



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGARUH PERTAMBAHAN Zn PADA PARAMETER KISI
DAN UKURAN KRISTAL SISTEM Sn-Cu-Zn**

SKRIPSI

NUR ROCHMAN

0706262615

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

PROGRAM STUDI FISIKA

DEPOK

2011



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGARUH PERTAMBAHAN Zn PADA PARAMETER KISI
DAN UKURAN KRISTAL SISTEM Sn-Cu-Zn**

SKRIPSI

Diajukan sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana

Oleh

**NUR ROCHMAN
0706262615**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
PROGRAM STUDI FISIKA
PEMINATAN FISIKA MATERIAL
DEPOK
2011**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Nur Rochman

NPM : 0706262615

Tanda Tangan :



Tanggal : 27 Desember 2011

HALAMAN PENGESAHAN

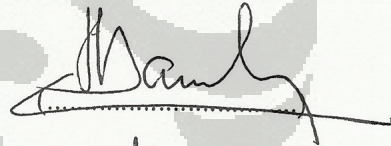
Skripsi ini diajukan oleh

Nama : Nur Rochman
NPM : 0706262615
Program Studi : Fisika
Peminatan : Fisika Material
Judul Skripsi : Pengaruh Pertambahan Zn pada Parameter Kisi dan Ukuran Kristal Sistem Sn-Cu-Zn

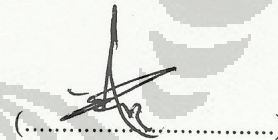
Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi S1 Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

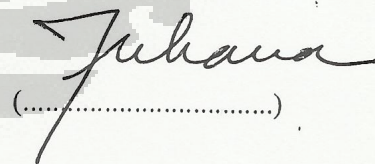
Pembimbing : Dr. Bambang Soegijono



Penguji I : Dr. Azwar Manaf M.Met



Penguji II : Dr. Dede Djuhana



Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 27 Desember 2011

KATA PENGANTAR

Segala puji hanya milik Allah SWT atas limpahan hidayah, taufik, dan keberkahan ilmu kepada penulis, sehingga penulis dapat merampungkan tugas akhir ini dengan baik. Shalawat serta salam senantiasa terlimpah kepada junjungan kita Nabi Muhammad. SAW beserta keluarga, sahabat serta pengikutnya yang setia hingga akhir zaman.

Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Sains Jurusan Fisika pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia. Penulis menyadari bahwa selesainya skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, dorongan dan doa yang tulus dari banyak pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini. Tanpa itu semua sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini. Untuk itu penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang setulus - tulusnya kepada:

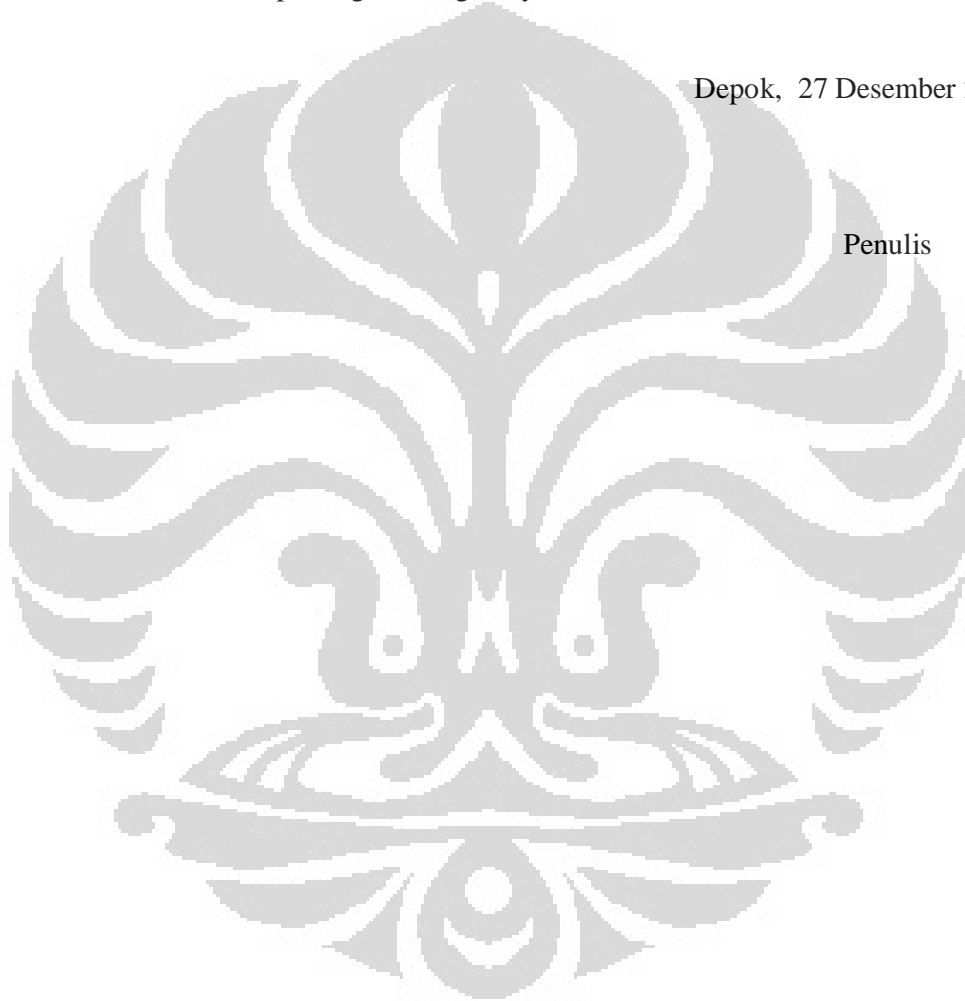
1. Ibu, Ayah dan Adikku yang tak henti-hentinya memberikan do'a, kasih sayang dan semangat untuk terus maju kepada penulis
2. Dr. Bambang Soegijono selaku pembimbing yang telah memberikan dan meluangkan segenap waktu, tuntunan, bimbingan, ilmu, serta pengarahan kepada penulis.
3. Dr. Azwar Manaf M.Met dan Dr. Dede Djuhana selaku Penguji yang telah berkenaan memberikan waktu dan kesempatan untuk berdiskusi.
4. Seluruh Dosen yang telah membuat penulis menjadi seperti sekarang baik di departemen Fisika maupun di FMIPA UI. Mbak Ratna yang telah membantu mengurus mengenai administrasi, lalu Mas Mardi, Pak Aman, Pak Budi, Mas Teja dan seluruh Karyawan di departemen Fisika UI.
5. Sahabat terbaik, teman terbaik, Mahasiswa departemen Fisika UI angkatan 2007. Terutama teman-teman Peminatan Material, Bagus, Septian dan Edo. Juga teman-teman lainnya yang tidak bisa disebutkan satu-persatu.
6. Kakak-kakak serta adik-adik di departemen Fisika UI angkatan 2004, 2005, 2006, 2008, 2009, 2010 serta 2011 atas doa serta semangatnya.

7. Kepada barisan peminatan material, Ka Mella, Satrio, Ikin dll, juga rekan-rekan peminatan material 2008 dan 2009.

Akhir kata, semoga Allah SWT membalas semua jasa tersebut diatas dengan sebaik-baiknya balasan. Semoga skripsi ini dapat berguna bagi siapapun yang membacanya, serta dapat dikembangkan dan disempurnakan agar lebih bermanfaat untuk kepentingan orang banyak.

Depok, 27 Desember 2011

Penulis



HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Nur Rochman
NPM : 0706262615
Program Studi : S1 Fisika Material
Departemen : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu pengetahuan Alam
Jenis karya : Skripsi

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 Pertambahan Zn pada Parameter Kisi dan Ukuran Kristal Sistem Sn-Cu-Zn

beserta perangkat yang ada (jika 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 : Depok

Pada tanggal : 27 Desember 2011

Yang menyatakan



(Nur Rochman)

Nama : Nur Rochman
Program Studi : S1 Fisika
Judul : Pengaruh Pertambahan Zn pada Parameter Kisi dan
Ukuran Kristal Sistem Sn-Cu-Zn

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian untuk membuat paduan Sn-Cu-Zn dengan menggunakan material solder 99.3% Sn – 0.7% Cu (wt%) dan plat Zn. Pembuatan material menggunakan metode peleburan dengan lima buah sampel dengan variasi komposisi Zn. Karakterisasi XRD digunakan untuk melihat sifat struktural, fasa yang terbentuk, ukuran kristal serta regangan mikro. Metode perhitungan ukuran kristal dan regangan mikro menggunakan metode Scherrer dan metode Williamsons-Hall. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa besar parameter kisi akan berubah saat besar konsentrasi Zn ditambahkan juga, walaupun besar perubahan tersebut tidak signifikan. Ukuran kristal terbesar didapatkan pada 12.9 wt% Zn, saat besar konsentrasi Zn ditambahkan maka ukuran kristal serta regangan mikro akan menurun. Pada paduan Sn-Cu-Zn ini hanya ditemukan 3 buah fasa yaitu fasa Sn (Timah), fasa Cu (Tembaga) dan fasa Zn (Seng).

Kata Kunci :

Sn-Cu-Zn, Scherrer, Williamsons-Hall, Ukuran Kristal, Regangan Mikro

Name : Nur Rochman
Study Program : Bachelor Degree of physics
Title : Effect of Zn Additions on the Lattice Parameter and
Crystallite Size of Sn-Cu-Zn System

ABSTRACT

Research on creating Sn-Cu-Zn alloys consisting solder material 99.3% Sn – 0.7% Cu (wt%) and Zn plate has been done. The alloy were manufactured using fusion method with five various Zn composition. XRD characterization was used to observe the structural properties, type of phase, crystallite size and microstrain. Scherrer and Williamson-Hall method was used to calculate crystallite size and microstrain. The result shown that lattice parameter changed when Zn concentration changed, with no significant variation of change. The largest crystallite size were found with 12.9 wt% Zn, and when the Zn composition was increased the crystallite size and microstrain will decrease. Only 3 phase were found in Sn-Cu-Zn alloys, the phases is Sn (Stannum), Cu (Cuprum) and Zn (Zinc).

Keyword :

Sn-Cu-Zn, Scherrer, Williamsons-Hall, Crystallite Size, Microstrain.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Metode Penelitian	3
1.5 Sistematika Penulisan	4
2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Material Solder	5
2.2 Material Timah atau Stannum (Sn)	6
2.3 Material Tembaga atau Cupprum (Cu)	9
2.4 Material Seng atau Zinc (Zn)	10
2.5 Cu dan Zn sebagai Pengganti Pb pada Material Solder	11
2.5.1 Paduan Sn-Cu	11
2.5.2 Paduan Sn-Zn	12

2.5.3 Paduan Sn-Cu-Zn	13
2.6 Penentuan Besar Ukuran Kristal dan Regangan Mikro	15
2.6.1 Pelebaran karena Kecilnya Ukuran Kristal	17
2.6.2 Pelebaran karena Peregangan	18
3. METODE PENELITIAN	21
3.1 Variasi Paduan Sn-Cu-Zn	21
3.2 Karakterisasi XRD.....	22
3.3 Pengolahan Data.....	22
3.3.1 Persiapan Data	23
3.3.2 Menghaluskan Data dengan EXPGUI	23
3.3.3 Menghitung FWHM	27
3.3.4 Menghitung Ukuran Kristal dan Regangan Mikro	27
4. HASIL DAN PEMBAHASAN	28
4.1 Karakterisasi Struktur Paduan Sn-Cu-Zn	28
4.2 Perubahan Pola XRD	32
4.3 Hasil Penghalusan EXPGUI	35
4.4 Besar Ukuran Kristal dan Regangan Mikro	40
5. KESIMPULAN DAN SARAN	43
5.1 Kesimpulan	43
5.2 Saran	44
DAFTAR ACUAN	45

DAFTAR TABEL

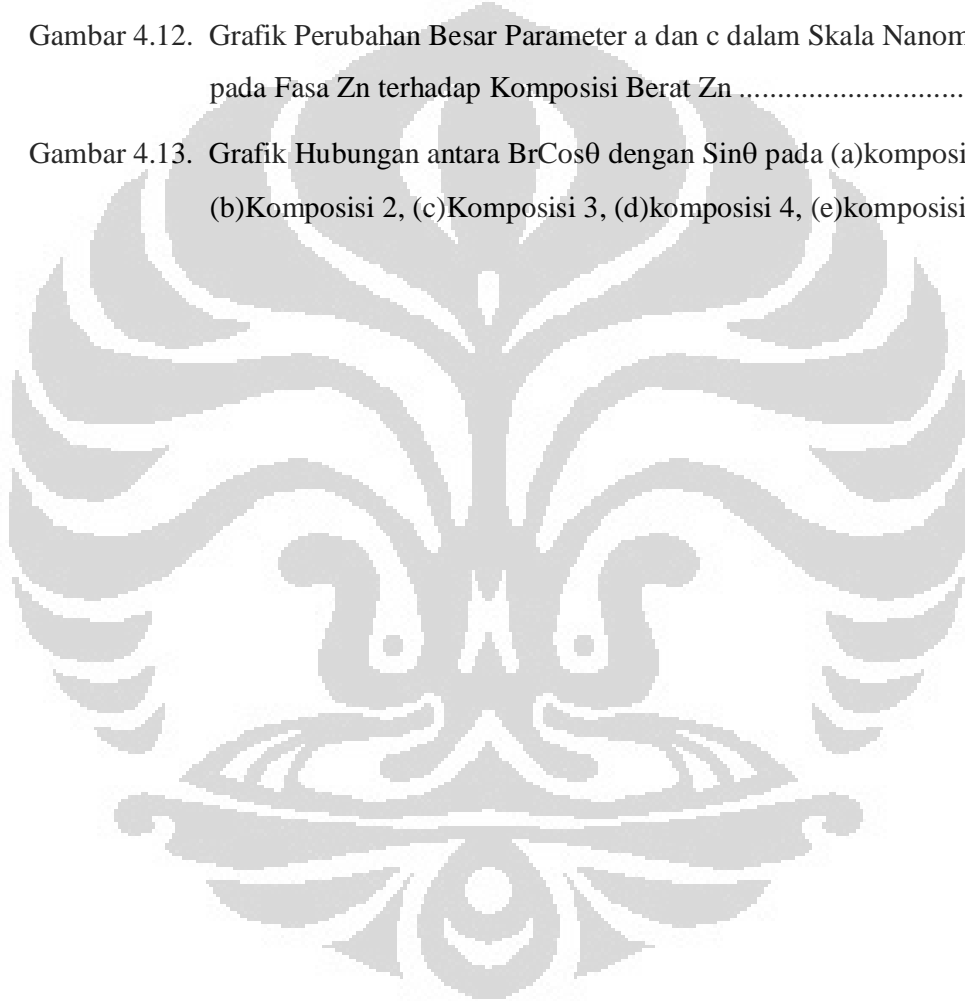
Tabel 3.1. Variasi Komposisi Paduan Sn-Cu-Zn (dalam wt%).....	21
Tabel 4.1. Hasil Penghalusan Paduan Sn-Cu-Zn pada Komposisi 1	37
Tabel 4.2. Hasil Penghalusan Paduan Sn-Cu-Zn pada Komposisi 2	37
Tabel 4.3. Hasil Penghalusan Paduan Sn-Cu-Zn pada Komposisi 3	38
Tabel 4.4. Hasil Penghalusan Paduan Sn-Cu-Zn pada Komposisi 4	38
Tabel 4.5. Hasil Penghalusan Paduan Sn-Cu-Zn pada Komposisi 5	39
Tabel 4.6. Besar Ukuran Kristal dan Regangan Mikro Fasa Sn pada Paduan Sn-Cu-Zn pada Berbagai Komposisi	43



