

**FABRIKASI DAN KARAKTERISASI LAPISAN TIMAH (IV) OKSIDA  
DENGAN PEMANASAN LANGSUNG TIMAH (II) KLOORIDA  
DITAMBAH KALIUM (II) KLOORIDA DENGAN KOMBINASI  
EKSFOLIASI MEKANIS**

**SKRIPSI**

Diajukan kepada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Negeri Yogyakarta

Guna Memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Sains



Oleh:

**Arga Brastendar Nurrohman 11306144035**

**JURUSAN PENDIDIKAN FISIKA FAKULTAS MATEMATIKA DAN  
ILMU PENGETAHUAN ALAM UNIVERSITAS NEGERI  
YOGYAKARTA**

**2019**

## Tugas Akhir Skripsi

### **PERSETUJUAN**

Skripsi dengan judul “Fabrikasi dan Karakterisasi Lapisan Timah(IV) Oksida yang Konduktif dan Transparan dengan Pemanasan Langsung Timah(II) Klorida ditambah Kalium(II) Klorida dengan Kombinasi Eksfoliasi Mekanis” ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diujikan.

Dosen Pembimbing



WS Brams Dwandaru, Ph.D

NIP. 19800129 200501 1 003

## SURAT PERNYATAAN

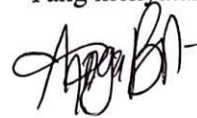
Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Arga Brastendar Nurrohman  
NIM : 1130 6144 035  
Program Studi : Fisika  
Jurusan : Pendidikan Fisika  
Fakultas : FMIPA  
Judul Penelitian : Fabrikasi dan Karakterisasi Lapisan Timah(IV) Oksida yang  
Konduktif dan Transparan dengan Pemanasan Langsung  
Timah(II) Klorida ditambah Kalium(II) Klorida dengan  
Kombinasi Eksfoliasi Mekanis

Dengan ini saya 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 atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang telah lazim.

Yogyakarta, 29 Maret 2018

Yang menyatakan,



(Arga Brastendar N)

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir Skripsi

**FABRIKASI DAN KARAKTERISASI LAPISAN TIMAH (IV) OKSIDA  
DENGAN PEMANASAN LANGSUNG TIMAH (II) KLOORIDA DITAMBAH  
KALIUM (II) KLOORIDA DENGAN KOMBINASI EKSFOLIASI MEKANIS**

Disusun oleh:

**ARGA BRASTENDAR NURROHMAN**  
NIM 11306144035

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji Tugas akhir Skripsi  
Program Studi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas  
Negeri Yogyakarta  
Pada tanggal 4 April 2018

### TIM PENGUJI

Nama/Jabatan

TTD

Tanggal

**Wipsar Sunu Brams D, Ph.D**  
(Ketua Penguji/Pembimbing)



22 Januari 2019

**Dr. Eng. Rida Siti N. M, M.Si**  
(Sekretaris/Penguji)



22 Januari 2019

**Dr. Restu Widiatmono M.Si**  
(Penguji Utama)



22 Januari 2019

Yogyakarta, 22 Januari 2019  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Negeri Yogyakarta



**Dr. Hartono**

NIP. 19620329 198702 1 002

## **MOTO**

*Jika Tuhan (Allah) berkehendak sesuatu itu terjadi, maka terjadilah*

*(Yaa Siin : 82)*

*Tuhan Maha Asyik lagi Maha Guyon*

*(Sujiwo Tejo)*

*Hidup hanya sekali. Sekali berarti setelah itu baru mati*

*(W.S Rendra)*

*Dharma baik, Karma baik*

*(Budha)*

*Aku bukanlah pelari yang cepat, bukan pula pejalan yang lambat, tetapi langkahku  
tidak akan ke belakang*

*Karena hidup adalah sandiwara dengan naskah yang tidak pernah kubaca, aku bisa  
menjadi siapa saja*

*Ketakutan hanyalah bayangan, untuk membunuhnya hanya perlu menyinari*

*Mulailah meski terpaksa, terkadang ikhlas berawal dari terpaksa*

*Tertawalah, selagi tertawa tidak dipungut biaya*

*(penulis)*

## **PERSEMBAHAN**

Bapak dan Ibu serta keluarga dengan semua dukungan dan kasih sayangnya untuk menyelesaikan studi

Seluruh Guru yang telah memberikan banyak pelajaran yang tak ternilai

**FABRIKASI DAN KARAKTERISASI LAPISAN TIMAH (IV) OKSIDA  
DENGAN PEMANASAN LANGSUNG TIMAH (II) KLOORIDA  
DITAMBAH KALSIUM (II) KLOORIDA DENGAN KOMBINASI  
EKSFOLIASI MEKANIS**

Oleh:

Arga Brastendar Nurrohman

1130 6144 035

**ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk i) mengetahui pembuatan  $\text{SnO}_2$  dengan pemanasan langsung bahan  $\text{SnCl}_2 + \text{K}_2\text{CO}_3$  dan dikombinasi dengan teknik ME menggunakan lakban, dan ii) mengetahui pengaruh jumlah eksfoliasi metode ME terhadap hasil lapisan tipis  $\text{SnO}_2$ .

Metode yang digunakan dalam proses pembuatan  $\text{SnO}_2$  adalah pemanasan langsung  $\text{SnCl}_2 + \text{K}_2\text{CO}_3$  dan dikombinasi teknik ME. Tahap awal penelitian ini adalah membuat preparat menggunakan bahan  $\text{SnCl}_2 + \text{K}_2\text{CO}_3$  dengan massa masing-masing 0,05 gram dan diletakkan di atas kertas aluminium, kemudian meletakkan kaca preparat diantara dua preparat dengan bahan  $\text{SnCl}_2 + \text{K}_2\text{CO}_3$  dan melakukan pemanasan dengan suhu  $350^\circ \text{C}$  selama 10 menit. Tahap ME adalah menempelkan lakban pada preparat  $\text{SnO}_2$  dan melepas pelan-pelan sebanyak 2, 6, dan 10 kali. Sampel  $\text{SnO}_2$  yang terbentuk diuji dengan *X Ray Diffraction* (XRD), *Scanning Electron Microscope* (SEM), dan nilai hambatan untuk mengetahui struktur dan sifat kelistrikan lapisan  $\text{SnO}_2$ .

Pada penelitian ini telah dihasilkan lapisan  $\text{SnO}_2$  dengan pemanasan  $\text{SnCl}_2 + \text{K}_2\text{CO}_3$  dengan kombinasi eksfoliasi mekanis menggunakan lakban dibuktikan dengan uji XRD, SEM, dan nilai hambatan. Jumlah ME yang dilakukan mempengaruhi ketebalan lapisan  $\text{SnO}_2$  dimana pada hasil XRD membuktikan untuk ME 0, 2 dan 6 kali terbentuk kristal sedangkan untuk ME 10 kali terbentuk amorf. Pada hasil SEM menunjukkan bahwa semakin banyak ME, semakin halus lapisan yang dihasilkan. Hasil uji nilai hambatan menunjukkan bahwa lapisan tipis

SnO<sub>2</sub> semakin tebal pada ujung persebarannya. Untuk lapisan SnO<sub>2</sub> dengan 0, 2, dan 6 kali ME adalah lapisan yang konduktif sedangkan untuk lapisan SnO<sub>2</sub> dengan 10 kali ME adalah lapisan tidak konduktif. Metode ME pada lapisan SnO<sub>2</sub> baik untuk dilakukan sebanyak dua kali, tetapi jika terlalu banyak melakukan ME justru akan merusak kristalinitas lapisan SnO<sub>2</sub>.

Kata Kunci : mechanical exfoliation, pembuatan, karakterisasi, SnO<sub>2</sub>

Fabrication and Characterization of Tin (IV) Oxide with Direct Heating of Tin (II) Chloride Added by Potassium (II) Chloride and Combined with Mechanical Exfoliation Method

by

Arga Brastendar Nurrohman

1130 6144 035

**ABSTRACT**

This study aims 1) to fabricate SnO<sub>2</sub> with direct heating of SnCl<sub>2</sub> on glass slide and combined with duct tape via mechanical exfoliation (ME) method; and 2) to know the effect of the number of ME towards the layers of SnO<sub>2</sub>.

The method of SnO<sub>2</sub> fabrication is using direct heating of SnCl<sub>2</sub> + KCl as much as 0.05 gram on a glass slide and then placed on an aluminium foil, then sandwiched between two glass slides, and subsequently, heat it with a temperature of 350° C for 10 minutes. The ME technique is done by attaching the duct tape on SnO<sub>2</sub> layer on the glass slide and slowly removing the duct tape 2, 6, and 10 times. The exfoliated SnO<sub>2</sub> is then tested using *X-Ray Diffraction* (XRD), *Scanning Electron Microscope* (SEM), and resistance measurement to determine the structure and electricity characteristic of the SnO<sub>2</sub> layer.

The Finding shows SnO<sub>2</sub> layer has been fabricated with heating process of SnCl<sub>2</sub> + KCl through combination of ME process with a duct tape and then analysed using XRD, SEM and resistance measurement. The ME technique has an effect on the thickness of the SnO<sub>2</sub> layer. The XRD results show that 0, 2, and 6 times of ME produces a crystalline structure of the SnO<sub>2</sub> layer, but 10 times of ME



produces amorf material. The SEM results show that increasing the number of ME produces smoother material. The resistance measurement shows that the SnO<sub>2</sub> layer becomes thicker on the sides of the slides. Hence, for the SnO<sub>2</sub> layers with 0, 2, and 6 times of ME are conductive, whereas for SnO<sub>2</sub> layer with 10 times of ME is not conductive. The ME method may be conducted as many as 2 times of the SnO<sub>2</sub> layers, however to many ME may destroy the cristallinity of the SnO<sub>2</sub> layers.

**Key words:** mechanical exfoliation, direct heating, SnO<sub>2</sub>

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan kekuatan, rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir skripsi ini dengan baik.

Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dari berbagai pihak, tugas akhir skripsi ini tidak akan terwujud dengan baik. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis dengan segala kerendahan hati ingin menyampaikan ucapa terima kasih kepada:

1. Dr. Hartono selaku Dekan FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta yang telah memberikan izin untuk penelitian ini.
2. Yusman Wiyatmo, M.Si selaku Ketua Jurusan Pendidikan Fisika FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta.

3. W.S Brams Dwandaru, Ph.D selaku Dosen Pembimbing Akademik dan Dosen Pembimbing yang telah memberi izin, kemudahan, waktu, bimbingan, semangat dan arahan selama penelitian dan penulisan skripsi ini sehingga dapat terselesaikan.
4. Pujiyanto M.Pd yang telah meluangkan waktu untuk memberikan motivasi dan arahan dalam proses perjuangan menyelesaikan tugas akhir skripsi.
5. Haris Murtanto selaku Laboran Laboratorium Jurusan Pendidikan Fisika Lantai II yang telah memberikan izin untuk menggunakan alat dan melakukan penelitian ini di Laboratorium Koloid.
6. Rekan-rekan prodi Fisika angkatan 2011 Non Reguler, Reguler dan prodi Pendidikan Fisika.
7. Semua pihak yang telah membantu menyelesaikan skripsi ini yang mana tidak bisa saya sebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan dan memiliki banyak kekurangan. Sebagai koreksi penulis mengharapkan kritik dan saran untuk dikaji dalam proses penyempurnaan skripsi ini. Semoga sepotong karya ilmiah ini menyumbangkan pengetahuan khususnya pada cabang ilmu Fisika nano material lapisan tipis di Indonesia.

