

**ANALISIS SIFAT OPTIK DARI CAMPURAN SERBUK SiO_2 -ZnO DENGAN
VARIASI SUHU SEBAGAI ALTERNATIF BAHAN SEMIKONDUKTOR PADA
SEL SURYA**

SKRIPSI

Oleh:
MUHSIN RASYIDI
NIM. 09640041



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2015**

**ANALISIS SIFAT OPTIK DARI CAMPURAN SERBUK SiO_2 -ZnO
DENGAN VARIASI SUHU SEBAGAI ALTERNATIF BAHAN
SEMIKONDUKTOR PADA SEL SURYA**

SKRIPSI

Diajukan kepada:

**Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

Oleh:

**MUHSIN RASYIDI
NIM. 09640041**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2015**

HALAMAN PERSETUJUAN

ANALISIS SIFAT OPTIK DARI CAMPURAN SERBUK SiO_2 -ZnO DENGAN
VARIASI SUHU SEBAGAI ALTERNATIF BAHAN SEMIKONDUKTOR
PADA SEL SURYA

SKRIPSI

Oleh:
MUHSIN RASYIDI
NIM. 09640041

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji,
Pada tanggal: 29 Oktober 2015

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Erika Rani, M. Si
NIP. 19810613 200604 2 002

Dr. H. Ahmad Barizi, M.A
NIP. 19731212 199803 1 001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika

Erna Hastuti, M. Si
NIP. 19811119 200801 2 009

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS SIFAT OPTIK DARI CAMPURAN SERBUK SiO_2 -ZnO DENGAN VARIASI SUHU SEBAGAI ALTERNATIF BAHAN SEMIKONDUKTOR PADA SEL SURYA

SKRIPSI

Oleh:
MUHSIN RASYIDI
NIM. 09640041

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan
Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal: 5 November 2015

Penguji Utama	:	<u>Drs. H. M Tirono, M. Si</u> NIP. 19641211 199111 1 001	
Ketua Penguji	:	<u>Ahmad Abtokhi, M. Pd</u> NIP. 19761003 200312 1 004	
Sekretaris Penguji	:	<u>Erika Rani, M. Si</u> NIP. 19810613 200604 2 002	
Anggota Penguji	:	<u>Dr. H. Ahmad Brizi, M.A</u> NIP. 19731212 199803 1 001	

Mengesahkan,
Ketua Jurusan Fisika

Erna Hastuti, M.Si
NIP. 19811119 200801 2 009

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : MUHSIN RASYIDI

NIM : 09640041

Jurusan : FISIKA

Fakultas : SAINS DAN TEKNOLOGI

Judul Penelitian : Analisis Sifat Optik dari Campuran Serbuk SiO_2 -ZnO dengan Variasi Suhu Sebagai Alternatif Bahan Semikonduktor pada Sel Surya

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian saya ini tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang perbah dilakukan atau dibuat oleh orang lain, kecuali yang tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur jiplakan maka saya bersedia untuk mempertanggung jawabkan, serta diproses sesuai peraturan yang berlaku.

Malang, 29 Oktober 2015
Yang Membuat Pernyataan,

MUHSIN RASYIDI
NIM. 09640041

MOTTO

إِنَّمَا تَخْشَى اللَّهَ مِنْ عِبَادِهِ الْعُلَمَاءُ إِنَّ اللَّهَ عَزِيزٌ غَفُورٌ ﴿٢٨﴾

*Sesungguhnya yang takut kepada Allah di antara hamba-hamba-Nya, hanyalah ulama (orang-orang yang berilmu).
Sesungguhnya Allah Maha Perkasa lagi Maha Pengampun.*

(QS. Faathir: 28)



HALAMAN PERSEMBAHAN

*Kupersembahkan untuk Ibu dan Ayah tercinta Yang telah merawat dan mengasuhku
Terimakasih atas curahan kasih sayang dan segala cinta kasih yang tumpah tiada henti*

*Untuk saudara-saudaraku, Adk Nining Seri Irmayanti Adk Ihsan Arrosyid, Adk Seri
Mulyani Indarti, Terimakasih atas do'a, kasih yang kalian berikan dan menjadi motivasi ku*

*Untuk saudara-saudaraku keluarga besar pondok pesantren anwarul buda, untuk saudara-
saudaraku forum studi dan komunikasi mahasiswa Lombok (forskimal) dan untuk saudara-
saudaraku di laboratorium fisika terori trimakasih atas semangat dan doa yang tumpah semoga
persaudaraan yang dan kekeluargaan yang tercipta takkan pernah sirna selamanya semoga kita
senantiasa dalam lindunganNya.*

*Untuk guru-guruku para kiyai yang selalu bersabar memberikanku wejangan dan nasehat dan
Bapak Ibu dosen Fisika UIN MALIKI Malang Khususnya Bu Erika Ranai M.Si, Bpk
Dr.Ahmad Barizji, M.A, Bu Erna Hastuti M. Si, Bpk Farid Samsu Hananto, M.T. Bpk
Novi Avisena, M. Si, Bu Erika Rani, M.Si, Bpk Irfan M. Si, Bpk Tirono, M. Si, Bpk Agus
Mulyono, Mpd. M. Kes, Bpk Ahmad Abtokhi Mpd, Drs.Bpk Abdul Basyit M,Si, Bpk Imam
Tazi M, Si, Bu Mutmainnah, M. Si dan bu nayiroh, M. Si
Terimakasih atas segala bimbingan dan ilmu yang telah diberikan*

*Untuk sahabat-sahabatku seperjuangan fisika semoga ilmu kita bermamfaat sehingga menjadi
sebaik manusia yang bermamfaat untuk orang lain dan
Terimakasih atas persahabatan yang penuh dengan keindahan
Semua kan tersimpan dalam memory kehidupanku.*

KATA PENGANTAR



Assalamualaikum Wr. Wb

Syukur Alhamdulillah penulis haturkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufiq dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **Analisis Sifat Optik Dari Campuran Serbuk SiO_2 -ZnO Dengan Variasi Suhu Sebagai Alternatif Bahan Semikonduktor Pada Sel Surya** sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) di Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Selanjutnya penulis haturkan ucapan terima kasih seiring do'a dan harapan *jazakumullah khaeron kasir* kepada semua pihak yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini. Ucapan terima kasih ini penulis sampaikan kepada:

1. Prof. Dr. H. Mudjia Raharjo, M. Si selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang dan jajarannya yang telah banyak memberikan pengetahuan dan pengalaman yang berharga.
2. Dr. Bayyinatul Muchtaromah selaku dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang dan jajarannya.
3. Erna Hastuti, M. Si selaku Ketua Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang dan jajarannya.
4. Erika Rani, M. Si dan Dr. H. Ahmad Barizi M.A selaku dosen pembimbing skripsi yang telah banyak memberikan bimbingan dan pengarahan dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Segenap dosen Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah berjasa, membimbing dan memberikan pengarahan selama perkuliahan.
6. Kedua orang tuaku (Bapak dan Ibu) Amaq M. Hasan Basri dan Inaq Syahri (serta Saudara-saudariku (Adek Nining Seri Irmayanti, Adek Ihsan Arrosyid dan

Adek Mulyari Seri Indarti) yang selalu mendoakan, mendukung setiap langkah penulis dan menjadi penyemangatku.

7. Teman-teman seperjuanganku, teman-teman fisika 2009, teman-teman Lombok (forskimal) seperjuanganku dan teman-temanku di Pondok Pesantren Anwarul Huda (PPAH) semuanya yang tidak bias saya sebutkan satu-persatu.
8. Teman-teman Fisika, khususnya anggota *laboratorium fisika teori* ada mas andreas, candra, bayu, fuada, faith, solikin, teori angkatan 2012, 2013 dan seluruh angkatan terima kasih atas do'a motivasi dan kebersamaannya selama ini.
9. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang telah banyak membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih terdapat kekurangan dan penulis berharap semoga skripsi ini bisa memberikan manfaat kepada para pembaca khususnya bagi penulis secara pribadi. *Amin Yaa Rabbal Alamin.*

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

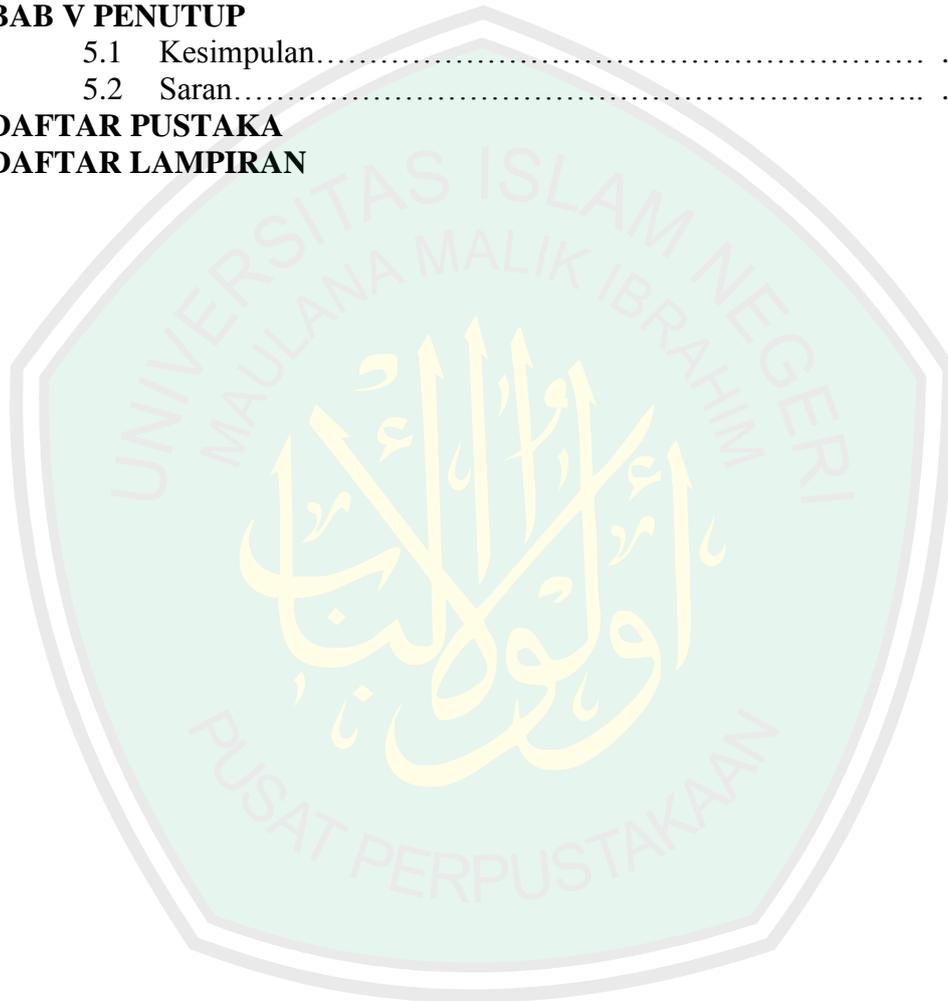
Malang, November 2015

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PESETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	Iv
MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
ABSTRAK	xvii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	6
1.4 Manfaat.....	6
1.5 Batasan Masalah.....	7
BAB II DASAR TEORI	
2.1 Energi Dalam Al-Qur'an.....	8
2.2 Medium Optik Linier.....	11
2.3 Semikonduktor.....	14
2.3.1 Jenis Jenis Semikonduktor.....	16
2.3.1.1 Semikonduktor Intrinsik.....	16
2.3.1.2 Semikonduktor Ektrinsik.....	17
2.3.2 Konsentrasi Pembawa Muatan.....	19
2.4 Sel Surya.....	23
2.5 Sifat Optik.....	28
2.6 Energi Band Gap.....	41
2.7 Mengukur Energi Gap Eg Dengan Metode Optik.....	46
2.8 Penyerapan Secara Langsung (Direct).....	47
2.9 Penyerapan Secara Tidak Langsung (Indirect).....	48
2.10 Mengukur Energi celah Pita Dengan Metode Touch Plot.....	49
2.11 Pengaruh Temperatur Dalam Energi Gap.....	49
2.12 Menentukan Nilai Energi Gap Optik.....	52
2.13 Spektrofotometer.....	52
2.13.1 Pengertian Spektrofotometer.....	52
2.13.2 UV-VIS Spektrofotometer.....	52
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Jenis Penelitian.....	62
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian.....	62
3.3 Alat dan Bahan.....	62
3.4 Prosedur Penelitian.....	63
3.5 Teknik Pengambilan Data.....	64
3.5 Diagram Alir Penelitian.....	65

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1	Prosedeur Pembuatan Sampel..... 66
4.2	Karakter Campuran..... 67
4.3	Absrbansi..... 68
4.4	Transmitansi..... 72
4.5	Reflektansi..... 75
4.6	Koefisien ekstinsi..... 76
4.7	Energi Band Gap..... 79
4.8	Pembahasan..... 81
BAB V PENUTUP	
5.1	Kesimpulan..... 87
5.2	Saran..... 88
DAFTAR PUSTAKA	
DAFTAR LAMPIRAN	



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	MulticrystallineSi-wafer12,5x12.5cm ² ; ketebalan=70μm.....	25
Gambar 2.2	PERC (passivated emitter and rear cell) sel silikon dengan efisiensi tinggi. Sebuah efisiensi 21,6% telah ditunjukkan oleh sel - sel LFC (Sumber: Sorrento, 2008).....	27
Gambar 2.3	Optik Absorpsi Pada Semikonduktor (Yan Zhang. 2002).....	34
Gambar 2.4	Koefisien Absorpsi Optik Sebagai Fungsi Energi Foton PadaSuhu Aniling Yang Berbeda (Baco,2011).....	35
Gambar 2.5	(a) Dispersi Indeks Refraktif N (b) Dispersi Koefisien Ekstinsi K Terhadap Panjang Gelombang Lapisan Sno ₂ Yang Dianiling Pada Suhu Berbeda (Baco,2011).....	36
Gambar 2.6	Spektrum Absorpsi Pada ZnS.....	37
Gambar 2.7	Spektrum Trasnmitsansi Pada ZnS.....	38
Gambar 2.8	Spektrum Reflektansi Pada ZnS.....	39
Gambar 2.9	Grafik Laju Penumbuhan Celah Pita Optik Lapisan Tipis mC-Si:H tipe-p Sebagai Fungsi Dari Prosentase Doping B2H ₆ , VF = 4,5 volt, daya RF = 100 watt.....	45
Gambar 2.10	Pita Energi Pada Semikonduktor.....	47
Gambar 2.11	Penyerapan Lansung.....	48
Gambar 2.12	Penyerapan Tidak Lansung.....	49
Gambar 2.13	Sepektrum Transmisi Pada ZnO Temperatur Yang Berbeda....	51
Gambar 2.14	Prinsip Kerja UV Vis (Sumber : Seran,2011).....	54
Gambar 3.2	Diagram Alir Penelitian.....	65
Gambar 4.1	Gambar 4.1 Grafik Absorbansi SiO ₂ -ZnO dengan Suhu 473 °C, 573 °C, 600 °C, 673 °C, dan 773 °C.....	69
Gambar 4.2	Nilai Absorbansi Pada Gelombang UV.....	71
Gambar 4.3	Kurva Nilai Absorbansi Pada Gelombang Vis.....	72
Gambar 4.4	Grafik Transmittansi Terhadap Panjang Gelombang Pada Bahan Campuran SiO ₂ -ZnO dengan Suhu 473 °C, 573 °C, 600 °C, 673 °C, dan 773 °C.....	72
Gambar 4.5	Kurva Nilai transmittansi SiO ₂ -ZnO.....	74
Gambar 4.6	Grafik reflektansi terhadap panjang gelombang pada bahan campuran SiO ₂ -ZnO dengan suhu 473 °C, 573 °C, 600 °C, 673°C, dan 773 °C.....	76
Gambar 4.7	Grafik Fungsi Koefisien Ekstinsi (k) Terhap Nilai Energi Foton (hv) Variasi Suhu Kalsinasi 473 °C, 573 °C, 600 °C, 673 °C dan 773 °C.....	77
Gambar 4.8	Kurva Koefisien Ekstinsi SiO ₂ -ZnO.....	79
Gambar 4.9	Plot Grafik (αhv) ² vs hv sebagai Fungsi Energi Gap Bahan dengan Variasi Suhu 473 °C, 573 °C, 600 °C, 673 °C, dan 773 °C.....	79
Gambar 4.10	Kurva Nilai Band Gap SiO ₂ -ZnO.....	81

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Parameter Bergantung Pada Temperatur.....	50
Tabel 2.2	Struktur dan Karakter listrik ZnO pada Temperatur yang Berbeda..	51
Tabel 3.1	Hasil UV-Vis Sampel SiO_2 -ZnO Dengan Perbandingan Bahan 7 gram : 3 gram Dengan Variasi Suhu Kalsinasi.....	64
Tabel 4.1	Absorbansi pada Bahan SiO_2 -ZnO dengan Variasi Suhu Kalsinasi	71
Tabel 4.2	Transmitansi Pada Bahan Dengan Variasi Suhu Kalsinasi.....	74
Tabel 4.3	Nilai koefisien Ekstinsi Bahan Dengan Variasi Suhu Kalsinasi.....	78
Tabel 4.4	Nilai Energi Gap Bahan dengan Variasi Suhu Kalsinasi 473°C, 573°C, 600°C, 673°C dan 773°C.....	80



DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Hasil Pengujian Absorbansi Pada SiO_2 -ZnO
- Lampiran 2 Hasil Pengujian Transmittansi Pada SiO_2 -ZnO
- Lampiran 3 Hasil Pengujian Reflektansi Pada SiO_2 -ZnO
- Lampiran 4 Grafik Hasil Koefisien Ekstinsi Pada SiO_2 -ZnO
- Lampiran 6 Plot Grafik Energi Band Gap dan $(\alpha h\nu)^2$ vs $(h\nu)$
- Lampiran 7 Dokumentasi Alat dan Bahan
- Lampiran 7 Data Hasil Perhitungan %T, %R, α , $h\nu$, %k, dan $(\alpha h\nu)^2$ pada Suhu 473°C
- Lampiran 8 Data Hasil Perhitungan %T, %R, α , $h\nu$, %k, dan $(\alpha h\nu)^2$ pada Suhu 573°C
- Lampiran 9 Data Hasil Perhitungan %T, %R, α , $h\nu$, %k, dan $(\alpha h\nu)^2$ pada Suhu 600°C
- Lampiran 10 Data Hasil Perhitungan %T, %R, α , $h\nu$, %k, dan $(\alpha h\nu)^2$ pada Suhu 673°C
- Lampiran 11 Data Hasil Perhitungan %T, %R, α , $h\nu$, %k, dan $(\alpha h\nu)^2$ pada Suhu 773°C

ABSTRAK

Rasyidi, Muhsin. 2015. **Analisis Sifat Optik dari Campuran Serbuk $SiO_2 - ZnO$ dengan Variasi Suhu sebagai Alternatif Bahan Semikonduktor pada Sel Surya**. Skripsi. Jurusan Fisika. Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang. Dosen Pembimbing (I) Erika Rani, M.Si (II) Dr. H. Ahmad Bsrizi, M.A

Kata kunci : Serbuk $SiO_2 - ZnO$, UV-Vis, Sifat Optik, Semikonduktor, Sel Surya

SiO_2 dan ZnO merupakan dua bahan semikonduktor untuk membuat sel surya dengan biaya rendah dan mudah didapat. Berdasarkan latar belakang penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat optik pada bahan campuran $SiO_2 - ZnO$ masing-masing dengan perbandingan 7 : 3. Telah dilakukan variasi suhu kalsinasi pada bahan ternyata sangat mempengaruhi beberapa sifat optik bahan seperti absorbansi, transmitansi, reflektansi, koefisien, ekstinsi dan energi band gap. Nilai absorbansi mengalami peningkatan dengan bertambahnya suhu kalsinasi. Absorbansi tertinggi terjadi pada suhu $600^\circ C$ dan $673^\circ C$ sebesar 0.197 dan 0.214 sedangkan semakin tinggi nilai absorbansinya maka semakin rendah nilai reflektansi dan transmitansinya. Koefisien ekstinsi cenderung mengalami penurunan pada bertambahnya suhu kalsinasi dan sebaliknya energi band gap mengalami peningkatan seiring bertambahnya suhu kalsinasi. Pendugaan nilai energi band gap sekitar 3.2 eV pada suhu $600^\circ C$ ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan sebelumnya.

ABSTRACT

Rasyidi, Muhsin. 2015. **Analysis The Properties Optic of SiO₂-ZnO with Temperature Variation as an Alternative Semiconductors in Solar Cells.** Thesis. Department of Physics Faculty of Science and Technology Islamic State University of Maulana Malik Ibrahim Malang. Advisors (I) Erika Rani, M.Si (II) Dr. H. Ahmad Bsrizi, M.A

Keywords: *SiO₂- ZnO* , UV-Vis, Optical Band Gap, Optical Properties, Semiconductor

SiO₂- ZnO are two semiconductor material used to build solar cells with low cost and easy to make. This research aims to determine optical properties on the materials *SiO₂- ZnO* with compere 7:3. Temperature variations effect on the optical properties material such as absorbance, transmittance, reflectance, coefficient extinction and band gap energy. Absorbance increased with the increasing temperature calcination. The absorbances were 0.197 and 0.21 at temperature 600 °C and 673 °C respectively. The higher absorbance, so the lower transmittance and reflectance. Extinction coefficient tended to be smaller with the increasing calcination temperature. On contrary band gap energy was 3.2 eV at temperature 600 °C.

مستخلص البحث

راشدى محسن. 2015. التحليل الخصائص البصرية في SiO_2-ZnO مع التغيرات الدرجات الحرارة كبديل المواد شبه الموصله في الخلايا الشمسية. البحث العلمي. في قسم الفيزياء في كلية العلوم والتكنولوجيا بجامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج.

المشرفة الأولى : إيركا راني الماجستير. المشرف الثاني : الدكتور الحج احمد برزى الماجستير.

الكلمات الرئيسية : $SiO_2 - ZnO$ ، UV-Vis، الخصائص البصرية، اشباه الموصلات.

SiO_2-ZnO هما المكونات شبه الموصلات ليجعل الخلايا الشمسية بثمن قليل وسهل حصول عليها. انما بخلفية البحث هذا البحث لاعرف خصائص البصرية فيهما. فاتها اختلافاً الدارجات بثمان الخصائص البصرية كالاتصافية والنفذية ولانعكاس ومعامل التخميد وفجوة الطاقة. وقيمة الامتصاصية هو الزيادة بالزيادة الحرارة *kalsinasi* بفرق 3:7. وقيمتها على في الحرارة $600^\circ C$ و $673^\circ C$ يعنى 0.197 و 0.214 واذا كان ارتفاع قيمة الامتصاصية هنك والنفذية ولانعكاس قيمتهما منخفضان. ومعامل التخميد منخفض في زيادة الحرارة *kalsinasi* ولانعكاس فجوة الطاقة ارتفاع بزيادة الحرارة. وقرينة على قيمة الفجوة الطاقة يعنى حول 3.2 eV في الحرارة $600^\circ C$ هذه البحث كمثل ماتقدم.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ada sekitar 32 ayat yang menyebutkan kata *al-syams* (matahari) yang menyimpan kebenaran-kebenaran yang dapat ditangkap oleh orang-orang yang mau mengambil pelajaran dan ada beberapa ayat Al-Quran yang berbicara tentang sinar dan cahaya (Hisham, 2010).

Diantaranya QS Ar-Ra'du ayat 2 yang saya jadikan acuan sebagai dalil yang menjelaskan tentang matahari (QS Ar-Ra'd [13]:2):

اللَّهُ الَّذِي رَفَعَ السَّمَوَاتِ بِغَيْرِ عَمَدٍ تَرَوْنَهَا ۖ ثُمَّ أَسْتَوَىٰ عَلَى الْعَرْشِ ۖ وَسَخَّرَ الشَّمْسَ وَالْقَمَرَ ۖ كُلٌّ
تَجْرِي لِأَجَلٍ مُّسَمًّى ۚ يُدَبِّرُ الْأَمْرَ يُفَصِّلُ الْآيَاتِ لَعَلَّكُمْ بِلِقَاءِ رَبِّكُمْ تُوقِنُونَ ﴿٢﴾

“Allah-lah yang meninggikan langit tanpa tiang (sebagaimana) yang kamu lihat, kemudian Dia bersemayam di atas 'Arasy, dan menundukkan matahari dan bulan. masing-masing beredar hingga waktu yang ditentukan. Allah mengatur urusan (makhluk-Nya), menjelaskan tanda-tanda (kebesaran-Nya), supaya kamu meyakini Pertemuan (mu) dengan Tuhanmu,” (QS Ar-Ra'd [13]:2).

