

**KARAKTERISASI LAPISAN TIPIS BAHAN C, SnO₂ DAN C+SnO₂
DITINJAU DARI NILAI HAMBATAN, UJI UV-VIS, DAN XRD SEBAGAI
MATERIAL *TRANSPARENT CONDUCTING OXIDE***

SKRIPSI

Diajukan kepada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Negeri Yogyakarta

Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan

Guna Memperoleh Gelar Sarjana Sains



Oleh:

NABILA RAHMASARI

NIM 12306144006

PROGRAM STUDI FISIKA

JURUSAN PENDIDIKAN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi yang berjudul “Karakterisasi Lapisan Tipis Bahan C, SnO₂, dan C+SnO₂ Ditinjau dari Nilai Hambatan, Uji UV-Vis, dan XRD Sebagai Material *Transparent Conducting Oxide*” yang disusun oleh Nabila Rahmasari, NIM 12306144006 ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diujikan.



Yogyakarta,

2017

Pembimbing I,



W. S. Brams Dwandaru, Ph.D.
NIP. 195909141988031003

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul “Karakterisasi Lapisan Tipis Bahan C, SnO₂, dan C+SnO₂ Ditinjau dari Nilai Hambatan, Uji UV-Vis, dan XRD Sebagai Material *Transparent Conducting Oxide*” yang disusun oleh Nabila Rahmasari, NIM 12306144006 ini telah dipertahankan di depan Dewan Penguji pada tanggal 12 Juli 2017 dan dinyatakan lulus.

DEWAN PENGUJI:

Nama	Jabatan	Tanda Tangan	Tanggal
<u>W.S. Brams Dwandaru, Ph.D</u> NIP. 19800129 200501 1 003	Ketua Penguji		28/9 2017
<u>Rita Prasetyowati, M.Si</u> NIP. 19800728 200604 2 001	Sekretaris Penguji		28/9 2017
<u>Dr. Rida Sitti Nur'aini M.</u> NIP.19840818 201404 2 001	Penguji Utama		25/9 2017

Yogyakarta, 11 Oktober 2017
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Yogyakarta
Dekan,



Dr. Hartono
NIP.19620329 198702 1 002

SURAT PERNYATAAN

Yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Nabila Rahmasari
NIM : 12306144006
Program Studi : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Judul : Karakterisasi Lapisan Tipis Bahan C, SnO₂, dan C+SnO₂
Ditinjau dari Nilai Hambatan, Uji UV-Vis, dan XRD
Sebagai Material *Transparent Conducting Oxide*.

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.

Tanda tangan dosen penguji yang tertera dalam halaman pengesahan asli. Jika tidak asli, saya siap menerima sanksi ditunda yudisium pada periode berikutnya.

Yogyakarta, 03 Juni 2017

Yang menyatakan,



Nabila Rahmasari
NIM 12306144006

MOTTO

Khairunnas anfa'uhum linnas; sebaik-baiknya manusia adalah yang bermanfaat bagi manusia lain (H.R. Ahmad dan Thabrani).

Bersungguh-sungguhlah pada perkara-perkara yang bermanfaat bagimu, mintalah pertolongan kepada Allah dan janganlah kamu bersikap lemah (H.R Ahmad dan Muslim).

Jadilah seperti pohon yang dilempar orang dengan batu, tetapi ia justru menggugurkan buah untuk mereka (Hasan Al Banna)

Kalau hidup hanya sekadar hidup, kera di rimba juga hidup. Kalau kerja hanya sekadar kerja, kerbau di sawah juga bekerja (Buya Hamka)

Setiap orang punya jalan yang berbeda untuk sukses (Nabila Rahmasari)

PERSEMBAHAN

Dengan menyebut nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Dengan penuh rasa syukur yang dihaturkan kepada Allah Azza wa Jalla. Karya ini saya persembahkan kepada :

1. Kedua orangtua saya yang doanya selalu melangit untuk kebaikan anaknya, yang tanpa lelah mendidik saya, mengarahkan saya dan mencurahkan kasih sayangnya kepada saya.
2. Adik, Bhulek, Sepupu dan ke dua Nenek saya yang selalu menyemangati saya dan memberikan dorongan untuk segera menyelesaikan pendidikan strata – 1 saya di Universitas Negeri Yogyakarta.
3. Teman – teman yang telah membelajarkan saya dan menemani saya berproses di dalam kebaikan : HIMAFI UNY 2013 & 2014, MPO HIMAFI 2015, BEM REMA UNY 2015, BSO Laser, Hai Gengs, Sie Acara OSPEK Universitas 2015, KAMUS Masjid Nurul ‘Ashri 1438 H. Terimakasih telah menginspirasi.
4. Teman – teman Fisika E 2012 yang dengan tulusnya sudah mau berteman dengan saya dan memaklumi segala kesibukan/kegiatan saya diluar perkuliahan. Terkhusus untuk Phatma, Laila, Fatya, Muqtaf, dan Jepo yang tidak pernah bosan untuk selalu mengingatkan saya dalam kebaikan terutama tentang perkuliahan.

KATA PENGANTAR

Segala Puji bagi Allah Tuhan Semesta Alam Yang Maha Mengetahui segala sesuatu. Sholawat dan salam semoga tetap tercurahkan kepada junjungan kita Rasulullah SAW beserta keluarga dan sahabat beliau.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu persyaratan guna memperoleh gelar Sarjana Pendidikan di Universitas Negeri Yogyakarta, dengan judul “Karakterisasi Lapisan Tipis Bahan C, SnO₂, dan C+SnO₂ Ditinjau dari Nilai Hambatan, Uji UV – Vis, dan XRD Sebagai Material *Transparent Conducting Oxide*”.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Yusman Wiyatmo, M.Si. selaku Ketua Jurusan Pendidikan Fisika Universitas Negeri Yogyakarta.
2. Bapak Nur Kadarisman, M.Si. selaku Ketua Program Studi Fisika FMIPA UNY yang telah memberikan izin dalam pelaksanaan skripsi ini.
3. Bapak W. S. Brams Dwandaru, Ph.D. sebagai dosen pembimbing yang telah membimbing dari awal hingga akhir dengan sabar. Sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.
4. Dr. Ariswan selaku penasehat akademik yang telah memberikan arahan dan motivasi untuk menyelesaikan studi.
5. Semua pihak yang telah membantu penulis yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari mungkin masih ada kekurangan dalam skripsi ini, karena itu penulis berharap masukan dan saran yang membangun demi perbaikan dan manfaat yang lebih baik dimasa yang akan datang. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Yogyakarta, 03 Juli 2017

Penulis,

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Nabila Rahmasari', written in a cursive style.

Nabila Rahmasari
NIM 12306144032

**KARAKTERISASI LAPISAN TIPIS BAHAN C, SnO₂ DAN C+SnO₂
DITINJAU DARI NILAI HAMBATAN, UJI UV-VIS DAN XRD SEBAGAI
MATERIAL *TRASPARENT CONDUCTING OXIDE***

**Oleh:
Nabila Rahmasari
12306144006**

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk 1) mengetahui nilai hambatan pada lapisan C, SnO₂ dan C+SnO₂ sebagai material TCO. 2) Mengetahui nilai absorpsi lapisan bahan C, SnO₂ dan C+SnO₂ berdasarkan UV-Vis . 3) Mengetahui karakter dari lapisan C, SnO₂ dan C+SnO₂ berdasarkan XRD.

Metode yang digunakan dalam pembuatan lapisan C dilakukan dengan pengasapan. Pembuatan lapisan SnO₂ dilakukan dengan pemanasan SnCl₂. Pembuatan lapisan C+SnO₂ dilakukan dengan menggabungkan kedua metode sebelumnya. Setelah pembuatan lapisan selesai dilakukan uji hambatan dengan menggunakan rangkaian paralel, uji nilai absorpsi dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis, dan pengujian dengan *X-Ray diffraction* untuk mengetahui karakter dari lapisan yang terbentuk.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ada perbedaan karakter dari ketiga sampel lapisan yang dibuat. Pada pengujian hambatan menunjukkan nilai 1,0769 mΩ untuk lapisan C; 1,0774 mΩ untuk lapisan SnO₂; dan 3,8875 mΩ untuk lapisan C+SnO₂. Pengujian UV-Vis menunjukkan nilai absorpsi lapisan bahan C, SnO₂ dan C+SnO₂ secara berturut – turut adalah 0,1496; 0,1818; dan 0,8163. Ketiga nilai absorpsi maksimal lapisan sampel berada pada daerah UV. Pengujian XRD yang dilakukan menunjukkan bahwa lapisan C dan lapisan SnO₂ merupakan amorf sedangkan lapisan C+SnO₂ merupakan kristal.

Kata kunci: lapisan tipis, karbon, SnO₂, C+SnO₂, hambatan, UV-Vis, XRD

**CHARACTERIZATION OF THIN LAYER OF C, SnO₂, AND C+SnO₂
MATERIALS AS SEEN FROM THE RESISTANCE NUMBER, UV-VIS
AND XRD TEST AS TRANSPARENT CONDUCTING OXIDE
MATERIAL**

**By:
Nabila Rahmasari
12306144006**

ABSTRACT

The objectives of this research are 1) to find out the number of resistance on layer C, SnO₂ and C+SnO₂ as TCO material. 2) to find out the number of absorbance on layer of material C, SnO₂ and C+SnO₂ based on UV-Vis. 3) to find out the character of layer C, SnO₂ and C+SnO₂ based on XRD.

The method used in the preparation of layer C is done by fumigation. The making of SnO₂ layer is done by heating SnCl₂. The making of C+SnO₂ layer is done by combining the two previous methods. After the making of the layers were completed, the researcher conducted the resistance test using the peralel circuit, number of absorbance test by using UV-Vis spectrophotometer, and then tested with X-Ray diffraction to find out the character from the formed layer.

The results show that there are difference characters from the three samples of layers which are made. On the resistance test it shows the number of 1.0769 mΩ for layer C; 1.0774 mΩ for layer SnO₂; and 3.8875 mΩ for layer C+SnO₂. The UV-Vis test shows the absorbance number of material layer C, SnO₂ and C+SnO₂ are 0.1496; 0.1818; and 0.8163. The three maximum absorbance numbers of the sample layer are in the UV area. The XRD test that has done shows that layer C and layer SnO₂ is amorf while layer C+SnO₂ is crystal.

Keywords: *thin film, carbon, SnO₂, C+SnO₂, resistance, UV-Vis, XRD*

DAFTAR ISI

	HALAMAN
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN MOTTO.....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
ABSTRAK.....	ix
<i>ABSTRACT</i>	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang.....	1
B. Identifikasi Masalah.....	3
C. Batasan Masalah.....	3
D. Rumusan Masalah.....	4
E. Tujuan.....	4
F. Manfaat Penelitian.....	5
BAB II KAJIAN PUSTAKA	
A. Nanosains dan Nanomaterial.....	6
B. Transparent Conductive Oxide (TCO).....	8
C. StannousChloride.....	9
D. Hambatan/Resistansi.....	10
E. Cahaya.....	10
F. Karbon.....	11

G.	SnO ₂	12
H.	Spektrofotometer UV - Vis.....	13
I.	<i>X – Ray Diffraction</i>	15
BAB III METODE PENELITIAN		
A.	Waktu dan Tempat Penelitian.....	19
B.	Variabel Penelitian.....	19
	1. Variabel Bebas.....	20
	2. Variabel Terikat.....	20
	3. Variabel Kontrol.....	20
C.	Jenis Penelitian.....	20
D.	Alat dan Bahan Penelitian.....	20
	1. Alat Penelitian.....	20
	2. Bahan Penelitian.....	21
E.	Langkah Kerja.....	22
	1. Pembuatan Lapisan C, SnO ₂ , C + SnO ₂	22
	2. Uji Hambatan.....	25
	3. Uji Spektrofotometer UV-Vis.....	25
	4. Uji <i>X – Ray Diffraction</i>	26
F.	Diagram Alir	27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		
A.	Pengukuran Nilai Hambatan Pada Lapisan.....	28
B.	Hasil Pengujian Spektrofotometer UV-Vis.....	30
C.	Hasil Pengujian <i>X – Ray Diffraction</i>	31
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		
A.	Kesimpulan.....	36
B.	Saran.....	36
DAFTAR PUSTAKA.....		37
LAMPIRAN.....		40

DAFTAR TABEL

	HALAMAN
Tabel 1. Tabel (1) Tabel Perbandingan JCPDS dan hasil XRD	34

DAFTAR GAMBAR

	HALAMAN
Gambar 1. Hubungan antara resistivitas, arus dan tegangan.....	10
Gambar 2. Diagram Tabung Sinar-X.....	15
Gambar 3. Dalam sebuah eksperimen difraksi sinar – x	16
Gambar 4. Interferensi gelombang – gelombang dari atom – atom yang berdekatan dalam sebuah barisan.....	17
Gambar 5. Interferensi dari barisan–barisan yang berdekatan	17
Gambar 6. Susunan preparat dan SnCl ₂	22
Gambar 7. Posisi penataan preparat di atas kasa untuk membuat lapisan SnO ₂	23
Gambar 8. Kompor listrik yang digunakan untuk membuat lapisan.	23
Gambar 9. Skema Rangkaian.....	25
Gambar 10. Diagram alir tahap penelitian.....	27
Gambar 11. Grafik hasil pengukuran hambatan dari lapisan C+SnO ₂ , C, SnO ₂	29
Gambar 12. Grafik absorbansi lapisan C, SnO ₂ , dan C+SnO ₂ pada daerah UV-Visibel.....	30
Gambar 13. Grafik hasil XRD lapisan C, SnO ₂ , dan C+ SnO ₂	32

DAFTAR LAMPIRAN

	HALAMAN
Lampiran 1. Hasil Pengukuran Hambatan.....	40
Lampiran 2. Hasil <i>X – Ray Diffraction</i>	46
Lampiran 3. Hasil Uji Spektrofotometer UV – Vis	49
Lampiran 4. Data Base JCPDS.....	65

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Saat ini, permasalahan mengenai energi dalam kehidupan manusia tidak bisa dianggap enteng. Hal ini dikarenakan perkembangan ekonomi dunia yang pesat sehingga sebagian besar negara di dunia mengalami peningkatan kebutuhan sumber energi. Secara global, sumber energi yang sering digunakan adalah sumber energi yang berasal dari fosil, sedang sumber energi tersebut merupakan sumber energi yang tidak dapat diperbaharui. Maka semakin meningkatnya jumlah kebutuhan akan sumber energi fosil menyebabkan menipisnya persediaan sumber energi tersebut. Hal itu berdampak pada pemikiran masyarakat global yang kritis, bagaimana jika suatu saat sumber energi fosil tersebut habis dan apa yang dapat menggantikannya. Dunia mulai berpikir tentang alternatif. Alternatif adalah cara yang berbeda untuk mencapai tujuan akhir yang sama. Saat ini dunia sedang berkompetisi untuk menemukan ataupun memproduksi sumber energi alternatif yang ramah lingkungan, dapat diperbaharui, dan harga produksi rendah.

