

**STUDI TENTANG PENGARUH JARAK (*SPACER*) TERHADAP KUALITAS
KRISTAL LAPISAN TIPIS $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ HASIL PREPARASI DENGAN
TEKNIK EVAPORASI VAKUM
SKRIPSI**

Diajukan kepada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Negeri Yogyakarta

untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Guna Memperoleh Gelar Sarjana Sains



Oleh :

Wida Afosma

13306141008

PROGRAM STUDI FISIKA

JURUSAN PENDIDIKAN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

JUNI 2017

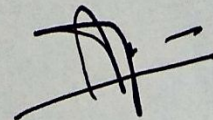
PERSETUJUAN

Skripsi yang berjudul “**Studi Tentang Pengaruh Jarak (Spacer) terhadap Kualitas Kristal Lapisan Tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ Hasil Preparasi teknik Evaporasi Vakum**” yang disusun oleh Wida Afosma, NIM 13306141008 ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diujikan.



Yogyakarta, 7 Juli 2017

Dosen Pembimbing,



Dr. Ariswan

NIP. 19590914 198803 1 003

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul “Studi Tentang Pengaruh Jarak (*Spacer*) terhadap Kualitas Kristal Lapisan Tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ Hasil Preparasi dengan Teknik Evaporasi Vakum” yang disusun oleh Wida Afosma, NIM 13306141008 ini telah dipertahankan didepan Dewan Penguji pada tanggal 28 Juli 2017 dan dinyatakan lulus.

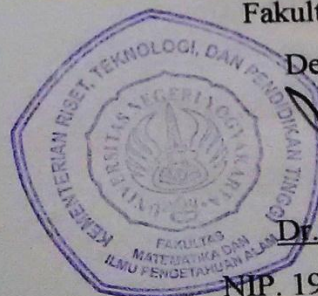
Dewan Penguji

Nama	Jabatan	Tanda Tangan	Tanggal
<u>Dr. Ariswan</u> NIP. 19590914 198803 1 003	Ketua Penguji		21-08-2017
<u>Nur Kadarisman, M.Si</u> NIP. 19640205 199101 1 001	Sekretaris Penguji		15-08-2017
<u>Rita Prasetyowati, M.Si</u> NIP. 19800728 200604 2 001	Penguji Utama		3-08-2017

Yogyakarta, 22 Agustus 2017

Fakultas MIPA

Dekan,



Dr. Hartono

NIP. 19620329 198702 1 002

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Wida Afosma

NIM : 13306141008

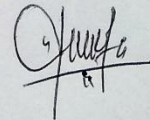
Program Studi : Fisika

Judul TAS : Studi Tentang Pengaruh Jarak (*Spacer*) terhadap Kualitas Kristal Lapisan Tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ Hasil Preparasi dengan Teknik Evaporasi Vakum

menyatakan bahwa skripsi ini benar-benar karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang telah lazim.

Yogyakarta, 7 Juli 2017

Yang menyatakan,



Wida Afosma

NIM 13306141008

MOTTO

“Jangan menyerah untuk terus belajar dalam hal kebaikan”

“Karena sesungguhnya sesudah kesulitan ada kemudahan, sesungguhnya sesudah
kesulitan ada kemudahan”

(QS. Al Insyirah (94) : 5-6)

“Dan sebaik-baiknya manusia adalah orang yang paling bermanfaat bagi manusia”

(HR. Thabrani dan Daruquthni)

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT atas segala karunia-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan penulisan skripsi ini. Karya sederhana ini penulis persembahkan untuk :

1. Bapak dan Ibu tercinta (Mufid dan Yuni Ernawati) yang selalu memberikan dukungan terbaik, kasih sayang yang tulus serta doa yang tak pernah putus.
2. Adik tersayang (Dayyanun Najib) yang selalu memberikan tawa dan semangat.
3. Dosen Pembimbing (Bapak Dr. Ariswan) yang telah bersedia meluangkan waktunya untuk memberikan arahan, bimbingan, dukungan serta kesabarannya dari awal sampai akhir penyusunan tugas akhir skripsi ini.
4. Teman penelitian dan sahabat (Vina, Fani, Iin, Zainal, Aulia, Desi, Lala, Ade, Arum, Riski dan Nanda) yang selalu menemani, berbagi ilmu dan memberi bantuan serta semangat.
5. Teman terdekatku (Azmi Sanjaya) yang telah memberi semangat, dukungan, nasihat dan inspirasi selama ini.
6. Teman-teman Fisika B 2013 yang telah menemani selama 4 tahun masa perkuliahan, yang selalu memberikan tawa dan menginspirasi.
7. Saudara-saudaraku yang telah memberikan dukungan dan semangat.

**STUDI TENTANG PENGARUH JARAK (*SPACER*) TERHADAP KUALITAS
KRISTAL LAPISAN TIPIS Sn($Se_{0,2}Te_{0,8}$) HASIL PREPARASI DENGAN
TEKNIK EVAPORASI VAKUM**

Oleh :

Wida Afosma

13306141008

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan 1) mengetahui pengaruh variasi jarak antara material sumber dengan substrat (*spacer*) terhadap kualitas kristal lapisan tipis Sn($Se_{0,2}Te_{0,8}$), 2) pengaruh *spacer* terhadap struktur kristal dan parameter kisi lapisan tipis Sn($Se_{0,2}Te_{0,8}$), 3) morfologi permukaan lapisan tipis Sn($Se_{0,2}Te_{0,8}$), 4) komposisi kimia lapisan tipis Sn($Se_{0,2}Te_{0,8}$) hasil preparasi dengan teknik evaporasi vakum.

Proses preparasi kristal lapisan tipis Sn($Se_{0,2}Te_{0,8}$) dilakukan menggunakan teknik evaporasi vakum pada tekanan $\sim 10^{-5}$ mbar dengan memvariasi *spacer* yaitu 10 cm, 15 cm dan 25 cm. Ketiga sampel lapisan tipis Sn($Se_{0,2}Te_{0,8}$) ini dikarakterisasi menggunakan XRD (*X-Ray Diffraction*) untuk mengetahui struktur kristal dan parameter kisi, SEM (*Scanning Electron Microscopy*) untuk mengetahui morfologi permukaan dan EDS (*Energy Dispersive Spectroscopy*) untuk mengetahui komposisi kimia lapisan tipis Sn($Se_{0,2}Te_{0,8}$).

Hasil XRD menunjukkan bahwa variasi *spacer* dapat mempengaruhi kualitas kristal lapisan tipis. Intensitas paling tinggi ditunjukkan pada sampel 1 dengan *spacer* 10 cm, intensitas sedang ditunjukkan pada sampel 2 dengan *spacer* 15 cm dan intensitas paling rendah ditunjukkan pada sampel 3 dengan *spacer* 25 cm. Intensitas yang tinggi menunjukkan keteraturan letak atom-atom dalam kristal semakin baik. Hasil XRD menunjukkan bahwa lapisan tipis Sn($Se_{0,2}Te_{0,8}$) memiliki struktur kristal kubik dengan parameter kisi sampel 1 adalah $a = 6,34 \text{ \AA}$, sampel 2 adalah $a = 6,38 \text{ \AA}$ dan sampel 3 adalah $a = 6,40 \text{ \AA}$. Hasil karakterisasi SEM menunjukkan bahwa kristal lapisan tipis Sn($Se_{0,2}Te_{0,8}$) terdiri atas *grain* berbentuk kubik dan memiliki permukaan yang homogen terlihat dari bentuk dan warna kristal yang seragam. Hasil karakterisasi EDS, lapisan tipis Sn($Se_{0,2}Te_{0,8}$) mengandung unsur Sn, Se dan Te dengan persentase komposisi kimia untuk sampel 1 adalah Sn = 52,98%, Se = 15,82% dan Te = 31,20%. Untuk sampel 2 persentase komposisi kimia Sn = 51,10%, Se = 16,87% dan Te = 32,03%.

Kata Kunci : lapisan tipis Sn($Se_{0,2}Te_{0,8}$), evaporasi vakum, preparasi.

**STUDY ABOUT THE EFFECT OF SPACER TO CRYSTAL QUALITY
Sn(Se_{0,2}Te_{0,8}) THIN FILMS PREPARATION RESULTS BY VACUUM
EVAPORATION TECHNIQUE**

By :

Wida Afosma

13306141008

ABSTRACT

This research aimed to 1) determine the effect of variation the distance between the source and the substance (spacer) to crystal quality Sn(Se_{0,2}Te_{0,8}) thin films, 2) the effect of spacer variation to crystal structure and lattice parameter of Sn(Se_{0,2}Te_{0,8}) thin films, 3) surface morphology Sn(Se_{0,2}Te_{0,8}) thin films, 4) chemical composition of the Sn(Se_{0,2}Te_{0,8}) thin films by vacuum evaporation technique.

The preparation process of the Sn(Se_{0,2}Te_{0,8}) thin films is performed using vacuum evaporation technique on pressure $\sim 10^{-5}$ mbar with spacer variations are 10 cm, 15 cm and 25 cm. These Sn(Se_{0,2}Te_{0,8}) thin films were characterized by XRD (X-Ray Diffraction) to determine the crystal structure and lattice parameter, SEM (Scanning Electron Microscopy) to determine surface morphology and EDS (Energy Dispersive Spectrometry) to determine chemical composition of Sn(Se_{0,2}Te_{0,8}) thin films.

The results of diffractograms showed that spacer variation can be effect of crystal quality Sn(Se_{0,2}Te_{0,8}). The highest intensity showed in sample 1 with spacer 10 cm, the medium intensity showed in sample 2 with spacer 15 cm and the most low intensity showed in sample 3 with spacer 25 cm. the highest intensity which showed the regularity of atoms. The results of XRD characterization showed that Sn(Se_{0,2}Te_{0,8}) thin films were kubic crystal structure with lattice parameter of sample 1 is $a = 6,34 \text{ \AA}$, sample 2 is $a = 6,38 \text{ \AA}$ and sample 3 is $a = 6,40 \text{ \AA}$. The results of SEM characterization showed that the surface morphology of Sn(Se_{0,2}Te_{0,8}) thin films consisted of kubic grains and had homogeneous structure marked by the uniformity of shape and colour. The results of EDS, Sn(Se_{0,2}Te_{0,8}) thin films contained elements of Sn, Se and Te with chemical composition percentages for sample 1 is Sn = 52,98%, Se = 15,82% dan Te = 31,20%. For the sample 2, chemical composition percentages is Sn = 51,10%, Se = 16,87% dan Te = 32,03%.

Keywords: Sn(Se_{0,2}Te_{0,8}) thin films, vacuum evaporation, preparation.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT , yang telah melimpahkan rahmat dan hidayahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir skripsi yang berjudul “**Studi Tentang Pengaruh Jarak (Spacer) terhadap Kualitas Kristal Lapisan Tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ Hasil Preparasi Teknik Evaporasi Vakum**”.

Penyusunan skripsi ini diajukan sebagai salah satu syarat menyelesaikan studi untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu (S-1) pada program studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Yogyakarta. Penyelesaian penulisan tugas akhir skripsi ini tidak lepas dari adanya dukungan, bimbingan dan arahan dari pihak-pihak lain. Berkenaan dengan hal tersebut, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada :

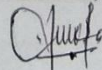
1. Bapak Dr. Sutrisna Wibawa, M.Pd selaku Rektor Universitas Negeri Yogyakarta yang telah memberikan naungan kepada seluruh civitas academia termasuk penuliis.
2. Bapak Dr. Hartono, M.si selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Yogyakarta beserta seluruh staf atas segala fasilitas dan bantuannya untuk memperlancar administrasi tugas akhir.
3. Bapak Yusman Wiyatmo, M.si selaku Ketua Jurusan Pendidikan Fisika Universitas Negeri Yogyakarta yang telah membrikan izin penelitian ini.

4. Bapak Nur Kadarisman, M.si selaku Ketua Prodi Fisika Universitas Negeri Yogyakarta yang telah memberikan izin dalam pelaksanaan penelitian tugas akhir ini.
5. Bapak Dr. Ariswan selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang telah memberikan arahan, bimbingan, dukungan serta kesabarannya dari awal sampai akhir penyusunan tugas akhir skripsi ini.
6. Bapak Hartono selaku asisten Laboratorium Material yang dengan ikhlas membantu dalam penelitian.
7. Bapak dan Ibu dosen Jurusan Pendidikan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Yogyakarta yang telah mendidik dan memberikan ilmu pengetahuan kepada penulis.
8. Kedua orangtua dan seluruh keluarga penulis yang telah membrikan doa, kasih sayang serta dukungan yang tak henti-hentinya.

Penulis menyadari bahwa dalam meyelasaikan tugas akhir skripsi ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan. Semoga skirpsi dapat bermanfaat bagi penyusun khususnya dan pembaca pada umumnya. Aamiin.

Yogyakarta, 7 Juli 2017

Penulis,



Wida Afosma

NIM. 13306141008

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERSETUJUAN	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN	iii
MOTTO	v
PERSEMBAHAN	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	4
C. Batasan Masalah.....	4
D. Rumusan Masalah	5
E. Tujuan Penelitian	5
F. Manfaat Penelitian	6
BAB II	7
KAJIAN PUSTAKA	7
A. Zat Padat	7
1. Struktur Kristal	9
2. Indeks Miller	12
3. Jarak antar bidang kristal (hkl).....	13

4. Parameter Kisi Kubik	14
5. Faktor Struktur Kristal.....	15
6. Cacat Kristal (Ketidaksempurnaan Kristal).....	17
B. Semikonduktor	19
1. Semikonduktor Intrinsik.....	23
2. Semikonduktor Ekstrinsik	24
C. Bahan Semikonduktor Sn(Se₀, 2Te₀, 8).....	30
D. Lapisan Tipis	31
E. Teknologi Evaporasi Vakum.....	34
F. Karakterisasi Bahan	37
1. XRD (X-Ray Diffraction).....	38
2. SEM (Scanning Electron Microscopy).....	45
3. EDS (Energy Dispersive Spectroscopy).....	47
G. Detektor Inframerah	49
BAB III.....	51
METODE PENELITIAN	51
A. Waktu dan Tempat Penelitian	51
1. Waktu Penelitian	51
2. Tempat Penelitian.....	51
B. Variabel Penelitian.....	52
1. Variabel Bebas	52
2. Variabel Terikat.....	52
3. Variabel Kontrol.....	52
C. Alat dan Bahan Penelitian.....	53
1. Peralatan Penelitian	53
2. Bahan Penelitian.....	55
D. Langkah Pengambilan Data.....	55
1. Tahap Persiapan	55
2. Tahap Preparasi Bahan	56
3. Tahap Pengambilan Preparasi	58

E. Tahap Karakterisasi Bahan Hasil Preparasi	58
1. Karakterisasi Menggunakan XRD.....	58
2. Karakterisasi Menggunakan SEM dan EDS.....	59
.....	59
F. Teknik Analisis Data	60
G. Diagram Alir Tahap Penelitian	61
BAB IV	62
HASIL dan PEMBAHASAN	62
A. Hasil Penelitian	62
B. Pembahasan	64
1. Karakterisasi Struktur Kristal dan Parameter Kisi Lapisan Tipis $S(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ Menggunakan XRD (<i>X-Ray Diffraction</i>).....	64
2. Karakterisasi Morfologi Permukaan Lapisan Tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ Menggunakan SEM (<i>Scanning Microscopy</i>).....	70
3. Karakterisasi Komposisi Kimia Lapisan Tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ Menggunakan EDS (<i>Energy Dispersive Spectroscopy</i>).....	76
BAB V	81
KESIMPULAN DAN SARAN	81
1. Kesimpulan.....	81
2. Saran.....	83
DAFTAR PUSTAKA	84
LAMPIRAN	87

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Tujuh Sistem Kristal dan Empat Belas Kisi Bravais	9
2. Perbandingan data XRD lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ sampel 1 (<i>spacer</i> 10 cm) dengan data JCPDS bahan SnTe	67
3. Perbandingan data XRD lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ sampel 2 (<i>spacer</i> 15 cm) dengan data JCPDS bahan SnTe.....	67
4. Perbandingan data XRD lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ sampel 3 (<i>spacer</i> 25 cm) dengan data JCPDS bahan SnTe	68
5. Parameter kisi lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ sampel 1, sampel 2, sampel 3 dengan data JCPDS SnTe	68
6. Perbandingan Molaritas Unsur Sn, Se dan Te lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ sampel 1 dan sampel 2 hasil karakterisasi EDS dan Teori	77

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Skema Susunan Atom	8
Gambar 2. Empat Belas Kisi Bravais.....	11
Gambar 3. Bidang Indeks Miller.....	12
Gambar 4. Struktur pita energi.....	19
Gambar 5. Struktur Pita Energi pada Semikonduktor.....	22
Gambar 6. Ikatan Kovalen Pada Semikonduktor Ekstrinsik Tipe-p.....	25
Gambar 7. Tingkat Energi Semikonduktor Tipe-p	26
Gambar 8. Ikatan Kovalen Semikonduktor Ekstrinsik Tipe-n.....	28
Gambar 9. Tingkat Energi Semikonduktor Tipe-n	29
Gambar 10. Daerah Kerja Pompa Vakum	36
Gambar 11. Diagram Sinar-X	39
Gambar 12. Spektrum Radiasi Sinar-X Kontinyu dan Diskret	41
Gambar 13. Sinar-X karakteristik	42
Gambar 14. Difraksi Bragg.....	43
Gambar 15. Skema Perhitungan.....	44
Gambar 16. Skema Dasar SEM	46
Gambar 17. Skema Dasar EDS	48
Gambar 18. Diagram Alir Tahap Penelitian.....	60
Gambar 19. Hasil Preparasi Lapisan Tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$	62
Gambar 20. Difraktogram lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ sampel 1.....	64
Gambar 21. Difraktogram lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ sampel 2.....	64
Gambar 22. Difraktogram lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ sampel 3.....	65
Gambar 23. Difraktogram lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ sampel 1,2,3.....	65
Gambar 24. Foto morfologi permukaan lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ sampel 1.....	70
Gambar 25. Foto morfologi permukaan lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ sampel 1.....	71
Gambar 26. Grafik Hubungan Jumlah Partikel dan Ukuran Partikel sampel 1.....	73
Gambar 27. Grafik Hubungan Jumlah Partikel dan Ukuran Partikel sampel 2.....	74

Gambar 28. Grafik Intensitas dengan Energi Hasil karakterisasi EDS sampel 1.....75

Gambar 29. Grafik Intensitas dengan Energi Hasil karakterisasi EDS sampel 2.....76

DAFTAR LAMPIRAN

A. Perhitungan Parameter Kisi Lapisan Tipis Sn(Se _{0,2} Te _{0,8}) dengan Metode Analitik.....	87
B. Data untuk Perhitungan Diameter Rata-Rata Partikel	91
C. Hasil Karakterisasi Lapisan Tipis Lapisan Tipis Sn(Se _{0,2} Te _{0,8}) dengan Karakterisasi XRD	99
D. Hasil Karakterisasi Lapisan Tipis Lapisan Tipis Sn(Se _{0,2} Te _{0,8}) dengan Karakterisasi SEM.....	102
E. Hasil Karakterisasi Lapisan Tipis Lapisan Tipis Sn(Se _{0,2} Te _{0,8}) dengan Karakterisasi EDS	107

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Teknologi pada era globalisasi saat ini berkembang sangat pesat. Bagi negara negara maju, teknologi merupakan suatu hal yang perlu diperhatikan. Hampir seluruh penduduk didunia ini menggunakan teknologi dalam memenuhi kebutuhan hidupnya. Menurut Syamsul (2005), perkembangan teknologi dalam bidang elektronika yang semakin cepat telah memicu perkembangan bidang informasi secara global. Hal tersebut juga diperkuat dengan adanya beberapa penemuan, penelitian serta pengembangan material semikonduktor lapisan tipis yang banyak digunakan sebagai material dasar dalam pembuatan piranti elektronika yang sesuai dengan aplikasinya.

Lapisan tipis merupakan lapisan yang sangat tipis (ketebalan dalam orde mikron hingga nanometer) yang berasal dari bahan organik, inorganik, metal, maupun campuran metal organik yang memiliki sifat konduktor, isolator, semikonduktor, maupun superkonduktor (Astuti,2011). Aplikasi lapisan tipis saat ini menjangkau hampir semua bidang industri. Dalam bidang elektronika lapisan tipis digunakan untuk bahan dasar pembuatan kapasitor, transistor, fotodetektor, dan sel surya. Pada bidang mikroelektronika yang meliputi bidang optik, lapisan tipis digunakan untuk membuat filter

interferensi, cermin reflektor tinggi, kaca pelindung cahaya, lapisan antirefleks dan transmisi daya tinggi. Selain itu, dalam bidang konstruksi yang berkaitan dengan logam, lapisan tipis digunakan sebagai bahan untuk meningkatkan daya anti korosi.

Seiring dengan berkembangnya ilmu pengetahuan, teknologi dan kebutuhan hidup, berbagai bahan oksida logam terus dikembangkan. Salah satunya adalah SnTe (*Stannum Tellurium*). Bahan SnTe memiliki sensitivitas yang tinggi dan respon yang cepat, sehingga dikenal sebagai bahan untuk detektor inframerah. Selain itu, aplikasi lapisan tipis juga ditemukan dalam *photodetector*, *laser infrared*, *mikroelektronik* dan perangkat termoelektrik. (Saini, 2010; 1).

Dalam teknologi fabrikasi lapisan tipis secara global dapat dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu *Physical Vapor Deposition* (PVD) dan *Chemical Vapor Deposition* (CVD). Kelompok PVD meliputi Teknik Vakum Evaporasi, *Sputtering* dan *Closed Space Vapor Transport* (CSVT). Sedangkan kelompok CVD meliputi *Metalorganic Chemical Vapor Deposition* (MOCVD), *Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition* (PECVD), *Low Pressure Chemical Vapor Deposition* (LPCVD) dan *Photo Chemical Vapor Deposition* (PCVD). (Milton Ohring, 2002: 96). Penelitian ini melakukan preparasi lapisan tipis dengan teknik evaporasi vakum yang merupakan kelompok dari *Physical Vapor Deposition* (PVD). Pada teknik ini, pemvakuman tabung dilakukan untuk memperbesar ruang bebas molekul gas

untuk menjaga tidak terjadi proses oksidasi. Kelebihan dari metode ini yaitu hasil preparasi yang dihasilkan lebih baik dan merata pada permukaan substrat.

Pada penelitian ini, bahan material yang digunakan adalah bahan semikonduktor SnTe yang di doping dengan *Selenium* (Se). Bahan Se dan Te memiliki kesamaan yaitu merupakan golongan VI A. Bahan SnSe memiliki *energy gap* sebesar 1,92 eV pada suhu kamar (Solanki, dkk 2015). Sedangkan bahan paduan SnTe memiliki *energy gap* sekitar 0,35 eV (Saini,2010). Dalam penelitian ini, digunakan bahan semikonduktor $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ dengan perbandingan molaritas Sn : Se : Te adalah 1 : 0,2 : 0,8. Doping yang dilakukan yaitu doping Se pada semikonduktor SnTe. Diharapkan dapat terjadi penambahan *energy gap* dengan nilai antara 0,35eV sampai 1,92 eV, yang kemudian dapat digunakan untuk bahan *optoelektronika*.

Parameter yang divariasikan dalam penelitian ini adalah *spacer* (jarak material dengan substrat menggunakan penyangga). Variasi *spacer* yang dilakukan yaitu 10 cm, 15 cm dan 25 cm. Setelah lapisan tipis terbentuk, dilakukan karakterisasi menggunakan *X-ray Diffraction* (XRD) untuk mengetahui struktur kristal dan parameter kisi, SEM (*Scanning electron Microscopy*) digunakan untuk mengetahui morfologi bahan dan EDS (*Energy*

Dispersive Spectroscopy) digunakan untuk mengetahui komposisi kimia bahan lapisan tipis yang terbentuk.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian yang telah dikemukakan pada latar belakang, maka dapat diidentifikasi permasalahan sebagai berikut :

1. Belum diketahuinya pengaruh jarak jarak material sumber dengan substrat terhadap kualitas lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ hasil preparasi dengan teknik evaporasi vakum.
2. Belum diketahuinya struktur kristal, parameter kisi, komposisi kimia dan morfologi permukaan lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$.

C. Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, masalah dibatasi pada penumbuhan lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ dengan teknik evaporasi vakum pada variasi *spacer* (jarak material dengan sumbu substrat). Variasi *spacer* yang dilakukan yaitu 10 cm, 15 cm dan 25cm. Karakterisasi XRD (*X-ray Diffraction*) digunakan untuk mengetahui struktur kristal dan parameter kisi, Rigaku. Karakterisasi SEM (*Scanning electron Microscopy*) digunakan untuk mengetahui struktur morfologi permukaan dengan dan karakterisasi EDS (*Energi Dispersive*

Spectroscopy) untuk mengetahui komposisi kimia lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ yang terbentuk dari hasil preparasi.

D. Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh jarak (*spacer*) terhadap kualitas kristal lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ hasil preparasi dengan teknik evaporasi vakum ?
2. Bagaimana pengaruh jarak (*spacer*) terhadap struktur kristal dan parameter kisi lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ hasil preparasi dengan teknik evaporasi vakum ?
3. Bagaimana morfologi permukaan kristal lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ hasil preparasi dengan teknik evaporasi vakum ?
4. Bagaimana komposisi kimia lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ hasil preparasi dengan teknik evaporasi vakum ?

E. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui pengaruh jarak (*spacer*) terhadap kualitas kristal lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ hasil preparasi dengan teknik evaporasi vakum.

2. Mengetahui pengaruh jarak (*spacer*) terhadap struktur kristal dan parameter kisi lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ hasil preparasi dengan teknik evaporasi vakum.
3. Mengetahui morfologi permukaan kristal lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ hasil preparasi dengan teknik evaporasi vakum.
4. Mengetahui komposisi kimia lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ hasil preparasi dengan teknik evaporasi vakum.

F. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah :

1. Memperoleh lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ hasil preparasi dengan teknik evaporasi vakum.
2. Mendapatkan informasi mengenai struktur kristal, parameter kisi, dan morfologi permukaan lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ hasil preparasi dengan teknik evaporasi vakum.
3. Mendapatkan informasi mengenai pengaruh jarak (*spacer*) terhadap kualitas lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ hasil preparasi dengan teknik evaporasi vakum.
4. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

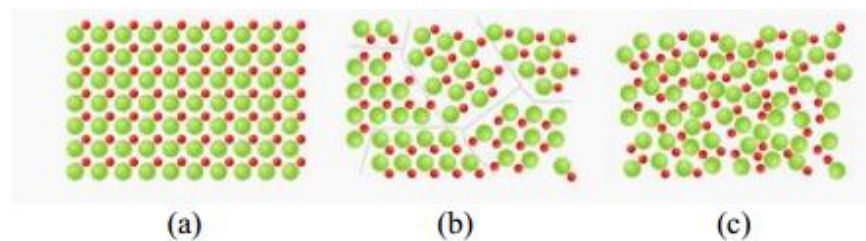
A. Zat Padat

Zat padat tersusun atas sejumlah atom-atom, ion-ion atau molekul-molekul yang sangat berdekatan dan memiliki bentuk yang utuh (berbentuk padatan). Karena posisinya yang relative tetap, maka atom-atom tersebut cenderung membentuk struktur tertentu (Parno, 2006:2). Sifat-sifat zat padat yaitu memiliki volume dan bentuk yang tetap, jarak antar partikel sangat rapat, gerak partikel tidak bebas dan gaya tarik antar partikelnya sangat kuat.