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Sn-Whiskers	8
Gambar 2.2. Sn-Dendrites	9
Gambar 2.3. Diagram Fasa $Sn_{1-x}Cu_x$	12
Gambar 2.4. Diagram Fasa $Sn_{1-x}Zn_x$	13
Gambar 2.5. Sistem Isotermal Sn-Cu-Zn pada Temperatur 180°C	14
Gambar 2.6. Pelebaran Puncak Difraksi	16
Gambar 2.7. Kurva Gaussian dan Lorentzian pada Grafik Difraksi Sinar-X.....	18
Gambar 2.8. (a) Grafik $Br \cos$ terhadap $\sin\theta$ (b) Saat ukuran kristal sangat besar ($L = \infty$), tidak ada regangan ($\eta = 0$), juga pada saat L dan $\eta \neq 0$...	19
Gambar 3.1. X-Ray Diffractometer Philips PW 3710/40KV.....	22
Gambar 3.2. Tampilan Listview pada EXPGUI.....	24
Gambar 3.3. Tampilan Liveplot pada EXPGUI	25
Gambar 3.4. Tampilan EXPGUI untuk Melihat Besar Parameter Kisi pada Fasa Sn (Timah).....	26
Gambar 3.5. Tampilan ListView untuk Melihat Besar Densitas pada fasa tertentu pada EXPGUI.....	26
Gambar 4.1. Pola Difraksi Sinar-X Komposisi 1	29
Gambar 4.2. Pola Difraksi Sinar-X Komposisi 2	30
Gambar 4.3. Pola Difraksi Sinar-X Komposisi 3	30
Gambar 4.4. Pola Difraksi Sinar-X Komposisi 4	31
Gambar 4.5. Pola Difraksi Sinar-X Komposisi 5	31
Gambar 4.6. Tampilan Match! Saat Mencocokkan Fasa Sn dengan Komposisi 2 dari Paduan Sn-Cu-Zn.....	32
Gambar 4.7. Perubahan Pola Difraksi Paduan Sn-Cu-Zn pada Sudut Antara 35° - 39° dan 50° – 54°	33

Gambar 4.8. Pola XRD Masing-masing Komposisi pada Paduan Sn-Cu-Zn.....	34
Gambar 4.9. Pola XRD Sampel Standar dari Paduan Sn-Cu-Zn.....	35
Gambar 4.10. Grafik Perubahan Besar Parameter a dan c dalam Skala Nanometer pada Fasa Sn terhadap Komposisi Berat Zn.....	39
Gambar 4.11. Grafik Perubahan Besar Parameter a dan c dalam Skala Nanometer pada Fasa Cu terhadap Komposisi Berat Zn	39
Gambar 4.12. Grafik Perubahan Besar Parameter a dan c dalam Skala Nanometer pada Fasa Zn terhadap Komposisi Berat Zn	40
Gambar 4.13. Grafik Hubungan antara $Br\cos\theta$ dengan $\sin\theta$ pada (a)komposisi 1, (b)Komposisi 2, (c)Komposisi 3, (d)komposisi 4, (e)komposisi 5..	41



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam dunia elektronika, paduan SnPb biasa digunakan dalam material solder. Material solder merupakan paduan logam yang digunakan dalam proses penyolderan untuk menghubungkan komponen dengan papan PCB. Paduan yang digunakan sebagai material solder memiliki titik leleh berkisar antara 180°C sampai 190°C. Paduan SnPb tersebut berada pada kondisi eutektik, dimana kondisi eutektik tersebut memungkinkan paduan itu memiliki titik leleh terendah dengan masing-masing komponen akan mengalami pelelehan sempurna. Paduan SnPb yang digunakan berada dalam komposisi mendekati eutektik Sn 60%-Pb 40% atau eutektik Sn 63%-Pb 37% (wt%) [1].

Beberapa kelebihan yang dimiliki SnPb sebagai material solder adalah titik leleh yang tidak terlalu tinggi, kemampuan membasahi, konduktivitas listrik, serta sifat mekanik yang baik, juga harga yang relatif murah. Karena kelebihannya tersebut, paduan SnPb telah digunakan sebagai material solder selama beberapa dekade. Hingga akhirnya penggunaan SnPb dihentikan. Pada tahun 2006, *Europes Union* (EU) mengumumkan bahwa timbal atau *plumbum* (Pb) merupakan material RoHS (*Restriction of Certain Hazardous Substance*). Hal tersebut dikarenakan ditemukannya bahan berbahaya dalam material timbal. Beberapa negara di Eropa dan negara Jepang mulai mengadakan aksi bebas timbal pada industri mereka. Tidak lama kemudian disusul oleh Amerika yang mulai mencari pengganti timbal pada setiap produk yang mereka hasilkan, termasuk mengganti material solder SnPb dengan Sn murni. Namun hal tersebut mulai menimbulkan masalah baru, seperti timbulnya *whisker* yang menyebabkan hubungan pendek pada rangkaian [2].

Beberapa alternatif paduan sebagai material solder mulai diteliti, seperti paduan SnCu dan SnZn. Tembaga (Cu) dan Seng (Zn) merupakan logam yang

memiliki jumlah melimpah di dunia. Sifat kelistrikan serta mekanik yang baik menjadi alasan kedua material tersebut memiliki kemungkinan untuk menjadi material pengganti timbal. Namun beberapa kekurangan kemudian ditemukan pada kedua paduan tersebut. Kekurangan yang dimiliki oleh SnCu seperti kecepatan membasahi yang lebih lambat daripada SnPb, waktu *contact* yang lebih lama dan temperatur peleburan yang sedikit lebih tinggi yaitu sekitar 227-250°C. Begitu juga dengan SnZn, SnZn memiliki temperatur yang lebih tinggi daripada SnPb yaitu 200°C. Kemampuan wetting yang kurang baik serta ketahanan terhadap korosi yang rendah juga ditunjukkan oleh paduan ini. Karena itu, dibutuhkan sebuah alternatif paduan baru [3,4].

Karena paduan Sn dengan Cu dan Zn menghasilkan sifat yang hampir mendekati SnPb, diharapkan paduan Sn-Cu-Zn memiliki sifat yang lebih baik. Dari diagram kesetimbangan isothermal yang telah diteliti sebelumnya, ditemukan bahwa tidak ada satupun fasa ternary dari paduan Sn-Cu-Zn pada temperatur 250°C, 230°C dan 210°C [4].

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui pengaruh penambahan komposisi Zn pada sistem Sn-Cu-Zn terhadap parameter kisi dan ukuran kristalnya (*crystallite size*).
2. Melihat fasa-fasa apa saja yang terbentuk pada sistem Sn-Cu-Zn.
3. Menentukan besar volume, densitas serta besar regangan kisi pada sistem Sn-Cu-Zn.
4. Mempelajari proses penghalusan paduan sistem ternary dengan menggunakan metode Le Bail pada program EXPGUI.

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa batasan masalah sebagai berikut :

1. Data pola difraksi yang digunakan berasal dari sistem Sn-Cu-Zn yang telah dilakukan pencampuran dan diberi perlakuan panas (*annealing*).
2. Proses penghalusan dengan menggunakan perangkat lunak EXPGUI dan GSAS.
3. Metode penghalusan yang digunakan adalah metode Le Bail.
4. Database yang digunakan berasal dari perangkat lunak Match! dan ICSD.
5. Studi yang dilakukan adalah menghitung besar parameter kisi, ukuran kristal, regangan kisi, volume dan densitas.

1.4 Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode Le Bail dalam penghalusan data XRD. Input yang digunakan pada GSAS dan EXPGUI tersebut merupakan data XRD dari sistem Sn-Cu-Zn dengan berbagai komposisi dan material yang sama namun diberikan perlakuan panas (*annealing*). Penelitian ini menggunakan perangkat lunak Match!, BellaV2_22, GSAS dan EXPGUI. Tahapan-tahapan yang digunakan untuk penelitian ini ialah:

1. Membuat paduan dengan cara peleburan pada temperatur 600°C selama 10 menit.
2. Karakterisasi XRD pada sistem Sn-Cu-Zn.
3. Preparasi data XRD dengan program Match! dan BellaV2_22 sehingga data dapat diolah dengan menggunakan program EXPGUI dan GSAS.
4. Melakukan proses iterasi data XRD yang ada dengan program EXPGUI.

5. Menentukan besar parameter kisi material tersebut dari data yang sudah dihaluskan, dengan melihat besar Chi Square (χ^2) dan grafik pada *Liveplot* EXPGUI dan GSAS ketika sudah mencapai besaran tertentu.
6. Menganalisa serta menghitung besar parameter kisi, ukuran kristal, regangan kisi, volume dan densitas dari data yang telah didapat.
7. Membuat laporan akhir

1.5 Sistematika Penulisan

Pada penulisan bab satu membahas mengenai pendahuluan yang menerangkan bagaimana latar belakang penelitian ini, batasan masalah yang akan dibahas, tujuan dari penelitian, serta sistematika penulisan.

Lalu bab dua adalah tinjauan Pustaka, membahas secara garis besar teori dasar yang berhubungan dengan penelitian, yaitu mengenai material solder, unsur Sn, Cu, Zn, paduan Sn-Cu, paduan Sn-Zn, sistem Sn-Cu-Zn, difraksi sinar-X dan pengukuran besar tegangan.

Sedangkan bab tiga akan menerangkan mengenai metode yang akan digunakan. Seperti proses pembuatan sistem Sn-Cu-Zn, karakterisasi dengan menggunakan XRD, cara menghaluskan pola XRD dengan menggunakan perangkat lunak GSAS dan EXPGUI, juga cara mendapatkan besar parameter kisi, ukuran kristal, regangan mikro, volume dan densitas.

Bab berikutnya atau bab empat membahas mengenai hasil dan analisa. Besar parameter kisi, ukuran kristal, regangan mikro, volume dan densitas yang didapatkan akan dijabarkan pada bab ini.

Sedangkan bab lima berisi kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan dan memberikan saran pada penelitian sejenis lainnya agar lebih baik lagi

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Material Solder

Solder atau *Solidare* dalam bahasa latin berarti membuat menjadi padat atau solid. Dalam bahasa Indonesia sendiri *solder* dapat diartikan sebagai pateri [5]. Material *solder* merupakan logam paduan yang dapat melebur dan digunakan untuk menyatukan dua logam paduan lainnya. Temperatur leleh dari material *solder* biasanya lebih rendah daripada kedua logam paduan tersebut [6].

Material *solder* terbagi menjadi dua jenis, yaitu *soft solder* dan *hard solder*. Material *soft solder* yang biasa digunakan berupa logam paduan yang dapat melebur dengan rentang temperatur leleh antara 180°C hingga 300°C. Contoh dari *soft solder* adalah paduan SnPb, Indinium (In), Antimony (Sb), Bismuth (Bi) dan Perak (Ag). Berbeda dengan *soft solder*, *hard solder* memiliki temperatur leleh yang lebih tinggi, yaitu di atas 450°C. Material yang biasa digunakan sebagai *hard solder* adalah Emas (Au), Besi, Alumunium (Al) dan Silicon (Si). *Hard solder* biasa dipakai pada *brazing*[6].

Selain logam paduan solder harus memiliki temperatur leleh yang rendah, ada beberapa kriteria yang menjadikan sebuah logam atau logam paduan dapat dijadikan material solder yang baik. Kriteria pertama adalah material solder harus memiliki daya hantar listrik yang baik. Daya hantar listrik pada material solder menjadi sangat penting, karena hampir semua proses penyolderan bertujuan untuk menghubungkan satu komponen listrik dengan komponen listrik lainnya. Kriteria lainnya adalah material solder harus memiliki kemampuan untuk membasahi bidang solder dengan baik atau biasa disebut dengan *wetting*. Logam paduan solder pun harus berada pada kondisi eutektik atau mendekati kondisi tersebut. Kondisi eutektik adalah kondisi dimana masing-masing paduan memiliki temperatur leleh terendah pada komposisi

tertentu, hal ini dimaksudkan agar logam paduan solder dapat melebur secara sempurna [7]. Logam yang dijadikan bahan paduanpun diharapkan tidak lebih dari 3 unsur. Karena ketika logam paduan lebih dari 3 unsur, maka penentuan kondisi eutektik menjadi sangat sulit. Logam paduan solder pun diharapkan kuat terhadap guncangan dan *thermal shock*. Harga yang terjangkau menjadi salah satu kriteria yang lebih bersifat ekonomi, namun hal tersebut sangatlah penting untuk dipertimbangkan pada logam paduan solder ini.

Sudah sejak lama paduan SnPb atau Timah-Timbal menjadi kandidat utama material solder. Hal tersebut dikarenakan SnPb memiliki semua kriteria di atas. Namun beberapa tahun yang lalu, digalakkan aksi bebas Timbal atau *lead-free* setelah ditemukannya dampak buruk terhadap lingkungan dan manusia akibat racun yang berbahaya pada Timbal. Karena itu, sejak beberapa tahun lalu Timbal dinyatakan sebagai *Restriction of Certain Hazardous Substance (RoHS)* oleh *European Union's (EU)*. Pengurangan penggunaan Timbal kemudian dilakukan oleh banyak negara. Penelitian mengenai material pengganti Timbal sebagai bahan paduan solder dilakukan secara gencar-gencaran. Dalam proses pencarian tersebut, Sn-murni kemudian digunakan sebagai material solder. Namun, penggunaan Sn-murni mengakibatkan masalah lain yaitu tumbuhnya *whisker* yang dapat mengakibatkan terjadinya hubungan pendek pada rangkaian elektronik. Hal tersebut tidak terjadi pada material solder terdahulu dikarenakan penambahan Pb atau Timbal [2].

2.2 Material Timah atau *Stannum* (Sn)

Timah atau *Stannum* dalam bahasa latin, merupakan unsur yang memiliki nomor atom 50, berada pada golongan 4a dan periode 5 dalam tabel periodik unsur. Di alam, Timah biasa ditemukan dalam bentuk mineralnya yaitu SnO₂ atau *Cassiterite*. Timah dapat digunakan sebagai pembungkus makanan, karena selain

tidak beracun, timah juga tahan terhadap korosi. Timah juga digunakan sebagai pelapis atau *coating* pada baja.

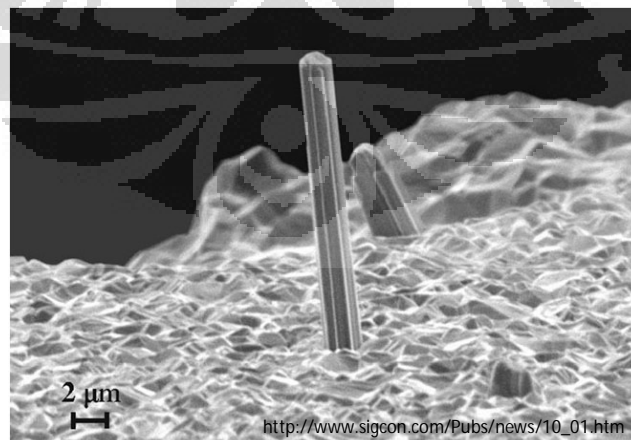
Pada tahun 2006, tercatat penambangan timah dunia sebanyak 321.000 ton dan jumlah timah yang dilebur sebanyak 340.000 ton. Pada tahun 1991, produksi Timah mencapai 186.300 ton, dan meningkat sebanyak 89% pada tahun 2005 atau sebanyak 351.800 ton. Peningkatan jumlah tersebut terjadi akibat adanya penambahan jumlah produksi Timah di Cina dan Indonesia. Pada tahun 2007, Republik Rakyat Cina menjadi produsen Timah terbesar, dengan jumlah produksi 43% dari total Timah dunia, diikuti oleh Indonesia dengan jumlah yang hampir sama, dan Peru pada posisi ketiga [8].

Timah adalah material yang mudah dibentuk, lunak dan berwarna perak mengkilap saat berbentuk padatan. Timah meleleh pada suhu 232°C , dan pada ukuran nanometer berkurang menjadi $177,3^{\circ}\text{C}$. Timah memiliki beberapa buah fasa pada beberapa kondisi. Fasa pertama adalah α -Sn atau timah abu-abu. α -Sn memiliki struktur kristal *diamond cubic*, seperti pada intan, silicon dan germanium. α -Sn stabil dibawah $13,2^{\circ}\text{C}$ pada keadaan padat. α -Sn tidak bersifat logam dikarenakan atom-atomnya membentuk ikatan kovalen dimana elektron tidak dapat berpindah dengan bebas. Yang kedua adalah β -Sn atau timah putih yang stabil pada temperatur ruang dan mudah dibentuk. β -Sn memiliki struktur kristal *body centered tetragonal* (BCT) dengan rapat jenis $7,31\text{gr}/\text{cm}^3$. Dua fasa lainnya adalah γ -Sn dan σ -Sn yang terdapat pada temperatur dibawah 161°C dan tekanan beberapa GPa [9].