Membahas tentang energi dan perkembangan ekonomi, ada benang merah yang mengharuskan melihat ke sisi lain, yaitu terkait perkembangan teknologi yang juga pesat. Segala seluk-beluk kehidupan manusia tak dapat dilepaskan dari teknologi. Gadget misalnya, menjadi benda yang tak dapat

dipisahkan dari kehidupan sehari-hari. Hal ini merupakan salah satu bentuk nyata bahwa manusia sangat bergantung pada teknologi, baik untuk urusan pekerjaan, komunikasi, dan pemenuhan kebutuhan lainnya. Ataupun urusan yang bersifat pribadi atau umum.

Salah satu ilmu pengetahuan dan teknologi yang berkembang saat ini adalah *transparance conductive oxide* atau yang lebih dikenal dengan TCO. TCO merupakan lapisan oksida transparan konduktif. Bersifat konduktif karena sifatnya seperti material semikonduktor dan memiliki ketebalan sekitar 100-200 nanometer. TCO adalah semikonduktor yang memiliki lebar celah energi antara 2,5-4,5 eV (Dengyuan, 2005). TCO umumnya hadir dalam bentuk indium timah oksida (ITO), tin oxide (SnO_2), fluor didoping oksida timah (FTO), dan aluminium didoping zinc oxide ZnO:Al (AZO) (Sharker, 2015: 243). Pada penelitian ini akan membahas TCO dari SnO_2 dan karbon. Pembuatan lapisan SnO_2 umumnya dilakukan dengan metode sputtering, proses sol-gel, dan chemical vapor deposition (Kurniati, 2016 : 3).

TCO sendiri merupakan material penting penyumbang kemajuan teknologi saat ini karena memiliki aplikasi yang luas. Misalnya saja pada pengaplikasian sel surya, layar *smarthphone*, layar LCD, hingga sensor cahaya. Sel surya adalah perangkat yang mampu mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik. Pengembangan sel surya ini memiliki potensi yang besar sebagai energy alternatif. Akan tetapi di Indonesia perkembangan

sel surya dengan teknologi TCO mengalami hambatan dikarenakan harga TCO di Indonesia saat ini masih mahal

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dikemukakan, maka dapat diidentifikasi beberapa masalah sebagai berikut:

1. Ketersediaan energi fosil semakin menipis, sehingga dewasa ini membutuhkan sumber energi lain yang dapat menjadi alternatif sebagai pengganti energi fosil saat .
2. Energi alternatif sel surya membutuhkan penelitian di bidang TCO.
3. TCO yang sedang dikembangkan saat ini masih mahal dan dihasilkan dengan teknologi yang tinggi.
4. Belum ditemukannya lapisan TCO (karbon dan timah) yang dibuat dengan cara yang sederhana, yakni dari pembakaran tidak sempurna yang menghasilkan karbon jelaga dan pemanasan langsung senyawa SnCl_2 .

C. Batasan Masalah

Pada penelitian ini penulis membatasi masalah pada pembuatan lapisan TCO (C , SnO_2 , dan $\text{C}+\text{SnO}_2$) menggunakan cara yang lebih sederhana, yaitu dengan pembakaran dan pemanasan. Selanjutnya melakukan pengukuran nilai hambatan, pengujian dengan spektrofotometer UV-Vis dan X-Ray Diffraction

(XRD) pada lapisan. Ketiga hal tersebut dilakukan untuk mengetahui sifat dan karakter dari lapisan TCO yang terbentuk.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan batasan masalah yang telah diuraikan di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana nilai hambatan pada lapisan C, SnO₂ dan C+SnO₂ sebagai material TCO?
2. Bagaimana nilai absorbansi lapisan bahan C, SnO₂ dan C+SnO₂ menggunakan spektrofotometer UV-Vis?
3. Bagaimana hasil karakterisasi lapisan C, SnO₂ dan C+SnO₂ menggunakan XRD?

E. Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah

1. Mengetahui nilai hambatan pada lapisan C, SnO₂ dan C+SnO₂ sebagai material TCO.
2. Mengetahui nilai absorbansi lapisan bahan C, SnO₂ dan C+SnO₂ berdasarkan UV-Vis .
3. Mengetahui karakter dari lapisan C, SnO₂ dan C+SnO₂ berdasarkan XRD.

F. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini, yaitu:

1. Bagi mahasiswa

Memperkenalkan pembuatan lapisan yang bersifat transparan-konduktif dengan cara yang sederhana.

2. Bagi Universitas

Sebagai referensi untuk penelitian dan pengembangan lebih lanjut di bidang pembuatan lapisan yang bersifat transparan konduktif.

3. Bagi Masyarakat

Dapat memberikan pengetahuan tentang lapisan TCO untuk dapat diaplikasikan dalam berbagai bidang.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Nanosains dan Nanomaterial

Salah satu ilmu pengetahuan yang sedang berkembang dengan pesat saat ini adalah nanosains. Sesuai dengan namanya, nanosains adalah ilmu dimana manusia berusaha untuk mempelajari berbagai gejala-gejala alam yang berukuran nanometer. Perlu diketahui bahwa 1 nanometer sama dengan 10^{-9} meter (Dwandaru, 2012). Orang berkeyakinan bahwa material berukuran nanometer memiliki sejumlah sifat kimia dan fisika yang lebih unggul dari material ukuran besar (*bulk*). Material dalam ukuran nanometer memiliki sifat-sifat yang lebih kaya karena menghasilkan beberapa sifat yang tidak dimiliki oleh material ukuran besar, dan yang sangat menarik adalah sejumlah sifat tersebut dapat diubah-ubah dengan melalui pengontrolan ukuran material, pengaturan komposisi kimiawi, modifikasi permukaan, dan pengontrolan interaksi antar partikel (Abdullah, 2008: 2). 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 yang lebih besar (Abdillah, 2016: 8).

Secara dimensional, struktur nanomaterial dibagi menjadi 4 golongan yaitu:

1. Dimensi 0 (0D)

Nanopartikel, *nanoclusters*, dan nanokristal, merupakan contoh golongan 0 D . Berbagai metode, baik secara fisik maupun kimia terus dikembangkan untuk melakukan fabrikasi nanomaterial 0 dimensi (Tiwari, 2012: 727).

2. Dimensi 1 (1D)

Nanomaterial 1D memiliki ukuran diameter kisaran (1-100)nm, namun biasanya memiliki panjang dalam skala micrometer Fahlman, 2007: 319). Material ini memiliki peranan penting dalam fabrikasi elektronik, optoelektronik, dan *electrochemical energy devices* (EEDs) dalam skala nano (Tiwari, 2012: 728).

3. Dimensi 2 (2D)

Lapisan nano menjadi salah satu contohnya. Lapisan nano yang dimaksud seperti *thin film*, *coating*, *nanoplates*, *nanosheets*, dan *nanowalls*. Luas dari material ini berada dalam rentang mikrometer, namun ketebalannya dalam nanometer. Nanomaterial 2D yang membentuk geometri tertentu menunjukkan karakteristik yang unik. Beberapa tahun terakhir ini, nanomaterial dalam 2D menjadi objek penelitian. Pengaplikasian bahan ini pun merupakan hal yang menarik untuk diteliti.

Hingga saat ini pemanfaatan material ini antara lain sebagai sensor, fotokatalis, *nanocontainers*, dan *nanoreactors* (Tiwari, 2012: 728).

4. Dimensi 3 (3D)

Material ini menarik untuk disintesis dengan mengontrol struktur dan morfologinya. Nanomaterial 3D telah diaplikasikan di berbagai bidang, contohnya di bidang katalis, bahan magnetik, dan bahan elektroda untuk baterai (Tiwari, 2012: 729).

B. *Transparent Conducting Oxide*

Transparent conducting oxide (TCO) merupakan sebuah material konduktif dan transparan yang dilapiskan pada kaca. TCO sendiri terbuat dari berbagai bahan. Bahan pembuat TCO pada umumnya adalah *indium tin oxide* (ITO), fluorine-doped tin oxide (FTO), aluminium-doped zinc oxide (AZO), dan antimony-doped tin oxide (ATO) (Stadler, Andreas: 2012). Material TCO biasa dipakai sebagai *window* pada solar cell dan juga dapat berperan sebagai elektroda sel surya. TCO yang ideal mempunyai sifat antara lain: transparansi yang tinggi pada panjang gelombang tertentu, konduktivitas yang tinggi serta mempunyai *carrier mobility* yang tinggi (Syuhada, dkk: 2008).

Dari ketiga bahan tersebut ITO merupakan salah satu bahan yang paling sering digunakan karena memiliki sifat konduktif dan transparansi lebih baik dari bahan lain. Transparansi ITO mencapai 70% dari transparansi kaca.

Untuk nilai hambatannya berada dalam skala $772.48 \times 10^{-2} \Omega$ dan memiliki energi gap 3.5 eV (Abdillah, 2016: 10).

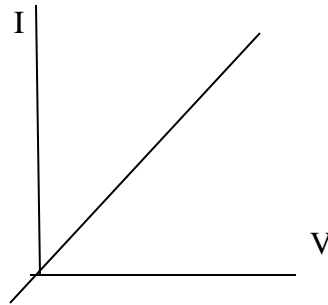
Terdapat dua metode utama dalam pembuatan TCO, yaitu *chemical deposition* dan *physical deposition* (Gondomi P.2014:18). Dalam metode *chemical deposition* pembuatan TCO dilakukan dengan merendam material yang akan dilapisi ke dalam larutan kimia pelapis. Beberapa metode berdasarkan *chemical deposition* adalah *plating*, *chemical solution deposition*, dan *chemical vapor deposition*. Sedangkan pada metode *physical deposition* pembuatan TCO dilakukan dengan memberi perlakuan secara fisika, seperti *thermal evaporation*, *sputtering*, *pulsed laser deposition*, *physical vapor deposition (PVD)* dan *cathodic arc deposition (Arc-PVD)*. Selain dua metode tersebut terdapat beberapa metode lain misal *electrochemical*, *spin coating*, *sol-gel*, *cathodic deposition*, *anodic deposition*, *metal organic chemical vapor deposition (MOCVD)*, *vacuum evaporation*, dan lain-lain.

C. Stannous Chloride

$\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ yang biasa disebut dengan *stannous chloride* atau tin(II) chloride merupakan senyawa yang berasal dari proses kimia dari timah (tin). Timah merupakan logam putih keperakan, mudah ditempa, fleksibel, memiliki struktur kristalin, dan mudah patah jika didinginkan. Timah di bawah suhu $13,2^\circ \text{C}$ tidak memiliki sifat logam sama sekali. Timah putih memiliki struktur kristal tetragonal. Timah tidak tersedia secara langsung di

alam, melainkan diperoleh dari memproses mineral lain. Salah satu mineral sumber timah yaitu *stannite* yang merupakan mineral *sulfide* dari tembaga, besi, belerang, dan timah (Abdillah, 2016: 12).

D. Hambatan/ Resistansi



Gambar 1. Hubungan antara resistivitas, arus dan tegangan.

Dalam gambar 1 terdapat definisi dari resistivitas R adalah perbandingan antara tegangan dan arus. Memiliki persamaan sebagai berikut

$$V = I \cdot R \quad (1)$$

Resistivitas juga disebut sebagai tahanan dan besar resistivitas menunjukkan berapa kuat suatu komponen menahan arus. Kalau resistivitas besar, berarti daya untuk menahan arus juga besar sehingga arus menjadi kecil atau tegangan harus besar untuk mendapatkan arus tertentu (Blocher. 2004: 13).

E. Cahaya

Cahaya adalah partikel dan gelombang. Menurut teori gelombang cahaya menyebar dari suatu sumber seperti riak menyebar dari permukaan air

jika kita menjatuhkan batu ke permukaan air. Energi yg dibawa oleh cahaya menurut analogi ini terdistribusi secara kontinu ke seluruh pola gelombang. Sebaliknya, menurut teori kuantum, cahaya menyebar dan sumbernya sebagai deretan konsentrasi energi yang terlokalisasi, masing–masing cukup kecil sehingga dapat diserap oleh sebuah elektron. Teori kuantum cahaya memperlakukan cahaya sebagai gejala partikel secara eksplisit berkaitan dengan frekuensi cahaya uv, merupakan konsep gelombang (Beiser, 1992 : 57).

Cahaya tidak menunjukkan kedua aspek gelombang dan partikel pada saat yang sama. Pada kejadian khusus, cahaya dapat memperlihatkan sifat gelombang atau sifat partikel, tidak pernah terjadi keduanya terlihat bersamaan. Bila cahaya melalui celah–celah, maka cahaya berlaku sebagai gelombang tetapi ketika tiba pada layar cahaya berlaku sebagai partikel (Beiser, 1992: 59)

F. Karbon

Pembakaran dapat dibedakan menjadi dua, yaitu: pembakaran sempurna dan pembakaran tidak sempurna. Pembakaran sempurna terjadi ketika bahan bakar bereaksi dengan cepat dengan oksigen (O_2) dan menghasilkan karbon dioksida (CO_2) dan uap air (H_2O). Sedangkan pembakaran tak sempurna terjadi ketika dalam proses pembakaran kebutuhan oksigen tidak tercukupi dan dihasilkan karbon monoksida (CO).

Karbon adalah salah satu unsur yang melimpah di alam. Beberapa peneliti telah berhasil mensintesis nanomaterial berbasis karbon seperti carbon nanotubes, fullerenes, nanofibers, nanodiamond, carbon nanooions, dan carbonaceous nanomaterials yang lain. Dalam penelitian yang dilakukan Tian dkk dengan judul *Nanosized Carbon Particles From Natural Gas Soot*, menjelaskan bahwa material sumber karbon yang digunakan adalah hasil pembakaran tidak sempurna dari lilin (jelaga lilin) (Tian dkk. 2009). Dalam penelitian ini sumber karbon yang digunakan adalah karbon dari jelaga lampu teplok

Karbon jelaga dalam penelitian ini diperoleh dari pembakaran tak sempurna pada lampu teplok. Komponen lampu teplok terdiri dari sumbu, bahan bakar (minyak tanah) dan cerobong dari kaca. Bahan bakar diserap oleh sumbu dan dibakar sehingga terjadi proses pembakaran tak sempurna. Cerobong dari kaca berfungsi untuk melindungi api supaya tidak padam oleh angin, sehingga proses pembakaran dapat berlangsung (Abdillah, 2016: 12).

G. SnO₂

SnO₂ merupakan bahan semikonduktor tipe-n dengan lebar celah energi, lebih besar dari 3,0 eV. SnO₂ memiliki struktur kristal tetragonal dan bersifat nonpolar dengan parameter kisi $a = 4,738 \text{ \AA}$ dan $c = 3,1888 \text{ \AA}$ (Maddu, dkk. 2009). Sifat transparansi dari lapisan ini dapat mencapai nilai lebih dari 97% (untuk lapisan yang memiliki ketebalan (0.1-1) μm) (Ji, 2013: 1).