Ditinjau dari struktur atom penyusunnya, zat padat dibagi menjadi tiga yaitu kristal tunggal (*monocrystal*), polikristal (*polycrystal*) dan amorf

(Smallman, 2000: 13). Kristal tunggal (*monocrystal*) merupakan zat padat yang atom penyusunnya mempunyai struktur tetap karena atom-atom penyusunnya tersusun secara teratur dalam dalam pola tiga dimensi dan pola-pola ini berulang secara periodik dalam rentang panjang yang tak berhingga. Kristal tunggal yang berbeda struktur kristalnya pada umumnya dibedakan berdasarkan sifat geometrinya.

Polikristal (*polycrystal*), merupakan kumpulan dari kristal-kristal tunggal yang memiliki ukuran sangat kecil dan saling menumpuk dan membentuk benda padat. Sedangkan amorf memiliki pola susunan atom-atom atau molekul-molekul yang acak dan tidak teratur secara berulang. Amorf terbentuk karena proses pendinginan yang terlalu cepat sehingga atom-atom tidak dapat menempati lokasi kisinya dengan tepat (Utomo, 2014: 8). Perbedaan susunan atom monokristal, polikristal dan amorf di tunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema Susunan Atom (a) Monokristal, (b) Polikristal dan (c) Amorf (Wegener: 2015)

1. Struktur Kristal

Susunan khas atom-atom dalam suatu kristal disebut dengan struktur kristal. Struktur kristal dibentuk oleh sel satuan (*unit cell*) yang merupakan sekumpulan atom yang tersusun secara khusus berulang secara periodik dalam tiga dimensi suatu kristal (*crystal lattice*). Sel satuan adalah bagian terkecil dari unit struktur yang dapat menjelaskan struktur kristal. Tiga sisi suatu sel satuan disebut sudut-sudut permukaan batas (antar permukaan). Suatu kristal yang terdiri dari jutaan atom dapat dinyatakan dengan ukuran, bentuk dan susunan sel satuan yang berulang dengan pola pengulangan yang menjadi ciri khas dari suatu kristal. Menurut Bravais (1848), berdasarkan kisi bidang dan kisi ruang, kristal mempunyai 14 kisi, sedangkan berdasarkan perbandingan sumbu-sumbu kristal dan hubungan sudut satu dengan sudut lainnya, kristal dapat dikelompokkan menjadi 7 sistem kristal seperti yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Tujuh Sistem Kristal dan Empat Belas Kisi Bravais

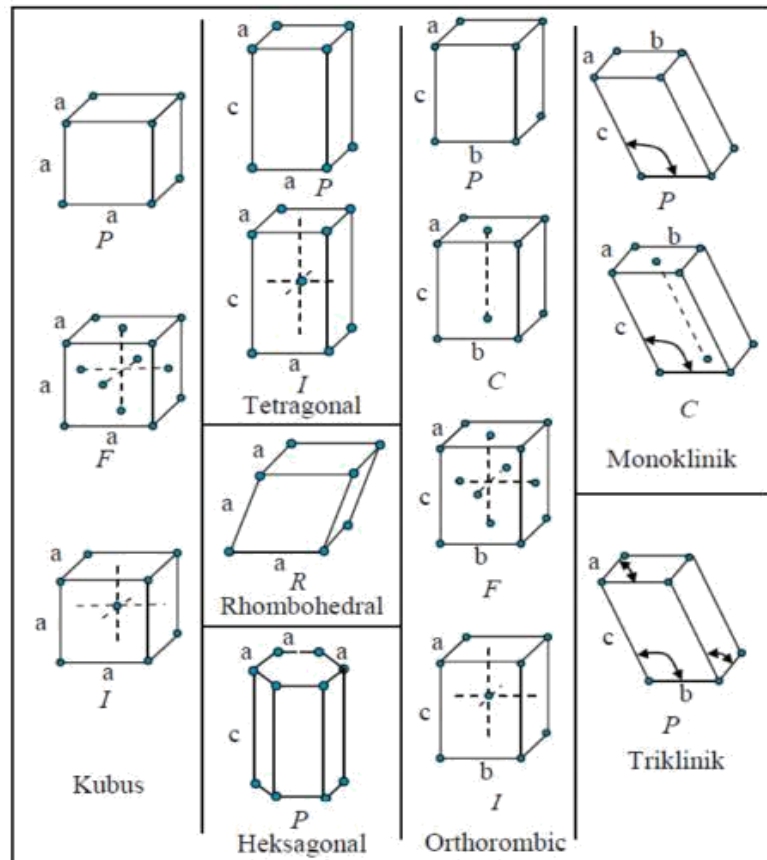
Sistem Kristal	Parameter Kisi	Kisi Bravais	Simbol
Kubik	$a = b = c$	Simpel	P
	$\alpha = \beta = \gamma$	Pusat Badan	I
	$= 90^\circ$	Pusat Muka	F
	$a \neq b \neq c$	Simpel	P

Monoklinik	$\alpha = \gamma = 90^\circ \neq \beta$	Pusat Dasar	C
Triklinik	$a \neq b \neq c$ $\alpha \neq \beta \neq \gamma = 90^\circ$	Simpel	P
Tetragonal	$a = b \neq c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	Simpel Pusat Badan	P I
Orthorombik	$a \neq b \neq c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	Simpel Pusat dasar Pusat badan Pusat Muka	P C I F
Rhombohedral	$a = b = c$ $\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$	Simpel	P
Hexagonal	$a = b \neq c$ $\alpha = \beta = 90^\circ = \gamma = 120^\circ$	Simpel	P

(Cullity, 1956 : 31)

Kisi ruang (*space lattice*) adalah susunan titik-titik dalam ruang tiga dimensi dimana setiap titik memiliki lingkungan yang serupa. Setiap kisi bisa ditempati oleh lebih dari satu atom. Kisi dapat disusun dalam 14 susunan yang

berbeda yang disebut dengan kisi-kisi bravais. Kisi-kisi bravais diklasifikasikan oleh seorang kristalografer dari Perancis yaitu Auguste Bravais (1811-1863), pada tahun 1848, Auguste Bravais mengklasifikasikan kisi kristal berdasarkan simetrinya dan menemukan bahwa terdapat 14 jenis kristal, yaitu sebagai berikut:



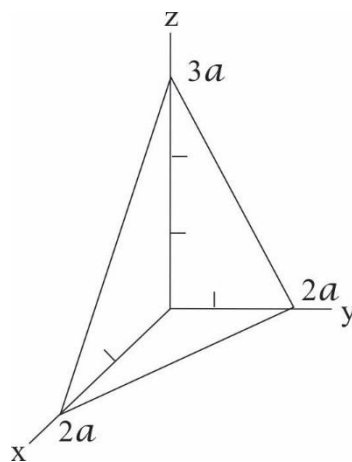
Gambar 2. Empat Belas Kisi Bravais (Cullity, 1956 : 32)

Pada Gambar 2, sel primitif diberi tanda huruf P (*primitif*); seldengan simpul kisi dipusat bagian dalam unit sel diberi tanda I; sel dengan

simpul kisi yang terletak pada pusat dua bidang sisi yang paralel diberi tanda C (*center*); sel dengan simpul kisi dipusat setiap bidang kisi diberi tanda F (*face*); huruf R menunjukkan sel primitif *rhombohedral*.

2. Indeks Miller

Dalam sistem tiga dimensi, kristal akan membentuk pasangan bidang-bidang sejajar dan berjarak sama yang disebut bidang-bidang kisi. Bidang-bidang kisi inilah yang akan menentukan arah permukaan dari suatu kristal. Indeks Miller merupakan harga kebalikan dari parameter numerik yang dinyatakan dengan simbol (*hkl*). Indeks Miller (*hkl*) dapat digunakan untuk menggambarkan semua bidang dalam kristal.



Gambar 3. Bidang Indeks Miller (Suwitra, 1989: 48)

Sebagai contoh dapat dilihat pada Gambar 3, perpotongan bidang dengan sumbu dinyatakan dengan $2a$, $2a$, dan $3a$ sehingga parameter numeriknya adalah 2,2,3 dan indeks Miller dari bidang diperoleh hasil :

$$(hkl) = h : k : l = \frac{1}{2} : \frac{1}{2} : \frac{1}{3} \text{ atau } 3 : 3 : 2.$$

3. Jarak antar bidang kristal (hkl)

Jarak antar bidang-bidang dalam himunan (hkl) pada 7 sistem kristal antara lain (cullity, 1959:459)

a. Kubik,
$$\frac{1}{d^2} = \left(\frac{h^2 + k^2 + l^2}{a^2} \right) \quad (1)$$

b. Monoklonik,
$$\frac{1}{d^2} = \frac{1}{\sin^2 \beta} \left(\frac{h^2}{a^2} + \frac{k^2 \sin^2 \beta}{b^2} + \frac{l^2}{c^2} - \frac{2hl \cos \beta}{ac} \right) \quad (2)$$

c. Triklinik,
$$\frac{1}{d^2} = \frac{1}{v^2} (S_{11}h^2 + S_{22}k^2 + S_{33}l^2 + 2S_{12}hk + 2S_{23}kl + 2S_{13}hl) \quad (3)$$

Dimana v merupakan volume sel satuan

$$S_{11} = b^2 c^2 \sin^2 \alpha, \quad S_{12} = abc^2 (\cos \alpha \cos \beta - \cos \gamma)$$

$$S_{12} = a^2 c^2 \sin^2 \beta, \quad S_{23} = a^2 bc (\cos \beta \cos \gamma - \cos \alpha)$$

$$S_{12} = a^2 b^2 \sin^2 \gamma, \quad S_{31} = ab^2 c (\cos \gamma \cos \alpha - \cos \beta)$$

d. Tetragonal,
$$\frac{1}{d^2} = \left(\frac{h^2 + k^2}{a^2} + \frac{l^2}{c^2} \right) \quad (4)$$

e. Orthorombik,
$$\frac{1}{d^2} = \left(\frac{h^2}{a^2} + \frac{k^2}{b^2} + \frac{l^2}{c^2} \right) \quad (5)$$

f. Rhombohedral,
$$\frac{1}{d^2} = \left(\frac{(h^2 + k^2 + l^2)\sin^2\alpha + 2(hk + kl + hl)(\cos^2\alpha)}{a^2(1 - 3\cos^2\alpha + \cos^3\alpha)} \right) \quad (6)$$

g. Heksagonal,
$$\frac{1}{d^2} = \frac{3}{4} \left(\frac{h^2 + hk + k^2}{a^2} \right) + \frac{l^2}{c^2} \quad (7)$$

4. Parameter Kisi Kubik

Arah berkas yang dipantulkan oleh atom dalam kristal ditentukan oleh geometri dari kisi kristal yang bergantung pada orientasi dan jarak bidang kristal. Suatu kristal yang memiliki simetri kubik ($a = b = c$, $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$) memiliki konstanta kisi a , sudut-sudut berkas yang didifraksikan dari bidang-bidang kristal (hkl) dapat dihitung dengan persamaan jarak antar bidang sebagai berikut :

$$\frac{1}{d^2} = \frac{h^2 + k^2 + l^2}{a^2} \quad (8)$$

Dan persamaan Hukum Bragg adalah

$$2 d \sin \theta = n\lambda \quad (9)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan Bragg maka diperoleh persamaan :

$$d = \frac{\lambda}{2 \sin \theta} \quad (10)$$

$$\frac{4\sin^2\theta}{\lambda^2} = \frac{h^2 + k^2 + l^2}{a^2} \quad (11)$$

Maka,

$$\sin^2\theta = \frac{\lambda^2}{4a^2} (h^2 + k^2 + l^2), \quad A = \frac{\lambda^2}{4a^2} \quad (12)$$

$$\sin^2\theta = A (h^2 + k^2 + l^2) \quad (13)$$

$$A = \frac{\lambda^2}{4a^2} \quad (14)$$

$$a = \frac{\lambda}{\sqrt{4A}} \quad (15)$$

5. Faktor Struktur Kristal

Faktor struktur adalah pengaruh struktur kristal pada intensitas berkas yang didifraksikan (Cullity, 1956: 117-123). Intensitas difraksi akan bernilai maksimum ketika faktor struktur juga maksimum dan intensitas akan bernilai nol ketika faktor struktur kristal bernilai nol. Besarnya factor struktur kristal (F) adalah :

$$F_{hkl} = \sum_{j=1}^n f e^{2\pi i (hx_j)} \quad (16)$$

Dengan f_n adalah factor hamburan atom (x_n, y_n, z_n) yang merupakan koordinat suatu atom, (hkl) adalah nilai indeks miller dan n merupakan banyaknya atom dalam sel. Faktor struktur masing-masing jenis

kristal berbeda. Untuk sistem kubik, faktor strukturnya dapat ditentukan sebagai berikut :

a. Faktor struktur kubik sederhana (simpler kubik)

Kubik sederhana (simpler kubik) merupakan sebuah bagian sel satuan sel yang hanya berisi satu atom saja dan mempunyai koordinat $0\ 0\ 0$, faktor strukturnya adalah :

$$F = f e^{2\pi i(0)} = f \quad (17)$$

b. Faktor struktur kubik pusat muka (fcc)

Permukaan pusat sel kubik pusat muka (fcc), diasumsikan untuk mengisi 4 atom pada lokasi $0\ 0\ 0$, $\frac{1}{2}\ \frac{1}{2}\ 0$, $\frac{1}{2}\ 0\ \frac{1}{2}$ dan $0\ \frac{1}{2}\ \frac{1}{2}$.

$$F = f e^{2\pi i(0)} + f e^{2\pi i(\frac{h}{2} + \frac{k}{2})} + f e^{2\pi i(\frac{h}{2} + \frac{l}{2})} + f e^{2\pi i(\frac{k}{2} + \frac{l}{2})}$$

$$F = f (1 + f e^{\pi i(h+k)} + f e^{\pi i(h+l)} + f e^{\pi i(k+l)}) \quad (18)$$

Intensitas akan muncul jika h,k,l semua ganjil atau semua genap ($F \neq 0$) dan intensitas tidak akan muncul ketika h,k,l bernilai ganjil atau genap ($F = 0$).

c. Faktor struktur kubik pusat badan (bcc)

Faktor struktur pada sel kubik pusat badan (bcc) mempunyai dua atom yang berjenis sama, berlokasi pada $0\ 0\ 0$ dan $\frac{1}{2}\ \frac{1}{2}\ \frac{1}{2}$.

$$F = f e^{2\pi i(0)} + f e^{2\pi i \left(\frac{h}{2} + \frac{k}{2} + \frac{l}{2}\right)} = f (1 + f e^{\pi i(h+k+l)}) \quad (19)$$

Intensitas akan muncul jika nilai $h + k + l$ genap ($F \neq 0$) sedangkan intensitas tidak akan muncul ketika nilai $h + k + l$ ganjil ($F = 0$).

6. Cacat Kristal (Ketidaksempurnaan Kristal)

Kristal ideal adalah kristal yang setiap atomnya memiliki tempat kesetimbangan tertentu pada kisi yang teratur (Arthur Beiser, 1992 : 357). Berdasarkan struktur kristal, atom dalam setiap material tersusun secara teratur, tetapi terdapat berbagai ketidaksempurnaan atau yang sering disebut dengan cacat kristal. Cacat kristal ini terjadi pada suatu bahan padat yang dapat mempengaruhi sifat fisis tertentu seperti mekanik atau sifat listrik. Cacat yang terdapat pada kristal memiliki bermacam-macam bentuk di antaranya :

a. Cacat Titik

Cacat titik merupakan ketidaksempurnaan kristal yang terjadi karena adanya penyimpangan susunan periodik kisi terbatas sekitar beberapa atom sehingga terjadi kekosongan atom (*vacancy*). Kekosongan terjadi jika suatu atom berpindah dari lokasi kisinya ke lokasi atomik terdekat yang dapat menampungnya, sehingga atom-atom akan hilang. Keadaan ini disebabkan karena penumpukan yang salah ketika proses kristalisasi yaitu pada saat temperatur tinggi. Pada saat temperatur tinggi, energi termal akan meningkat

dan kemungkinan bagi atom-atom untuk melompat meninggalkan tempatnya ke lokasi atomik terdekat.

b. Cacat Garis

Cacat garis merupakan cacat kristal yang muncul karena adanya diskontinuitas structural sepanjang lintasan kristal (dislokasi), atau cacat akibat salah susunan struktur kristal. Ada dua bentuk dasar dislokasi yaitu dislokasi tepid dan dislokasi sekrup. Dislokasi tepi terbentuk karena adanya gesekan antara kristal dengan arah slip secara sejajar. Sedangkan dislokasi sekrup terjadi akibat pergeseran atom dalam kristal secara spiral.

c. Cacat Planar

Zat padat pada bahan polikristal tersusun atas kristal-kristal kecil yang disebut butir. Pada setiap butir atom tersusun oleh arah tertentu. Pada daerah antar butir terjadi perbedaan arah keteraturan atom dan ini menyebabkan cacat pada daerah batas butir, sehingga disebut cacat batas butir.

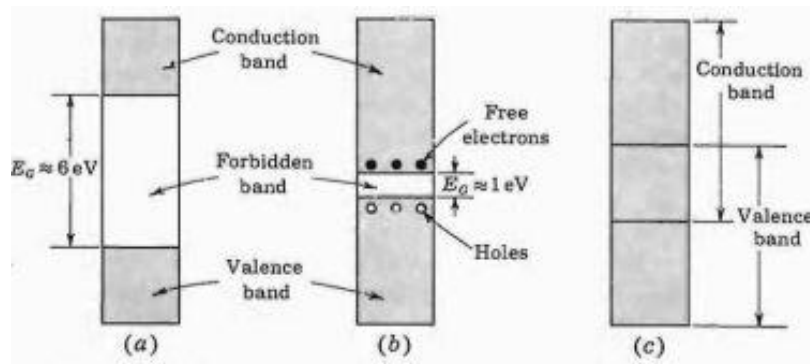
d. Cacat Volume

Cacat volume merupakan cacat kristal yang terjadi akibat pemanasan, iradiasi, deformasi sehingga terbentuk *void*, gelembung gas dan rongga dalam kristal dimana sebagian besar energinya berasal dari energi permukaan (1 sampai 3 J/m^3) (Arthur Beiser, 1992:361).

B. Semikonduktor

Suatu bahan berdasarkan konduktivitasnya dapat dibedakan menjadi tiga macam yaitu konduktor, semikonduktor dan isolator. Semikonduktor merupakan bahan dengan konduktivitas listrik yang berada diantara konduktor dan isolator. Sebuah semikonduktor akan bersifat sebagai isolator pada temperatur yang sangat rendah, namun pada temperatur ruang akan bersifat sebagai konduktor (Parno,2006:139).

Bahan konduktor memiliki pita konduksi dan pita valensi yang saling bertumpangtindih. Sedangkan pada bahan isolator dan semikonduktor, pita konduksi dan pita valensi tidak saling bertumpangtindih, dan celah di antaranya menyatakan energi yang tidak boleh dimiliki elektron. Celah itu disebut dengan pita terlarang. Selain itu pita terlarang juga menunjukkan besarnya energi gap yang dimiliki bahan tersebut seperti yang ditunjukkan oleh gambar dibawah ini :



Gambar 4. Struktur pita energi pada (a) isolator, (b) semikonduktor (c) konduktor (Milman, 1972: 16)

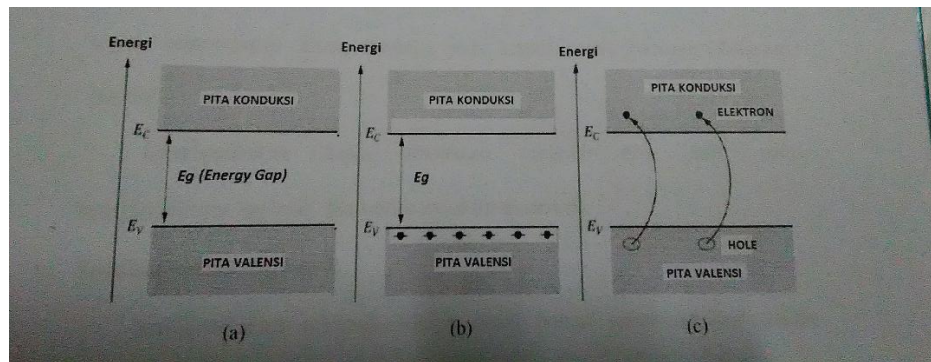
Konduktor merupakan bahan logam yang memiliki resistansi listrik kecil yaitu $10^{-5} \Omega\text{m}$. Hal ini dikarenakan dalam bahan konduktor terdapat sejumlah besar elektron bebas. Konduktor memiliki pita konduksi dan pita valensi yang saling tumpang tindih dan memiliki energi gap yang sangat kecil. Konduktor juga memiliki struktur pita energi yang hanya sebagian saja yang berisi elektron. Pita energi yang terisi sebagian merupakan pita konduksi. Pengaruh medan listrik yang dikenakan pada konduktor akan mempengaruhi elektron, sehingga memperoleh tambahan energi dan memasuki tingkat energi yang lebih tinggi. Elektron tersebut adalah elektron bebas yang dapat menghantarkan arus listrik (Milman, 1972 :16).

Isolator adalah bahan yang tidak dapat menghantarkan arus listrik atau penghantar listrik yang buruk, memiliki harga resistivitas antara ($10^{14} - 10^{22}$) Ωcm . Isolator memiliki pita valensi yang penuh berisi elektron, sedangkan pita konduksinya kosong dan memiliki energi gap sebesar 6 eV. Energi yang diperoleh dari medan listrik eksternal terlalu kecil untuk memindahkan elektron melewati energi gap tersebut, sehingga penghantaran listrik tidak dapat berlangsung. Umumnya, isolator memiliki dua sifat yaitu mempunyai celah energi yang cukup besar antara pita valensi dan pita konduksi dan tingkat energi fermi terletak pada celah energinya (Parno, 2006 : 140).

Semikonduktor merupakan bahan yang konduktivitas listriknya terletak antara konduktor dan isolator. Harga resistivitas semikonduktor

berada diantara konduktor dan isolator, yaitu dalam rentang ($10^2 - 10^9$) Ω m (Kittel, 2005: 187). Semikonduktor mempunyai struktur pita energi yang hampir sama dengan isolator, namun celah energi terlarang atau *energy gap* pada semikonduktor lebih kecil dibandingkan dengan isolator. Sebuah semikonduktor akan bersifat sebagai isolator pada temperatur yang sangat rendah, namun pada temperatur ruang akan bersifat sebagai konduktor (Suwitra, 1989:187). Bahan semikonduktor merupakan bahan yang pita valensinya hampir penuh dan pita konduksiya hampir kosong dengan energi gap yang sangat kecil (± 1 hingga 2 eV). Contoh bahan semikonduktor adalah *germanium, silikon, karbon dan selenium*.

Energi termal diterima oleh elektron-elektron pada pita valensi. Jika energi termal lebih besar atau sama dengan energi gapnya (E_g) maka elektron-elektron tersebut dapat melewati celah energi terlarang dan berpindah ke pita konduksi sebagai elektron hampir bebas. Selanjutnya elektron-elektron tersebut meninggalkan kekosongan pada pita valensi yang disebut dengan lubang (*hole*). *Hole* pada pita valensi dan elektron hampir bebas pada pita konduksi itulah yang berperan sebagai penghantar arus pada semikonduktor, dimana elektron sebagai pembawa muatan negatif dan *hole* sebagai pembawa muatan positif. Struktur pita energi pada semikonduktor seperti pada gambar dibawah ini :



Gambar 5. Struktur Pita Energi pada Semikonduktor

Pada Gambar 5 diatas , Gambar (a) menjelaskan keadaan dimana elektron terbebas dari ikatan kovalen disebut keadaan konduksi dengan tingkat energi E_c . Apabila Kristal semikonduktor temperaturnya dinaikkan, maka akan ada penambahan energi termal yang menyebabkan terputusnya ikatan kovalen yang terbentuk. Pemutusan ikatan kovalen ini akan menghasilkan elektron bebas yang sudah dalam keadaan konduksi dengan tingkat energi E_c . Pada Gambar (b) menjelaskan setiap atom penyusun Kristal semikonduktor memiliki sejumlah elektron valensi pada kulit terluarnya yang menempati keadaan valensi, keadaan elektron valensi ini memiliki tingkat energi yang besarnya E_v . Elektron valensi ini berkontribusi pada pembentukan ikatan kovalen antara atom-atom penyusun kristal semikonduktor. Sedangkan pada Gambar (c) menjelaskan keadaan elektron konduksi dimana setelah terjadinya pemutusan ikatan kovalen, elektron valensi pada tingkat energi E_v akan berpindah ke keadaan konduksi engan tingkat energi E_c . Selisih antara tingkat energi konduksi dengan tingkat energi

valensi ini dinamakan energi celah pita (*energy gap*) yang merupakan energi minimal yang dibutuhkan untuk memutuskan ikatan kovalen pada kristal semikonduktor.

Bahan semikonduktor dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu semikonduktor intrinsik dan semikonduktor ekstrinsik.

1. Semikonduktor Intrinsik

Semikonduktor intrinsik adalah suatu bahan semikonduktor dalam bentuk yang sangat murni, dimana sifat-sifat kelistrikannya ditentukan oleh sifat-sifat asli yang melekat pada unsur tersebut. Semikonduktor intrinsik terletak pada kolom IV tabel periodik yang mempunyai elektron valensi empat, contohnya adalah silikon dan germanium. Pada semikonduktor intrinsik, banyaknya hole di pita valensi sama dengan banyaknya elektron di pita konduksi. Gerakan termal yang terus menerus menghasilkan pasangan elektron-hole yang baru, sedangkan pasangan elektron-hole yang lain menghilang sebagai akibat proses rekombinasi. Konsentrasi (rapat) hole-p harus sama dengan konsentrasi (rapat) elektron n, sehingga :

$$n = p = n_i \quad (20)$$

dengan n_i disebut konsentrasi atau rapat intrinsik. Energi Fermi (E_f) pada semikonduktor intrinsik terletak antara pita konduksi dan pita valensi yang besarnya adalah :

$$E_f = \frac{E_c + E_v}{2} \quad (21)$$

dengan E_c adalah energi pita konduksi dan E_v adalah energi pada pita valensi.

Semikonduktor intrinsik mempunyai beberapa ciri-ciri sebagai berikut (Suwitra, 1989: 222-227) :

- a. Jumlah elektron pada pita konduksi sama dengan jumlah hole pada pita valensi.
- b. Energi Fermi terletak ditengah-tengah energi gap.
- c. Elektron memberikan sumbangan besar terhadap arus, tetapi hole juga berperan penting. Elektron menempati dasar pita konduksi dan hole menempati puncak pita valensi sehingga dapat menimbulkan arus bila dikenai medan listrik.
- d. Ada sekitar 1 atom di antara 10^9 atom yang memberikan sumbangan terhadap hantaran listrik.

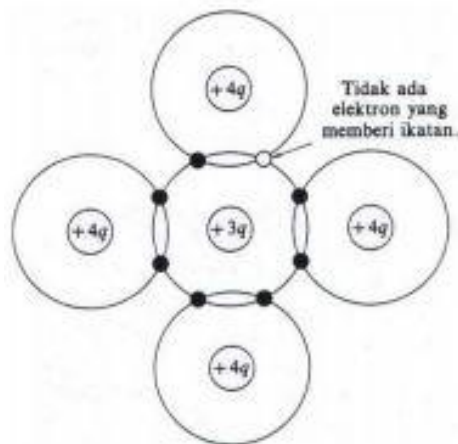
2. Semikonduktor Ekstrinsik

Semikonduktor ekstrinsik merupakan semikonduktor tidak murni yang sifat kelistrikannya dikendalikan oleh sifat dan jumlah pengotor yang diberikan pada bahan (*doping*). Semikonduktor ekstrinsik terbentuk dengan memasukkan elektron atau hole yang berlebih (Parno, 2006 : 139).