Yogyakarta, 29 Maret 2018

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PERSETUJUAN .....	ii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iv
HALAMAN MOTTO .....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	vi
ABSTRAK .....	vii
ABSTRACT .....	viii
KATA PENGANTAR .....	ix
DAFTAR ISI .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xv
 <u>BAB I PENDAHULUAN</u> .....	 1
<u>A. Latar Belakang Masalah</u> .....	1
<u>B. Identifikasi Masalah</u> .....	5



A. Karakterisasi Struktur Kristal dan Parameter Kisi menggunakan XRD ( <i>X-Ray Diffraction</i> ) .....	28
B. Karakterisasi Lapisan SnO <sub>2</sub> menggunakan SEM ( <i>Scanning Electron Microscopy</i> ).....	31
C. Karakterisasi Nilai Hambatan Menggunakan Ohmmeter .....	32
<b><u>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</u></b> .....	35
<u>A. Kesimpulan</u> .....	38
<u>B. Saran</u> .....	39
 DAFTAR PUSTAKA .....	40
LAMPIRAN .....	43

## **DAFTAR GAMBAR**

<b>Gambar 2.1.</b> Struktur nanomaterial berdasarkan ukuran (Fahlman, 2007: 284) .....	9
<b>Gambar 2.2.</b> (a) Struktur atom-atom kristal, (b) struktur atom-atom amorf (Yamane & Asahara, 2004).....	10
<b>Gambar 2.3.</b> Sumbu-sumbu dan sudut-sudut antar sumbu kristal. ....	11
<b>Gambar 2.4.</b> Karakterisasi struktur SnO <sub>2</sub> menggunakan XRD (Patil1, 2012: 2-3). 11	
<b>Gambar 2.5.</b> Diagram sinar-X (Beiser, 1992: 62) .....	16
<b>Gambar 2.6.</b> Skema kerja XRD (Jamaluddin, 2010) .....	17
<b>Gambar 2.7.</b> Skema Hukum Bragg (Jamaluddin, 2010) .....	18
<b>Gambar 2.8.</b> Komponen SEM (Hartati, 2012) .....	19
<b>Gambar 3.1.</b> Bahan SnCl <sub>2</sub> + KaCl <sub>2</sub> yang telah dihipit oleh dua buah preparat .....	24
<b>Gambar 3.2.</b> Sistematika Penelitian .....	26
<b>Gambar 4.1.</b> Hasil Lapisan Tipis SnO <sub>2</sub> .....	27
<b>Gambar 4.2.</b> Hasil lapisan tipis SnO <sub>2</sub> dengan EM; a) 0 kali, b) 2 kali, c) 3 kali, d) 4 kali .....	28

<b>Gambar 4.3.</b> Difaktogram hasil uji XRD tanpa dengan ME .....	30
<b>Gambar 4.4.</b> Difaktogram hasil uji XRD tanpa dengan 2 kali ME .....	30
<b>Gambar 4.5.</b> Difaktogram hasil uji XRD tanpa dengan 6 kali ME .....	31
<b>Gambar 4.6.</b> Difaktogram hasil uji XRD tanpa dengan 10 kali ME .....	31
<b>Gambar 4.7.</b> Gambar hasil dari SEM; a) 0 kali EM, b) 2 kali EM, c) 5 kali EM dan d) 10 kali EM .....	33
<b>Gambar 4.8.</b> Plot pengukuran nilai hambatan .....	35

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1.</b> Sistem kristal dan kisi Bravais (Istiko, 2008: 7)	12
<b>Tabel 4.1.</b> Hasil pengukuran nilai hambatan untuk plot Gambar 4.4 .....	33

## DAFTAR LAMPIRAN

1. Daftar Peak List hasil uji XRD .....	41
2. Gambar hasil lapisan tipis SnO <sub>2</sub> 0 kali EM .....	42

## **BAB I PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang Masalah**

Dewasa ini, ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) yang berkembang sangat pesat berkaitan erat dengan berkembangnya nanosains dan nanoteknologi. Penelitian yang berkaitan dengan nanoteknologi sedang gencar dilakukan oleh para ilmuwan di seluruh penjuru dunia. Para peneliti atau ilmuwan sedang berlomba untuk menemukan karya baru dalam dunia yang berskala nano. Perlu diketahui bahwa nanoteknologi adalah rekayasa dalam penciptaan material, struktur fungsional, maupun piranti dalam skala nanometer (Beiser. A, 1992).

Energi listrik adalah salah satu energi yang tidak dapat dipisahkan dari peradaban umat manusia. Hampir segala aktivitas manusia melibatkan pemanfaatan energi listrik. Di Indonesia pembangkit listrik masih dominan menggunakan bahan bakar fosil seperti batubara, gas alam, atau minyak bumi untuk memproduksi listrik. Bahan bakar fosil merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui, sehingga manusia dituntut untuk menemukan, mengembangkan, dan memproduksi energi alternatif (Budianto, 2015).

Perkembangan ilmu pengetahuan telah mampu menciptakan beberapa energi alternatif, salah satunya adalah pemanfaatan energi matahari sebagai penghasil tenaga listrik. Proses perubahan energi listrik yang bersumber dari energi cahaya dikenal dengan istilah *photovoltaic*. Efek *photovoltaic* ini pertama kali diidentifikasi oleh Alexandre Admond Becquerel pada tahun 1839. Tahun 1873 Willoughby Smith menemukan arus listrik melewati material selenium dengan sangat baik



ketika terkena sinar, namun tidak dalam gelap. Pada tahun 1876, dua ilmuwan Amerika, yaitu William Adams and Richard Day menemukan bahwa materi selenium dapat menghasilkan listrik ketika terpapar sinar. Tahun 1953, fisikawan Bell Laboratories, Gerald Pearson secara tidak sengaja berhasil membuat sel surya menggunakan silikon yang hasilnya jauh lebih efisien dibandingkan sel surya yang terbuat dari selenium (Perlin, 2008). Penelitian tentang sel surya ini masih terus dikembangkan hingga saat ini.

Salah satu kunci dari teknologi *photovoltaic* adalah *transparent conducting film* (TCF). TCF merupakan material lapisan tipis optik transparan dan dapat menghantarkan listrik. TCF dapat dibuat dari bahan organik maupun anorganik.

Film anorganik biasanya terdiri dari lapisan oksida transparan dan konduktif (*transparent conducting oxide* atau TCO). TCO adalah material oksida yang transparan karena ketebalannya berkisar 100 – 200 nanometer dan bersifat konduktif karena sifatnya seperti material semikonduktor. TCO umumnya hadir dalam bentuk indium timah oksida (*indium tin oxide* atau ITO), *tin oxide* ( $\text{SnO}_2$ ), fluor didoping oksida timah (*fluorine doped tin oxide* atau FTO), dan *aluminium* didoping *zinc oxide*  $\text{ZnO:Al}$  (*aluminum doped zinc oxide* atau AZO) (Sharker, 2015).

Umumnya, penelitian yang dilakukan di bidang TCF adalah pengembangan TCO. Dapat dikatakan TCO merupakan dasar dalam pembuatan berbagai teknologi modern, mulai dari sel surya hingga layar *smartphone*. Namun, di Indonesia TCO sangat sulit didapatkan, sehingga penelitian di bidang aplikasi TCO sangat terhambat. Hal ini menyebabkan para peneliti di tingkat universitas terpaksa

mendatangkan kaca konduktif-transparan tersebut dari Malaysia untuk penelitian, terutama dalam penelitian sel surya. Kendala sulitnya memperoleh TCO di Indonesia disebabkan beberapa faktor, yaitu bahan baku pembuatan TCO yaitu indium. Indium masih sulit diperoleh dan tidak adanya produsen TCO di Indonesia sehingga ketika akan melakukan penelitian yang membutuhkan TCO harus melalui pemesanan dari luar negeri (Erlian, 2012).

Perkembangan teknologi sel surya saat ini salah satunya adalah sel surya yang dikembangkan oleh Gratzel yang sering disebut dengan *dye sensitized solar cells* (DSSC). DSSC sendiri sebenarnya sangat berpotensi untuk dikembangkan lebih lanjut dikarenakan tidak memerlukan material dengan kemurnian tinggi sehingga biaya produksinya relatif rendah. Namun, perkembangan DSSC di Indonesia sendiri terhambat oleh salah satu bahan utama DSSC yaitu kaca transparan-konduktif atau yang biasa disebut *transparent conducting oxides* (TCO) (Barnies, 2012).

Dalam perkembangannya, terdapat dua metode pembuatan TCO yang populer, yaitu; *chemical deposition* dan *physical deposition*. *Chemical deposition*, dilakukan dengan merendam material yang akan dilapisi ke dalam larutan kimia pelapis. Sedangkan pada metode *physical deposition* pelapisan dilakukan dengan memberikan perlakuan secara fisis, seperti *thermal evaporation*, *sputtering*, *pulsed laser deposition*, dan *physical vapor deposition*. Metode *sputtering* misalnya, membutuhkan alat *sputtering* yang komponennya terdiri dari sumber tegangan tinggi, vakum, tabung plasma, sistem masukan gas, sistem pemanas substrat, dan pendingin target. Metode-metode tersebut memerlukan bahan dan alat yang relatif

mahal. Sehingga dibutuhkan sebuah metode yang lebih sederhana dan murah supaya memudahkan penelitian-penelitian yang membutuhkan TCO (Erlan, 2012).

Dalam penelitian ini, akan dipreparasi dan dibuat lapisan TCO menggunakan bahan nanomaterial  $\text{SnO}_2$  dari pemanasan  $\text{SnCl}_2 + \text{K}_2\text{SnO}_3$ . Teknik ini diharapkan dapat menjadikan preparat sebagai TCO dengan biaya produksi yang relatif rendah, sehingga kebutuhan akan TCO dapat terpenuhi (Fahlman, 2012).  $\text{SnO}_2$  adalah salah satu material semikonduktor yang biasa dimanfaatkan sebagai katalis, sensor gas, dan elektroda transparan untuk sel surya. Pembuatan lapisan  $\text{SnO}_2$  umumnya dilakukan menggunakan metode *sputtering*, proses sol-gel, dan *chemical vapor deposition*. Berbeda dengan penelitian pada umumnya yang terbilang kompleks, metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode pembakaran  $\text{SnCl}_2$ . Selain karena prosesnya yang sederhana, bahan  $\text{SnCl}_2$  mudah didapatkan (Budianto, 2012).

Lapisan  $\text{SnO}_2$  yang berukuran nano dapat diperoleh dengan melakukan *mechanical exfoliation* (ME). Teknik ME adalah teknik sederhana pada sintesis *graphene* yang dikembangkan oleh Geim dan Novoselov (Reeves, 2010: 10). Teknik ME memanfaatkan ikatan antar lapisan karbon yang merupakan ikatan *van der Waals*. Dengan melakukan ME ikatan antar lapisan karbon akan terputus, sehingga diperoleh *graphene single layer*. Teknik ME akan digunakan dalam penelitian ini untuk memperoleh lapisan  $\text{SnO}_2$  yang berukuran nano. Jumlah

pengelupasan tiap lapisan permukaan pada ME akan dibandingkan dengan hasil preparat yang diperoleh.

## **B. Identifikasi Masalah**

Berdasarkan latar belakang masalah di atas dapat diidentifikasi masalah yaitu:

1. Pembuatan lapisan  $\text{SnO}_2$  umumnya menggunakan metode yang kompleks dengan alat-alat khusus yang terbilang mahal. Oleh karena itu, pembuatan  $\text{SnO}_2$  belum dapat dioptimalkan. Dengan demikian diperlukan penelitian tentang pembuatan lapisan  $\text{SnO}_2$  yang sederhana dan murah.
2. Sintesis  $\text{SnO}_2$  berbahan dasar  $\text{SnCl}_2 + \text{K}_2\text{SnO}_3$  menggunakan metode pemanasan dengan dikombinasi teknik ME perlu dikaji sebagai alternatif pembuatan lapisan  $\text{SnO}_2$  yang sederhana dan murah.