Dalam kitab *Terjemahan Tafsir Jalalain* (Jalaluddin. 2008) dijelaskan maksud ayat ini adalah *Allah-lah Yang meninggikan langit tanpa tiang sebagaimana yang kalian lihat*) lafaz *'amad* merupakan bentuk jamak dari kata tunggal *'imad*, yang berarti tiang penyangga. Sebagaimana yang terlihat, langit tidak mempunyai tiang penyangga (*kemudian Dia berkuasa di atas Arasy*) dalam arti kata kekuasaan yang layak bagi keagungan-Nya (*dan menundukkan*) jelasnya menjinakkan (*matahari dan*

bulan masing-masing) dari matahari dan bulan itu (*beredar*) pada garis edarnya (*hingga waktu yang ditentukan*) yaitu hari kiamat. (*Allah mengatur semua urusan*) yakni memutuskan semua perkara kerajaan-Nya (*menjelaskan*) atau menerangkan (*tanda-tanda*) yang menunjukkan akan kekuasaan-Nya (*supaya kalian*) hai penduduk kota Mekah (*terhadap hari pertemuan dengan Tuhan kalian*) melalui hari berbangkit (*menyakininya*).

Kitab *tafsir Al-Mishbah* lafaz *samsa wal qomar* dijelaskan bahwasanya banyak ayat-ayat lain yang menyebut lafaz *samsa wal qomar* atau matahari dan bulan. Padahal ada banyak benda-benda langit yang lain dan yang jauh lebih besar dari keduanya. Agaknya penyebutan kedua secara khusus disebabkan karena keduanya mempunyai pengaruh yang besar terhadap kehidupan makhluk di bumi. Para ilmuwan tidak dapat membayangkan bagaimana kehidupan di bumi tanpa matahari begitupun dengan bulan juga memiliki peranan penting pada kehidupan.

Disamping sebagai lentera penerang, matahari juga merupakan sumber energi penting bagi kehidupan di bumi dengan segala keindahannya.

Kebutuhan energi di Indonesia khususnya dan di dunia pada umumnya terus meningkat karena penambahan penduduk, pertumbuhan ekonomi dan pola konsumsi energi itu sendiri yang senantiasa meningkat. Semakin maju suatu negara, maka semakin besar pula energi yang dibutuhkan. Energi yang sering dipakai oleh masyarakat sebagai kebutuhan sehari-hari salah satunya adalah energi listrik.

Energi listrik merupakan kebutuhan mutlak bagi aktivitas keseharian masyarakat Indonesia, terutama untuk kebutuhan rumah tangga, sektor usaha dan industri. Sejak

ditemukannya listrik pada abad ke-17, penggunaan listrik telah mengakar di setiap aktivitas manusia. Meski manusia modern sangat membutuhkan listrik, keberadaan listrik seringkali tidak disadari dan selalu dianggap remeh bagi orang tertentu dan baru menyadarinya ketika tidak ada lagi aliran listrik yang bisa dimanfaatkan untuk mengoperasikan peralatan elektroniknya.

Energi surya sebagai energi alternatif, akhir-akhir ini marak diteliti, karena dapat diubah menjadi energi listrik dengan menggunakan sel fotovoltaik. Sel surya (sel fotovoltaik) merupakan bahan semikonduktor yang mempunyai sambungan p-n (pn junction). Semikonduktor mempunyai sifat fisis seperti sensitif terhadap temperatur, cahaya, medan magnet dan listrik. Inilah yang menyebabkan semikonduktor menjadi salah satu material terpenting dalam bidang elektronika khususnya sel surya.

Dalam beberapa dekade terakhir ini, penelitian mengenai semikonduktor paduan menjadi semakin luas dan melibatkan berbagai disiplin ilmu. Penelitian ini terus berkembang karena adanya kemungkinan terbentuknya material baru yang bersifat optik, magnetik dan sifat lainnya yang baru. Pengkajian akan sifat-sifat ini akan membawa pada perkembangan aplikasi teknologinya.

Semikonduktor merupakan bahan dengan konduktivitas listrik yang berada diantara isolator dan konduktor. Disebut semi atau setengah konduktor, karena bahan ini memang bukan konduktor murni. Semikonduktor, umumnya diklasifikasikan berdasarkan harga resistivitas listriknya pada suhu kamar, yakni dalam rentang $10^{-2} - 10^9 \Omega\text{cm}$. Sebuah semikonduktor akan bersifat sebagai isolator pada

temperatur yang sangat rendah, namun pada temperatur ruang akan bersifat sebagai konduktor.

Semikonduktor sangat berguna dalam bidang elektronik, karena konduktivitasnya dapat diubah-ubah dengan menyuntikkan materi lain (biasa disebut doping). Semikonduktor merupakan elemen dasar dari komponen elektronika seperti dioda, transistor dan IC (*integrated circuit*). Semikonduktor sangat luas pemakaiannya, terutama sejak ditemukannya transistor pada akhir tahun 1940-an. Oleh karena itu semikonduktor dipelajari secara intensif dalam fisika zat padat. (Kusminarto, 2011). Bahan silika dan ZnO merupakan bahan yang biasa digunakan sebagai sel surya.

Silika banyak dimanfaatkan dan memiliki aplikasi sangat luas antara lain dalam bidang mekanik, medis, seni dan bahan bangunan elektronik. Selain itu Silika (Si) juga berperan dalam perkembangan energi alternatif pada sel surya. Simerupakan bahan baku dalam pembuatan silikon juga berperan sebagai lapisan muka pada sel surya. Silikon dioksida (SiO_2) memiliki beberapa sifat diantaranya, luas permukaan yang besar, ketahanan panas yang baik, kekuatan mekanik yang tinggi, dan inert sehingga dapat digunakan sebagai prekursor atau penyangga suatu katalis.

ZnO merupakan salah satu bahan kandidat yang telah menarik perhatian karena memiliki lebar celah pita energi sebesar 3.2 eV dan energi ikat eksitasi sebesar 60 MeV pada suhu kamar (Gupta, 2010). Oleh karena itu ZnO merupakan bahan yang penting untuk laser UV dan devais optoelektronik dan juga ZnO memiliki sifat listrik dan optik sehingga banyak digunakan sebagai fotokonduktor dan sensor terintegrasi.

Fotokatalis yang paling banyak dipelajari adalah SiO_2 dan ZnO karna memiliki celah pita atau energi bandgap yang rendah yaitu sama 3,2 eV dan memiliki fotosintesis dan kesetabilan yang sangat tinggi (Caraway, 1994; Jang, 2006; Kuo, 2007). Telah diuji pada fotodegradasi larutan *azo dye* dengan menggunakan cahaya matahari sebagai sumber energinya dan didapatkan bahwa ZnO merupakan fotokatalis yang paling aktif (Shaktivel, dkk, 2003).

Penelitian yang dilakukan oleh Baco, dkk paada tahun 2011 yang dihasilkan bahwa nilai energi gap bertambah dengan kenaikan suhu, begitupun juga seperti penelitian yang dilakukan oleh S. Elmas, dkk yang berjudul pengaruh temperatur *annealing* sifat optik pada CdS lapisan tipis dan efek temperatur pada sifat optik pada ZnO lapisan yaitu jika nilai energi gap menurun, maka jarak antara pita konduksi dan pita valensi akan semakin dekat sehingga dapat terjadi loncatan elektron yang semakin mudah.

Untuk meningkatkan sifat, kualitas, meminimalisir harga dan mendapatkan informasi yang baru sebagai bahan semikonduktor maka dilakukan modifikasi dengan mencampur SiO_2 dengan ZnO yang diberikan variasi suhu kemudian dianalisa sifat-sifat optik yang difokuskan pada pembahasan besaran-besarannya yaitu absorbansi, koefisien ekstinsi, dan energi band gap.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dikaji dan diteliti dalam penelitian ini adalah

1. Bagaimana pengaruh suhu kalsinasi terhadap nilai absorpsi pada campuran bahan SiO_2 -ZnO.
2. Bagaimana pengaruh suhu kalsinasi terhadap koefisien ekstinsi pada campuran bahan SiO_2 -ZnO.
3. Bagaimana pengaruh suhu kalsinasi terhadap energi band gap pada campuran bahan SiO_2 -ZnO.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah

1. Untuk mengetahui pengaruh suhu kalsinasi terhadap nilai absorpsi pada campuran bahan SiO_2 -ZnO.
2. Untuk mengetahui pengaruh suhu kalsinasi terhadap koefisien ekstinsi pada campuran bahan SiO_2 -ZnO.
3. Untuk mengetahui pengaruh suhu kalsinasi terhadap energi band gap pada campuran bahan SiO_2 -ZnO.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Sebagai informasi tentang material baru.
2. Sebagai informasi mengenai karakteristik, khususnya sifat optik, bahan semikonduktor dari campuran bahan SiO_2 -ZnO.
3. Sebagai referensi untuk memudahkan pengembangan dan pemanfaatan bahan dari campuran bahan SiO_2 -ZnO.

1.5 Batasan Penelitian

Batasan dari penelitian adalah menganalisa bahan semikonduktor dari bahan campuran serbuk SiO_2 dan ZnO, yang meliputi: nilai absorbansinya, koefisien ekstinsi, dan energi band gap optiknya dengan variasi suhu kalsinasi.



BAB II DASAR TEORI

2.1 Energi Matahari dalam Al-Quran

Di samping sebagai lentera penerang, matahari juga merupakan sumber energi penting bagi kehidupan di bumi. Ada sekitar 32 ayat yang menyebutkan kata *al-syams* (matahari) yang menyimpan kebenaran-kebenaran yang dapat ditangkap oleh orang-orang yang mau mengambil pelajaran. Belum lagi ayat Al-Quran yang berbicara tentang sinar dan cahaya (Hisham, 2010).

Diantaranya QS Ar-Ra'du ayat 2 yang saya jadikan acuan sebagai dalil yang menjelaskan tentang matahari (QS Ar-Ra'd [13]:2):

اللَّهُ الَّذِي رَفَعَ السَّمَوَاتِ بِغَيْرِ عَمَدٍ تَرَوْنَهَا ثُمَّ أَسْتَوَىٰ عَلَى الْعَرْشِ ط وَسَخَّرَ الشَّمْسَ ط
وَالْقَمَرَ ط كُلٌّ يَجْرِي لِأَجَلٍ مُّسَمًّى ط يُدَبِّرُ الْأَمْرَ يُفَصِّلُ الْآيَاتِ لَعَلَّكُمْ بِلِقَاءِ رَبِّكُمْ
تَوْقِنُونَ ط

“Allah-lah yang meninggikan langit tanpa tiang (sebagaimana) yang kamu lihat, kemudian Dia bersemayam di atas 'Arasy, dan menundukkan matahari dan bulan masing-masing beredar hingga waktu yang ditentukan. Allah mengatur urusan (makhluk-Nya), menjelaskan tanda-tanda (kebesaran-Nya), supaya kamu meyakini Pertemuan (mu) dengan Tuhanmu,” (QS Ar-Ra'd [13]:2).

Dalam kitab *Tafsir Al-Mishbah* lafaz *samsa wal qomar* dijelaskan bahwasanya banyak ayat-ayat lain yang menyebut lafaz *samsa wal qomar* atau matahari dan bulan. Padahal ada banyak benda-benda langit yang lain dan yang jauh lebih besar dari keduanya. Agaknya penyebutan kedua secara khusus disebabkan karena

keduanya mempunyai pengaruh yang besar terhadap kehidupan makhluk di bumi. Para ilmuwan tidak dapat membayangkan bagaimana kehidupan di bumi tanpa matahari begitupun dengan bulan juga memiliki peranan penting pada kehidupan (Shihab, 2001).

Dijelaskan dalam (QS An-Nur [24]:35):

اللَّهُ نُورُ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ ۚ مِثْلُ نُورِهِ كَمِشْكَاةٍ فِيهَا مِصْبَاحٌ ۚ الْمِصْبَاحُ فِي زُجَاجَةٍ ۚ الزُّجَاجَةُ كَأَنَّهَا كَوْكَبٌ دُرِّيٌّ يُوقَدُ مِنْ شَجَرَةٍ مُبْرَكَةٍ زَيْتُونَةٍ لَا شَرْقِيَّةٍ وَلَا غَرْبِيَّةٍ يَكَادُ زَيْتُهَا يُضِيءُ وَلَوْ لَمْ تَمْسَسْهُ نَارٌ ۚ نُورٌ عَلَى نُورٍ ۗ يَهْدِي اللَّهُ لِنُورِهِ ۗ مَنْ يَشَاءُ ۚ وَيَضْرِبُ اللَّهُ الْأَمْثَلَ لِلنَّاسِ ۚ وَاللَّهُ بِكُلِّ شَيْءٍ عَلِيمٌ ﴿٣٥﴾

“Allah (Pemberi) cahaya (kepada) langit dan bumi. perumpamaan cahaya Allah, adalah seperti sebuah lubang yang tak tembus, yang di dalamnya ada pelita besar. pelita itu di dalam kaca (dan) kaca itu seakan-akan bintang (yang bercahaya) seperti mutiara, yang dinyalakan dengan minyak dari pohon yang berkahnya, (yaitu) pohon zaitun yang tumbuh tidak di sebelah timur (sesuatu) dan tidak pula di sebelah barat(nya), yang minyaknya (saja) Hampir-hampir menerangi, walaupun tidak disentuh api. cahaya di atas cahaya (berlapis-lapis), Allah membimbing kepada cahaya-Nya siapa yang Dia kehendaki, dan Allah memperbuat perumpamaan-perumpamaan bagi manusia, dan Allah Maha mengetahui segala sesuatu” (QS An-Nur [24]:35).

Teori yang menjelaskan tentang cahaya banyak sekali berkembang mulai dari zaman Ptolomeus yang mempertanyakan tentang pembiasan hingga masa keemasan Islam Abu Ali Hasan Ibn Al-Haitham (Al-Hazen) sampai pada zaman Albert Einstein hingga sampai sekarang. Abu Ali Hasan Ibn Al-Haitham dikenal juga sebagai Alhazen (dilahirkan di Basra pada 965 M dan meninggal dunia pada tahun 1040 M di

Kaherah). Beliau adalah seorang Muslim, ahli sains Muslim dan banyak diterangkan dalam berbagai sumber dalam bahasa Arab maupun Persia. Beliau juga terkenal sebagai Bapak Optik Modern. Beliau merupakan pakar fisika yang terunggul melalui sumbangan terhadap teori optik dan sains. Abu Ali Hasan telah mendapat pendidikan di Basra dan Baghdad. Ibn Al-Haitham membuat sumbangan besar dalam bidang optik, dan juga bidang-bidang fisika, ilmu falak, matematika, filsafat, persepsi penglihatan dan teori sains lainnya. *Abu Ali Hasan* juga merupakan manusia pertama yang memperincikan secara tepat bahagian mata dan memberi penjelasan sains mengenai proses penglihatan. Abu Ali Hasan menyangkal teori penglihatan Ptolemy dan Euclid yang menyebut bahawa mata menghantar sinaran visual kepada objek yang dilihat. Menurut Ali Abu Hasan, sinaran berasal dalam objek yang dilihat dan bukan dalam mata dan kemudian mengembangkan teorinya bahwa setiap titik pada daerah yang tersinari cahaya, mengeluarkan sinar cahaya ke segala arah, namun hanya satu sinar dari setiap titik yang masuk ke mata secara tegak lurus yang dapat dilihat. Cahaya lain yang mengenai mata tidak secara tegak lurus tidak dapat dilihat (Murtono, 2008).

Petunjuk yang diberikan dalam Al-Quran sudah cukup menjelaskan bahwa energi di alam semesta ini sangat banyak macamnya, salah satunya adalah energi surya atau matahari yang sangat penting bagi manusia. Energi surya adalah energi yang didapat dengan mengubah energi panas surya (matahari) melalui peralatan tertentu menjadi sumber daya dalam bentuk lain. Energi surya menjadi salah satu sumber pembangkit daya selain air, uap, angin, biogas, batu bara, dan minyak bumi.

Teknik pemanfaatan energi surya mulai muncul pada tahun 1839, ditemukan oleh *A.C. becquerel*. Ia menggunakan kristal silikon untuk mengkonversi radiasi matahari, namun sampai tahun 1955 metode itu belum banyak dikembangkan, sumber energi yang banyak digunakan adalah minyak bumi dan batu bara (Purwanto, 2013).

2.2 Medium Optik Linier

Fenomena nonlinier secara umum diakibatkan oleh ketidakmampuan dari dipol dalam medium optik untuk merespon secara linier dari medan listrik ataupun medan magnet. Apabila cahaya dengan medan listrik yang cukup besar mengenai medium optis dengan suseptibilitas, akan menghasilkan polarisasi yang sebanding dengan medan listriknya. Hal inilah yang menyebabkan terjadinya peristiwa kenonlinieran optik. Efek nonlinier merupakan suatu fenomena dimana respon medium terhadap cahaya yang datang adalah nonlinier. Ketidaklinieran ini dapat ditimbulkan oleh berbagai sebab diantaranya tingginya intensitas cahaya yang mengenai bahan atau adanya medan listrik/medan magnet yang diberikan pada bahan. Gelombang elektromagnetik yang merambat didalam medium linier akan menyebabkan polarisasi sebesar (Pedrotti, 1993):

$$P = \varepsilon_0 \chi E \quad (2.1)$$

akan tetapi apabila merambat di dalam medium nonlinier persamaan (2.1) di atas akan berubah menjadi

$$P = \varepsilon_0 (\chi_1 E + \chi_2 E^2 + \chi_3 E^3 + \dots) \quad (2.2)$$

suku pertama pada persamaan (2.5) merupakan polarisasi linier, sedangkan suku kedua, ketiga dan seterusnya merupakan polarisasi nonlinier.

Banyak atau sedikitnya jumlah cincin yang terbentuk tergantung pada beda lintasan optik antara kedua cahaya yang saling berinterferensi. Semakin besar beda lintasan optik antara kedua cahaya akan menyebabkan pola-pola interferensi (cincin) semakin banyak. Demikian pula sebaliknya semakin kecil beda lintasan optik akan mengakibatkan jumlah cincin semakin sedikit. Penurunan indeks bias akan berkaitan dengan penurunan jumlah cincin, sehingga dapat dibuat suatu hipotesa baru bahwa jumlah cincin akan berkurang sebesar faktor α dikali besarnya medan magnet B . Jika ditulis dalam persamaan yaitu :

$$\eta = \eta_0 + \alpha B \quad (2.3)$$

dengan η adalah jumlah cincin pada medan magnet tertentu, η_0 adalah jumlah cincin mula-mula, α merupakan parameter yang tergantung pada jenis sampel, konsentrasi dan ukuran sampel.

Pengurangan jumlah cincin muncul karena adanya pengurangan beda fase antara kedua cahaya yang berinterferensi. Berkurangnya beda fase berkaitan dengan pengurangan beda lintasan optik yang ditunjukkan oleh persamaan (Soedjojo, 1992):

$$\phi = k\Delta s \quad (2.4)$$

dengan ϕ merupakan beda fase antara kedua gelombang yang berinterferensi, k adalah bilangan gelombang dan Δs adalah beda lintasan optik.

Perubahan beda lintasan optik berkaitan dengan perubahan indeks bias yang dilalui oleh salah satu cahaya. Semakin besar indeks bias yang dilalui oleh salah satu cahaya akan mengakibatkan beda lintasan optik semakin besar. Hal ini dapat ditunjukkan dengan persamaan (Soedjo, 1992):

$$\Delta s = \frac{n'}{n} 2d \sin \theta \quad (2.5)$$

dengann adalah indeks bias pada medium 1 (udara) dan n adalah indeks bias pada medium 2 (bahan transparan).

Dari sini dapat diketahui relasi antara berkurangnya jumlah cincin dengan berkurangnya indeks bias yang ditunjukkan oleh persamaan sebagai berikut (Suprayitno, 1997):

$$\Delta n = \frac{\lambda}{2t} \Delta m \quad (2.6)$$

dengan Δn adalah perubahan indeks bias, Δm adalah perubahan jumlah cincin dan t merupakan tebal bahan yang dilalui gelombang cahaya.

Perubahan indeks bias sebanding dengan medan magnet dapat ditunjukkan dengan persamaan sebagaiberikut (Pedrotti, 1993) :

$$\Delta n \propto B \quad (2.7)$$

Dengan menggapungkan persamaan (2.5), (2.6) dan menggunakan prinsip induksi Faraday dapat diketahui suatu hubungan antara perubahan cincin dan perubahan medan magnet dan medan listrik. Hubungan antara perubahan cincin dan perubahan medan listrik adalah penurunan indeks bias bahan sebanding dengan besar medan listrik yang bekerja. Penurunan indeks bias akan berkaitan dengan penurunan

jumlah cincin, sehingga dapat dibuat suatu hipotesa baru bahwa jumlah cincin akan berubah terhadap besar medan listrik (Adi, 2006) pada junrnalnya yaitu *studi effk magneto optik pada lapisan tipis*.

$$\Delta m = f(\mathbf{E}) \quad (2.8)$$

didapat suatu persamaan

$$\Delta m = \frac{rn_0^3 t}{\lambda} E + \frac{Rn_0^3 t}{\lambda} E^2 \quad (2.9)$$

Sedangkan hubungan antara perubahan cincin dan perubahan medan magnet dapat digambarkan dengan hubungan:

$$\Delta m = f(\mathbf{B}) \quad (2.10)$$

mengingat bahwa

$$E = cB \quad (2.11)$$

dengan mensubstitusikan persamaan (2.11) ke persamaan (2.9) dengan asumsi bahwa suku E^2 dapat diabaikan di dalam efek Pockels, sehingga didapat suatu persamaan yang digunakan untuk mengetahui nilai r atau koefisien linear optik :

$$\Delta m = \frac{crn_0^3 t}{\lambda} B \quad (2.12)$$

dimana Δm adalah jumlah cincin yang hilang, c merupakan kecepatan cahaya, n_0 adalah indeks bias bahan, t adalah tebal sampel, dan λ adalah panjang gelombang.

2.3 Semikonduktor

Bahan konduktor merupakan suatu penghantar yang baik atau memiliki hambatan listrik yang kecil karna energi gap atau energi celahnya sangat kecil sehingga dampak

dari celah yang sangat kecil akan terbentuk tumpang tindih antara pita valensi dan pita konduksinya sehingga memiliki elektron bebas yang siap menghantarkan arus listrik. Semakin besar suhunya maka semakin besar hambatannya yang disebabkan elektron-elektron bebasnya mendapatkan energi termal (Kusminarto, 2011).

Semikonduktor merupakan bahan padat yang mempunyai pita valensi yang berenergi rendah dan pita konduksi yang berenergi lebih tinggi. Pada suhu nol mutlak, valensi terisi penuh oleh elektron dan pita konduksi tidak terisi dengan elektron (kosong), sehingga pada suhu nol mutlak material ini menjadi isolator sempurna. Terjadinya perpindahan elektron dari pita valensi ke pita konduksi diakibatkan oleh pengaruh suhu dan penyinaran. Tetapi secara alami pada suhu di atas nol mutlak, sebagian elektron telah berada di pita konduksi. Elektron dapat berpindah bila energinya lebih besar atau sama dengan celah energi yang ada di atasnya. Elektron yang berpindah ke pita konduksi akan menjadi elektron bebas dan akan meninggalkan sejumlah kekosongan di pita valensi yang disebut sebagai lubang (*hole*) yang nantinya akan berkombinasi kembali dengan elektron. Elektron dan hole inilah yang menjadi penghantar arus listrik pada material semikonduktor.

Semikonduktor merupakan bahan dengan konduktivitas listrik yang berada diantara isolator dan konduktor. Disebut semi atau setengah konduktor, karena bahan ini memang bukan konduktor murni. Semikonduktor, umumnya diklasifikasikan berdasarkan harga resistivitas listriknya pada suhu kamar, yakni dalam rentang $10^{-2} - 10^9 \Omega\text{cm}$. Sebuah semikonduktor akan bersifat sebagai isolator pada

temperatur yang sangat rendah, namun pada temperatur ruang akan bersifat sebagai konduktor. Pada bahan semikonduktor dengan bertambahnya suhu akan menaikkan daya hantar listriknya dan menurunkan hambatannya karena semakin tinggi suhu maka semakin banyak elektron naik ke pita konduksi yang disebabkan oleh penyerapan energi panas (Kusminarto, 2011).

Semikonduktor sangat berguna dalam bidang elektronik, karena konduktivitasnya dapat diubah-ubah dengan menyuntikkan materi lain (biasa disebut doping). Semikonduktor merupakan elemen dasar dari komponen elektronika seperti dioda, transistor dan IC (*integrated circuit*), dapat juga digunakan sebagai transistor atau detektor arus listrik. Bahan semikonduktor juga digunakan sebagai pengubah radiasi elektromagnet menjadi listrik atau listrik menjadi sinar radiasi dan dapat digunakan untuk mendeteksi energi lain (Kusminarto, 2011).

2.3.1 Jenis-Jenis dari Semikonduktor

Berdasarkan asal muatan pembawa, semikonduktor dibedakan menjadi dua kelompok yaitu semikonduktor instrinsik dan semikonduktor ekstrinsik.

2.3.1.1 Semikonduktor Instrinsik

Semikonduktor instrinsik hanya terdiri dari sebuah unsur atau senyawa, elektron ataupun hole berasal dari atom itu sendiri. Semikonduktor instrinsik merupakan bahan semikonduktor murni yang belum mengalami penyisipan atau pengotoran oleh atom donor maupun atom akseptor. Jenis ini memiliki pembawa

muatan elektron yang sama banyak dengan jumlah pembawa muatan hole. Umumnya jenis ini memiliki nilai konduktivitas yang kecil sehingga mobilitas pembawa muatan jadi kecil. Pada suhu yang sangat rendah semikonduktor tanpa doping sering menunjukkan nilai konduktivitas intrinsik (Gareso, 2012).