Semikonduktor ekstrinsik lebih dikenal dengan semikonduktor tak murni. Sifat konduktivitas listrik dari semikonduktor ekstrinsik sangat ditentukan oleh jumlah atom pengotor yang ditambahkan ke dalam bahan semikonduktor tersebut. Semikonduktor ekstrinsik dibedakan menjadi dua macam yaitu semikonduktor tipe-p dan semikonduktor tipe-n.

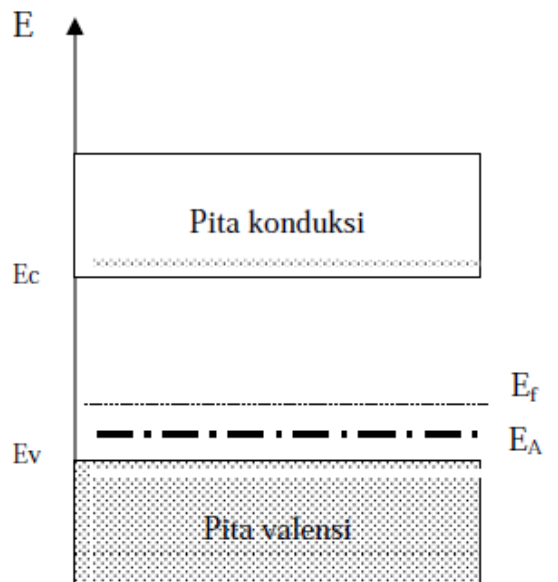
a. Semikonduktor tipe-p

Semikonduktor tipe-p dapat dibuat dengan cara menambahkan sejumlah kecil atom pengotor *trivalen* pada semikonduktor murni. Atom-atom pengotor (dopan) ini mempunyai tiga elektron valensi sehingga hanya dapat membentuk tiga ikatan kovalen. Ketika sebuah atom *trivalen* menempati posisi atom dalam kisi Kristal, terbentuk tiga ikatan kovalen lengkap dan tersisa sebuah muatan positif dari atom silikon yang tidak berpasangan yang disebut dengan lubang (*hole*) seperti pada gambar dibawah ini :



Gambar 6. Ikatan Kovalen Pada Semikonduktor Ekstrinsik Tipe-p (Reka Rio, 1982: 13)

Material yang dihasilkan dari proses pengotoran ini menghasilkan pembawa muatan positif pada kristal yang netral. Karena atom pengotor menerima elektron dari pita valensi, maka atom pengotor ini disebut dengan atom akseptor. Semikonduktor yang diberi *doping* dengan atom-atom akseptor ini dinamakan semikonduktor tipe-p (*p-type semiconductor*) dengan “p” adalah kependekan dari “positif” karena pembawa muatan positif jauh melebihi pembawa muatan negatif (Kittel, 2005:211).



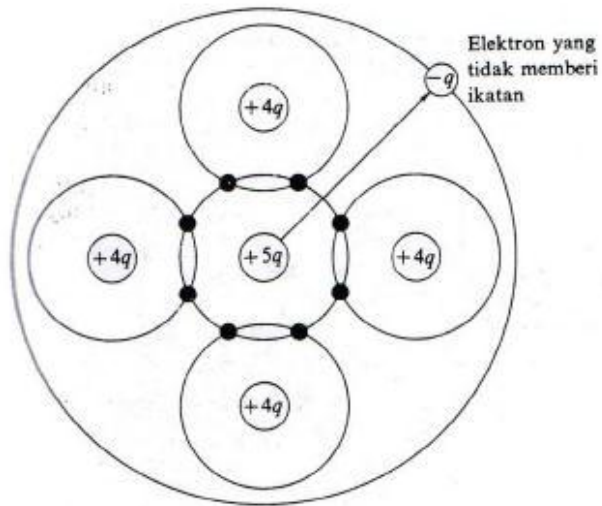
Gambar 7. Tingkat Energi Semikonduktor Tipe-p

Di dalam semikonduktor tipe-p akan terbentuk tingkat energi yang diperbolehkan yang letaknya sedikit di atas pita valensi yaitu energi akseptor (E_A) seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 7. Energi Fermi (E_f) bergeser mendekati pita valensi karena munculnya tingkat energi akseptor. Karena

energi yang dibutuhkan elektron untuk meninggalkan pita valensi dan mengisi tingkatan energi akseptor kecil sekali, maka *hole-hole* yang dibentuk oleh elektron-elektron ini merupakan pembawa mayoritas di dalam pita valensi, sedangkan elektron pembawa minoritas di dalam pita konduksi. Semikonduktor tipe-p dihasilkan dari penambahan unsur-unsur dari golongan IIIB (B, Al, Ga dan In) pada unsur-unsur golongan IV (Ariswan, 2013).

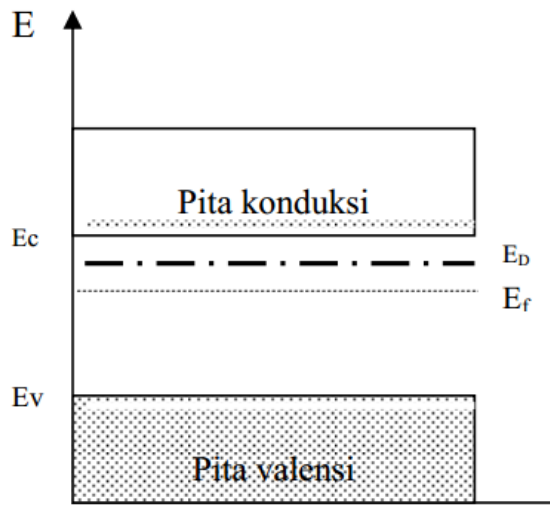
b. Semikonduktor tipe-n

Semikonduktor tipe-n dapat dibuat dengan cara menambahkan atom-atom bervalensi 5 (*pentavalen*) ke dalam bahan semikonduktor murni yang mempunyai elektron valensi 4 (*tetravalen*). Empat dari lima elektron valensi akan mengisi ikatan kovalen, elektron yang kelima tidak berpasangan dan terikat sangat lemah sehingga akan mudah terlepas dan dapat dilihat sebagai pembawa muatan yang bebas seperti pada gambar dibawah ini :



Gambar 8. Ikatan Kovalen Semikonduktor Ekstrinsik Tipe-n (Reka Rio,1982: 12)

Material yang dihasilkan dari proses pengotoran ini dari proses pengotoran ini adalah semikonduktor tipe-n karena menghasilkan pembawa muatan negative dari kristal netral, karena atom pengotor tersebut memberikan elektron maka disebut atom donor (Reka Rio, 1982: 12). Semikonduktor tipe-n ini terbentuk dengan menambahkan unsur-unsur golongan V (N, P, As dan Sb) pada golongan IV (Si, Ge, Sn dan Pb).



Gambar 9. Tingkat Energi Semikonduktor Tipe-n

Berdasarkan Gambar 9 , terlihat energi Fermi (E_f) mendekati pita konduksi karena adanya tingkat energi donor (E_D). Bila atom donor terionisasi, elektron bertransisi dari tingkat donor ke pita konduksi. Di sisi lain, transisi dari pita valensi tetap terjadi meskipun dalam intensitas yang kecil. Walaupun jumlahnya lebih sedikit, transisi ini menghasilkan hole pada pita valensi. Sedangkan pada pita konduksi terdapat elektron yang jumlahnya lebih banyak. Dengan begitu, pembawa mayoritas pada semikonduktor tipe-n adalah elektron sedangkan hole merupakan pembawa minoritas (Ariswan, 2013).

Perbedaan semikonduktor intrinsik dan semikonduktor tipe-n adalah pada semikonduktor intrinsik, terbentuknya elektron bebas disertai lubang

(hole) yang dapat bergerak sebagai pembawa muatan. Sedangkan pada semikonduktor tipe-n, terbentuknya elektron tidak disertai lubang (hole) tetapi berbentuk ion positif yang tidak dapat bergerak. Apabila bahan semikonduktor intrinsik diisi dengan ketidakmurnian tipe-n, maka elektron akan bertambah dan hole berkurang daripada yang terdapat dalam bahan semikonduktor intrinsik. Berkurangnya hole ini disebabkan karena dengan bertambah banyaknya elektron maka kecepatan rekombinasi elektron dengan hole meningkat (Kittel, 2005:210).

C. Bahan Semikonduktor $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$

1. SnSe (*Stanium Selenium*)

Stanium Selenium merupakan bahan paduan dua unsur yaitu Stanium (Sn) dan Selenium (Se). Stanium sering dikenal dengan nama Timah yang termasuk golongan IV A, berwarna abu-abu keperakan, memiliki titik lebur sebesar $231,93^{\circ}\text{C}$ dan titik didihnya adalah 2602°C (Winter, 2014). Sedangkan Selenium merupakan logam yang termasuk golongan VIA berwarna kelabu dalam bentuk pellet, memiliki titik lebur (221°C) dan titik didih ($684,9^{\circ}\text{C}$). Bahan SnSe memiliki energi gap sebesar 1,92 eV pada suhu kamar (Solanki, dkk 2015). *Stanium Selenium* berwarna gray, dengan memiliki titik lebur 861°C dan memiliki massa jenisnya yaitu sebesar 6180 kg/m^3 (http://www.webelements.com/compounds/tin/tin_selenide).

2. SnTe (*Stanum Tellerium*)

Stanum Tellerium merupakan bahan paduan dua unsur yaitu Stanum (Sn) dan Tellerium (Te). Tellerium termasuk unsur golongan VI A yang memiliki titik lebur 449,51°C dan titik didihnya adalah 988°C (Winter,2014). Bahan paduan SnTe memiliki energi gap sekitar 0,35 eV (Saini,2010). *Stanum Tellerium* (SnTe) memiliki titik lebur 790°C dan massa jenis 6500 kg/m³. SnTe berwarna hitam abu-abu dan berbentuk Kristal padat (Winter,2014).

3. Sn(Se_{0,2}Te_{0,8})

Bahan paduan Sn(Se_{0,2}Te_{0,8}) merupakan bahan semikonduktor hasil paduan tiga unsur, yaitu Stanum (Sn) golongan IV A, Selenium (Se) dan Tellerium (Te) golongan VI A. Bahan ini identik dengan bahan semikonduktor SnSe dan SnTe. Pada bahan semikonduktor Sn(Se_{0,2}Te_{0,8}) dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar pembuatan *photodetector*, *laser infrared*, *microelektronik* dan perangkat termoelektrik. (Saini, 2010; 1).

D. Lapisan Tipis

Lapisan tipis merupakan lapisan yang sangat tipis (ketebalan dalam orde mikron hingga nanometer) yang berasal dari bahan organik, inorganik, metal, maupun campuran metal organik yang memiliki sifat konduktor, isolator, semikonduktor, maupun superkonduktor (Astuti,2011). Bahan-bahan lapisan tipis akan memperlihatkan sifat-sifat khusus, yaitu mempunyai sifat-sifat bahan unik yang disebabkan oleh proses penumbuhan lapisan tipis.

Dalam teknologi fabrikasi lapisan tipis secara global dapat dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu *Physical Vapor Deposition* (PVD) dan *Chemical Vapor Deposition* (CVD). Kelompok PVD meliputi Teknik Vakum Evaporasi, *Sputtering* dan *Closed Space Vapor Transport* (CSVT). Sedangkan kelompok CVD meliputi *Metalorganic Chemical Vapor Deposition* (MOCVD), *Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition* (PECVD), *Low Pressure Chemical Vapor Deposition* (LPCVD) dan *Photo Chemical Vapor Deposition* (PCVD). (Milton Ohring, 2002: 96). Penelitian ini melakukan preparasi lapisan tipis dengan teknik evaporasi vakum yang merupakan kelompok dari *Physical Vapor Deposition* (PVD). Pada teknik ini, pemvakuman tabung dilakukan untuk memperbesar ruang bebas molekul gas untuk menjaga tidak terjadi proses oksidasi. Kelebihan dari metode ini yaitu hasil preparasi yang dihasilkan lebih baik dan merata pada permukaan substrat.

Aplikasi lapisan tipis saat ini menjangkau hampir semua bidang industri. Dalam bidang elektronika lapisan tipis digunakan untuk membuat

kapasitor, transistor, fotodetektor, dan sel surya. Pada bidang mikroelektronika yang meliputi bidang optik, lapisan tipis digunakan untuk membuat filter interferensi, cermin reflektor tinggi, kacamata pelindung cahaya, lapisan antirefleksasi dan transmisi daya tinggi. Selain itu, dalam bidang konstruksi yang berkaitan dengan logam, lapisan tipis digunakan sebagai bahan untuk meningkatkan daya anti korosi.

Proses penumbuhan lapisan tipis melewati tiga tahapan, yaitu (Utomo,2014) :

- a. Pembentukan jenis atom, molekul atau ion.
- b. Transport jenis atom, molekul atau ion.
- c. Kondensasi pada permukaan substrat secara langsung atau melalui reaksi kimia untuk membentuk suatu deposisi padatan.

Kualitas lapisan tipis hasil dari preparasi dipengaruhi oleh beberapa hal, yaitu (Utomo, 2014) :

- a. Kemurnian bahan yang akan dipreparasi. Semakin baik kemurnian bahan maka akan semakin baik pula struktur kristal yang akan terbentuk.
- b. Tekanan pada saat pemvakuman. Semakin rendah tekanan yang dihasilkan maka kualitas lapisan tipis akan semakin baik.
- c. Massa bahan.
- d. Temperatur substrat pada saat evaporasi.
- e. Jarak material sumber dengan substrat.

E. Teknologi Evaporasi Vakum

Teknik evaporasi vakum merupakan salah satu metode dalam pendeposisian lapisan tipis yang termasuk kelompok dari *Physical Vapor Deposition (PVD)*, dimana proses penumbuhannya dilakukan diruang vakum (hampa). Sistem vakum digunakan untuk menurunkan tekanan atau mengosongkan tekanan di dalam suatu ruangan.

Terdapat dua alasan mengapa proses evaporasi dilakukan didalam ruang vakum. Alasan yang pertama yaitu proses evaporasi melibatkan pemanasan sehingga kehadiran atom oksigen dikhawatirkan akan mengoksidasi logam. Alasan yang kedua yaitu adanya tumbukan selama transport gas dari material sumber yang menyebabkan berkurangnya kecepatan penumbuhan lapisan atau menghalangi proses penumbuhan lapisan jika keadaan tidak vakum. Salah satu hal yang harus diperhatikan dalam evaporasi adalah sumber evaporasi.

Dalam proses penumbuhan lapisan tipis material sumber diuapkan dengan cara memanaskan filamen oleh heater dan material yang digunakan harus padat, karena jika menggunakan cairan akan beraksi dengan elemen pemanasnya. Material yang telah dievaporasi selanjutnya akan bergerak meninggalkan material sumber dengan wujud gas dan bergerak ke segala arah. Pada akhirnya material tersebut sampai pada substrat dan akan terkondensasi membentuk lapisan tipis. Kelebihan proses evaporasi adalah laju penumbuhan

yang sangat tinggi karena ditumbuhkan di dalam ruang vakum dan mengurangi resiko kerusakan substrat (Milton Ohring, 2002 : 96).

Untuk mengosongkan suatu ruangan mulai dari tekanan atmosfer sampai misalnya 1×10^{-8} mbar, dibutuhkan dua atau tiga pompa secara bertahap untuk mendapatkan vakum tinggi. Untuk mencapai vakum tinggi dari udara luar paling sedikit dibutuhkan dua pompa dalam suatu sistem, misalnya pertama pompa rotary, yang bekerja dari tekanan atmosfer sampai kira-kira 10^{-2} mbar, baru setelah itu digunakan pompa difusi atau turbo (Ariswan, 2014:17-18).

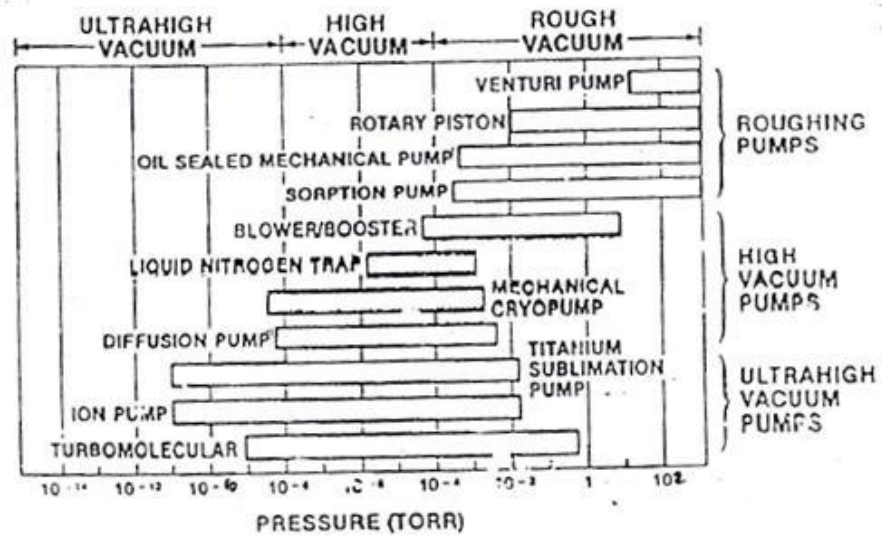
a. Pompa Vakum Difusi

Pompa vakum difusi bekerja jika tekanan vakum dalam sistem telah mencapai 5×10^{-9} mbar. Pemompaan berlangsung dengan cara memberikan momentum ke arah jalan keluar dari molekul-molekul gas yang ada dalam sistem. Momentum ini diperoleh dari aliran cepat molekul-molekul uap karena pemanasan dari sumber pemanas. Cairan oli menguap dengan kecepatan dalam daerah supersonik, sehingga lebih cepat mendorong molekul-molekulgas keluar sistem (Soepardjo, 2004).

b. Pompa Vakum Rotari

Pompa vakum rotary digunakan untuk memacu kerja pompa difusi. Pompa vakum ini menggunakan prinsip pemisahan (destilasi). Prinsip utamanya yaitu terletak pada penurunan tekanan pada target sehingga pelarut dapat menguap lebih cepat dibawah titik didihnya dan dengan pemanasan di bawah titik pelarut, senyawa yang terkandung dalam pelarut tidak rusak oleh suhu tinggi.

Suatu pompa dapat bekerja dengan baik jika bekerja sesuai dengan daerah kerjanya. Daerah kerja suatu pompa pada preparasi dengan metode evaporasi seperti ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Daerah Kerja Pompa Vakum (Na Peng Bo dan Ariswan, 2004:18)

Berdasarkan daerah kevakumannya pompa vakum dapat dibedakan menjadi tiga kategori, yaitu :

1. *Roughing pumps*, yaitu pompa yang dapat bekerja pada tekanan rendah pada tekanan ($1,33 - 1,33 \times 10^{-6}$) mbar. Pompa yang bekerja pada tekanan ini yaitu : *rotary vane pump*, *soot pump*, *sorption pump* dan lain-lain.
2. *High vacuum pum*, yaitu pompa yang bekerja pada vakum tinggi range kerjanya pada tekanan udara dari ($1,33 \times 10^{-6} - 1,33 \times 10^{-14}$) mbar. Pompa yang bekerja pada tekanan ini adalah *oil diffusion pump*, *turbomoleculer*, *cryopump* dan lain-lain.
3. *Ultrahigh pump*, yaitu jenis pompa yang mampu bekerja untuk vakum ultra tinggi yaitu pada tekanan udara lebih kecil dari ($1,33 \times 10^{-14}$) mbar. Pompa yang bekerja pada tekanan ini adalah *titanium sublimation* dan *ion pump* (Milton ohring, 2002: 81).

F. Karakterisasi Bahan

Dalam penelitian ini, karakterisasi bahan lapisan tipis menggunakan beberapa teknik, diantaranya yaitu XRD (*X-Ray Diffraction*), SEM (*Scanning Electron Microscopy*) dan EDS (*Energy Dispersive Spectroscopy*).

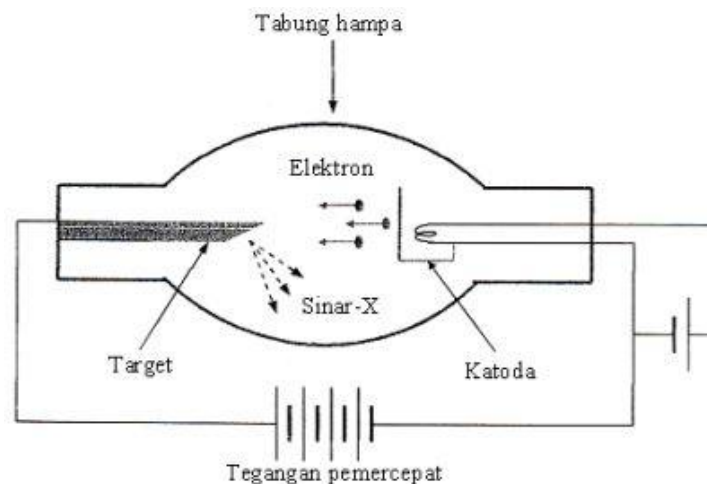
1. XRD (X-Ray Diffraction)

XRD (*X-Ray Diffraction*) mempunyai peranan penting dalam proses analisis padatan kristal. XRD merupakan metode karakterisasi lapisan tipis yang digunakan untuk analisis struktur kristal. Selain itu juga dapat digunakan untuk mengetahui susunan berbagai jenis atom dalam kristal, orientasi, cacat kristal serta ukuran sub-butir dan butir (Smallman,2000 :145). Metode ini menggunakan sebuah sinar-X yang terdifraksi oleh atom-atom kristal dari material tersebut. Dengan berbagai sudut yang timbul, pola difraksi yang terbentuk menyatakan karakteristik dari sampel.

Sinar-X merupakan gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang yang lebih pendek dari panjang gelombang ultra ungu. Sinar-X mempunyai panjang gelombang (400-800) nm (Smallman, 2000:145). Panjang gelombang sinar-X ini merupakan dasar digunakannya teknik difraksi sinar-X. Sinar-X mampu menembus zat padat sehingga dapat digunakan untuk menentukan struktur kristal. Hamburan sinar-X dihasilkan apabila elektron-elektron berkecepatan tinggi menembak suatu bahan dalam tabung hampa udara.

Prinsip kerja dari XRD yaitu suatu berkas sinar sinar-X monokromatis jika dilewatkan pada suatu bahan maka akan terjadi penyerapan dan penghamburan berkas sinar oleh atom-atom dalam bahan tersebut. Berkas sinar-X yang jatuh akan dihamburkan ke segala arah tetapi keteraturan letak

atom-atom mengakibatkan pada arah tertentu gelombang hambur akan berinterferensi konstruktif (terjadi penguatan) sedangkan yang lainnya akan mengalami interferensi destruktif (saling menghilangkan). Akan tetapi, karena interferensinya hanya sinar-sinar pantul sefase, maka akan terdapat pantulan sinar-X ke arah tertentu saja. Pemantulan dan interferensi tersebut tergabung menjadi difraksi (Leng, 2013: 62). Difraksi merupakan penyebaran atau pembelokan pada saat gelombang melewati penghalang. Sinar-X dapat dihasilkan dari tumbukan elektron dengan kecepatan tinggi mengenai bahan target.



Gambar 11. Diagram Sinar-X (Arthur Beiser, 1992 :62)

Pada Gambar 11 diatas, berkas elektron dihasilkan oleh katoda yang dipanaskan dengan filamen, kemudian elektron bermuatan negatif tertarik menuju muatan positif anoda pada target yang mempunyai temperatur tinggi, hal ini terjadi karena adanya beda potensial antara anoda dan katoda. Apabila

beda potensial antara anoda dan katoda diberi lambang V_0 (volt), maka ketika elektron mengenai permukaan anoda dapat diitung besar energinya sebagai berikut :

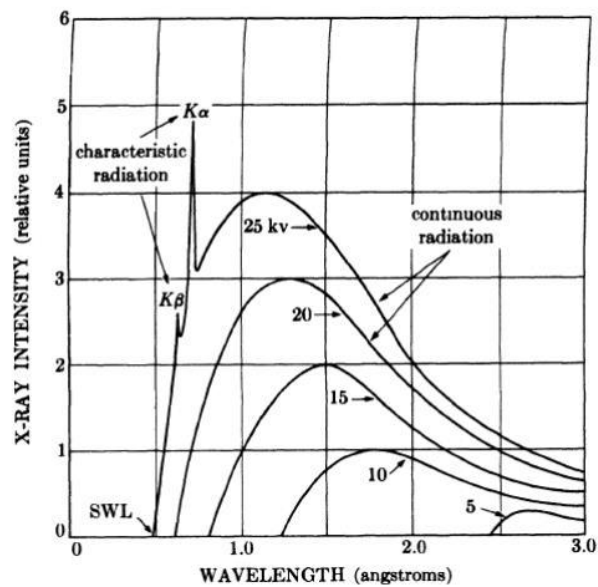
$$E_k = e V_0 \quad (22)$$

Karena adanya interaksi antara elektron berenergi E_k dengan logam anoda maka terjadilah pancaran sinar-X. Terdapat dua radiasi yang dipancarkan oleh sinar-X yaitu spektrum kontinyu dan spektrum garis. Spektrum kontinyu memiliki rentang panjang gelombang yang lebar sedangkan spektrum garis merupakan karakteristik dari logam yang ditembak (Smallman, 2000: 145).

Spektrum kontinyu dihasilkan dari peristiwa *bremstahlung*. Spektrum kontinyu terjadi ketika elektron menumbuk logam, elektron dari katoda menembus kulit atom dan mendekati kulit inti atom. Pada saat mendekati inti atom, elektron ditarik mendekati inti atom yang bermuatan positif, sehingga lintasan elektron berbelok dan kecepatan elektron akan berkurang atau diperlambat. Melambatnya gerak elektron inilah yang menyebabkan elektron kehilangan energi. Energi yang hilang dari elektron ini kemudian dikenal dengan sinar-X *bremstahlung*. (Nayiroh, 2015: 3).

Sedangkan spektrum karakteristik terjadi apabila elektron terakselerasi mempunyai cukup energi untuk mengeluarkan satu elektron dalam dari

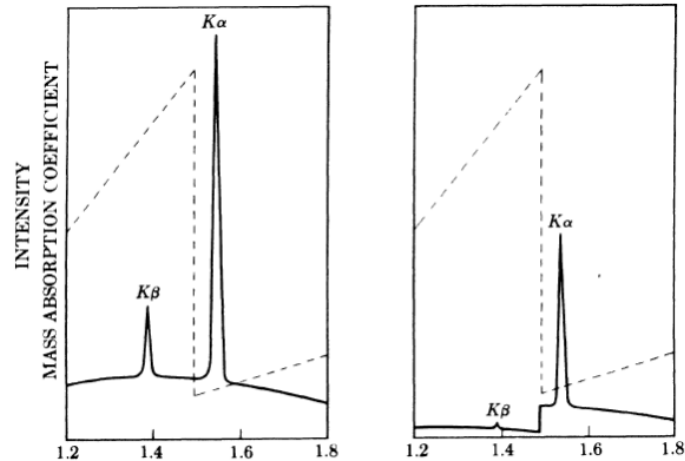
kulitnya. Peristiwa ini menyebabkan terjadinya transisi elektron dan pelepasan energi yang dikenal sebagai foton sinar-X karakteristik. Ketika menumbuk target, elektron pada kulit K akan tereksitasi ke tingkat energi yang lebih tinggi sehingga atom menjadi tidak stabil. Untuk menjadi stabil, maka kekosongan elektron pada kulit K diisi oleh elektron dari kulit L yang mempunyai tingkat energi lebih tinggi, maka radiasi yang dipancarkan disebut K_{α} . Jika kekosongan itu diisi oleh elektron dari kulit M, maka radiasi yang dipancarkan disebut dengan K_{β} .