## **C. Batasan Masalah**

Batasan masalah dari penelitian ini adalah

1. Bahan dasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah  $\text{SnCl}_2 + \text{K}_2\text{SnO}_3$ .
2. Lapisan  $\text{SnO}_2$  sebagai bahan TCO dalam penelitian ini secara khusus dibuat dengan proses pemanasan dan dikombinasikan dengan metode ME.
3. Pemanasan bahan pada penelitian ini menggunakan kompor listrik pada suhu  $350^\circ \text{C}$  dan waktu pemanasan selama 10 menit.

#### **D. Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian batasan masalah di atas, masalah dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana pembuatan lapisan  $\text{SnO}_2$  dengan pemanasan langsung bahan  $\text{SnCl}_2 + \text{KCl}$  pada kaca preparat dan dikombinasi dengan metode ME?
2. Bagaimana pengaruh jumlah eksfoliasi metode ME terhadap hasil lapisan tipis  $\text{SnO}_2$ ?

#### **3. Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah

1. Mengetahui pembuatan lapisan  $\text{SnO}_2$  dengan pemanasan langsung bahan  $\text{SnCl}_2 + \text{KCl}$  pada kaca preparat dan dikombinasi dengan metode ME.
2. Mengetahui pengaruh jumlah eksfoliasi metode ME terhadap hasil lapisan tipis  $\text{SnO}_2$ .

#### **4. Manfaat Penelitian**

Berbagai manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah

1. Fabrikasi lapisan tipis  $\text{SnO}_2$  menggunakan pemanasan langsung bahan  $\text{SnCl}_2 + \text{KCl}$  dan dikombinasikan dengan metode ME menggunakan lak ban dapat menghasilkan material maju dengan kualitas fisis yang unggul sehingga dapat dimanfaatkan untuk aplikasi dalam bidang sensor dan sel surya.

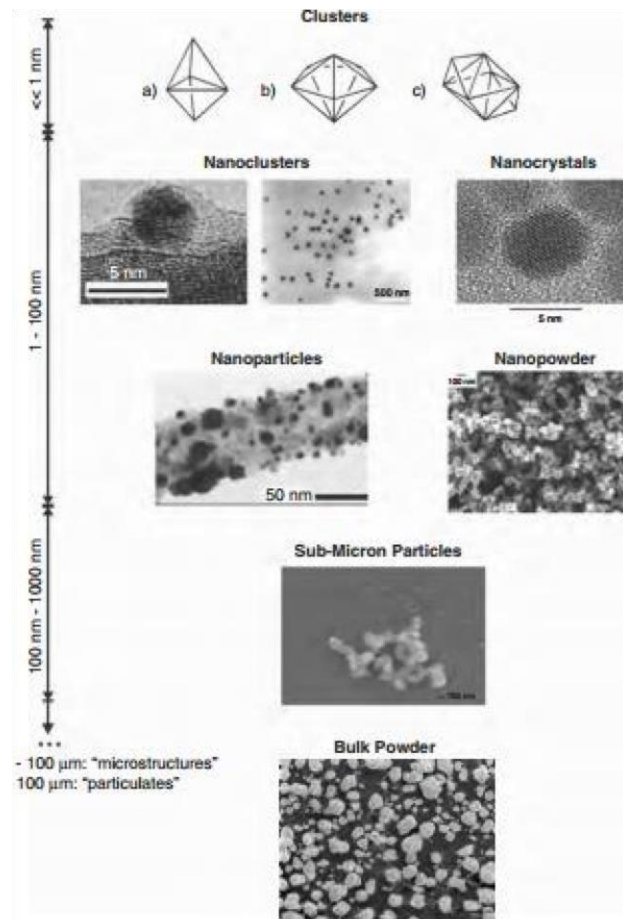
2. Penelitian tentang fabrikasi dan karakterisasi lapisan tipis  $\text{SnO}_2$  menggunakan pemanasan langsung terhadap bahan  $\text{SnCl}_2 + \text{K}_2\text{SnCl}_6$  dengan kombinasi teknik ME dapat meningkatkan ketertarikan dan minat civitas akademika, terutama dosen dan mahasiswa, khususnya di FMIPA, UNY untuk melakukan penelitian di bidang nanosains dan nanoteknologi.
3. Penelitian ini juga bermanfaat untuk dijadikan sebagai rujukan atau referensi bagi masyarakat tentang *trend* penelitian yang sedang berkembang saat ini, terutama di bidang nanosains dan nanoteknologi.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### A. Nanomaterial

Nanomaterial merupakan material yang mempunyai ukuran nano, yaitu antara 1 nm sampai 100 nm. Dalam satuan meter maka 1 nm adalah  $10^{-9}$  m. Material dalam ukuran nano mempunyai sifat yang lebih unggul dari material dengan ukuran lebih besar. Keunggulan material dengan ukuran nano mencakup: sifat-sifat elektrik, magnetik, mekanik, optik, dan kimia. Keunggulan nanomaterial dalam sifat magnetik adalah meningkatkan kemagnetan material dikarenakan menurunnya ukuran partikel dan *surface area* per satuan volume partikel. Nanomaterial memiliki kekerasan dan daya tahan gores yang lebih besar dari material dengan ukuran bongkahan (Abdullah, 2008).

Terdapat dua teknik untuk memproduksi nanomaterial yaitu *top down* dan *bottom up*. *Top down* memproduksi nanomaterial dengan cara menghancurkan material yang mempunyai ukuran besar menjadi lebih kecil hingga mencapai ukuran nano (Daraio, C., Sungho Jin. 2012: 2). Sedangkan pada teknik *bottom up* nanomaterial diproduksi dengan cara menggabungkan material-material yang berukuran lebih kecil sehingga menjadi material yang lebih besar dan berukuran nano. Gambar 2.1 menunjukkan struktur nanomaterial berdasarkan ukurannya.



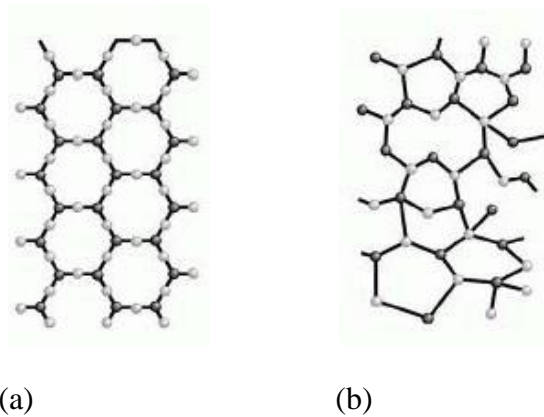
**Gambar 2.1.** Struktur nanomaterial berdasarkan ukuran (Fahlman, 2007: 284)

## B. Struktur Kristal

Kristal merupakan padatan yang tersusun oleh atom-atom yang memiliki pola tertentu. Atom-atom penyusun Kristal disebut basis, sedangkan kedudukannya dalam ruang dinyatakan oleh kisi-kisi. Berdasarkan struktur penyusun atom, zat padat dibedakan menjadi tiga, yaitu *monocrystal*, *polycrystal*, dan *amorf*. Kristal adalah suatu padatan yang partikel penyusunnya tersusun secara teratur dengan keteraturan yang tinggi dan membentuk pola tiga dimensi (Pratiwi, 2013: 8). Pada *monocrystal*,



atom-atom penyusunnya tersusun secara teratur pada struktur atau kisi kristal yang sama. *Polycrystal* adalah kumpulan Kristal tunggal yang saling menumpuk dan membentuk padatan. Sedangkan *amorf* merupakan padatan yang memiliki pola susunan atom-atom atau molekul-molekul yang acak dan tidak teratur. *Amorf* terbentuk karena proses pendinginan yang terlalu cepat sehingga atom-atom tidak dapat dengan tepat menempati lokasi kisinya. Gambar 2.2 merupakan ilustrasi perbedaan antara struktur amorf dan kristal.



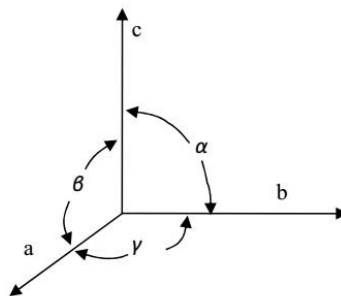
**Gambar 2.2.** (a) Struktur atom-atom kristal, (b) struktur atom-atom amorf.

(Yamane dan Asahara, 2004)

Selain material kristal dan amorf, ada juga material semikristal. Material semikristal merupakan zat padat yang tersusun dari **kristal dan amorf**, sebagai contoh avicell, paravin, dan selulose mikrokristalin (Erlian, 2012). Semikristalin jika dikarakterisasi menggunakan XRD maka akan tampak adanya perubahan *baseline*

berupa pelayangan difraktogram namun masih ditandai dengan adanya puncak-puncak seperti pada bentuk kristalinnya (Putra, 2012: 86).

Struktur kristal merupakan susunan atom-atom dalam kristal yang khas. Struktur kristal dibangun oleh sel satuan (*unit cell*) yang merupakan sekumpulan atom-atom yang tersusun secara periodik di dalam kisi. Struktur kristal dinyatakan dalam sumbu-sumbu kristal yang dikaitkan dengan parameter kisi dan sudut referensi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.3.



**Gambar 2.3.** Sumbu-sumbu dan sudut-sudut antar sumbu kristal.

Berdasarkan sumbu-sumbu  $a$ ,  $b$ , dan  $c$  (kisi bidang) dan sudut  $\alpha$ ,  $\beta$ , dan  $\gamma$  (kisi ruang), maka kristal dapat dikelompokkan menjadi 7 sistem kristal. Berikut ini adalah tabel system Kristal dan kisi Bravais.

**Tabel 2.1.** Sistem kristal dan kisi Bravais (Istiko, 2008: 7).

Sistem Kristal	Parameter Kisi	Kisi Bravais	Simbol
Kubik	$a = b = c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	Simpel	P
		Pusat Badan	I
		Pusat Muka	F
Monoklinik	$a \neq b \neq c$ $\alpha = \gamma = 90^\circ, \beta \neq 90^\circ$	Simpel	P
		Pusat Dasar	C
Triklinik	$a \neq b \neq c$ $\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$	Simpel	P
Tetragonal	$a = b \neq c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	Simpel	P
		Pusat Badan	I
Orthorombik	$a \neq b \neq c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	Simpel	P
		Pusat Dasar	C
		Pusat Badan	I
		Pusat Muka	F
Trigonal / rhombohedral	$a = b = c$ $\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$	Simpel	P
Hexagonal / rombus	$a = b \neq c$ $\alpha = \beta = 90^\circ, \gamma = 120^\circ$	Simpel	P

### ***C. Transparent Conducting Oxide (TCO)***

*Transparent conducting oxide* (TCO) adalah material oksida yang bersifat transparan dan konduktif. TCO merupakan salah satu hasil pemanfaatan teknologi nanomaterial. Dalam TCO, jika B adalah oksigen, dan A adalah unsur logam, maka kombinasi antara keduanya akan membentuk semikonduktor  $A_yB_z$  dengan sifat

optoelektrik yang berbeda. Perbedaan sifat juga dapat dipengaruhi oleh doping  $A_yB_z:D$  (D

= *doping*). *Doping* dapat berupa unsur logam, bukan logam maupun metalloid (Stadler, 2012: 662).