Pada suhu konduksi dapat dilihat bahwa pada suhu rendah yakni sekitar 0K, pita valensi terisi penuh oleh elektron-elektron yang saling berikatan yang membentuk ikatan kovalen. Sedangkan pada pita konduksi bahwa pada pita ini tidak terdapat elektron. Ini artinya pada suhu 0K tidak terjadi hantaran listrik (Gareso 2012).

Bila diasumsikan semikonduktor murni (intrinsik) seperti silikon (Si) memiliki jumlah elektron valensi sebanyak 4 buah, elektron-elektron berpasangan dan membentuk ikatan kovalen dengan elektron dari atom lainnya. Pada suhu 0K elektron-elektron tidak dapat bebas bergerak seperti halnya elektron bebas yang menghasilkan arus listrik. Bila diberikan temperatur tertentu, menyebabkan elektron tereksitasi keluar dari ikatan tersebut. Sebagai akibatnya elektron lebih bebas bergerak dan menghasilkan arus listrik. Ketika elektron tadi tereksitasi, elektron meninggalkan kekosongan posisi atau hole. Hole dapat bergerak pada posisi tersebut dan memberikan kontribusi adanya aliran listrik (Gareso, 2012).

2.3.1.2 Semikonduktor Ekstrinsik

Semikonduktor ekstrinsik adalah semikonduktor yang sudah mengalami pengotoran atau penyisipan oleh atom akseptor atau atom donor. Pengotoran ini

disebut doping. Pada semikonduktor ekstrinsik, elektron maupun hole-nya tidak hanya dari bahan utamanya saja melainkan juga berasal dari atom-atom pengotornya. Pemberian pengotor pada bahan semikonduktor disebut sebagai doping. Dengan adanya doping, bahan semikonduktor mengalami perubahan jumlah pembawa muatan, konduktivitasnya bertambah dan resistansinya menurun. Jenis ini dibagi atas dua tipe yaitu semikonduktor tipe-n dan tipe-p (Gareso, 2012).

a. Semikonduktor tipe-n

Minsalnya bahan dari ZnO merupakan bahan semikonduktor tipe-n yang mempunyai bentuk kerisytal *wurzite* dan konduktivitasnya ditentukan oleh ketidak seimbangan antara atom Zn dan O didalam ZnO, kelebihan atom Zn adalah dapat berfungsi sebagai donor, sehingga ZnO menjadi semikonduktor yang terdegradasi, dimana besarnya arus energi Fermi sekitar 0,05 eV dibawah pita konduksinya, untuk bahan ZnO mempunyai energi gap sebesar 3,2 eV artinya mempunyai sifat transfaransi yang tinggi pada bahan ZnO ini, karna ada perbedaan antara energi poton dengan energi gap yang semakin besar yang menyebabkan absorpsinya turun dan trnsmitansinya naik (Yunanto, 2009).

Selain ZnO, silikon (Si) juga semikonduktor tipe-n. Bahan silikon yang diberi doping *phosphor* atau *arsenic* yang pentavatalen yaitu bahan dengan inti atom memiliki 5 elektron valensi. Saat sebuah atom pentavatalen menempati posisi atom silikon dalm kisi krisytal, hanya empat elektron valensi yang membentuk ikatan kovalen lengkap dan tersisa sebuah atom yang tidak berpasangan. Dengan adanya energi termal yang kecil saja, sisa elektron ini akan menjadi elektron bebas dan siap

menjadi pembawa muatan. Doping silikon yang tidak lagi murni akan memiliki kelebihan elektron. Kelebihan elektron inilah yang akan membentuk semikonduktor bertipe-n. Semikonduktor tipe-n disebut juga dengan donor yang siap melepaskan elektron. Dengan demikian pada semikonduktor ini, elektron merupakan pembawa muatan yang mayoritas dan untuk pembawa muatan adalah *hole* (Gareso, 2012).

b. Semikonduktor tipe-p

Untuk mendapatkan silikon tipe-p maka bahan dopingnya adalah trivalent yaitu unsur yang memiliki 3 elektron pada pita valensi. Karena silikon memiliki 4 elektron dengan demikian ada ikatan kovalen yang kosong atau disebut hole. Hole ini digambarkan sebagai ekseptor yang siap menerima elektron. Dengan demikian, kekurangan elektron menyebabkan semikonduktor ini menjadi tipe-p (Gareso, 2012).

Jika disinari, bahan semikonduktor akan mengalami efek fotovoltaik, yaitu penyerapan cahaya sehingga menaikkan energi elektron sehingga tereksitasi ke level energi yang lebih tinggi dan menghasilkan arus listrik.

c. Sambungan semikonduktor p-n

Sambungan semikonduktor p-n diproduksi tidak dengan meletakkan semikonduktor tipe-p dan tipe-n menjadi satu melainkan dengan menggunakan teknik *doping* yaitu atom pengotor difungsikan kedalam bahan. Meskipun pada dasarnya semikonduktor tipe-p pembawa hole positif dan tipe-n pembawa elektron keduanya adalah netral. Didaerah sambungan elektron dan hole mengadakan rekombinasi sehingga tipe-p kekurangan hole (-) dan tipe-n kekurangan elektron (+) sehingga

dalam bahan timbul medan listrik internal yang arahnya dari tipe-n ke tipe-p (Kusminarto, 2011).

2.3.2 Konsentrasi Pembawa Muatan Semikonduktor

Dalam semikonduktor terdapat dua tipe pembawa muatan yaitu elektron dan hole karena arus pada semikonduktor ditentukan dan jumlah elektron pada pita konduksi dan jumlah hole pada pita valensi, maka karakteristik yang penting dari semikonduktor adalah rapat pembawa muatan. Sedangkan rapat elektron dan hole bergantung pada rapat fungsi keadaan dan fungsi distribusi Fermi dirac.

1) Distribusi Elektron

Distribusi elektron pada pita konduksi merupakan perkalian antara keadaan kuantum yang diijinkan dengan fungsi Fermi dirac (Gareso, 2012).

$$n(E) = g_c(E)f_F(E) \quad (2.13)$$

Dimana:

$g_c(E)$ = adalah rapat keadaan kuantum elektron pada pita konduksi

$f_F(E)$ = adalah fungsi distribusi Fermi dirac

Maka konsentrasi elektronnya adalah ditentukan dengan mengintegalkan persamaan (13):

$$n_o = \int g_c(E)f_F(E)dE \quad (2.14)$$

Bila;

$$f_F(E) = \frac{1}{1+\exp\left(\frac{E-E_F}{kT}\right)} = \exp\left(\frac{E-E_F}{kT}\right) \quad (2.15)$$

$$g_c(E) = \frac{4\pi(2m^*)^{3/2}}{h^3} \sqrt{E - E_F} \quad (2.16)$$

Jadi

$$\begin{aligned} n_o &= \int_{E_C}^{\infty} \frac{4\pi(2m^*)^{3/2}}{h^3} \sqrt{E - E_F} \exp\left[-\left(\frac{E-E_F}{kT}\right)\right] dE \\ &= 2 \left(\frac{2\pi m_n^* kT}{h^2}\right)^{3/2} \exp\left[-\frac{(E-E_F)}{kT}\right] \\ N_C &= 2 \left(\frac{2\pi m_n^* kT}{h^2}\right)^{3/2} \end{aligned} \quad (2.17)$$

Maka nilai konsentrasi elektron diberikan oleh:

$$n_o = N_C \exp\left[-\frac{(E-E_F)}{kT}\right] \quad (2.18)$$

2) Distribusi Hole

Distribusi hole pada pita valensi adalah keadaan kuantum yang diijinkan dikalikan dengan probabilitas keadaan yang tidak terisi oleh elektron.

$$P(E) = g_v(E)[1 - f_F(E)] \quad (2.19)$$

Maka konsentrasi hole dapat diperoleh dengan cara mengintergralkan persamaan (2.19)

$$P_o = \int_{-\infty}^{E_v} g_v(E) [1 - f_F(E)] dE \quad (2.20)$$

Dimana

$$1 - f_F = \frac{1}{1 + \exp\left(\frac{-(E_V - E)}{kT}\right)} \quad (2.21)$$

$$g_v = \frac{4\pi(2m_p^*)^{3/2}}{h^3} \sqrt{E_V - E} \quad (2.22)$$

Jadi dengan mensubsitusikan nilai ini ke persamaan maka akan didapatkan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 P_o &= \int_{-\infty}^{E_v} \frac{4\delta(2m_p^*)^{3/2}}{h^3} \sqrt{E_v - E} \frac{1}{1 + \exp\left(-\frac{(E_v - E)}{kT}\right)} dE & (2.23) \\
 &= \int_{-\infty}^{E_v} \frac{4\delta(2m_p^*)^{3/2}}{h^3} \sqrt{E_v - E} \exp\left[-\frac{(E_v - E)}{kT}\right] dE \\
 &= 2 \left(\frac{2\delta m_p^* kT}{h^2}\right)^{3/2} \exp\left[-\frac{(E_v - E)}{kT}\right]
 \end{aligned}$$

Bila $N_V = 2 \left(\frac{2\delta m_p^* kT}{h^2}\right)^{3/2}$ maka nilai distribusi hole diberikan oleh:

$$P_o = N_V \exp\left[-\frac{(E_v - E)}{kT}\right] \quad (2.24)$$

Sedangkan untuk konsentrasi pembawa muatan semikonduktor instrinsik dan semikonduktor ekstrinsik adalah:

a) Konsentrasi Pembawa Muatan Semikonduktor Instrinsik

Pada semikonduktor instrinsik jumlah elektron yang berada pada pita konduksi adalah sama banyak dengan jumlah hole yang ada pada pita valensi. Dengan mmandai $N_i = n_o$ dan $P_i = p_o$, sebagai jumlah konsentrasi elektron dan hole, apabila $p_o = n_o$ maka diperoleh $P_i = N_i$ oleh karna itu ini dapat diambil bahwa N_i adalah sebagai konsentrasi pembawa muatan pada semikonduktor instrinsik:

$$\begin{aligned}
 N_i^2 &= N_C \exp\left[-\frac{(E - E_F)}{kT}\right] N_V \exp\left[-\frac{(E_v - E)}{kT}\right] & (2.25) \\
 &= N_C N_V \exp\left[-\frac{(E_c - E_v)}{kT}\right] \\
 &= N_C N_V \exp\left[-\frac{(E_g)}{kT}\right]
 \end{aligned}$$

$$N_i = \sqrt{N_C N_V} \exp\left[-\frac{1}{2} \frac{E_g}{kT}\right] \quad (2.26)$$

b) Konsentrasi Pembawa Muatan Semikonduktor Ektrinsik

Yaitu pada semikonduktor yanb bertipe-n:

$$N_o = N_C \exp\left[-\frac{(E_C - E_{Fi})}{kT} + \frac{(E_F - E_{Fi})}{kT}\right] \quad (2.27)$$

$$= N_C \exp\left[-\frac{(E_C - E_{Fi})}{kT}\right] \exp\left[\frac{(E_F - E_{Fi})}{kT}\right]$$

$$N_o = N_C \exp\left[-\frac{(E_F - E_{Fi})}{kT}\right] \quad (2.28)$$

Maka untuk semikonduktor tipe-p dengan proses yang sama maka didapatkan:

$$P_o = N_i \exp\left[-\frac{(E_{Fi} - E_F)}{kT}\right] \quad (2.29)$$

2.4 Sel Surya

Fotodiode atau biasa dikenal dengan sel surya yaitu menggunakan sambungan semikonduktor p-n yang digunakan dengan tujuan untuk mengubah energi radiasi menjadi energi listrik. Efek utama yang terjadi adalah foton yang berenergi lebih besar dari celah energi dari bahan semikonduktor yang terserap dama bahan dapat membebaskan elektron dari ikatannya sehingga terbentuk pasangan lowong dan elektron (Kusminarto, 2011).

Di daerah sambungan p-n terdapat medan listrik internal dengan arah dari tipe-n ke tipe-p. medan listrik iternal dapat menggerakkan elektron yang terbebaskan tadi menyebrang dari bahan tipe-p ke tipe-n. salah satu contohnya dalah pada silikon. Permukaan silikon tipe-p yang tipis dan luas akan dipaparkan pada berkas cahaya. Jadi elektron terbebaskan terbentuk didekat sambungan dan mudah menyebrang ke

tipe-n sebelum terperangat oleh hole didaerah itu dengan demikian bagian tipe-n menjadi negatif dan tipe-p menjadai positif sehingga sambungan p-n menjadi sel surya (Kusminarto, 2011).

Bahan semikonduktor yang sering digunakan dalam sel surya adalah silikon, namun dalam pembuatannya silikon membutuhkan pemurnian yang sangat tinggi. Salah satu alasan utama mahalnya harga modul surya disebabkan oleh mahalnya biaya produksi lapisan silikon. Sehingga seiring dikembangkannya produksi sel surya dengan peningkatan efisiensi berbagai cara juga dilakukan untuk mendapatkan sel surya dengan harga yang lebih ekonomis. Silika merupakan bahan baku dalam pembuatan silikon murni Si, selain itu silika juga berperan dalam lapisan permukaan pada sel surya (Sorrento, 2008).

Pelapisan silika (SiO_2) jenis amorf bertujuan untuk meningkatkan kepadatan silikon sekaligus untuk meningkatkan penyerapan cahaya sehingga didapatkan sel surya dengan efisiensi yang cukup tinggi tanpa harus menaikkan biaya febrikasi. Dengan penambahan silika dapat meningkatkan efisiensi, ini disebabkan oleh penyerapan foton dengan energi tinggi (UV) dalam film. Pelapisan Si dengan silika karakteristik untuk sel-sel ini menunjukkan hasil yang sangat baik dalam tegangan rangkaian terbuka dan nilai-nilai arus pendek, sehingga energi efisiensi konversi meningkat sebesar ~200% sehubungan dengan pelapisan silika pada sel surya (Sorrento, 2008).

Untuk mendapatkan sel surya kristal dengan efisiensi yang tinggi, harus memperbaiki kinerja silikon, biaya silikon kristal yang tinggi menjadikan silikon

jenis ini terus dikembangkan untuk mendapatkan silikon kristal yang memiliki efisiensi tinggi dengan biaya yang lebih ekonomis. Hal ini dapat dicapai melalui struktur sel perangkat baru yang meningkatkan perangkap cahaya dan kemampuan konversi energi. Struktur-struktur baru tergantung pada lapisan tebal dan tipis dipasivasi silikon dioksida (SiO_2) (Sorrento, 2008).

Efisiensi tinggi pada sel surya kristal memerlukan tiga elemen dasar dalam penyusunannya. Pertama substrat silikon dengan kualitas tinggi, kedua sel harus memiliki refleksi permukaan rendah dengan kemampuan perangkap cahaya yang baik dan ketiga desain emitor harus dapat mengumpulkan semua cahaya dengan logam yang baik untuk resistansi seri rendah. Substrat silikon tunggal adalah komponen yang paling mahal dalam sel surya (Sorrento, 2008).

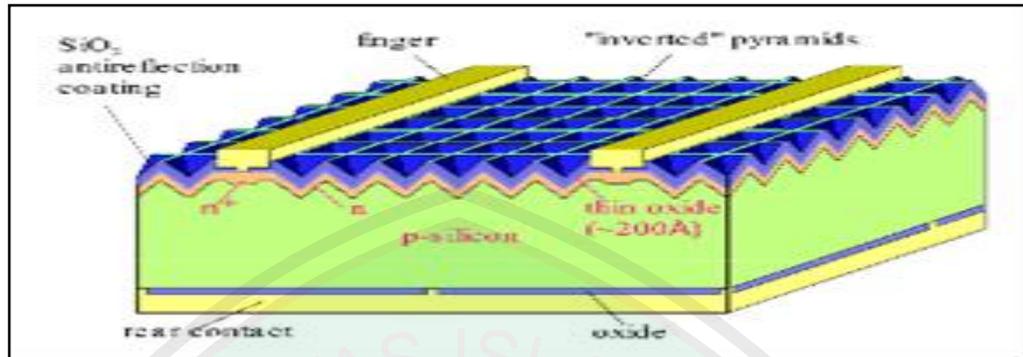


Gambar 2.1 MulticrystallineSi-wafer $12,5 \times 12,5 \text{cm}^2$; ketebalan= $70 \mu\text{m}$ (Sumber : Sorrento, 2008).

Dengan mengurangi ketebalan lapisan diharapkan dapat menurunkan biaya seperti halnya penggantian silikon monokristal dengan biaya yang lebih rendah

polisilikon, yang terbuat dari proses energi kurang intensif. Namun untuk mengurangi ketebalan lapisan terdapat beberapa kelemahan diantaranya, kesulitan dalam penanganan, kerusakan termal dan menurunkan kemampuan dalam menangkap cahaya. Mc-Si memiliki kontaminasi logam yang lebih tinggi dan variabilitas material, kinerja listrik umumnya lebih lemah, kecil struktural integritas, dan stabilitas termal yang lebih rendah (Sorrento, 2008).

Silikon menangkap cahaya melalui setiap muatan yang masuk dan yang bergerak memantul kembali. Untuk mengatasinya struktur tersebut dimodifikasi untuk menghasilkan arah cahaya agar mudah masuk kedalam substrat dan tidak dapat kembali dengan mudah. Dimanan permukaan dilapisi dengan lapisan antireflesi dari silika (SiO_2) lapisan yang berfungsi sebagai lapisan passivasi memiliki sifat menangkap cahaya yang baik sehingga memungkinkan cahaya untuk masuk ke dalam sel. Lapisan permukaan belakang memantulkan kembali cahaya internal ke dalam substrat sel. Tekstur di bagian depan memantul kedalam, cahaya dipantulkan kembali ke dalam sel (Sorrento, 2008).



Gambar 2.3 PERC (passivated emitter and rear cell) sel silikon dengan efisiensi tinggi. Sebuah efisiensi 21,6% telah ditunjukkan oleh sel-sel LFC (laser fired contact) (Sumber: Sorrento, 2008)

Dalam reflektor belakang, lapisan silikon dioksida tebal meliputi seluruh bagian belakang kecuali di daerah kontak. Refleksi sebesar 85% sampai 100% tergantung pada sudut datang dan ketebalan silika untuk cahaya dengan sudut datang lebih besar dari sudut kritis dari $24,4^\circ$ pada antar muka Si-SiO₂ sinar cahaya yang hilang ketika diserap pada antar muka atau yang dipancarkan keluar dari sel. Ada sedikit penyerapan pada panjang gelombang karena koefisien penyerapan silika, serta sudut kritis yang kecil, sehingga sulit untuk cahaya keluar dari sisi depan. Di bagian belakang, ada penyerapan rendah karena reflektifitas tinggi dan ketebalan. Tebal lapisan silika direfektor belakang semakin lama, panjang gelombang semakin dipertahankan. Untuk menjaga reflektif silika logam paduan dari elektroda harus diminimalkan (Sorrento, 2008).

ZnO memiliki band gap $\sim 3,2$ eV pada suhu kamar (Syukri, 2013). Keuntungan yang terkait dengan band gap termasuk tegangan yang tinggi, kemampuan untuk mempertahankan medan listrik yang besar, suara elektronik yang lebih rendah, dan

suhu yang tinggi dan tingginya daya operasi. Celah pita ZnO lebih lanjut dapat disetel dari $\sim 3\text{-}4$ eV oleh paduan dengan magnesium oksida atau oksida kadmium. Kebanyakan ZnO memiliki karakteristik tipe-n, bahkan tanpa adanya pendopongan (Sorrento, 2008).

Pendopongan tipe-n mudah dicapai dengan menggantikan Zn dengan kelompok unsur golongan III yaitu Al, Ga, In atau menggantikan oksigen dengan kelompok unsur golongan VII yaitu klorin atau yodium. Pendopongan ZnO yang memiliki karakteristik tipe-p sulit dilakukan. Masalah ini berasal dari dopan tipe p dengan kelarutan yang rendah dan itu adalah tidak hanya berlaku untuk ZnO, tetapi juga untuk senyawa seperti GaN dan ZnSe. Adanya ZnO tipe-p tidak membatasi aplikasi elektronik dan aplikasi optoelektronik yang biasanya membutuhkan sambungan tipe-n dan material jenis p. Dikenal dopan tipe-p yaitu termasuk kelompok unsur Li, Na, K, kelompok-V unsur N, P dan As serta tembaga dan perak. Mobilitas elektron ZnO sangat bervariasi terhadap suhu dan memiliki maksimum ~ 2000 $\text{cm}^2/(\text{V} \cdot \text{s})$ pada ~ 80 Kelvin. Data mobilitas lubang dengan nilai dalam kisaran $5\text{-}30$ $\text{cm}^2/(\text{V} \cdot \text{s})$ (Behera, 2008).

2.5 Sifat Optik Bahan

Bila suatu radiasi berinteraksi dengan bahan maka dapat diperoleh informasi tentang karakteristik bahan tersebut. Interaksi antara radiasi dan materi dapat berupa refleksi, refraksi dan difraksi. Selain itu, ketika radiasi berinteraksi dengan bahan maka akan terjadi proses absorpsi, pemendaran, emisi atau penghamburan

(scattering), tergantung pada sifat materi (Mater, 2001). Karakterisasi sifat optik dilakukan dengan menggunakan spektrometer UV-Vis, di mana jika cahaya dilewatkan pada suatu material maka sebagian cahaya tersebut dipantulkan (*reflected*), dihamburkan (*scattered*), diserap (*absorbted*) dan sebagian diteruskan (*transmitted*). Pada prinsipnya spektrometer UV-Vis ini adalah membandingkan cuplikan dan standar, dalam hal ini yang digunakan sebagai standar adalah kaca preparat. Dari spektrum yang didapat menunjukkan hubungan antara transmitansi dengan panjang gelombang (λ), kemudian tebal dari lapisan tipis dihitung dengan pendekatan persamaan (Parangtopo, 1988):

$$d = \frac{1}{2n_s \left(\frac{1}{\lambda_1} + \frac{1}{\lambda_2} \right)} \quad (2.30)$$

dengan d (m) adalah tebal lapisan tipis, λ_1 (m) dan λ_2 (m) adalah pajang gelombang pada puncak spektrum pertama dan kedua.

Adapaun *properties optikal* atau sifat-sifat optik yang yang perlu dibahas sebagai penunjang pada penelitian adalah:

a. Intraksi Cahaya dengan Materi

Ketika cahaya diteruskan dari satu medium ke medium lainnya (contoh: dari udara ke material padat), ada beberapa kemungkinan yang dapat terjadi. Beberapa dari radiasi cahaya kemungkinan ditransmisikan melewati medium, beberapa akan diabsorpsi dan beberapa akan direfleksikan pada permukaan diantara kedua medium. Intensitas sinar datang I_0 yang menuju permukaan medium padat harus sama dengan

jumlah intensitas sinar yang ditransmisikan, diabsorpsi dan direfleksikan, dinotasikan sebagai I_T , I_A , dan I_R dengan persamaan (Callister, 2007):

$$I_0 = I_T + I_A + I_R \quad (2.31)$$

Intensitas radiasi, dinyatakan dalam watt per m^2 , yang dapat diartikan sebagai energi yang ditransmisikan per satuan luas penampang yang tegak lurus terhadap arah propagasinya.

Persamaan 2.31 dapat juga dinyatakan dengan:

$$T + A + R = 1 \quad (2.32)$$

dimana T , A , dan R , berurutan menyatakan, transmitansi (I_T/I_0), absorptansi (I_A/I_0), dan reflektansi (I_R/I_0), atau fraksi dari cahaya datang yang ditransmisikan, diabsorpsi atau direfleksikan oleh material (Callister, 2007).

Refleksi adalah sebuah proses dimana sebagian dari fluks radiasi yang datang pada sebuah permukaan dikembalikan pada daerah yang sama dengan daerah datangnya (dipantulkan). Refleksi dapat berupa spekular (seperti cermin), menyebar ke semua arah, atau kombinasi dari keduanya (Palmer, 2008).

Transmisi merupakan istilah yang digunakan untuk menggambarkan sebuah proses dimana fluks radiasi yang datang meninggalkan permukaan atau medium menuju permukaan di belakangnya (Palmer, 2008).

Intensitas transmisi pada permukaan belakang I_T adalah (Callister, 2007):

$$I_T = I_0(1 - R)^2 e^{-\hat{\alpha}l} \quad (2.33)$$

dimana R adalah reflektansi, dalam persamaan tersebut diasumsikan bahwa pada medium yang sama ada dua permukaan luar, permukaan depan dan belakang. Sehingga, fraksi dari cahaya datang yang ditransmisikan melalui material transparan bergantung pada pengurangan yang terjadi melalui absorpsi dan refleksi. Intensitas transmisi atau radiasi yang tidak terabsorpsi I'_T secara kontinu akan menurun dengan jarak tempuh cahaya x (Callister, 2007):

$$I'_T = I'_0 e^{-\beta x} \quad (2.34)$$

dimana I'_0 adalah intensitas radiasi sinar datang yang tidak direfleksikan dan β adalah koefisien absorpsi yang merupakan karakteristik dari masing - masing material dan juga, nilai β bervariasi untuk tiap panjang gelombang radiasi sinar datang. Material yang mempunyai nilai β yang besar dianggap mempunyai absorpsi yang tinggi (Callister, 2007).

b. Indek Refraksi

Cahaya yang ditransmisikan ke dalam material mengalami penurunan kecepatan dan menyebabkan cahaya dibelokkan pada permukaan, peristiwa ini disebut refraksi. Indeks refraksi n dari suatu material didefinisikan sebagai perbandingan kecepatan cahaya di ruang vakum c dengan kecepatan di dalam medium, dinyatakan oleh persamaan (Callister, 2007):

$$n = \frac{c}{v} \quad (2.35)$$

besarnya n (derajat pembelokan) tergantung pada panjang gelombang cahaya.