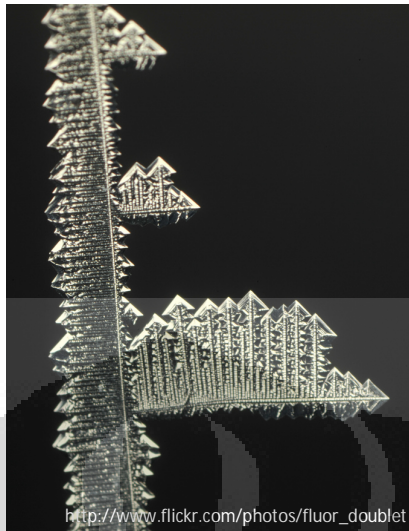
Selain fasa yang cukup beragam, timah juga memiliki beberapa fenomena seperti *Sn-cry*, *Sn-pest*, *Sn-whisker*, *Sn-needles*, dan *Sn-dendrite*. *Sn-cry* merupakan fenomena timbulnya suara menyerupai tangisan atau teriakan pada saat timah dibengkokkan. Hal tersebut terjadi akibat adanya gesekan antar kristal pada logam. Tangisan serupa juga muncul pada material lain, seperti pada galium, niobium dan indium.

Sn-pest adalah fenomena yang terjadi ketika timah mengalami transisi fasa pada suhu $13,2^{\circ}\text{C}$ dan $202,8^{\circ}\text{C}$. Fenomena tersebut berupa bertambahnya volume timah pada saat transisi fasa, apabila hal tersebut tidak diatasi, maka timah yang terus mengembang akan mengalami kerusakan dan hancur. Salah satu cara untuk mencegah terjadinya *Sn-pest* adalah dengan menambahkan pengotor antimony (Sb) dan bismuth (Bi).

Fenomena berikutnya adalah *Sn-whisker*. *Sn-whisker* merupakan proses penumbuhan logam dengan diameter antara $0,3\mu\text{m}$ sampai 125 nm secara spontan. *Whisker* dapat tumbuh lurus memanjang ataupun bengkok. Penyebab tumbuhnya *whisker* telah diteliti selama lebih dari 50 tahun, namun belum ada yang mampu menemukannya. Beberapa peneliti sepakat bahwa penyebab munculnya *whisker* pada timah adalah adanya tekanan kompresi yang muncul baik secara mekanik, kimia atau panas. Proses pertumbuhan timah tersebut terjadi juga pada fenomena berikutnya, yaitu *Sn-dendrite*. Perbedaan antara *Sn-dendrite* dan *Sn-whisker* terletak pada bentuk timah yang tumbuh, serta penyebab pembentukannya. *Sn-dendrite* merupakan polikristal timah berbentuk seperti pohon, sedangkan *whisker* memiliki diameter identik [10].



Gbr. 2.1. *Sn-whiskers*



Gbr. 2.2. *Sn-dendrites*

Sn-dendrite pun tidak tumbuh secara spontan seperti pada *Sn-whisker*, Sn-dendrite membutuhkan gangguan dari luar berupa medan listrik dan keadaan yang lembab. Fenomena terakhir adalah *Sn-needles*, merupakan proses pertumbuhan timah dimana timah berbentuk seperti jarum. Dengan masing-masing ujung jarum memiliki ukuran yang berbeda.

2.3 Material Tembaga atau *Cuprum* (Cu)

Tembaga atau *cuprum* dalam bahasa latin, merupakan unsur logam yang memiliki nomor atom 29. Ia memiliki sifat lunak, tahan terhadap suhu tinggi dan memiliki konduktivitas listrik yang baik. Di alam, tembaga dapat ditemukan dalam bentuk mineralnya seperti Cu_2S (*Chalcocite*), CuFe_2S (*Chalcopyrite*) dan $\text{Cu}_2\text{Co}_3(\text{OH})_2$ (*Malachite*). Tembaga biasa digunakan sebagai konduktor baik panas ataupun listrik, material gedung juga komponen berbagai paduan logam [11].

Tembaga kebanyakan ditemukan dan diolah dari mineral tembaga sulfida, mineral tersebut biasa ditemukan pada pertambangan terbuka. Menurut British Geological Survey, pada tahun 2005, Chili merupakan produsen tembaga terbesar dengan jumlah produksi hampir sepertiga produksi dunia, diikuti dengan Amerika Serikat, Indonesia dan Peru. Penggunaan tembaga semakin meningkat, dengan jumlahnya yang cukup banyak, diperkirakan terdapat 10^{14} ton tembaga hanya pada lapisan kulit Bumi saja [8].

Salah satu kelebihan dari tembaga adalah dapat didaur ulang. Setelah didaur ulang, tembaga tidak akan mengalami penurunan kualitas baik tembaga yang didaur ulang berasal dari material mentah atau merupakan hasil bekas pabrik. Tercatat bahwa hampir 80% tembaga yang pernah ditambang masih digunakan sampai saat ini. Tembaga yang merupakan material yang banyak digunakan, baik dalam bentuk murni ataupun bentuk paduan logamnya, serta dengan jumlahnya yang melimpah, dapat dijadikan sebagai komponen paduan alternatif pengganti timbal. Mengingat pula bahwa tembaga memiliki konduktivitas listrik yang baik.

2.4 Material Seng atau Zinc (Zn)

Seng atau Zinc merupakan unsur yang memiliki simbol Zn. Dalam tabel periodik unsur ia menempati golongan 2B dan periode 4. Di alam, Zn dapat ditemui dalam bentuk mineral berupa *Sphalerite* atau Seng Sulfida dengan rumus kimia ZnS. Salah satu kegunaan dari zinc yang paling penting adalah sebagai lapisan anti korosi pada baja, dengan cara hot-dip galvanizing. Seng juga digunakan pada baterai. Beberapa jenis senyawa zinc yang biasa digunakan adalah, *zinc carbonate* dan *zinc gluconate* (sebagai suplemen diet), *zinc sulfide* (cat yang bercahaya), *zinc pyrithione* (sampo anti ketombe) dan *zinc chloride* (deodorant).

Seng adalah logam keempat yang sering digunakan, setelah besi, aluminium dan tembaga. 70% seng yang digunakan merupakan hasil pertambangan, sedangkan

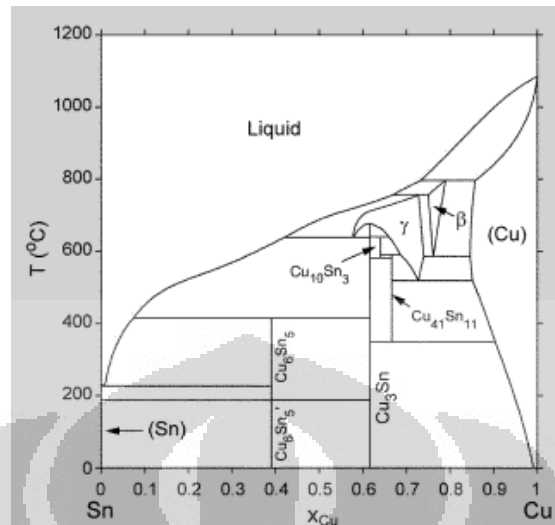
30% lainnya berasal dari seng yang telah didaur ulang. Diseluruh dunia, 95% seng berasal dari biji sulfidanya, yaitu *Sphalerite* yang biasanya tercampur oleh sulfida lain seperti tembaga, timbal dan besi. Daerah tambang tembaga tersebar di sekitar Cina, Australia dan Peru. Dengan Cina sebagai pemroduksi 29% seng di dunia pada tahun 2010 [8].

2.5 Cu dan Zn sebagai alternatif pengganti Pb pada material solder

Seperti yang telah disebutkan sebelumnya, bahwa penggunaan timbal dalam perangkat elektronik haruslah dikurangi atau bahkan dihilangkan. Karena itu diperlukan material alternatif sebagai pengganti timbal pada material solder. Material Cu dan Zn kemudian muncul sebagai alternatif, mengingat sifat-sifat yang mereka miliki serta keberlimpahannya di alam.

2.5.1 Paduan Sn-Cu

Sejak dikumandangkannya timbal sebagai RoHS pada tahun 2006. Penelitian kemudian dilakukan untuk mencari pengganti timbal pada material solder, tembaga pun menjadi salah satu bahan yang mungkin menjadi alternatif. Pada diagram fasanya, SnCu memiliki 7 buah fasa yaitu fasa β , γ , $\text{Cu}_{41}\text{Sn}_{11}(\delta)$, $\text{Cu}_{10}\text{Sn}_3(\zeta)$, $\text{Cu}_3\text{Sn}(\gamma)$, dan $\text{Cu}_6\text{Sn}_5/\text{Cu}_6\text{Sn}_5'$ (η/η' , bentuk pada temperatur tinggi dan rendah). Semua fasa *intermediate* yang kaya tembaga akan mengalami penguraian pada reaksi *eutectoid* pada suhu diatas 350°C , karena itu hanya fasa Cu_3Sn dan $\text{Cu}_6\text{Sn}_5/\text{Cu}_6\text{Sn}_5'$ saja yang dimungkinkan sebagai material solder. Kondisi eutektik pada paduan ini ditemukan pada temperatur 227°C , dimana cairan berubah menjadi Cu_6Sn_5 atau Sn. Namun besar konsentrasi dari Sn masih belum ditentukan dengan pasti pada fasa cairnya, besar konsentrasi berkisar pada $X_{\text{Sn}} = 0.91$ atau $X_{\text{Sn}} = 0.93$ [12]. Moon dkk. menemukan bahwa $X_{\text{Sn}} = 0.91$ stabil pada temperatur eutektik [13]. Diagram fasa material SnCu didapatkan oleh Shim dkk [14], seperti ditunjukkan pada Gbr.2.3.

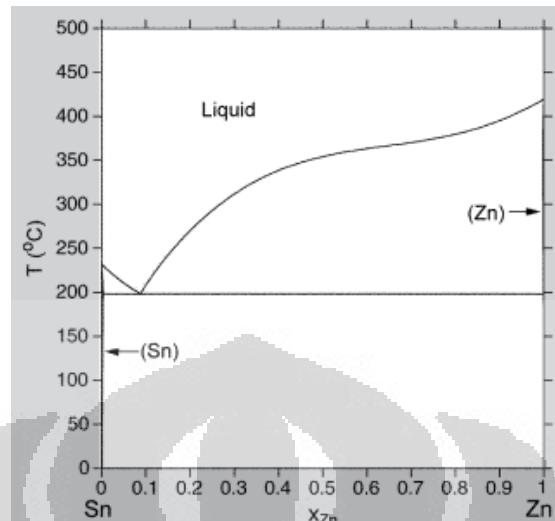


Gbr. 2.3 Diagram fasa $\text{Sn}_{1-x}\text{Cu}_x$

Jumlah pemakaian solder berbasis SnCu telah mengalami peningkatan dan 30% assembler telah menggunakan berbagai jenis variasi solder SnCu. Namun SnCu murni sebagai material solder memiliki beberapa kekurangan jika dibandingkan dengan SnPb. Kekurangan tersebut seperti kecepatan membasahi SnCu lebih lambat daripada SnPb, waktu contact yang lebih lama dan temperatur peleburan yang lebih tinggi yaitu sekitar 227°C sedangkan SnPb sendiri berkisar antara 183°C [7].

2.5.2 Paduan Sn-Zn

Zinc merupakan salah satu material yang dapat digunakan sebagai pengganti timbal pada material solder. Diagram fasa paduan ini memiliki kedudukan yang kuat dan sistem eutektik yang cukup sederhana menurut perhitungan termodinamika. Pada 198.5°C , cairan berubah menjadi padatan Zn dan Sn. Dengan komposisi fasa cair bervariasi pada temperatur eutektiknya antara $X_{\text{Sn}} = 0.906$ dan $X_{\text{Sn}} = 0.921$. Diagram Fasanya didapatkan oleh Lee [15].

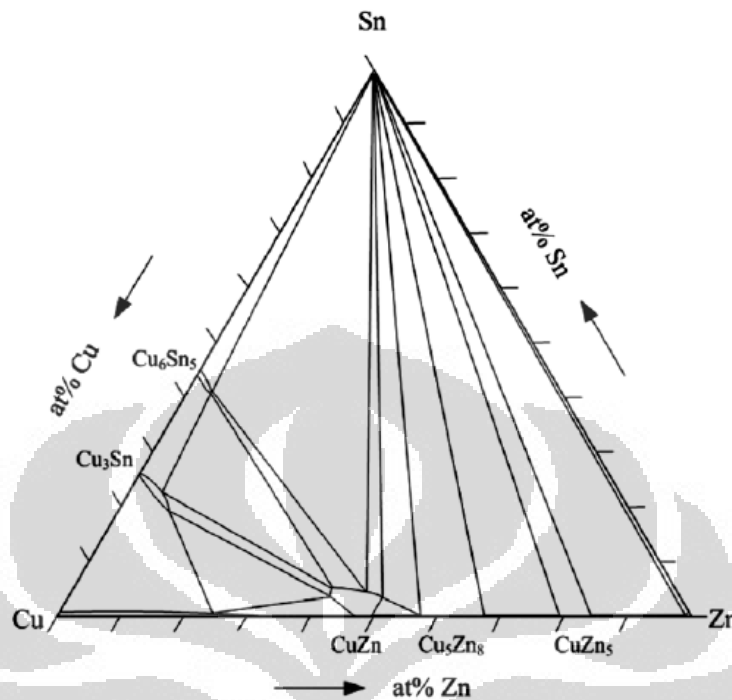


Gbr. 2.4 Diagram fasa $\text{Sn}_{1-x}\text{Zn}_x$

Jika kita bandingkan dengan SnPb, maka temperatur leleh dari material solder berbasis SnZn sedikit lebih tinggi, sekitar 200°C , dengan temperatur SnPb sebesar 183°C [3]. Kemampuan wetting yang kurang baik serta ketahanan terhadap korosi yang rendah juga ditunjukkan oleh paduan ini [4].

2.5.3 Paduan Sn-Cu-Zn

Sn-Cu-Zn merupakan salah satu material sistem 3 komponen yang menjadi alternatif material solder. Dalam hal ini, paduan Cu-Zn menjadi pengganti timbal pada paduan Sn-Pb. Perkiraan mengenai sistem termodinamika pada material Sn-Cu-Zn telah dilakukan [16]. Begitu juga penelitian mengenai sistem isothermalnya. Penelitian mengenai sistem isothermal Sn-Cu-Zn tersebut dilakukan pada beberapa temperatur, yaitu pada 250°C , 230°C , 210°C dan 180°C . Pada temperatur 250°C , 230°C , dan 210°C tidak ditemukan fasa tunggal dari Sn-Cu-Zn [4]. Gbr. 2.5 merupakan perkiraan fasa kesetimbangan isothermal pada temperatur 180°C yang didapat oleh C.-y.Chou dan S.-w.Chen pada tahun 2006.