Gambar 12. Spektrum Radiasi Sinar-X Kontinyu dan Diskret (Cullity, 1956: 5)

Berdasarkan Gambar 12, spektrum radiasi terlihat jelas bahwa terdapat lebih dari satu sinar-X karakteristik. Hal ini disebabkan karena adanya transisi

antara tingkat energi yang berbeda. Sinar-X yang monokromatik sangat dibutuhkan untuk menganalisis struktur kristal dari bahan paduan maka perlu dilakukan proses peyaringan (*filter*) yang sesuai dengan menggunakan logam bernomor atom lebih kecil dari target. (Cullity, 1956: 5).

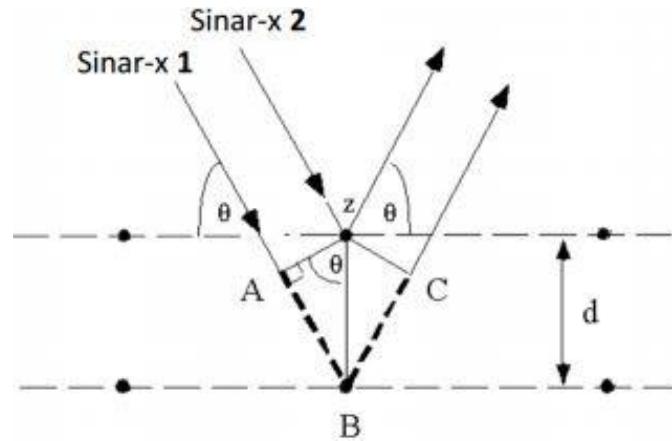


Gambar 13. Sinar-X karakteristik (Leng, 2013: 51)

Pada Gambar 13 (a) menunjukkan spektrum sinar-X yang masih bersifat polikromatik yang diberi *filter*. Sedangkan pada Gambar 14 (b) menunjukkan sinar-X monokromatik setelah melalui tahap penyaringan dengan *filter*.

Suatu berkas sinar-X monokromatik yang dilewatkan pada suatu bahan maka akan terjadi suatu penyerapan (*absorpsi*) dan suatu penghamburan (*scattering*) berkas sinar oleh atom-atom dalam bahan tersebut. Berkas sinar-X yang jatuh dihamburkan kesegala arah, tetapi karena keteraturan letak atom-atom, pada arah-arrah tertentu gelombang hambur itu

akan mengalami interferensi konstruktif (mengalami penguatan), sedangkan yang lainnya akan mengalami interferensi deksduktrif (mengalami penghilangan) (Arthur Beiser, 1992: 65).



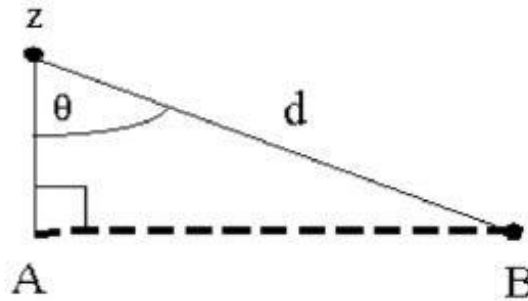
Gambar 14. Difraksi Bragg (Nayiroh, 2015)

Berdasarkan Gambar 14, seberkas sinar-X mengenai atom B pada bidang pertama dan z pada bidang berikutnya. Jarak antara bidang z dengan bidang B adalah d , sedangkan θ adalah sudut difraksi. Berkas-berkas tersebut mempunyai panjang gelombang λ , dan jatuh pada bidang kristal dengan jarak d dan sudut θ . Agar mengalami interferensi yang konstruktif, maka kedua berkas tersebut harus memiliki beda jarak $n\lambda$, dimana n adalah bilangan bulat (1,2,3....). Beda jarak antara kedua berkas dapat ditulis dengan persamaan berikut :

$$n\lambda = AB + BC$$

$$n\lambda = 2d \sin \theta \tag{23}$$

karena $\Delta ABz = \Delta BCz$, maka $AB = BC$, maka panjang AB dapat diketahui dengan menggunakan prinsip *pythagoras* pada salah satu segitiga. Dipilih ΔABz , maka panjang AB dapat dihitung sebagai berikut:



Gambar 15. Skema Perhitungan (Nayiroh, 2015)

Berdasarkan Gambar 15, maka :

$$\sin \theta = \frac{AB}{d}$$

$$AB = d \sin \theta \tag{24}$$

Persamaan (24) dimasukkan dalam persamaan (23), maka didapatkan persamaan berikut :

$$n\lambda = 2 d \sin \theta \tag{25}$$

Misalkan $n = 1$ dan kedua ruas dikuadratkan, maka diperoleh :

$$\lambda^2 = 4d^2 \sin^2 \theta$$

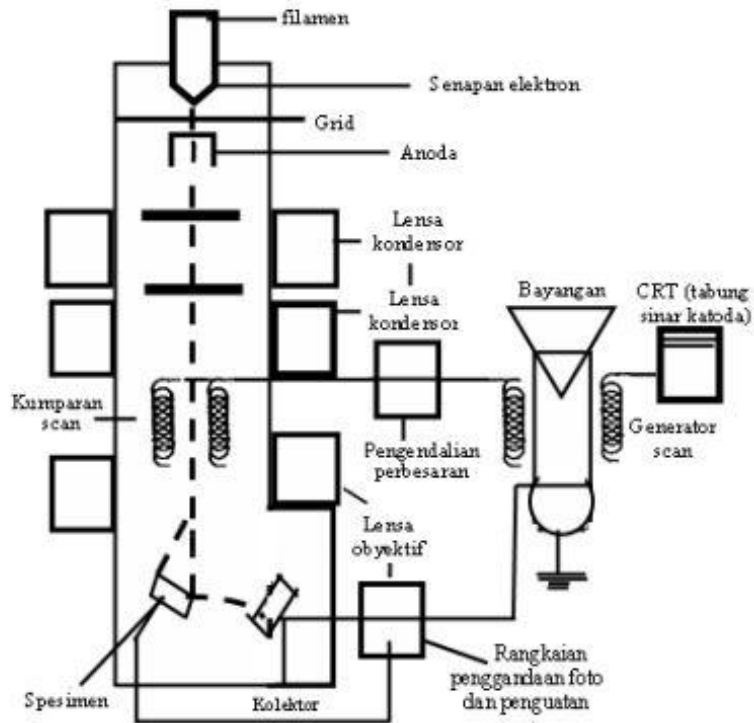
$$\sin^2 \theta = \frac{\lambda^2}{4d^2} \tag{26}$$

Persamaan (26) kemudian dikenal dengan hukum Bragg.

Struktur kristal ditentukan dengan difraksi sinar-X. Prinsip dasar XRD yaitu mendifraksi cahaya yang melalui celah kristal yaitu dengan asas hukum Bragg. Sampel yang akan dianalisis disinari oleh sinar-X dan terjadi difraksi. Intensitas difraksi ditangkap oleh suatu sensor bergerak mengitari sampel dan diukur intensitas sinar-X pada titik titik (sudut) yang dilewati. Besaran intensitas pada sudut-sudut tertentu menunjukkan sistem kristal dari sampel. Penentuan orientasi kristal dilakukan dengan mengamati pola berkas difraksi sinar-X yang dipantulkan oleh kristal. Untuk XRD, pola difraksi diamati sebagai fungsi sudut 2θ . Pola difraksi yang terjadi kemudian dibandingkan dengan JCPDS sebagai standar.

2. SEM (Scanning Electron Microscopy)

SEM (*Scanning Electron Microscopy*) digunakan untuk mengetahui morfologi permukaan bahan. Karakteristik bahan menggunakan SEM dimanfaatkan untuk melihat struktur topografi, ukuran butiran, cacat struktural dan komposisi pencemaran suatu bahan. Hasil yang diperoleh dari karakterisasi ini yaitu berupa *scanning electron micrograph* yang menyajikan bentuk tiga dimensi berupa gambar atau foto. SEM digunakan untuk mempelajari struktur permukaan obyek, yang secara umum diperbesar antara 1.000 sampai 40.000 kali.



Gambar 16. Skema Dasar SEM (Smallman, 2000: 157)

Pada Gambar 16 merupakan skema dasar SEM. Sumber elektron dari filamen yang terbuat dari *tungsten* memancarkan berkas elektron. Berkas elektron difokuskan oleh satu atau dua lensa kondensor ke titik yang diameternya sekitar $0,4 \text{ nm}$ sampai 5 nm . Permukaan bahan yang dikenai berkas elektron akan memantulkan kembali berkas tersebut atau menghasilkan elektron sekunder kesegala arah. *Scanning* pada permukaan bahan yang dikehendaki dapat dilakukan dengan mengatur *scanning generator* dan *scanning coils*. Elektron sekunder hasil interaksi antara elektron dengan permukaan bahan ditangkap oleh detektor kemudian diubah menjadi sinyal listrik. sinyal listrik ini diperkuat oleh penguat (*amplifier*) yang kemudian

divisualisasikan dalam monitor sinar katoda (CRT) (Smallman dan Bishop, 1999: 44).

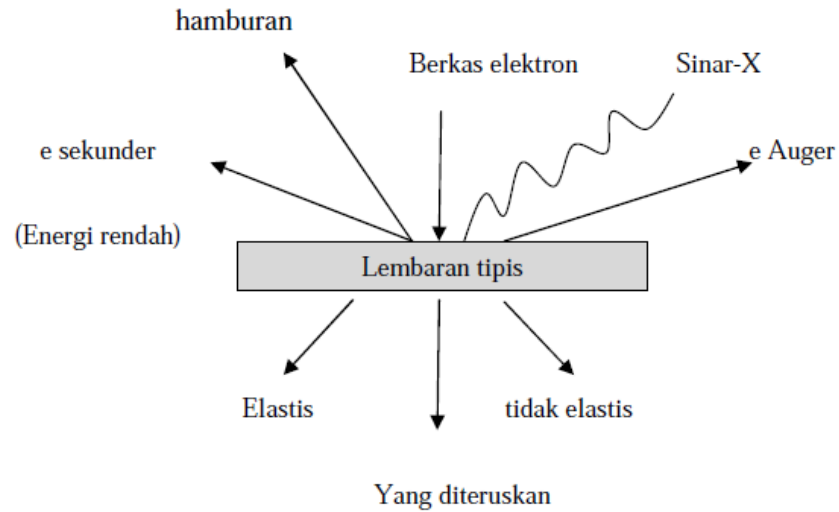
Foto SEM yang dihasilkan, terdiri dari partikel-partikel. Ukuran partikel tersebut bervariasi dari yang sangat kecil hingga cukup besar. Diameter ukuran partikel, dapat diukur dengan dengan bantuan beberapa program dalam windows seperti Paint, MS Excel dan Program Origin Lab, sehingga diameter rata-rata partikel dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\bar{D} = D_p \exp\left(\frac{\sigma^2}{2}\right) \text{ (Abdullah dkk, 2010: 19)} \quad (27)$$

3. EDS (Energy Dispersive Spectroscopy)

EDS (*Energy Dispersive Spectroscopy*) digunakan untuk menentukan komposisi kimia suatu bahan. Sistem analisis EDS bekerja sebagai fitur yang terintegrasi dengan SEM dan tidak dapat bekerja tanpa SEM. Prinsip kerja dari EDS adalah menangkap dan mengolah sinyal fluoresensi sinar-X yang keluar apabila berkas elektron mengenai daerah tertentu pada bahan (*specimen*). Ketika elektron berinteraksi dengan bahan, maka elektron tersebut sebagian akan dihamburkan dan sebagian akan diteruskan menembus bahan (*specimen*). Elektron yang dihamburkan akan mengelilingi inti atom bahan. Elektron tersebut akan terpental keluar dari sistem sehingga terjadi

kekosongan yang akan diisi oleh elektron dari kulit yang diluarnya (Utomo, 2015).



Gambar 17. Skema Dasar EDS (Smallman dan Bishop, 1999: 151)

Pada Gambar 17 merupakan skema dasar dari EDS yang menunjukkan mengenai hamburan elektron-elektron apabila mengenai bahan (specimen). Interaksi antara elektron dengan atom pada bahan akan menghasilkan pelepasan elektron energi rendah, foton sinar-X dan elektron Auger. Hal-hal tersebut yang kemudian dapat digunakan untuk mengkarakterisasi material. (Smallman, 1999: 156).

Elektron sekunder merupakan elektron yang dipancarkan dari permukaan kulit atom terluar, dihasilkan dari interaksi berkas elektron jatuh dengan padatan sehingga mengakibatkan terjadinya loncatan elektron yang terikat lemah dari pita konduksi. Sedangkan elektron Auger merupakan

elektron dari kulit orbit terluar yang dikeluarkan dari atom ketika elektron tersebut menyerap energi yang dilepaskan oleh elektron lain yang jatuh ke tingkat energi yang lebih rendah.

Sinar-X yang dipancarkan dapat dideteksi dengan detektor zat padat yang dapat menghasilkan spektrum energi sinar-X. Spektrum tersebut merupakan hasil penembakan berkas elektron pada target (bahan) yang menyebabkan atom-atom pada bahan mengalami eksitasi dan ionisasi sehingga atom-atom pada target tidak stabil. Hasil EDS berupa spektrum yang disajikan dalam bentuk histogram, dimana sumbu horizontal menunjukkan energi dan sumbu vertikal menunjukkan intensitas. Puncak energi pada histogram menunjukkan intensitas atom pada unsur tertentu, sehingga semakin tinggi spektrum pada suatu puncak energi, maka semakin tinggi konsentrasi unsur pada sampel (Vaughan, 1999: 33).

G. Detektor Inframerah

Dengan berkembangnya ilmu pengetahuan, teknologi dan kebutuhan hidup, berbagai bahan oksida logam terus dikembangkan. Salah satunya adalah SnTe (*Stannum Tellurium*). Bahan SnTe memiliki sensitivitas yang tinggi dan respon yang cepat, sehingga dikenal sebagai bahan untuk detektor inframerah. Detektor inframerah merupakan detektor yang bereaksi dengan radiasi inframerah. Daerah inframerah pada spektrum gelombang elektromagnetik mencakup bilangan gelombang yang besarnya

14.000 cm^{-1} hingga

10 cm^{-1} .

(www.digilib.itb.ac.id/files/disk1/622/jbptitbpp).

Detektor inframerah merupakan komponen elektronika yang dapat mengidentifikasi cahaya inframerah. Detektor inframerah saat ini ada yang dibuat khusus dalam satu module dan dinamakan sebagai *IR Detector Photomodules*. *IR Detector Photomodules* merupakan sebuah chip detektor inframerah digital yang didalamnya terdapat fotodiode dan penguat (*amplifier*). Salah satu jenis *IR Detector Photomodules* yaitu TSOP (*Temic Semiconductors Optoelectronics Photomodules*). TSOP mempunyai berbagai macam tipe sesuai dengan frekuensi carriernya yaitu antara 30 kHz sampai dengan 56 kHz. Detektor inframerah jenis TSOP ini memiliki fitur-fitur utama yaitu (<http://www.elektonika-dasar.web.id/infra-red-ir-detektor-sensor-infra-merah>):

- a. Fotodiode dan penguat dalam satu chip.
- b. Keluaran aktif rendah.
- c. Konsumsi daya rendah.

Detektor inframerah jenis TSOP merupakan penerima inframerah yang telah dilengkapi filter frekuensi 30-56 kHz, sehingga penerima langsung mengubah frekuensi tersebut menjadi logika 0 dan 1. Jika detektor inframerah jenis TSOP menerima frekuensi carrier tersebut, maka pin keluarannya akan berlogika 1. Sebaliknya, jika tidak menerima frekuensi carrier tersebut, maka

keluaran detektor inframerah akan berlogika 1. (<http://www.elektronika-dasar.web.id/infra-red-ir-detektor-sensor-infra-merah>).

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

1. Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan mulai bulan September 2016 sampai dengan bulan April 2017.

2. Tempat Penelitian

- a. Tahap preparasi penumbuhan lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ dengan metode evaporasi vakum dilaksanakan di Laboratorium Material FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta.
- b. Tahap karakterisasi untuk mengetahui struktur kristal lapisan tipis dengan menggunakan *X-ray diffraction* (XRD) dilaksanakan di Laboratorium Kimia FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta.
- c. Tahap karakterisasi untuk mengetahui struktur morfologi dengan menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dan komposisi kimia lapisan tipis dengan menggunakan *Energy Dispersive Spectroscopy* (EDS)

dilaksanakan di Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu (LPPT)
Universitas Gadjah Mada.

B. Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Variabel Bebas adalah variabel yang mempengaruhi atau yang menyebabkan terjadinya perubahan.
 - a. *Spacer* (Jarak material sumber dengan substrat).
2. Variabel Terikat adalah faktor-faktor yang diamati untuk menentukan ada tidaknya pengaruh dari variabel bebas.
 - a. Struktur kristal.
 - b. Parameter kisi.
 - c. Komposisi kimia.
 - d. Morfologi permukaan.
3. Variabel Kontrol adalah variabel yang menyebabkan hubungan variabel bebas dan variabel terikat tetap konstan.
 - a. Bahan *filament* atau *crucible* yang digunakan.
 - b. Tekanan vakum (4×10^{-5} mbar).
 - c. Massa bahan (0,2 gram).
 - d. Suhu pemanas.

- e. Suhu substrat (350 °C).

C. Alat dan Bahan Penelitian

1. Peralatan Penelitian

Peralatan yang dipergunakan dalam penelitian ini terdiri dari perangkat preparasi dan perangkat karakterisasi kristal bahan semikonduktor lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$, yang terdiri dari :

- a. Perangkat preparasi bahan semikonduktor $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ dengan metode Evaporasi vakum.
 - 1. Pompa vakum, terdiri dari pompa rotari sekat untuk melakukan pemvakuman suatu ruangan dan pompa difusi untuk pemvakuman pada tekanan yang lebih rendah dibandingkan kerja pompa rotari sekat.
 - 2. Sistem Evaporator, adalah alat utama yang digunakan dalam preparasi lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$.
 - 3. Alat Pemanas, didalam sistem evaporasi terdapat *slide regulator* yang merupakan pengatur tegangan sebagai pemanas.

4. Timbangan, timbangan yang digunakan merupakan timbangan digital dengan ketelitian 0,01 gram dan digunakan untuk menimbang banyak massa yang diperlukan untuk proses preparasi.
 5. Penggerus, merupakan alat yang digunakan untuk menggerus bahan yang masih berbentuk padat.
 6. *Furnace*, merupakan alat yang digunakan pengontrol suhu substrat saat evaporasi yang dipasangkan pada pemanas substrat.
 7. Pompa Pendingin, alat yang digunakan sebagai sirkulasi pendinginan pompa.
 8. Multimeter, digunakan untuk mengontrol alat evaporasi apabila terjadi hubungan arus pendek.
 9. Mannometer penning, berfungsi untuk mengetahui dan mengontrol tekanan pada ruang vakum pada saat pemompaan baik dengan pompa rotari maupaun pompa difusi.
- b. Peralatan Karakterisasi Bahan Semikonduktor $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$
1. XRD (*X-Ray Diffraction*), XRD digunakan untuk mengetahui struktur kristal yang terbentuk dari hasil preparasi bahan semikonduktor $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ dengan merk Mesin XRD seri Multiflex, Rigaku.
 2. SEM (*Scanning electron Microscopy*) digunakan untuk mengetahui morfologi bahan semikonduktor $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ yang terbentuk dan EDS (*Energy Dispersive Spectroscopy*) digunakan untuk mengetahui komposisi

kimia bahan semikonduktor $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ yang terbentuk. Mesin SEM-EDS yang digunakan bermerk JEOL JSM-6510LA.

2. Bahan Penelitian

$\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ massif hasil preparasi dengan teknik Briedgman (Annisa Dyah Auliasari).

D. Langkah Pengambilan Data

Pengambilan data pada penelitian ini dibagi menjadi dua tahap. Tahap pertama yaitu tahap persiapan dan pelaksanaan preparasi. Untuk Tahap kedua adalah tahap karakterisasi material bahan semikonduktor lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ untuk mengetahui struktur kristal, morfologi permukaan dan komposisi kimia yang merupakan hasil preparasi dengan menggunakan teknik evaporasi vakum, adapun tahap-tahap tersebut adalah sebagai berikut :

1. Tahap Persiapan

- a. Mempersiapkan bahan yang akan dipreparasi yaitu Sn, Se dan Te.
- b. Memotong kaca dengan menggunakan ukuran (1,5 x 2) cm.
- c. Membersihkan kaca preparat yang telah dipotong-potong dengan menggunakan alkohol.

- d. Menempatkan kaca preparat yang telah dipotong tersebut didalam *furnace* pada suhu 100°C selama \pm 15 menit.
- e. Menimbang bahan yang akan dipreparasi (Sn,Se,Te) dengan menggunakan timbangan digital sesuai dengan komposisinya.
- f. Membuka *chamber* pada sistem evaporator kemudian memasukkan bahan yang akan dipreparasi kedalam crucible yang telah dipasang.
- g. Memasang *spacer* dengan jarak yang diinginkan.
- h. Meletakkan kaca preparat pada holder.
- i. Memasang pemanas susbtrat.
- j. Menghubungkan kabel dari *slide regulator* ke pemanas substrat.
- k. Menutup kembali *chamber* serapat mungkin.

2. Tahap Preparasi Bahan

- a. Menghidupkan pompa rotari dan membuka katup pertama pada posisi *rough valve system* dan menunggunya sekitar 10 menit.
- b. Menghidupkan pompa difusi dengan mengatur slide regulator sampai dengan tegangan 210 volt dan menunggu selama 30 menit.
- c. Membuka atau menggeser katup dari posisi *rough valve system* ke posisi *back valve* selama 10 menit.
- d. Membuka katup ketiga atau *baypass valve system* selama 10 menit. Setelah 10 menit katup digeser ke posisi semula, yaitu *rough valve system*

dan 10 menit sebelum membuka *bypass valve system* memutar kembali ke posisi *back valve system*.

- e. Menghidupkan *manometer penning* serta mengamati tekanannya.
- f. Memanaskan pemanas substrat dengan menghidupkan dan mengatur *slide regulator* satu, sampai dengan tegangan 25 volt untuk memperoleh suhu pemanas substrat yang dikehendaki.
- g. Setelah mendapatkan nilai tekanan yang stabil maka evaporasi telah siap untuk dilaksanakan.
- h. Menghidupkan dan mengatur *slide regulator* secukupnya sehingga bahan yang terpasang pada filamen dan *crucible* akan habis menguap.
- i. Setelah proses evaporasi selesai, mengatur *slide regulator* 2 untuk pemanasan sehingga bahan yang berada didalam *crucible* menguap habis. Setelah itu, *slide regulator* 2 diatur diposisi nol lalu dimatikan. Pembaca suhu juga dimatikan.
- j. Menutup katup ketiga atau *bypass valve system* ke posisi F dari posisi nol. Kemudian memutar *slide regulator* 1 ke posisi nol lalu dimatikan.
- k. Mematikan manometer penning dan menunggu selama 45 menit sampai pompa difusi mendingin.
- l. Setelah pompa difusi dingin kemudian mengatur atau menggeser katup pada posisi stop.
- m. Mematikan pompa rotari sekat dan pompa air.

- n. Tahap preparasi telah selesai dan menunggu selama 24 jam untuk melihat hasil preparasi tersebut.
- o. Melakukan kembali langkah poin (a) sampai (n) dengan variasi spacer yang diinginkan (10 cm, 15cm dan 25cm).

3. Tahap Pengambilan Preparasi

- a. Membuka dan mengendorkan katup/pensil sehingga tekanan udara didalam *chamber* menjadi normal.
- b. Membuka penutup *chamber* dan melepas *chamber* dari dudukannya.
- c. Melepas kabel yang terhubung pada pemanas susbtrat.
- d. Melepas pemanas substrat.
- e. Melepas dan mengambil holder.
- f. Mengambil hasil preparasi lapisan tipis dan memasukkannya kedalam wadah tertutup rapat agar tidak terjadi oksidasi pada hasil preparasi lapisan tipis tersebut.
- g. Menutup kembali chamber dan mengencangkan kembali katup/pentilnya.

E. Tahap Karakterisasi Bahan Hasil Preparasi

Penelitian tahap ini meliputi karakterisasi lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ yang terbentuk dengan menggunakan XRD, SEM dan EDS.

1. Karakterisasi Menggunakan XRD

Mesin XRD yang digunakan bermerk Miniflex 600 Rigaku dengan tabung Cu yang menghasilkan sinar-X dengan panjang gelombang 1,54059 Å. XRD digunakan untuk mengetahui struktu lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ yang dihasilkan melalui metode evaporasi vakum. Langkah- langkah pelaksanaan karakterisasi dengan menggunakan XRD adalah :

- a. Mempersiapkan sampel yang akan dikarakterisasi.
- b. Membersihkan tempat sampel dari debu-debu dan memasukkan sampel yang telah disiapkan kedalam tempat sampel, selanjutnya memasang sampel pada *specimen chamber* mesin XRD dan mencetak hasil analisis.
- c. Menganalisis data yang diperoleh dari XRD.

2. Karakterisasi Menggunakan SEM dan EDS

SEM dan EDS digunakan untuk mengetahui morfologi dan komposisi kimia bahan paduan $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$. Pada karakterisasi SEM ini diperoleh hasil data yang berupa gambar atau foto. Langkah-langkah yang dilakukan dalam karakterisasi menggunakan SEM dan EDS adalah sebagai berikut :

- a. Memotong sampel hasil preparasi, lalu menempelkan sampel yang sudah dipotong pada tempat sampel dan mengelemnya dengan menggunakan lem konduktif.
- b. Memanaskan sampel tersebut menggunakan *water heater* untuk mengeringkan lem konduktif tersebut.

- c. Membersihkan sampel dari debu-debu yang menempel dengan *hand blower*.
- d. Melapisi sampel dengan *gold poladium* dengan menggunakan Ion Sputter JFC 1100.
- e. Meletakkan sampel yang sudah dilem tersebut kedalam mesin SEM dan EDS dan mencetak hasil analisisnya.
- f. Melakukan pengamatan dan pemotretan pada titik yang diinginkan, kemudian menyimpan data tersebut kedalam sebuah file.

F. Teknik Analisis Data

Data yang telah diperoleh dari karakterisasi XRD berupa difraktogram. Difraktogram ini menunjukkan intensitas sebagai fungsi sudut difraksi (2θ). Hasil tersebut kemudian akan dicocokkan dengan data standard yang berasal dari data JCPDS (*Joint Committee on Powder Diffraction Standard*), sehingga diperoleh bidang-bidang hkl dari sampel. Nilai parameter kisi dapat diperoleh dengan menggunakan metode analitik. Difraktogram dan parameter kisi antara ketiga sampel $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ dibandingkan untuk mengetahui pengaruh perbedaan (*spacer*) jarak sumber dengan substrat yang divariasikan.