Berbeda dengan logam, material semikonduktor memiliki celah energy yang menghalangi pergerakan elektron. Elektron memerlukan energy untuk bereksitasi dari pita valensi ke pita konduksi. Pada umumnya, TCO memiliki celah energy berkisar 3,2 eV atau setara dengan panjang gelombang elektromagnetik 380 nm (ultraviolet). Jika cahaya (foton) dilewatkan pada TCO maka hanya foton dengan energi setara atau lebih besar dari 3,2 eV yang mampu mengeksitasi elektron untuk mengatasi celah ini. Foton dengan energi lebih kecil tidak akan mampu mengeksitasi elektron, sehingga foton ini hanya akan ditransmisikan. Foton yang diteruskan inilah yang berada pada kisaran spektrum cahaya tampak karena cahaya tampak memiliki energi lebih kecil dari 3,2 eV. Itulah mengapa material TCO bersifat transparan. TCO memiliki peranan penting dalam bidang teknologi. TCO banyak diaplikasikan dalam *photovoltaic*, *electrochromic cell*, dan perangkat *liquid crystal display* (LCD) yang berperan sebagai *counter electrode* (Lee dkk., 2010).

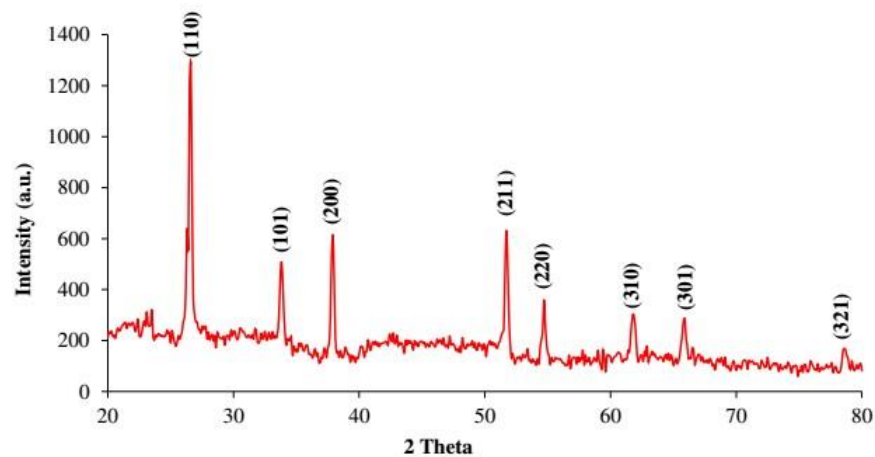
#### **D. Nanomaterial SnO<sub>2</sub>**

Salah satu bidang nanomaterial yang menarik untuk diteliti adalah nanomaterial oksida logam transisi. Nanomaterial ini memiliki sifat yang unik baik secara fisika

maupun kimia sehingga memiliki potensi pengaplikasian yang sangat luas. Contoh nanomaterial oksida logam transisi adalah ZnO, TiO<sub>2</sub> (Ardiyanti dkk., 2017), WO<sub>3</sub>, dan SnO<sub>2</sub>.

Nanomaterial SnO<sub>2</sub> dikenal sebagai bahan semikonduktor oksida logam tipe-n dengan lebar celah energi (3.6-4.2) eV (Köse, 2012: 1). SnO<sub>2</sub> memiliki struktur kristal tetragonal. Sifat transparansi dari lapisan ini dapat mencapai nilai lebih dari 97% (untuk lapisan yang memiliki ketebalan 0.1 sampai 1 µm (Ji, 2013: 1). Berbagai metode telah digunakan oleh para peneliti untuk mensintesis lapisan SnO<sub>2</sub>. Metode yang digunakan antara lain metode sol-gel, evaporasi, *electron beam evaporation*, *chemical bath deposition*, *chemical vapor deposition (CVD)*, *hydrothermal route*, *sputtering* dan *spray pyrolysis*. SnO<sub>2</sub> telah dikembangkan dan diaplikasikan sebagai katalisator, *transparent conducting electron* untuk solar sel, sensor gas hidrogen, karbon monoksida, etanol, dan methanol (Ayeshamariam, 2013: 1)

Salah satu situs jurnal internasional, *International Nano Letter*, telah mempublikasikan sebuah penelitian oleh Ganesh E Patil, dkk yang berjudul *Preparation and Characterization of SnO<sub>2</sub> Nanoparticles by Hydrothermal Route*. Dalam penelitiannya, Patil, dkk (2012) telah mengkarakterisasi sampel SnO<sub>2</sub> menggunakan XRD, *Field-Emission Scanning Electron Microscope (FESEM)*, dan *Transmission Electron Microscope (TEM)*. Hasil karakterisasi yang diperoleh menggunakan XRD adalah sebagai berikut:

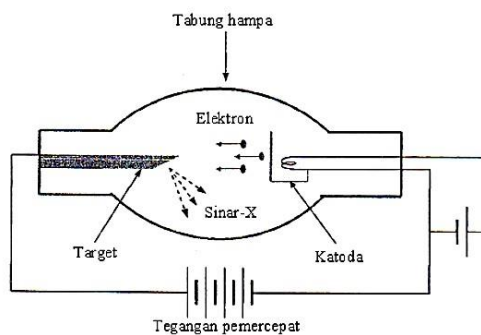


**Gambar 2.4.** Karakterisasi struktur SnO<sub>2</sub> menggunakan XRD. (Patil1, 2012: 2-3)

Dari Gambar 2.4, puncak-puncak yang terbentuk berada pada sudut 26,6°, 33,8°, 37,9°, 51,8°, 54,7°, 61,9°, dan 65,9° (Patil1, 2012: 2-3). Pada penelitian ini, hasil XRD pada Gambar 2.4 digunakan sebagai acuan atau pembanding karakterisasi yang akan dilakukan.

### **E. X-Ray Diffraction (XRD)**

Sinar-X adalah gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang 0,5 sampai 2,5 Å. Sinar-X dihasilkan dari tumbukan antara elektron berkecepatan tinggi dengan logam sasaran dalam tabung ruang hampa. Tabung sinar-X terdiri atas empat komponen utama, yakni filamen (*katoda*) yang berperan sebagai sumber elektron, ruang vakum sebagai pembebas hambatan, target sebagai *anoda*, dan sumber tegangan listrik seperti Gambar 2.5.



**Gambar 2.5.** Diagram sinar-X (Beiser, 1992: 62).

Pembentukan sinar-X dapat dijelaskan sebagai berikut. Elektron yang berasal dari katoda akan menuju anoda karena adanya perbedaan potensial. Elektron tersebut akan menembus kulit atom dan mendekati intinya. Elektron diperlambat oleh gaya elektrostatis negatif, yang berasal dari elektron-elektron yang mengorbit inti atom, dan terpental keluar. Energi elektron yang diperlambat dipancarkan dalam bentuk sinar-X. Proses ini lebih dikenal dengan sebutan proses *bremsstrahlung* (Haug & Nakel, 2004).

Di sisi lain, elektron bisa dihentikan oleh gaya elektrostatis positif. Bila hal ini terjadi maka sinar-X yang terpancar memiliki energi yang sama dengan energi kinetik elektron. Apabila beda potensial antara katoda dan anoda diberi lambang  $V_0$  (volt), maka saat elektron mengenai permukaan anoda dapat dihitung besar energi kinetik ( $E_K$ ) sebagai,

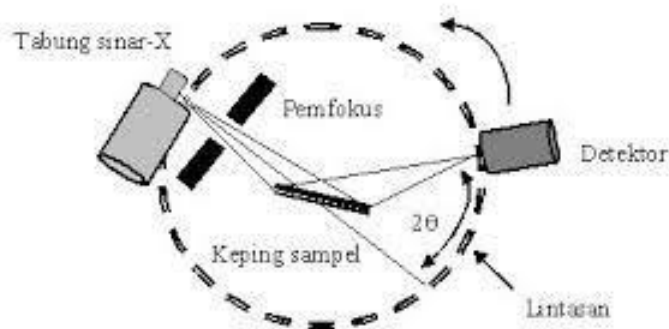
$$E_K = eV_0, \quad (1)$$

dengan  $e$  adalah muatan elektron (MacDonald, 2017).

Sinar-X dapat pula terbentuk dari perpindahan elektron dari kulit atom yang memiliki energi lebih tinggi ke kulit atom yang lebih rendah. Energi sinar-X yang

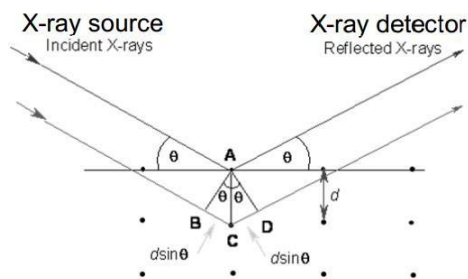
terbentuk memiliki energi yang sama dengan selisih energi antara kedua tingkatan. Setiap atom memiliki energi yang spesifik, sehingga sinar-X yang terbentuk dalam proses ini disebut dengan sinar-X karakteristik (Easton, 2009).

XRD merupakan salah satu teknik untuk mengkarakterisasi bahan. Teknik ini dapat digunakan untuk mengetahui struktur padatan (kristalin) suatu bahan.



**Gambar 2.6.** Skema kerja XRD. (Jamaluddin, 2010)

Sinar-X ditembakkan pada material uji, maka akan muncul pola gelap terang hasil difraksi sinar-X ke segala arah dengan memenuhi Hukum Bragg seperti Gambar 2.6. Pola gelap dihasilkan ketika terjadi interferensi destruktif, sedangkan pola terang terjadi saat interferensi konstruktif. Interferensi konstruktif terjadi jika terpenuhi hukum Bragg, yaitu





**Gambar 2.7.** Skema Hukum Bragg. (Jamaluddin, 2010)

Hukum Bragg dapat dinyatakan sebagai,

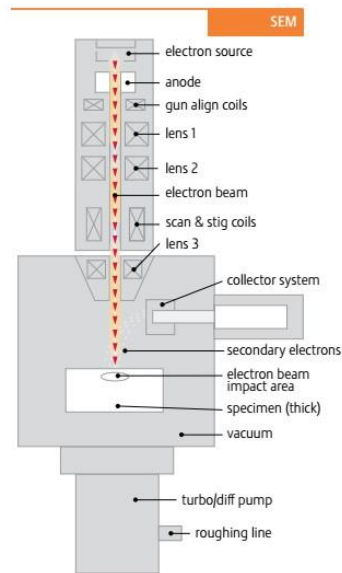
$$n\lambda = 2d \sin \theta \quad (2)$$

dengan  $\lambda$  adalah panjang gelombang,  $d$  adalah jarak antar bidang,  $n$  adalah orde difraksi dan  $\theta$  adalah sudut difraksi. Kemudian detektor bergerak dengan kecepatan sudut yang konstan untuk mendeteksi berkas sinar-X yang terdifraksi oleh sampel.

Gelombang yang terdeteksi akan ditampilkan sebagai puncak-puncak pada grafik (Jamaluddin,2010).

**F. *Scanning Electron Microscope (SEM)***

Publikasi yang pertama tentang SEM muncul pada tahun 1935 dalam artikel yang ditulis oleh fisikawan Jerman, Max Knoll. Fisikawan Jerman yang lain, Manfred von Ardenne melakukan penelitian suatu fenomena yang saat ini dikenal sebagai SEM pada tahun 1937. Namun pada tahun 1942, tiga ilmuwan Amerika, Vladimir Kosma Zworykin, James Hillier, dan Snijder berhasil membuat SEM yang sebenarnya dengan resolusi 50 nm (Abdullah, 2008). SEM adalah mikroskop yang digunakan untuk menganalisis permukaan sebuah sampel padat secara langsung. SEM dibentuk dari kolom optik elektron, sistem vakum, elektronik, dan *software*.



**Gambar 2.8.** Komponen SEM (Hartati, 2012).

Semua SEM memiliki berbagai bagian dasar yang sama seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.8. SEM memiliki komponen yang terbilang kompleks, namun pada umumnya dapat dijelaskan sebagai berikut: (Hartati, 2012)

1. Penghasil elektron (*electron gun*) menghasilkan elektron yang digunakan SEM untuk beroperasi. Ada dua jenis penembak elektron, yaitu penembak termal dan *field emission gun*. Penembak termal menghasilkan elektron menggunakan energi panas untuk diubah menjadi energi kinetik, yaitu dengan memanaskan tungsten. Sedangkan *field emission gun* menghasilkan elektron dengan memanfaatkan gaya tarik medan listrik luar yang diberikan pada bahan.
2. Serangkaian lensa (lensa kondensor maupun lensa objektif) berfungsi untuk mengontrol diameter dan memfokuskan berkas elektron yang jatuh pada sampel.