Gbr. 2.5 Sistem isothermal Sn-Cu-Zn pada temperatur 180°C

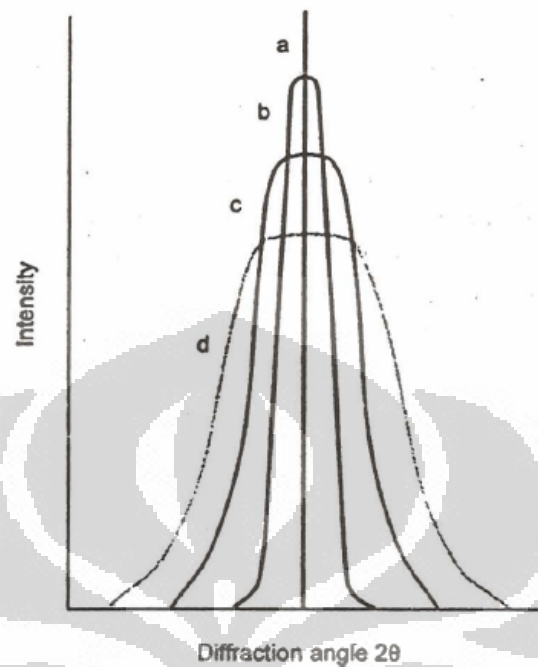
Penelitian mengenai paduan Sn-Cu-Zn telah banyak dilakukan, beberapa diantaranya mengenai pembuatan diagram fasa paduan ini. Pembuatan diagram fasa dilakukan dengan cara perhitungan ataupun eksperimen. Pada penelitian yang dilakukan oleh C.-y.Chou dan S.-w.Chen, fasa yang terdapat pada temperatur 250°C, 230°C, dan 210°C hanya terdapat fasa dari sistem biner variasi ketiga komponen tersebut. Seperti pada temperatur 250°C dengan komposisi Sn–46.0 at.% Zn–35.0 at.% Cu hanya terdapat β' -CuZn dan larutan yang berada diantara dua fasa (*liquid two-phase region*). Karena Cu merupakan jenis material yang lebih dominan dalam berdifusi dan Zn sangat reaktif, Cu biasanya akan lebih mudah bereaksi dengan Zn dan Sn akan tertinggal dalam proses reaksi [4]. Hasil yang sama juga diperlihatkan oleh variasi komposisi lain pada penelitian yang sama.

2.6 Penentuan besar ukuran kristal dan regangan mikro

Dalam penurunan hukum Bragg, diasumsikan bahwa hanya kondisi ideal yang terjadi. Seperti ukuran serta bentuk kristal yang sempurna, sinar datang yang monokromatik dan sejajar satu dengan yang lainnya. Namun kondisi ini tidak pernah ada. Dalam praktiknya, untuk mendapatkan bentuk pola difraksi yang baik, ukuran kristal pada material polikristal berkisar antara 500 nm ($0,5 \mu\text{m}$) sampai 10.000 nm ($10 \mu\text{m}$). Apabila ukuran kristal lebih kecil lagi, maka pola difraksi yang didapatkan akan menjadi lebih lebar.

Pelebaran puncak pada data Difraksi Sinar-X sering kali terjadi. Beberapa faktor yang menyebabkan terjadinya pelebaran pada puncak data tersebut adalah:

1. *Instrumental effects*: biasanya terjadi karena adanya pengaruh dari alat (diffraktometer) yang digunakan. Seperti pemfokusan yang tidak sempurna, bentuk dan lebar puncak dari α_1 dan α_2 yang tidak dapat dibedakan. Hal tersebut dapat menyebabkan terjadinya pelebaran pada puncak difraksi dari pola puncak difraksi ideal (gbr. 2.8a) menjadi pola difraksi pada gbr. 2.8b.
2. *Crystallite size*: pola puncak difraksi akan menjadi lebar akibat kecilnya ukuran kristal. Analisa pelebaran puncak dapat kita gunakan untuk menentukan besar ukuran kristal dengan kisaran 100 nm sampai 500 nm. Dengan adanya pengaruh efek instrumentasi dan ukuran kristal, bentuk puncak pola difraksi akan berubah menjadi seperti gbr. 2.8c.
3. *Lattice strain*: apabila semua efek tersebut terjadi pada pengukuran sample, maka pola difraksi akan menjadi sangat lebar. Seperti yang diilustrasikan pada gbr. 2.8d. Namun, masih dimungkinkan untuk menghitung atau memisahkan masing-masing efek atau faktor pelebaran pada data difraksi yang ada.



Gbr 2.6 Pelebaran puncak difraksi: (a) ideal, (b) karena adanya efek alat, (c) karena adanya efek alat dan ukuran kristal, (d) karena adanya kombinasi efek alat, ukuran kristal dan regangan mikro

Dalam menghitung besar pelebaran, kita menggunakan lebar B (dalam radian) yang sebanding dengan besar setengah intensitas dari intensitas maksimum (FWHM). Dengan catatan bahwa B merupakan lebar angular, pada 2θ (bukan θ), dan bukan lebar garis.

Untuk mengetahui efek pelebaran karena kecilnya ukuran kristal dan peregangan kisi, maka kita harus mengetahui terlebih dahulu besar pelebaran akibat adanya efek instrumentasi. Dalam menganalisa efek instrumentasi dibutuhkan sampel standar. Sampel standar yang digunakan biasanya memiliki karakteristik seperti: memiliki ukuran kristal yang lebar dan tidak terdapat regangan kisi. Sampel tersebut dapat didapatkan dengan proses *annealing* yang baik.

Sampel standar yang kita gunakan dapat berupa bubuk dengan komposisi yang sama dengan sampel yang akan kita analisa. Namun dengan catatan bahwa

sampel standar tersebut di annealing dengan baik, sehingga ukuran kristal atau ukuran butirannya besar dan regangan kisinya menghilang.

Dengan lebar puncak sinar-x yang kita amati adalah B_o , dan lebar akibat efek instrumentasi adalah B_i , sedangkan B_r adalah lebar akibat kombinasi efek ukuran kristal dan regangan kisi maka didapatkan:

$$B_r = B_o - B_i \quad (\text{pers. 2.2})$$

Persamaan di atas digunakan ketika puncak difraksi cocok dengan kurva Lorentzian (Cauchy). Namun apabila puncak difraksi cocok dengan kurva Gaussian, maka persamaannya menjadi:

$$B_r^2 = B_o^2 - B_i^2 \quad (\text{pers. 2.3})$$

2.6.1 Pelebaran Karena Kecilnya Ukuran Kristal

Scherrer telah mendapatkan persamaan untuk pelebaran puncak difraksi sinar-x pada kristal berukuran kecil, yaitu:

$$B_{\text{crystallite}} = \frac{k\lambda}{L \cos \theta} \quad (\text{pers. 2.4})$$

Dengan λ adalah panjang gelombang dari sinar-x yang kita gunakan, θ adalah sudut difraksi Bragg, L merupakan ukuran kristal 'rata-rata', dan K adalah konstanta.

Persamaan 2.4 biasa dikenal dengan persamaan Scherrer dan diperoleh dengan menggunakan asumsi kurva Gaussian dengan kristal berbentuk kubik dengan ukuran yang sama (dengan $k = 0.94$). Namun persamaan ini sering kali digunakan untuk menghitung ukuran kristal, baik yang berbentuk kubik ataupun non-kubik dengan besar k antara 0.89 dan 1.39. Dengan pertimbangan tingkat presisi pada analisa ukuran kristal sebesar $\pm 10\%$, besar k yang biasa digunakan adalah 1.

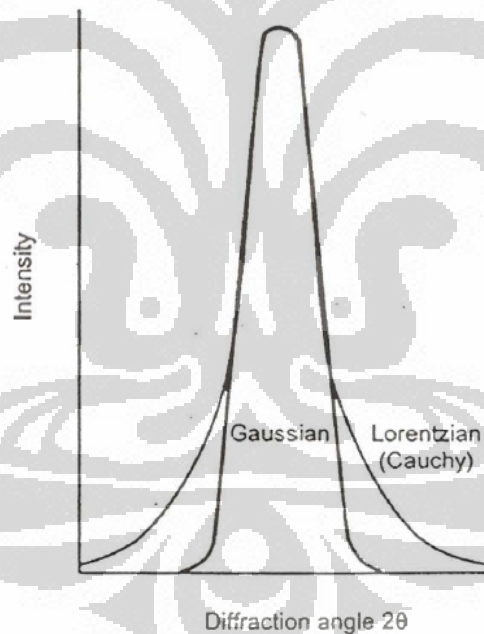
2.6.2 Pelebaran Karena Peregangan

Peregangan kisi pada material menyebabkan peregangan pada puncak difraksi, yang dapat diungkapkan pada persamaan:

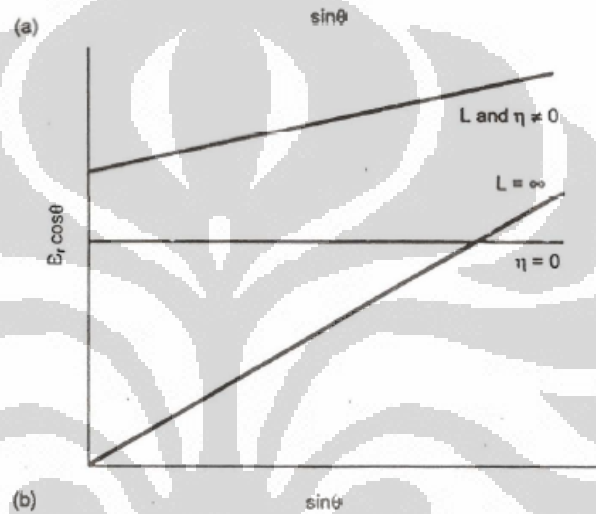
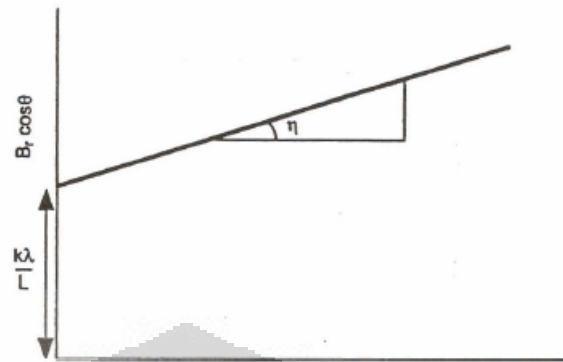
$$B_{strain} = \eta \tan \theta \quad (\text{pers. 2.5})$$

Dengan η adalah regangan pada material.

Dari persamaan (2.4) dan (2.5) dapat kita lihat dengan jelas bahwa besar pelebaran akibat ukuran kristal dan peregangan kisi bertambah seiring dengan bertambahnya θ , namun perbedaan diantara keduanya semakin jelas terlihat pada θ yang lebih kecil.



Gbr. 2.7 Kurva gaussian dan lorentzian pada grafik difraksi sinar-X



Gbr. 2.8 (a) Grafik $B_r \cos \theta$ terhadap $\sin \theta$. (b) Menunjukkan bentuk grafik pada saat ukuran kristal sangat besar ($L = \infty$), pada saat tidak ada regangan ($\eta = 0$), juga pada saat terdapat regangan kisi dan ukuran kristal (L dan $\eta \neq 0$).

Lebar B_r pada puncak difraksi setelah dikurangi efek instrumentasi dapat kita anggap sebagai penjumlahan lebar akibat kecilnya ukuran kristal dan peregangan kisi:

$$B_r = B_{\text{crystallite}} + B_{\text{strain}} \quad (\text{pers. 2.6})$$

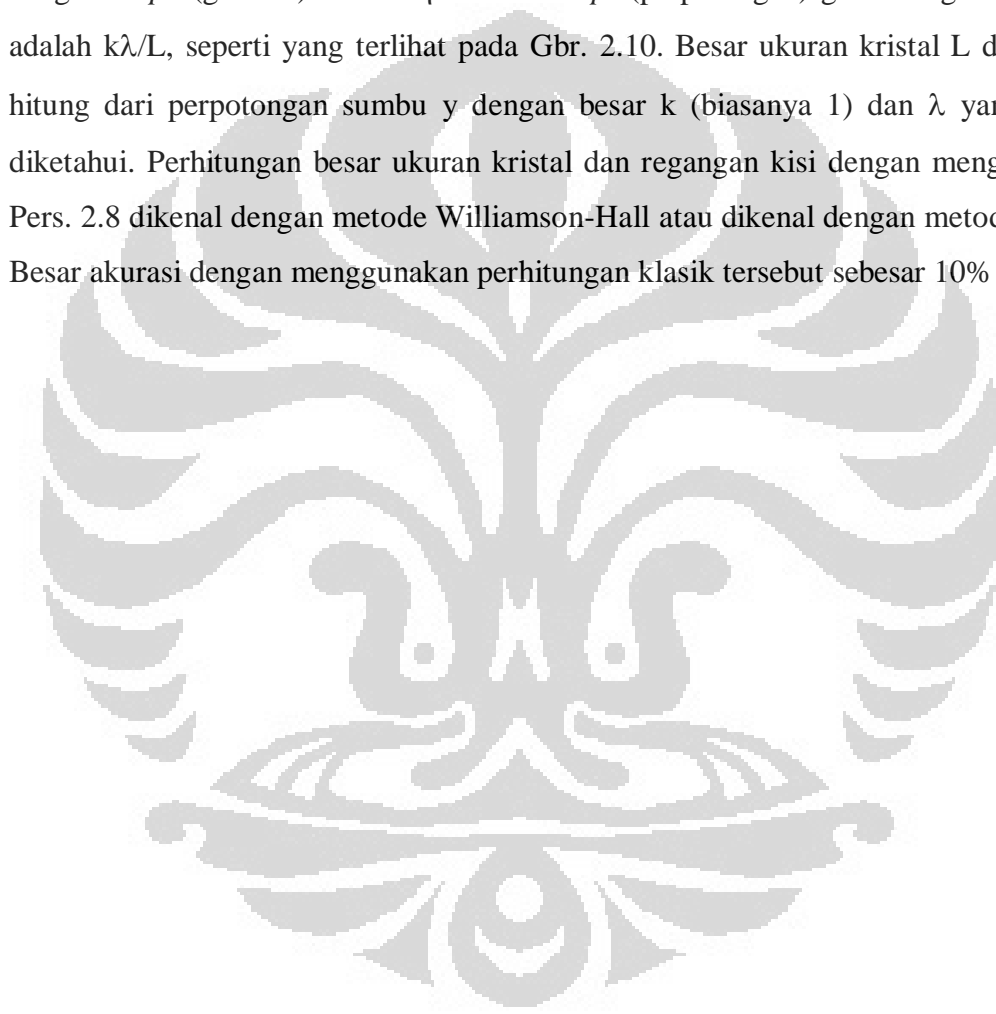
Dari persamaan (2.4) dan (2.5) maka didapat:

$$B_r = \frac{k\lambda}{L \cos \theta} + \eta \tan \theta \quad (\text{pers. 2.7})$$

Dengan mengalikan persamaan (2.7) dengan $\cos \theta$ didapat:

$$B_r \cos \theta = \frac{k\lambda}{L} + \eta \sin \theta \quad (\text{pers. 2.8})$$

Sehingga ketika kita plot $B_r \cos \theta$ terhadap $\sin \theta$, akan didapatkan sebuah garis lurus dengan *slope* (gradien) adalah η dan *intercept* (perpotongan) garis dengan sumbu y adalah $k\lambda/L$, seperti yang terlihat pada Gbr. 2.10. Besar ukuran kristal L dapat kita hitung dari perpotongan sumbu y dengan besar k (biasanya 1) dan λ yang sudah diketahui. Perhitungan besar ukuran kristal dan regangan kisi dengan menggunakan Pers. 2.8 dikenal dengan metode Williamson-Hall atau dikenal dengan metode klasik. Besar akurasi dengan menggunakan perhitungan klasik tersebut sebesar 10% [18].