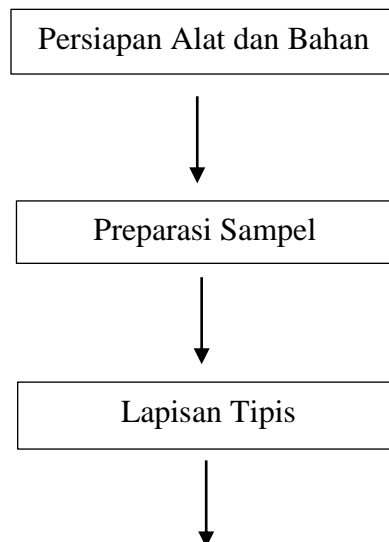
Data yang diperoleh dari hasil karakterisasi SEM berupa foto morfologi permukaan lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ yang terbentuk. Dari foto

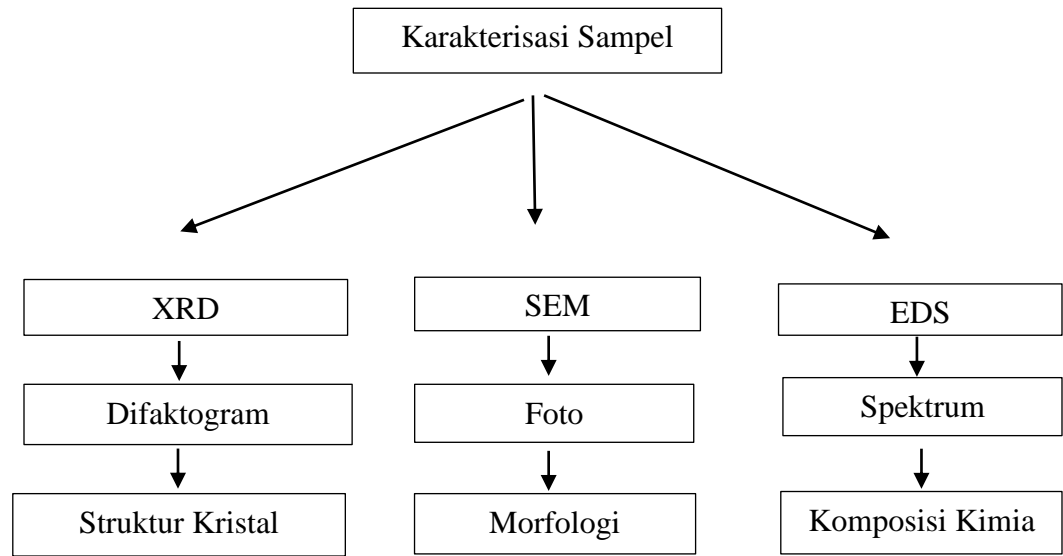
tersebut kemudian diamati bentuk dan ukuran butiran-butiran (grain) melalui berbagai perbesaran.

Data yang diperoleh dari hasil karakterisasi EDS berupa spektrum yang menunjukkan hubungan antara intensitas terhadap energi. Dari spectrum tersebut kemudian dilakukan analisis kualitatif untuk mengetahui jenis unsur yang terkandung dalam sampel dan analisa kuantitatif untuk mengetahui komposisi atom unsur-unsur yang terkandung dalam sampel.

G. Diagram Alir Tahap Penelitian

Langkah-langkah penelitian ini dapat ditunjukkan melalui diagram alir tahapan penelitian pada gambar berikut :





Gambar 18. Diagram Alir Tahap Penelitian

BAB IV

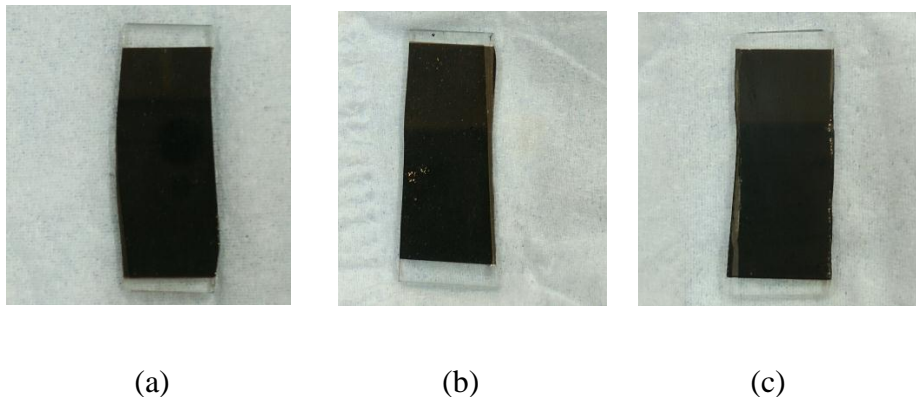
HASIL dan PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Penelitian ini menghasilkan tiga sampel lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ dengan menggunakan metode evaporasi vakum. Pada penelitian ini, penumbuhan lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ dilakukan pada substrat kaca. Sebelum dilakukan deposisi, terlebih dahulu substrat kaca dibersihkan dengan menggunakan alkohol dan aquades. Setelah itu, dimasukkan kedalam *furnace*. Substrat kaca diletakkan pada holder dan jaraknya terhadap bahan diatur dengan menggunakan *spacer* (jarak material sumber dengan substrat).

Proses deposisi lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ dimulai dengan melakukan pemvakuman ruangan di sekitar bahan dan substrat. Kemudian melakukan pemanasan serbuk Sn, Se dan Te dengan perbandingan molar 1 : 0,2 : 0,8 dipanaskan hingga semua bahan melebur lalu menguap dan terdeposisi pada substrat kaca. Pendeposisian lapisan tipis dilakukan sampai serbuk $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ yang berada dalam *crucible* habis.

Pada penelitian ini, parameter yang divariasi adalah *spacer* yang merupakan jarak antara *crucible* yang berisi serbuk $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ dengan substrat kaca yang digunakan sebagai tempat pendeposisian lapisan tipis. Variasi *spacer* ini dilakukan untuk mengetahui apakah perbedaan *spacer* yang digunakan berpengaruh terhadap kualitas kristal yang terbentuk. Lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ yang terbentuk dapat dilihat pada Gambar 19.



Gambar 19. Hasil Preparasi Lapisan Tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$. (a) Sampel 1 dengan *spacer* 10 cm , (b) Sampel 2 dengan *spacer* 15 cm , (c) Sampel 3 dengan *spacer* 25 cm.

Hasil ketiga sampel lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ tidak jauh berbeda bentuk fisiknya. Ketiga sampel tersebut berwarna coklat kehitam-hitaman. Untuk mengetahui pengaruh variasi *spacer* yang digunakan, maka ketiga sampel tersebut dikarakterisasi dengan menggunakan XRD (*X-Ray Diffraction*) untuk memperoleh struktur kristal dan parameter kisi. Selanjutnya karakterisasi SEM (*Scanning Electron Misroscopy*) digunakan untuk mengetahui morfologi permukaan dan EDS (*Energy Dispersive Spectrometry*) digunakan untuk mengetahui komposisi kimia.

B. Pembahasan

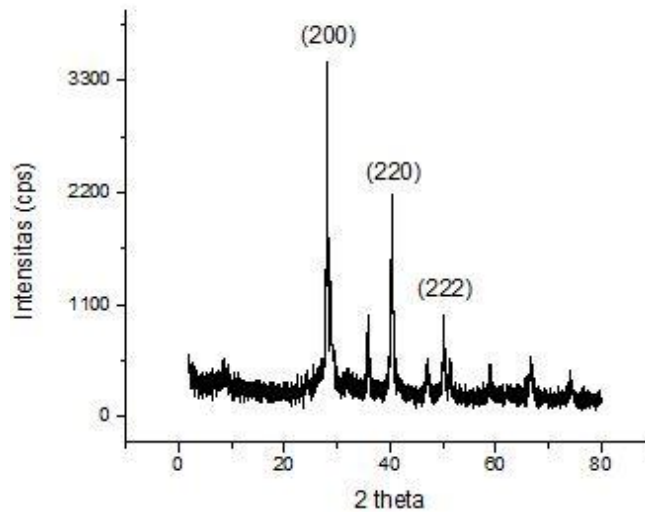
1. Karakterisasi Struktur Kristal dan Parameter Kisi Lapisan Tipis $\text{S}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ Menggunakan XRD (*X-Ray Diffraction*)

Karakterisasi XRD (*X-Ray Diffraction*) digunakan untuk mengetahui struktur kristal dan parameter kisi lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$. Prinsip kerja XRD yaitu sinar-X dikenakan pada sampel dengan panjang gelombang tertentu sehingga akan terjadi difraksi gelombang untuk bidang yang berjarak d dan sudut 2θ yang memenuhi *difraksi Bragg*. Karakterisasi XRD dilakukan pada ketiga sampel lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$. Untuk sampel 1 yaitu dengan *spacer* 10 cm, sampel 2 dengan *spacer* 15 cm dan sampel 3 dengan *spacer* 25

cm. Sumber yang digunakan pada karakterisasi XRD adalah sumber dengan panjang gelombang (λ) sebesar $1,5406 \text{ \AA}$, tegangan operasi sebesar 40kV dan arus operasi 15mA.

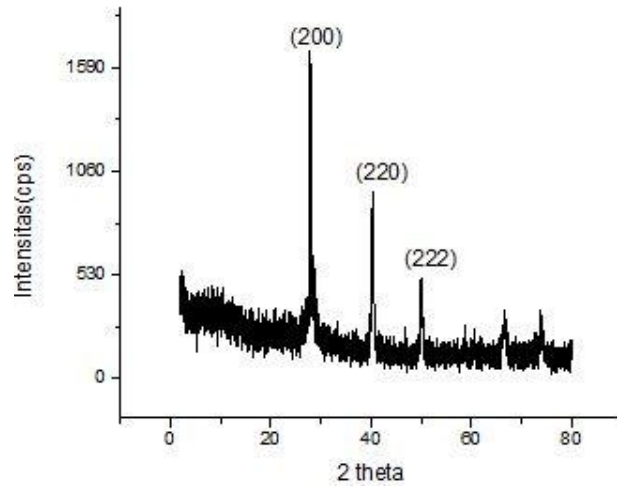
Data yang dihasilkan dari karakterisasi XRD ketiga sampel lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ berupa *difraktogram*, yaitu grafik antara intensitas (I) puncak spektrum dan sudut hamburan (2θ). Difraktogram yang dihasilkan dari karakterisasi XRD sebagai berikut :

1. Difraktogram lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ sampel 1 dengan *spacer* 10 cm.



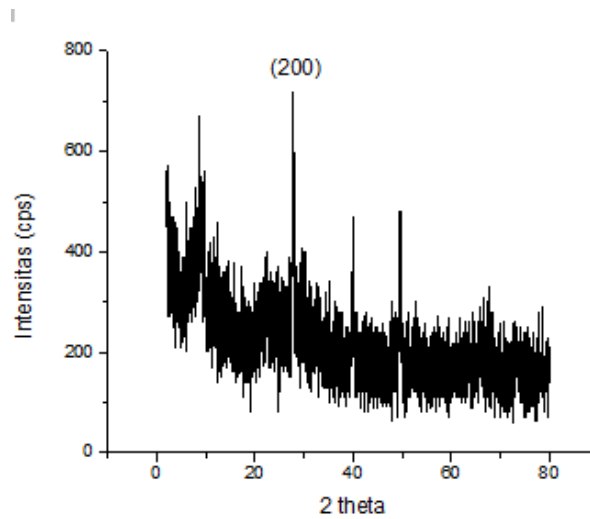
Gambar 20. Difraktogram lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ sampel 1 dengan *spacer* 10 cm

2. Difraktogram lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ sampel 2 dengan *spacer* 15 cm.



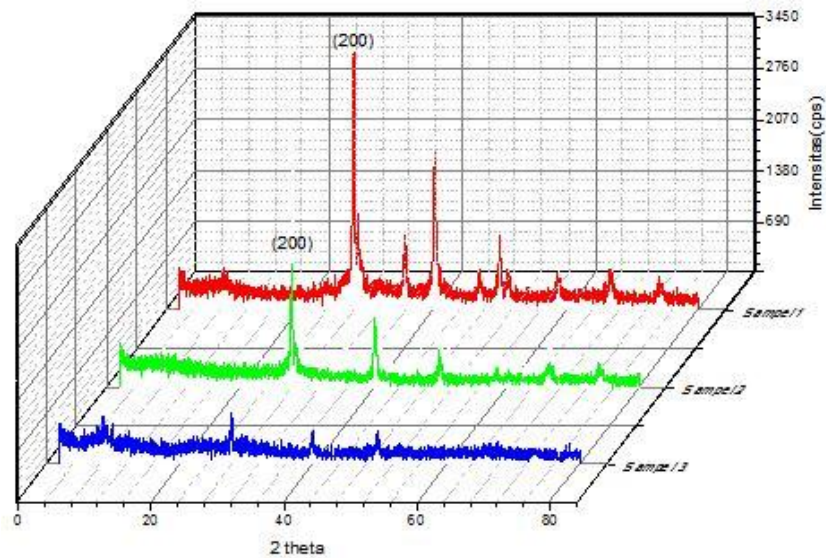
Gambar 21. Difaktogram lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ sampel 2 dengan *spacer* 15 cm.

3. Difaktogram lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ sampel 3 dengan *spacer* 25 cm.



Gambar 22. Difraktogram lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ sampel 3 dengan *spacer* 25 cm.

4. Penggabungan difraktogram lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ sampel 1, sampel 2 dan sampel 3.



Gambar 23. Difraktogram lapisan tipis Sn($Se_{0,2}Te_{0,8}$) sampel 1, sampel 2 dan sampel 3.

Gambar 23 merupakan gabungan difraktogram lapisan tipis Sn($Se_{0,2}Te_{0,8}$) dari sampel 1, sampel 2 dan sampel 3. Hal ini dilakukan untuk mempermudah dalam membandingkan ketiga sampel tersebut. Pada Gambar 23 menunjukkan perbedaan dari ketiga difraktogram. Hal itu ditunjukkan dengan perbedaan nilai intensitas yang muncul pada tiap-tiap puncaknya. Pada sampel 1 dengan *spacer* 10 cm, memiliki nilai intensitas yang paling tinggi dibandingkan dengan sampel 2 dan sampel 3 dengan puncak tertinggi dari ketiga difraktogram terletak pada 2θ yaitu sekitar 28° . Intensitas atau puncak pada difraktogram menunjukkan keteraturan atom-atom pada kristal lapisan tipis. Semakin tinggi nilai intensitas yang dihasilkan, maka semakin baik keteraturan atom-atom pada lapisan tipis. Pada Gambar 23, intensitas tertinggi ditunjukkan pada sampel 1 dengan *spacer* 10 cm, intensitas sedang

ditunjukkan pada sampel 2 dengan *spacer* 15 cm dan intensitas terendah ditunjukkan pada sampel 3 dengan *spacer* 25 cm. Sehingga dapat dikatakan bahwa variasi nilai *spacer* berpengaruh terhadap kualitas lapisan tipis yang terbentuk. Maka dari ketiga sampel tersebut yang memiliki susunan atom lebih teratur adalah sampel 1 dengan *spacer* 10 cm, karena memiliki intensitas puncak yang paling tinggi.

Data yang telah dihasilkan dari karakterisasi XRD kemudian dicocokkan dengan data standar JCPDS (*Joint Commite on Powder Diffraction Standard*) dari SnTe, karena komposisi Te yang lebih besar dari Se. Pada data standar JCPDS, kristal SnTe memiliki struktur kristal kubik. Sistem kristal kubik memiliki parameter kisi $a=b=c$ dan $\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$. Data dari karakterisasi XRD dibandingkan dengan data JCPDS untuk mengetahui Indeks Miller (hkl) pada puncak-puncak difraksi yang terbentuk pada difraktogram. Berikut ini merupakan data XRD lapisan Tipis Sn($Se_{0,2}Te_{0,8}$) dengan data JCPDS SnTe :

Tabel 2. Perbandingan data XRD lapisan tipis Sn($Se_{0,2}Te_{0,8}$) sampel 1 (*spacer* 10 cm) dengan data JCPDS bahan SnTe

Peak	Sn($Se_{0,2}Te_{0,8}$) sampel 2		JCPDS Bahan Sn Te		hkl
	2θ (°)	I Relatif	2θ (°)	I Relatif	
1	28,129	100	28,309	100	200
2	40,33	128	40,415	50	220
3	50,183	41	50,019	16	222
4	58,84	14	58,477	10	400

5	66,58	29	66,227	16	420
---	-------	----	--------	----	-----

Tabel 3. Perbandingan data XRD lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ sampel 2 (*spacer* 15 cm) dengan data JCPDS bahan SnTe

Peak	$\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ sampel 1		JCPDS Bahan Sn Te		hkl
	2θ (°)	I Relatif	2θ (°)	I Relatif	
1	27,947	100	28,309	100	200
2	40,20	72	40,415	50	220
3	50,23	29	50,019	16	222
4	66,70	28	66,227	16	420
5	73,88	23	73,526	8	422

Tabel 4. Perbandingan data XRD lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ sampel 3 (*spacer* 25 cm) dengan data JCPDS bahan SnTe

Peak	$\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ sampel 2		JCPDS Bahan Sn Te		hkl
	2θ (°)	I Relatif	2θ (°)	I Relatif	
1	27,84	100	28,309	100	200

Berdasarkan tabel diatas, dapat diketahui bahwa puncak-puncak hasil XRD yang memiliki nilai 2θ tidak jauh berbeda dengan data dari JCPDS, sehingga dapat dikatakan ketiga sampel tersebut memiliki struktur kubik. Nilai hkl yang diperoleh dari JCPDS dapat digunakan untuk menentukan parameter kisi lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$. Metode yang digunakan untuk

mementukan parameter kisi lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ yaitu metode analitik, dan diperoleh parameter kisi seperti pada Tabel 5.

Tabel 5. Parameter kisi lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ sampel 1, sampel 2, sampel 3 dengan data JCPDS SnTe .

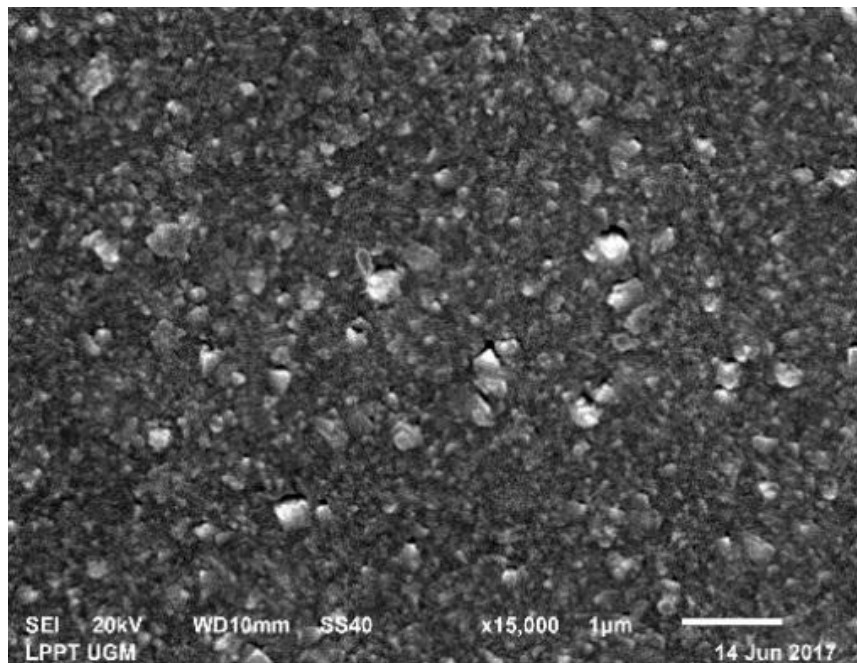
Parameter kisi	Sampel $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$			JCPDS
	1 (10cm)	2(15 cm)	3(25 cm)	
a (Å)	6,34	6,38	6,40	6,30

Berdasarkan tabel 5 diatas, dapat diketahui bahwa nilai parameter kisi lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ dari hasil analisis dan data JCPDS tidak jauh berbeda, sehingga dapat dikatakan bahwa variasi *spacer* tidak mempengaruhi parameter kisi dan struktur kristal lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$.

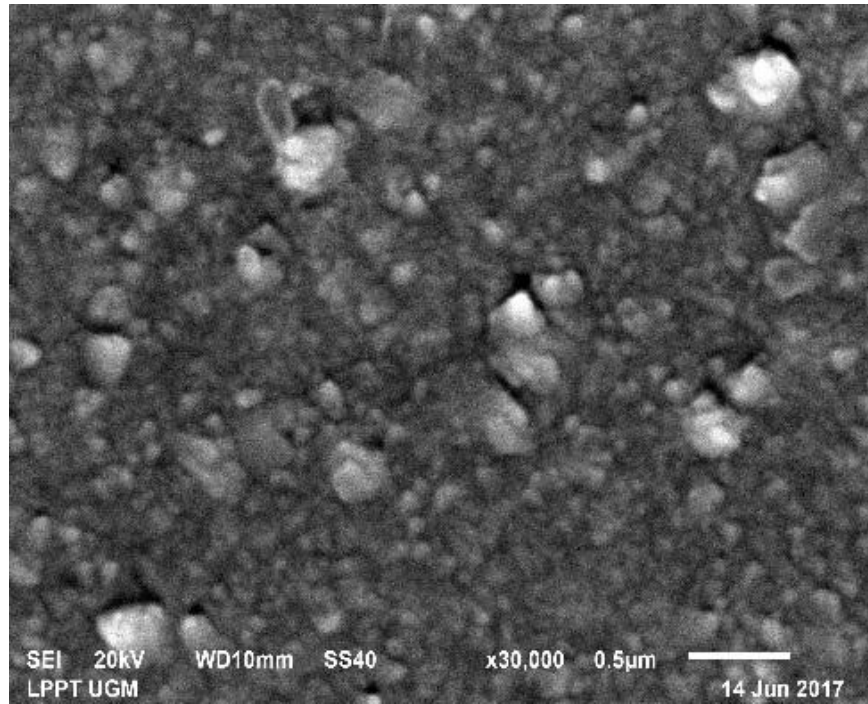
2. Karakterisasi Morfologi Permukaan Lapisan Tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ Menggunakan SEM (*Scanning Microscopy*)

Karakterisasi SEM digunakan untuk mengetahui morfologi permukaan lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$. Pada penelitian ini, lapisan tipis yang dikarakterisasi menggunakan SEM adalah sampel 1 dengan *spacer* 10 cm dan sampel 2 dengan *spacer* 15 cm. Kedua sampel ini dipilih karena memiliki nilai parameter kisi yang tidak jauh berbeda dengan JCPDS dan juga memiliki nilai intensitas yang tinggi dibandingkan dengan sampel 3. Data yang dihasilkan dari karakterisasi SEM berupa foto permukaan lapisan tipis yang terbentuk. Berdasarkan hasil foto, maka

dapat diketahui homogenitas dari lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$. Berikut hasil karakterisasi SEM sampel 1 dan sampel 2 dengan perbesaran 15.000 kali dan 30.000 kali.

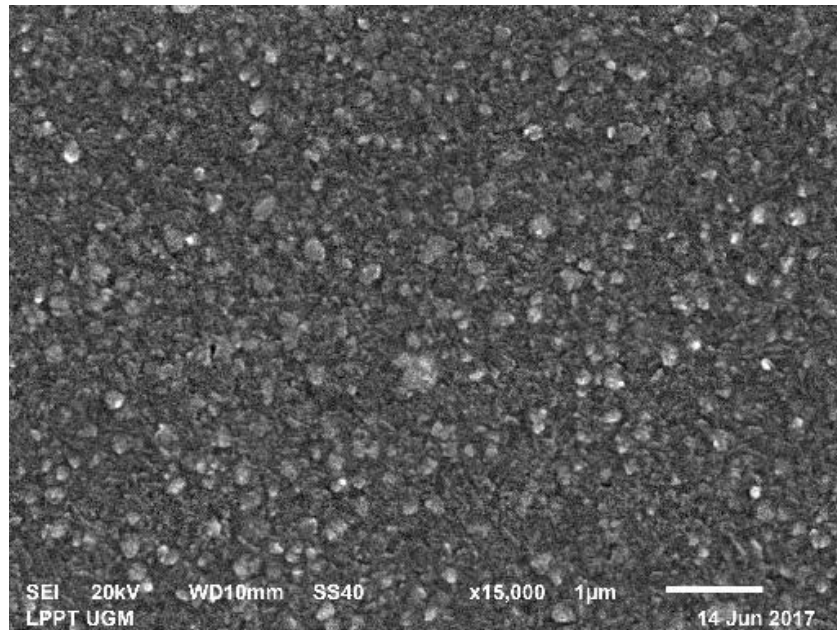


(a)

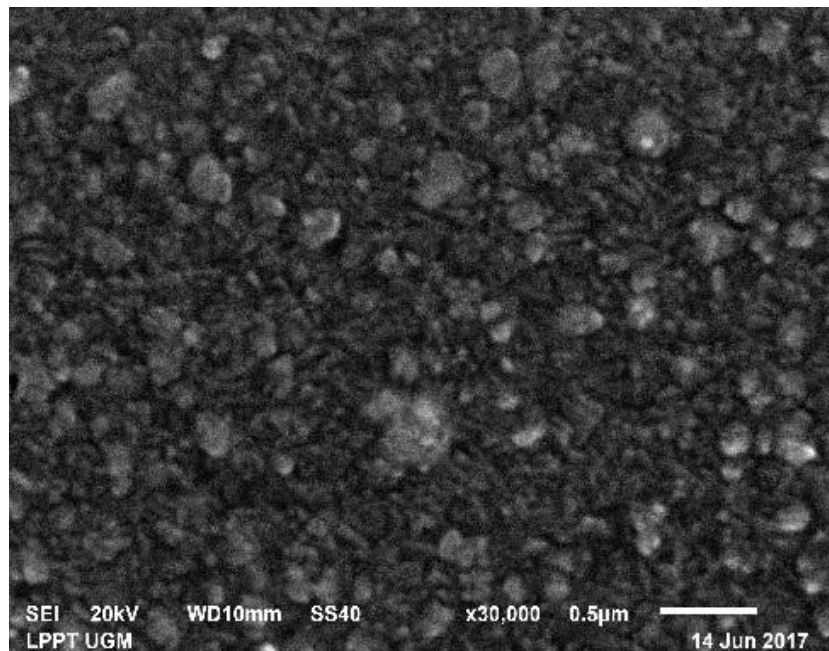


(b)

Gambar 24. Foto morfologi permukaan lapisan tipis Sn(Se_{0,2}Te_{0,8}) hasil karakterisasi SEM sampel 1 dengan perbesaran (a) 15.000 kali, (b) 30.000 kali



(a)



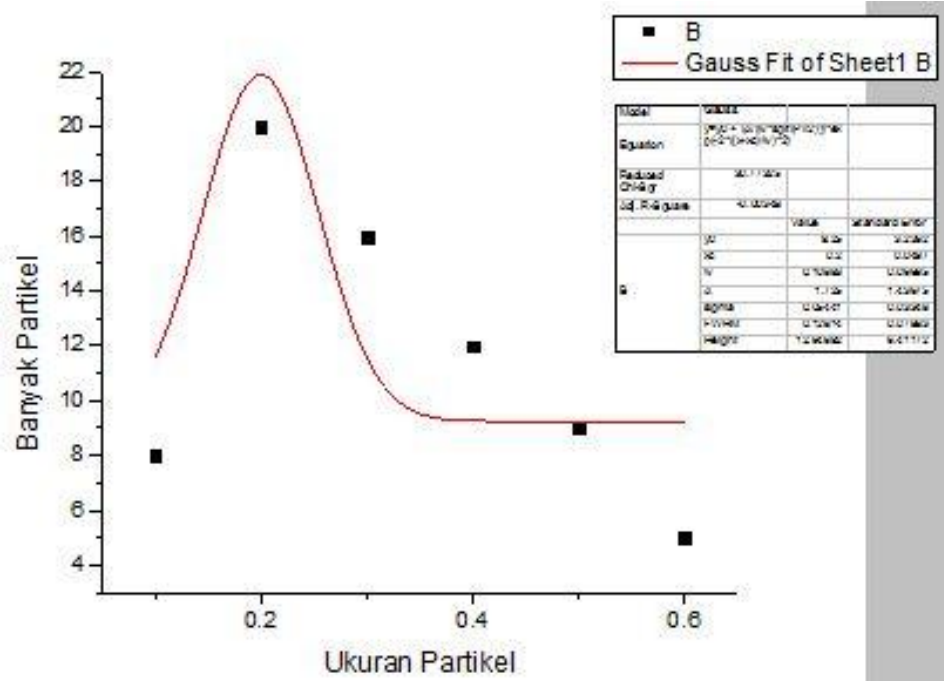
(b)

Gambar 25. Foto morfologi permukaan lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ hasil karakterisasi SEM sampel 2 dengan perbesaran (a) 15.000 kali, (b) 30.000 kali.