Dengan adanya penghambatan dari radiasi elektromagnetik pada medium yang dihasilkan dari polarisasi listrik, ukuran unsur atom atau ion mempunyai pengaruh yang besar terhadap efek ini, secara umum, semakin besar atom atau ion, polarisasi listriknya semakin besar, kecepatannya semakin rendah sehingga indeks refraksinya semakin tinggi. Indeks refraksi dari *soda lime glass* kira-kira 1.5 (Callister, 2007).

Salah satu konstanta optik dari lapisan tipis SnO_2 adalah indeks refraktif. Indeks refraktif dari lapisan tipis dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut (Mortono, 2001):

$$n = n_s \left(\frac{1+\sqrt{R}}{1-\sqrt{R}} \right)^{1/2} \quad (2.36)$$

dengan n_s adalah indeks refraktif substrat dan R adalah reflektansi.

Ketika radiasi cahaya melewati satu medium ke medium lain dengan indeks bias yang berbeda, beberapa cahaya dihamburkan pada permukaan antara kedua medium bahkan jika kedua mediumnya transparan. Reflektansi menunjukkan fraksi cahaya datang yang direfleksikan pada permukaan (Callister, 2007):

$$R = \frac{I_R}{I_0} \quad (2.37)$$

Jika cahaya tegak lurus terhadap permukaan, maka (Callister, 2007):

$$R = \left(\frac{n_2 - n_1}{n_2 + n_1} \right)^2 \quad (2.38)$$

Dimana n_1 dan n_2 merupakan indeks refraksi dari kedua medium. Jika cahaya tidak tegak lurus, maka R bergantung pada sudutnya. Ketika cahaya ditransmisikan dari vakum (udara) menuju sebuah padatan, maka (Callister, 2007):

$$R = \left(\frac{n_s - 1}{n_s + 1} \right)^2 \quad (2.39)$$

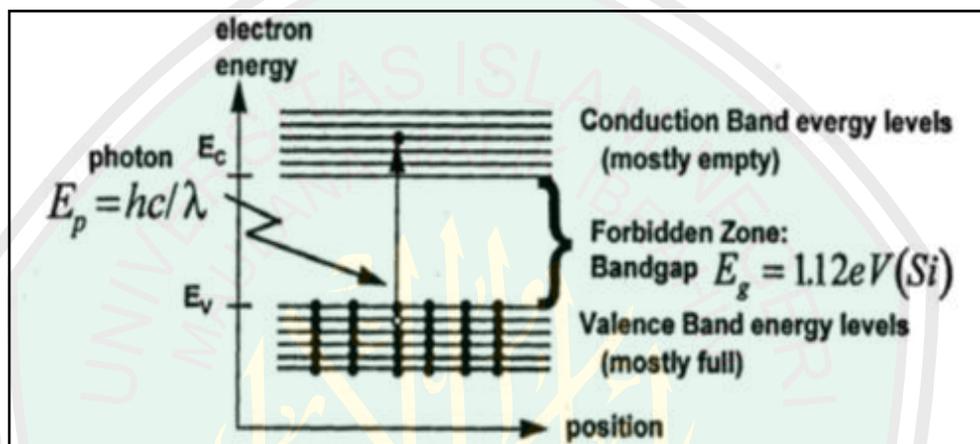
Karena indeks refraksi udara mendekati 1. Dengan demikian, semakin besar indeks refraksi dari padatan maka reflektansinya juga lebih besar. Untuk jenis kaca silikat, reflektansinya sekitar 0.05. Sebagaimana indeks refraksi dari padatan tergantung pada panjang gelombang cahaya yang datang, demikian juga reflektansinya juga tergantung pada panjang gelombang cahaya yang datang. Penurunan refleksi pada lensa dan alat optik lainnya dapat diminimalisir secara signifikan melalui pelapisan permukaan refleksi dengan lapisan yang sangat tipis dari material dielektrik seperti magnesium florida (MgF_2) (Callister, 2007).

c. Absorbansi

Absorbansi meliputi transisi dari tingkat dasar ke tingkat yang lebih tinggi, yakni tingkat tereksitasi. Dengan menelaah frekuensi bahan yang tereksitasi maka dapat diidentifikasi dan dianalisis karakteristik dari sebuah bahan (Jergel, 1997). Pada bahan semikonduktor, kemampuan dalam menyerap radiasi disebut sebagai absorpsivitas dimana masing-masing bahan semikonduktor memiliki nilai absorpsivitas dengan rentang panjang gelombang yang berbeda-beda.

Material non logam kemungkinan bersifat opaque (tidak tembus pandang) atau transparan (tembus pandang) terhadap cahaya tampak. Jika transparan, terkadang sering terlihat seperti berwarna. Prinsipnya, radiasi cahaya diabsorpsi dalam kelompok material tersebut melalui dua mekanisme dasar, yang juga mempengaruhi sifat transmisi dari material logam tersebut. Salah satu dari mekanisme dasar tersebut

adalah polarisasi listrik. Absorpsi melalui polarisasi listrik sangat penting hanya pada frekuensi cahaya sekitar dari frekuensi pemulihan unsur-unsur atom. Mekanisme lain melibatkan pita valensi dan pita konduksi elektron transisi yang bergantung pada struktur pita energi elektron dari material (Callister, 2007).



Gambar 2.4 Optik Absorpsi pada Semikonduktor (Zhang, 2002)

Absorbansi dapat didefinisikan sebagai (Jergel, 1997):

$$A_{\bar{e}} = \log \frac{I_0}{I} \quad (2.40)$$

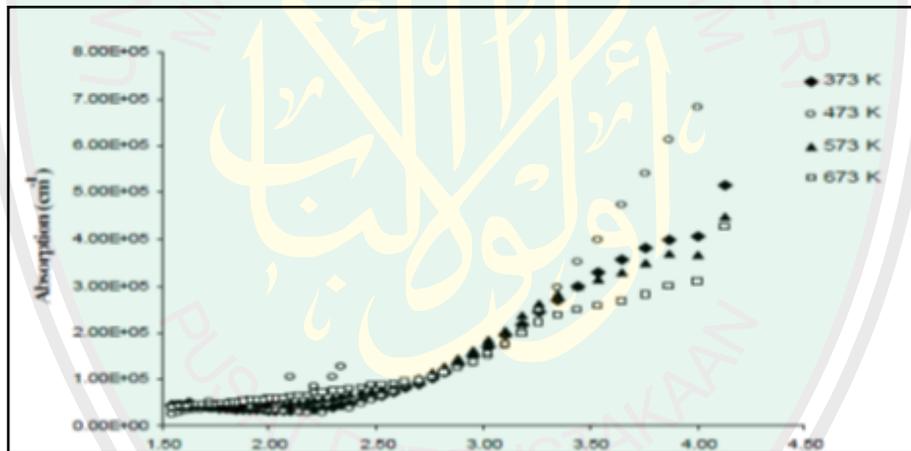
Jika cahaya datang dengan intensitas I_0 melewati sampel dengan ketebalan d , intensitas yang ditransmisikan dinyatakan dalam persamaan Lambert-Beer-Bouguer (Chopra, 1982):

$$I = I_0 \exp(-\acute{a}d) \quad (2.41)$$

Dimana I adalah intensitas yang ditransmisikan, I_0 adalah intensitas sinar datang, \acute{a} adalah koefisien absorpsi (cm^{-1}) dan d adalah ketebalan sampel. Persamaan tersebut dapat disederhanakan dan koefisien absorpsi dapat diperoleh dari hasil pengukuran spektra transmisi, T menurut persamaan (Baco, 2011):

$$\hat{a} = \frac{1}{d} \ln\left(\frac{1}{T}\right) \quad (2.42)$$

Gambar 2.5 menunjukkan grafik hasil plot koefisien absorpsi sebagai fungsi energi foton. Grafik tersebut menunjukkan bahwa koefisien absorpsi berhubungan dengan energi foton, karena ketika energi foton meningkat, puncak absorpsi mengalami pergeseran dan perluasan menuju energi yang lebih tinggi. Pada panjang gelombang yang sangat pendek (energi tinggi), absorpsi yang teramati sesuai dengan *band gap* dasar dan untuk panjang gelombang lebih besar, refleksi yang tinggi teramati saat pelepasan elektron bebas pada SnO₂ (Abeles, 1972).



Gambar 2.5 Koefisien Absorpsi Optik Sebagai Fungsi Energi Foton pada Suhu Aniling yang Berbeda (Baco, 2011).

Koefisien ekstinsi k dapat dihitung dari spektrum transmisi dan refleksi.

Koefisien ekstinsi diberikan oleh persamaan (Saipriya, 2011):

$$k = \frac{\hat{a}\bar{e}}{4\bar{d}} \quad (2.43)$$

dimana \hat{a} adalah koefisien absorpsi lapisan tipis dan \bar{e} adalah panjang gelombang cahaya yaitu:

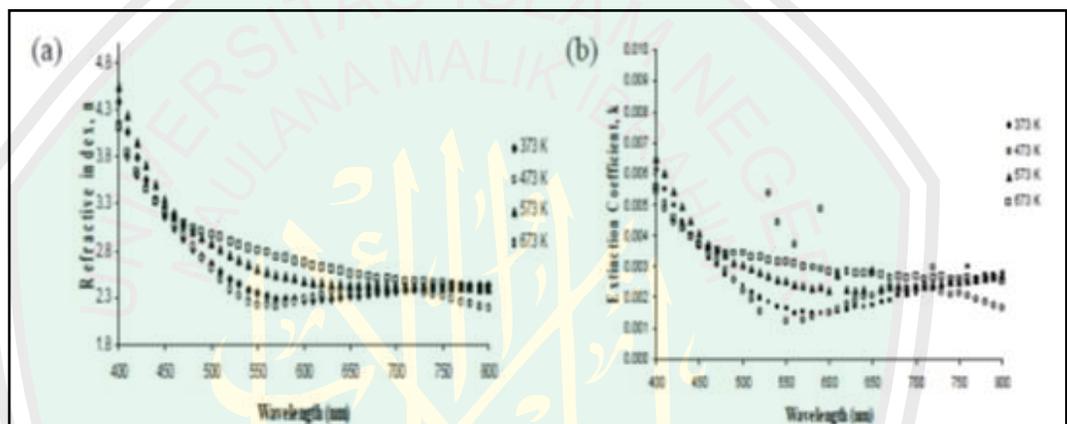
$$\dot{a} = 2.303 \frac{A}{d} \quad (2.44)$$

Dengan : \dot{a} = koefisien absorpsi

d = ketebalan lapisan

I_0 = intensitas cahaya menuju sampel

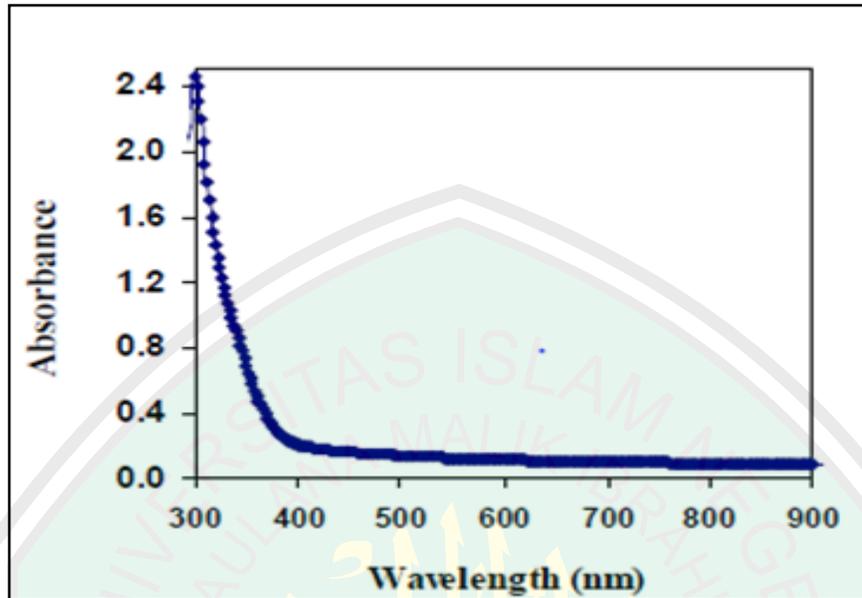
I = intensitas cahaya keluar dari sampel



Gambar 2.6 (a) Dispersi Indeks Refraktif n (b) Dispersi Koefisien Ekstinsi k Terhadap Panjang Gelombang Lapisan SnO_2 yang Dianiling pada Suhu Berbeda (Baco, 2011)

Panjang gelombang bergantung pada absorpsi optiknya dan spektrum transmisinya. Untuk spektrum absorpsi akan bertambah bila panjang gelombangnya berkurang. Sedangkan untuk Spektrum transmisinya bertambah pada suhu annelednya sebesar 573K (S. Elmas, 2011).

Pertambahan absorpsi terjadi ketika energi foton menjadi sama pada nilai energi gap ketika listrik bertransfer antara valensi band dan konduksi bandnya. Seperti grafik ZnS dibawah ini yaitu absorpsi berkurang pada penambahan panjang gelombang (Nada, 2011).



Gambar 2.7 Spektrum Absorpsi pada ZnS

d. Transmittansi

Didefinisikan sebagai rasio antara intensitas cahaya yang ditransmisikan dengan intensitas cahaya yang menuju sampel dapat dituliskan dalam persamaan (Hecht, 2002):

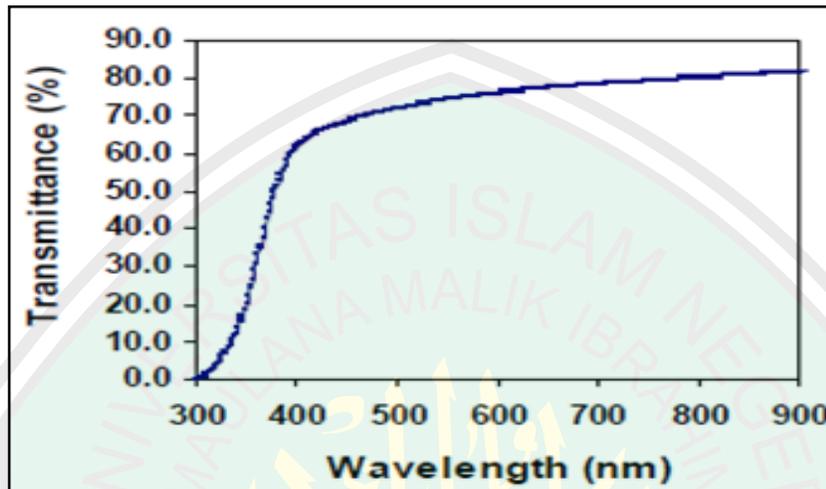
$$T = \frac{I}{I_0} \quad (2.45)$$

Sehingga dengan mensubsitusi persamaan 2.40 ke persamaan 2.45 maka didapatkan hubungan

$$A = -\log T \quad (2.46)$$

Untuk spektrum transmisi pada suhu 400 °C yang ditunjukkan pada gambar 2.6 transmittansi pada lapisan ini terlihat jelas peningkatannya sampe pada daerah 60%.

Jadi pada tinggi daerah trasmitansi ini pada UV-VIS memberikan informasi ZnS sebagai material yang bagus (Nada, 2011).



Gambar 2.8 Spektrum Trasmitansi pada ZnS

e. Reflektansi

Didefinisikan sebagai rasio antara intensitas cahaya yang dipantulkan, I_g , dengan intensitas cahaya awal I_0 . (Hecht, 2002)

$$R = \frac{I_g}{I_0} \quad (2.47)$$

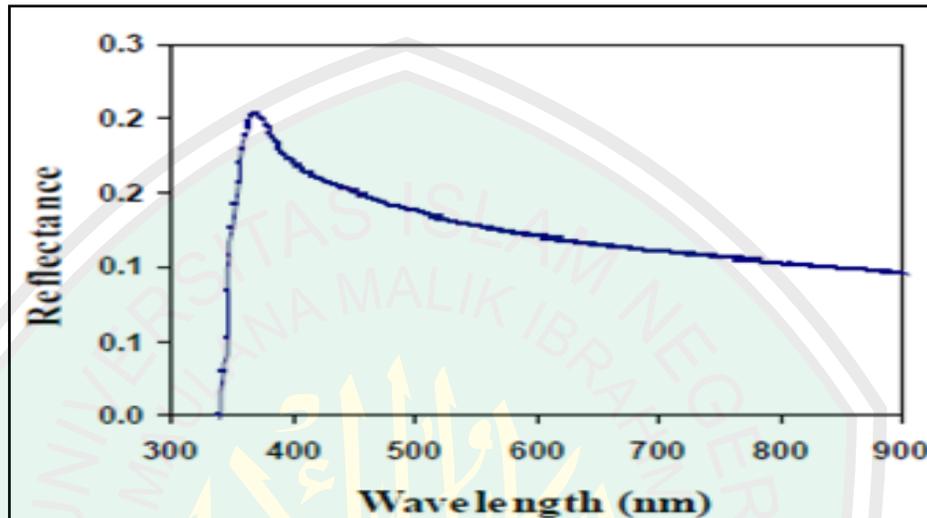
Reflektansi berhubungan dengan transmitansi dan koefisien absorpsi dengan hubungan sebagai berikut (Hummel, 2001):

$$\acute{a} = \frac{1}{d} \ln \frac{(1-R)^2}{T} \quad (2.48)$$

Atau dapat ditulis kembali seperti berikut:

$$R = \sqrt{T} \exp \left[\frac{1}{2} \acute{a} d \right]$$

Reflektansi (R) bisa dihitung dari nilai absorpsinya dan nilai spektrum transmitansinya menggunakan persamaan $T + A + R = 1$ (Nada, 2011).



Gambar 2.9 Spektrum Reflektansi pada ZnS

Gambar 2.9 menunjukkan reflektansi sebagai fungsi pada panjang gelombang, R adalah konstanta pada range 600-900 nm, ketika arus dmasukkan akan tampak di dalam range 350-500 nm, artinya absorpsi pada lapisan akan menjadi sangat kecil pada energi foton (Nada, 2011).

Sifat optik ZnO dipengaruhi oleh pita energi dan dinamika kisi. Sifat optik film tipis ZnO terletak diantara 1,9 eV sampai 2,8 eV dan dikenal sebagai *greenband*. Sifat optis yang ingin diketahui dan dipelajari adalah absorbansi (A), transmitansi (T), dan energi gap film tipis ZnO. Sifat transparan yang dihasilkan berkaitan dengan kualitas film yang terbentuk dan dapat dipengaruhi oleh struktur kristal, ukuran bulir, dan pemilihan substrat Selain itu peningkatan transmitansi pada suhu yang lebih tinggi kemungkinan diakibatkan oleh hamburan optik yang disebabkan oleh

pemadatan dan penumbuhan bulir partikel yang diiringi dengan berkurangnya kerapatan perbatasan bulir antar partikel yang terbentuk. Sehingga dapat diketahui untuk menghasilkan kualitas lapisan yang baik, dibutuhkan pemanasan pada temperatur yang cukup tinggi. Koefisien absorpsi ZnO diperoleh dengan mengkaji karakteristik spektrum transmisi film tipis ZnO, dengan mengukur transmisi sebagai fungsi gelombang yang persamaannya sebagai berikut (Ilican, 2008).

$$(\alpha h\nu)^2 = A(h\nu - E_g)^n \quad (2.49)$$

dimana

α = koefisien absorpsi

h = konstanta Planck

ν = frekuensi foton insiden

A = konstanta

E_g = celah energi dari sampel

n = 0.5 untuk transisi langsung

Koefisien absorpsi (α) pada daerah UV dari film tipis ZnO dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\alpha = \frac{-\ln x}{d} \quad (2.50)$$

x = absorbansi

d = ketebalan film ZnO

Silika telah banyak dimanfaatkan dan memiliki aplikasi sangat luas antara lain dalam bidang mekanik, medis, seni, dan bahan bangunan elektronik. Selain itu silika

(SiO₂) juga berperan dalam perkembangan energi alternatif pada sel surya. Silika dioksida (SiO₂) merupakan bahan baku dalam pembuatan silikon juga berperan sebagai lapisan muka pada sel surya. Silikon dioksida (SiO₂) memiliki beberapa sifat diantaranya, luas permukaan yang besar, ketahanan panas yang baik, kekuatan mekanik yang tinggi, dan inert sehingga dapat digunakan sebagai prekursor atau penyangga suatu katalis (Sorrento, 2008).

Didapatkan bahwa penggunaan lapisan oksida antara silika (SiO₂) dan Si yang menghasilkan peningkatan tegangan dan efisiensi sel surya (Surrento, 2008). Efisiensi tinggi pada sel surya tipe P jenis kristal menggunakan silika (SiO₂) untuk pasivasi sisi depan dan belakang didapatkan bahwa silika (SiO₂) dapat menekan rekombinasi dan meningkatkan refleksi internal dengan penangkapan cahaya yang bagus sehingga dapat mengurangi resistansi kontak (Sorrento, 2008).

2.6 Energi Band Gap

Salah satu topik yang hangat dalam riset nanomaterial ialah karena memiliki potensi aplikasi yang sangat luas adalah band gap *engineering*. Band gap *engineering* adalah rekayasa pita energi material untuk menghasilkan sifat optik, elektronik, maupun optoelektronik sesuai dengan yang diinginkan. Rekayasa ini umumnya meliputi pengontrolan lebar celah pita energi sehingga energi yang diperlukan untuk mengeksitasi elektron dalam material atau energi yang dipancarkan elektron maupun *hole* ketika kembali ke keadaan dasar dapat diubah-ubah sesuai dengan yang diinginkan. Pengaturan lebar celah pita energi ini juga berdampak pada konduktivitas

listrik material tersebut, karena makin kecil lebar celah pita energi maka konduktivitas umumnya makin besar. Logam adalah material yang tidak memiliki celah pita energi sehingga konduktivitasnya sangat besar (Diding, 2010).

Di dalam atom tunggal, berdasarkan teori atom Bohr, elektron memiliki energi berdasarkan keadaannya, biasa disebut state energi. Dekatnya jarak antara atom tetangga di dalam materi konduktor tersebut memberikan pengaruh kepada energi potensial dari elektron yang mengorbit di dalam tiap atom. Di dalam sebuah zat padat kristal yang atom-atomnya tersusun secara teratur akan mengalami interaksi. Interaksi dari atom-atom tersebut menimbulkan pergeseran level energi. Sehingga dampaknya adalah tiap state energi di dalam atom akan mengalami pemisahan (*splitting*) energi yang tergantung pada jumlah atom tetangganya. Dengan demikian energi yang terpisah akan membentuk dua buah jenis pita energi yang terpisah oleh gap, sehingga disebut sebagai energi gap. Apabila ada elektron yang tereksitasi dari pita valensi ke pita konduksi energi minimumnya akan sama dengan energi gap (Diding, 2010).

Energi gap bisa juga diartikan sebagai energi minimum yang dibutuhkan oleh elektron yang berada di pita valensi untuk bergerak menuju pita konduksi. Energi gap antara pita valensi dan konduksi berada di dalam orde elektron volt (1 elektron volt (eV) = 1.6×10^{-19} Joule (J)). Energi valensi merupakan energi terbesar yang berada di pita valensi (*valence band*) di dalam sebuah atom. Elektron-elektron yang berada di orbit terluar dari pita valensi akan mengalami ikatan (*bound*) dengan elektron yang berasal dari atom tetangganya, elektron itu disebut elektron valensi. Elektron-elektron valensi itulah yang menentukan sifat kimia dari atom. Bila elektron valensi tersebut

mendapatkan energi yang cukup untuk menembus energi gap, maka elektron-elektron tersebut akan bergerak ke level energi yang lebih tinggi (*pita konduksi*). Energi yang lebih tinggi itu biasa disebut sebagai energi konduksi (*conduction band*) (Diding, 2010).

Selama elektron yang berada di dalam pita konduksi tidak mengalami ikatan dengan atom lainnya, elektron tersebut akan bebas bergerak di dalam kristal. Gerakan dari elektron-elektron di dalam kristal akan memberikan kontribusi timbulnya arus listrik. Dari karakteristik energi gap sifat materi dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu isolator, semikonduktor, dan konduktor, (Diding, 2010).

Apabila dua jarak atom yang identik, jauh sekali, maka tingkat energi masing-masing tidak terpengaruh oleh kehadiran tingkat energi lainnya, elektron dari setiap atom akan memiliki energi tunggal terhadap intinya. Bila kedua atomnya didekatkan fungsi gelombang mulai bertumpang-tindih, dan intraksi antara kedua atom akan menyebabkan terbentuk dua tingkat kemudian bila didekatkan sejumlah besar atom, untuk membentuk padatan maka akan terjadi efek yang sama (Krane, 1992).