3. Serangkaian bukaan (bahan logam berskala mikro): berkas akan melewatinya dan akan mempengaruhi sifat berkas tersebut.
4. Kontrol posisi sampel baik ketinggian sumbu x, y, dan z maupun rotasi.
5. Area interaksi antara berkas elektron dengan sampel yang akan menghasilkan beberapa jenis sinyal.
6. Detektor untuk menangkap hamburan elektron dan memberikan informasi sampel. Ada dua jenis detektor, yaitu *back scatter detector* dan *secondary detector*.
7. Sistem vakum untuk mencegah *filament* atau sampel beroksidasi
8. Monitor untuk melihat hasil gambar struktur objek yang sudah diperbesar.

Prinsip kerja dari sebuah SEM adalah elektron yang dihasilkan oleh penembak elektron akan melewati lensa magnetik (*condenser lens*). Pada lensa ini elektron yang masuk difokuskan menuju suatu titik pada permukaan sampel. Sinar elektron yang terfokus tersebut akan memindai (*scan*) sampel. Memindai pada posisi yang diinginkan dapat dilakukan dengan mengatur *scanning generator* dan *scanning coils*. Ketika elektron mengenai sampel maka akan terjadi interaksi berupa hamburan elektron, baik *secondary electron* atau *back scattered electron* yang kemudian akan dideteksi oleh detektor dan akan dimunculkan dalam bentuk gambar pada monitor (Hartati, 2012).

## **G. KERANGKA BERPIKIR**

Pada umumnya pembuatan lapisan SnO<sub>2</sub> sangat kompleks dan mahal. Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan disintesis lapisan SnO<sub>2</sub> menggunakan metode yang sederhana dan murah dibandingkan dengan metode lain. Lapisan SnO<sub>2</sub> dalam

penelitian ini berbahan dasar kristalin  $\text{SnCl}_2 + \text{K}_2\text{SnCl}_6$  disintesis dengan metode pemanasan di atas kompor listrik pada suhu  $350^\circ$  dengan waktu pemanasan selama 10 menit agar mendapatkan hasil lapisan  $\text{SnO}_2$  yang maksimal.

Untuk mendapatkan lapisan  $\text{SnO}_2$  yang berukuran nano perlu dilakukan *mechanical exfoliation* (ME). Teknik ME dilakukan dengan menempel lakban pada lapisan  $\text{SnO}_2$  yang terbentuk kemudian melepaskan kembali. Untuk variasi ME dilakukan sebanyak; 2 kali ME, 6 kali ME, dan 10 kali ME. Setiap pengulangan ME dilakukan dengan lakban yang berbeda. Lapisan yang terbentuk pada kaca preparat selanjutnya dikarakterasi menggunakan XRD, SEM, dan diukur nilai hambatannya menggunakan multimeter. Harapannya dapat terbentuk lapisan  $\text{SnO}_2$  yang transparan dan konduktif.

### **BAB III METODE PENELITIAN**

#### **A. Waktu dan Tempat Penelitian**

##### **1. Waktu Penelitian**

Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan April sampai Oktober 2017.

## **2. Tempat Penelitian**

Tempat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut;

- a. Laboratorium Fisika Koloid Lantai 2 Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta (FMIPA UNY).
- b. Pengujian menggunakan XRD dilakukan di Laboratorium Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta.
- c. Pengujian menggunakan SEM dilakukan di Laboratorium Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta.
- d. Pengujian nilai hambatan dilakukan di Laboratorium Fisika Koloid Lantai 2 Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta.

## **B. Variabel Penelitian**

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah

- a. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah jumlah ME yang dilakukan pada lapisan tipis  $\text{SnO}_2$ , yaitu 2 kali, 6 kali, dan 10 kali.
- b. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah hasil uji XRD, SEM, dan nilai hambatan.
- c. Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah
  1. Massa  $\text{SnCl}_2 + \text{KCl}$ , 2. Lama pemanasan  $\text{SnCl}_2 + \text{KCl}$ ,
  3. Suhu pemanasan  $\text{SnCl}_2 + \text{KCl}$ .

## **C. Jenis Penelitian**

Penelitian ini merupakan jenis penelitian eksperimen.

## **D. Alat dan Bahan**

### **1. Alat-alat Penelitian**

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah

- a. kompor listrik (1 buah),
- b. *stopwatch* (menggunakan HP) (1 buah),
- c. kaca preparat (50 buah),
- d. penjepit preparat (2 buah),
- e. multimeter digital (1 buah),
- f. aluminium foil (1 gulung)
- g. gelas sukur (1 buah),
- h. penggaris (1 buah), (merk butterfly dengan skala ukur 1 mm)
- i. termometer digital (1 buah),
- j. timbangan digital (1 buah),
- k. pemotong kaca (1 buah).

## 2. Bahan-bahan penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah

- a.  $\text{SnCl}_2$  dengan grade teknis (25 gram),
- b.  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  dengan grade teknis (25 gram),
- c. *aquades* (2 liter),
- d. tisu (1 pak),
- e. lakban (1 buah),

## E. Langkah Kerja

1. Langkah kerja dalam pembuatan lapisan  $\text{SnO}_2$  dapat diberikan sebagai berikut;
  - a. Membersihkan kaca preparat menggunakan *aquades* lalu mengeringkannya menggunakan tisu.
  - b. Menyiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan.

- c. Memanaskan kompor listrik pada daya 600 watt selama 10 menit, hingga bersuhu  $350^{\circ}\text{C}$ .
- d. Menimbang massa  $\text{SnCl}_2$  dan  $\text{KCl}$  yang akan dibakar masing-masing sebanyak 0,05 gram.
- e. Mencampur serbuk  $\text{SnCl}_2$  dan  $\text{KCl}$
- f. Meletakkan serbuk  $\text{SnCl}_2$  dan  $\text{KCl}$  yang telah ditimbang dan dicampur di atas preparat kemudian diratakan.
- g. Meletakkan preparat lain di antara preparat yang telah diberi  $\text{SnCl}_2 + \text{KCl}$  sehingga bahan  $\text{SnCl}_2 + \text{KCl}$  ter-*sandwich* di kaca preparat.



**Gambar 3.1.** Bahan  $\text{SnCl}_2 + \text{KCl}$  yang telah dihimpit oleh dua buah preparat.

- h. Meletakkan preparat tersebut di atas aluminium foil.
  - i. Meletakkan kaca preparat lain di antara kaca yang bertumpuk dan memanaskannya selama 10 menit.
  - j. Lapisan tipis  $\text{SnO}_2$  akan tercetak pada preparat yang lain.
  - k. Melakukan metode ME dengan cara menempelkan lakban pada lapisan  $\text{SnO}_2$  yang telah terbentuk, dan kemudian secara hati-hati membuka lakban tersebut. Melakukan proses ME ini sebanyak 2 kali, 6 kali, dan 10 kali.
2. Uji XRD dan SEM lapisan  $\text{SnO}_2$
- a. Menyiapkan sampel lapisan  $\text{SnO}_2$  tanpa teknik ME,
  - b. Mengambil bagian kecil sampel  $\text{SnO}_2$  dengan memotong preparat lapisan  $\text{SnO}_2$  menggunakan pemotong kaca,

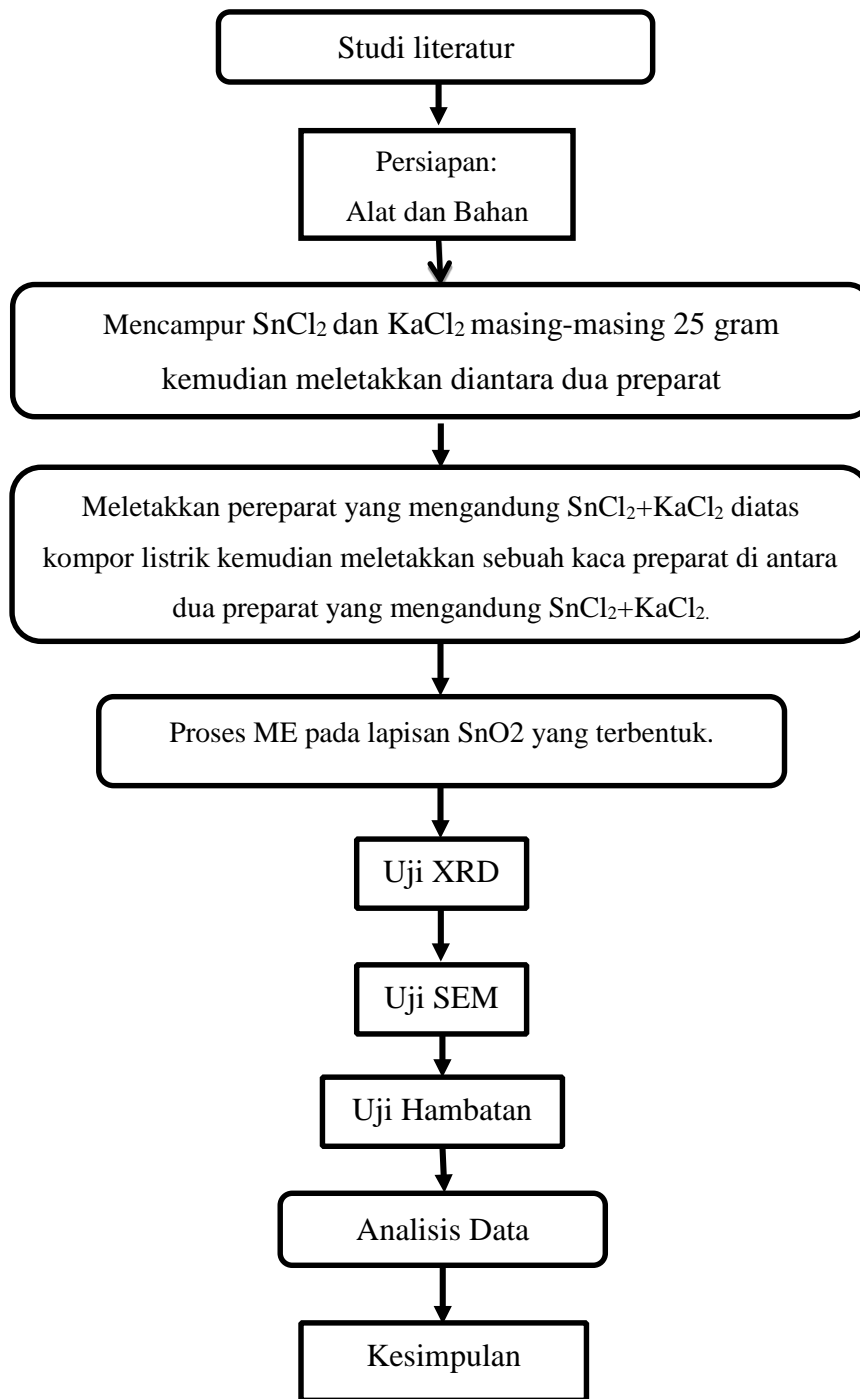
- c. Mengulang langkah a-b untuk lapisan  $\text{SnO}_2$  yang telah dilakukan teknik ME sebanyak; 2 kali, 6 kali, dan 10 kali,
  - d. Melakukan uji XRD dan SEM di Laboratorium Kimia, FMIPA, UNY.
3. Pengukuran nilai hambatan lapisan  $\text{SnO}_2$
- a. Menyiapkan sampel lapisan  $\text{SnO}_2$  tanpa teknik ME,
  - b. Menyiapkan multimeter dan diset pada ohmmeter,
  - c. Membuat plot titik acak untuk mengambil nilai hambatan,
  - d. Mengukur nilai hambatan sampel  $\text{SnO}_2$  pada titik plot yang telah dibuat
  - e. Mengulang langkah a-d untuk lapisan  $\text{SnO}_2$  yang telah dilakukan teknik ME sebanyak; 2 kali, 6 kali, dan 10 kali.