H. Spektrofotometer UV-Vis

Spektrofotometer sesuai dengan namanya adalah alat yang terdiri dari spektrofotometer dan fotometer. Spektrofotometer menghasilkan sinar dan spektrum dengan panjang gelombang dan fotometer adalah alat pengukur intensitas cahaya yang ditransmisikan atau diabsorpsi. Jadi spektrofotometri digunakan untuk mengukur energi secara relatif jika energi tersebut ditransmisikan, direfleksikan atau diemisikan sebagai fungsi dari panjang gelombang (Khopkar, 1990: 325)

Daerah UV sekitar 10 nm – 380 nm, tetapi paling banyak penggunaannya secara analitik dari 200 nm – 380 nm dan disebut sebagai UV pendek (dekat). Di bawah 200 nm, udara dapat mengabsorpsi sehingga instrumen harus dioperasikan kondisi vakum, daerah ini disebut dengan daerah UV vacuum. Daerah tampak (visibel) sangat kecil panjang gelombang yang dikaitkan dengan cahaya tampak mampu mempengaruhi selaput pelangi pada manusia, dan karenanya menimbulkan kesan subyektif akan ketampakan (vision). λ daerah tampak dari 380 nm – sekitar 780 nm (Puspitaningrum, 2017:48).

Komponen-komponen peralatan spektrofotometer UV-Vis dijelaskan secara garis besar sebagai berikut:

1. Sumber Cahaya.

Sebagai sumber radiasi UV digunakan lampu Hidrogen (H) atau lampu Deuterium (D). Sedangkan sumber radiasi tampak yang juga menghasilkan sinar infra merah (IR) dekat menggunakan lampu filament tungsten yang dapat menghasilkan tenaga radiasi 350-3500 nm.

2. Monokromator.

Radiasi yang diperoleh dari berbagai sumber radiasi adalah sinar polikromatis (banyak panjang gelombang). Monokromator berfungsi untuk mengurai sinar tersebut menjadi monokromatis sesuai yang diinginkan. Monokromator terbuat dari bahan optic yang berbentuk prisma.

3. Tempat Sampel.

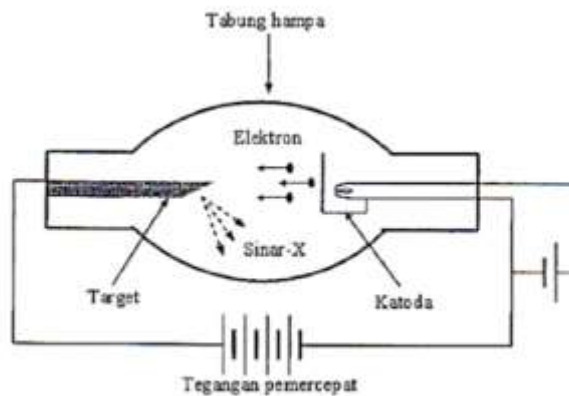
Dalam bahasa sehari-hari tempat sampel (sel penyerap) dikenal dengan istilah kuvet. Kuvet ada yang berbentuk tabung (silinder) tapi ada juga yang berbentuk kotak. Syarat bahan yang dapat dijadikan kuvet adalah tidak menyerap sinar yang dilewatkan sebagai sumber radiasi dan tidak bereaksi dengan sampel dan pelarut.

4. Detektor.

Detektor berfungsi untuk mengubah tenaga radiasi menjadi arus listrik atau peubah panas lainnya dan biasanya terintegrasi dengan pencatat (*printer*). Tenaga cahaya yang diubah menjadi tenaga listrik akan mencatat secara kuantitatif tenaga cahaya tersebut (Sitorus, 2009).

I. X – Ray Diffraction

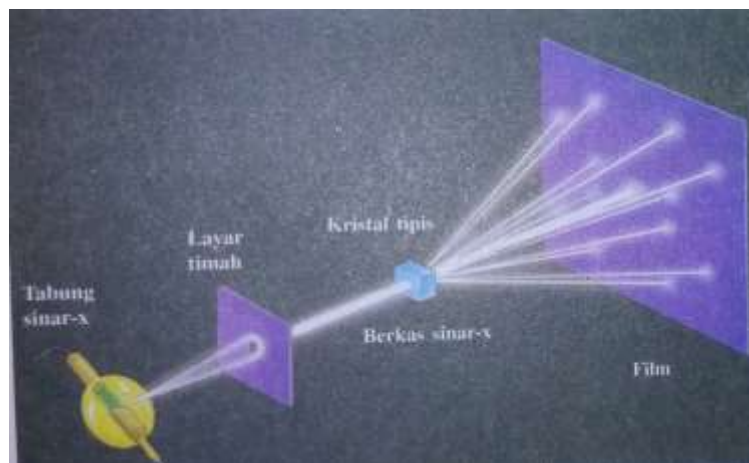
Sinar-X adalah gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang (0,5-2,5) Å. Sinar-X dihasilkan dari tumbukan antara elektron berkecepatan tinggi dengan logam sasaran dalam tabung ruang hampa. Tabung sinar-X terdiri atas empat komponen utama, yakni filamen (katoda) yang berperan sebagai sumber elektron,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



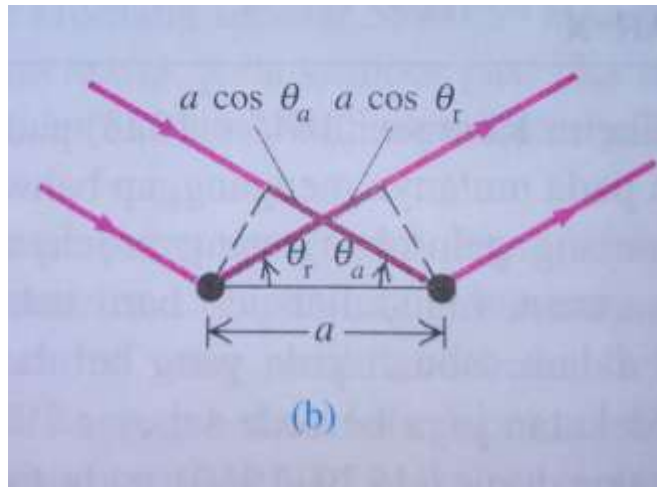
Gambar 2. Diagram Tabung Sinar-X (Beiser, 1992: 62)

Max von Laue (1879 – 1912) mengusulkan bahwa sebuah kristal dapat berperan sebagai kisi difraksi berdimensi tiga untuk sinar-X. Seberkas sinar-X dapat dihamburkan (diserap dan dipancarkan kembali) oleh atom-atom individu dalam sebuah kristal, dan gelombang-gelombang yang dihamburkan

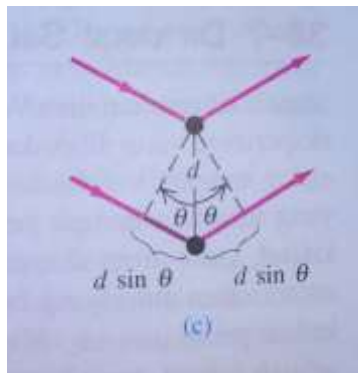
itu dapat berinterferensi persis menyerupai gelombang-gelombang dari sebuah kisi difraksi. Eksperimen pertama difraksi sinar-X (XRD) dilakukan pada tahun 1912 oleh Friedrich, Knipping, dan von Laue dengan susunan eksperimen seperti pada Gambar 3. Eksperimen ini membuktikan bahwa sinar-X adalah gelombang, atau setidaknya bersifat menyerupai gelombang, dan atom-atom dalam sebuah kristal disusun dalam sebuah pola yang teratur. Sejak saat itu difraksi sinar-X telah terbukti sebagai sebuah alat penelitian yang sangat penting untuk mempelajari struktur kristal.



Gambar 3. Dalam sebuah eksperimen difraksi sinar-X.



Gambar 4. Interferensi gelombang-gelombang dari atom-atom yang berdekatan dalam sebuah barisan.



Gambar 5. Interferensi dari barisan-barisan yang berdekatan.

Panjang lintasan (Gambar 4) dari sumber ke pengamat adalah sama untuk semua penghambur dalam sebuah barisan tunggal jika kedua sudut θ_a dan θ_r adalah sama. Radiasi yang dihamburkan dari barisan-barisan yang berdekatan adalah juga sefasa jika selisih lintasan untuk baris-baris yang

berdekatan adalah kelipatan bilangan bulat. Gambar 5 memperlihatkan bahwa selisih lintasan ini adalah $2d \sin \theta$, dimana θ adalah nilai dari θ_a dan θ_r . Maka syarat agar radiasi dari keseluruhan susunan mencapai pengamat itu sefasa adalah i) sudut datang harus sama dengan sudut hamburan dan ii) selisih lintasan untuk barisan–barisan yang berdekatan harus sama dengan $m\lambda$ dimana m adalah bilangan bulat. Syarat kedua dengan persamaan

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

Dengan ($m = 1, 2, 3, \dots$) adalah syarat Bragg untuk interferensi dari sebuah susunan (Freedman, dan Young, 2003).

Apabila suatu bahan dikenai sinar-X maka intensitas sinar-X yang ditransmisikan lebih kecil dari intensitas sinar datang. Hal ini disebabkan adanya penyerapan oleh bahan dan juga penghamburan oleh atom-atom dalam material tersebut. Berkas sinar yang dihantarkan tersebut ada yang saling menghilangkan karena fasenya berbeda dan ada juga yang saling menguatkan karena fasenya sama. Berkas sinar-X yang saling menguatkan disebut sebagai berkas difraksi (Widada, 2016: 19).

BAB III METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

1. Waktu penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Juli 2016 sampai dengan April 2017.

2. Tempat Penelitian

- a. Pembuatan lapisan dilakukan di Laboratorium Fisika Koloid Lantai 2 Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta (FMIPA UNY).
- b. Pengukuran hambatan pada lapisan dilakukan di Laboratorium Spektroskopi Lantai 2 Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta (FMIPA UNY).
- c. Pengujian menggunakan XRD dilakukan di Laboratorium Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta.
- d. Pengujian absorbansi lapisan dengan spektrofotometer UV-Vis dilakukan di Laboratorium MIPA Terpadu Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sebelas Maret .

B. Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Variabel bebas

Variabel yang jika diubah maka akan mempengaruhi variabel lain.

Variabel bebas pada penelitian ini adalah lapisan bahan yaitu lapisan SnO₂, lapisan C, dan lapisan C+SnO₂.

2. Variabel terikat

Variabel yang nilainya merupakan akibat dari perubahan variabel bebas.

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah nilai hambatan, absorpsi dan kristalinitas lapisan.

3. Variabel kontrol

Variabel yang dibuat tetap. Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah waktu, massa dan luas sebaran SnCl₂ yang dipanaskan.

C. Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah: Eksperimen ini menggunakan metode pengasapan karbon untuk membuat lapisan C, pemanasan SnCl₂ untuk membuat lapisan SnO₂, dan penggabungan kedua metode tersebut untuk membuat lapisan C+SnO₂. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui nilai hambatan, absorpsi dan kristalinitas lapisan pada ketiga lapisan tersebut.

D. Alat dan Bahan Penelitian

1. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah

- a. kaca preparat (1 kotak),
- b. penjepit preparat (2 buah),
- c. kasa asbes (1 buah),
- d. kompor listrik (1 buah),
- e. timbangan digital (1 buah),
- f. stopwatch (1 buah),
- g. multimeter digital (2 buah),
- h. penggaris (1 buah),
- i. senter (1 buah),
- j. lux meter (1 buah),
- k. power supply (1 buah),
- l. statif (1 buah),
- m. kaca penyaring cahaya merah, orange, kuning hijau terang, hijau gelap, biru dan ungu.

2. Bahan – bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah

- a. SnCl_2 ,
- b. lampu teplot sebagai penghasil carbon (1 buah),
- c. aquades (2 liter),
- d. tisu (1 pak),
- e. korek (1 buah),
- f. minyak tanah.

E. Langkah Kerja

1. Pembuatan lapisan SnO_2 , lapisan C, dan lapisan $\text{C}+\text{SnO}_2$ pada preparat.

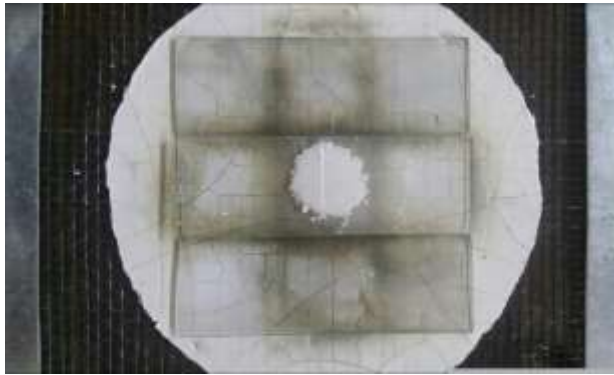
a. Pembuatan lapisan SnO_2

- a) Membersihkan kaca preparat menggunakan aquades lalu mengelapnya dengan tisu agar kering.
- b) Menyalakan kompor listrik hingga bersuhu 350°C .
- c) Menimbang SnCl_2 dengan massa 2 gram.
- d) Meletakkan preparat diatas kertas dengan gambar lingkaran berdiameter 1cm, dan meratakan SnCl_2 sesuai dengan gambar lingkaran
- e) Meletakkan sebuah preparat lain di atas preparat yang berisi SnCl_2



Gambar 6. Susunan preparat dan SnCl_2 .

- f) Meletakkan tumpukan dua preparat yang tengahnya sudah diberi SnCl_2 di atas kasa asbes.
- g) Meletakkan dua buah preparat lain di samping tumpukan preparat yang tengahnya sudah diberi SnCl_2 (Gambar 7).



Gambar 7. Posisi penataan preparat di atas kaca untuk membuat lapisan SnO_2 .

- h) Memanaskan di atas kompor listrik dengan waktu 10 menit.



Gambar 8. Kompor listrik yang digunakan untuk membuat lapisan.

b. Pelapisan C

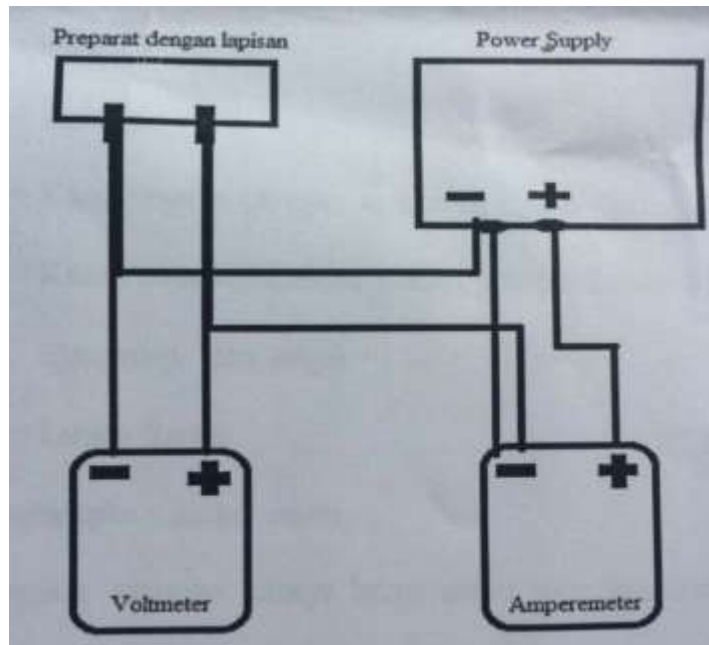
- a) Membersihkan kaca preparat menggunakan aquades lalu mengelapnya dengan tisu agar kering.
- b) Menyalakan teplok dengan korek api.