Setiap zat padat mengandung elektron. Hal yang penting untuk daya hantar listrik adalah respon elektron jika di tempatkan pada medan listrik. Dapat terlihat bahwa elektron pada kristal menyusun pita energi yang dipisahkan oleh daerah dalam energi dimana orbital elektron itu berada yang disebut celah energi atau celah pita, dan hasil interaksi gelombang elektron konduksi dengan inti ion dari kristal. Salah satu contoh sederhana adalah logam natrium. Setiap pita energi memiliki N tingkat energi. Karna setiap tingkat energi dapat menampung $2(2l+1)$ buah elektron maka

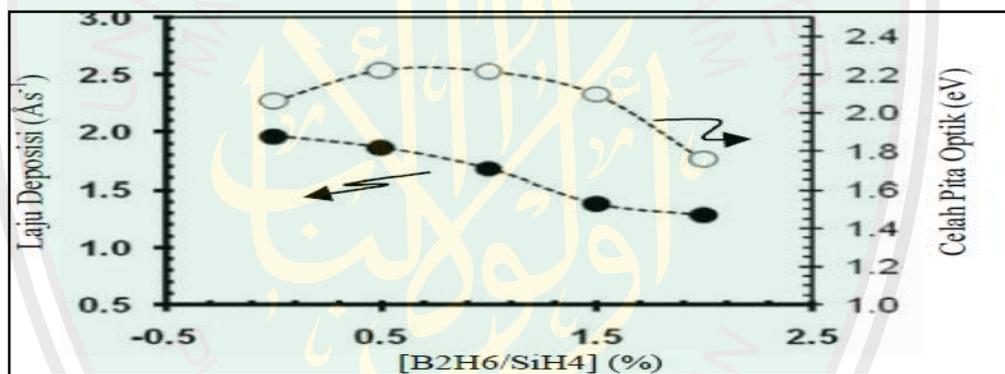
daya tampung setiap pita adalah $2(2l+1)N$ buah elektron. Pada logam natrium pita 1s, 2s, dan 2p masing-masing terisi penuh; pita 1s, 2s. Masing-masing mengandung $2N$ buah elektron, dan pita 2p mengandung $6N$ buah elektron. Pita 3s dapat pula menampung $2N$ buah elektron tetapi, setiap atom dari ke- N buah atom itu hanya dapat menyumbang satu elektron 3s bagi zat padat, jadi total hanya ada N buah elektron 3s yang tersedia. Apabila ditambahkan energi pada system ini elektron-elektronnya dapat berpindah dari keadaan yang terisi penuh ke sembarang keadaan kosong di atasnya. Pada kasus ini, elektron-elektron dari pita 3s yang tidak terisi penuh dapat menyerap sejumlah kecil energi dan berpindah ke tingkat-tingkat 3s yang lebih tinggi dari pita 3s, atau menyerap energi yang lebih besar dan berpindah ke pita 3p (Krane, 1992).

Dengan memahami energi gap atau celah pita energi maka dapat mengetahui suatu bahan isolator, konduktor, semi konduktor. Kristal berkelakuan sebagai isolator jika pita energi terisi penuh atau kosong oleh elektron, sehingga tidak ada elektron yang berpindah akibat adanya medan listrik. Kristal berkelakuan sebagai logam jika satu atau lebih pita terisi sebagian oleh elektron, pita energinya terisi antara (10-90)% oleh elektron. Kristal berkelakuan sebagai semikonduktor atau semilogam jika satu atau dua pita terisi sedikit penuh atau sedikit kosong (Krane, 1992).

Telah kita lihat bahwa teori pita zat padat sangat berhasil dalam menerangkan berbagai sifat logam, isolator, dan semikonduktor. Tetapi, penjelasan diatas mengenai pembentukan pita energi ini hanyalah secara skematis bagaimanapun, tindakan mendekatkan atom-atom adalah penyebab utama kehadiran pita energi, sebagai akibat

bertumpang tindihnya fungsi gelombang elektron. Ada cara pendekatan yang lebih tepat yang juga dapat meramalkan ada pita energi yaitu dengan memecahkan persamaan schrodinger bagi elektron yang bergerak dalam sebuah kisi atom. Untuk kasus sumur potensial atau atom hidrogen (Krane, 1992).

Semakin besar persentase doping, transparansi lapisan tipis semakin menurun. Ini berarti celah pita optik lapisan tersebut menurun seiring dengan meningkatnya konsentrasi atom dalam lapisan seperti yang ditunjukkan pada table (Jasruddin, dkk, 2005).



Gambar 2.10 grafik laju penumbuhan dan celah pita optik lapisan tipis mC-Si:H tipe-p sebagai fungsi dari prosentase doping B₂H₆, VF = 4,5 volt, daya RF = 100 watt dan QSiH₄ = 90 sccm.

Gambar diatas memperlihatkan bahwa, semakin besar prosentase doping, celah pita optik menurun dan laju penumbuhan (laju deposisi) lapisan meningkat untuk prosentase doping meningkat dari 0,5–1,0%. Pada saat prosentase doping lebih besar dari 1,0%; laju deposisi menurun. Penurunan laju deposisi ini diduga akibat meningkatnya pelepasan atom hidrogen pada saat atom hidrogen lebih reaktif selama proses penumbuhan. Ikatan hidrogen yang paling mungkin terlepas adalah ikatan

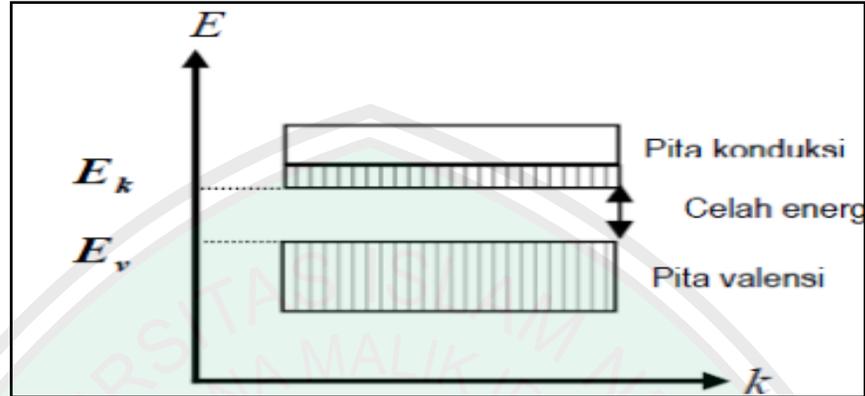
trihidrid dan *dihidrid*. Hal ini juga yang menyebabkan turunnya celah pita optik. Namun demikian, dengan masuknya atom boron, berarti satu elektron pada kulit terluar dari Boron akan diberikan kepada Silikon untuk dipakai bersama dengan membentuk ikatan kovalen. Ini berarti akan terbentuk muatan bebas positif yang disebut *hole*. Hal inilah yang menyebabkan terjadinya peningkatan konduktivitas gelap maupun konduktivitas terang lapisan tipis mC-Si:H tipe-p (Enny, 2001).

Mengingat diagram pita energi semikonduktor. Sejumlah Elektron yang terstimulasi termis mampu naik ke pita konduksi dan meninggalkan *hole* (tempat lowong) di pita valensi. Elektron yang mampu naik ke pita konduksi berada sedikit di atas celah energi. Elektron-elektron ini mempunyai massa efektif positif yang "kecil". Sementara itu *hole* yang tertinggal di pita valensi berada sedikit di bawah celah energi. Mereka adalah elektron dengan massa efektif negatif. "Hole" dan "elektron bermassa efektif negatif" adalah dua pernyataan untuk satu pengertian yang sama (Sudaryatno, 2001).

2.7 Mengukur Energi gap (E_g) dengan Metode Optik

Sifat konduktivitas dan konsentrasi ditentukan oleh faktor $\frac{E_g}{k_B T}$, perbandingan celah energi dengan temperatur. Ketika perbandingan ini besar, konsentrasi sifat instrinsik akan rendah dan konduktivitasnya juga akan rendah. Nilai terbaik dari celah energi diperoleh dari penyerapan optik. Celah energi (E_g) merupakan selisih antara energi terendah pada pita konduksi (E_k) dengan energi tertinggi pada pita valensi (E_v). Atau secara matematis dapat ditulis:

$$E_g = E_k - E_v \quad (2.51)$$



Gambar 2.11 Pita Energi pada Semikonduktor

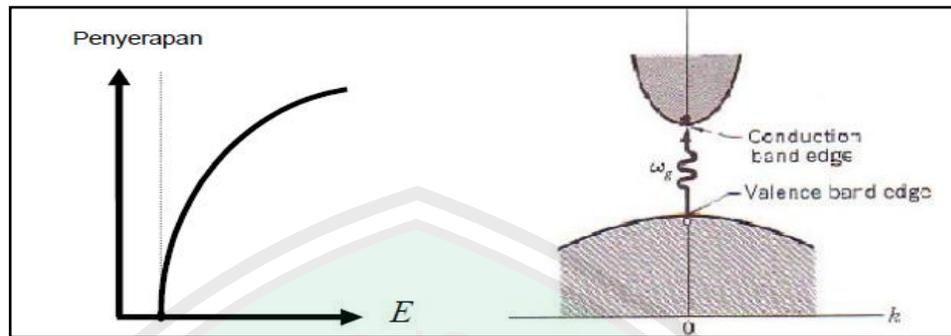
Untuk mengukur besarnya celah energi E_g dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu penerapan langsung dan penyerapan tidak langsung.

2.8 Penyerapan Secara Langsung (direct)

Pada penyerapan langsung ini, elektron mengabsorpsi foton dan langsung meloncat ke dalam pita konduksi. Besarnya celah energi E_g sama dengan besarnya energi foton (gelombang elektromagnetik). Secara matematis dapat dituliskan:

$$E_g = \hbar v = E_g \quad (2.52)$$

Dimana v merupakan frekuensi anguler dari foton (gelombang elektromagnetik). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat dari diagram berikut.



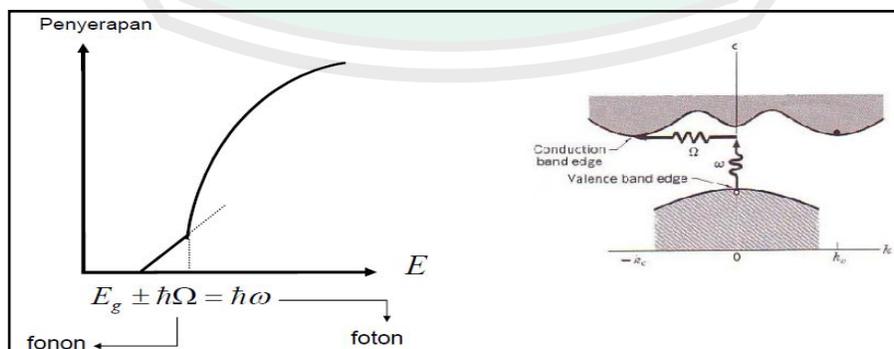
Gambar 2.12 Penyerapan Langsung

2.9 Penyerapan Secara Tidak Langsung (indirect)

Pada penyerapan tidak langsung, elektron mengabsorpsi foton sekaligus fonon. Proses ini memenuhi hukum kekekalan energi. Sehingga selain energi foton (partikel dalam gelombang elektromagnetik) terdapat juga fonon (partikel dalam gelombang elastik) yang dipancarkan maupun diserap, dapat ditulis

$$E_g \pm \hbar v = \hbar v \quad (2.53)$$

Dimana tanda \pm menunjukkan bahwa dalam proses penyerapan tidak langsung ini keberadaan fonon ada yang dipancarkan (+) atau diserap (-). Jika digambarkan, akan diperoleh gambar sebagai berikut.



Gambar 2.13 Penyerapan Tidak Langsung

2.10 Mengukur Energi celah Pita Dengan Metode Touch Plot

Untuk menentukan lebar pita energi optik dari lapisan tipis, grafik $(\alpha h\nu)^n$ terhadap $h\nu$ diplot dengan mensubstitusikan $n = 1/m$ dimana $n = 2$ untuk transisi langsung yang diperbolehkan, $n = 1/2$ untuk transisi tak langsung yang diperbolehkan, $n = 1/3$ untuk transisi tak langsung yang dilarang dan $n = 2/3$ untuk transisi langsung yang dilarang (Pankove, 1972).

Energi gap SnO_2 menurun jika suhu aniling dinaikkan dan transisi foton diasumsikan sebagai transisi langsung yang diperbolehkan (Baco, 2011).

Celah pita energi optik (E_g) pada semikonduktor dihitung menggunakan persamaan Tauc. Plot $(\alpha h\nu)^2$ terhadap $h\nu$ menunjukkan daerah linear intermediet. Grafik di bawah ini menunjukkan ekstrapolasi linear yang dapat digunakan untuk menghitung E_g dari perpotongan dengan sumbu x. Nilai E_g yang dihasilkan pada penelitian ini sekitar 3.78 eV dan 4.3 eV (Smritimala, 2010). Nilai tersebut kemungkinan berhubungan dengan pembentukan struktur nano SnO_2 dan padatan SnO_2 (Naje, 2013).

2.11 Pengaruh Temperatur Dalam Energi Band Gap

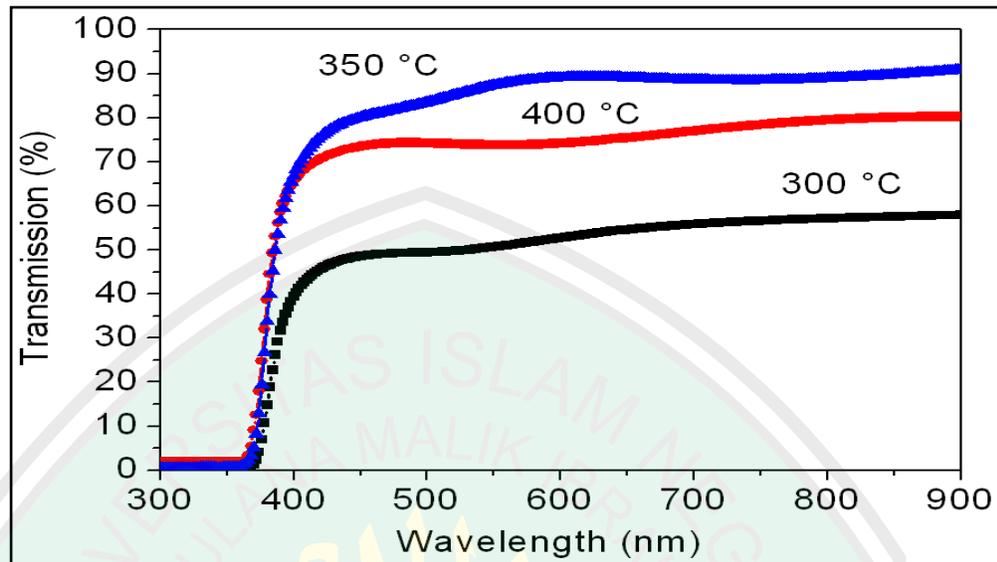
Dari data yang diberikan GaAs, GaP, Si, menunjukkan nilai bagus pada parameter $E_g(0)$, S , $\langle \hbar \nu \rangle$ (K. P. O'Donnell, 1991).

Tabel 2.1 Parameter Bergantung Pada Temperatur

	Temp. range (K)	$E_g(0)$ (eV)	S	$\langle \hbar\omega \rangle$ meV	Ref.
Si	0-300	1.170	1.49	25.5	13.
GaAs	10-1000	1.521	3.00	26.7	12
GaP	10-1300	2.338	3.35	43.6	12
C	100-700	5.450	2.31	94.0	14

Data ini menunjukkan bahwa silikon memiliki keistimewaan. Pada temperatur yang tinggi maka nilai $\hbar\omega$ sangat kecil sekali atau $\hbar\omega \ll kT$.

Dapat diketahui bahwa pengaruh suhu substrat jelas diamati dalam kualitas lapisan seperti pada rata-rata antara 370-390 nm; penyerapan diamati sebagai fungsi temperatur substrat sampai 400 °C seperti yang diungkapkan Burstein-Moss efek (E. Burstein, 1954) sehingga dapat menyebabkan peningkatan jumlah doping yang dapat mengubah struktur kisi (Achour, 2014) atau konstruksi bangunan pada elektron lattice terjadi intraksi sehingga nanti akan berpengaruh keenergi bandgapnya (Sopan, 1967). Seperti yang ditunjukkan pada grafik dibawah ini (Achour, 2014).



Gambar 2.14 Spektrum Transmisi pada ZnO Temperatur yang Berbeda

Gambar 2.14 menunjukkan transmisi film ZnO disimpan pada tiga suhu substrat yang berbeda. Seperti dapat dilihat, peningkatan suhu substrat 300-350 °C meningkatkan transmisi optik film. Melewati 50-90% pada panjang gelombang antara 400-800 nm sesuai dengan (1,55-3,1 eV). Yang terakhir adalah wilayah transparansi yang kuat. Namun, kisaran 3,25-3,40 eV terjadi antara adalah wilayah penyerapan dalam lapisan karena transisi antara pita valensi dan pita konduksi (Achour, 2014).

Tentu dengan setiap waktu yang lebih panjang akan mempengaruhi energi bandgapnya karna temperatur bergantung pada intraksi antara elektron-phonon secara efektif (K. P. O'Donnell, 1991).

Tabel 2.2 Struktur dan Karakter Elektrik ZnO Temperatur yang Berbeda

T (°C)	E_g (eV)	E_u (meV)	Grain size
300	3.292	112.84	28
350	3.317	98.29	
400	3.441	100.26	

2.12 Menentukan Nilai Energi Gap Optik

Perhitungan celah pita optik dimulai dari penentuan nilai transmitansi maksimum dan minimum, tebal dan koefisien serapan lapisan tipis dan perhitungan dengan menerapkan metode *Tauc Plot*. Perhitungan selengkapnya dapat dijelaskan sebagai berikut. Celah pita optik pada lapisan tipis dapat ditentukan dengan mengolah data transmitansi. Pengukuran transmitansi dilakukan pada panjang gelombang. Yaitu dimulai dari cahaya ultraviolet sampai cahaya tampak. Sehingga di dapatkan nilai transmitansi maksimum dan transmitansi minimum yang diperoleh beserta panjang gelombang pada masing-masing nilai transmitasi (Bilalodin, 2005).

2.13 Spektrofotometer

2.12.1 Pengertian spektrofotometer

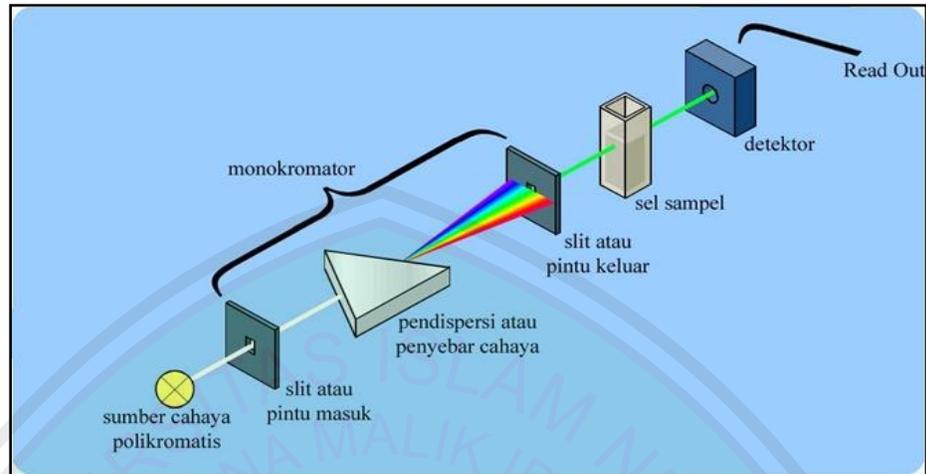
Spektrofotometer adalah suatu alat yang digunakan untuk mengukur intensitas radiasi yang diteruskan dengan menggunakan panjang gelombang tertentu. Bila cahaya (monokromatik maupun campuran) jatuh pada suatu medium homogen, sebagian dari sinar masuk akan dipantulkan, sebagian diserap dalam medium itu, dan sisanya diteruskan.

2.12.2 Uv-vis spektrofotometer

UV-Vis spektrometer digunakan untuk mengetahui transisi elektron antara dua tingkat energi elektron pada molekul, gugus atom yang menyebabkan terjadinya reflektansi cahaya, dan struktur senyawa dengan pertolongan spektrum ultraviolet.

Spektrofotometri merupakan salah satu metode dalam kimia analisis yang digunakan untuk menentukan komposisi suatu sampel baik secara kuantitatif dan kualitatif yang didasarkan pada interaksi antara materi dengan cahaya. Peralatan yang digunakan dalam spektrofotometri disebut spektrofotometer. Cahaya yang dimaksud dapat berupa cahaya visibel, UV dan inframerah, sedangkan materi dapat berupa atom dan molekul namun yang lebih berperan adalah elektron valensi (Fessenden, 1997).

Sinar atau cahaya yang berasal dari sumber tertentu disebut juga sebagai radiasi elektromagnetik. Radiasi elektromagnetik yang dijumpai dalam kehidupan sehari-hari adalah cahaya matahari. Dalam interaksi materi dengan cahaya atau radiasi elektromagnetik, radiasi elektromagnetik kemungkinan diabsorpsi atau dihamburkan sehingga dikenal adanya spektroskopi hamburan, spektroskopi absorpsi ataupun spektroskopi emisi. Ada 4 jenis spektrofotometri yaitu (UV, Vis, UV-Vis dan Ir) memiliki prinsip kerja yang sama yaitu adanya interaksi antara materi dengan cahaya yang memiliki panjang gelombang tertentu. Perbedaannya terletak pada panjang gelombang yang digunakan. Instrumen spektrofotometri yang disebut spektrofotometer terdiri dari beberapa bagian: sumber cahaya-monokromator-sel sampel-detektor-read out (pembaca).



Gambar 2.15 Prinsip kerja UV Vis (Sumber : Seran, 2011)

Fungsi masing-masing bagian pada gambar adalah:

1. Sumber sinar polikromatis berfungsi sebagai sumber sinar polikromatis adalah UV menggunakan lampu deuterium atau disebut juga heavi hidrogen, VIS menggunakan lampu tungsten yang sering disebut lampu wolfram dan UV-Vis menggunakan photodiode yang telah dilengkapi monokromator.
2. Monokromator berfungsi sebagai penyeleksi panjang gelombang yaitu mengubah cahaya yang berasal dari sumber sinar polikromatis menjadi cahaya monaokromatis. Jenis monokromator yang saat ini banyak digunakan adalah gratting atau lensa prisma dan filter optik. Jika digunakan gratting maka cahaya akan dirubah menjadi spektrum cahaya. Sedangkan filter optik berupa lensa berwarna sehingga cahaya yang diteruskan sesuai dengan warna lensa yang dikenai cahaya. Ada banyak lensa warna dalam satu alat yang digunakan sesuai dengan jenis pemeriksaan.

3. Sel sampel berfungsi sebagai tempat meletakkan sampel UV, VIS dan UV-Vis. Kuvet biasanya terbuat dari kuarsa atau gelas, namun kuvet dari kuarsa yang terbuat dari silika memiliki kualitas yang lebih baik. Hal ini disebabkan yang terbuat dari kaca dan plastik dapat menyerap UV sehingga penggunaannya hanya pada spektrofotometer sinar tampak (VIS). Cuvet biasanya berbentuk persegi panjang dengan lebar 1 cm.
4. Detektor berfungsi menangkap cahaya yang diteruskan dari sampel dan mengubahnya menjadi arus listrik.
5. Listrik yang berasal dari detektor.

Langkah-langkah utama dalam analisa dengan sinar UV/Vis

1. Pembentukan molekul yang dapat menyerap sinar UV/Vis
2. Harus dilakukan jika senyawa yang dianalisa tidak melakukan penyerapan di daerah UV/Vis
3. Senyawa harus diubah menjadi bentuk lain yang dapat melakukan penyerapan pada daerah yang dimaksud. Misalnya mengubah menjadi berwarna atau tidak berwarna.
4. Pemilihan panjang gelombang agar diperoleh panjang gelombang maksimum.
5. Pembuatan kurva kalibrasi. Untuk keperluan ini dibuat sejumlah larutan standar dengan berbagai konsentrasi.
6. Absorbans larutan standart ini diukur kemudian dibuat grafik A versus C.
7. Hukum Lambert Beer terpenuhi, jika grafik berbentuk garis lurus yang melalui titik nol.

8. Pengukuran sampel dilakukan pada kondisi yang sama seperti pada larutan standart.

Spektroskopi sinar tampak adalah absorbansi sinar tampak oleh molekul atau atom yang disebabkan oleh promosi elektron dari keadaan elektronik dasar ke keadaan tereksitasi. Serapan cahaya oleh molekul dalam daerah spektrum cahaya tampak tergantung pada struktur elektronik dari molekul. Spektra cahaya tampak dari senyawa-senyawa organik berkaitan erat transisi-transisi diantara tingkatan-tingkatan energi elektronik (Hayati, 2007).

Penyerapan energi pada daerah cahaya tampak menghasilkan perubahan dalam elektronik molekul yang merupakan hasil transisi elektron valensi dalam molekul tersebut. Intensitas serapan menurut hukum Lambert-Beer yang didefinisikan bahwa absorbansi berbanding langsung dengan tebal larutan dan konsentrasi larutan (Endro, Dkk, 2004). Hukum ini menyatakan bahwa bila cahaya monokromatik melewati medium tembus cahaya, laju berkurangnya intensitas oleh bertambahnya ketebalan, berbanding lurus dengan intensitas cahaya. Ini setara dengan menyatakan bahwa intensitas cahaya yang dipancarkan berkurang secara eksponensial dengan bertambahnya ketebalan medium (R.A. Day, JR, 2001).