BAB III

METODE PENELITIAN

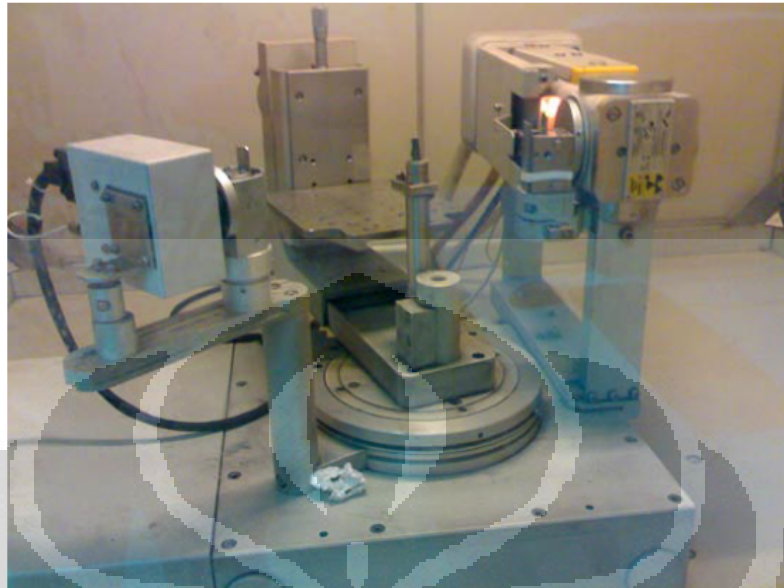
3.1 Variasi Paduan Sn-Cu-Zn

Dalam pembuatan paduan Sn-Cu-Zn ini digunakan metode peleburan. Preparasi material paduan dilakukan pada atmosfer inert yaitu pada atmosfer nitrogen. Variasi paduan berdasarkan besar konsentrasi Zn. Variasi ini dilakukan untuk melihat pengaruh penambahan Zn pada paduan Sn-Cu. Besar variasi komposisi pada paduan Sn-Cu-Zn yang dibuat pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 3.1. Pada penelitian ini, digunakan material solder Sn-Cu dengan komposisi 99.3Sn-0.7Cu, juga batang Zn dengan kemurnian 99.8%. Penambahan Zn pada variasi tersebut berdasarkan persen berat atau Wt%.

Hal pertama yang dilakukan dalam pembuatan material adalah menghitung serta menimbang massa masing-masing material sesuai dengan komposisi yang dibutuhkan. Setelah itu dicampur dan dilebur pada temperatur 600°C selama 10 menit. Lalu dituangkan ke dalam cetakan kemudian didiamkan.

Tabel 3.1. Variasi komposisi paduan SnCuZn

No	Komposisi (wt%)		
	Timah (Sn)	Tembaga (Cu)	Seng (Zn)
1	86.49	0.61	12.9
2	85.11	0.60	14.29
3	84.28	0.59	15.13
4	83.41	0.59	16
5	80.07	0.56	19.37



Gbr. 3.1 X-Ray Diffractometer merk Philips PW 3710/40kv

3.2 Karakterisasi XRD

Dari sampel yang didapatkan tersebut kemudian dilakukan karakterisasi XRD. Hal tersebut berguna untuk melihat fasa-fasa yang mungkin terbentuk, besar parameter kisi dan beberapa informasi penting lainnya. X-Ray Diffractometer yang digunakan adalah XRD Philips PW 3710/40kv. Alat tersebut berada di Gedung Pasca Sarjana FMIPA UI, Salemba. Beroperasi dengan menggunakan Kobalt sebagai ‘sumber radiasi sinar-x’, dengan panjang gelombang $\text{Co-K}\alpha = 1.78897 \text{ \AA}$. Bekerja pada tegangan 40 Kv dengan arus 30mA. Dengan besar sudut pergerakan difraksi sebesar 0.02° , proses *scanning* bergerak dari 19.99° sampai 99.97° .

3.3 Pengolahan Data

Setelah data didapatkan dari alat XRD, maka data tersebut akan diolah dengan menggunakan beberapa perangkat lunak. Perangkat lunak tersebut adalah EXPGUI, Match! dan Origin. Untuk persiapan data digunakan software BellaV2_22 dan Match!.

3.3.1 Persiapan data

Agar data dari XRD dapat diolah, maka data dari XRD diubah dari data ber-ekstension *.rd menjadi *.raw. Urutan perangkat lunak yang digunakan untuk mengubah format datanya adalah, program Match! untuk mengubah *.rd menjadi *.dat, program BellaV2_22 untuk mengubah *.dat menjadi *.udf, kemudian *udf menjadi *.raw.

Ketika kita menggunakan EXPGUI untuk menghaluskan atau *me-refinement* data yang ada, diperlukan database mengenai fasa yang terbentuk. Secara kasar kita dapat melihat fasa-fasa apa saja yang terbentuk dengan menggunakan program match!. Pada program ini pula, kita dapat membuat database yang dibutuhkan pada EXPGUI untuk menghaluskan data yang kita inginkan.

3.3.2 Menghaluskan Data dengan EXPGUI

Pada penelitian ini, digunakan metode penghalusan Le Bail, metode penghalusan yang biasa digunakan pada data XRD. Penghalusan ini sendiri dilakukan pada program EXPGUI, yang biasa terintegrasi dengan GSAS. Sebenarnya, GSAS dan EXPGUI merupakan program yang hampir sama, salah satu perbedaan yang ada adalah EXPGUI memiliki tampilan '*Windows*' sedangkan GSAS merupakan program berpenampilan DOS. Penghalusan yang digunakan tersebut berguna untuk membuat kembali pola difraksi dengan merujuk dari data yang kita miliki. Dengan metode penghalusan ini, kita dapat mengetahui besar parameter kisi, densitas dan volume dari paduan yang kita buat.

Metode Le Bail sendiri merupakan modifikasi dari metode Rietveld. Yang membedakan adalah, metode Rietveld cenderung lebih 'kaku' terhadap parameter struktural yang diberikan oleh database. Sedangkan metode Le Bail memiliki proses penghalusan awal dengan memperhitungkan posisi serta intensitas dari seluruh pola yang kita miliki. Metode ini mengawali proses penghalusan dengan besar pola difraksi penghalusan yang seragam.

Dalam proses penghalusan dengan menggunakan EXPGUI tersebut dilakukan iterasi untuk mendapatkan besaran yang ada pada paduan yang kita buat. Parameter yang dipakai sebagai acuan untuk mendapatkan besaran yang kita inginkan pada material yang kita sedang teliti pada perangkat tersebut adalah besar χ^2 atau Chi^2 . Proses penghalusan Le Bail akan terus-menerus mengubah/mengatur parameter sampai minimum χ^2 tercapai, yakni ketika ‘fit terbaik’ seluruh pola terhitung pada seluruh pola observasi tercapai. Tentu saja ‘fit terbaik’ ini sangat tergantung pada model dan parameter awal yang digunakan. Dalam EXPGUI, χ^2 dapat dilihat pada ListView. Rumus χ^2 atau dikenal dengan *Goodness of fit* adalah:

$$\chi^2 = \frac{R_{wp}}{R_{exp}} \quad (\text{Pers 3.2})$$

Besar R_{wp} dan R_p pada EXPGUI dapat dilihat pada ListView.

```

View LATHAN2.LST
File Edit Go To Options Font: Courier Help

Restraint data statistics:
No restraints used

Powder data statistics:
Bank Ndata Sum(w*d**2) Fitted -Bknd Average
Hstgm 1 PXC 1 3991 28193. 0.3724 0.2129 0.7403 0.5126 0.072 1.000
Powder totals 3991 28193. 0.3724 0.2129 0.7403 0.5126 0.072

No serial correlation in fit at 90% confidence for 1.905 < Dwd < 2.095
Cycle 12 There were 3991 observations.
Total before-cycle CHI**2 (offset/sig) = 2.8193E+04 (. 2.7121E+02)
Reduced CHI**2 = 7.077 for 7 variables

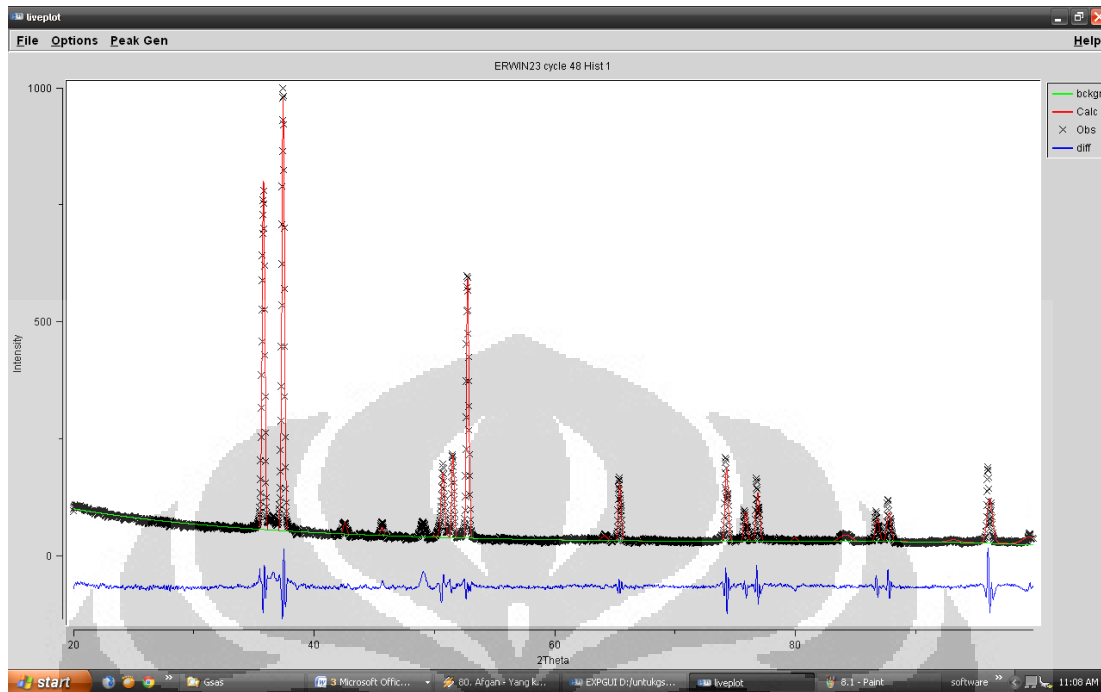
1 Columns of the 7 Column matrix are 0.0
Variable 1HSL was not refined

The value of the determinant is 0.1898*10.0**( 0)

Atom parameters for phase no. 1
frac x y z 100*Uiso 100*U11 100*U22 100*U33 100*
Calculated unit cell formula weight: 949.520, density: 14.663gm/cm**3

Cycle 12 | Chi**2 7.077 | Shift/SU 0.25
  
```

Gbr. 3.2 Tampilan ListView pada EXPGUI



Gbr. 3.3 Tampilan LivePlot pada EXPGUI

Salah satu hal yang perlu diperhatikan untuk melakukan penghentian iterasi pada proses penghalusan adalah dengan melihat grafik hasil penghalusan pada LivePlot. Pada LivePlot akan terlihat bentuk pola XRD yang kita miliki dan Grafik penghalusan. Pada Gbr 3.3, grafik berwarna hitam merupakan pola XRD yang kita miliki, grafik berwarna merah merupakan pola hasil perhitungan, grafik berwarna hijau merupakan grafik latar belakang atau *background*, sedangkan grafik berwarna biru merupakan besar perbedaan antara pola XRD dan pola hasil perhitungan pada sudut tertentu.

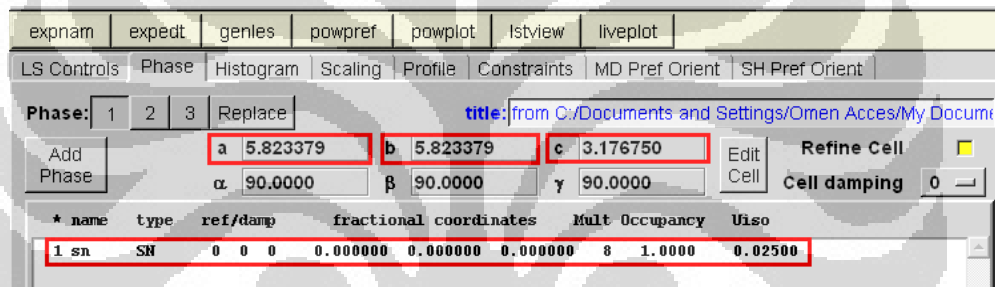
Pada proses penghalusan dengan menggunakan EXPGUI tersebut beberapa parameter akan dirubah agar pola perhitungan dapat cocok dengan pola XRD yang ada. Beberapa parameter yang dirubah pada proses penghalusan paduan Sn-Cu-Zn ini adalah:

1. Intensitas *Background*
2. Fungsi Profil Refleksi
3. Parameter Kisi

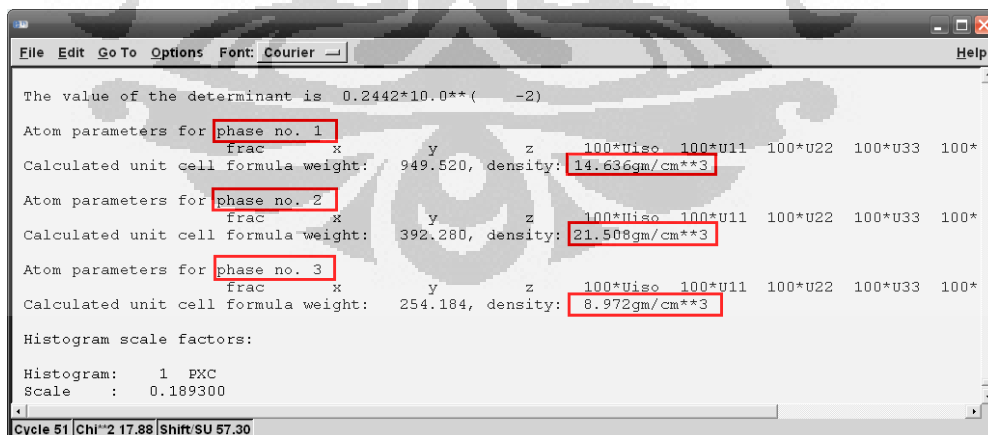
4. Konstanta Difraktometer
5. Faktor skala

Setiap parameter dapat diubah atau diperhalus dengan cara men-klik kotak kuning pada parameter tersebut. Ketika kita melakukan iterasi, parameter dengan kotak kuning bertanda *check list* akan diubah atau diperhalus.

Hasil penghalusan berupa besaran parameter kisi dapat kita lihat pada EXPGUI seperti yang ditunjukkan pada Gbr. 3.4. Untuk mendapatkan besar volume dapat kita hitung dengan mengalikan ketiga parameter kisi. Besar densitas dapat kita lihat pula pada Listview.



Gbr. 3.4 Tampilan EXPGUI untuk melihat besar parameter kisi pada fasa Sn (Timah)



Gbr. 3.5 Tampilan ListView untuk melihat besar densitas pada fasa tertentu sesuai dengan urutan fasa yang diperhalus pada EXPGUI

3.3.3 Menghitung FWHM

Untuk mendapatkan besar ukuran kristal serta besar regangan mikro, dibutuhkan besar FWHM (Full Width of Half Maksimum) yang merupakan lebar puncak pada setengah tinggi maksimum pada puncak tersebut. Besar FWHM dapat dicari dengan menggunakan program Origin. Dengan data pola difraksi dengan ekstension *.dat, dibuat grafik pada origin serta dianalisa besar FWHM juga posisi puncak pada data yang ada. Jenis analisa yang digunakan pada Origin adalah *Multiple peak analysis* dengan type *peak* adalah Gauss dan jumlah puncak 5 buah.

3.3.4 Menghitung Ukuran Kristal dan Regangan Mikro

Untuk menghitung besar ukuran kristal, digunakan persamaan Scherrer seperti yang ditunjukkan pada pers 2.2. Dalam menghitung besar ukuran kristal dan regangan mikro digunakan metode Williamson-Hall seperti yang ditunjukkan pada pers 2.8. Hal tersebut dimaksudkan untuk melihat perbedaan kedua jenis hasil perhitungan untuk menghitung besar ukuran kristal.