- c) Mengatur penempatan preparat diatas teplok agar preparat terlapisi oleh karbon jelaga .

c. Pelapisan C+SnO₂

- a) Membersihkan kaca preparat menggunakan aquades lalu mengelapnya dengan tisu agar kering.
- b) Melapisi kaca preparat dengan karbon sesuai dengan langkah pembuatan lapisan karbon diatas.
- c) Menimbang SnCl₂ dengan massa 2 gram.
- d) Menyalakan kompor listrik hingga bersuhu 350° C.
- e) Meletakkan preparat diatas kertas dengan gambar lingkaran berdiameter 1cm.
- f) Meletakkan SnCl₂ di atas preparat sesuai dengan gambar lingkaran berdiameter 1 cm.
- g) Meletakkan sebuah preparat lain di atas preparat yang berisi SnCl₂.
- h) Meletakkan dua buah preparat yang telah dilapisi karbin di samping tumpukan preparat yang tengahnya sudah diberi SnCl₂.
- i) Memanaskan dengan waktu 10 menit.

2. Pengukuran nilai resistansi pada preparat dengan lapisan C, lapisan SnO₂ dan lapisan C+SnO₂
 - a. Menyiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan.
 - b. Mengeset rangkaian seperti pada skema



Gambar 9. Skema rangkaian

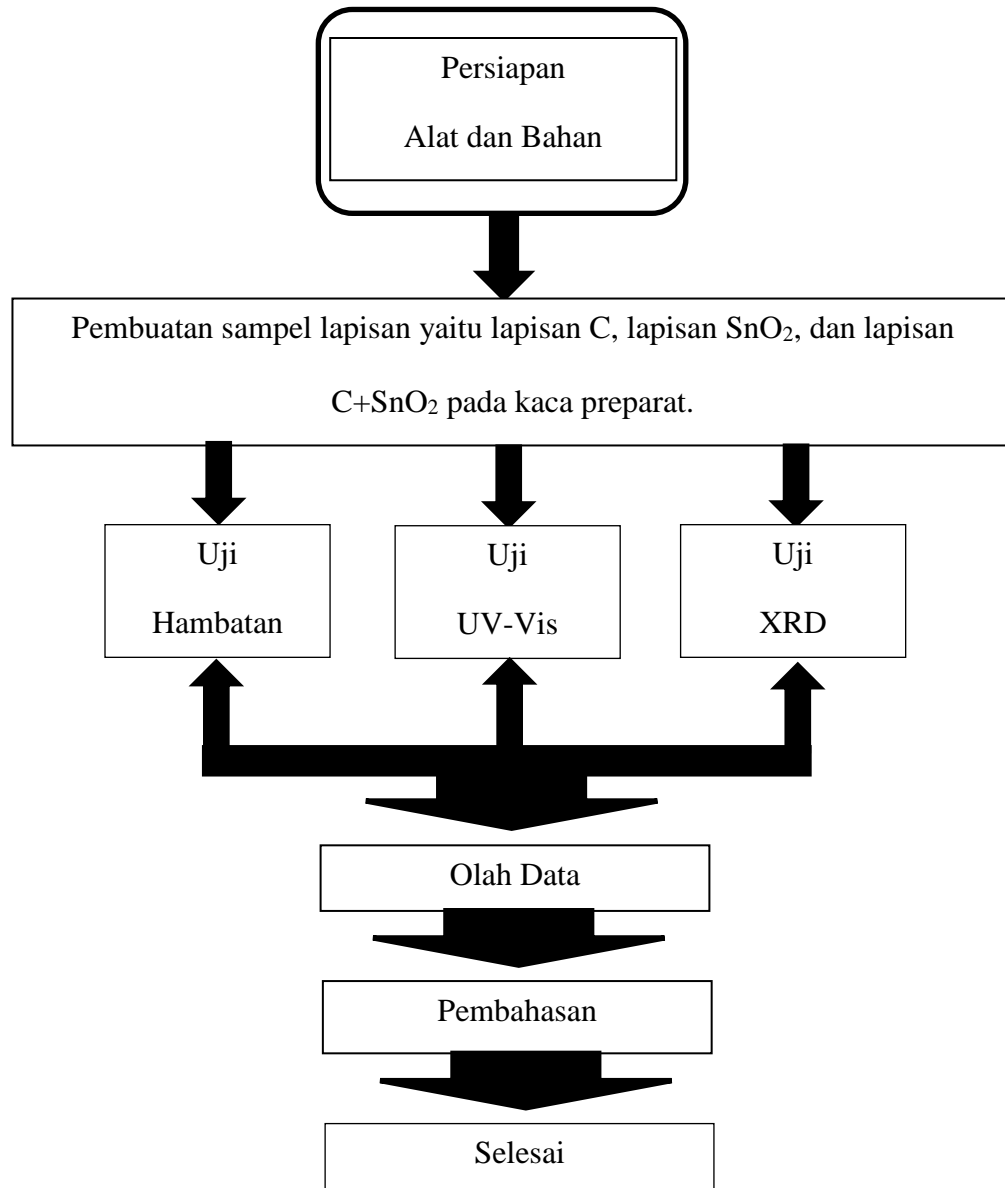
- c. Mengukur nilai tegangan dan arus yang tertera pada voltmeter dan amperemeter dengan menaikkan tegangan power supply tiap 1 volt dengan range 5 volt sampai dengan 26 volt.
 - d. Mencatat hasilnya
3. Pengujian menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada preparat dengan lapisan C, lapisan SnO₂, dan lapisan C+SnO₂.

Hal ini dilakukan untuk mengetahui kualitas objek penelitian melalui serapan panjang gelombang yang dihasilkan. Hal ini ditunjukkan dari absorbansi partikel yang dapat menyerap panjang gelombang di sekitar panjang gelombang cahaya tampak.

4. Pengujian menggunakan X-Ray Diffraction (XRD) pada preparat dengan lapisan C, lapisan SnO₂ dan lapisan C+SnO₂.

Sampel lapisan yang terdapat pada kaca preparat diuji menggunakan X-ray diffraction (XRD). Tujuan pengujian ini untuk mengetahui struktur material yang dihasilkan, yaitu berupa kristal atau amorf. Jika sampel tersebut kristal maka akan menunjukkan peak-peak tertentu. Namun jikalau sampel tersebut berupa amorf maka peak-peak tersebut tidak muncul.

F. Diagram Alir



Gambar 10. Diagram alir tahap penellitian.

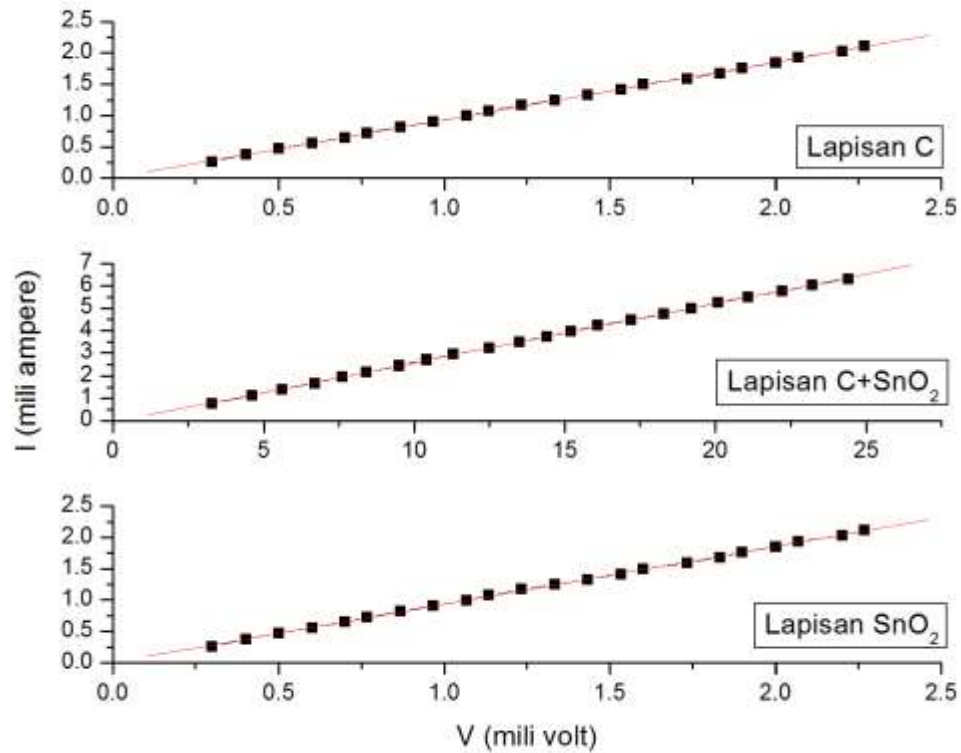
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini lapisan nanomaterial yang digunakan adalah lapisan C, SnO₂ dan C+SnO₂. Lapisan karbon pada penelitian ini dibuat dengan menggunakan karbon jelaga yang dihasilkan oleh lampu teplok akibat pembakaran yang tidak sempurna. Karbon jelaga ini dilapiskan tipis pada preparat, sehingga mengecilkan nilai hambatan pada preparat. Lapisan SnO₂ pada penelitian ini dihasilkan dari proses pembakaran SnCl₂.2H₂O dengan suhu 350 °C. Pada pembakaran tersebut senyawa H₂O dan unsur Cl terlepas menjadi uap. Selanjutnya unsur Sn akan berikatan dengan oksigen yang berada di udara, maka terbentuk SnO₂. Lapisan selanjutnya adalah C+SnO₂. Pembuatan lapisan ini adalah dengan menambahkan SnO₂ di atas lapisan karbon jelaga. Ketiga lapisan tersebut dibuat dengan cara pembakaran dan pemanasan sederhana.

A. Pengukuran Nilai Hambatan pada Lapisan

Pada penelitian ini untuk mencari nilai hambatan pada ketiga lapisan dilakukan dengan mengukur nilai arus dan tegangannya. Selanjutnya mencari nilai hambatan dengan perhitungan menggunakan persamaan,

$$V = I \cdot R \quad (2)$$



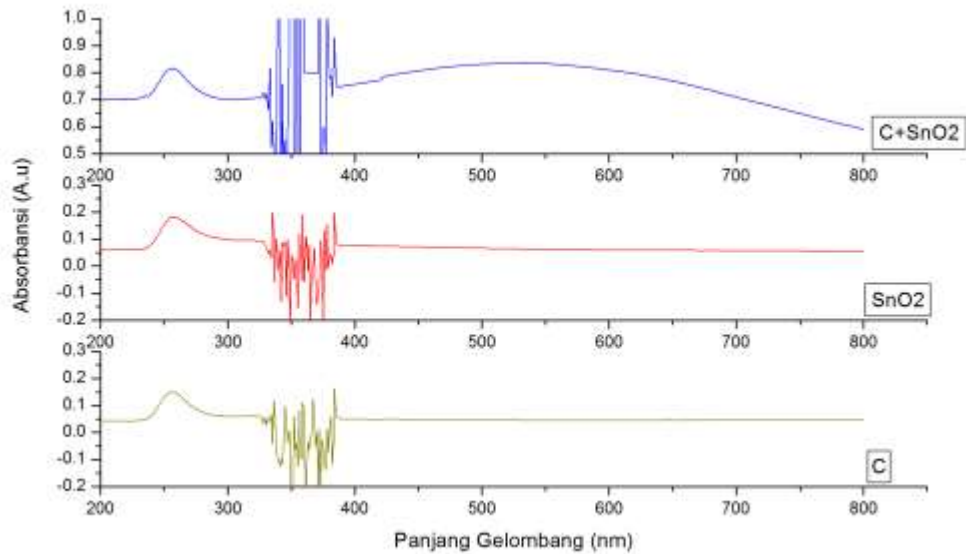
Gambar 11. Grafik hubungan tegangan dengan arus dari lapisan C+SnO₂, C, SnO₂.

Dari Gambar 11 terbentuk grafik hubungan antara tegangan dan arus di atas adalah linier. Semakin besar nilai tegangan semakin besar pula nilai arus. Hal tersebut sesuai dengan hukum ohm. Maka dapat diketahui nilai hambatan lapisan C+SnO₂, C, SnO₂ berturut-turut adalah 3,8875 mΩ; 1,0769 mΩ; dan 1,0774 mΩ. Lapisan C+SnO₂ memiliki nilai hambatan yang paling besar. Sedangkan lapisan C dan lapisan SnO₂ memiliki nilai hambatan yang hampir sama dan lebih kecil dari lapisan C+SnO₂. Dari data yang didapatkan

diketahui bahwa lapisan yang paling baik yang memiliki nilai hambatan paling kecil, yaitu lapisan karbon.

B. Pengukuran Absorbansi pada Lapisan

Pengujian dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis dilakukan untuk mengetahui absorbansi pada lapisan C, SnO₂ dan C+SnO₂. Berdasarkan Gambar 12 absorbansi pada lapisan C, lapisan SnO₂, lapisan C+SnO₂ memiliki daya serap maksimum pada daerah UV.



Gambar 12. Grafik absorbansi lapisan C, SnO₂, dan C+SnO₂ pada daerah UV-Visibel.

Pada Gambar 9 dapat dilihat jika pada daerah UV (250 nm – 300 nm) ketiga lapisan membentuk puncak. Sehingga dianggap bahwa absorbansi maksimal lapisan terdapat pada daerah tersebut. Masih pada daerah UV (300

nm – 400 nm) pada ketiga lapisan tersebut terdapat noise. Selanjutnya pada daerah visibel (400 nm – 800 nm) lapisan C+SnO₂ membentuk bukit, dimana pada bukit tersebut memiliki nilai absorbansi yang lebih tinggi dari pada yang terdapat pada puncak daerah UV yaitu 0.83592 pada panjang gelombang 532 nm. Sedangkan pada lapisan C dan lapisan SnO₂ terjadi penurunan absorbansi pada daerah visibelnya.

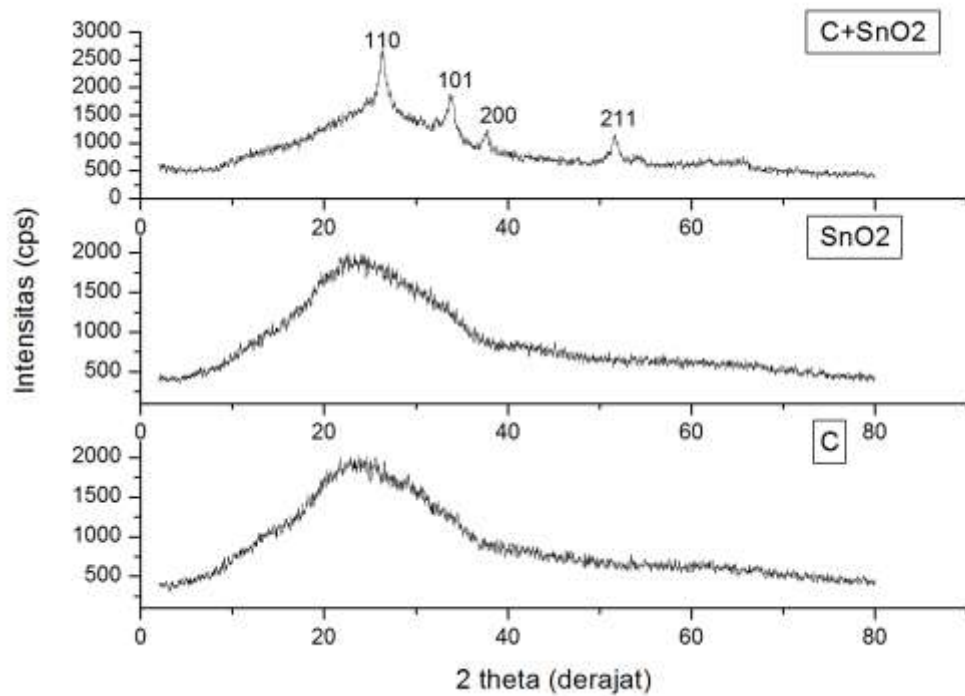
Pada lapisan C nilai absorbansi maksimalnya sekitar 0,1496 pada panjang gelombang 256 nm. Pada lapisan SnO₂ nilai absorbansi maksimalnya sekitar 0,1818 pada panjang gelombang 257 nm. Pada lapisan C+SnO₂ nilai absorbansi maksimalnya sekitar 0,8163 pada panjang gelombang 258 nm. Secara kasat mata ketiga grafik absorbansi tersebut memiliki kemiripan pola pada daerah UV. Hanya saja berbeda pada nilai absorbansi maksimalnya.