Hukum Beer Hukum ini menyatakan bahwa intensitas berkas cahaya monokromatik berkurang secara eksponensial dengan bertambahnya konsentrasi zat penyerap secara linier. Dan in itampak terdapat hubungan antara Absorbans A , transmitans T , dan koefisien absorpsi molar Hukum beer dapat diterapkan benar-benar hanya untuk radiasi monokromatik dan dimana sifat dasar spesies

pengabsorbansinya tak berubah sepanjang jangka konsentrasi yang diselidiki (R.A. Day, JR, 2001).

Gapungan dari dua hukum ini menghasilkan bahwa cahaya atau radiasi dengan intensitas I yang melewati bahan setebal b berisi sejumlah n partikel (ion, atom, atau molekul) akan mengakibatkan intensitas akan berkurang menjadi I . Berkurangnya intensitas radiasi tergantung dari luas penampang (S) yang menyerap partikel, dimana luas penampang sebanding dengan jumlah partikel (n) (Hayati, 2007).

Lambert Beer memiliki beberapa syarat-syarat tertentu yaitu:

1. Syarat konsentrasi, konsentrasi yang diukur harus encersyarat kimia, zat pengabsorbansi zat yang dianalisis tidak boleh berasosiasi dengan pelarut menghasilkan produk lain.
2. Syarat cahaya, radiasi cahaya yang digunakan untuk mengukur adalah cahaya yang memiliki panjang gelombang agar hubungan antara absorbansi dan konsentrasi dapat linier.
3. Syarat kejernihan, partikel kloid yang menyebabkan kekeruhan larutan
4. Mengakibatkan terjadinya penyimpanan karena sebagian cahaya yang melewati sampel akan dihamburkan oleh partikel kloid sehingga kecutan cahaya yang diabsorbsi berkurang dari yang seharusnya.

Pengabsorbansian sinar UV-Vis oleh suatu molekul umumnya menghasilkan eksitasi elektron bonding, maka panjang gelombang absorpsi maksimum dapat dikorelasikan dengan jenis ikatan yang ada dalam molekul yang sedang

diselidiki. Spektrum UV-Vis yang merupakan korelasi absorban (sebagai ordinat dan panjang gelombang sebagai absis merupakan pita spectrum). Rentang pembacaan absorban dan transmitan. Apabila radiasi elektromagnetik dilewatkan pada suatu larutan dengan intensitas radiasi semula, maka sebagian radiasi tersebut akan diteruskan, dipantulkan dan diserap. Namun intensitas sinar yang dipantulkan dapat diabaikan karena pengerjaan dengan spektro menggunakan larutan pembanding sebagai standar (Fessenden, 1997).

Penyebab kesalahan sistematik yang sering terjadi dalam analisis menggunakan spektrofotometer adalah:

- a. Serapan oleh pelarut ini dapat diatasi dengan penggunaan blanko, yaitu larutan yang berisi matriks selain komponen yang akan dianalisis.
- b. Serapan oleh kuvet. Kuvet yang biasa digunakan adalah dari bahan gelas atau kuarsa. Dibandingkan dengan kuvet dari bahan gelas, kuvet kuarsa memberikan kualitas yang lebih baik, namun tentu saja harganya jauh lebih mahal. Serapan oleh kuvet ini diatasi dengan penggunaan jenis, ukuran, dan bahan kuvet yang sama untuk tempat blanko dan sampel.
- c. Kesalahan fotometrik normal pada pengukuran dengan absorbansi sangat rendah atau sangat tinggi, hal ini dapat diatur dengan pengaturan konsentrasi, sesuai dengan kisaran sensitivitas dari alat yang digunakan. (melalui pengenceran atau pemekatan). Sama seperti pH meter, untuk mengatasi kesalahan pada pemakaian spektrofotometer UV-Vis maka

perlu dilakukan kalibrasi. Kalibrasi dalam spektrofotometer UV-Vis dilakukan dengan menggunakan blangko:

Setting nilai absorbansi = 0

Setting nilai transmitansi = 100 %

Penentuan kalibrasi dilakukan dengan mengikuti prosedur sebagai berikut:

1. Dilakukan dengan larutan blangko (berisi pelarut murni yang digunakan dalam sampel) dengan kuvet yang sama.
2. Setiap perubahan panjang gelombang diusahakan dilakukan proses kalibrasi.
3. Proses kalibrasi pada pengukuran dalam waktu yang lama untuk satu macam panjang gelombang, dilakukan secara periodik selang waktu per 30 menit. Dengan adanya proses kalibrasi pada spektrofotometer UV-Vis ini maka akan membantu pemakai untuk memperoleh hasil yang akurat dan presisi.

Syarat pelarut yang baik adalah:

1. Dapat melarutkan cuplikan
2. Dapat meneruskan sinar dari panjang gelombang yang dipakai
3. Tidak mengandung sistem ikatan rangkap terkonjugasi kristalnya
4. Tidak berwarna
5. Tidak terjadi interaksi dengan molekul senyawa yang dianalisis
6. Kemurniannya harus tinggi
7. Polaritasnya disesuaikan dengan senyawa yang dianalisis

Spektrofotometri UV-Vis adalah anggota teknik analisis spektroskopik yang memakai sumber radiasi elektromagnetik ultraviolet dekat (190-380 nm) dan sinar tampak (380-780 nm) dengan memakai instrumen spektrofotometer. Spektrofotometri UV-Vis melibatkan energi elektronik yang cukup besar pada molekul yang dianalisis, sehingga spektrofotometri UV-Vis lebih banyak dipakai untuk analisis kuantitatif dibandingkan kualitatif. Suatu molekul hanya menyerap radiasi elektromagnetik dengan panjang gelombang yang khusus (spesifik untuk molekul tersebut) absorpsi cahaya ultraviolet (radiasi berenergi tinggi) mengakibatkan pindahnya sebuah elektron keorbital dengan energi yang lebih tinggi (Suharman, 1995).

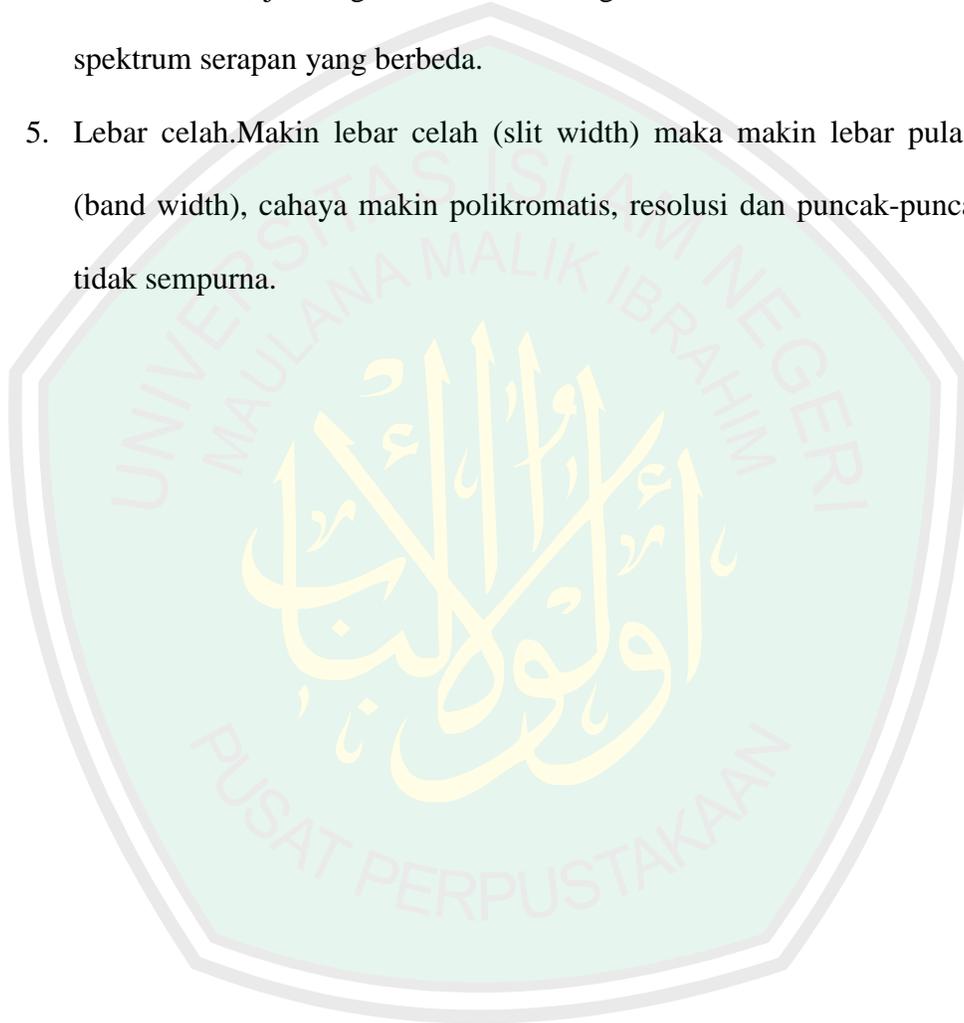
Molekul-molekul yang memerlukan lebih banyak energi untuk promosi elektron, akan menyerap pada panjang gelombang yang lebih pendek. Molekul yang memerlukan energi yang lebih sedikit akan menyerap pada panjang gelombang yang lebih panjang. Senyawa yang menyerap cahaya dalam daerah visible (yakni senyawa berwarna) mempunyai elektron yang lebih mudah dipromosikan daripada senyawa yang menyerap pada panjang gelombang UV (Skoog, 1985).

Radiasi dengan panjang gelombang lebih pendek mempunyai energi yang lebih tinggi, oleh karena itu sebuah foton cahaya UV berenergi lebih tinggi daripada foton gelombang radio.

Faktor-faktor yang mempengaruhi spektrum serapan :

1. Jenis pelarut (polar, non polar).
2. pH larutan.

3. Kadar larutan, Jika konsentrasi tinggi akan terjadi polimerisasi yang menyebabkan λ maksimum berubah sama sekali atau harga $I_o < I_a$.
4. Tebal larutan, jika digunakan kuvet dengan tebal berbeda akan memberikan spektrum serapan yang berbeda.
5. Lebar celah. Makin lebar celah (slit width) maka makin lebar pula serapan (band width), cahaya makin polikromatis, resolusi dan puncak-puncak kurva tidak sempurna.



BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini bersifat eksperimen untuk mempelajari sifat-sifat optik semikonduktor dari bahan campuran SiO_2 -ZnO.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei 2015 di Laboratorium Riset Material Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

3.3 Alat dan Bahan

Pada penelitian ini alat-alat yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Beaker glass 50 mL dan 100 mL
2. Spatula
3. Mortar
4. Glass ukur
5. Manetic stirrer
6. Termometer
7. Neraca analitik
8. Hot plate (MR Hei-Standar)
9. Spektrofotometer UV-Vis
10. Furnance

Sedangkan bahan yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. SiO_2
2. ZnO
3. Alkohol 95%
4. NaOH 50%

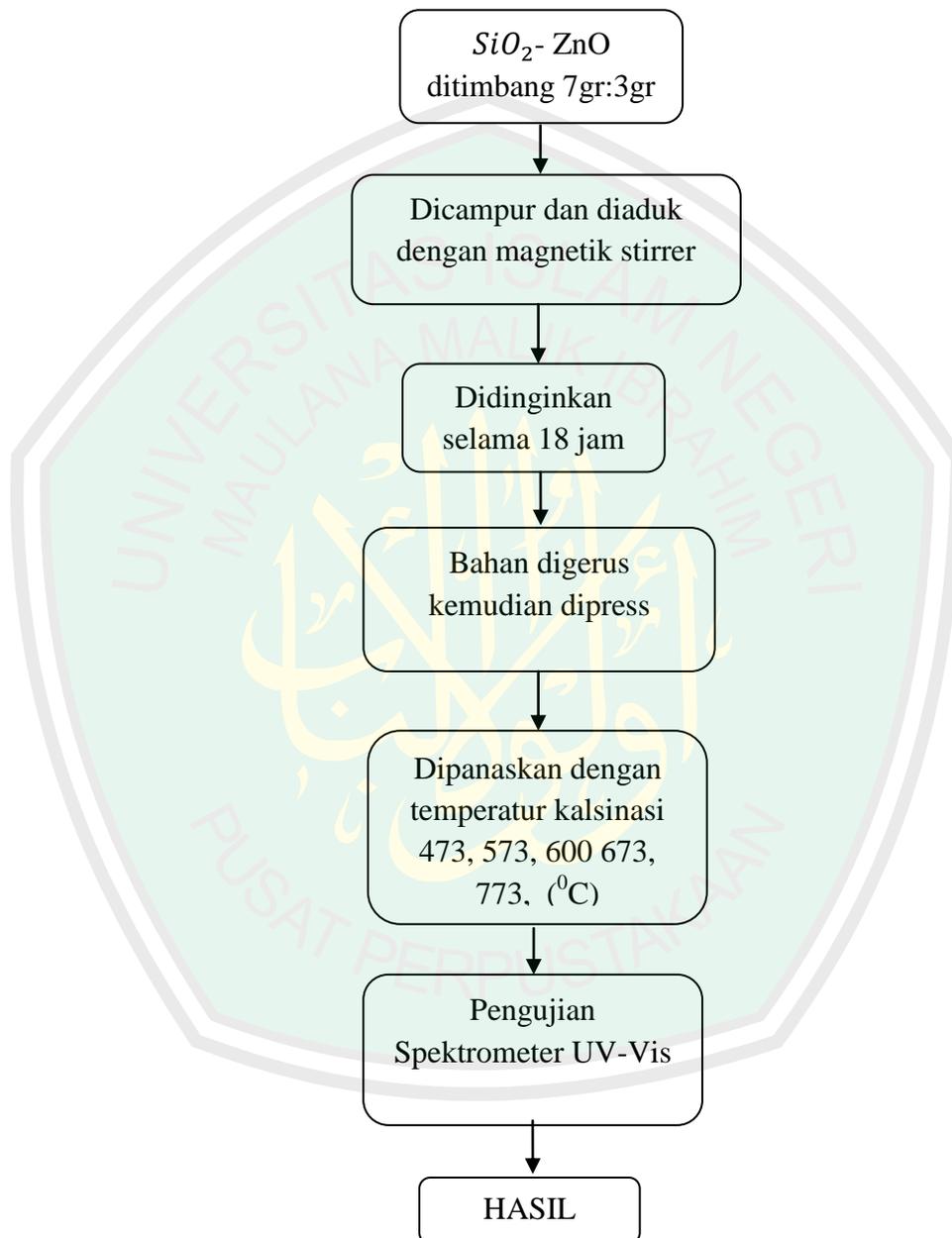
3.4 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian untuk menganalisa SiO_2 -ZnO sebagai bahan semikonduktor yaitu dengan variasi suhu kalsinasi bahan semikonduktor.

Analisa bahan Serbuk SiO_2 -ZnO dengan variasi suhu kalsinasi dibagi menjadi beberapa tahapan antara lain:

1. Tahap persiapan ini meliputi mempersiapkan alat-alat yang akan digunakan dalam penelitian ini dan kemudian mempersiapkan bahan SiO_2 -ZnO.
2. Bahan SiO_2 -ZnO ditimbang menggunakan neraca digital dengan berat silika dioksida 7 grm dan zing oksid 3 grm.
3. Bahan dicampur didalam *beaker glass* dan dilarutkan dalam 100 mL *alkohol 95%*
4. Diaduk dalam beaker glass dengan menggunakan *magnetic stirrer* diatas *hot plate* dengan putaran 300 rpm dan suhu 60 °C selama 3 jam sampai hahan berbentuk pasta dan kemudian dikeringkan sampai kering.
5. Bahan kemudian digerus untuk memperkecil ukuran.

3.6 Diagram Alir Penelitian Pembuatan Sampel Serbuk SiO_2 dan ZnO dengan variasi suhu kalsinasi



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Prosedur Pembuatan Sampel

Mula-mula bahan SiO_2-ZnO yang berupa serbuk ditimbang dengan menggunakan neraca analitik masing-masing dengan berat 7 gram dan 3 gram diletakkan dalam *beaker glass*, kemudian dicampur menggunakan *alkohol* 95% dan diaduk dengan menggunakan magnetik stirrer di atas *hot plate* dengan suhu 60°C selama 3 jam sampai bahan berbentuk pasta. Bahan yang telah berbentuk pasta dikeringkan dalam suhu ruangan. Bahan SiO_2-ZnO yang telah tercampur dihaluskan, dikemas dalam wadah plastik dan diberi kertas label. Bahan campuran SiO_2-ZnO dipanaskan (dikalsinasi) dalam *furnance* dengan suhu kalsinasi yaitu pada suhu 473 °C, 573 °C, 600 °C, 673 °C dan 773 °C selama 2 jam.

Bahan SiO_2-ZnO yang pertama, diberikan suhu kalsinasi sebesar 473°C dimasukkan dalam *furnance* selama 2 jam (satu bahan difurnance pagi hari pada jam 10 kemudian diambil besok harinya pada jam yang sama) lalu bahan dikemas dalam plastik dan diberi label dengan suhu pemanasan 473°C agar bahan tidak tertukar dengan bahan yang lain.

Bahan campuran SiO_2-ZnO yang berikutnya diberikan suhu kalsinasi 573°C selama 2 jam, didinginkan, dan dikemas dalam plastik label. Pada bahan campuran SiO_2-ZnO diberikan variasi suhu kalsinasi 600°C dimasukkan dalam dalam *furnance* selama 2 jam, didinginkan, dan dikemas dalam plastik label. Pada dengan suhu

kalsinasi $673\text{ }^{\circ}\text{C}$ diletakkan didalam *furnance* selama 2 jam, didinginkan, dan dikemas dalam plastik label dan terakhir dengan variasi suhu kalsinasi $773\text{ }^{\circ}\text{C}$ dipanaskan selama 2, didinginkan dan dikemas dalam plastik label.

Bahan yang telah dikalsinasi kemudian disiapkan untuk pengujian nilai absorbansi, transmitansi, dan reflektansi dengan menggunakan UV-Vis di Laboratorium Kimia Analitik Universitas Islam (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang. Sebelum melakukan pengujian bahan campuran $\text{SiO}_2\text{-ZnO}$ ditimbang dengan *neraca analitic* sebesar 0.2 gram setiap bahan. Masing-masing bahan dilarutkan dalam 20 mL NaOH 50%. Digunakan NaOH 50% dengan tujuan untuk mempermudah pelarutan bahan karna ZnO merupakan bahan yang sulit larut dalam aquades.

Dari hasil pengujian dengan menggunakan UV-Vis didapatkan hubungan panjang gelombang terhadap nilai absorbansi, kemudian panjang gelombang terhadap teransmitansi dan panjang gelombang terhadap reflektansi.

4.2 Karakteristik Campuran

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah SiO_2 dan ZnO , masing-masing mempunyai sifat atau katekristik yang berbeda-beda. SiO_2 memiliki beberapa sifat diantaranya, luas permukaan yang besar, memiliki energi gap sebesar 1.170 eV pada suhu 300°C (K. P. O'Donnell, 1991) ketahanan panas yang baik, kekuatan mekanik yang tinggi, dan inert sehingga dapat digunakan sebagai prekursor atau penyangga suatu katalis. Efisiensi tinggi pada sel surya tipe P jenis kristal

menggunakan SiO_2 untuk pasivasi sisi depan dan belakang didapatkan bahwa silika (SiO_2) dapat menekan rekombinasi dan meningkatkan refleksi internal dengan penangkapan cahaya yang bagus sehingga dapat mengurangi resistansi kontak (Sorrento, 2008). SiO_2 yang digunakan berbentuk PA (pure analysis) memiliki titik leleh (melting point) sekitar $1800\text{ }^\circ\text{C}$.

ZnO adalah bahan semikonduktor dengan kelebihan atom Zn dapat berfungsi sebagai donor. Energi band gap ZnO terletak diantara $1,9\text{ eV}$ sampai $2,8\text{ eV}$ dan dikenal sebagai *greenband* (Ilican, dkk, 2008). Bahan ZnO mempunyai energi gap sebesar $3,2\text{ eV}$ (Yunanto, 2009), band gap atau celah pita ZnO lebih lanjut dapat disetel dari $\sim 3\text{-}4\text{ eV}$ oleh paduan dengan magnesium oksida atau oksida kadmium. Kebanyakan ZnO memiliki karakteristik tipe-n, bahkan tanpa adanya pendopingan (Sorrento, 2008), dengan energi gap sebesar ini ZnO memiliki kelebihan yaitu transparan, memiliki tegangan yang tinggi sehingga kemampuannya untuk mempertahankan medan listrik besar. Sifat transparan yang dihasilkan berkaitan dengan kualitas film yang terbentuk dan dapat dipengaruhi oleh struktur kristal, ukuran bulir, dan pemilihan substrat. ZnO memiliki titik didih sekitar $1980\text{ }^\circ\text{C}$.

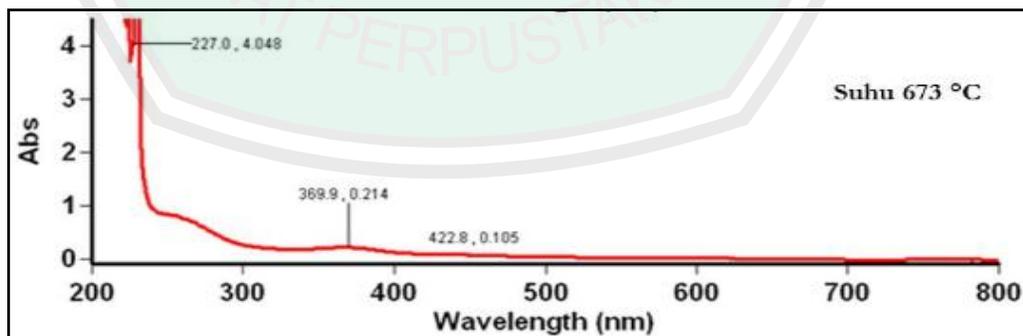
4.3 Absorbansi

Karakteristik optik pada campuran bahan $\text{SiO}_2\text{-ZnO}$ yang siap uji dengan preparasi sampel $0,2\text{ grm SiO}_2\text{-ZnO}$ dilarutkan dalam $20\text{ mL NaOH } 50\%$. Pengujian dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis produksi varian di Laboratorium Kimia Analitik Universitas Islam (UIN) Maulana Malik Ibrahim

Malang. Pengujian pada bahan campuran SiO_2 - ZnO dilakukan untuk mengetahui absorbansi, transmittansi dan refraktansinya.

Silika memiliki titik leleh (melting point) sekitar $1800\text{ }^\circ\text{C}$ dan titik leleh ZnO sebesar $1980\text{ }^\circ\text{C}$ maka proses kalsinasi pada bahan dengan suhu kurang $1/3$ dari titik leleh suatu bahan, dengan membagi 3 dari setiap titik leleh bahan maka didapatkan suhu kalsinasi dari masing-masing bahan yaitu SiO_2 sebesar $600\text{ }^\circ\text{C}$ dan ZnO sebesar $660\text{ }^\circ\text{C}$, sehingga dilakukan variasi suhu kalsinasi diantara kurang dari $600\text{ }^\circ\text{C}$ dan kalsinasi lebih dari $660\text{ }^\circ\text{C}$.

Data yang diperoleh dari pengukuran menggunakan Uv-Vis berupa transmittansi, absorbansi, dan refraktansinya. Proses pengukuran diawali dengan menentukan masing-masing dari panjang gelombang SiO_2 dan panjang gelombang ZnO sebagai parameter pengukuran dimana panjang gelombang dari SiO_2 655 nm (Azwinata.2010) dan panjang gelombang ZnO 345 nm (Iskandar.2013) sehingga diambil panjang gelombang antara $300\text{--}900\text{ nm}$.



Gambar 4.1 Grafik Absorbansi SiO_2 - ZnO dengan Suhu $473\text{ }^\circ\text{C}$, $573\text{ }^\circ\text{C}$, $600\text{ }^\circ\text{C}$, $673\text{ }^\circ\text{C}$, dan $773\text{ }^\circ\text{C}$

Berdasarkan hasil pengujian absorbansi pada sampel SiO_2-ZnO yang dipanaskan pada suhu $473\text{ }^\circ\text{C}$ dengan mengambil dua titik pada kurva yaitu nilai maksimum absorbansi pada daerah UV dan Vis (cahaya tampak). Pada nilai absorbansi sebesar 0.109 yang terletak pada panjang gelombang 367 nm dan pada panjang gelombang 422 nm atau pada cahaya tampak dengan nilai absorbansinya sebesar -0.002.

Pada bahan SiO_2-ZnO dengan suhu kalsinasi sebesar $573\text{ }^\circ\text{C}$ dapat diketahui bahwa terdapat dua puncak dengan nilai absorbansi 0.158 dengan panjang gelombang 367 nm dan pada panjang gelombang 422 m dihasilkan nilai absorbansi sebesar 0.055.