BAB IV

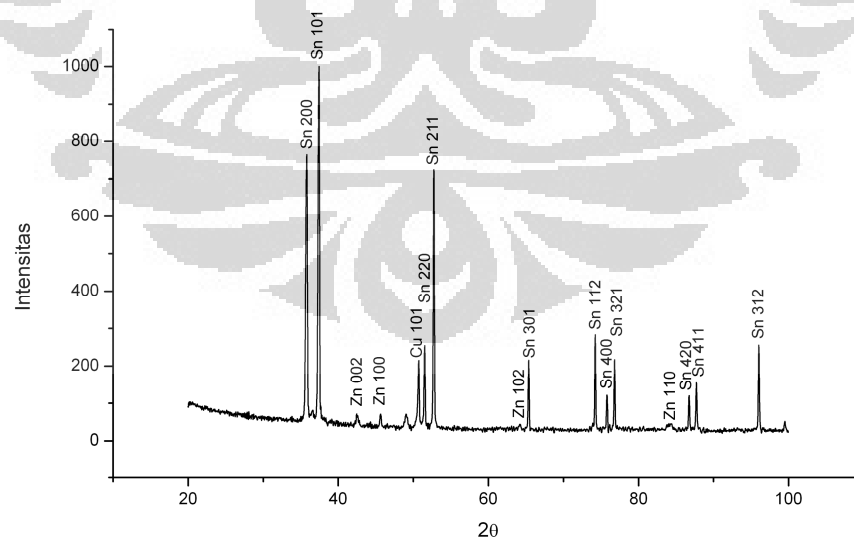
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai hasil yang didapat pada penelitian mengenai paduan Sn-Cu-Zn ini beserta pembahasannya. Hasil yang didapat berupa karakterisasi XRD serta hasil perhitungan dari data pola difraksi yang didapatkan.

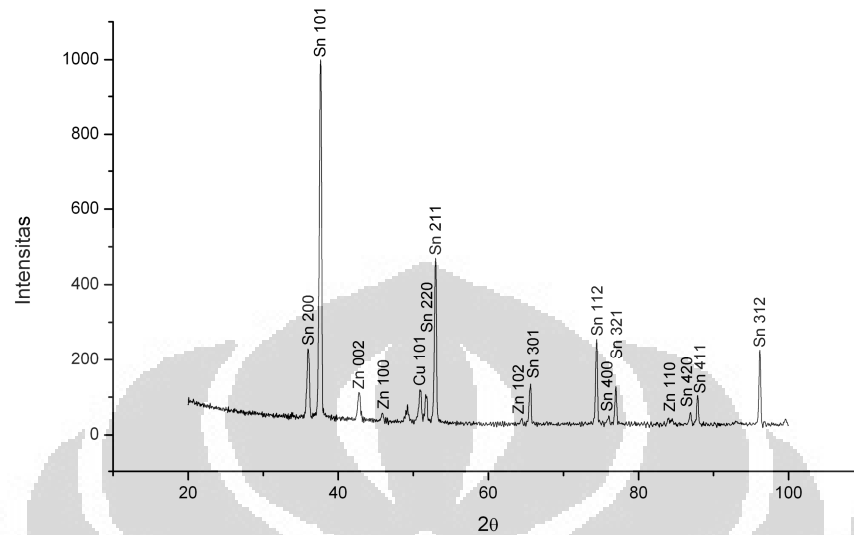
4.1 Karakterisasi Struktur Paduan Sn-Cu-Zn

Bentuk pola XRD paduan Sn-Cu-Zn pada berbagai komposisi dapat dilihat pada Gbr. 4.1 sampai dengan 4.5. Proses penentuan fasa yang terbentuk pada paduan dilihat dengan menggunakan program Match!. Dari program Match! tersebut, didapatkan bahwa fasa yang terdapat pada paduan tersebut adalah fasa Sn (*Tin*), fasa Zn (*Zinc*) dan fasa Cu. Hasil penentuan fasa dengan menggunakan program Match! tersebut kemudian dijadikan *database* pada EXPGUI. Jika kita bandingkan fasa-fasa yang terbentuk pada penelitian ini dengan diagram fasa milik Sn-Cu dengan mengganti konsentrasi Sn dengan larutan pada Sn-Zn didapatkan kecocokan bahwa fasa yang didapatkan pada penelitian ini hanyalah fasa tunggal dari masing-masing komponen seperti yang telah disebutkan sebelumnya. Besar fasa Cu_6Sn_5 yang terlihat pada diagram fasa milik Sn-Cu pun tidak terbentuk. Tidak terbentuknya fasa Cu_6Sn_5 dikarenakan kecenderungan Cu untuk bereaksi dengan Sn lebih kecil dibandingkan kecenderungan Cu untuk bereaksi dengan Zn. Pada penelitian ini tidak ditemukan pula fasa Cu-Zn seperti yang telah disebutkan oleh penelitian-penelitian sebelumnya. Tidak terbentuknya fasa Cu-Zn dikarenakan kecilnya konsentrasi Cu serta besarnya konsentrasi Sn pada larutan yang memang kurang reaktif yang menyebabkan fasa Cu-Zn tersebut lebih sukar untuk bereaksi.

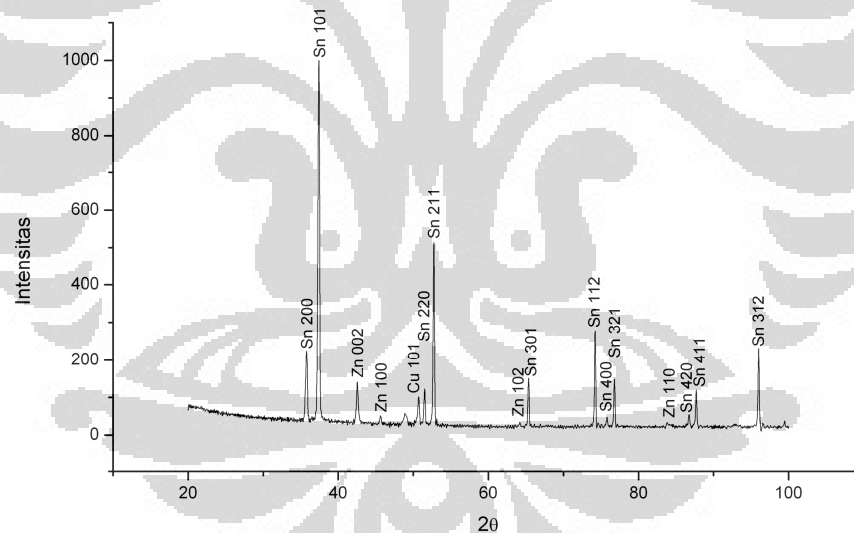
Dari pola XRD yang ada, diketahui bahwa puncak fasa Sn didapat pada bidang hkl (200), (101), (220), (211), (301), (112), (400), (321), (420), (411), (312). Sedangkan puncak fasa Cu berada pada bidang hkl (101). Lalu untuk fasa Zn, puncak berada pada bidang hkl (002), (100), (101), (102), (110). Proses penentuan bidang hkl dilakukan pada perangkat lunak EXPGUI. Salah satu karakteristik pola difraksi sinar-x dimana material menunjukkan sifat kekristalannya adalah bentuk puncak difraksi yang berbentuk tinggi dan tajam, sedangkan untuk material yang bersifat *amorphous*, bentuk puncak difraksi akan cenderung melebar. Dari pola yang dihasilkan pada karakterisasi difraksi sinar-x sistem Sn-Cu-Zn pada penelitian ini, terlihat bahwa kelima paduan tidak bersifat *amorphous*. Pola difraksi komposisi merupakan pola difraksi dengan konsentrasi Zn paling kecil. Besar konsentrasi Zn tersebut menyebabkan kecilnya puncak dari Zn. Puncak Cu (101) sendiri merupakan gabungan antara puncak Cu dan Zn sehingga puncak tersebut memiliki intensitas yang lebih tinggi daripada puncak Zn lainnya.



Gbr 4.1 Pola difraksi komposisi 1

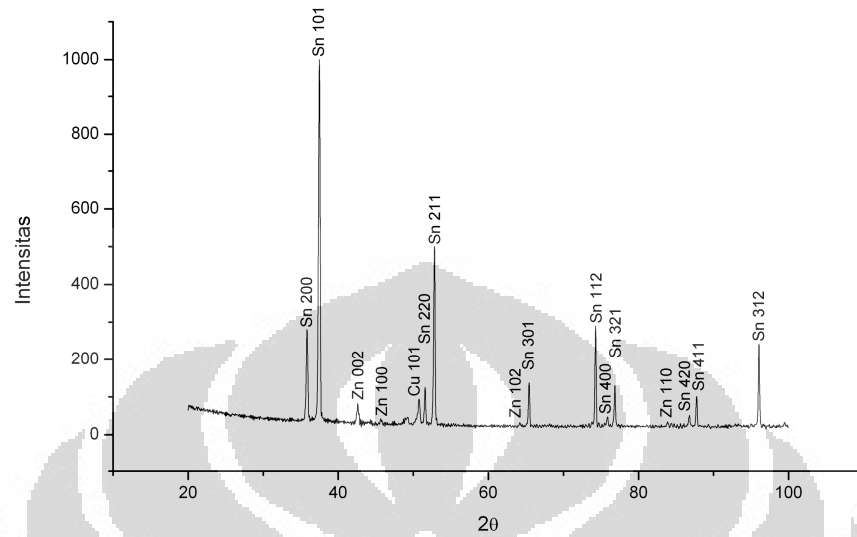


Gbr 4.2 Pola difraksi komposisi 2

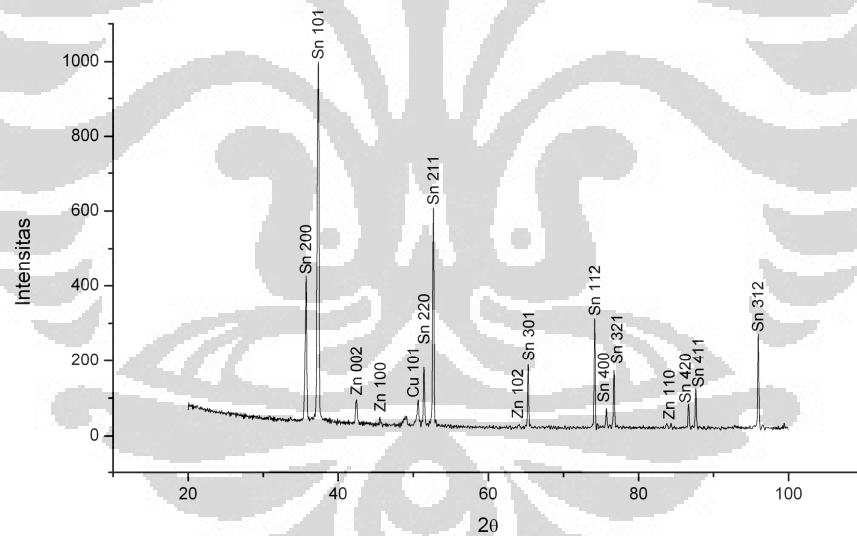


Gbr. 4.3 Pola difraksi komposisi 3

Pola difraksi komposisi 2 merupakan pola difraksi yang memiliki perubahan paling mencolok jika kita bandingkan dengan pola difraksi pada komposisi 1. Secara kasat mata terlihat bahwa pola difraksi komposisi 3 memiliki kemiripan dengan pola difraksi baik dalam segi posisi sudut maupun intensitasnya.

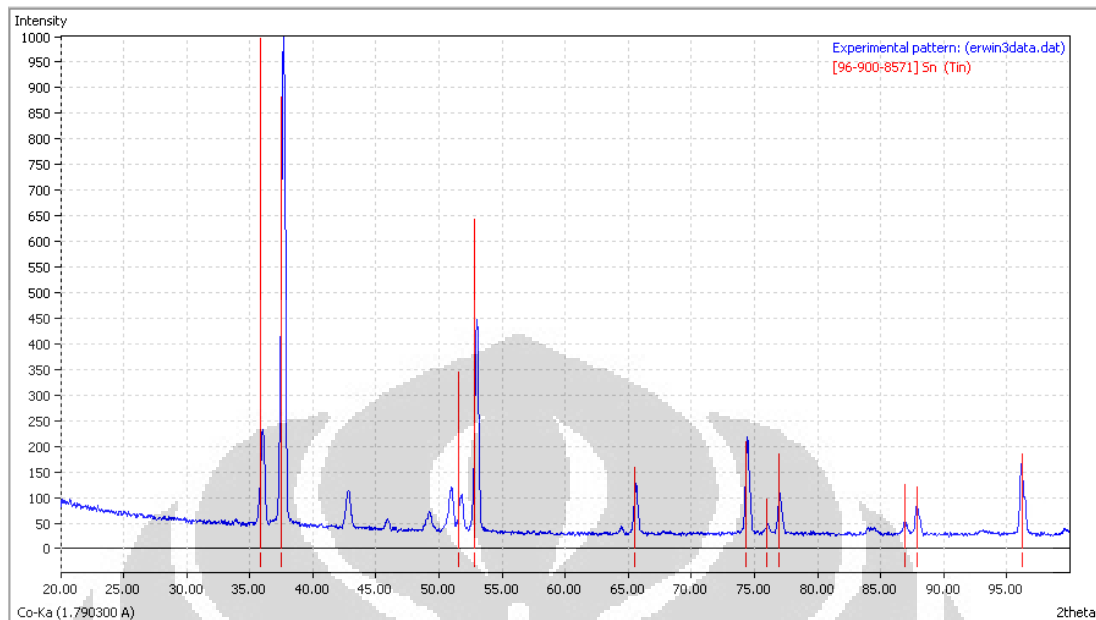


Gbr. 4.4 Pola difraksi komposisi 4



Gbr. 4.5 Pola difraksi komposisi 5

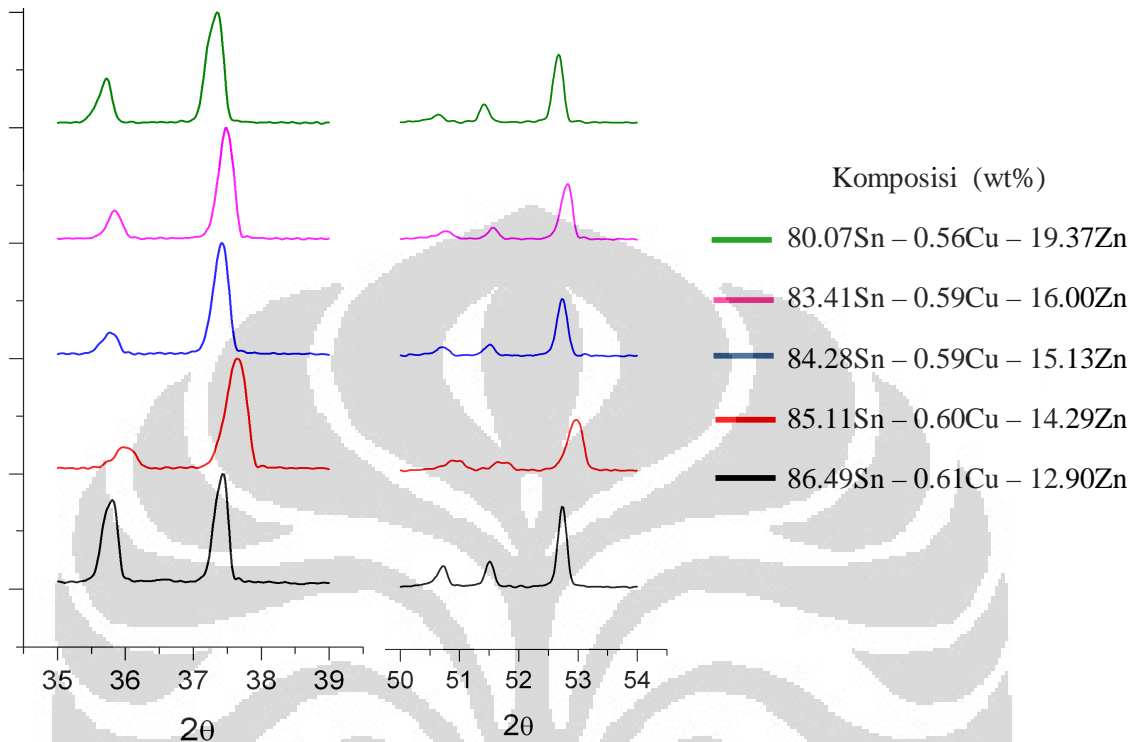
Dari pola difraksi yang didapatkan, semakin besar komposisi Zn maka semakin besar perubahan intensitasnya, dua pola difraksi diatas memperlihatkan besar perubahan intensitas yang cukup merepresentasikan penambahan intensitas pada saat besar Zn ditambahkan.