Berdasarkan foto yang dihasilkan dari karakterisasi SEM pada Gambar 24 dan Gambar 25, sampel 1 dan sampel 2 dengan perbesaran 30.000 kali terlihat *grain* yang berbentuk kotak-kotak hampir menyerupai kubus, hal ini sesuai dengan struktur kristal *kubik*, dimana nilai parameter kisinya sama, yaitu $a=b=c$. Selain itu juga terlihat adanya keseragaman warna dari kristal tersebut. Partikel pada hasil SEM diatas terlihat bervariasi dari yang sangat kecil hingga besar.

Dalam menentukan diameter rata-rata partikel dapat menggunakan program *Paint*, *Excel* serta *Origin Lab*. Hasil Foto SEM dibuka menggunakan aplikasi *Paint*, kemudian membrikan tanda dengan membuat titik putih disisi kanan dan kiri partikel. Setelah didapatkan data ukuran partikel, kemudian kedua sampel tersebut dibuat grafik menggunakan menggunakan aplikasi *Origin Lab* dengan plot Log Normal. Untuk sampel 1 hasilnya seperti pada Gambar 26 dan sampel 2 seperti pada Gambar 27.

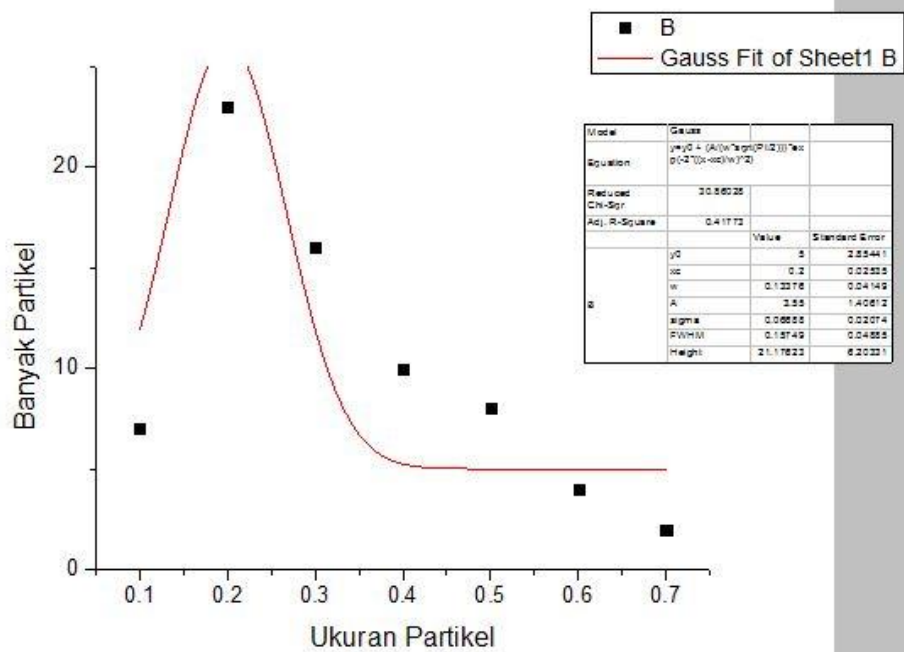
Sampel 1 dengan *spacer* 10 cm



Gambar 26. Grafik Hubungan Antara Jumlah Partikel dan Ukuran Partikel sampel 1 (*spacer* 10 cm).

Berdasarkan Gambar 26 diatas, dapat dilihat bahwa titik puncak tertinggi menunjukkan jumlah partikel pada ukuran tertentu. Pada grafik diatas menunjukkan bahwa pada sampel 1, butiran-butiran (*grain*) sebagian besar memiliki ukuran $0,2 \mu\text{m}$.

Sampel 2 dengan *spacer* 15 cm



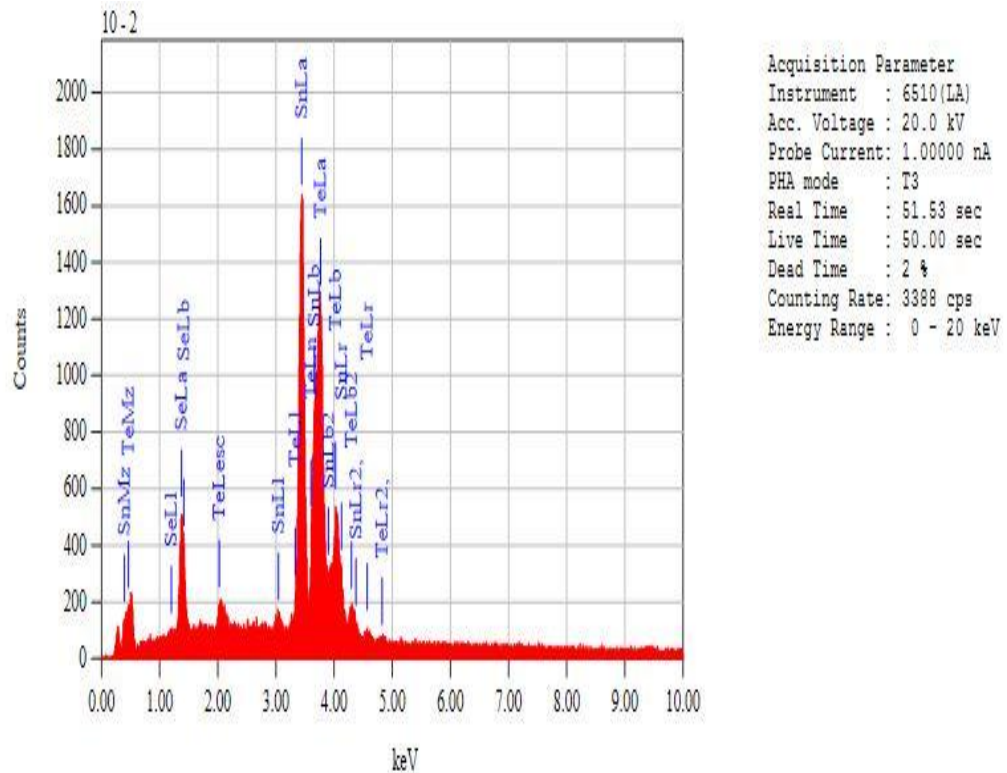
Gambar 27. Grafik Hubungan Antara Jumlah Partikel dan Ukuran Partikel sampel 2 (*spacer* 15 cm).

Berdasarkan Gambar 27 diatas, dapat dilihat bahwa titik puncak tertinggi menunjukkan banyaknya partikel pada ukuran tertentu. Pada grafik diatas menunjukkan bahwa pada sampel 2, butiran-butiran (*grain*) sebagian besar memiliki ukuran $0,2 \mu\text{m}$.

3. Karakterisasi Komposisi Kimia Lapisan Tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ Menggunakan EDS (*Energy Dispersive Spectroscopy*)

Karakterisasi EDS digunakan untuk mengetahui komposisi kimia lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$. Pada penelitian ini, lapisan tipis yang dikarakterisasi menggunakan EDS adalah sampel 1 dengan *spacer* 10 cm dan

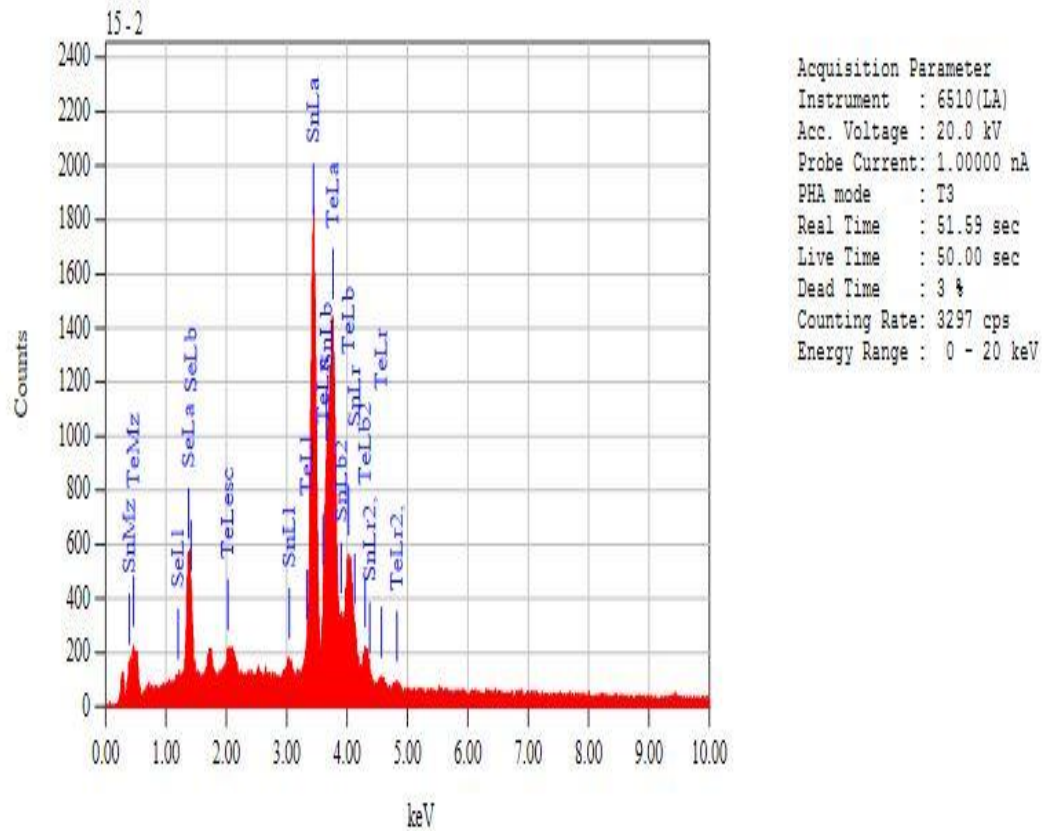
sampel 2 dengan *spacer* 15 cm. Sistem analisis EDS bekerja secara terintegrasi dengan SEM (*Scanning Electron Microscopy*) dan tidak dapat bekerja tanpa SEM. Hasil karakterisasi dari EDS berupa spektrum yang menunjukkan hubungan antara energi dengan intensitas, yang menyatakan hasil spektrum energi sinar-X. Hasil EDS yang dilakukan pada lapisan tipis Sn($\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8}$) sampe 1 dan sampel 2 dapat dilihat pada Gambar 28 dan Gambar 29.



ZAF Method Standardless Quantitative Analysis
 Fitting Coefficient : 0.1019

Element	(keV)	Mass%	Sigma	Atom%	Compound	Mass%	Cation	K
Se L	1.379	10.84	0.20	15.82				8.8787
Sn L	3.442	54.60	0.28	52.98				56.0903
Te L	3.768	34.56	0.27	31.20				35.0310
Total		100.00		100.00				

Gambar 28. Grafik antara Intensitas dengan Energi Hasil karakterisasi EDS Lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ sampel 1



ZAF Method Standardless Quantitative Analysis
 Fitting Coefficient : 0.1030

Element	(keV)	Mass%	Sigma	Atom%	Compound	Mass%	Cation	K
Se L	1.379	11.60	0.26	16.87				9.5543
Sn L	3.442	52.82	0.41	51.10				54.3239
Te L	3.768	35.59	0.37	32.03				36.1218
Total		100.00		100.00				

Gambar 29. Grafik antara Intensitas dengan Energi Hasil karakterisasi EDS Lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ sampel 2

Berdasarkan Gambar 28 dan 29, dapat diketahui bahwa preparasi lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ sampel 1 dan sampel 2 sama-sama mengandung

unsur Sn (*Stannum*), Se (*Selenium*) dan Te (*Tellurium*). Untuk sampel 1 dengan *spacer* 10 cm, perbandingan persentase komposisi kimia unsur penyusunnya, yaitu unsur Sn = 52,98%, Se = 15,82% dan Te = 31,20%. Sedangkan untuk sampel 2 dengan *spacer* 15 cm, perbandingan persentase komposisi kimia unsur penyusunnya, yaitu Sn = 51,10%, Se = 16,87% dan Te = 32,03%. Berdasarkan hasil persentase atom sampel 1 dan sampel 2, dapat dilihat bahwa ketika *spacer* yang digunakan semakin dekat, maka persentase atom dari bahan yang dikarakterisasi semakin banyak. Hal itu berlaku pada persentase unsur Sn. Akan tetapi, untuk unsur Se dan Te tidak berlaku hal tersebut. Peristiwa ini dapat terjadi karena unsur Sn, Se dan Te memiliki kecepatan yang berbeda-beda ketika menguap dari *crucible* menuju substrat. Perbandingan molaritas unsur Sn, Se dan Te untuk sampel 1 dan sampel 2 dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Perbandingan Molaritas Unsur Sn, Se dan Te lapisan tipis Sn($\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8}$) sampel 1 dan sampel 2 hasil karakterisasi EDS dan Teori.

Unsur	Perbandingan Molaritas Sampel 1	Perbandingan Molaritas Sampel 2	Perbandingan Molaritas Teori
Sn	1	1	1
Se	0,29	0,33	0,2
Te	0,58	0,62	0,8

Berdasarkan Tabel 6, dapat dilihat bahwa komposisi kimia lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ sampel 1 memiliki perbandingan molaritas dari masing-masing unsur Sn : Se : Te adalah 1 : 0,29 : 0,58. Untuk sampel 2 memiliki perbandingan molaritas Sn : Se : Te adalah 1 : 0,33 : 0,62. Sedangkan perbandingan molaritas menurut teori adalah Sn : Se : Te adalah 1 : 0,2 : 0,8. Dari hasil karakterisasi EDS, dapat diketahui bahwa terjadi perubahan komposisi kimia dari karakterisasi EDS dengan teori. Ketidaksesuaian itu dapat diindikasikan bahwa bahan tersebut mengalami *non stoichiometry*. Peristiwa *non stoichiometry* dapat terjadi ketika proses pemvakuman, saat bahan menguap dari *crucible* menuju substrat tidak menempel dengan sempurna.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Proses penumbuhan lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ hasil teknik evaporasi vakum dengan variasi *spacer* yang dikarakterisasi dengan XRD dapat mempengaruhi kualitas kristal lapisan tipis, yang ditunjukkan dengan adanya perbedaan intensitas yang diperoleh dari masing-masing variasi *spacer*. Intensitas paling tinggi ditunjukkan pada sampel 1 dengan *spacer* 10 cm, intensitas sedang ditunjukkan pada sampel 2 dengan *spacer* 15 cm dan intensitas paling rendah ditunjukkan pada sampel 3 dengan *spacer* 25 cm. Intensitas spektrum yang tinggi menunjukkan atom penyusun lapisan tipis memiliki keteraturan yang semakin baik.
2. Hasil karakterisasi XRD menunjukkan bahwa variasi *spacer* hasil preparasi dengan teknik evaporasi vakum tidak mempengaruhi struktur kristal maupun parameter kisi lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$, struktur kristal yang diperoleh adalah kubik dengan nilai parameter kisi sebagai berikut :

- a. Sampel 1 (*spacer* 10 cm), dengan nilai $a = b = c = 6,34 \text{ \AA}$.
 - b. Sampel 2 (*spacer* 15 cm), dengan nilai $a = b = c = 6,38 \text{ \AA}$.
 - c. Sampel 3 (*spacer* 25 cm), dengan nilai $a = b = c = 6,40 \text{ \AA}$.
3. Hasil karakterisasi SEM menunjukkan bahwa lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ mempunyai morfologi permukaan yang tersusun atas *grain* (butiran-butiran) berbentuk kotak-kotak menyerupai kubik dan memiliki permukaan yang homogen terlihat dari bentuk dan warna yang seragam. Pada sampel 1 menunjukkan bahwa butiran-butiran (*grain*) sebagian besar memiliki ukuran $0,2 \mu\text{m}$. Dan pada sampel 2 menunjukkan bahwa butiran-butiran (*grain*) sebagian besar memiliki ukuran $0,2 \mu\text{m}$.
4. Hasil karakterisasi EDS menunjukkan sampel 1 dan sampel 2 sama-sama mengandung unsur Sn (*Stannum*), Se (*Selenium*) dan Te (*Tellurium*). Untuk sampel 1 dengan *spacer* 10 cm, perbandingan persentase komposisi kimia unsur penyusunnya, yaitu unsur Sn = 52,98%, Se = 15,82% dan Te = 31,20%, dan perbandingan molaritasnya adalah Sn : Se : Te = 1 : 0,29 : 0,58. Untuk sampel 2 dengan *spacer* 15 cm, perbandingan persentase komposisi kimia unsur penyusunnya, yaitu Sn = 51,10%, Se = 16,87% dan Te = 32,03%, dan perbandingan molaritasnya adalah Sn : Se : Te = 1 : 0,33 : 0,62.

2. Saran

Adapun saran yang disampaikan adalah :

1. Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai bahan, seperti konduktivitas dan kelistrikan, agar diperoleh informasi yang lebih banyak tentang lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$.
2. Pevakuman dilakukan sampai tekanan lebih rendah lagi untuk untuk mengurangi adanya oksidasi pada saat preparasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, (2014). *Tin Compounds: Tin Selenide*. Diakses dari http://www.webelements.com/compounds/tin/tin_selenide.html. Pada tanggal 15 April, Jam 19.00 WIB.
- Anonim, (2016). *Infrared (Inframerah)*. Diakses dari www.digilib.itb.ac.id/files/disk1/622/jbptitbpp pada tanggal 30 Juli 2017, Jam 15.00 WIB.
- Anonim, (2015). *Detektor Inframerah: Sensor Infra Red*. Diakses dari <http://www.elektonika-dasar.web.id/infra-red-ir-detektor-sensor-infra-merah> pada tanggal 2 Agustus 2017, Jam 19.30 WIB. .
- Ariswan. (2013). *Semikonduktor, Handout Kuliah*. Yogyakarta: FMIPA UNY.
- Ariswan. (2014). *Kristalografi, Handout Kuliah*. Yogyakarta: FMIPA UNY.
- Ariswan, & Na Peng Bo. (2004). *Teknologi Vakum, Handout Kuliah*. Yogyakarta: FMIPA UNY
- Astuti, S.Y. (2011). *Struktur dan Sifat Listrik Film Tipis*. FMIPA UNES.
- Beiser, Arthur. (1992). *Konsep Fisika Modern Edisi Keempat*. Jakarta: Erlangga.
- Cullity, B.D. (1956). *Elements of X-ray Diffraction*. Massachusetts: Addison-Wesley Publishing Company Inc.
- Kittel, Charles. (2005). *Introduction to Solid State Physics*. 8th.ed. New York: John Willey and Sons, Inc.
- Leng, Yang. (2013). *Material Characterization Introduction to Microscopic and*

- Spectroscopic Methods*. 2th.ed. Weinheim: Wiley-VCH.
- Mikrajuddin, Abdullah & Kahirurrijal. (2010). *Karakterisasi Nanomaterial Teori, Penerapan dan Pengolahan Data*. Bandung: FMIPA ITB.
- Milman, J., & Hakias, C (1972). *Integrated Electronics: Analog and Digital Circuits and System*. Japan: McGraw-hill, Inc.
- Nayiroh, Nuran. (2015). *Pembentukan dan Pendereksian Sinar-X*. Modul Kuliah.
- Nyoman Suwitra. (1989). *Pengantar Fisika Zat Padat*. Jakarta: DepdikBud.
- Ohring, Milton. (2012). *Materials Science of Thin Films Deposition and Structure*. 2th.ed. San Diego: Academic Press.
- Parno. (2006). *Fisika Zat Padat*. Malang: FMIPA UM.
- Reka Rio & Linda Masamori. (1982). *Fisika dan Teknologi Semikonduktor*. Jakarta: PT.Pradnya Paramita.
- Saini, R., Pallavi, Singh, M., Kumar, R., Jain, G., et.al. (2010). *Structural and Electrical Characterization of Sintered Sn Te Films*. Jurnal. College Departement of Physics.
- Smallman, R.E., & Bishop, R.J. (2000). *Metalurgi Fisika Modern dan Rekayasa Material*. Jakarta: Erlangga.
- Soepardjo, Harsono. (2004). *Fabrikasi Thin Film Quartenair CuGaTe dan Ga_{0,5}In_{0,5}Te₂ dengan Evaporasi Flash*. Depok: UI.
- Solanki, GK, Gosain N.N. and Patel K.d., *Research Journal of Chemical Sciences*, Vol 5(3).
- Syamsul, Darsikin, Iqbal, Jusman, Winata, Sukino, Barmawi. (2005). *Penumbuhan Lapisan Tipis μ c-Si: H dengan Sistem Hot Wire PECVD untuk Aplikasi Divais Sel Surya*. Jurnal Matematika dan Sains, Bandung: ITB.

Utomo, Joko. (2014). *Struktur dan Komposisi Kimia Bahan Semikonduktor Sn(S_{0,2}Te_{0,8}) Lapisan Tipis Hasil Peparasi Teknik Vakum Evaporasi untuk Aplikasi Sel Surya*. Skripsi. Yogyakarta: UNY.

Vaughan, Douglass. (1999). *An Introduction Energy Dispersive X-Ray Microanalysis*. Middleton: NORAN Instrument.

Wegener, Tobias. (2015). *Classification of Solid*. Diakses dari

<http://www.physicsin-a-nutshell.com/article/1#classification-of-solids>. Pada tanggal 27 April 2017, Jam 20.30 WIB.

Winter, Mark. (2014). *Tin Telluride*. Diakses dari

https://www.webelements.com/compounds/tin/tin_telluride.html. Pada tanggal 11 April 2017, Jam 17.00 WIB.

LAMPIRAN

A. Perhitungan Parameter Kisi Lapisan Tipis Sn(Se_{0,2}Te_{0,8}) dengan Metode Analitik.

Lapisan tipis Sn(Se_{0,2}Te_{0,8}) mempunyai struktur kubik. Jarak antar bidang struktur kubik dihitung dengan persamaan :

$$\frac{1}{d^2} = \frac{h^2 + k^2 + l^2}{a^2} \quad (1)$$

Persamaan hukum Bragg :

$$2 d \sin \theta = n\lambda \quad (2)$$

Dengan menstubsitusikan persamaan Bragg maka diperoleh persamaan :

$$d = \frac{\lambda}{2\sin\theta} \quad (3)$$

$$\frac{4\sin^2\theta A}{\lambda^2} = \frac{h^2 + k^2 + l^2}{a^2} \quad (4)$$

Maka,

$$\sin^2\theta = \frac{\lambda^2}{4a^2} (h^2 + k + l^2), A = \frac{\lambda^2}{4a^2} \quad (5)$$

$$\sin^2\theta = A (h^2 + k^2 + l^2) \quad (6)$$

$$A = \frac{\lambda^2}{4a^2} \quad (7)$$

$$a = \frac{\lambda}{\sqrt{4A}} \quad (8)$$

1. Sampel 1 dengan *spacer* 10 cm

Tabel Perbandingan data XRD lapisan tipis Sn($Se_{0,2}Te_{0,8}$) sampel 1 (*spacer* 10 cm) dengan data JCPDS bahan SnTe

Peak	Sn($Se_{0,2}Te_{0,8}$) sampel 1		JCPDS Bahan Sn Te		hkl
	2θ (°)	I Relatif	2θ (°)	I Relatif	
1	28,129	100	28,309	100	200
2	40,33	128	40,415	50	220
3	50,183	41	50,019	16	222
4	58,84	14	58,477	10	400
5	66,58	29	66,227	16	420

Perhitungan parameter kisi dipilih pada $2\theta = 28,129^\circ$ dan $hkl = 200$

$$\sin^2\theta = A (h^2 + k^2 + l^2)$$

$$0,059055 = A (2^2 + 0^2 + 0^2)$$

$$0,058309 = 4A$$

$$A = 0,01476$$

Maka,

$$a = \frac{\lambda}{\sqrt{4A}}$$

$$a = \frac{1,54056}{\sqrt{4(0,01476)}}$$

$$a = \frac{1,54056}{2\sqrt{(0,01476)}}$$

$$a = \frac{1,54056}{0,24298}$$

$$a = 6,34$$

2. Sampel 2 dengan *spacer* 15 cm

Tabel Perbandingan data XRD lapisan tipis Sn($Se_{0,2}Te_{0,8}$) sampel 1 (*spacer* 15 cm) dengan data JCPDS bahan SnTe

Peak	Sn($Se_{0,2}Te_{0,8}$) sampel 2		JCPDS Bahan Sn Te		hkl 2θ (°)
	2θ (°)	I Relatif	2θ (°)	I Relatif	
1	27,947	100	28,309	1	27,947
2	40,20	72	40,415	2	40,20
3	50,23	29	50,019	3	50,23
4	66,70	28	66,227	4	66,70
5	73,88	23	73,526	5	73,88

Perhitungan parameter kisi dipilih pada $2\theta = 27,947^\circ$ dan $hkl = 200$

$$\sin^2\theta = A (h^2 + k^2 + l^2)$$

$$0,058309 = A (2^2 + 0^2 + 0^2)$$

$$0,058309 = 4A$$

$$A = 0,01457$$

Maka,

$$a = \frac{\lambda}{\sqrt{4A}}$$

$$a = \frac{1,54056}{\sqrt{4(0,01457)}}$$

$$a = \frac{1,54056}{2\sqrt{(0,01457)}}$$

$$a = \frac{1,54056}{0,24141}$$

$$a = 6,38$$

3. Sampel 3 dengan *spacer* 25 cm

Tabel Perbandingan data XRD lapisan tipis Sn($Se_{0,2}Te_{0,8}$) sampel 3 (*spacer* 25 cm) dengan data JCPDS bahan SnTe

Peak	Sn($Se_{0,2}Te_{0,8}$) sampel 3		JCPDS Bahan Sn Te		hkl
	2θ (°)	I Relatif	2θ (°)	I Relatif	
1	27,84	100	28,309	100	200