Pada sampel SiO_2-ZnO digunakan pemanasan (suhu kalsinasi) yang lebih tinggi sebesar $600\text{ }^\circ\text{C}$ terlihat bahwa nilai absorbansi yang dihasilkan terus mengalami peningkatan sebesar 0.197 pada panjang gelombang 367 nm dan 422 nm nilai absorbansi sebesar 0.080.

Bahan SiO_2-ZnO dengan suhu kalsinasi yang lebih tinggi yaitu sebesar $673\text{ }^\circ\text{C}$ dari gambar tersebut dapat diketahui bahwa terbentuk dua panjang gelombang pada nilai absorbansi 0.214 pada panjang gelombang 369 nm dan pada cahaya tampak dengan nilai absorbansi sebesar 0.105 yang terletak pada panjang gelombang 422 nm.

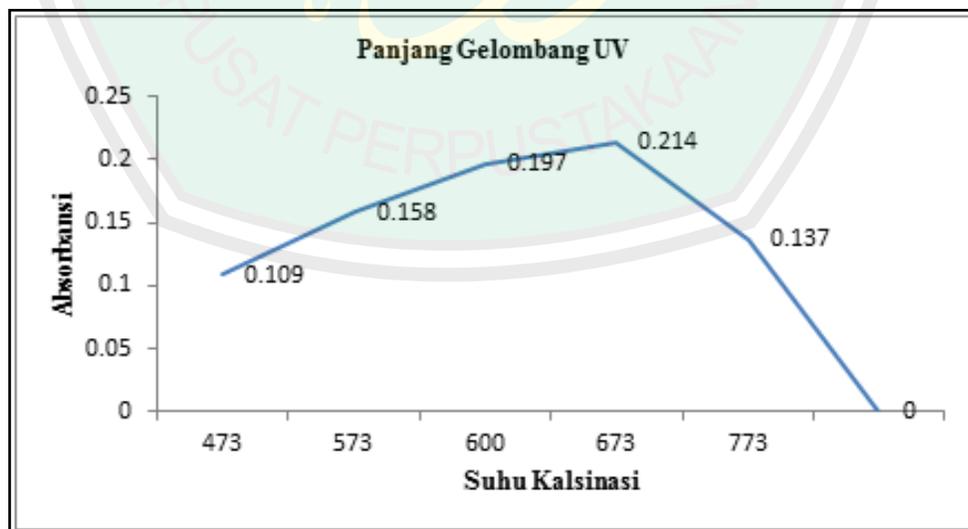
Pada sampel campuran SiO_2-ZnO digunakan pemanasan (suhu kalsinasi) pada suhu sebesar $773\text{ }^\circ\text{C}$ nilai absorbansi pada suhu ini mengalami penurunan menjadi 0.137 yang terletak pada panjang gelombang 370 nm dan 0.018 pada 422 nm. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada daftar lampiran 1.

Nilai absorbansi bahan SiO_2-ZnO variasi suhu kalsinasi dituliskan dalam bentuk tabel 4.2 sebagai berikut.

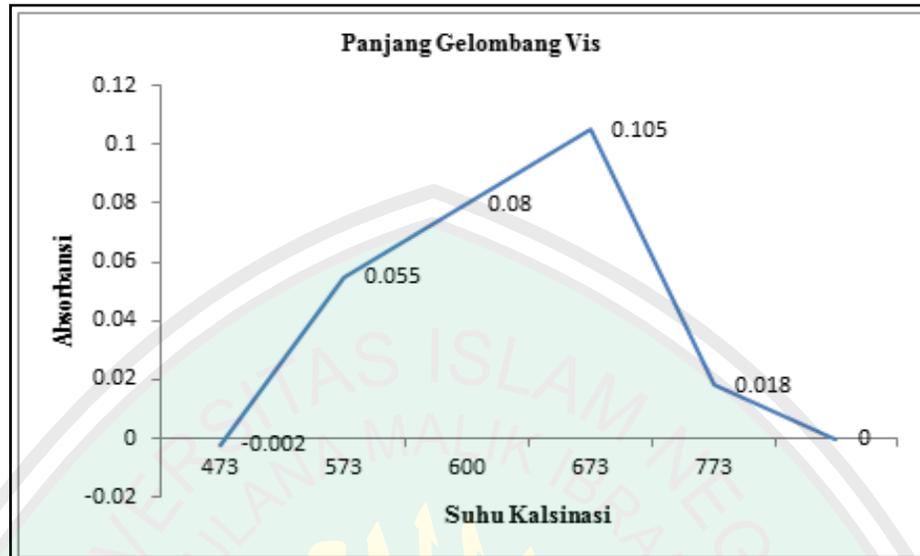
Tabel 4.1 Absorbansi pada Bahan SiO_2-ZnO dengan Variasi Suhu Kalsinasi

No	Suhu (°C)	Panjang Gelombang		Absorbansi	
		UV	Vis	UV	Vis
1	473	367 nm	422.8 nm	0.109	-0.002
2	573	367 nm	422.8 nm	0.158	0.055
3	600	367 nm	421.9 nm	0.197	0.080
4	673	369 nm	422.8 nm	0.214	0.105
5	773	369 nm	421.9 nm	0.137	0.018

Nilai absorbansi bahan SiO_2-ZnO secara keseluruhan pada setiap suhu kalsinasi ditunjukkan pada gambar 4.2 sebagai berikut.



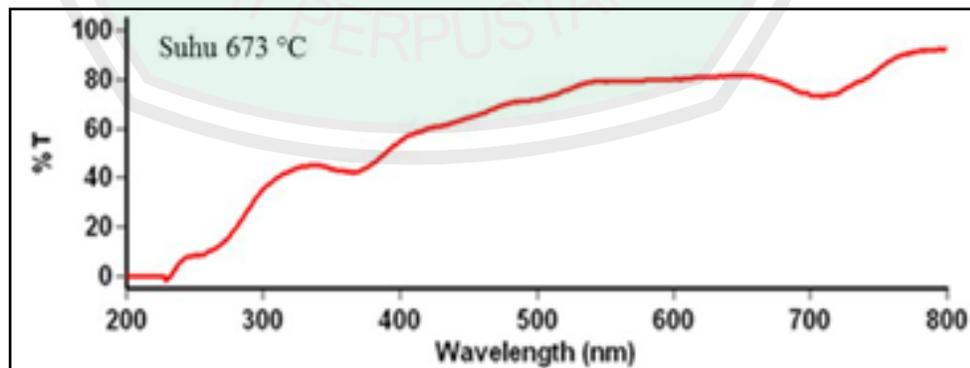
Gambar 4.2 Nilai Absorbansi Pada Gelombang UV



Gambar 4.3 Kurva Nilai Absorbansi Pada Gelombang Vis

4.4 Transmittansi

Berdasarkan hasil pengujian pada sampel SiO_2-ZnO yang dipanaskan (suhu kalsinasi) pada suhu 473 °C menunjukkan bahwa panjang gelombang meningkat sampe T sebesar 111.719% pada panjang gelombang 719 nm dan T 112.005% pada panjang gelombang 230 nm. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.6 dibawah ini.



Gambar 4.4 Grafik Transmittansi Terhadap Panjang Gelombang Pada Bahan Campuran SiO_2-ZnO dengan Suhu 473 °C, 573 °C, 600 °C, 673 °C, dan 773 °C

Gambar 4.4 Berdasarkan hasil pengujian pada sampel SiO_2-ZnO yang dipanaskan (suhu kalsinasi) pada suhu $573\text{ }^\circ\text{C}$ menunjukkan bahwa panjang gelombang meningkat sampe T sebesar 117.718% pada panjang gelombang 719 nm dan T 117.792% pada panjang gelombang 723 nm . Kemudian hasil pengujian pada sampel SiO_2-ZnO yang dipanaskan (suhu kalsinasi) pada suhu $600\text{ }^\circ\text{C}$ menunjukkan bahwa panjang gelombang meningkat sampe T sebesar 110.565% pada panjang gelombang 719 nm dan T 110.687% pada panjang gelombang 722 nm . Pada sampel SiO_2-ZnO yang dipanaskan (suhu kalsinasi) pada suhu $600\text{ }^\circ\text{C}$ menunjukkan bahwa panjang gelombang meningkat sampe T sebesar 92.232% pada panjang gelombang 798.9 nm .

Berdasarkan hasil pengujian pada sampel SiO_2-ZnO yang dipanaskan (suhu kalsinasi) pada suhu $573\text{ }^\circ\text{C}$ menunjukkan bahwa panjang gelombang meningkat sampe T sebesar 121.395% pada panjang gelombang 719 nm . Dapat dilihat pada daftar lampiran 2.

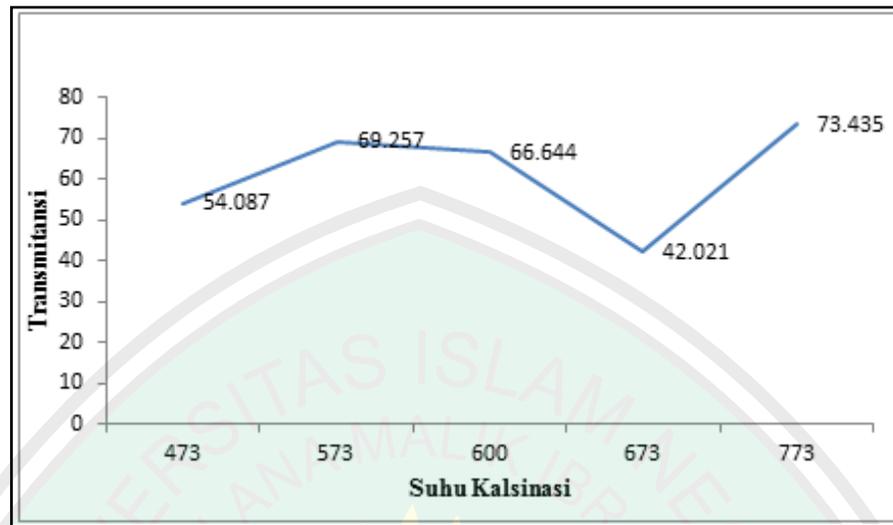
Dari grafik 4.2 dengan variasi suhu kalsinasi $473\text{ }^\circ\text{C}$, variasi suhu kalsinasi $573\text{ }^\circ\text{C}$, variasi suhu kalsinasi $600\text{ }^\circ\text{C}$, suhu kalsinasi $673\text{ }^\circ\text{C}$ dan suhu kalsinasi $773\text{ }^\circ\text{C}$ untuk panjang gelombang terhadap nilai transimitansi menunjukkan bahwa nilai T akan semakin meningkat sesuai denan kenaikan variasi suhu kalsinasinya. Namun pada suhu kalsinasi $673\text{ }^\circ\text{C}$ memiliki nilai transmitansinya lebih kecil dibandingkan denan variasi suhu kalsinai yang lain. Menunjukkan bahwa bahan pada suhu kalsinasi $673\text{ }^\circ\text{C}$ sebagai bahan yang bagus.

Grafik transmitansi sebagai panjang gelombang menunjukkan panjang gelombang yang diteruskan oleh bahan semikonduktor. Dari grafi tersebut menunjukkan bahwa nilai dari teransmitansi akan terus meningkat seiring bertambahnya panjang gelombang.

Untuk lebih jelasnya perbedaan nilai tranmitansi maka dilakukan proses kalsinasi bahan. Diperlihatkan pada tabel 4.3 dan gambar 4.4 dibawah ini, ketika diberikan suhu pemanasan yang berbeda nilai T berubah.

Tabel 4.3 Transmitansi Pada Bahan Dengan Variasi Suhu Kalsinasi

No	Suhu (°C)	Panjang Gelombang (λ)	Transmitansi (%T)
1	473	369	64.087
2	573	369	69.257
3	600	369	66.644
4	673	369	42.021
5	773	369	73.435



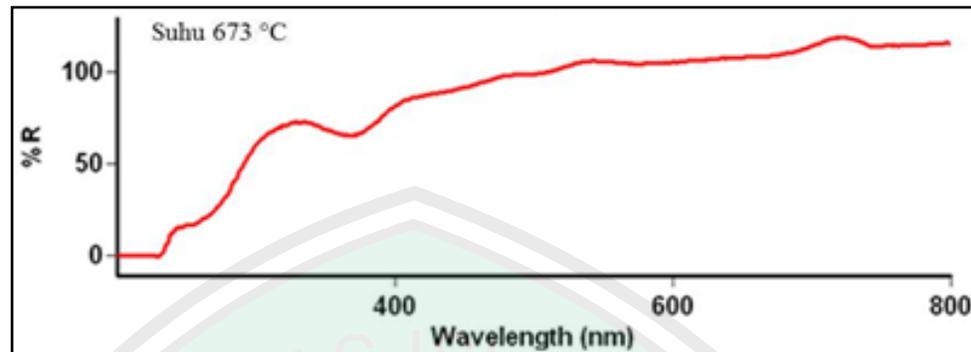
Gambar 4.5 Kurva Nilai transmitansi SiO_2-ZnO

Dari beberapa perlakuan dengan variasi suhu kalsinasi terlihat perbedaan nilai transmitansinya. Pada panjang gelombang yang sama memiliki nilai transmitansi yang berbeda. Menunjukkan bahwa bahan mentransmisikan cahaya tampak lebih besar dibandingkan dengan UV.

Semakin besar panjang gelombang maka dapat dilihat bahwa nilai transmitansi % mengalami penurunan yang disebabkan karena pada daerah panjang gelombang ini sampel mengabsorpsi energi yang mengenainya. Hal ini sesuai dengan fenomena bahwa hubungan antara transmitansi terhadap absorbansi yaitu nilai transmitansi berbanding terbalik dengan nilai absorbansinya.

4.5 Reflektansi

Berdasarkan hasil pengujian UV-Vis dari sampel SiO_2-ZnO memberikan nilai reflektansi yang berbeda-beda.

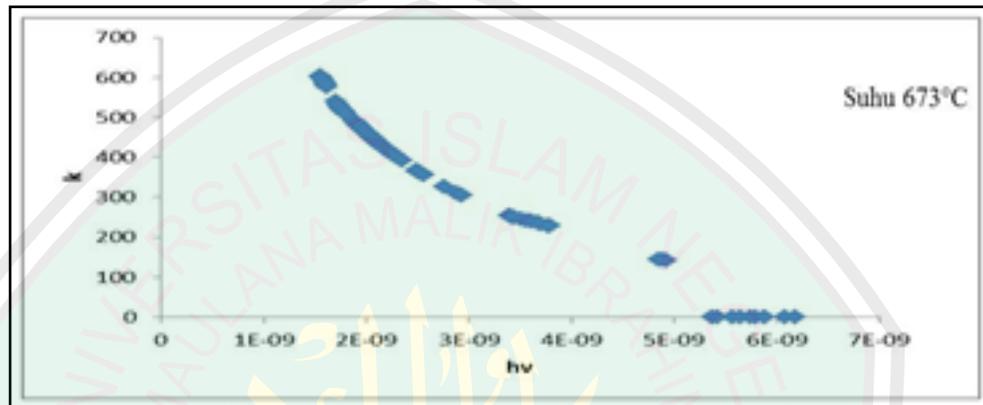


Gambar 4.5 Grafik reflektansi terhadap panjang gelombang pada bahan campuran SiO_2-ZnO dengan suhu 473 °C, 573 °C, 600 °C, 673°C, dan 773 °C

Pada pemanasan berikutnya dengan suhu klasinasi sebesar 473°C memberikan nilai reflektansi sebesar 70.681 pada panjang gelombang yang sama 369 nm. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.5 Pada suhu kalsinasi sebesar 573°C memberikan nilai reflektansi sebesar 76.055 yang terletak pada panjang gelombang 3699 nm. Pada suhu 600°C panjang gelombang 369 nm R sebesar 66.773%. Pada gambar ini nilai R menurun dibandingkan dengan nilai R sebelumnya. Kemudian pada suhu kalsinasi sebesar 673°C memberikan nilai R sebesar 64.952% dengan panjang gelombang 369 nm. Seperti yang ditunjukkan pada gambardibawah ini. Pada suhu kalsinasi yang terakhir sebesar 773 °C memberikan nilai R sebesar 73.368% dengan panjang gelombang 369 nm. Dari analisa grafik transmitansi terlihat sesuai dengan berbansing terbalik dari nilai absorbansi. Semakin besar nilai absorbansi maka semakin kecil transmitansi dan refrektansinya. Dapat dilihat pada tabel lampiran 3.

4.6 Koefisien Ekstinsi

Dari hasil perhitungan nilai koefisien ekstinsi ini ditulis dalam bentuk grafik hubungan energi foton terhadap nilai koefisien ekstinsi pada gambar 4.6 dibawah ini:



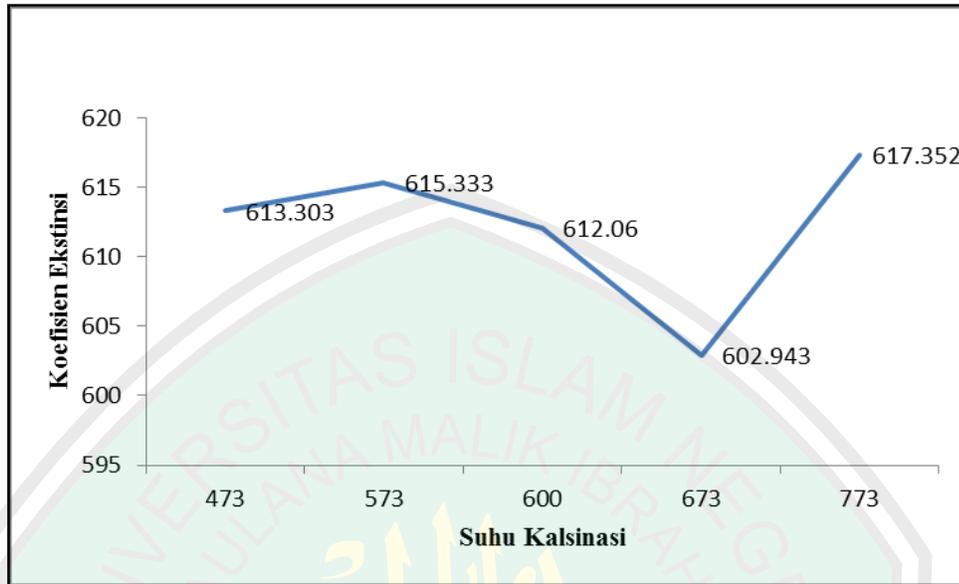
Gambar 4.6 Grafik Fungsi Koefisien Ekstinsi (k) Terhadap Nilai Energi Foton ($h\nu$) Variasi Suhu Kalsinasi 473 °C, 573 °C, 600 °C, 673 °C dan 773 °C

Secara umum dapat dilihat dari grafik pada gambar 4.6 bahwa nilai koefisien ekstinsi menurun sesuai dengan bertambahnya panjang energi foton. Pemanasan suatu sampel dengan variasi suhu kalsinasi menyebabkan turunya nilai koefisien ekstinsi. Fenomena ini diakibatkan karena terjadinya ekspansi volume akhir pada sampel yang mengakibatkan fraksi energi yang bisa diserap dan diredam oleh suatu sampel menjadi semakin kecil sehingga akibatnya nilai koefisien ekstinsi semakin menurun. Untuk suhu pemanasan 473°C panjang gelombang maksimum 799 nm dengan nilai koefisien ekstinsi 613.303 menjadi 219.513 pada panjang gelombang minimum 166.5 nm. Pada suhu kalsinasi 573 °C dengan panjang gelombang maksimum 798 nm memiliki nilai koefisien ekstinsi sebesar 615.333 dan pada

panjang gelombang minimum 733.1 nm dengan nilai koefisien ekstinsi sebesar 245.008 kemudian pada suhu pemanasan 600 °C dengan panjang gelombang maksimum sebesar 799 nm dengan nilai koefisien ekstinsi sebesar 612.060 dan pada panjang gelombang minimum 251 nm dengan memiliki nilai koefisien ekstinsi sebesar 155.953 pada suhu kalsinasi 673 °C pada panjang gelombang maksimal 798.9 nm memiliki nilai koefisien ekstinsi sebesar 602.943 kemudian pada panjang gelombang minimum 251.9 nm memiliki nilai koefisien ekstinsi 141.807 dan pada suhu kalsinasi 773°C pada panjang gelombang maksimal 798.9 nm memiliki nilai koefisien ekstinsi sebesar 617.352 kemudian pada panjang gelombang minimum 251 nm memiliki nilai koefisien ekstinsi 157.882 yang ditunjukkan pada lampiran perhitungan nilai koefisien ekstinsi. Gambar selengkapnya dapat dilihat pada daftar lampiran 4.

Tabel 4.5 Nilai Maksimum Ekstinsi Pada Bahan Dengan Variasi Suhu Kalsinasi

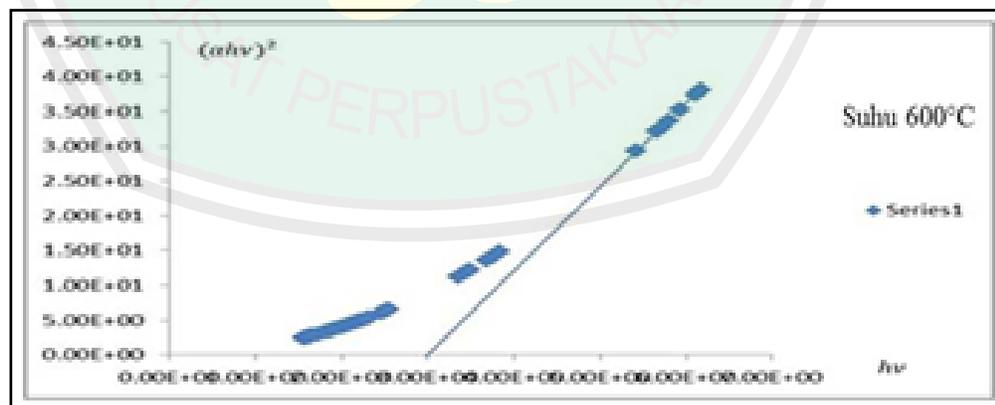
No	Suhu (°C)	Panjang Gelombang (λ)	Koefisien ekstinsi (k)
1	473	799	613.303
2	573	798	615.333
3	600	799	612.060
4	673	798.9	602.943
5	773	798.9	617.352



Gambar 4.7 Kurva Koefisien Ekstinsi SiO_2-ZnO

4.7 Energi Band Gap

Penentuan nilai energi band gap optik atau energi celah pita dapat dilakukan dengan membuat grafik hubungan antara $h\nu$ dengan $(\alpha h\nu)^2$ dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

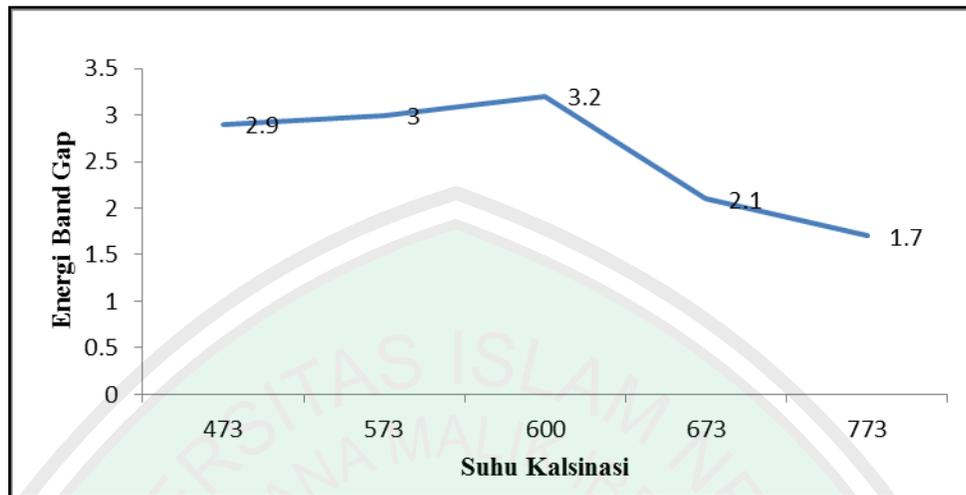


Gambar 4.8 Plot Grafik $(\alpha h\nu)^2$ vs $h\nu$ sebagai Fungsi Energi Gap Bahan dengan Variasi Suhu 473 °C, 573 °C, 600 °C, 673 °C, dan 773 °C

Hasil perhitungan nilai band gap dapat dilihat pada gambar 4.8 dengan menarik garis linier pada kurva sehingga berpotongan dengan sumbu X (sumbu $h\nu$) maka didapatkan nilai band gap dari titik perpotongan tersebut. Pada suhu kalsinasi 473°C memiliki nilai band gap sebesar 2.9 eV, lalu pada suhu 573°C ada peningkatan nilai energi gap menjadi 3.0 eV, kemudian pada suhu 600°C nilai lebih besar sekitar 3.2 eV, namun nilai band gap mulai menurun pada suhu 673°C yaitu sebesar 2.1 eV dan pada suhu 773°C nilai band gap menurun menjadi 1.7 eV ditunjukkan pada daftar lampiran 5.

Tabel 4.6 Nilai Energi Gap Bahan dengan Variasi Suhu Kalsinasi 473°C, 573°C, 600°C, 673°C dan 773°C

No	Suhu (°C)	Energi Band Gap (eV)
1	473	2.9
2	573	3.0
3	600	3.2
4	673	2.1
5	773	1.7



Gambar 4.9 Kurva Nilai Band Gap SiO_2-ZnO

4.8 Pembahasan

Untuk mengetahui pengaruh pemanasannya pada sifat optik bahan maka dilakukan proses kalsinasi. Proses ini dilakukan dengan memvariasikan suhu pemanasannya sebesar 473 °C, 573 °C, 600 °C, 673 °C dan 773 °C.