Gbr 4.6 Tampilan Match! saat mencocokkan fasa Sn dengan komposisi 2 dari paduan Sn-Cu-Zn

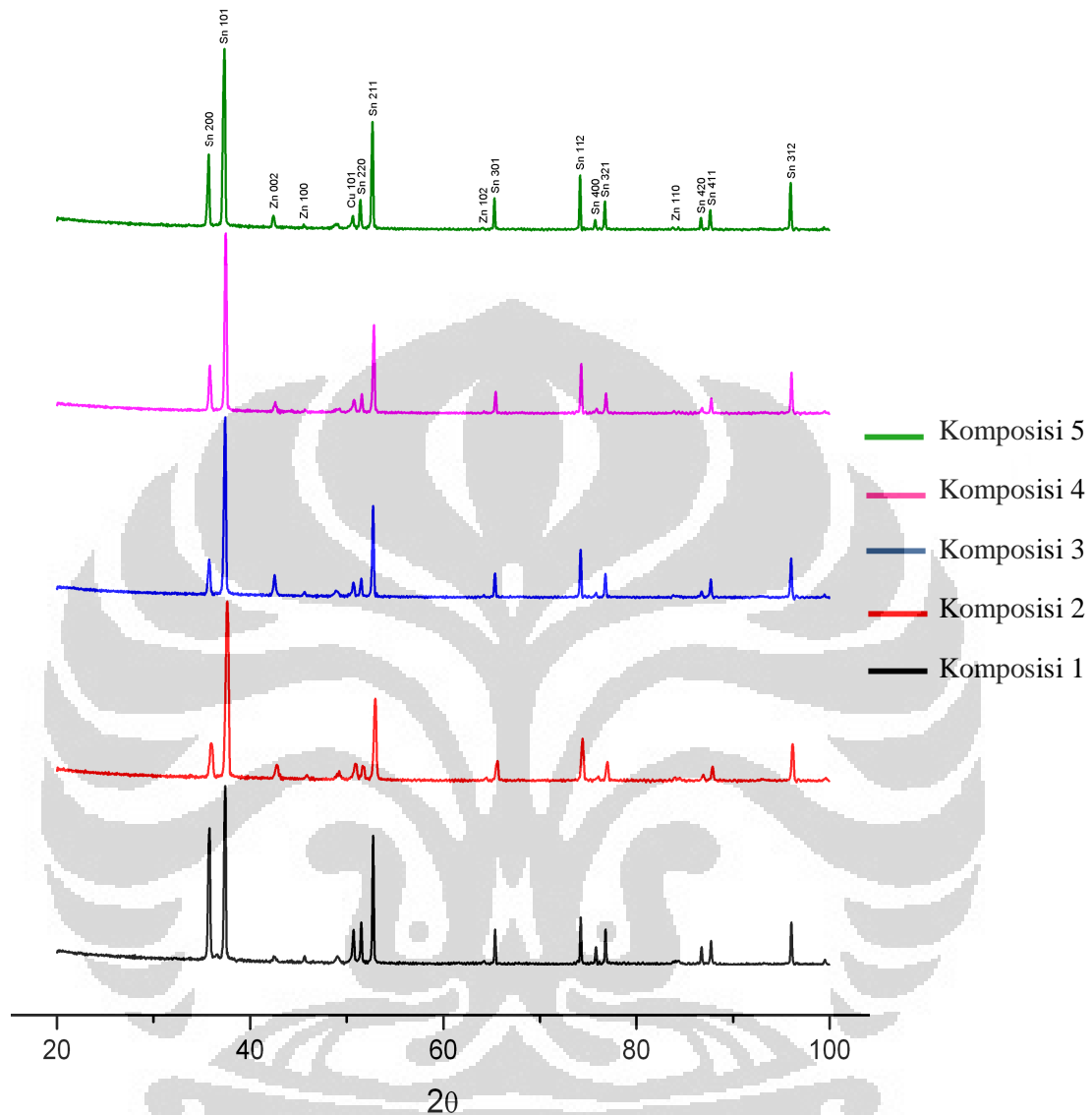
4.2 Perubahan Pola XRD

Pada Gbr 4.7 terlihat bahwa terjadi perubahan intensitas pada beberapa puncak hasil difraksi. Perubahan tersebut terlihat sangat jelas pada bidang hkl (200) yang merupakan puncak milik Timah atau Sn. Pada komposisi 1 dengan jumlah Sn terbanyak, puncak difraksi pada bidang (200) memiliki intensitas tertinggi. Namun tinggi puncak tersebut kemudian turun drastis pada komposisi 2 saat jumlah Zn berada pada 14.29 wt%. Intensitas puncak tersebut kemudian kembali meningkat ketika jumlah Zn kembali ditambahkan dalam komposisi paduan. Gbr. 4.7 merupakan perbandingan besar intensitas dan pergeseran dari kelima paduan pada puncak difraksi tertinggi pada paduan Sn-Cu-Zn. Pergeseran puncak difraksi juga terjadi pada pola difraksi tersebut. Pergeseran tersebut mengindikasikan adanya perubahan jarak antar atom dan dalam hal ini dapat dikatakan adanya perubahan besar parameter kisi.



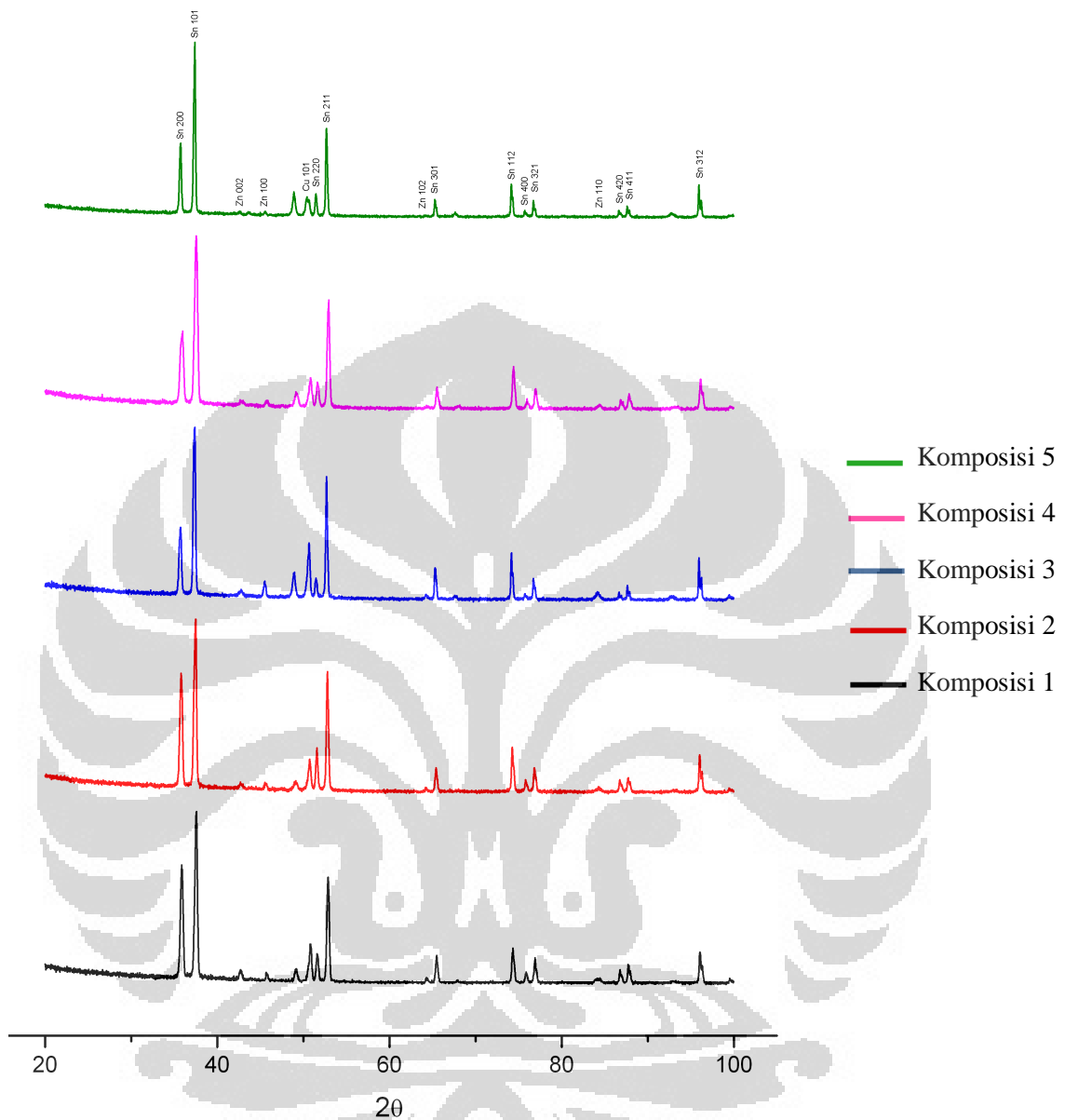
Gbr. 4.7 Perubahan pola difraksi paduan Sn-Cu-Zn pada sudut antara 35° – 39° dan 50° – 54°

Perubahan pola difraksi sinar-x secara keseluruhan dapat dilihat pada Gbr. 4.8. Gambar tersebut menunjukkan evolusi pola difraksi sinar-x ketika jumlah Zn ditambahkan dari satu komposisi ke komposisi lain. Walaupun perubahan tidak terlalu besar, namun puncak difraksi mengalami perubahan yang cukup penting pada analisa ini. Dari perubahan yang ada, salah satu yang sangat tampak adalah perubahan intensitas dari fasa Sn, mengingat fasa Sn memiliki persentase terbesar dalam paduan ini. Selain kelima puncak dengan intensitas tertinggi tersebut, puncak Sn seperti pada bidang hkl (112), (400) dan (321) mengalami perubahan yang cukup mencolok.



Gbr. 4.8 Pola XRD masing-masing komposisi pada paduan Sn-Cu-Zn

Gbr 4.9 merupakan pola XRD dari sampel standar. Sampel standar tersebut merupakan paduan dengan komposisi yang sama dengan paduan Sn-Cu-Zn yang sedang diteliti. Namun, sampel standar tersebut kemudian diberikan perlakuan panas (*annealing*) untuk menghasilkan ukuran kristal yang lebih besar serta regangan mikro yang lebih kecil seperti yang telah dijelaskan pada Bab 2.



Gbr. 4.9 Pola XRD paduan Sn-Cu-Zn yang menjadi sampel standar pada penelitian ini

4.3 Hasil Penghalusan EXPGUI

Besar parameter kisi, space group, densitas, volum yang tumbuh pada masing-masing sampel yang didapatkan dari hasil *refinement* dengan menggunakan program GSAS dan Match ditunjukkan pada tabel 4.2 sampai 4.6. Begitu pula dengan besar χ^2 , R_{wp} dan R_{exp} . Sebelum dilakukan proses *refinement*, terlebih dulu dilakukan

striping $K\alpha_1$ dan $K\alpha_2$ untuk menghindari adanya pelebaran puncak akibat tidak dapat dibedakannya kedua puncak tersebut.

Tabel 4.1 Hasil penghalusan paduan Sn-Cu-Zn pada komposisi 1

	Sn (Timah)	Cu (Tembaga)	Zn (Seng)
a (nm)	5.821	3.636	2.665
c (nm)	3.176	3.636	4.935
c/a	0.546	1	1.852
Vol (nm ³)	107.640	48.070	35.046
Dens (gr/cm ³)	14.648	8.827	21.462
SpcGrp	1 41/a m d s	F m -3 m	P 63/m m c
R _{wp}	0.139		
R _{exp}	0.1		
χ^2	1.006		

Tabel 4.2 Hasil penghalusan paduan Sn-Cu-Zn pada komposisi 2

	Sn (Timah)	Cu (Tembaga)	Zn (Seng)
a (nm)	5.828	3.65	2.664
c (nm)	3.181	3.65	4.941
c/a	0.546	1	1.855
Vol (nm ³)	108.04	48.627	34.437
Dens (gr/cm ³)	14.593	8.682	21.438
SpcGrp	1 41/a m d s	F m -3 m	P 63/m m c

R_{wp}	0.13
R_{exp}	0.092
χ^2	0.84

Tabel 4.3 Hasil penghalusan paduan Sn-Cu-Zn pada komposisi 5

	Sn (Timah)	Cu (Tembaga)	Zn (Seng)
a (nm)	5.825	3.645	2.666
c (nm)	3.178	3.645	4.937
c/a	0.546	1	1.852
Vol (nm ³)	107.853	44.563	35.103
Dens (gr/cm ³)	14.619	9.472	21.426
SpcGrp	1 41/a m d s	F m -3 m	P 63/m m c
R_{wp}	0.134		
R_{exp}	0.098		
χ^2	0.719		

Tabel 4.4 Hasil penghalusan paduan Sn-Cu-Zn pada komposisi 4

	Sn (Timah)	Cu (Tembaga)	Zn (Seng)
a (nm)	5.826	3.633	2.665
c (nm)	3.178	3.633	4.937
c/a	0.545	1	1.825
Vol (nm ³)	107.893	47.942	35.059
Dens (gr/cm ³)	14.614	8.804	21.454
SpcGrp	1 41/a m d s	F m -3 m	P 63/m m c

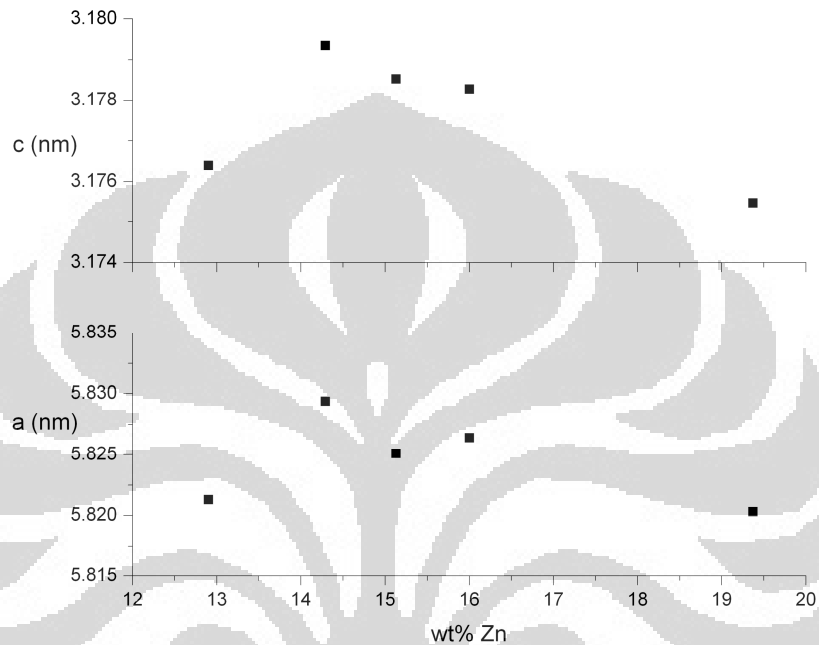
R_{wp}	0.138
R_{exp}	0.104
χ^2	0.749

Tabel 4.5 Hasil penghalusan paduan Sn-Cu-Zn pada komposisi 5

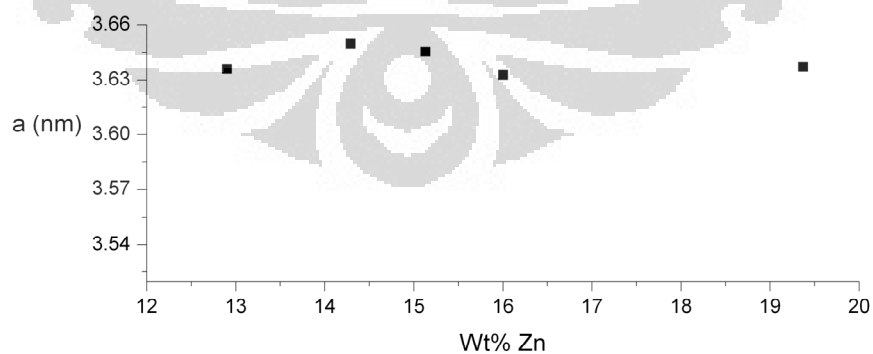
	Sn (Timah)	Cu (Tembaga)	Zn (Seng)
a (nm)	5.82	3.637	2.669
c (nm)	3.175	3.637	4.947
c/a	0.545	1	1.853
Vol (nm ³)	107.573	47.112	35.255
Dens (gr/cm ³)	14.657	8.773	21.335
SpcGrp	1 41/a m d s	F m -3 m	P 63/m m c
R_{wp}	0.14		
R_{exp}	0.095		
χ^2	1.008		