Banyaknya kemiripan dari ketiga lapisan tersebut dimungkinkan karena senyawa C dan Sn berada dalam satu golongan (IV A) pada table periodik unsur.

C. Karakterisasi Lapisan dengan XRD

Karakterisasi lapisan menggunakan X – Ray Diffraction (XRD) bertujuan untuk mengkaji struktur kristal dari lapisan yang terbentuk. Data hasil XRD berupa grafik difraktogram yang menunjukkan hubungan antara sudut hamburan (2θ) dengan intensitas (I) puncak spektrum. Jika sampel lapisan yang diuji merupakan kristal maka pada grafik difraktogram akan

menunjukkan *peak-peak*. Pola difraksi yang berupa *peak-peak* merupakan orientasi kristal dari lapisan, yang digunakan untuk menentukan parameter kisi dan ukuran kristal. Tetapi jika sampel yang diuji tidak menunjukkan *peak* melainkan menunjukkan pola difraksi punuk (*hump*) maka sampel tersebut merupakan amorf.



Gambar 13. Grafik hasil XRD lapisan C, SnO₂, dan C+ SnO₂.

Hasil pengujian dengan XRD pada lapisan C dan lapisan SnO₂ menunjukkan pola yang mirip pada difraktogram (Gambar 13). Keduanya tidak memiliki *peak-peak* difraksi yang jelas, namun membentuk pola punukan (*hump*). Pola tersebut menunjukkan bahwa lapisan tersebut adalah amorf.

Akan tetapi pada lapisan C+SnO₂ menunjukkan pola difraktogram yang berbeda. Lapisan C+SnO₂ ini merupakan gabungan dari lapisan C yang di atasnya dilapisi dengan lapisan SnO₂. Hasil XRD lapisan C+SnO₂ memperlihatkan adanya peak–peak tertentu pada difraktogram, dengan itu maka dapat dipastikan bahwa lapisan C+SnO₂ merupakan kristal. Hasil XRD lapisan C+SnO₂ pada difraktogram lalu dibandingkan dengan data standar JCPDS. Lapisan tersebut memiliki kecocokan dengan data standar JCPDS senyawa Tin Oksida (SnO₂) dengan nomor 77-0450. Kecocokan tersebut dapat dilihat dari nilai peak tertingginya yang sama-sama berada pada kisaran sudut 26°. Dari Hasil XRD didapatkan struktur dari SnO₂ adalah rutile tetragonal (Hermida, dkk. 2012). Hal tersebut didukung dengan data standar JCPDS yang menunjukkan bahwa SnO₂ memiliki parameter kisi $a = b \neq c$. SnO₂ juga dikenal sebagai salah satu semikonduktor yang memiliki sifat konduktivitas yang rendah, namun sifat ini dapat di tingkatkan dengan penambahan doping atau pengotor. Selain itu SnO₂ memiliki struktur berpori dan stabil dalam keadaan asam (Adawiyah, Siti R.2017:10). Sehingga dapat dilakukan perbandingan data.

Tabel 1. Tabel Perbandingan JCPDS dan hasil XRD.

No.	Hkl	JCPDS		XRD	
		2θ	Intensitas (%)	2θ	Intensitas (%)
1	110	26,542	100	26,89	100
2	101	33,808	76,7	33,86	60,72
3	200	37,887	20,9	37,68	20,43
4	211	51,675	53,1	51,6863	96,97

Tabel 1 menunjukkan data standar JCPDS dan hasil dari XRD. Dari tabel tersebut dapat dilihat jika 4 *peak* yang muncul pada difaktogram lapisan C+SnO₂ menunjukkan kisaran sudut yang sama dengan *peak* pada JCPDS, yaitu pada sudut 26°, 33°, 37°, 51°. Kisaran yang sama tersebut bukan berarti berada pada sudut yang sama persis, akan tetapi mendekati atau mirip. Hasil XRD menunjukkan *peak* tertinggi berada pada sudut 26,89° sedangkan data standar JCPDS menunjukkan 26,542°. Kedua sudut tersebut sama-sama memiliki intensitas 100%. *Peak* kedua pada hasil XRD berada pada sudut 33,86° dengan intensitas 60,72% sedangkan pada data standar JCPDS berada pada sudut 33,808° dengan intensitas 76,7%. Perbedaan intensitas *peak* kedua pada data hasil XRD dan data standar JCPDS dengan selisih intensitas sebesar 15,98%. *Peak* ketiga pada hasil XRD berada pada sudut 37,68° dengan intensitas 20,43% sedangkan pada data standar JCPDS berada pada sudut

37,887 ° dengan intensitas 20,9%. Perbedaan intensitas peak ketiga pada data hasil XRD dan data standar JCPDS tidak begitu besar, yakni 0,47%. *Peak* keempat pada hasil XRD berada pada sudut 51,6863 ° dengan intensitas 96,97% sedangkan pada data standar JCPDS berada pada sudut 51,675 ° dengan intensitas 53,1%. Perbedaan intensitas *peak* keempat pada data hasil XRD dan data standar JCPDS dengan selisih intensitas sebesar 43,87%. Pada *peak* keempat ini menunjukkan perbedaan intensitas yang paling besar. Perbedaan intensitas yang begitu besar pada *peak* keempat mungkin terjadi karena adanya pengaruh dari unsur lain yaitu karbon.

BAB V PENUTUP

A. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis data, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Nilai hambatan pada lapisan C, SnO₂ dan C+SnO₂ sebagai material TCO secara berturut – turut adalah 1,0769 mΩ; 1,0774 mΩ; dan 3,8875 mΩ.
2. Nilai absorbansi lapisan bahan C, SnO₂ dan C+SnO₂ dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis berturut – turut adalah 0,1496; 0,1818; dan 0,8163. Ketiga nilai absorbansi maksimal berada pada daerah UV.
3. Hasil karakterisasi lapisan C, SnO₂ dan C+SnO₂ menggunakan X-Ray Diffraction (XRD) menunjukkan bahwa lapisan C dan lapisan SnO₂ merupakan amorf sedangkan lapisan C+SnO₂ merupakan kristal.

B. SARAN

Penggunaan kompor listrik sebaiknya diganti dengan *hot plate*, karna memiliki suhu yang lebih tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah, Muqtaf N.(2016). Perbedaan Nilai Hambatan Sampel Hasil Preparasi dan Sintesis Lapisan *Very Fine Particle* Karbon yang Dilapisi Nanomaterial SnO_2 Berbasis Mechanical Exfoliation dengan Variasi Jari – Jari dan Massa Bahan $SnCl_2 \cdot 2H_2O$ (Skripsi). Universitas Negeri Yogyakarta : Fakultas Ilmu Pengetahuan Alam dan Matematika.
- Abdullah, Mikrajuddin.(2008). Pengantar Nanosains. Institut Teknologi Bandung : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.
- Adawiyah, Siti R.(2017). Sintesis dan Karakterisasi Partikel Nano TiO_2 dengan Metode Sol-gel dan Ko-presipitasi Untuk Pembuatan Komposit TiO_2/SnO_2 Sebagai Fotoanoda Dye-Sensitized Solar Cells (Dssc) (Tesis). Institut Teknologi Sepuluh November : Fakultas Ilmu Pengetahuan Alam dan Matematika.
- Alfiyani, Reni. (2017). Jurnal Praktikum Analitik III Spektroskopi Uv-Vis. UNESA : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.
- Anonim. Hambatan – Resistensi adalah | Pengertian dan Definisi. Diakses dari <http://www.kamusq.com/2012/10/hambatan-resistensi-adalah-pengertian.html>. Pada tanggal 5 Juni 2017 pukul 23.50 WIB.
- Anonim. BAB II TINJAUAN PUSTAKA : SnO_2 . Diakses dari http://aresearch.upi.edu/operator/upload/bab_ii.pdf. Pada 8 Juni 2017 pukul 22.19 WIB.

Beiser, A. (1992). *Konsep Fisika Modern*. Edisi keempat (Ahli Bahasa: DR. The Houw Liong) Jakarta: Erlangga.

Blocher, R. (2004). *Dasar Elektronika*. Yogyakarta: Andi Offset.

Dengyuan, Song (2005). *Zinc Oxide TCOs (Transparent Conductive Oxides) And Polycrystalline Silicon Thin-Films For Photovoltaic Applications*. Tesis Doktor pada University of New South Wales.

Freedman, dan Young. (2003). *Sears dan Zemansky Fisika Universitas : Edisi Kesepuluh Jilid 2*. Jakarta : Erlangga.

Hermida, dkk. (2012). *Karakterisasi Sensor Gas Co Berbasis Bahan SnO_2 Dengan Metoda Solgel Menggunakan Teknologi Film Tebal (ISSN 1412 – 3762)*. <http://jurnal.upi.edu/electrans>.

Khopkar, S. M. (1990). *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Jakarta: UI Press.

Sitorus, M.(2009). *Spektroskopi Elusidasi Struktur Molekul Organik Edisi Pertama*. Yogyakarta: Graha Ilmu

Stadler, Andreas. 2012. *Transparent Conducting Oxides-An Up- To- Date Overview*. *Materials* 2012, 5, 661-685; doi:10.3390/ma5040661. Hlm. 665

Syuhada, dkk.(2008). *Pembuatan Konduktor Transparan Thin Film SnO_2 dengan Menggunakan Teknik Spray Pyrolysis(Jurnal)*. LIPI : Pusat Penelitian Fisika.

Tiwari, Jitendra. N., Rajanish N. Tiwari, & Kwang S. Kim. (2012). *Zero-Dimensional, One- Dimensional, Two- Dimensional, Three Dimensional nanostructure materials for advanced electrochemical energy devices*. Progress in Materials Science 57 (2012) 724-803. Hlm. 726-729.

Puspitaningrum, Tyas.(2017). Penentuan *Band Gap* Dan Konduktivitas Bahan Semikonduktor Lapisan Tipis $\text{Sn}(\text{S}_{0,8}\text{Te}_{0,2})$ Dan $\text{Sn}(\text{S}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ Hasil Preparasi Dengan Teknik Evaporasi Termal(skripsi). Universitas Negeri Yogyakarta: Fakultas Ilmu Pengetahuan Alam dan Matematika.

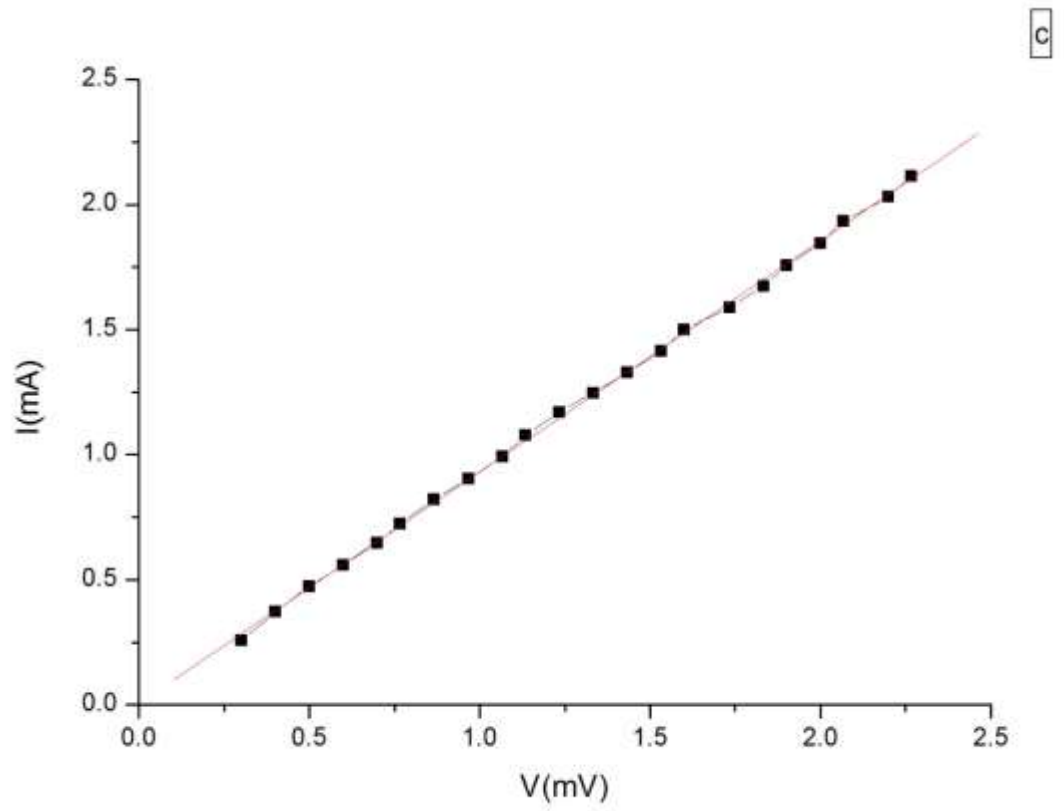
Widada, Yuwana.(2016). Pengaruh Variasi Variasi Suhu Pemanasan Gerabah Dengan Penambahan Nanopartikel Perak Terhadap Uji Porositas dan Kuat Tekan Gerabah(skripsi).Universitas Negeri Yogyakarta: Fakultas Ilmu Pengetahuan Alam dan Matematika.

W.S. Brams Dwandaru. (2012). Aplikasi Nanosains dalam Berbagai Bidang Kehidupan: Nanoteknologi. *Prosiding*. Laboratorium Fisika Teori dan Komputasi, Jurusan Pendidikan Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Yogyakarta.

LAMPIRAN 1. Pengukuran Hambatan.