#### **F. Sistematika Penelitian**

Penelitian ini dimulai dengan studi literatur tentang; nanosains dan nanoteknologi, material maju,  $\text{SnO}_2$ ,  $\text{SnCl}_2$  dan  $\text{KCl}_2$ , dan berbagai metode dalam sintesis  $\text{SnO}_2$ . Penelitian akan dilanjutkan dengan fabrikasi lapisan tipis  $\text{SnO}_2$  dengan pemanasan langsung bahan  $\text{SnCl}_2 + \text{KCl}_2$ .

Langkah selanjutnya adalah melakukan karakterisasi terhadap hasil fabrikasi yang diperoleh menggunakan XRD, SEM, dan nilai hambatan. Akhirnya, hasil karakterisasi yang diperoleh akan dianalisis dan diambil kesimpulan. Sistematika penelitian secara diagramatik dapat diamati pada Gambar 3.2





**Gambar 3.2.** Sistematika Penelitian.

## **BAB IV**

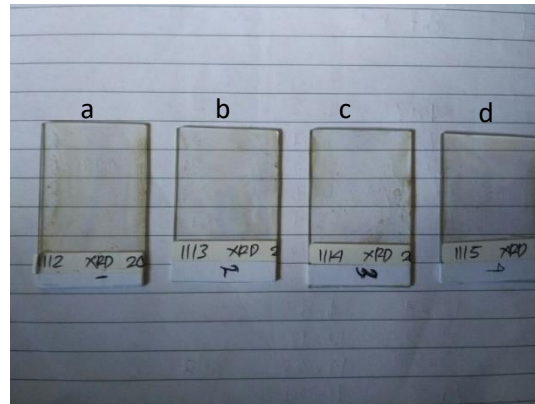
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari penelitian ini adalah terbentuknya empat lapisan  $\text{SnO}_2$  dari variasi jumlah ME yang dilakukan. Pembentukan lapisan  $\text{SnO}_2$  pada penelitian ini ini dilakukan pada substrat kaca. Sebelum melakukan pembentukan lapisan  $\text{SnO}_2$ , mulamula kaca dibersihkan dengan aquades, kemudian campuran  $\text{SnCl}_2$  dan  $\text{KCl}$  masingmasing sebesar 0,05 gram diletakkan ditengah-tengah kaca dan ditutup dengan kaca lain. Preparat tersebut diatas lembar aluminium dan ditutup dengan kaca lain yang diletakkan di samping kiri dan kanan preparat  $\text{SnCl}_2 + \text{KCl}$ . Preparat lalu dipanaskan di atas kompor yang telah mencapai suhu  $350^\circ$  selama 10 menit. Terbentuklah lapisan  $\text{SnO}_2$  pada kaca preparat yang yang terbentuk pada proses ini dapat diamati pada Gambar 4.1.



**Gambar 4.1.** Hasil lapisan tipis  $\text{SnO}_2$  setelah proses pemanasan

Pembentukan lapisan  $\text{SnO}_2$  dengan teknik ME menggunakan perekat jenis lakban dilakukan sebanyak 2, 6, dan 10 kali pada lapisan  $\text{SnO}_2$  yang berbeda. Hasil lapisan tipis  $\text{SnO}_2$  dengan kombinasi teknik ME dapat diamati pada Gambar 4.2.



**Gambar 4.2.** Hasil lapisan tipis  $\text{SnO}_2$  dengan kombinasi teknik ME; a) tanpa ME, b) 2 kali, c) 6 kali, dan d) 10 kali.

Hasil lapisan  $\text{SnO}_2$  jika dilihat secara kasat mata bentuk fisiknya tidak jauh berbeda, keempat sampel berwarna seperti pelangi. Warna-warna yang muncul pada lapisan ini adalah merah, jingga, hijau, dan ungu. Warna ini disebabkan karena terjadinya peristiwa dispersi cahaya akibat perbedaan ketebalan lapisan. Dispersi merupakan peristiwa penguraian cahaya polikromatik (putih) menjadi berbagai cahaya monokromatik (merah, jingga, kuning, hijau, biru, nila dan ungu). Hal ini disebabkan karena perbedaan indeks bias ketika cahaya melalui lapisan  $\text{SnO}_2$ .

. Semua sampel terlihat transparan dan perbedaan ketebalan lapisan dapat dilihat dari perbedaan warna yang muncul dilihat secara visual. Warna yang muncul

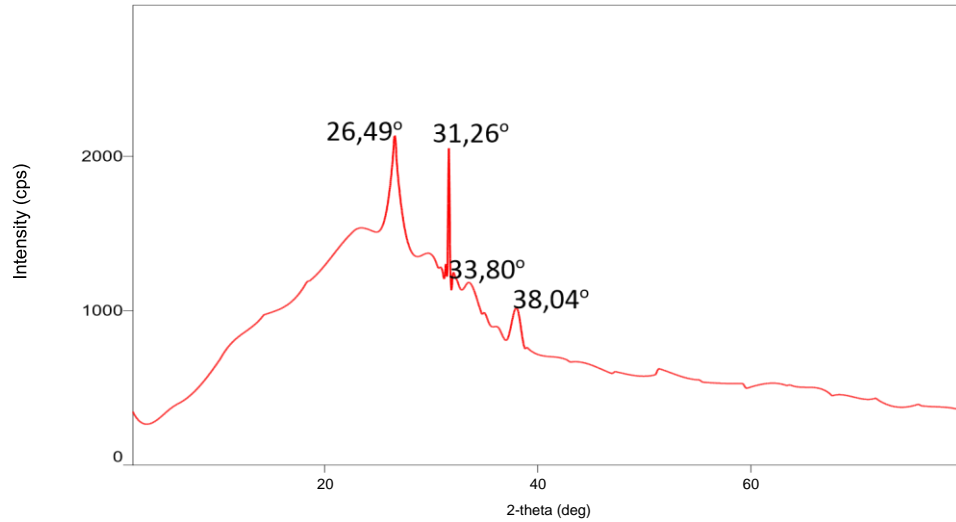
akan semakin terang untuk lapisan yang lebih tipis dan semakin tajam untuk lapisan yang lebih tebal. Transparan dalam hal ini berarti sampel terlihat jernih dan tembus pandang namun demikian dalam penelitian ini belum dilakukan pengukuran terhadap nilai transparansi dari bahan lapisan SnO<sub>2</sub>. Dengan kata lain, dalam penelitian ini belum dilakukan uji transparansi. Namun demikian, secara kualitatif tembus pandang berarti dapat melihat benda dengan jelas yang berada di belakang kaca dengan lapisan SnO<sub>2</sub>. Lebih jauh lagi, jika lapisan SnO<sub>2</sub> dilewatkan laser, maka laser tersebut dapat menembus lapisan.

#### **1. Karakterisasi Struktur Kristal dan Parameter Kisi menggunakan XRD (*X-Ray Diffraction*).**

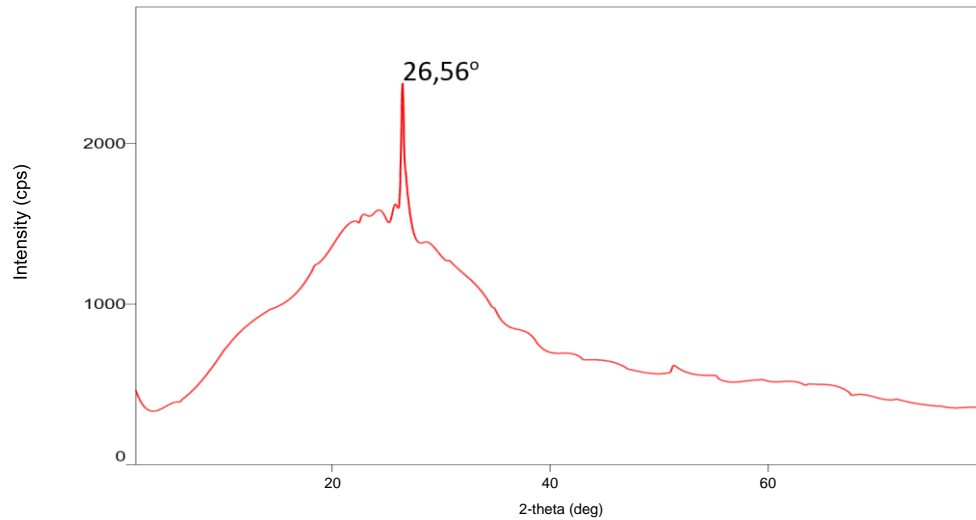
Karakterisasi lapisan SnO<sub>2</sub> menggunakan XRD bertujuan untuk mengetahui struktur kristal lapisan tipis SnO<sub>2</sub>. Prinsip kerja XRD adalah sinar-X dikenakan pada sampel dengan panjang gelombang tertentu sehingga akan terjadi difraksi gelombang untuk bidang yang berjarak  $d$  dan sudut  $2\theta$  yang memenuhi hukum difraksi Bragg.

Hasil karakterisasi dengan XRD dilakukan pada keempat sampel lapisan SnO<sub>2</sub> yang dapat diamati pada Gambar 4.2. Data hasil karakterisasi dengan XRD yang diperoleh keempat sampel berupa difraktogram, yaitu grafik hubungan antara intensitas puncak spektrum dan sudut hamburan ( $2\theta$ ). Gambar hasil difraktogram menunjukkan dengan; tanpa ME (Gambar 4.3), 2 kali ME (Gambar 4.4), dengan 6 kali ME (Gambar 4.5), dan dengan 10 kali ME (Gambar 4.6). Sumber yang

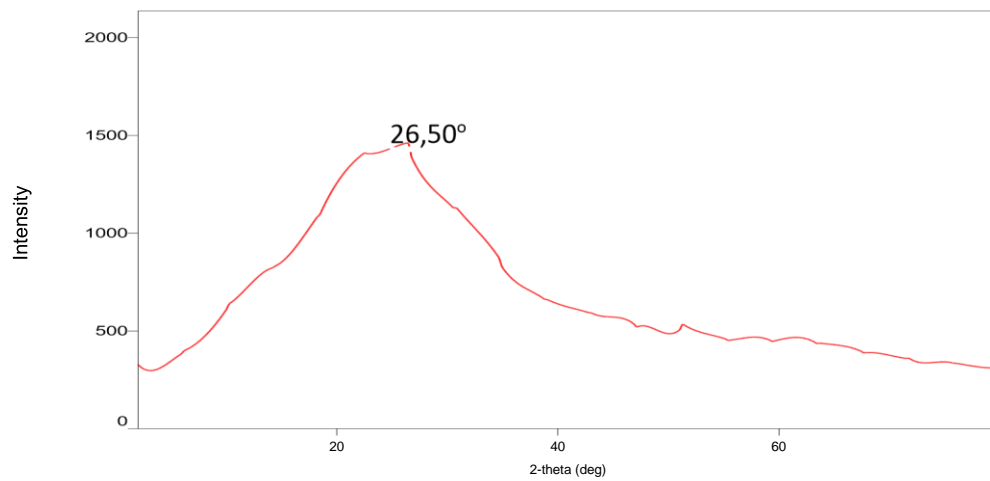
digunakan dalam karakterisasi dengan XRD adalah sumber Cu, yang memiliki panjang gelombang ( $\lambda$ ) sebesar 1,5406 Å, tegangan operasi 40 kV, dan arus operasi 15 mA.