Dari data yang didapatkan melalui proses penghalusan diatas, kita bisa lihat bahwa besar parameter kisi berubah saat komposisi masing-masing penyusun paduan juga berubah. Hal tersebut terlihat jelas pada Gbr. 4.10 untuk material timah atau Sn, Gbr. 4.11 untuk material tembaga atau Cu dan Gbr 4.12 untuk material seng atau Zn. Walaupun besar perubahan tidak terlalu signifikan, namun jika kita lihat pada ketiga gambat tersebut, besar perubahan parameter kisi dari fasa Sn cenderung menurun saat besar komposisi Sn pada paduan tersebut juga menurun. Sedangkan pada fasa Cu, besar parameter kisi cenderung stabil saat komposisi Zn ditambahkan, hal tersebut dimungkinkan karena jumlah komposisi Cu yang tidak terlalu besar. Sedangkan pada fasa Zn, besar parameter cenderung lebih meningkat ketika besar komposisi Zn

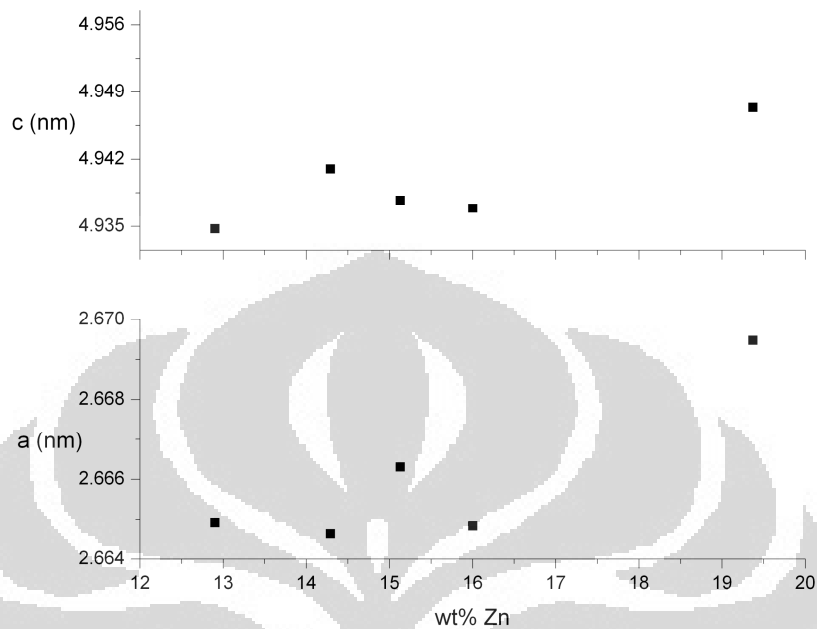
meningkat pada paduan. Karena besar parameter kisi yang berubah tersebut, besar densitas serta volume masing-masing fasa juga berubah, sesuai dengan perubahan besar parameter kisinya.



Gbr. 4.10 Grafik perubahan besar parameter a dan c dalam skala nanometer pada fasa Sn terhadap komposisi berat Zn



Gbr. 4.11 Grafik perubahan besar parameter a dalam skala nanometer pada fasa Cu terhadap komposisi berat Zn

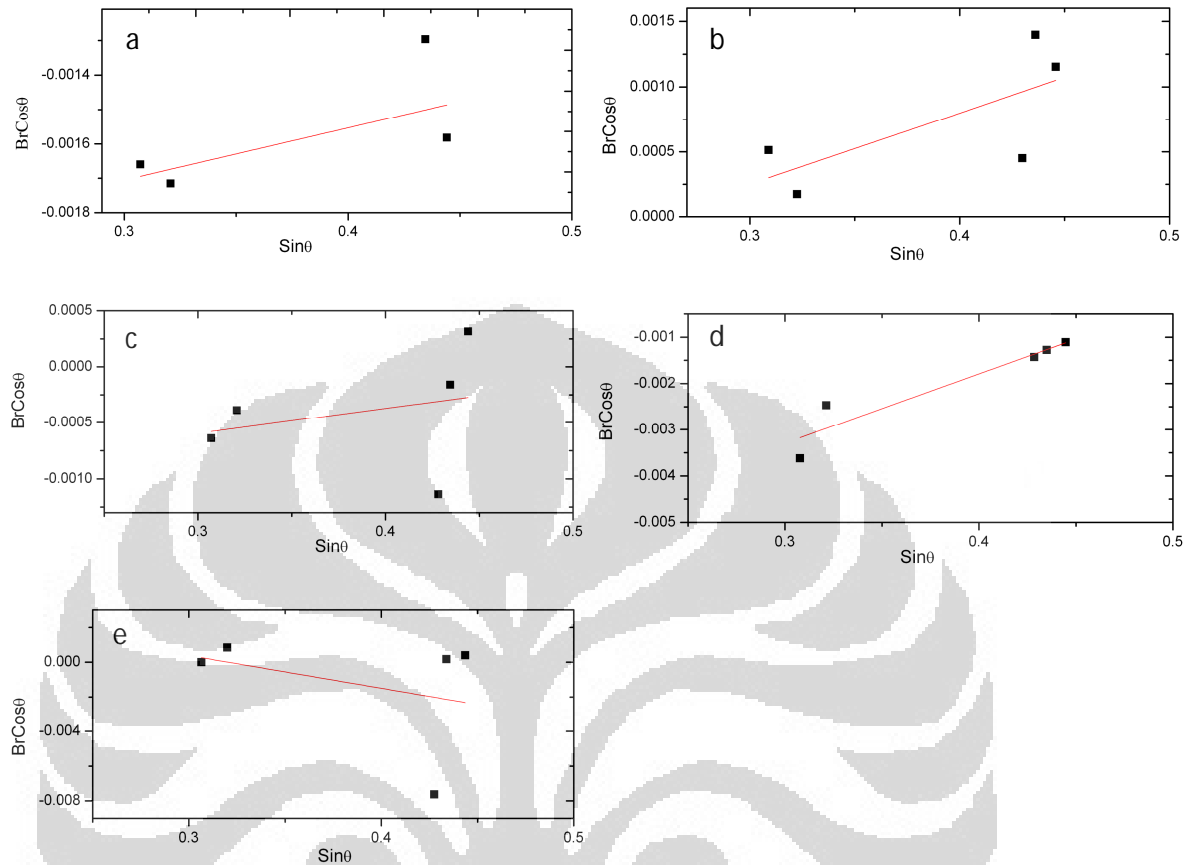


Gbr. 4.12 Grafik perubahan besar parameter a dan c dalam skala nanometer pada fasa Zn terhadap komposisi berat Zn

4.4 Besar ukuran kristal dan regangan mikro

Dengan memasukkan data pola difraksi yang didapatkan ke dalam perangkat lunak Origin, kita dapat menganalisa data tersebut untuk kemudian dilihat besar FWHM dari puncak difraksi yang diinginkan. Pada analisa puncak tersebut, dipilih 5 puncak dengan besar sudut 35.5° , 37.5° , 50° , 51.5° dan 52.5° .

Untuk mencari besar ukuran kristal, digunakan persamaan Scherrer yang ditunjukkan pada pers 2.2. Persamaan Williamson-Hall juga digunakan untuk melihat besar ukuran kristal. Besar ukuran kristal dari paduan Sn-Cu-Zn dapat dilihat pada tabel 4.7. Pada hasil penghitungan besar ukuran kristal, didapatkan besaran yang negatif pada metode klasik. Hal tersebut dikarenakan adanya peningkatan intensitas pada beberapa puncak pola difraksi sinar-x standar. Peningkatan intensitas



Gbr. 4.13 Grafik hubungan antara $\text{BrCos}\theta$ dengan $\text{Sin}\theta$ pada (a) komposisi 1, (b) komposisi 2, (c) komposisi 3, (d) komposisi 4, (e) komposisi 5

menyebabkan besar FWHM pada sampel standar menjadi lebih besar daripada sampel difraksi sinar-x yang dicari. Pada perhitungan, didapatkan besar ukuran kristal berkisar pada skala nanometer. Besarnya ukuran kristal yang terdapat pada paduan ini disebabkan tingginya tingkat reaktivitas dari kedua jenis komponen, yaitu Zn dan Cu. Karena kecilnya konsentrasi Cu menyebabkan tidak terbentuknya fasa β' CuZn yang dominan terjadi pada sistem jenis ini. Sn sendiri memiliki reaktifitas yang cenderung lebih pasif dibandingkan keduanya, hal tersebut menyebabkan proses pemanasan yang terjadi menyebabkan pertumbuhan kristal yang baik.

Besar regangan mikro dari paduan Sn-Cu-Zn dihitung dengan menggunakan pers 2.8. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat pada tabel 4.7. Pada tabel tersebut terlihat bahwa besar regangan mikro semakin membesar ketika besar konsentrasi Zn ditambahkan. Hal tersebut dapat terlihat pada data XRD yang menunjukkan adanya peningkatan intensitas pada puncak difraksi sampel standar. Peningkatan tersebut dapat dikarenakan pula bertambahnya jumlah Zn yang men-substitusi atom Sn, sehingga besar sel menjadi berubah dan menyebabkan regangan mikro.

Tabel 4.6 Besar ukuran kristal dan regangan mikro Fasa Sn pada paduan Sn-Cu-Zn pada berbagai variasi komposisi

Komposisi Paduan Sn-Cu-Zn (% berat)	Ukuran Kristal (nm)		Reg. Mikro
	Scherrer	Williamson-Hall	
86.49Sn – 0.61Cu – 12.90Zn	52	-83	0.001
85.11Sn – 0.6Cu – 14.29Zn	52	-128	0.006
84.28Sn – 0.59Cu – 15.13Zn	51	-142	0.002
83.41Sn – 0.59Cu – 16.00Zn	48	-23	0.015
80.07Sn – 0.56Cu – 19.37Zn	46	30	0.019

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa besar parameter kisi pada masing-masing material memiliki kecenderungan untuk berubah tergantung dari besar komposisi yang terdapat pada sistem tersebut. Besar parameter Sn cenderung meningkat ketika besar komposisi Zn pada paduan tersebut ditambahkan, setidaknya sampai persen berat Sn mendekati 79.3%. Sedangkan besar parameter kisi Cu pada paduan ini cenderung stabil mengingat komposisi Cu pada paduan ini tidak mengalami perubahan yang cukup besar dibandingkan perubahan kedua komposisi lain. Zn sendiri mengalami kecenderungan penurunan besar parameter kisi saat besar komposisi Zn meningkat. Dari hasil XRD masing-masing komposisi paduanpun terlihat bahwa pola difraksi mengalami perubahan sesuai dengan besar komposisinya. Namun pada komposisi 1, mengalami sedikit anomali jika kita bandingkan dengan komposisi 2, 3, 4 dan 5. Pada hasil paduan ini, tidak ditemukan adanya paduan ternary Sn-Cu-Zn ataupun paduan binernya, walaupun ditemukan satu puncak difraksi yang bukan merupakan milik fasa Sn, fasa Cu atau fasa Zn. Puncak difraksi tersebut kemungkinan merupakan salah satu bentuk oksida dari Zn, mengingat besar peningkatan intensitas puncak tersebut meningkat saat besar komposisi Zn ditambahkan.

Dengan menggunakan metode Williamsons-Hall ditemukan bahwa besar ukuran paduan memiliki besaran yang negatif, hal tersebut dikarenakan besar FWHM pada sampel standar meningkat karena diberi perlakuan panas. Dengan menggunakan persamaan Scherrer diketahui bahwa besar ukuran kristal berada pada skala nanometer dengan besar ukuran kristal berada pada *range* antara 46 – 52 nm, dengan kecenderungan menurun saat besar konsentrasi Zn ditambahkan. Sedangkan pada

regangan mikro diketahui bahwa semakin besar konsentrasi Zn maka besar regangan mikro akan semakin meningkat. Hal tersebut dimungkinkan akibat atom Zn mensubstitusi salah satu atom Sn sehingga terjadi peregangan akibat perbedaan ukuran atom. Apabila terjadi peregangan akibat adanya substitusi atom Zn, maka dalam aplikasinya, alternatif material solder tersebut dapat menutupi wilayah yang lebih luas saat dipanaskan/dilelehkan, dan ini dapat mengatasi masalah *wetting* yang kurang baik pada alternatif material solder lain.

5.2 Saran

Dibutuhkan penelitian lebih lanjut agar didapatkan data yang lebih banyak mengenai paduan ini, mengingat paduan jenis ini belum banyak diteliti. Penelitian mengenai proses perlakuan panas atau annealing pada paduan ini juga dibutuhkan, melihat adanya fenomena peningkatan regangan mikro saat konsentrasi Zn ditambahkan. Mengingat pula bahwa fenomena tersebut memang menguntungkan apabila kita melihat dalam sudut pandang Sn-Cu-Zn sebagai material alternatif pengganti material solder.

DAFTAR ACUAN

- [1] Datta, Madhav. Osaka, Tetsuya. Schultze, Joachim. (2005). *Microelectronic Packaging*. CRC Press. Hal 196.
- [2] Ken-Ichiro, T. Tsuyoshi, Y.(2007). *Assembly Technology Using Lead-Free Solder*. FUJITSU Sci. Tech. J., 43,1, Hal 50-58.
- [3] Kim, Keun-soo, dkk. (2002). *Microstructure Changes in Sn-Zn/Cu Joints During Heat-Exposure*. Journal of Japan Institute of electronics Packaging. Vol. 5, No.7, Hal. 666-671, Japan Institute of Electronics Packaging.
- [4] C.-y.Chou, S.-w.Chen. (2006). *Phase Equilibria of the Sn-Zn-Cu ternary system*. Acta Materiala 54. Hal. 2393-2400
- [5] KBBI, kamus online
- [6] Howard, H. Manko. (2001). *Solder and soldering: materials, design, production, and analysis for reliable bonding*. McGraw-Hill Professional. Hal. 396
- [7] Biocca, Peter., *Creating Solder Joint Reliability with SnCu Based Solders Some Practical Experiences*. Kester. Illinois. USA
- [8] Carlin, Jr. James F. (2008). *Mineral Commodity Summary 2008: Tin*. United States Geological Survey.
- [9] Molodets, A. M. Nabatov, S.S. (2000). *Thermodynamic Potentials, Diagram of State, and Phase Transitions of Tin on Shock Compression*. High Temperature 38 (5): Hal 715–721.
- [10] Qian, Sun. Guna, Selvaduray. (2003). *Understanding and Minimizing Tin Whisker*. Chemical & Materials Engineering Department. San Jose State University.
- [11] George L., Trigg. Edmund H., Immergut. (1992). *Encyclopedia of applied physics 4: Combustion to Diamagnetism*. VCH Publishers. Hal. 267-272.
- [12] Kartner, R. Ursula. (2002). *Phase Diagram fo Lead Free Solder Alloys.*, JOM, Hal. 45-51.
- [13] K. W. Moon et al. (2000), *J. Electron. Mater.*, 29, Hal. 1122-1136.

- [14] J. H. Shim et al. (1996), *Z. Metallkd.*, 87, Hal. 205-212.
- [15] B. J. Lee. (1996). *CALPHAD*. 20, Hal. 471-480.
- [16] T. Jantzen., P. J. Spencer. (1998). *Thermodynamic assessments of the Cu-Pb-Zn and Cu-Sn-Zn systems*. *CHALPAD*. 27, Hal. 417-434.
- [17] B. D. Cullity.(1978). *Element of X-Ray Diffraction*. Addison-Wesley, MA.
- [18] M. Karolus, E. Lagiewka. (2004). *Crystallite size and lattice strain in nanocrystalline Ni-Mo alloys studied by Rietveld refinement*. *Journal of Alloys and Compounds* 367. Hal 235–238.