Pengukuran Hambatan Pada Lapisan C

Vps	Vm	Im	Vm	Im	Vm	Im	Vrata	Irata
5	0.3	0.26	0.3	0.26	0.3	0.25	0.3	0.256667
6	0.4	0.38	0.4	0.37	0.4	0.37	0.4	0.373333
7	0.5	0.48	0.5	0.47	0.5	0.47	0.5	0.473333
8	0.6	0.56	0.6	0.56	0.6	0.56	0.6	0.56
9	0.7	0.64	0.7	0.64	0.7	0.66	0.7	0.646667
10	0.8	0.73	0.8	0.72	0.7	0.72	0.766667	0.723333
11	0.9	0.82	0.9	0.82	0.8	0.82	0.866667	0.82
12	1	0.91	1	0.9	0.9	0.9	0.966667	0.903333
13	1.1	1	1.1	0.99	1	0.99	1.066667	0.993333
14	1.2	1.08	1.1	1.07	1.1	1.08	1.133333	1.076667
15	1.3	1.17	1.2	1.17	1.2	1.17	1.233333	1.17
16	1.4	1.25	1.3	1.25	1.3	1.24	1.333333	1.246667
17	1.5	1.34	1.4	1.33	1.4	1.32	1.433333	1.33
18	1.6	1.42	1.5	1.41	1.5	1.41	1.533333	1.413333
19	1.7	1.51	1.6	1.51	1.5	1.48	1.6	1.5
20	1.8	1.6	1.7	1.59	1.7	1.58	1.733333	1.59
21	1.9	1.68	1.8	1.67	1.8	1.67	1.833333	1.673333
22	2	1.76	1.9	1.76	1.8	1.75	1.9	1.756667
23	2.1	1.86	2	1.84	1.9	1.84	2	1.846667
24	2.1	1.95	2.1	1.93	2	1.92	2.066667	1.933333
25	2.3	2.06	2.2	2.02	2.1	2.01	2.2	2.03
26	2.3	2.13	2.3	2.11	2.2	2.1	2.266667	2.113333



Parameter	Value	Error
-----------	-------	-------

A	0.0069	0.00742
---	--------	---------

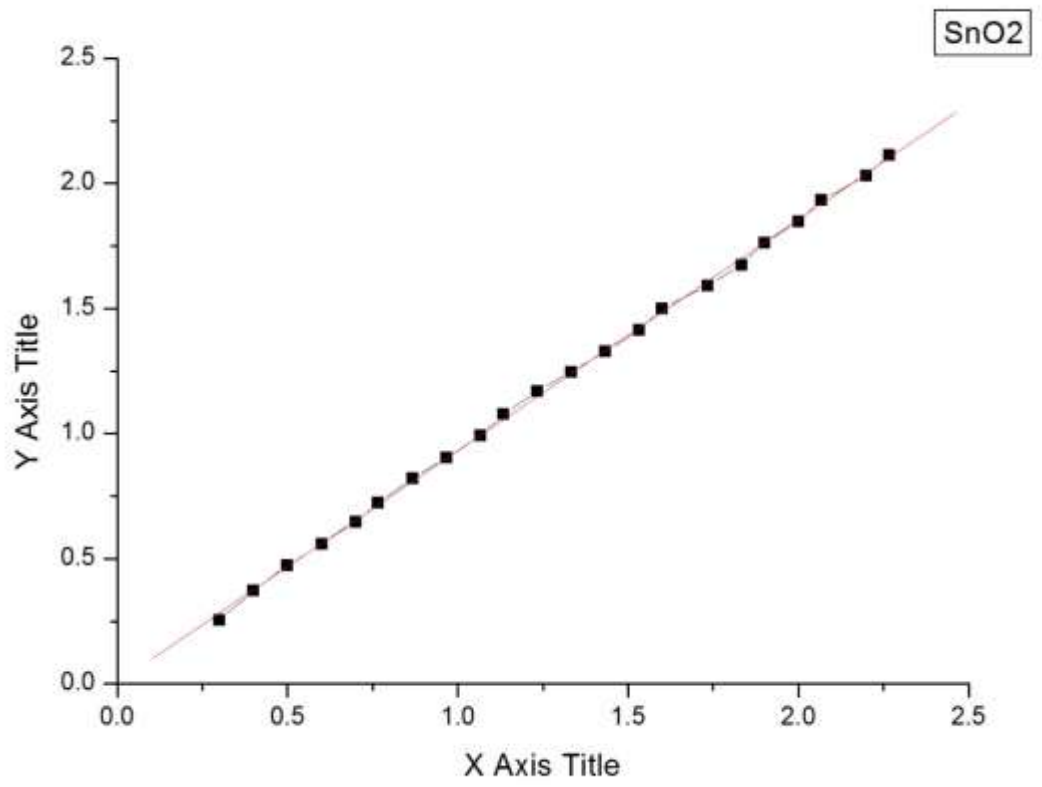
B	0.92421	0.00521
---	---------	---------

R	SD	N	P
---	----	---	---

0.99968	0.01455	22	<0.0001
---------	---------	----	---------

Pengukuran Hambatan Pada Lapisan SnO₂

Vps	Vm	Im	Vm	Im	Vm	Im	Vrata2	Irata2
5	1.2	0.26	1.1	0.27	1	0.25	3.3	0.78
6	1.7	0.37	1.5	0.38	1.4	0.38	4.6	1.13
7	2	0.46	1.8	0.47	1.8	0.48	5.6	1.41
8	2.4	0.55	2.2	0.56	2.1	0.57	6.7	1.68
9	2.7	0.64	2.5	0.66	2.4	0.66	7.6	1.96
10	3.1	0.71	2.7	0.72	2.6	0.73	8.4	2.16
11	3.5	0.82	3.1	0.81	2.9	0.82	9.5	2.45
12	3.8	0.9	3.4	0.9	3.2	0.9	10.4	2.7
13	4.1	0.98	3.7	0.99	3.5	0.99	11.3	2.96
14	4.5	1.07	4.1	1.08	3.9	1.08	12.5	3.23
15	4.9	1.16	4.4	1.17	4.2	1.17	13.5	3.5
16	5.2	1.24	4.7	1.26	4.5	1.24	14.4	3.74
17	5.5	1.32	5	1.34	4.7	1.32	15.2	3.98
18	5.8	1.41	5.3	1.41	5	1.41	16.1	4.23
19	6.2	1.49	5.6	1.49	5.4	1.5	17.2	4.48
20	6.6	1.58	6	1.58	5.7	1.58	18.3	4.74
21	6.9	1.67	6.3	1.67	6	1.66	19.2	5
22	7.2	1.75	6.6	1.75	6.3	1.76	20.1	5.26
23	7.6	1.83	6.9	1.84	6.6	1.84	21.1	5.51
24	8	1.92	7.3	1.92	6.9	1.92	22.2	5.76
25	8.3	2.01	7.6	2.01	7.3	2.02	23.2	6.04
26	8.7	2.1	8	2.1	7.7	2.12	24.4	6.32

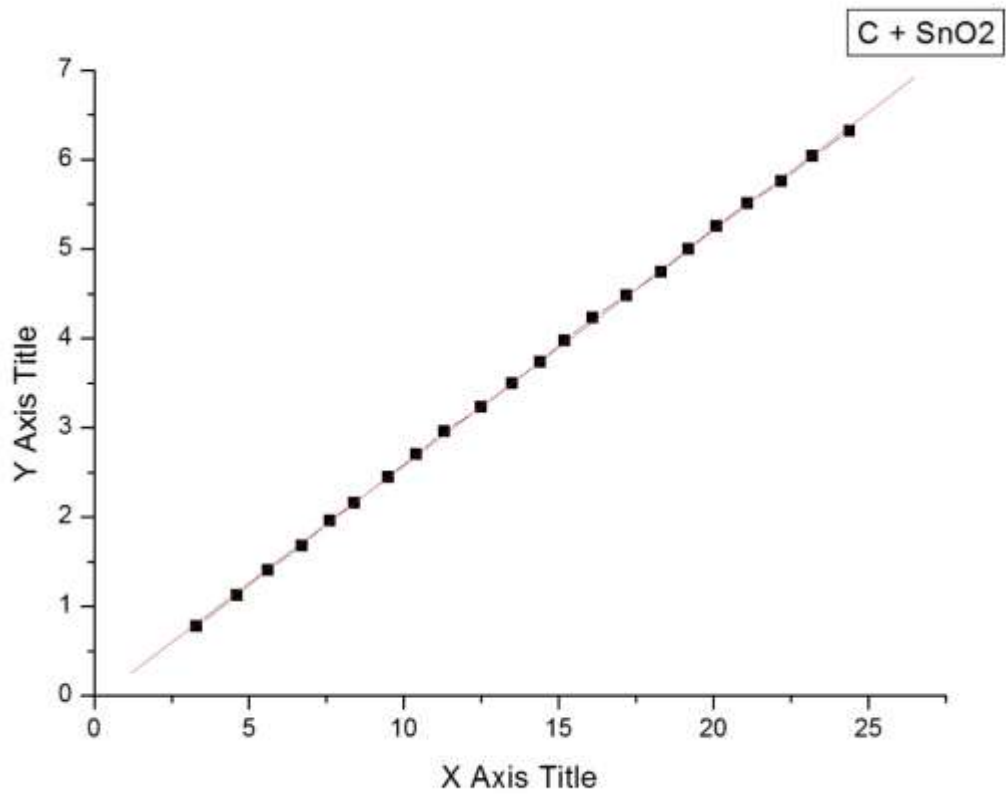


Parameter	Value	Error
A	0.00583	0.00755
B	0.92515	0.0053

R	SD	N	P
0.99967	0.0148	22	<0.0001

Pengukuran Hambatan Pada Lapisan C+SnO₂

Vps	Vm	Im	Vm	Im	Vm	Im	V rata2	I rata2
5	0.3	0.25	0.3	0.26	0.3	0.25	0.3	0.253333
6	0.4	0.38	0.4	0.37	0.4	0.37	0.4	0.373333
7	0.5	0.48	0.5	0.47	0.5	0.47	0.5	0.473333
8	0.6	0.56	0.6	0.56	0.6	0.56	0.6	0.56
9	0.7	0.64	0.7	0.64	0.7	0.66	0.7	0.646667
10	0.8	0.73	0.8	0.72	0.7	0.72	0.766667	0.723333
11	0.9	0.82	0.9	0.82	0.8	0.82	0.866667	0.82
12	1	0.91	1	0.9	0.9	0.9	0.966667	0.903333
13	1.1	1	1.1	0.99	1	0.99	1.066667	0.993333
14	1.2	1.08	1.1	1.07	1.1	1.08	1.133333	1.076667
15	1.3	1.17	1.2	1.17	1.2	1.17	1.233333	1.17
16	1.4	1.25	1.3	1.25	1.3	1.24	1.333333	1.246667
17	1.5	1.34	1.4	1.33	1.4	1.32	1.433333	1.33
18	1.6	1.42	1.5	1.41	1.5	1.41	1.533333	1.413333
19	1.7	1.51	1.6	1.51	1.5	1.48	1.6	1.5
20	1.8	1.6	1.7	1.59	1.7	1.58	1.733333	1.59
21	1.9	1.68	1.8	1.67	1.8	1.67	1.833333	1.673333
22	2	1.78	1.9	1.76	1.8	1.75	1.9	1.763333
23	2.1	1.86	2	1.84	1.9	1.84	2	1.846667
24	2.1	1.95	2.1	1.93	2	1.92	2.066667	1.933333
25	2.3	2.06	2.2	2.02	2.1	2.01	2.2	2.03
26	2.3	2.13	2.3	2.11	2.2	2.1	2.266667	2.113333



Parameter	Value	Error
-----------	-------	-------

A	-0.05587	0.01317
---	----------	---------

B	0.26328	8.66932E-4
---	---------	------------

R	SD	N	P
---	----	---	---

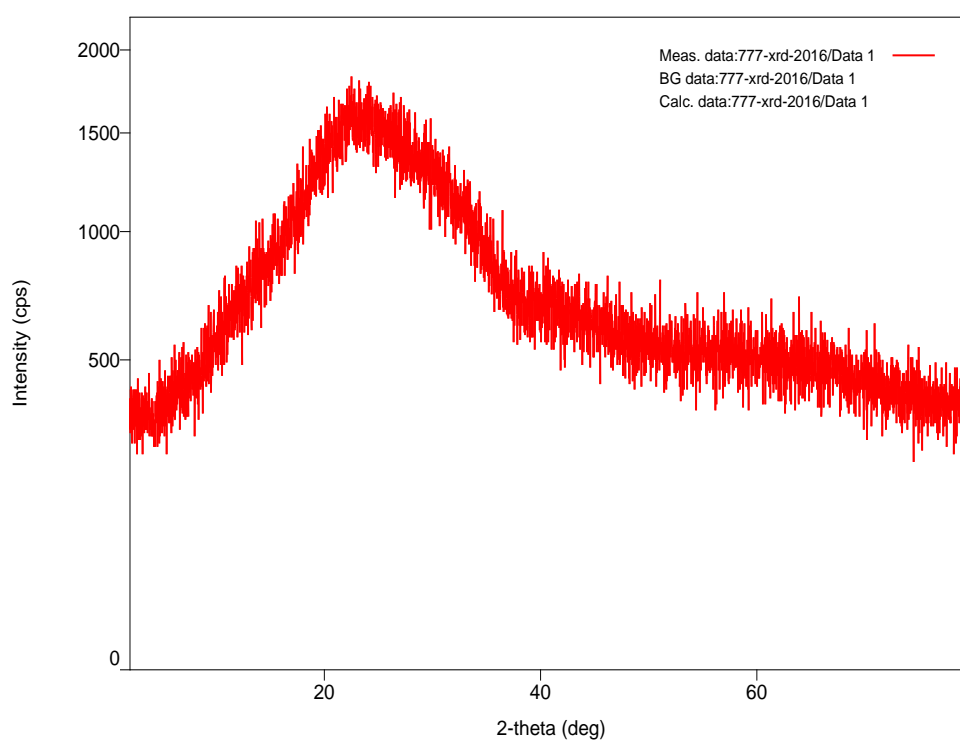
0.99989	0.02529	22	<0.0001
---------	---------	----	---------

LAMPIRAN 2. Hasil X – Ray Diffraction.