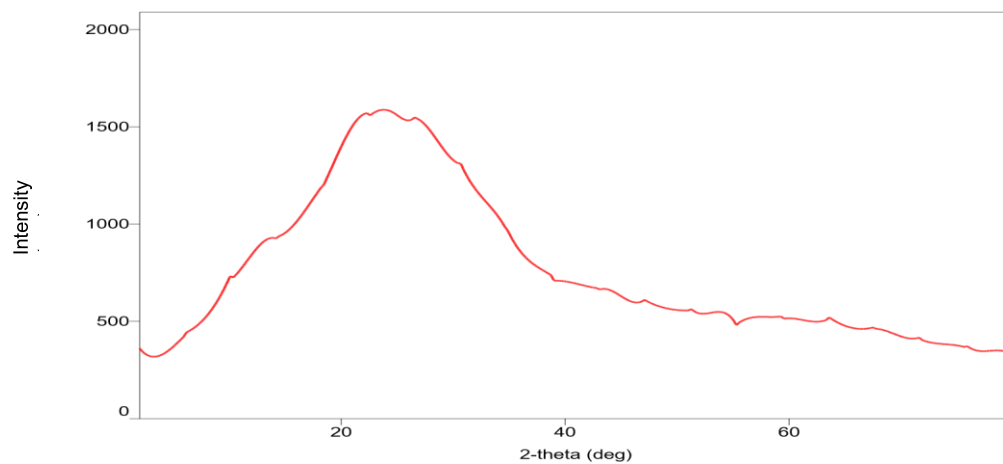
**Gambar 4.3.** Difaktogram hasil uji XRD lapisan SnO<sub>2</sub> dengan tanpa ME.



**Gambar 4.4.** Difaktogram hasil uji XRD lapisan SnO<sub>2</sub> dengan 2 kali ME.



**Gambar 4.5.** Difaktogram hasil uji XRD lapisan SnO<sub>2</sub> dengan 6 kali ME.



**Gambar 4.6.** Difaktogram hasil uji XRD lapisan SnO<sub>2</sub> dengan 10 kali ME.

Pada hasil XRD dari penelitian di atas, pada sampel dengan 0 kali dan 2 kali ME terlihat ada puncak-puncak pada difaktogram. Untuk sampel tanpa ME (Gambar 4.3.) puncak-puncak XRD berada pada  $2\theta$  sebesar  $26,49^\circ$ ;  $31,26^\circ$ ;  $33,80^\circ$ ; dan  $38,04^\circ$ , sedangkan untuk 2 kali ME puncak-puncaknya berada pada  $2\theta$  sebesar

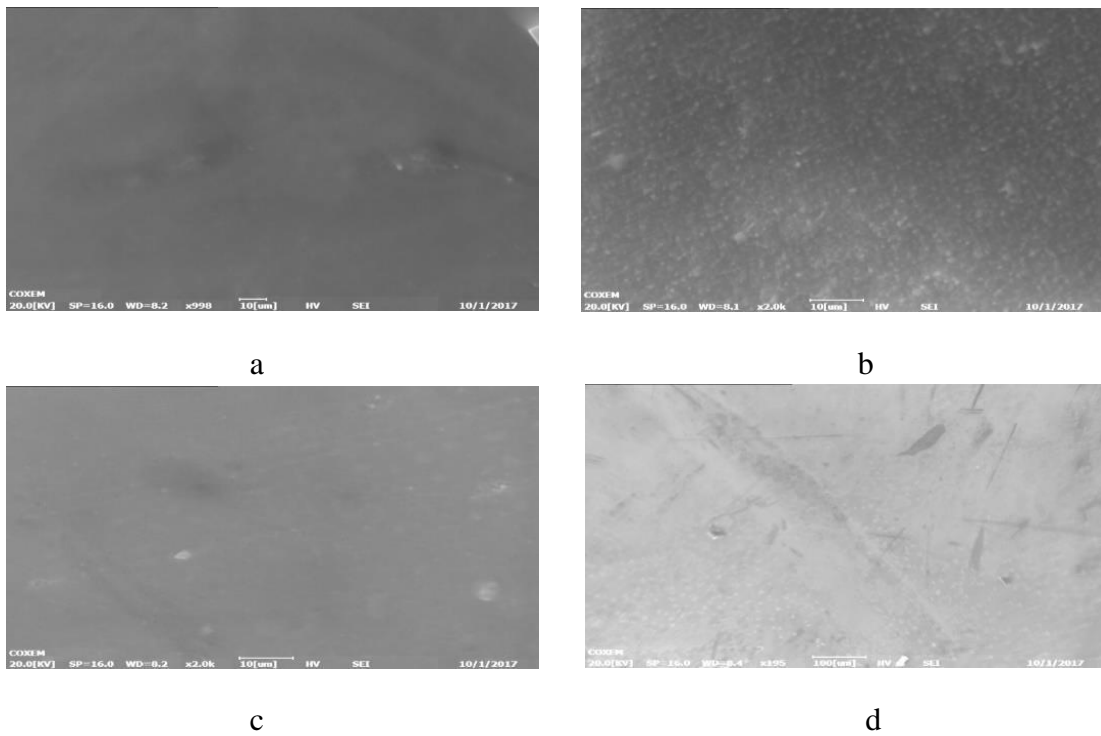
26,56°. Hal ini membuktikan bahwa pada hasil lapisan SnO<sub>2</sub> yang terbentuk untuk tanpa ME dan 2 kali ME berstruktur kristal. Hal ini dapat dibuktikan dengan adanya puncak-puncak difraksi pada hasil XRD lapisan SnO<sub>2</sub> tanpa ME, 2 kali ME, dan 6 kali ME. Selain itu, dapat diamati ada sebuah puncak yang sama yakni pada  $2\theta$  sekitar 26,5°.

Pada hasil XRD sampel lapisan SnO<sub>2</sub> dengan 6 kali ME terjadi penurunan puncak pada difaktogram dimana puncak-puncaknya berada pada 26,5°. Hal ini membuktikan bahwa terjadi penurunan kristalinitas lapisan SnO<sub>2</sub> pada sampel dengan 6 kali ME meskipun ada puncak yang sama, yakni pada  $2\theta$  sebesar 26,5°. Selain itu pada sampel lapisan SnO<sub>2</sub> dengan ME 6 kali berstruktur kristal. Pada hasil XRD sampel lapisan SnO<sub>2</sub> dengan 10 kali ME tidak terbentuk puncak, hal ini menunjukkan bahwa lapisan SnO<sub>2</sub> yang terbentuk adalah amorf.

Puncak tertinggi difaktogram terjadi pada sampel dengan 2 kali ME, hal ini menunjukkan bahwa ME baik dilakukan tetapi tidak terlalu banyak karena dapat merusak kristalinitas. Lebih jauh hasil ini menunjukkan bahwa teknik ME justru mengurangi jumlah puncak-puncak difraksi yang berarti mengurangi kristalinitas bahan SnO<sub>2</sub> yang terbentuk.

## 2. Karakterisasi Lapisan SnO<sub>2</sub> menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscopy*)

Karakterisasi menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscopy*) bertujuan untuk memperoleh informasi mengenai morfologi permukaan lapisan. Dari hasil uji SEM dapat dilihat seperti pada Gambar 4.3 di bawah ini;



**Gambar 4.7.** Gambar hasil dari SEM; a) tanpa ME, b) 2 kali ME, c) 5 kali ME dan d) 10 kali ME dengan perbesaran 10000 kali.

Dari gambar hasil uji SEM (Gambar 4.7) dapat dilihat bahwa hasil dari lapisan SnO<sub>2</sub> cukup tipis. Hal ini dapat dilihat dari hasil SEM yang secara visual terlihat halus. Pada setiap sampel dengan variasi ME yang berbeda-beda, terlihat seperti



ada degradasi warna semakin terang untuk ME semakin banyak. Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak dilakukan ME maka semakin tipis lapisan  $\text{SnO}_2$  yang dihasilkan. Morfologi permukaan untuk lapisan  $\text{SnO}_2$  dari hasil SEM hanya dapat diamati pada sampel  $\text{SnO}_2$  dengan 2 kali ME yang berupa bulatanbulatan yang tersebar merata pada lapisan.

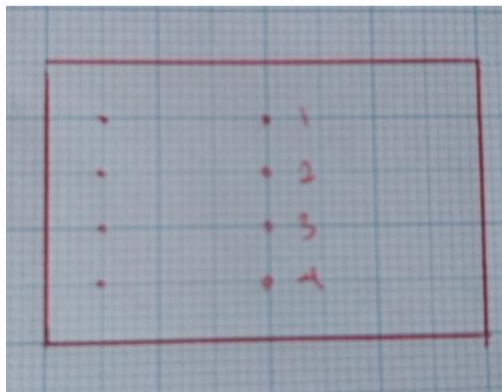
Pada sampel dengan tanpa ME (Gambar 4.3a) dapat dilihat bahwa lapisan yang terbentuk cukup pekat, dimana pada sampel ini tidak ada lapisan yang terkelupas. Pada sampel dengan 2 kali ME (Gambar 4.3b), sampel dengan 5 kali ME (Gambar 4.3c), dan sampel dengan 10 kali ME (Gambar 4.3d) terlihat adanya garis-garis hasil ME menggunakan lakban. Hal ini menunjukkan bahwa sampel telah mengalami eksfoliasi (pengelupasan) secara mekanik.

Pada sampel dengan tanpa ME (Gambar 4.7a), dengan 2 kali ME (Gambar 4.7b), dan dengan 6 kali ME (Gambar 4.7c) dapat dilihat adanya bulatan-bulatan yang menunjukkan bahwa material  $\text{SnO}_2$  tersebar pada sampel. Jika dilihat secara visual, jarak antar bulatan pada sampel dengan tanpa ME lebih pendek dibanding pada sampel dengan 2 kali ME dan pada sampel dengan 2 kali ME jarak antar bulatan lebih pendek dibanding pada sampel 6 kali ME. Pada sampel dengan 10 kali ME tidak terlihat adanya bulatan-bulatan. Hal ini membuktikan bahwa ME dapat mempengaruhi morfologi permukaan lapisan dengan berkurangnya jarak antar material  $\text{SnO}_2$  dan jumlah material  $\text{SnO}_2$  (ditunjukkan dengan bulatanbulatan). Khusus untuk sampel dengan 2 kali ME dapat diamati adanya bulatanbulatan yang lebih jelas.

### 3. Karakterisasi Nilai Hambatan Menggunakan Ohmmeter

Karakterisasi lapisan  $\text{SnO}_2$  menggunakan ohmmeter bertujuan untuk mengetahui nilai hambatan lapisan  $\text{SnO}_2$ . Pengukuran nilai hambatan dilakukan pada titik-titik acak seperti ditunjukkan Gambar 4.4. Karakterisasi ini dilakukan pada keempat sampel  $\text{SnO}_2$  yaitu, sampel 1 dengan tanpa ME, sampel 2 dengan 2 kali ME, sampel 3 dengan 6 kali ME, serta sampel 4 dengan 10 kali ME.

Data hasil karakterisasi menggunakan ohmmeter adalah besar nilai hambatan dari keempat sampel pada masing-masing titik acak. Data besar nilai hambatan yang dihasilkan ditunjukkan oleh Tabel 4.1.



**Gambar 4.4.** Plot pengukuran nilai hambatan.

Tabel 4.1. Hasil pengukuran nilai hambatan untuk plot Gambar 4.4.