Perhitungan parameter kisi dipilih pada $2\theta = 27,84^\circ$ dan $hkl = 200$

$$\sin^2\theta = A (h^2 + k^2 + l^2)$$

$$0,05787 = A (2^2 + 0^2 + 0^2)$$

$$0,05787 = 4A$$

$$A = 0,01446$$

Maka,

$$a = \frac{\lambda}{\sqrt{4A}}$$

$$a = \frac{1,54056}{\sqrt{4(0,01446)}}$$

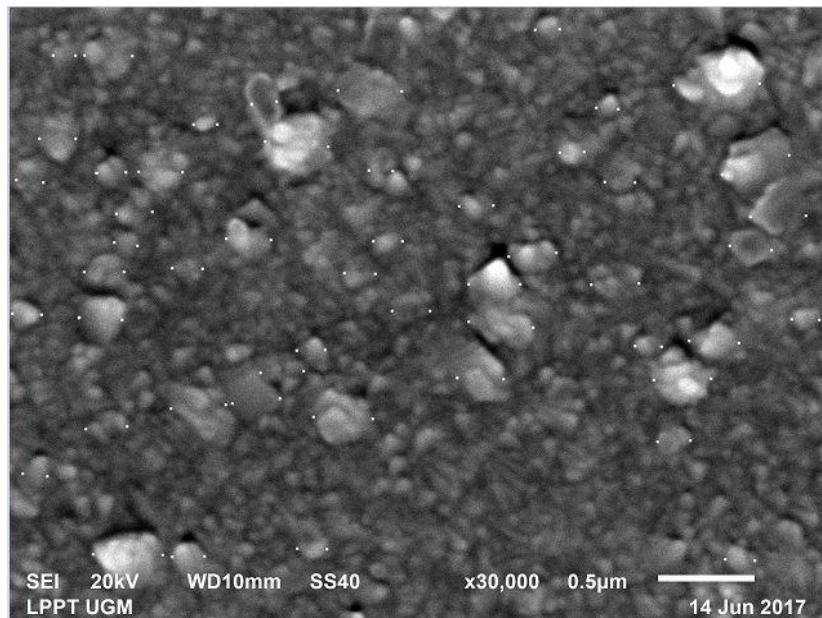
$$a = \frac{1,54056}{2\sqrt{(0,01446)}}$$

$$a = \frac{1,54056}{0,24049}$$

$$a = 6,40$$

B. Data untuk Perhitungan Diameter Rata-Rata Partikel

1. Sampel 1 dengan *spacer* 10 cm



Gambar Tabulasi Ukuran Partikel Lapisan Tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ sampel 1 (*spacer* 10 cm) Menggunakan Aplikasi Paint

Partikel ke	Koordinat X kiri	Koordinat x kanan	Ukuran Dalam Pixel	Ukuran dalam Mikron
1	650	989	339	0.565735
2	216	350	134	0.223346667
3	232	354	122	0.203333333
4	274	362	88	0.146663333
5	402	540	138	0.230003333
6	334	492	158	0.263323333
7	324	398	74	0.123353333

8	751	829	78	0.129983333
9	1,019	1,217	198	0.330003333
10	1,116	1,190	74	0.123336667
11	1,130	1,220	90	0.150066667
12	1,040	1,136	96	0.160003333
13	1,396	1,502	106	0.176663333
14	1,707	1,783	76	0.126663333
15	450	645	195	0.325611667
16	93	320	227	0.377648333
17	101	290	189	0.315
18	200	381	181	0.301921667
19	10	204	194	0.323401667
20	400	600	200	0.333031667
21	501	671	170	0.283331333
22	400	620	220	0.366666667
23	779	913	134	0.223332333
24	629	979	350	0.583512167
25	943	1,127	184	0.306667667
26	900	1,250	350	0.583333333
27	1,426	1,586	160	0.266678333
28	1,550	1,698	148	0.246646667
29	1,426	1,625	199	0.331858833
30	1,745	1,942	197	0.327581667
31	2,300	2,472	172	0.28666
32	2,212	2,421	210	0.349896667
33	2,000	2,327	327	0.545398333
34	1,389	1,533	144	0.240000667
35	2,109	2,263	154	0.256667667
36	1,999	2,177	178	0.296666
37	1,877	2,113	236	0.3935595
38	2,356	2,567	211	0.351666667
39	2,300	2,500	200	0.333333333
40	259	475	216	0.360000333
41	350	605	255	0.4252865
42	700	985	285	0.475282833
43	1,600	1,889	289	0.482198333
44	1,450	1,708	258	0.429483333
45	2,000	2,261	261	0.435

46	41	300	259	0.431423167
47	22	287	265	0.442431667
48	237	365	128	0.212943833
49	1,806	1,954	148	0.24666
50	1,000	1,353	353	0.588333333
51	197	325	128	0.2130725
52	95	440	345	0.575
53	400	753	353	0.588333333
54	800	1,138	338	0.562755
55	906	1,034	128	0.213691667
56	1,878	2,004	126	0.209993333
57	900	1,250	350	0.583333333
58	1,967	2,095	128	0.213047833
59	1,143	1,450	307	0.511666667
60	1,152	1,550	398	0.663333333
61	1,042	1,298	256	0.426666667
62	1,242	1,453	211	0.351666667
63	700	941	241	0.401666667
64	1,150	1,417	267	0.445
65	520	790	270	0.45
66	1,570	1,827	257	0.428333333
67	250	650	400	0.666666667
68	1,100	1,500	400	0.666666667
69	970	1,368	398	0.663333333
70	400	795	395	0.658333333

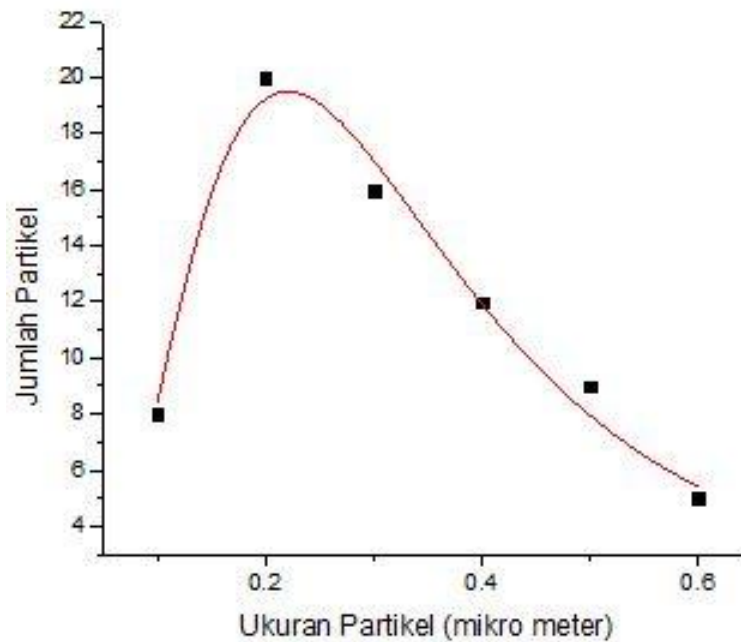
Nilai angka yang sering muncul :

x	Y
0.1	8
0.2	20
0.3	16
0.4	12
0.5	9
0.6	5

Tabel Parameter Fungsi Distribusi Hasil Fitting dengan Plot Gaussian Sampel 1 (*spacer* 10 cm)

Model	Gauss		
Equation	$y=y_0 + (A/(w*\sqrt{\pi/2})) * \exp(-2*((x-xc)/w)^2)$		
Reduced Chi-Sqr	30.77325		
Adj. R-Square	-0.00348		
		Value	Standard Error
B	y0	9.25	3.2262
	xc	0.2	0.0497
	w	0.10883	0.06695
	A	1.725	1.43675
	sigma	0.05441	0.03348
	FWHM	0.12814	0.07883
	Height	12.64692	6.41172

Grafik plot log normal *spacer* 10 cm



Tabel Parameter Fungsi Distribusi Hasil Fitting dengan Plot Log Normal Sampel 1 (*spacer* 10 cm)

Model	LogNormal		
Equation	$y = y_0 + A/(\text{sqrt}(2*\text{PI})*w*x)*\exp(-(\ln(x/x_c))^2/(2*w^2))$		
Reduced Chi-Sqr	1.56821		
Adj. R-Square	0.94886		
		Value	Standard Error
B	y0	1.6214	5.19244
	xc	0.30452	0.05518
	w	0.56787	0.16075
	A	6.5962	2.34204

Berdasarkan Tabel diatas, maka dapat ditentukan diameter rata-rata partikel dengan menggunakan persamaan :

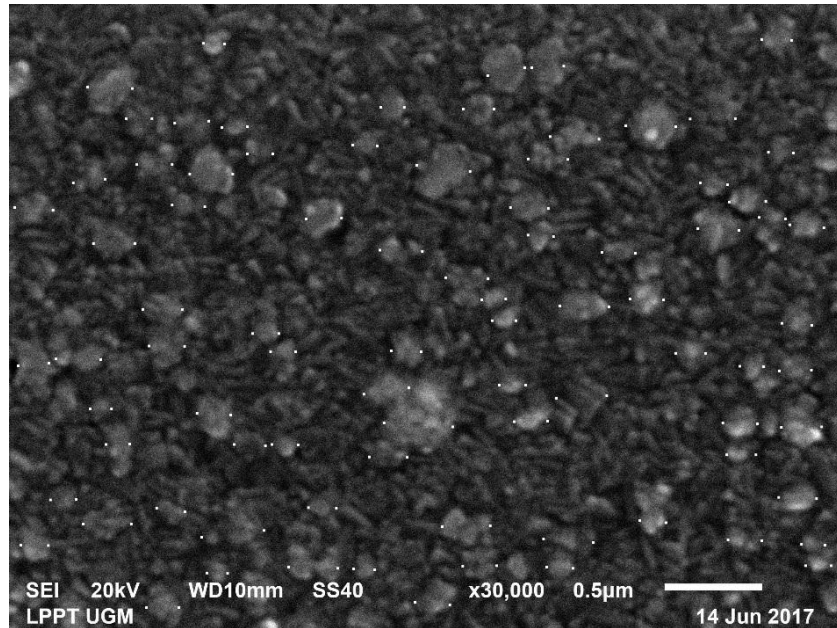
$$\bar{D} = D_p \exp\left(\frac{\sigma^2}{2}\right), \quad \text{dimana : } D_p = x_c, \sigma = w$$

$$\bar{D} = 0,30452 \exp\left(\frac{0,56787^2}{2}\right)$$

$$\bar{D} = 0,30452 \exp(0,16123)$$

$$\bar{D} = 0,35 \mu\text{m}.$$

2. Sampel 2 dengan *spacer* 15cm



Gambar Tabulasi Ukuran Partikel Lapisan Tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ sampel 2 (*spacer* 15 cm) Menggunakan Aplikasi Paint

Partikel ke	Koordinat X kiri	Koordinat x kanan	Ukuran Dalam Pixel	Ukuran dalam Mikron
-------------	------------------	-------------------	--------------------	---------------------

1	241	379	138	0.226603618
2	359	439	80	0.131578947
3	597	661	64	0.105263158
4	509	613	104	0.171052632
5	555	687	132	0.217105263
6	916	1022	106	0.174342105
7	393	501	108	0.177631579
8	653	731	78	0.128289474
9	197	295	98	0.161184211
10	650	809	159	0.261513158
11	1035	1213	178	0.292763158
12	1251	1415	164	0.269736842
13	1055	1213	158	0.259868421
14	1400	1550	150	0.246710526
15	1550	1703	153	0.251644737
16	1367	1489	122	0.200657895
17	1139	1269	130	0.213815789
18	1500	1656	156	0.256578947
19	1550	1715	165	0.271381579
20	1893	2047	154	0.253289474
21	1470	1671	201	0.330592105
22	1342	1471	129	0.212171053
23	1300	1525	225	0.370065789
24	1350	1557	207	0.340460526
25	1691	1841	150	0.246710526
26	1800	2009	209	0.34375
27	1700	1923	223	0.366776316
28	2116	2241	125	0.205592105
29	2109	2323	214	0.351973684
30	1663	1811	148	0.243421053
31	404	602	198	0.325657895
32	2012	2205	193	0.317434211
33	2160	2383	223	0.366776316
34	2398	2501	103	0.169407895
35	2204	2407	203	0.333881579
36	2201	2403	202	0.332236842
37	260	387	127	0.208881579
38	412	534	122	0.200657895

39	1050	1265	215	0.353618421
40	313	539	226	0.371710526
41	461	681	220	0.361842105
42	675	887	212	0.348684211
43	1089	1227	138	0.226973684
44	1067	1363	296	0.486842105
45	570	829	259	0.425986842
46	1300	1583	283	0.465460526
47	1400	1653	253	0.416118421
48	1870	2139	269	0.442434211
49	2050	2297	247	0.40625
50	29	285	256	0.421052632
51	145	281	136	0.223684211
52	51	315	264	0.434210526
53	50	300	250	0.411184211
54	530	787	257	0.422697368
55	2000	2317	317	0.521381579
56	2120	2463	343	0.564144737
57	1329	1477	148	0.243421053
58	700	1005	305	0.501644737
59	1701	2017	316	0.519736842
60	1421	1731	310	0.509868421
61	227	375	148	0.243421053
62	209	541	332	0.546052632
63	1189	1497	308	0.506578947
64	859	1009	150	0.246710526
65	1000	1353	353	0.580592105
66	250	671	421	0.692434211
67	423	800	377	0.620065789
68	127	496	369	0.606907895
69	37	410	373	0.613486842
70	320	783	463	0.761513158

Nilai angka yang sering muncul :

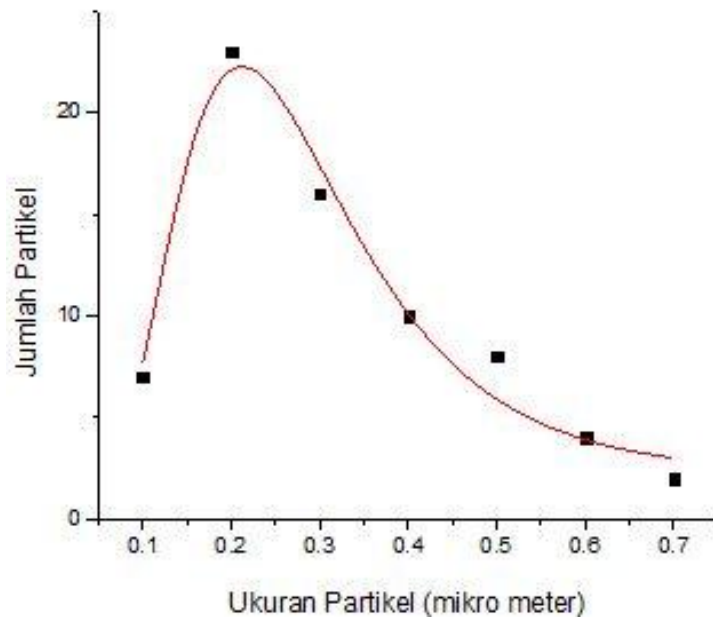
x	Y
---	---

0.1	7
0.2	23
0.3	16
0.4	10
0.5	8
0.6	4
0.7	2

Tabel Parameter Fungsi Distribusi Hasil Fitting dengan Plot Gaussian Sampel 2 (*spacer* 15 cm)

Model	Gauss		
Equation	$y=y_0 + (A/(w*\sqrt{PI/2})) * \exp(-2*((x-xc)/w)^2)$		
Reduced Chi-Sqr	30.86028		
Adj. R-Square	0.41773		
		Value	Standard Error
B	y0	5	2.85441
	xc	0.2	0.02535
	w	0.13376	0.04149
	A	3.55	1.40612
	sigma	0.06688	0.02074
	FWHM	0.15749	0.04885
	Height	21.17623	6.20331

Grafik plot log normal *spacer* 15 cm



Tabel Parameter Fungsi Distribusi Hasil Fitting dengan Plot Log Normal Sampel 2 (*spacer* 15 cm)

Model	LogNormal		
Equation	$y = y_0 + A / (\sqrt{2 \cdot \pi} \cdot w \cdot x) \cdot \exp(-(\ln(x/x_c))^2 / (2 \cdot w^2))$		
Reduced Chi-Sqr	2.87406		
Adj. R-Square	0.94577		
		Value	Standard Error
B	y0	2.2654	1.9633
	xc	0.26283	0.01859
	w	0.46445	0.07051
	A	5.4903	0.69762

Maka besar diameter rata-ratanya adalah :

$$\bar{D} = D_p \exp\left(\frac{\sigma^2}{2}\right)$$

$$\bar{D} = 0,26283 \exp\left(\frac{0,46445^2}{2}\right)$$

$$\bar{D} = 0,26283 \exp(0,10785)$$

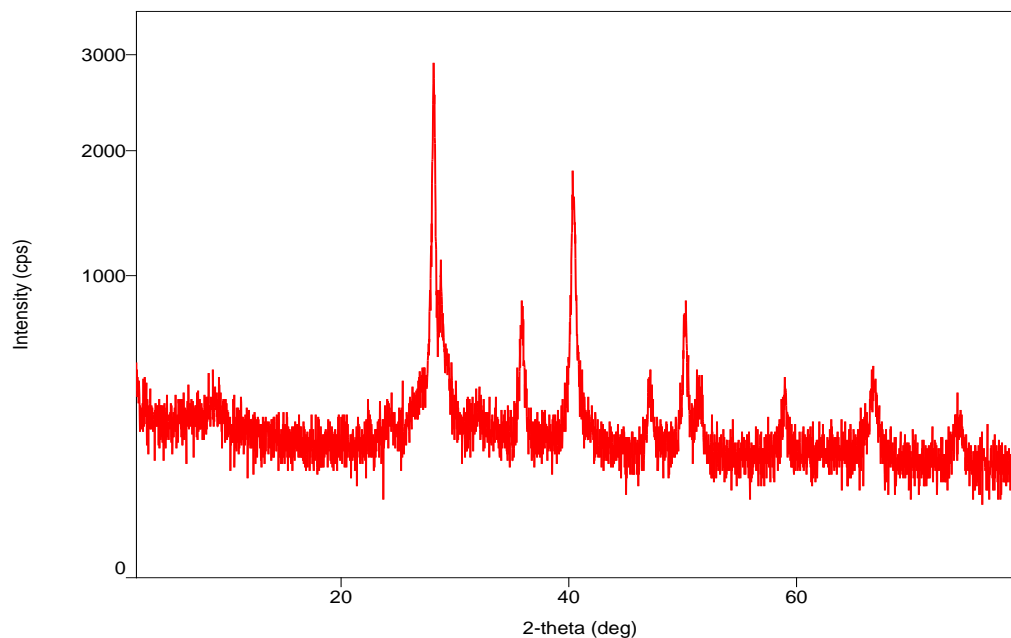
$$\bar{D} = 0,29 \mu\text{m}.$$

C. Hasil Karakterisasi Lapisan Tipis Lapisan Tipis Sn(Se_{0,2}Te_{0,8}) dengan Karakterisasi XRD

1. Sampel 1 dengan *spacer* 10 cm

Peak List

Measurement profile



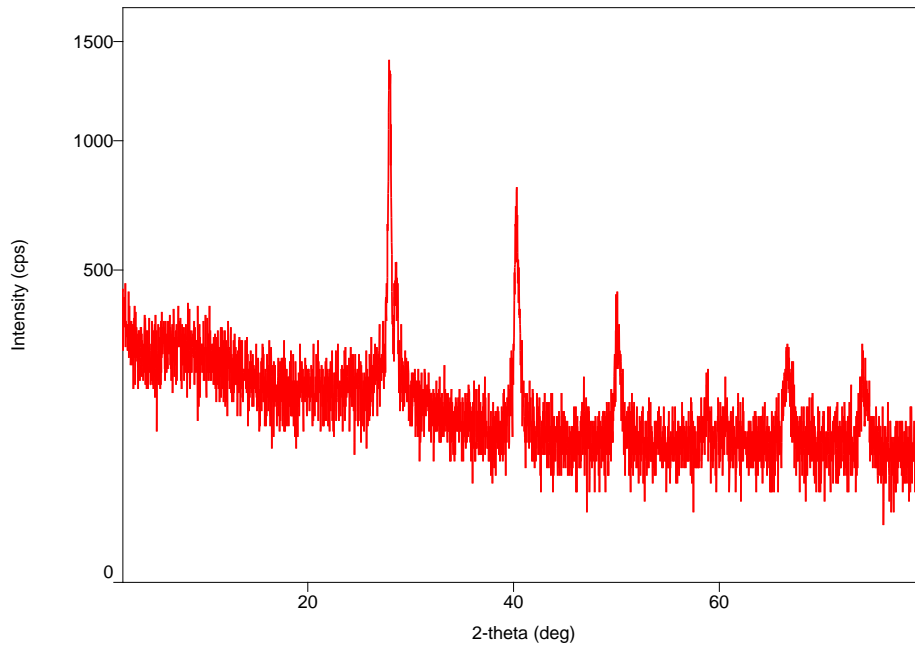
Peak list

No.	2-theta(deg)	d(ang.)	Height(cps)	FWHM(deg)	Int. I(cps deg)	Int. W(deg)	Asym. factor
1	28.129(12)	3.1697(13)	1493(112)	0.282(11)	528(49)	0.35(6)	1.4(2)
2	28.70(6)	3.108(7)	319(52)	1.24(13)	494(42)	1.5(4)	1.2(6)
3	35.88(4)	2.501(2)	303(50)	0.48(3)	164(11)	0.54(12)	1.3(4)
4	40.33(2)	2.2344(12)	1050(94)	0.39(3)	678(12)	0.65(7)	0.6(2)
5	50.183(17)	1.8164(6)	364(55)	0.41(5)	220(13)	0.60(13)	1.1(8)
6	58.84(2)	1.5682(5)	153(36)	0.38(4)	75(6)	0.49(16)	0.29(9)
7	66.58(5)	1.4034(9)	166(37)	0.69(8)	154(11)	0.9(3)	0.36(17)
8	74.21(12)	1.2769(18)	81(26)	0.90(10)	77(10)	1.0(4)	1.3(7)

2. Sampel 2 dengan *spacer* 15 cm

Peak List

Measurement profile



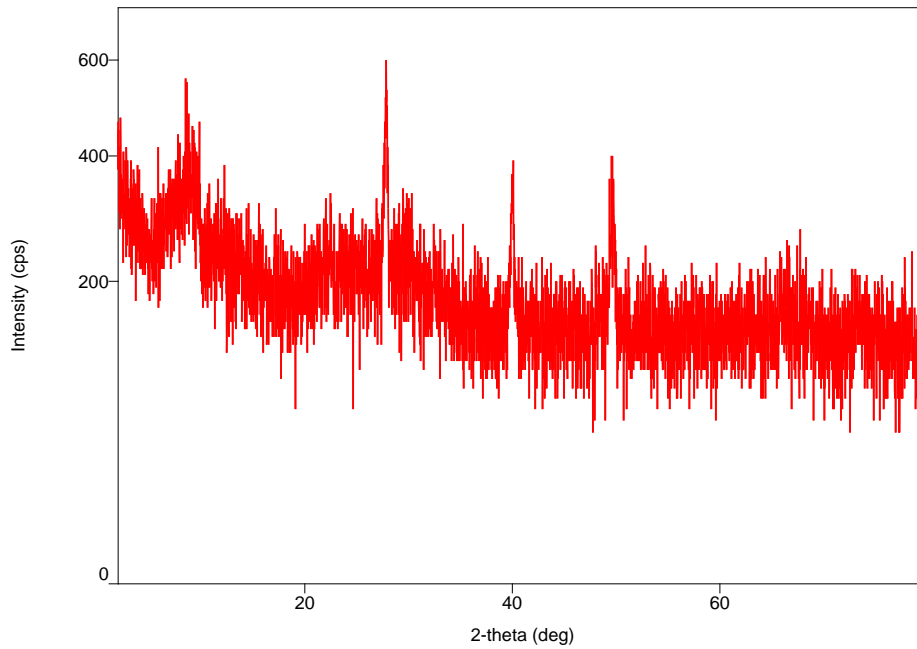
Peak list

No.	2-theta(deg)	d(ang.)	Height(cps)	FWHM(deg)	Int. I(cps deg)	Int. W(deg)	Asym. factor
1	27.947(18)	3.190(2)	830(83)	0.276(16)	327(12)	0.39(5)	1.2(4)
2	28.53(3)	3.126(3)	203(41)	0.30(5)	86(8)	0.42(13)	0.6(2)
3	40.20(2)	2.2417(12)	387(57)	0.46(3)	237(8)	0.61(11)	0.43(11)
4	50.23(4)	1.8149(13)	133(33)	0.57(5)	96(9)	0.7(2)	3.3(9)
5	66.70(7)	1.4012(12)	106(30)	0.67(11)	93(9)	0.9(3)	3(2)
6	73.88(3)	1.2817(4)	114(31)	0.32(7)	77(7)	0.7(2)	0.4(3)

3. Sampel 3 dengan *spacer* 25 cm

Peak List

Measurement profile



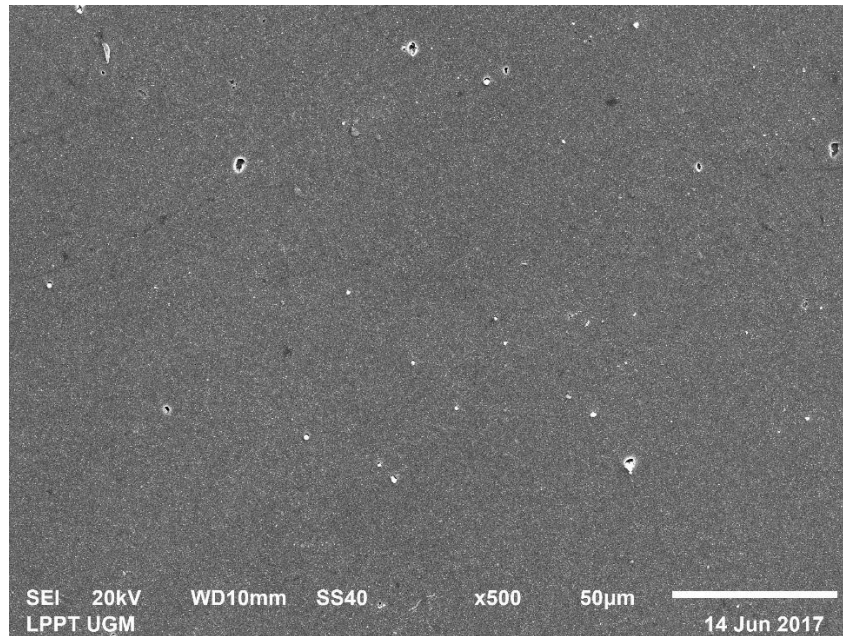
Peak list

No.	2-theta(deg)	d(ang.)	Height(cps)	FWHM(deg)	Int. I(cps deg)	Int. W(deg)	Asym. factor
1	8.9(3)	9.9(3)	81(26)	4.1(6)	619(69)	8(3)	2.8(11)
2	27.84(6)	3.202(7)	235(44)	0.35(6)	130(8)	0.56(14)	1.6(16)

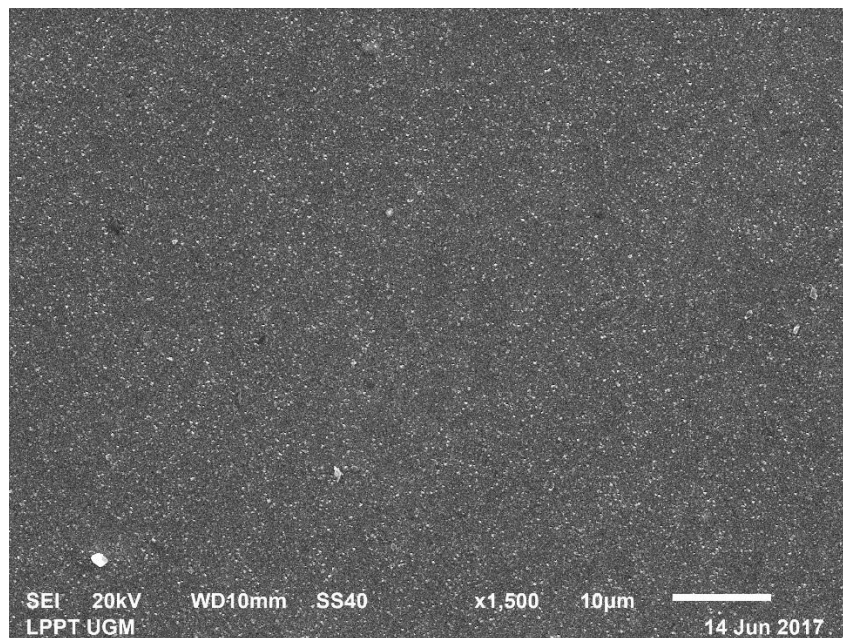
D. Hasil Karakterisasi Lapisan Tipis Lapisan Tipis Sn(Se_{0,2}Te_{0,8}) dengan Karakterisasi SEM

