.95	0.90245	0.43079	0.00158
9	51.1300	0.4462	2.0728	2.0773	416	0.00175	416	31	41.90	0.98	0.90210	0.43153	0.00157
10	53.0200	0.4627	2.0040	2.0083	502	0.00175	502	30	47.70	1.05	0.89486	0.44635	0.00156
11	53.1500	0.4638	1.9940	2.0038	571	0.00175	571	30	27.10	0.88	0.89435	0.44737	0.00156
12	75.5550	0.6593	1.4768	1.4800	324	0.00209	324	24	6.60	1.05	0.79040	0.61260	0.00166
13	77.1150	0.6730	1.4351	1.4382	112	0.00209	112	25	9.40	2.33	0.781983	0.6233	0.001637781
14	92.9250	0.8109	1.2339	1.2366	130	0.00209	130	23	10.90	2.50	0.688829	0.724924	0.00144268
15	96.1800	0.8393	1.2019	1.2046	207	0.00140	207	23	17.30	0.97	0.667962	0.744195	0.000932652

Data Untuk Linearisasi Sn40Zn diambil dengan bantuan program APD

No	2θ	θ	rad-θ	Cos θ	Sin θ	B rad . Cos θ	B	B * rad
1	36,2250	18,11	0,316	0,95	0,31	0,0026542	0,16	0,002793
2	37,2950	18,65	0,325	0,95	0,32	0,0039689	0,24	0,004189
3	37,7200	18,86	0,329	0,95	0,32	0,0019819	0,12	0,002094
4	37,9250	18,96	0,331	0,95	0,32	0,0029711	0,18	0,003142
5	41,8900	20,95	0,366	0,93	0,36	0,0013040	0,08	0,001396
6	42,7350	21,37	0,373	0,93	0,36	0,0032507	0,20	0,003491
7	42,8350	21,42	0,374	0,93	0,37	0,0012998	0,08	0,001396
8	51,0350	25,52	0,445	0,90	0,43	0,0025201	0,15	0,002793
9	51,1300	25,57	0,446	0,90	0,43	0,0037787	0,24	0,004189
10	53,0200	26,51	0,463	0,89	0,45	0,0021865	0,14	0,002443
11	53,1500	26,58	0,464	0,89	0,45	0,0056194	0,36	0,006283
12	75,5550	37,78	0,659	0,79	0,61	0,0022072	0,16	0,002793
13	77,1150	38,56	0,673	0,78	0,62	0,0016378	0,12	0,002094
14	92,9250	46,46	0,811	0,69	0,72	0,0038471	0,32	0,005585
15	96,1800	48,09	0,839	0,67	0,74	0,0009327	0,08	0,001396

K λ C Jk Kristal
0,90 1,7903 0,003 537,09



Data Untuk Linearisasi Sn41Zn diambil dengan bantuan program APD

No	Angle [2θ]	Rad theta	d-value a1 [Å]	d-value a2 [Å]	Peak [counts]	Back.int [counts]	Rel.int [%]	Signif.	Cos θ	sin θ	B rad . Cos θ
1	35.99	0.31	2.8954	2.9017	128	128	14.1	1.79	0.95108	0.30893	0.002555926
2	36.43	0.32	2.86	2.87	219.00	46.00	24.20	5.81	0.94989	0.31258	0.003978891
3	37.78	0.33	2.76	2.77	801.00	45.00	88.40	1.93	0.94614	0.32375	0.001981595
4	38.01	0.33	2.75	2.74	906.00	45.00	100.00	5.18	0.9455	0.32561	0.00297039
5	42.68	0.37	2.46	2.46	497.00	37.00	54.90	2.79	0.93144	0.3639	0.001300532
6	43.02	0.38	2.44	2.45	216.00	36.00	23.90	3.12	0.93037	0.36662	0.003247603
7	51.04	0.45	2.08	2.08	161.00	28.00	17.80	1.07	0.90245	0.43079	0.001260063
8	51.33	0.45	2.07	2.07	156.00	28.00	17.20	0.98	0.90136	0.43307	0.002517074
9	52.07	0.45	2.04	2.04	114.00	27.00	12.60	4.03	0.89853	0.43892	0.003763737
10	53.26	0.46	2.00	2.00	454.00	26.00	50.10	1.89	0.89392	0.44523	0.002184258
11	65.73	0.57	1.65	1.65	112.00	20.00	12.40	8.43	0.83995	0.54266	0.005277571
12	74.50	0.65	1.48	1.48	188.00	21.00	20.70	1.20	0.79603	0.60526	0.002222931
13	74.78	0.65	1.47	1.48	250.00	21.00	27.60	1.57	0.79455	0.6072	0.001664096
14	77.26	0.67	1.43	1.44	119.00	22.00	13.10	5.88	0.78122	0.62425	0.004363161
15	96.32	0.84	1.20	1.20	164.00	20.00	18.10	0.76	0.66705	0.74501	0.000931381

Lanjutan Lampiran 8 : Data Excel Linearisasi dan Kristalisasi Untuk Sampel Sn41Zn

Data Untuk Linearisasi Sn41Zn diambil dengan bantuan program APD

No	2θ	θ	rad-θ	Cos θ	Sin θ	B rad . Cos θ	B	B * rad
1	35.99	18.00	0.314	0.95	0.31	0.0026559	0.16	0.0028
2	36.43	18.22	0.318	0.95	0.31	0.0039789	0.24	0.0042
3	37.78	18.89	0.330	0.95	0.32	0.0019816	0.12	0.0021
4	38.01	19.00	0.332	0.95	0.33	0.0029704	0.18	0.0031
5	42.68	21.34	0.372	0.93	0.36	0.0013005	0.08	0.0014
6	43.02	21.51	0.375	0.93	0.37	0.0032476	0.20	0.0035
7	51.04	25.52	0.445	0.90	0.43	0.0012601	0.08	0.0014
8	51.33	25.66	0.448	0.90	0.43	0.0025171	0.16	0.0028
9	52.07	26.04	0.454	0.90	0.44	0.0037637	0.24	0.0042
10	53.26	26.63	0.465	0.89	0.45	0.0021843	0.14	0.0024
11	65.73	32.87	0.574	0.84	0.54	0.0052776	0.36	0.0063
12	74.50	37.25	0.650	0.80	0.61	0.0022229	0.16	0.0028
13	74.78	37.39	0.653	0.79	0.61	0.0016641	0.12	0.0021
14	77.26	38.63	0.674	0.78	0.62	0.0043632	0.32	0.0056
15	96.32	48.16	0.841	0.67	0.75	0.0009314	0.08	0.0014

K λ C UK Kristal
0.90 1.7903 0.003 537.09