General information

Analysis date 2016/11/23 09:38:17
Sample name SnO₂ Measurement date 2016/11/23 09:28:31
File name 777-xrd-2016.ras Operator Administrator
Comment

Measurement profile



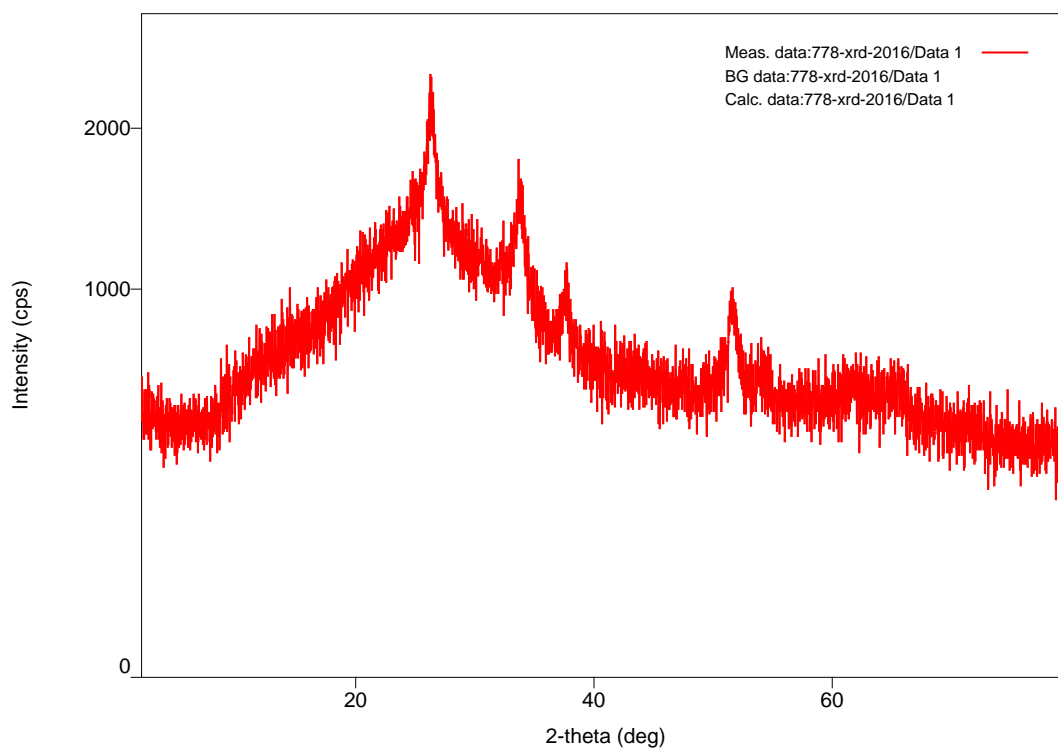
Peak list

No.	2-theta(deg)	d(ang.)	Height(cps)	FWHM(deg)	Int. I(cps deg)	Int. W(deg)	Asym. factor
1	24.133	3.68481	190603	0.1	193.207	0.001014	1

General information

Analysis date 2016/11/23 09:29:49
Sample name C+SnO2 Measurement date 2016/11/23 09:01:48
File name 778-xrd-2016.ras Operator administrator
Comment

Measurement profile



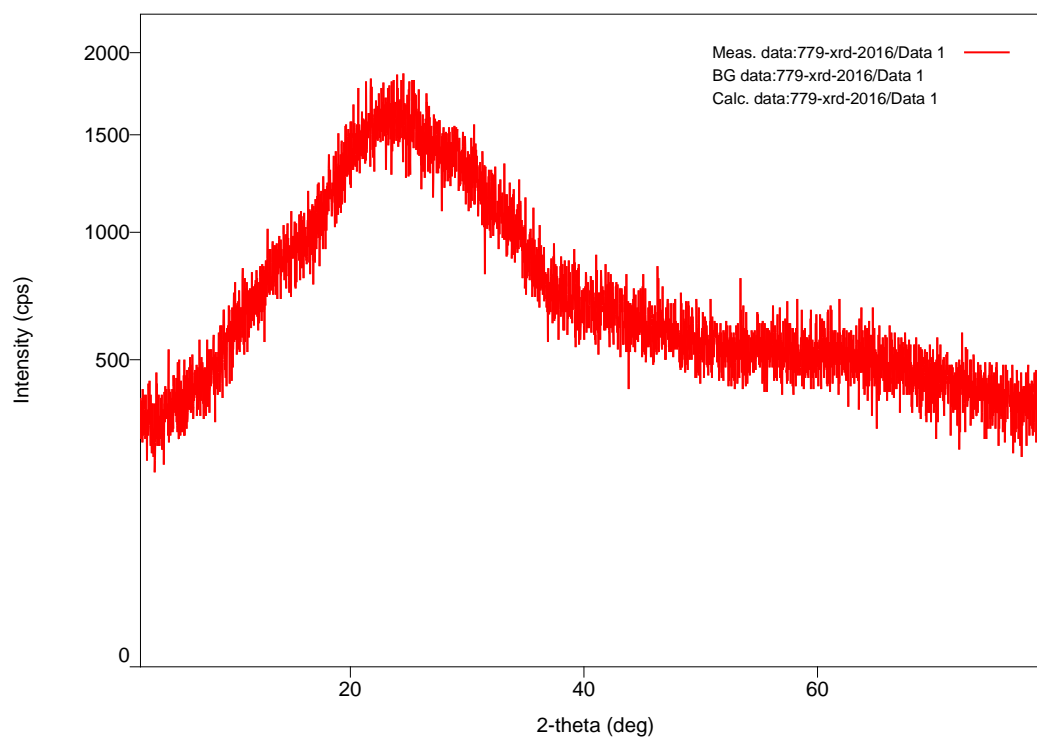
Peak list

No.	2-theta(deg)	d(ang.)	Height(cps)	FWHM(deg)	Int. I(cps deg)	Int. W(deg)	Asym. factor
1	26.39(4)	3.374(5)	891(86)	3.39(9)	6431(101)	7.2(8)	1.59(11)
2	33.86(3)	2.645(2)	541(67)	1.29(8)	1490(75)	2.8(5)	2.4(2)
3	37.68(11)	2.385(7)	182(39)	1.0(2)	382(28)	2.1(6)	2.1(14)
4	51.6836	1.76719	864.776	1.29497	783.523	0.906042	2.09976

General information

Analysis date 2016/11/23 09:31:30
Sample name C Measurement date 2016/11/23 09:11:28
File name 779-xrd-2016.ras Operator administrator
Comment

Measurement profile



Peak list

No.	2-theta(deg)	d(ang.)	Height(cps)	FWHM(deg)	Int. I(cps deg)	Int. W(deg)	Asym. factor
1	23.7207	3.7479	272376	0.1	230.555	0.000846457	1

LAMPIRAN 3. Hasil Uji Spektrofotometer UV – Vis.
Absorbansi Lapisan

λ	C	SnO2	C+SnO2
200	0.04399	0.05964	0.69942
201	0.04302	0.05875	0.69924
202	0.04287	0.06027	0.70135
203	0.04274	0.05956	0.70098
204	0.04347	0.05795	0.69791
205	0.04227	0.06015	0.70486
206	0.04198	0.05922	0.70061
207	0.04242	0.05888	0.70041
208	0.04323	0.05839	0.69879
209	0.04226	0.05912	0.7021
210	0.04276	0.06002	0.70147
211	0.04248	0.05997	0.70489
212	0.04291	0.05953	0.70383
213	0.04185	0.05974	0.7007
214	0.04288	0.05981	0.70285
215	0.04313	0.05992	0.70274
216	0.04231	0.06008	0.70459
217	0.04216	0.06068	0.70127
218	0.0431	0.06018	0.69926
219	0.04191	0.06071	0.7048
220	0.04309	0.06083	0.6985
221	0.04233	0.06031	0.70163
222	0.04263	0.06037	0.6984
223	0.0414	0.06021	0.70307
224	0.04306	0.05964	0.70176
225	0.04227	0.0596	0.70246
226	0.04358	0.06055	0.70359
227	0.04273	0.06058	0.69979
228	0.04259	0.06133	0.70278
229	0.04496	0.06181	0.70369
230	0.04457	0.06196	0.70496
231	0.0448	0.06124	0.70624
232	0.04414	0.06264	0.70678
233	0.04564	0.06248	0.70792

234	0.04663	0.06446	0.70877
235	0.04822	0.0646	0.71102
236	0.04975	0.06772	0.7132
237	0.05095	0.07035	0.71251
238	0.05459	0.0718	0.71115
239	0.05758	0.07627	0.71946
240	0.06227	0.08017	0.72412
241	0.06756	0.08439	0.72784
242	0.07257	0.09109	0.73117
243	0.07865	0.0968	0.74184
244	0.08601	0.10488	0.74828
245	0.09276	0.11161	0.75622
246	0.10047	0.11901	0.76205
247	0.10791	0.12705	0.77193
248	0.11614	0.13672	0.78067
249	0.12127	0.14288	0.78616
250	0.13037	0.15136	0.79579
251	0.13486	0.159	0.80231
252	0.14028	0.16489	0.80558
253	0.14349	0.16934	0.8087
254	0.14616	0.17396	0.8113
255	0.14868	0.17733	0.81476
256	0.14959	0.17971	0.81576
257	0.14909	0.1818	0.81454
258	0.14917	0.18171	0.81632
259	0.14701	0.17952	0.81173
260	0.14428	0.18025	0.81054
261	0.14232	0.17787	0.80781
262	0.13848	0.17519	0.80498
263	0.13418	0.17365	0.80026
264	0.1307	0.16942	0.79323
265	0.12589	0.16723	0.78936
266	0.12078	0.16294	0.78313
267	0.11685	0.15966	0.77918
268	0.11334	0.15614	0.77185
269	0.1087	0.15219	0.76863
270	0.10465	0.14865	0.76407
271	0.10093	0.14497	0.75919

272	0.09749	0.14116	0.75503
273	0.09417	0.13844	0.74991
274	0.09103	0.13565	0.74662
275	0.08734	0.13197	0.74308
276	0.08486	0.12986	0.73888
277	0.08242	0.12674	0.73533
278	0.08	0.12498	0.73214
279	0.07775	0.12224	0.72899
280	0.07563	0.11989	0.72611
281	0.07384	0.11865	0.72341
282	0.07218	0.11619	0.7213
283	0.07044	0.1148	0.71883
284	0.06937	0.11281	0.71745
285	0.06803	0.11115	0.71495
286	0.06664	0.1099	0.71287
287	0.06535	0.10855	0.71098
288	0.06487	0.10743	0.71031
289	0.06369	0.10633	0.70875
290	0.06279	0.10511	0.70734
291	0.06256	0.10407	0.70654
292	0.06178	0.10318	0.70551
293	0.06163	0.10274	0.70438
294	0.06093	0.10148	0.7033
295	0.06053	0.10073	0.70265
296	0.06	0.10029	0.7023
297	0.05941	0.09951	0.70181
298	0.05933	0.09924	0.70116
299	0.05898	0.09837	0.70059
300	0.05876	0.09812	0.70105
301	0.0586	0.09731	0.7002
302	0.05807	0.09656	0.7
303	0.05832	0.09616	0.70022
304	0.05791	0.09575	0.69942
305	0.05815	0.09516	0.69984
306	0.05786	0.09493	0.69965
307	0.05819	0.09493	0.70025
308	0.05798	0.0947	0.70012
309	0.05797	0.0944	0.70017

310	0.05848	0.09462	0.70021
311	0.05843	0.09425	0.70101
312	0.05846	0.09421	0.70123
313	0.05897	0.09411	0.70158
314	0.05916	0.09431	0.70201
315	0.05977	0.09461	0.70306
316	0.05981	0.09469	0.70366
317	0.06049	0.09493	0.70389
318	0.0606	0.09468	0.70468
319	0.06066	0.09451	0.70533
320	0.06069	0.09444	0.70514
321	0.06045	0.09431	0.70539
322	0.0603	0.09375	0.70575
323	0.05992	0.09355	0.70628
324	0.05947	0.09294	0.70583
325	0.0594	0.09262	0.70622
326	0.06104	0.09313	0.70753
327	0.05323	0.08924	0.71489
328	0.03058	0.09209	0.72822
329	0.05703	0.08067	0.70432
330	0.02574	0.06863	0.72267
331	0.05394	0.05805	0.69195
332	0.04293	0.04567	0.66224
333	0.04099	0.06	0.81605
334	0.06827	0.02724	0.52488
335	-0.0416	0.1982	0.62086
336	0.11867	0.12098	0.49865
337	0.07177	-0.0591	0.34951
338	-0.0784	0.10125	0.2861
339	-0.0862	0.05913	0.88724
340	-0.1082	-0.013	1.55475
341	-0.126	0.05423	0.5586
342	-0.0972	-0.131	0.33891
343	-0.1157	0.08774	0.75872
344	-0.0306	0.07379	0.31004
345	0.09817	0.0888	0.55198
346	0.03752	-0.1101	0.34088
347	-0.0403	0.09856	0.59688

348	0.00747	-0.0031	0.81764
349	-0.0073	-0.2479	1.6491
350	-0.2877	0.04187	1.18473
351	-0.2351	0.01621	2.84365
352	0.06041	-0.0458	0.34691
353	-0.0602	0.02515	0.48508
354	-0.0402	0.00295	0.75091
355	-0.1261	-0.1547	6
356	0.08251	0.1208	0.41653
357	-0.079	0.03924	0.56378
358	-0.1012	-0.0543	1.21312
359	0.11034	0.18984	6
360	0.08162	-0.0578	0.80148
361	-0.2451	0.07324	0.64917
362	-0.136	0.10713	0.18896
363	-0.0344	-0.0178	0.57842
364	-0.0653	0.07908	0.41777
365	-0.0317	-0.2106	0.44177
366	0.0152	-0.0041	6
367	0.12326	-0.0039	0.28378
368	0.08552	0.06569	0.38421
369	-0.0473	-0.0517	0.82326
370	-0.0025	-0.1421	0.98897
371	-0.1947	-0.1098	0.79717
372	0.00884	-0.0508	1.41578
373	-0.2212	0.09527	0.34716
374	-0.0259	0.04169	0.37691
375	-0.0532	-0.2031	0.59598
376	-0.1165	0.13158	0.59724
377	-0.138	-0.014	0.47412
378	0.01277	0.15462	1.06051
379	-0.0711	-0.0092	0.90007
380	0.01809	0.03091	0.7805
381	0.05891	0.04513	0.78695
382	-0.1148	0.00999	0.71146
383	-0.0411	0.03695	0.81669
384	0.16408	0.1966	0.92803
385	0.07155	0.09675	0.76477

386	0.05057	0.07781	0.74681
387	0.05058	0.07792	0.74741
388	0.0505	0.07751	0.74798
389	0.05064	0.0773	0.74891
390	0.05022	0.0772	0.74946
391	0.05016	0.07697	0.75002
392	0.05013	0.07671	0.75075
393	0.05001	0.0767	0.75149
394	0.04983	0.07672	0.75217
395	0.04966	0.07639	0.7529
396	0.04975	0.07613	0.75389
397	0.04955	0.07606	0.75459
398	0.04944	0.07596	0.75527
399	0.04949	0.07579	0.75593
400	0.0496	0.0758	0.75672
401	0.04919	0.07547	0.75748
402	0.0492	0.07541	0.75831
403	0.04919	0.07526	0.75894
404	0.04895	0.0752	0.75989
405	0.04874	0.07494	0.76057
406	0.04885	0.07481	0.76129
407	0.0491	0.07505	0.76225
408	0.04901	0.07494	0.76305
409	0.04897	0.0748	0.76371
410	0.04865	0.07464	0.76444
411	0.04862	0.07459	0.7654
412	0.04856	0.07419	0.7661
413	0.04855	0.07398	0.7669
414	0.04844	0.07407	0.76782
415	0.0484	0.07409	0.76859
416	0.04843	0.07391	0.76947
417	0.04834	0.07379	0.76998
418	0.04837	0.07388	0.77106
419	0.04825	0.07352	0.77165
420	0.04733	0.07354	0.77251
421	0.04823	0.07387	0.77384
422	0.04926	0.07352	0.78476
423	0.04923	0.0733	0.78582