1. Sampel 1 dengan *spacer* 10 cm

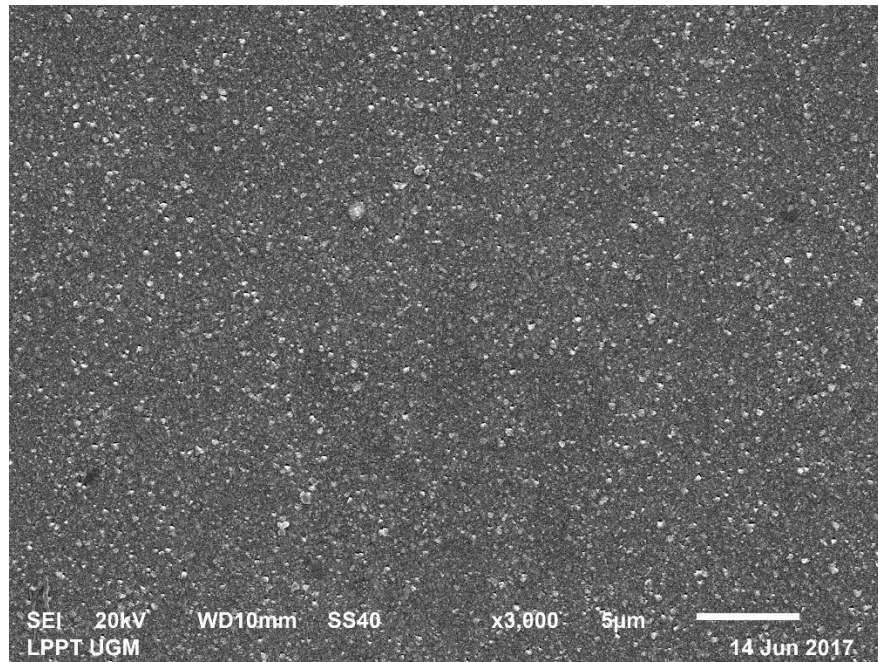
a) Perbesaran 500 kali



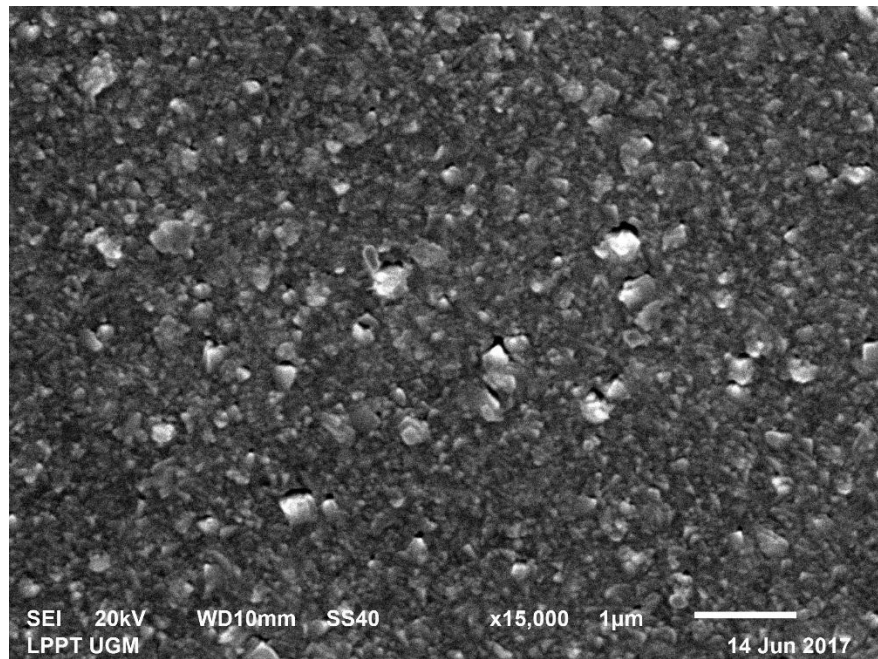
b) Perbesaran 1.500 kali



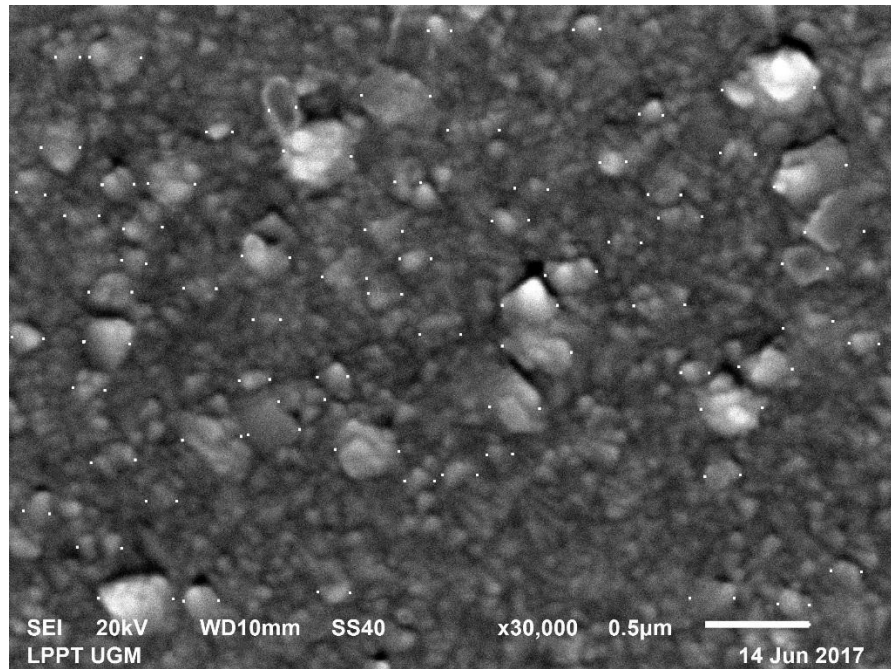
c) Perbesaran 3.000 kali



d) Perbesaran 15.000 kali

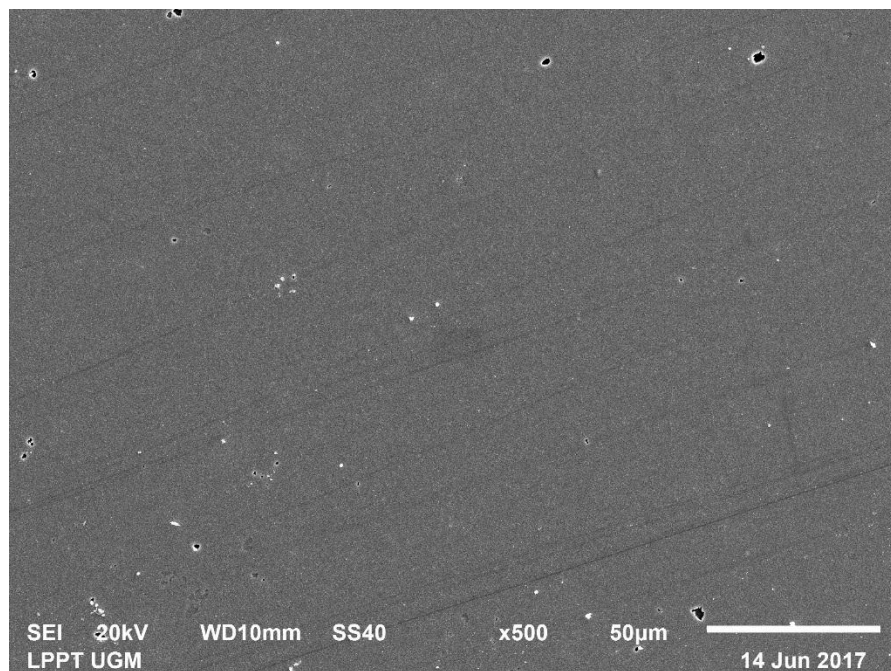


e) Perbesaran 30.000 kali

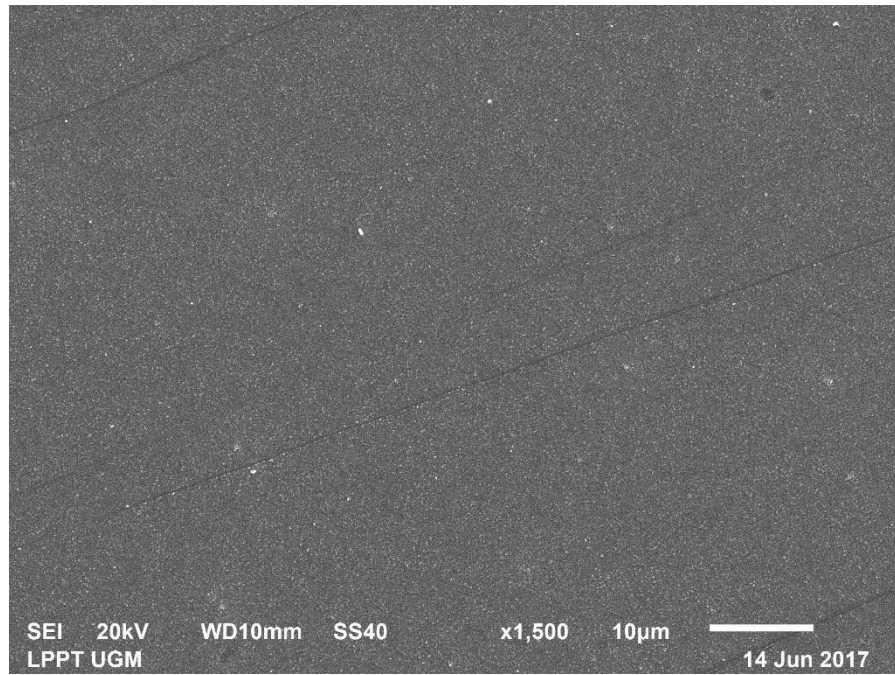


2. Sampel 2 dengan *spacer* 15 cm

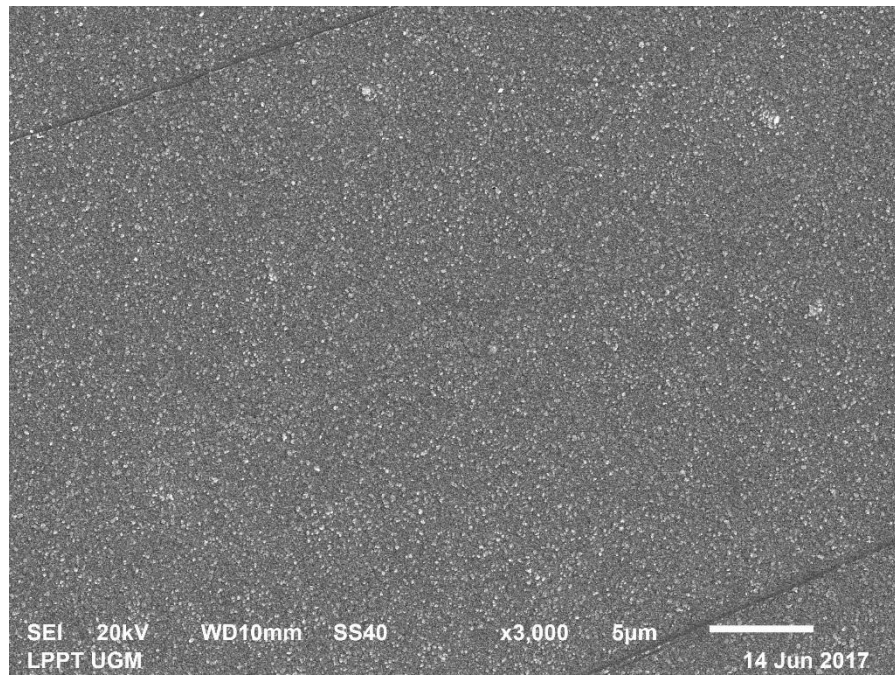
a). Perbesaran 500 kali



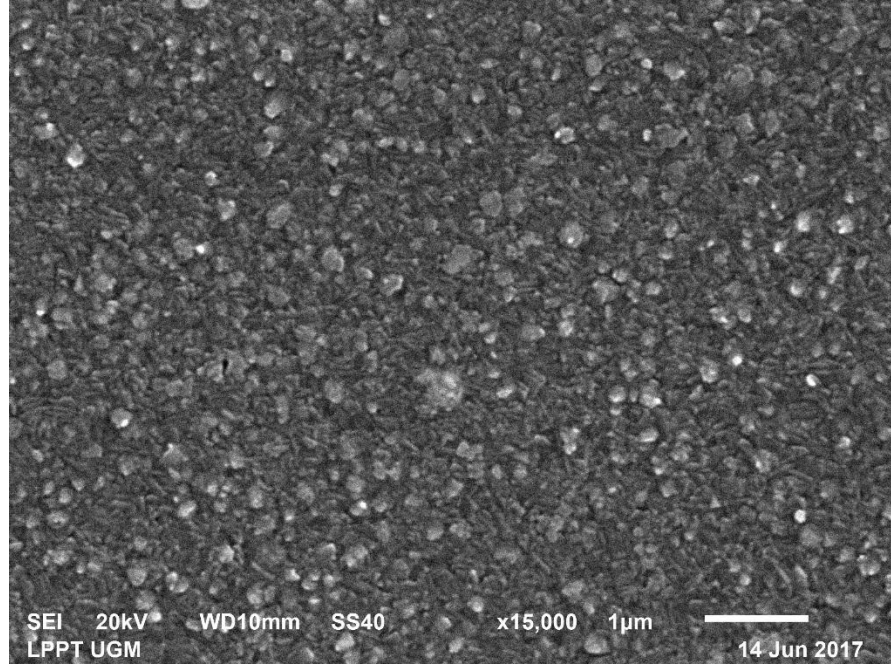
b). Perbesaran 1.500 kali



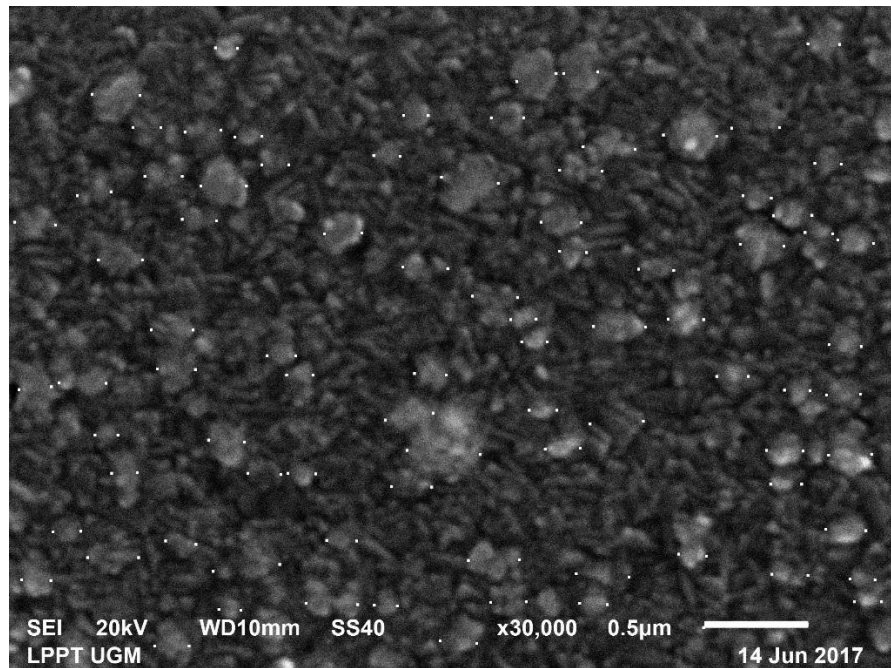
c). Perbesaran 3.000 kali



d). Perbesaran 15.000 kali



e). Perbesaran 30.000 kali

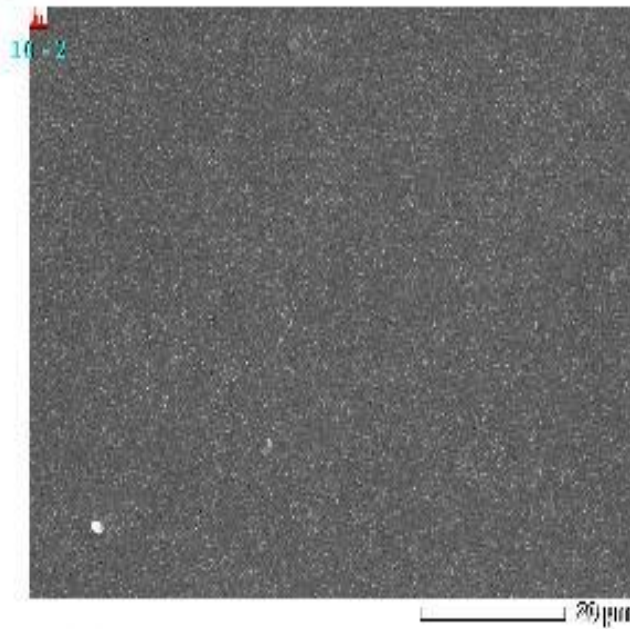


E. Hasil Karakterisasi Lapisan Tipis Lapisan Tipis Sn(Se_{0,2}Te_{0,8}) dengan Karakterisasi EDS

1. Sampel 1 dengan *spacer* 10 cm

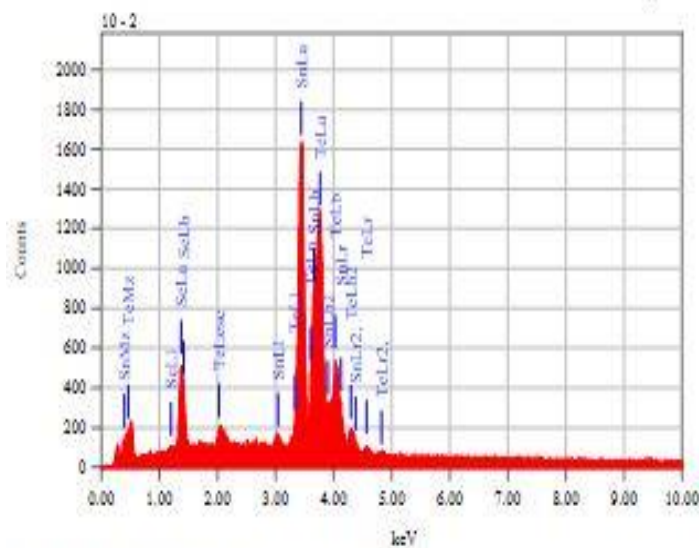
10-2

sm01_1/1



```

title      : sm01
-----
instrument : 6510 (LA)
volt       : 20.00 kv
Mag.       : x 1,000
date       : 2017/06/14
pixel     : 512 x 384
    
```



```

Acquisition parameter
instrument : 6510 (LA)
Acc. voltage : 20.0 kv
probe Current: 1.00000 nA
PXA mode    : 33
real time   : 51.53 sec
live time    : 50.00 sec
dead time    : 2 s
Counting rate: 3368 cps
energy range : 0 - 20 keV
    
```

```

nar method Standardless Quantitative Analysis
fitting Coefficient : 0.1019

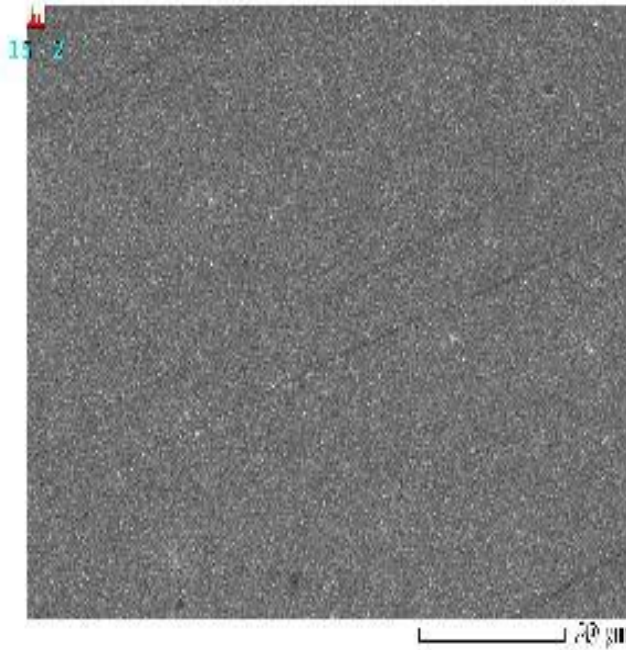
```

element	(Rev)	mass%	Sigma	Atom%	Compound	mass%	Oxigen	n
Se	1	1.379	10.24	0.20	15.92			9.2797
Sn	1	3.443	54.60	0.28	52.98			56.0803
Te	1	3.768	14.56	0.27	31.20			35.0310
total		100.00		100.00				

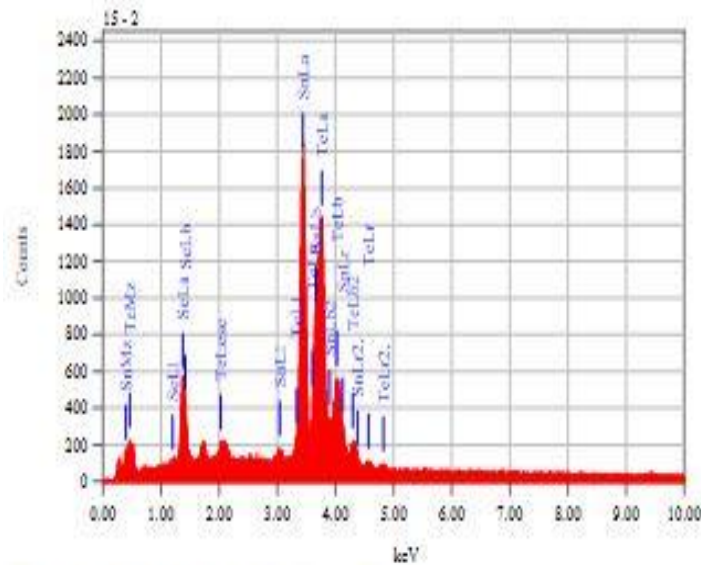
2. Sampel 2 dengan *spacer* 15 cm

15-2

0800 1/1



title	: 0800
instrument	: 6510 (LA)
volt	: 20.00 kv
mag.	: x 1,500
date	: 2017/06/14
pixel	: 512 x 384

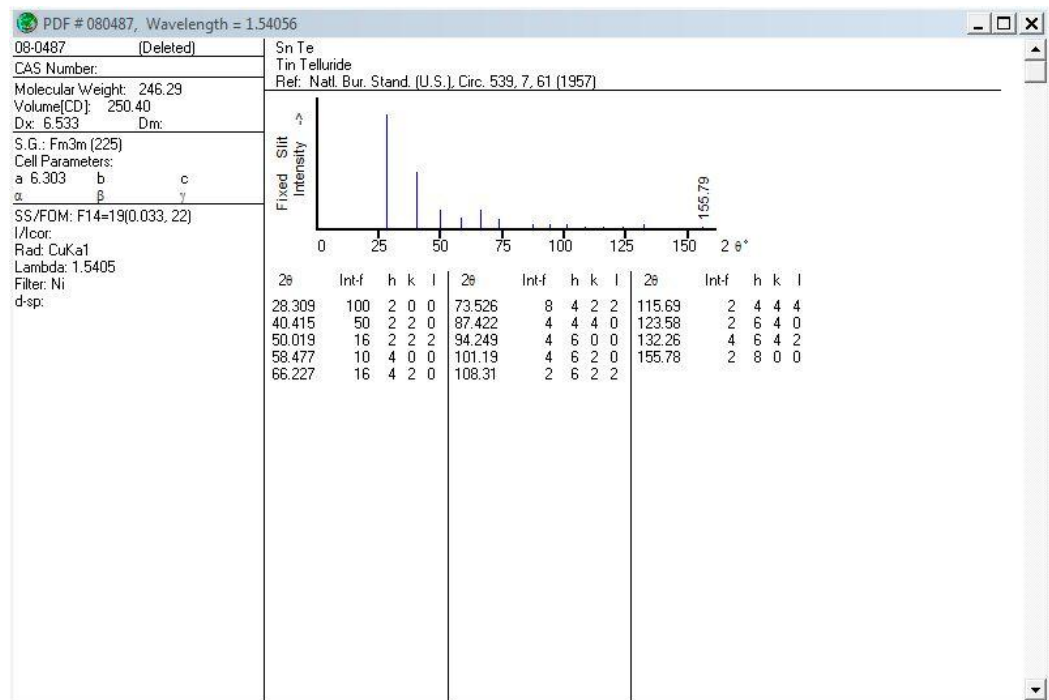


Acquisition parameter	
instrument	: 6510 (LA)
Acc. voltage	: 20.0 kv
probe current	: 1.00000 nA
run mode	: r3
real time	: 51.59 sec
live time	: 50.00 sec
dead time	: 3 %
Counting rate	: 3297 cps
energy range	: 0 - 20 keV

sn method Standardless Quantitative Analysis
 Fitting Coefficient : 0.1030

element	(keV)	mass%	sigma	atom%	Compound	mass%	Dation	n
sn	1.379	11.60	0.26	16.27				9.5543
sn	3.442	52.22	0.41	51.10				54.3239
te	3.762	35.99	0.37	32.03				34.1212
total		100.00		100.00				

F. Data JCPDS SnTe



G. Dokumentasi Penelitian



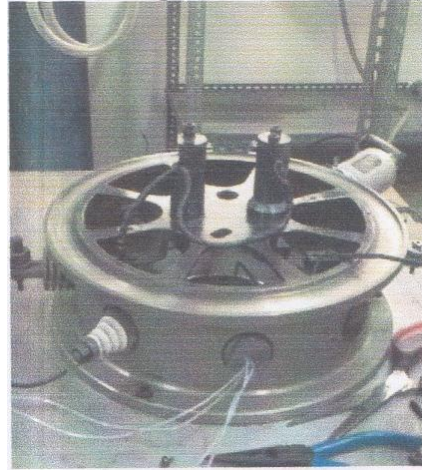
Timbangan Digital



furnice



Perangkat Evaporasi



Dudukan *Crucible*



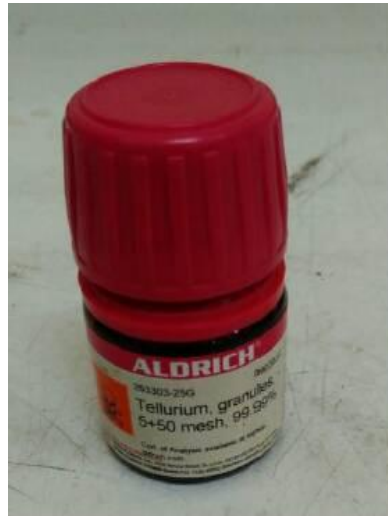
Multimeter Digital



Penggerus



Bahan Sn (*Stannum*)



Bahan Te (*Tellurium*)



Bahan Se (*Selenium*)



Manometer Penning



Mesin XRD



Alat pemanas



Mesin SEM-EDAX