Titik	Hambatan (k $\Omega$ )			
	Tanpa ME	2 kali ME	6 kali ME	10 kali ME
1	12 $\pm$ 1	9 $\pm$ 1	Tidak terbaca	Tidak terbaca
2	35 $\pm$ 1	12 $\pm$ 1	Tidak terbaca	Tidak terbaca
3	29 $\pm$ 1	14,3 $\pm$ 0,8	3,7 $\pm$ 0,8	Tidak terbaca
4	23 $\pm$ 1	10 $\pm$ 1	Tidak terbaca	Tidak terbaca

Dari hasil karakterisasi nilai hambatan pada (Gambar 4.4) menunjukkan bahwa lapisan SnO<sub>2</sub> ada nilai hambatannya. Nilai hambatan tertinggi pada sampel lapisan SnO<sub>2</sub> dengan tanpa ME adalah (35  $\pm$  1) k $\Omega$ , dengan 2 kali ME adalah (14,3  $\pm$  0,8) k $\Omega$ , dan dengan 6 kali ME adalah (3,7  $\pm$  0,8) k $\Omega$ . Pada lapisan SnO<sub>2</sub> dengan 10 kali ME, nilai hambatannya tidak terbaca oleh multimeter. Hal ini

membuktikan bahwa lapisan  $\text{SnO}_2$  dengan tanpa ME, 2 kali ME, dan 6 kali ME yang terbentuk adalah lapisan yang konduktif sedangkan pada lapisan  $\text{SnO}_2$  dengan 10 kali ME bukan lapisan yang konduktif. Hasil pengukuran nilai hambatan memperlihatkan bahwa ME sebanyak 2 kali lebih baik untuk dilakukan karena meningkatkan nilai konduktivitasnya, ME sebanyak 10 kali disisi lain akan menghilangkan nilai konduktivitasnya. Dapat dilihat dari Tabel 4.1, nilai hambatan cenderung lebih besar pada bagian tengah sampel (titik 3). Hal ini menunjukkan bahwa lapisan  $\text{SnO}_2$  semakin tinggi nilai hambatannya pada ujung persebaran saat proses pembentukan lapisan  $\text{SnO}_2$ . Semakin mendekati bagian tengah (titik 3) maka semakin besar nilai hambatannya.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### A. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada penelitian ini dapat dihasilkan lapisan  $\text{SnO}_2$  dengan pemanasan  $\text{SnCl}_2 + \text{KCl}$  dengan kombinasi ME menggunakan lakban yang dibuktikan dengan uji XRD, SEM, dan nilai hambatan.
2. Jumlah ME yang dilakukan mempengaruhi ketebalan lapisan  $\text{SnO}_2$  dimana pada hasil XRD membuktikan untuk tanpa ME, 2 kali, dan 6 kali terbentuk kristal sedangkan untuk ME 10 kali terbentuk amorf. Pada hasil uji SEM lapisan  $\text{SnO}_2$  dengan 2 kali ME terlihat adanya bulatan-bulatan yang menunjukkan material  $\text{SnO}_2$  tersebar pada sampel lebih banyak. Pada hasil uji nilai hambatan menunjukkan bahwa lapisan tipis  $\text{SnO}_2$  dengan tanpa ME, 2 kali ME, dan 10 kali ME ada nilai hambatannya yang menunjukkan lapisan konduktif. Pada sampel dengan 10 kali ME tidak terbaca nilai hambatannya yang menunjukkan bahwa lapisan tidak konduktif. Selain itu, konduktifitas terbesar terletak di tengahnya sampel lapisan  $\text{SnO}_2$  atau ujung persebaran dalam proses sintesis lapisan  $\text{SnO}_2$ .
3. Metode ME pada lapisan  $\text{SnO}_2$  baik untuk dilakukan sebanyak 2 kali, tetapi 10 kali ME justru akan merusak kristalinitas lapisan  $\text{SnO}_2$ .

## **B. Saran**

Pada penelitian ini ada beberapa hal yang harus diperhatikan untuk penelitian selanjutnya

1. Pencampuran  $\text{SnCl}_2$  dengan  $\text{KCl}_2$  harus merata, yakni pada saat proses pencampuran kristal  $\text{SnCl}_2$  dan  $\text{KCl}_2$  sebaiknya massanya harus sama (dalam penelitian ini masing-masing 0,05 gram).
2. Pemanasan yang dilakukan untuk masing-masing sampel harus sama agar pengaruh saat pemanasan ditiadakan.
3. Perlu dilakukan variasi massa, lama waktu pemanasan, dan suhu pemanasan untuk mengetahui pengaruh massa, lama waktu pemanasan, dan suhu pemanasan terhadap lapisan  $\text{SnO}_2$  yang terbentuk.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M. (2008). *Pengantar Nanosains*, Bandung: penerbit ITB.
- Ardiyanti, D., Fitonna, A., Ni'maturohmah, D., Ulin, K., Maulidina, S., Kristiawan, Y. R., Saraswati, T. E. (2017) Chemical Vapor Deposition (CVD) Dalam sinesis nanomaterial. Proceeding of Chemistry Conferences vol 2. Surakarta. Hlm 17-28.
- Beiser, A. (1992). *Konsep Fisika Modern*. Edisi keempat (Ahli Bahasa: Dr. The Houw Liong) Jakarta: Erlangga.
- Budianto. 2015. Pengaruh Penambahan Nanopartikel Perak Pada Setiap Sel Elemen Basah (ACCU ) Terhadap Tegangan Keluaran Elemen Basah.
- Cahyana, Agus, Ahmad M., & Cari. (2014). *Analisa SEM (Scanning Electron Microscope) pada Kaca TZN yang Dikristalisasi Sebagian*. Jurusan Ilmu Fisika Pasca Sarjana Universitas Sebelas Maret. Prosiding Mathematics and Science Forum 2014. Hlm 25.
- Easton, S. (2009). *An Introduction to Radiography*. Churchill Livingstone: Elsevier
- Erlian. (2012). *Kristal*. Diakses dari [http://erlian-ff07.web.unair.ac.id/artikel\\_detail-Farmasi-RANGKUMANFISFAR.html](http://erlian-ff07.web.unair.ac.id/artikel_detail-Farmasi-RANGKUMANFISFAR.html). Pada 13 Juli 2016 pukul 6.25 WIB.

- Fahlman B.D. (2007). *Materials Chemistry*. Diakses dari [www.springer.com](http://www.springer.com). Pada 5 Maret 2016 pukul 20.00 WIB.
- Hartati, A. (2012). *Electron Microscopy*. Semarang: FMIPA UNDIP
- Haug, E., Nakel. W. *The Elementary process of Bremsstrahlung*. London: World Scientific Publishing.
- Istiko, Dino Wellson. (2008). *Studi Tentang Pengaruh Annealing pada Struktur Kristal Bahan CuInS<sub>2</sub> Hasil Preparasi dengan Teknik Brigman*. Yogyakarta: FMIPA UNY.
- Jamaluddin, K. (2010). *XRD (X-Ray Diffractions)*. Kendari: FKIP Universitas Haluoleo.
- Ji, Yu-Chen, Hua-Xing Zhang, Xing-Hua Zhang, & Zhi-Qing Li. (2013). *Structure, Optical Properties, and Electrical Transport Processes of SnO<sub>2</sub> Films with Oxygen Deficiencies*. China. Tianjin University. PACS numbers: 73.61.Le, 81.15.Cd, 73.50.Bk. Hlm 1.
- Köse, H., Aysin, A.O., & Anbulut, H. (2012). *Sol–Gel Synthesis of Nanostructured SnO<sub>2</sub> Thin Film Anodes for Li-Ion Batteries*. Sakarya University. Vol. **121** (2012). Hlm. 1.
- Lee, K. S., Lee, H. K., Wang, G. N., Lee, J. Y., Park, O. O., & Park, J. H. (2010). *Dye-sensitized solar cells with Pt- and TCO-free counter electrodes*. Chemical Communications. Vol 46. Hlm 4505-4507.



Macdonald, C.A. (2017). *An Introduction to X-Ray Physics, Optic, and Application*.

New Jerrey: Princeton University Press

Patil, Ganesh E., Dnyaneshwar D Kajale, Vishwas B Gaikwad & Gotan H Jain.

(2012). *Preparation and Characterization of SnO<sub>2</sub> Nanoparticles by Hydrothermal Route*. Matrials research laboratory. T.M.H. Collage.

Perlin, jhon. (2008). *A History of Photovoltaics*. California diakses dari

[http://www.usc.edu/org/edisonchallenge/2008/ws1/A\\_History\\_of\\_Photovolt\\_aics.pdf](http://www.usc.edu/org/edisonchallenge/2008/ws1/A_History_of_Photovolt_aics.pdf) pada 20 Mei 2016 pukul 19.40.

Pratiwi, Yunika. (2013). *Struktur Kristal dan Komposisi Kimia Bahan Semikonduktor*

*Cd(Se<sub>0,6</sub>S<sub>0,4</sub>) Hasil Preparasi dengan Metode Brigman untuk Aplikasi Sel Surya*. Yogyakarta: FMIPA UNY.

Putra, Okky D., Ilma Nugrahani, Slamet Ibrahim & Hidehiro Uekusa. (2012).

*Pembentukan Padatan Semi Kristalin dan Ko-kristal Parasetamol*. Jurnal Matematika & Sains, Agustus 2012, Vol. 17 Nomor 2. Hlm 86.

Reeves, Chalote. (2010). *Graphine: Characterization After Mechanical Exfoliation*.

Diakses dari

<http://Physics.wn.edu/Seniorthesis/SeniorThesis2010/reevesthesis.pdf>. Pada

22 Maret 2016 pukul 21.45 WIB

Sharker, Komol K., Mubarak A. Khan, Shauk M. M. Khan & Rafiqul Islam (2015).

*Preparation and Characterization of Tin Oxide based Transparent*

- Conducting Coating for Solar Cell Application*. Int. J. Thin. Fil. Sci. Tec. 4, No. 3, 243-247 (2015). Hlm 243.
- Stadler, Andreas. (2012). *Transparent Conducting Oxide-An Up-To-Date Overview*. Materials 2012, 5, 661-683; doi:10.3390/ma5040661. Hlm.662.
- Tiwari, Jitendra.N., Rajanish N. Tiwari, & Kwang S. Kim. (2012). *ZeroDimensional, One- Dimensional, Two-Dimensional, Three Dimensional nanostructure materials for advanced electrochemical energy devices*. Progress in Materials Science 57 (2012) 724-803. Hlm. 726-729.
- Yamana & Asahara. (2004). *Glasses for Photonic*. New York: Cambridge University Press.

## **LAMPIRAN**

### **1. Daftar Peak List Difaktogram hasil uji XRD**

**a. 0 kali EM**

**Peak list**

No.	2-theta(deg)	d(ang.)	Height(cps)	FWHM(deg)	Int. I(cps deg)	Int. W(deg)	Asym. factor
1	26.4961	3.3612	288.672	0.111489	63.5713	0.220220	0.488257
2	31.623(6)	2.8271(	829(83)	0.111(19)	114(21)	0.14(4)	0.5(4)
3	33.8002	2.6497	17.4398	0.111489	15.9043	0.911957	0.488257
4	38.0436	2.3634	35.8545	0.111489	22.9626	0.640438	0.488257

**b. 2 kali EM**

**Peak list**

No.	2-theta(deg)	d(ang.)	Height(cps)	FWHM(deg)	Int. I(cps deg)	Int. W(deg)	Asym. factor
1	26.5657	3.35264	1.68293e+006	0.1	579.742	0.000344483	1

**c. 5 kali EM**

**Peak list**

**d. 10 kali EM**

**Peak list**

No.	2theta(deg)	d(ang.)	Height(cps)	FWHM(deg)	Int. I(cps deg)	Int. W(deg)	Asym. factor
1	21.51(16)	4.13(3)	376(56)	8.4(10)	6670(1210)	18(6)	0.83(19)
2	26.5(2)	3.36(3)	416(59)	6.9(5)	6055(691)	15(4)	1.4(2)

**2. Gambar hasil lapisan SnO<sub>2</sub> dengan 0 kali EM**