424	0.0491	0.07307	0.78632
425	0.04896	0.07302	0.78742
426	0.04913	0.07314	0.78852
427	0.0493	0.0731	0.78929
428	0.04906	0.07264	0.78972
429	0.04918	0.07256	0.79087
430	0.04903	0.07275	0.7914
431	0.04887	0.07251	0.79227
432	0.04882	0.07251	0.79319
433	0.04894	0.07245	0.79402
434	0.04854	0.07243	0.79508
435	0.04855	0.07199	0.79584
436	0.04877	0.07213	0.79645
437	0.04861	0.07194	0.79717
438	0.0487	0.07223	0.79751
439	0.04858	0.07177	0.79836
440	0.04863	0.07175	0.79953
441	0.04867	0.07174	0.80012
442	0.0485	0.0717	0.80096
443	0.04848	0.07164	0.80173
444	0.04842	0.07141	0.80217
445	0.0484	0.07118	0.80308
446	0.04831	0.07094	0.80403
447	0.04813	0.07115	0.80465
448	0.04809	0.07128	0.80553
449	0.04822	0.07083	0.80592
450	0.04808	0.07086	0.80647
451	0.04799	0.07067	0.80706
452	0.04823	0.0705	0.80817
453	0.04799	0.07045	0.80841
454	0.04791	0.07046	0.80946
455	0.0479	0.07035	0.81015
456	0.04774	0.07001	0.81065
457	0.04775	0.06976	0.81137
458	0.04764	0.06987	0.81216
459	0.04791	0.06988	0.81234
460	0.04774	0.06966	0.81346
461	0.04752	0.0696	0.81407

462	0.0476	0.06945	0.81413
463	0.04744	0.06938	0.81491
464	0.04735	0.06938	0.81565
465	0.04739	0.0693	0.81633
466	0.0475	0.06899	0.81674
467	0.04746	0.06896	0.81743
468	0.04731	0.06893	0.81769
469	0.04723	0.06875	0.81836
470	0.04733	0.06855	0.81902
471	0.04717	0.06837	0.81959
472	0.04703	0.06864	0.81988
473	0.04697	0.06836	0.82059
474	0.04695	0.06826	0.82105
475	0.0471	0.06829	0.82191
476	0.04676	0.06812	0.82209
477	0.04665	0.06807	0.82252
478	0.04674	0.06784	0.8233
479	0.04665	0.06775	0.82342
480	0.04676	0.06753	0.82417
481	0.04648	0.0674	0.8246
482	0.0466	0.06748	0.82477
483	0.04643	0.06728	0.82537
484	0.04636	0.06718	0.82539
485	0.04644	0.0671	0.82633
486	0.04658	0.06702	0.82637
487	0.0464	0.06688	0.82693
488	0.04608	0.06656	0.8271
489	0.04622	0.06676	0.82733
490	0.0463	0.06661	0.82784
491	0.04617	0.06644	0.82843
492	0.04599	0.06626	0.8288
493	0.04622	0.06629	0.82906
494	0.04604	0.06593	0.82908
495	0.04598	0.06591	0.82968
496	0.04596	0.06584	0.83
497	0.04614	0.06588	0.83015
498	0.04598	0.06591	0.83059
499	0.04561	0.06562	0.83086

500	0.04559	0.06556	0.83099
501	0.04567	0.06554	0.83099
502	0.04562	0.06536	0.83188
503	0.04549	0.06522	0.83209
504	0.04562	0.06523	0.8318
505	0.04577	0.06488	0.83179
506	0.0455	0.06473	0.8319
507	0.04572	0.06491	0.83193
508	0.0456	0.0649	0.83246
509	0.04557	0.06471	0.83264
510	0.04542	0.06476	0.83247
511	0.04514	0.06434	0.83271
512	0.04556	0.06449	0.83266
513	0.04543	0.06431	0.83265
514	0.04531	0.06425	0.83291
515	0.04541	0.06423	0.83308
516	0.04532	0.0641	0.83279
517	0.04517	0.06388	0.83337
518	0.0452	0.06405	0.83322
519	0.04533	0.06384	0.83292
520	0.04514	0.06376	0.83357
521	0.04516	0.06343	0.83377
522	0.04505	0.06369	0.83416
523	0.04506	0.06353	0.83418
524	0.04533	0.06346	0.83454
525	0.04504	0.06339	0.83492
526	0.04503	0.06328	0.8349
527	0.04504	0.06317	0.83481
528	0.04504	0.06304	0.83524
529	0.04474	0.06325	0.83536
530	0.04494	0.0631	0.83538
531	0.0448	0.06298	0.83549
532	0.04484	0.06294	0.83592
533	0.04457	0.06277	0.8353
534	0.04475	0.06261	0.83554
535	0.04474	0.06259	0.83568
536	0.04469	0.0625	0.83542
537	0.04457	0.06231	0.83532

538	0.04468	0.06211	0.83515
539	0.04456	0.0623	0.83511
540	0.04446	0.06235	0.83508
541	0.04445	0.06209	0.83479
542	0.04451	0.06207	0.83429
543	0.04442	0.06193	0.83442
544	0.04431	0.06206	0.83411
545	0.04435	0.06172	0.83412
546	0.04446	0.06184	0.83407
547	0.04436	0.06146	0.83356
548	0.04423	0.06152	0.83292
549	0.04433	0.06134	0.8328
550	0.04443	0.06134	0.83283
551	0.04431	0.06158	0.83285
552	0.04419	0.06124	0.83195
553	0.04416	0.06111	0.83199
554	0.04422	0.06104	0.83089
555	0.04403	0.06101	0.83123
556	0.04424	0.06099	0.83124
557	0.04396	0.06096	0.83098
558	0.044	0.06082	0.83026
559	0.04407	0.06063	0.82967
560	0.04417	0.06069	0.82944
561	0.04434	0.061	0.82917
562	0.04426	0.06095	0.8285
563	0.04417	0.06083	0.82802
564	0.04408	0.06042	0.82793
565	0.04413	0.06044	0.82739
566	0.04407	0.06059	0.82686
567	0.04408	0.06047	0.82669
568	0.04397	0.0602	0.82621
569	0.04396	0.06012	0.82621
570	0.04369	0.06011	0.82544
571	0.04378	0.06016	0.82513
572	0.0437	0.06004	0.8245
573	0.04388	0.06012	0.82408
574	0.04375	0.05996	0.82356
575	0.0437	0.0598	0.8232

576	0.04368	0.05979	0.82278
577	0.04382	0.05964	0.82192
578	0.04388	0.05989	0.82203
579	0.04384	0.05975	0.82177
580	0.04375	0.05971	0.82082
581	0.04401	0.05967	0.82051
582	0.04375	0.05953	0.82017
583	0.04384	0.05953	0.81964
584	0.04386	0.0597	0.81911
585	0.04369	0.05929	0.81833
586	0.04368	0.05956	0.81784
587	0.04368	0.05933	0.81736
588	0.04384	0.05943	0.81678
589	0.04402	0.05936	0.81638
590	0.04397	0.05939	0.81562
591	0.04383	0.05923	0.81517
592	0.0441	0.0591	0.8145
593	0.04398	0.05916	0.81423
594	0.04387	0.05924	0.81341
595	0.04382	0.05925	0.8126
596	0.04387	0.05912	0.81232
597	0.04396	0.05912	0.81191
598	0.04413	0.05913	0.81108
599	0.0439	0.05921	0.81014
600	0.04401	0.0592	0.80997
601	0.04404	0.05903	0.80941
602	0.04408	0.05902	0.80811
603	0.04419	0.05913	0.80756
604	0.04404	0.05915	0.8072
605	0.0443	0.05904	0.80668
606	0.04441	0.05904	0.80559
607	0.0442	0.05907	0.80563
608	0.04418	0.05899	0.80456
609	0.04416	0.05899	0.80395
610	0.04449	0.05903	0.80357
611	0.04428	0.05919	0.80337
612	0.04436	0.05934	0.80212
613	0.04423	0.05888	0.80107

614	0.04437	0.05882	0.80054
615	0.04445	0.05907	0.79978
616	0.04444	0.05895	0.7993
617	0.04468	0.05907	0.79823
618	0.04455	0.05902	0.79783
619	0.04474	0.0589	0.7971
620	0.04466	0.05898	0.7963
621	0.04481	0.05889	0.79542
622	0.04485	0.05903	0.79518
623	0.04463	0.05893	0.79398
624	0.0445	0.05892	0.79287
625	0.04449	0.05888	0.79238
626	0.04447	0.05872	0.79132
627	0.04455	0.05884	0.79068
628	0.04457	0.05901	0.78949
629	0.04456	0.0588	0.78876
630	0.0448	0.05866	0.78803
631	0.0448	0.05859	0.78707
632	0.04483	0.05875	0.78614
633	0.04496	0.05875	0.78517
634	0.04488	0.05866	0.78417
635	0.04487	0.05868	0.78319
636	0.04492	0.05876	0.78251
637	0.0448	0.05864	0.78186
638	0.04513	0.05853	0.78099
639	0.04499	0.05885	0.77958
640	0.0448	0.05867	0.77867
641	0.04453	0.05836	0.77809
642	0.04494	0.05888	0.77709
643	0.04482	0.0588	0.7762
644	0.04478	0.05887	0.77545
645	0.04526	0.05863	0.77476
646	0.04507	0.05852	0.77241
647	0.04512	0.05872	0.77194
648	0.04506	0.05839	0.77087
649	0.04517	0.05844	0.76981
650	0.04495	0.05826	0.7693
651	0.0449	0.05827	0.76736

652	0.04479	0.05798	0.76704
653	0.04494	0.05811	0.76532
654	0.04484	0.05835	0.76494
655	0.04502	0.05834	0.76394
656	0.04518	0.05802	0.7624
657	0.04499	0.05816	0.76168
658	0.04481	0.05806	0.76008
659	0.04525	0.05831	0.75893
660	0.0454	0.05799	0.75893
661	0.04496	0.05828	0.75765
662	0.04481	0.05793	0.75603
663	0.04477	0.05788	0.75505
664	0.04517	0.05797	0.75396
665	0.04513	0.05827	0.75278
666	0.04511	0.0583	0.7521
667	0.04503	0.05792	0.74994
668	0.04493	0.05769	0.7496
669	0.04502	0.05787	0.74805
670	0.04501	0.05767	0.74722
671	0.04515	0.05733	0.74545
672	0.04521	0.05745	0.74538
673	0.04511	0.05749	0.74391
674	0.04484	0.05786	0.74252
675	0.04502	0.05767	0.74108
676	0.04523	0.05763	0.73986
677	0.04516	0.05773	0.73884
678	0.04524	0.05789	0.73767
679	0.04519	0.05784	0.73653
680	0.04525	0.05772	0.7356
681	0.04512	0.05757	0.73438
682	0.04496	0.05778	0.73263
683	0.04529	0.05762	0.73219
684	0.04544	0.0579	0.73013
685	0.04547	0.058	0.73
686	0.04537	0.05761	0.72673
687	0.04522	0.05755	0.72576
688	0.04531	0.0576	0.72451
689	0.04529	0.05745	0.72317

690	0.04519	0.0574	0.72221
691	0.04534	0.05733	0.72092
692	0.04529	0.05734	0.71966
693	0.04526	0.05731	0.71841
694	0.04533	0.05734	0.71724
695	0.0454	0.05732	0.71596
696	0.0451	0.05733	0.71483
697	0.0453	0.05719	0.71341
698	0.04545	0.05728	0.71227
699	0.04526	0.05717	0.71075
700	0.04512	0.05721	0.70973
701	0.04534	0.05713	0.7082
702	0.04533	0.05717	0.70721
703	0.04537	0.05718	0.70556
704	0.04526	0.05697	0.70471
705	0.04538	0.05701	0.70339
706	0.04529	0.05692	0.70206
707	0.04531	0.05691	0.70091
708	0.04529	0.05702	0.69974
709	0.04553	0.05699	0.69883
710	0.04543	0.05703	0.69741
711	0.04522	0.0568	0.69618
712	0.04537	0.05682	0.69488
713	0.04544	0.05681	0.6935
714	0.0456	0.05696	0.6926
715	0.04563	0.05672	0.69132
716	0.04544	0.05666	0.69025
717	0.04539	0.05698	0.68879
718	0.0455	0.0569	0.68778
719	0.0455	0.05669	0.68639
720	0.04546	0.05684	0.68551
721	0.04551	0.05658	0.68406
722	0.04543	0.05667	0.68294
723	0.04529	0.05668	0.68192
724	0.04546	0.0566	0.68036
725	0.04555	0.05671	0.67923
726	0.04557	0.05669	0.67822
727	0.04553	0.05672	0.67692

728	0.04561	0.05641	0.67572
729	0.04557	0.05663	0.67421
730	0.04553	0.05658	0.67326
731	0.04565	0.05664	0.67225
732	0.04549	0.05639	0.67095
733	0.04562	0.05651	0.66961
734	0.04553	0.05633	0.66842
735	0.04554	0.05646	0.6671
736	0.04571	0.05641	0.66617
737	0.04582	0.05645	0.66486
738	0.04549	0.0565	0.66358
739	0.04536	0.05633	0.66221
740	0.04552	0.05636	0.66107
741	0.04565	0.05619	0.65991
742	0.04555	0.0563	0.65918
743	0.04545	0.05624	0.65741
744	0.04546	0.05631	0.65608
745	0.04558	0.05624	0.6549
746	0.04546	0.05629	0.65376
747	0.04549	0.05638	0.65262
748	0.04575	0.05613	0.65158
749	0.04576	0.05613	0.65017
750	0.04559	0.05615	0.64867
751	0.04578	0.05619	0.64791
752	0.04561	0.05614	0.64661
753	0.04555	0.05616	0.64517
754	0.04551	0.05602	0.64376
755	0.04555	0.05587	0.6428
756	0.04559	0.05587	0.6416
757	0.0455	0.05604	0.64035
758	0.04567	0.05588	0.6393
759	0.04572	0.05578	0.6378
760	0.04555	0.05611	0.63686
761	0.04554	0.05583	0.63543
762	0.04554	0.05573	0.63436
763	0.04572	0.05582	0.63308
764	0.04563	0.056	0.63209
765	0.04572	0.05591	0.63078

766	0.04551	0.05581	0.62973
767	0.04549	0.05582	0.62849
768	0.04555	0.05588	0.627
769	0.04575	0.05557	0.62577
770	0.04553	0.05553	0.62507
771	0.04564	0.05555	0.62345
772	0.04533	0.05545	0.62212
773	0.04581	0.05538	0.62156
774	0.04545	0.05558	0.62013
775	0.04555	0.05551	0.61904
776	0.04567	0.05546	0.61781
777	0.04569	0.05552	0.61628
778	0.04564	0.05555	0.61573
779	0.04554	0.05537	0.61427
780	0.04557	0.05529	0.61322
781	0.04561	0.0554	0.61189
782	0.04558	0.05524	0.61085
783	0.04548	0.05525	0.60924
784	0.0454	0.05531	0.60861
785	0.04548	0.0554	0.60727
786	0.04563	0.05511	0.60598
787	0.04544	0.05517	0.60487
788	0.04528	0.0553	0.60404
789	0.04548	0.05554	0.60294
790	0.04547	0.05535	0.60191
791	0.04562	0.0551	0.60039
792	0.04548	0.05524	0.60039
793	0.04542	0.05513	0.59821
794	0.04539	0.05551	0.59733
795	0.04546	0.05549	0.59614
796	0.04554	0.05513	0.59496
797	0.04543	0.05517	0.59341
798	0.04548	0.0551	0.59205
799	0.04532	0.05494	0.59078
800	0.04552	0.05504	0.59006

LAMPIRAN 4. Data Base JCPDS.