Pada gambar 4.1 dan tabel 4.2 diatas menunjukkan bahwa daerah penyerapan tertinggi terjadi pada rentang panjang gelombang sekitar 367–369 nm yaitu pada sepektrum UV (200-380 nm) yang mendekati cahaya tampak dan penyerapan tertinggi pada cahaya tampak antara rentang panjang gelombang 421-428 nm ini menunjukkan bahwa bahan mengalami absorpsi panjang gelombang pada daerah tersebut. Mulai dari suhu 473 °C, 573°C, 600 °C, dan 673 °C dapat diketahui bahwa nilai absorbansi mengalami pneningkatan seiring bertambahnya suhu kalsinasi suatu bahan yaitu 0.109, 0.158, 0.197 dan 0.213 pada daerah UV dan 0.002, 0.055, 0.080, dan 0.105. Hal ini disebabkan semakin rapat dan teratur susunan atom-atom maka akan semakin tinggi absorbansinya. Namun pada suhu 773°C nilai absorbansinya

mengalami penurunan menjadi 0.137. Hal ini disebabkan oleh suhu yang diberikan melewati suhu kalsinasinya sehingga atom-atom bahan justru mengalami pelebaran volume sehingga nilai absorbansinya akan semakin kecil dengan volume bahan yang lebih besar akan mengakibatkan cahaya lebih banyak diteruskan karena tidak teratur atom-atom dan jaraknya yang lebar.

Nilai koefisien ekstinsi atau konstanta peredaman bias didapatkan dengan hubungan antara spektrum transmisi dan refleksi. Koefisien ekstinsi diberikan oleh persamaan:

$$k = \frac{\alpha \lambda}{4\pi}$$

dimana α adalah koefisien absorpsi yang berbanding lurus dengan nilai absorbansi atau koefisien absorpsi berbanding lurus dengan nilai absorbansi yang didapatkan dari spektrum absorpsi, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.43

$$\alpha(\nu) = 2.303 \frac{A}{t}$$

Koefisien absorpsi sebagai fungsi ν berbanding terhadap nilai absorbansi dan ketebalan jika diaplikasikan dengan lapisan tipis.

Dengan menggapungkan persamaan 2.42 dan 2.43 maka diperoleh persamaan

$$k = 2.303 \frac{\lambda A}{4\pi t}$$

Pada tabel 4.4 ini dengan suhu kalsinasi 573 °C dan 773 °C memiliki nilai koefisien ekstinsi lebih besar dibandingkan dengan suhu kalsinasi yang lain yaitu

615.333 dan 617.352 namun pada dasarnya nilai k cenderung mengalami penurunan dengan mengacu pada tiga sampel dengan suhu pemanasan yang semakin meningkat.

Jadi semakin besar variasi suhu kalsinasi maka semakin kecil nilai koefisien ekstinsi seperti pada suhu 473 °C memiliki nilai ekstinsi 613.303 kemudian mengalami penurunan pada suhu kalsinasi 600 °C sebesar 612.060 dan terakhir pada suhu kalsinasi 673 °C dengan koefisien ekstinsi 602.943.

Pada gambar grafik koefisien ekstinsi memiliki nilai lebih tinggi pada rentang energi foton antara 1-2 eV ini menunjukkan bahwa bahan akan mempunyai kecepatan lebih besar untuk mengurangi intensitas gelombang yang masuk.

Energi gap bisa juga diartikan sebagai energi minimum yang dibutuhkan oleh elektron yang berada di pita valensi untuk bergerak menuju pita konduksi. Energi gap antara pita valensi dan konduksi berada di dalam orde elektron volt (1 elektron volt (eV) = 1.6×10^{-19} Joule (J)). Energi valensi merupakan energi terbesar yang berada di pita valensi (*valence band*) di dalam sebuah atom. Elektron-elektron yang berada di orbit terluar dari pita valensi akan mengalami ikatan (*bound*) dengan elektron yang berasal dari atom tetangganya, elektron itu disebut elektron valensi. Elektron-elektron valensi itulah yang menentukan sifat kimia dari atom. Bila elektron valensi tersebut mendapatkan energi yang cukup untuk menembus energi gap, maka elektron-elektron tersebut akan bergerak ke level energi yang lebih tinggi (*pita konduksi*). Energi yang lebih tinggi itu biasa disebut sebagai energi konduksi (*conduction band*) (Diding, 2010).

Setiap zat padat mengandung elektron. Terpenting untuk daya hantar listrik adalah respon elektron jika di tempatkan pada medan listrik. Dapat terlihat bahwa elektron pada kristal menyusun pita energi yang dipisahkan oleh daerah dalam energi dimana orbital elektron itu berada yang disebut celah energi atau celah pita, dan hasil interaksi gelombang elektron konduksi dengan inti ion dari kristal. Band gap adalah daerah energi yang memisahkan level energi konduksi dan level energi valensi dari suatu material semikonduktor. Mengingat diagram pita energi semikonduktor. Sejumlah elektron yang terstimulasi thermis mampu naik ke pita konduksi dan meninggalkan *hole* (tempat lowong) di pita valensi. Elektron yang mampu naik ke pita konduksi berada sedikit di atas celah energi. Elektron-elektron ini mempunyai massa efektif positif yang "kecil". Sementara itu *hole* yang tertinggal di pita valensi berada sedikit di bawah celah energi. Mereka adalah elektron dengan massa efektif negatif. "Hole" dan "elektron bermassa efektif negatif" adalah dua pernyataan untuk satu pengertian yang sama (Sudaryatno,2006). Jika suatu material intrinsik diberikan energi yang lebih besar maka elektron yang ada dipita valensi akan mampu melewati pita terlarang menuju pita konduksi.

Dengan penambahan suhu pada bahan akan mengakibatkan peningkatan transmitansi pada suhu yang lebih tinggi kemungkinan diakibatkan oleh hamburan optik yang disebabkan oleh pepadatan dan penumbuhan bulir partikel yang diiringi dengan berkurangnya kerapatan perbatasan bulir antar partikel yang terbentuk. Sehingga dapat diketahui untuk menghasilkan kualitas lapisan yang baik, dibutuhkan pemanasan pada suhu yang cukup tinggi. Koefisien absorpsi ZnO-SiO₂ diperoleh

dengan mengkaji karakteristik spektrum transmisi, dengan mengukur transmisi sebagai fungsi gelombang. Penentuan nilai energi band gap optik atau energi celah pita dapat dilakukan dengan membuat grafik hubungan antara $h\nu$ dengan $(\alpha h\nu)^2$ dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$(\alpha h\nu) = A(h\nu - E_g)^{n/2}$$

Dengan A adalah konstanta dan n adalah bilangan yang bergantung sifat transisi. Dalam hal ini nilai n bernilai 1 karena mengacu pada transisi langsung (direct) dari pita valensi ke pita konduksi menghasilkan grafik yang lebih bagus dari pada grafik yang lain.

Hasil perhitungan nilai band gap dapat dilihat pada gambar 4.5 Dengan menarik garis linier pada kurva sehingga berpotongan dengan sumbu x (sumbu $h\nu$) maka didapatkan nilai band gap dari titik perpotongan tersebut. Pada suhu kalsinasi 473°C memiliki nilai band gap sebesar 2.9 eV, lalu pada suhu 573°C ada peningkatan nilai energi gap menjadi 3.0 eV, kemudian pada suhu 600°C nilai lebih besar sekitar 3.2 eV, namun nilai band gap mulai menurun pada suhu 673°C yaitu sebesar 2.1 eV dan pada suhu 773°C nilai band gap menurun menjadi 1.7 eV.

Dengan mengacu pada nilai band gap pada penelitian sebelumnya oleh Ilican, dkk pada tahun 2008 memberikan bahwa ZnO terletak diantara 1,9 eV sampai 2,8 eV dan dikenal sebagai *greenband*. Lebih lanjut band gap ZnO juga dapat disetel menjadi 3.2 eV (Yunanto, dkk. 2009). Sedangkan nilai band gap untuk silika sebesar 1.17 eV pada suhu 300°C (K. P. O'Donnell, 1991). Didapatkan band gap sesuai

dengan penelitian sebelumnya yaitu band gap dari ZnO sekitar 3.2 eV pada suhu kalsinasi 600 °C.. Artinya dengan penambahan ZnO pada SiO₂ dapat meningkatkan energi band gapnya. Namun pada suhu kalsinasi 673 °C dan mengalami penurunan ini disebabkan karena suhu kalsinasi melewati suhu kalsinasi dari ZnO dan SiO₂. Jadi dengan menggabungkan dua bahan ZnO dan SiO₂ mendapatkan beberapa keuntungan yaitu dapat mengangkat nilai energi band gap dari SiO₂ dan dapat meminimalisir harga bahan dengan cara menggabungkan dua bahan yang berbeda.

Dari pembahasan di atas terlihat sekali sebuah keteraturan yang Allah ciptakan kepada hamba-Nya untuk diambil. Segala sesuatu yang Allah ciptakan sungguh pasti memiliki keteraturan keseimbangan dan kesempurnaan tanpa tandingan bila kita mampu melihatnya dengan ilmu. Begitupun tergambar dalam bahan semikonduktor campuran SiO₂-ZnO. Dijelaskan dalam Al-Quran Surah Al-Qomar ayat 49.

إِنَّا كُلَّ شَيْءٍ خَلَقْنَاهُ بِقَدَرٍ ﴿٤٩﴾

“*Sesungguhnya Kami menciptakan segala sesuatu menurut ukuran*”
(QS Al-Qomar [54]:49).

BAB V PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian yang berjudul “*analisis sifat optik dari bahan campuran serbuk $\text{SiO}_2 - \text{ZnO}$ dengan variasi suhu kalsinasi sebagai alternatif bahan semikonduktor pada sel surya*” telah dibahas dalam pembahasan di BAB IV, maka pengaruh dari variasi suhu kalsinasi yang diberikan pada bahan menyebabkan perubahan terjadi pada sifat optik dari material seperti absorbansi, transmitansi, reflektansi, koefisien ekstinsi dan energi gap bahan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Nilai absorbansi bahan semakin meningkat sesuai dengan bertambahnya suhu kalsinasi pada suhu pemanasan 673°C memiliki nilai absorbansi tertinggi sebesar 0.214 pada rentang panjang gelombang UV 367–369.9 nm dan nilai absorbansi tertinggi pada panjang gelombang cahaya tampak sebesar 0.105 pada rentang 421.8 nm.
2. Nilai transmitansi bahan $\text{SiO}_2\text{-ZnO}$ berbanding terbalik dengan nilai absorbansi semakin tinggi suhu kalsinasi maka semakin kecil transmitansinya terlihat pada panjang gelombang yang sama 369 nm yaitu pada suhu pemanasan 473°C memiliki T sebesar 64.087%, pada suhu 573°C T sebesar 69.257% kemudian pada suhu 600°C memiliki T sebesar 66.644% dan pada suhu 673°C memiliki T sebesar 42.021%.

3. Nilai reflektansi akan menurun pada penambahan suhu kalsinasi. Dengan panjang gelombang yang sama 369 nm mulai dari suhu 473°C memiliki nilai R sebesar 70.681 %, 573 °C sebesar 76.055, 600 °C R sebesar 66.773%, 673 °C %R sebesar 64.952 dan suhu 773 °C R 73.368 %.
4. Koefisien ekstinsi bahan SiO_2-ZnO juga cenderung mengalami penurunan dengan bertambahnya suhu kalsinasi. Pada panjang gelombang maksimum terbesar terletak pada suhu 773 °C sebesar 617.352.
5. Nilai band gap bahan SiO_2-ZnO pada suhu 473 °C sebesar 2.8 eV, pada suhu 573 °C sebesar 3.0 eV, pada suhu 600 °C sebesar 3.2 eV dan pada suhu 773 °C sebesar 1.8 eV.
6. Memberikan informasi dengan menyampurkan dua bahan didapatkan nilai band gap sekitar 3.2 eV sehingga tidak bergantung pada satu bahan untuk mendapatkan nilai band gap tersebut. Maka dengan bahan ZnO yang begitu murah dan mudah didapatkan maka bisa digunakan untuk bahan campuran silika. dan dengan mencampur bahan SiO_2-ZnO dapat meminimalisir harga bahan semikonduktor.

4.2 Saran

Untuk mendapatkan hasil dengan bahan semikonduktor yang lebih baik sebaiknya memperhatikan bahan benar-benar steril agar tidak terkontaminasi bahan atau unsur-unsur lain yang ada di udara sehingga menurunkan tingkat kemurnian bahan semikonduktor. Oleh sebab itu, pada pembuatan bahan semikonduktor harus

dusahakan kebersihan ruangan pembuatan bahan semikonduktor dan menggunakan metodologi yang lebih benar dan tepat sehingga kontaminasi unsur-unsur yang dapat menurunkan tingkat efisiensi dapat diminimalisir.

Disarankan dengan menggunakan suhu $T > 900\text{ }^{\circ}\text{C}$

Selain itu metodenya bisa dikembangkan dengan metode yang sama ataupun dengan metode yang lain karna semakin banyak metode yang dikembangkan makin banyak pula pilihan yang dapat diambil dan akan didapatkan sifat atau bila hendak ingin melakukan judul penelitian yang terkait.

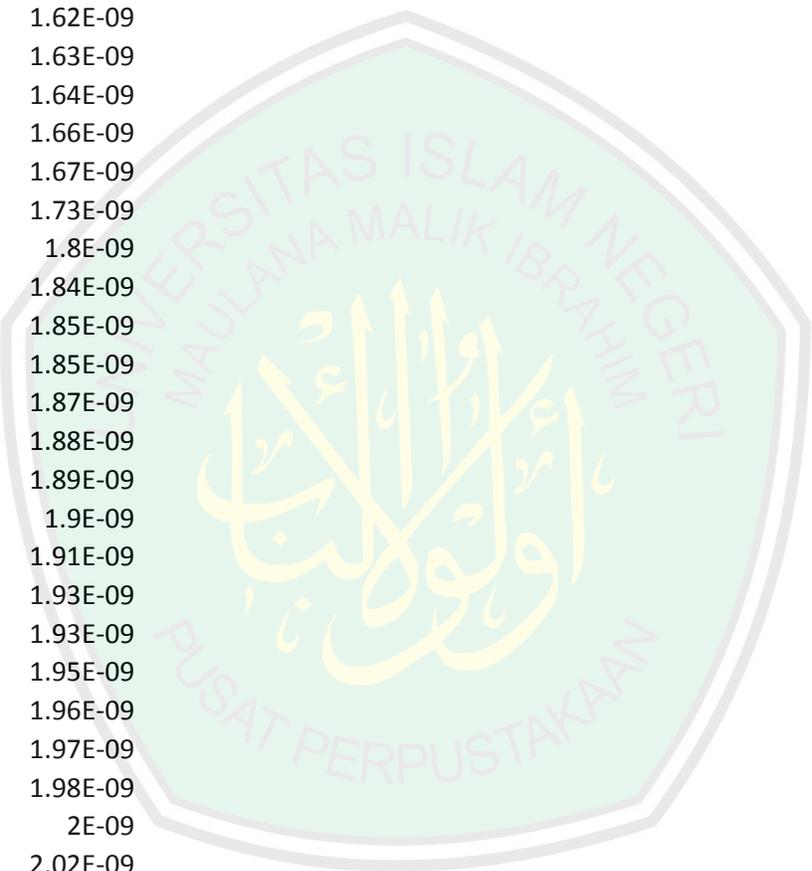


DAFTAR PUSTAKA

- Achour. Rahal, dkk. 2014. *Substrate Temperature Effect on Optical property of ZnO Thin Films*. VTRS Laboratory, Institute of Technology, University of El-oued, 39000, Algeria
- Al-mahalli, Jalaluddin, dkk. 2008. *Terjemahan Tafsir Jalalain*. Bandung: Sinar Baru Algensindo
- Bilalodin. *Pembuatan Dan Penentuan Celah Pita Optik Film Tipis TiO₂*
- Baco, Saturi dkk. 2011. *Study on Optical Properties of Tin Oxide Thin Film at Different Temperature*. Universiti Malaysia Sabahs
- Bransden, Dkk. 2000. *Quantum Mechanics*. Cecond Edition England
- Bransden, Dkk. 2003. *Physics Of Atoms And Molekules*. Second Edition England
- Callister, Jr, William D. 2007. *Materials Science and Engineering Seventh Edition*. Departement of Metallurgical Engineer The Uneversity of Utah. John Wiley & Sons, Inc
- Chopra, K.L., R.C. Kainthla, D.K. Pandya. (1982). *Physic of thin films*. New York: Academic Press
- Djamas, D. *Penentuan Microstructure Lapisan Tipis CdS menggunakan X-Ray Difractometer*, Eksakta Vol 1 Tahun XI february 2010
- E. Burstein. 1954. *Anomalous optical absorption limit in InSb*. Physical Review. vol. 93, pp. 632-633, 1954
- Enny Kusumawatidan Eddy Yahya, dkk. *Homogenitas Ketebalan, Konduktivitas Listrik dan Band Gap Lapisan Tipis a-Si:H tipe-p dan tipe-p Doping Delta yang dideposisi dengan Sistem PECVD*
- Gareso. L. Paulus. 2012. *Fisika semikonduktor*. Lembaga pendidikan Makasar; Uiversitas Hasannuddin Makasar
- Handoko, Firdausi & Siawati. E; *Penentuan Nilai Koefisien Linear Magneto Optik Bahan Transparan Menggunakan Interferometer Michelson*
- Henry o. Everitt. *Applications Of Photonic Band Gap Structure*
- Heri, Sugito. *Pengukuran Panjang Gelombang Sumber Cahaya Berdasarkan Pola Interferensi Celah Banyak*
- Jasruddin. *Penumbuhan Lapisan Tipis mc-Si:H Tipe-P dengan Metode HW-PECVD untuk Aplikasi Sel Surya*

- K. P. O'Donnell and X. Chen. 1991. *Temperature dependence of semiconductor band gaps*. University of Strathclyde, Glasgow, G4 ONG Scotland, United Kingdom
- Krane, S. 1992. *Fisika Modern*. Jakarta: UI Press
- L. P. Johnson. *Characterisation of the Si-SiO₂ Interface after Humidity Exposure*. Technology Department of Engineering (Bldg 32) The Australian National University Canberra
- Murtono. 2008. *Konsep Cahaya Dalam Al-Qur'an dan Sains*. Yogyakarta: UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
- Muhamad, Adi. *Studi Efek Magneto Optis Pada Lapisan Tipis (Zno) Menggunakan Interferometer Michelson*
- Natanael Roni Budi Handoko, dkk. *Penentuan Nilai Koefisien Linear*
- Parangtopo, Muliwati. 1988. *Proceedings International Workshop on Physics of Materials*, Jakarta, 250-255
- Purwanto, Agus. *Fisika kuantum*. 2005. Yogyakarta: Gava media
- Shihab M. Quraish. 2001. *Tafsir Al- mishbah Pesan, Kesan dan Keserasian Al-Qur'an*. Jakarta: Lentera Hati
- Sopan.L Dahake. 1967. *The Electrical And Optic Properties of HgTe-In₂Te₃*. Faculty of Science University of Durham England
- Sulung, Edy N. *penentuan tebal bahan transparan (ZnO) menggunakan interferometer Michelson*
- S. Elmas, dkk. 2011. *Influence of annealing temperature on the electrical and optical properties of CdS thin films*. kanakkale turkey Physic department university of canakkale onsekiz mart terzioglu campus, 17020
- S. saipriya, M. sultan, R. Singh. (2001). *Effect of environment and heat treatment on the optical properties of RF-sputtered SnO₂ thin films*. Physica B: 406.P812-817
- Thalbah, hisham. 2010. *Ensiklopedia mukjizat alquran dan hadis*. Saptasentosa: enlighting the future
- Valley, Sorrento. 2008. *Silicon Dioxide Layer Key to high Eviciency Crystalline solar cells*. San Die go: Rasirc
- Yan Zhang and Ali Shakouri. 2002. *Optical Absorption*. University of California at Santa Cruz Electrical Engineering Department

$\lambda(\text{nm})$	%T	hv
798.9	115.701	1.55E-09
797	115.636	1.56E-09
793	115.982	1.56E-09
791	115.938	1.57E-09
788.9	115.835	1.57E-09
784.1	115.73	1.58E-09
779	115.922	1.59E-09
774	115.988	1.6E-09
772	115.916	1.61E-09
769	116.07	1.61E-09
767	116.152	1.62E-09
765	116.195	1.62E-09
763.1	116.206	1.63E-09
756	116.348	1.64E-09
747	116.151	1.66E-09
744	116.026	1.67E-09
719	121.395	1.73E-09
689	115.596	1.8E-09
676	114.257	1.84E-09
672.1	113.927	1.85E-09
669	113.755	1.85E-09
663.9	113.907	1.87E-09
659	113.854	1.88E-09
657	113.861	1.89E-09
653	113.88	1.9E-09
648.1	113.74	1.91E-09
644	113.682	1.93E-09
642.1	113.713	1.93E-09
636.1	113.54	1.95E-09
633	113.442	1.96E-09
629	113.465	1.97E-09
625.9	113.219	1.98E-09
620.9	113.144	2E-09
614	113.011	2.02E-09
611.9	112.982	2.03E-09
610	112.664	2.03E-09
607.1	112.747	2.04E-09
604	112.586	2.05E-09
601	112.835	2.06E-09
598.9	112.691	2.07E-09
597	112.537	2.08E-09
594	112.876	2.09E-09
590	112.91	2.1E-09
586	112.886	2.12E-09
582	112.901	2.13E-09
579	112.721	2.14E-09



575	112.8	2.16E-09
571	112.884	2.17E-09
565.9	113.377	2.19E-09
564	113.442	2.2E-09
553.1	113.932	2.24E-09
551	114.094	2.25E-09
546.9	114.432	2.27E-09
539	114.351	2.3E-09
536	114.137	2.31E-09
531	113.515	2.34E-09
503.1	108.417	2.47E-09
500	108.28	2.48E-09
495.9	108.067	2.5E-09
492	108.107	2.52E-09
487	108.118	2.55E-09
482	107.971	2.57E-09
369.9	73.435	3.35E-09
367.9	73.479	3.37E-09
366.1	73.733	3.39E-09
362	74.331	3.43E-09
358	75.341	3.47E-09
332.9	82.32	3.73E-09
327.9	82.339	3.78E-09
251	18.998	4.94E-09
229.1	-1.146	5.42E-09
224.1	-0.034	5.54E-09
220	-0.047	5.64E-09
217	-0.066	5.72E-09
213.1	-0.088	5.82E-09
211	-0.091	5.88E-09
206	-0.074	6.02E-09
203	-0.089	6.11E-09



11/23/2015

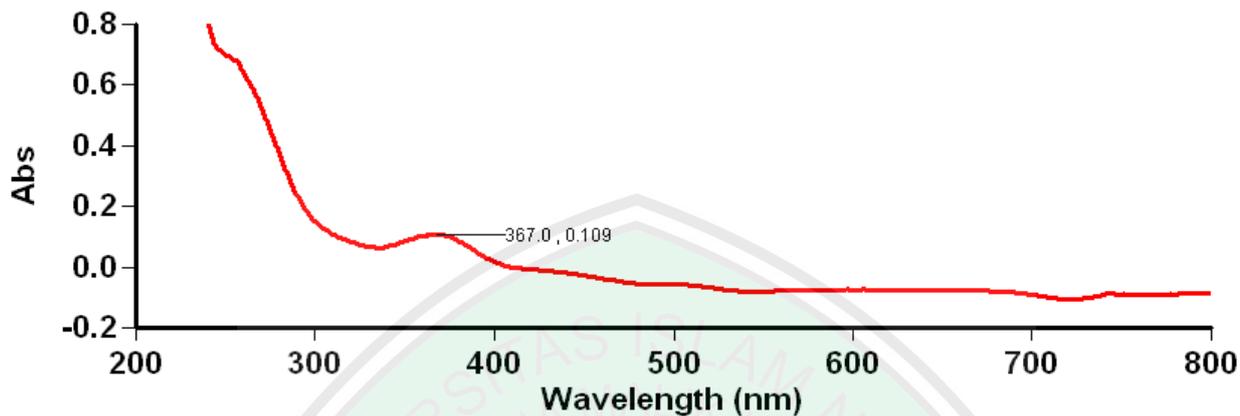
Laboratorium Kimia – Fakultas Saintek

Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

Data Lamdha & Absorbansi SiO₂-ZnO

Tanggal Analisa : 17 September 2015

1. Pada Suhu 473°C



Scan Analysis Report

Report Time : Thu 17 Sep 09:11:14 AM 2015

Method:

Batch: D:\Layanan Analisa\Muhsin Rasyidi-Fisika\Absorbansi\Lamdha Maks SiO₂-ZnO Pada Suhu 473 (17-09-2015).DSW

Software version: 3.00(339)

Operator: Rika

Sample Name: SiO₂-ZnO

Collection Time 9/17/2015 9:12:54 AM

Peak Table

Peak Style

Peak Threshold

Range

Peaks

0.0100

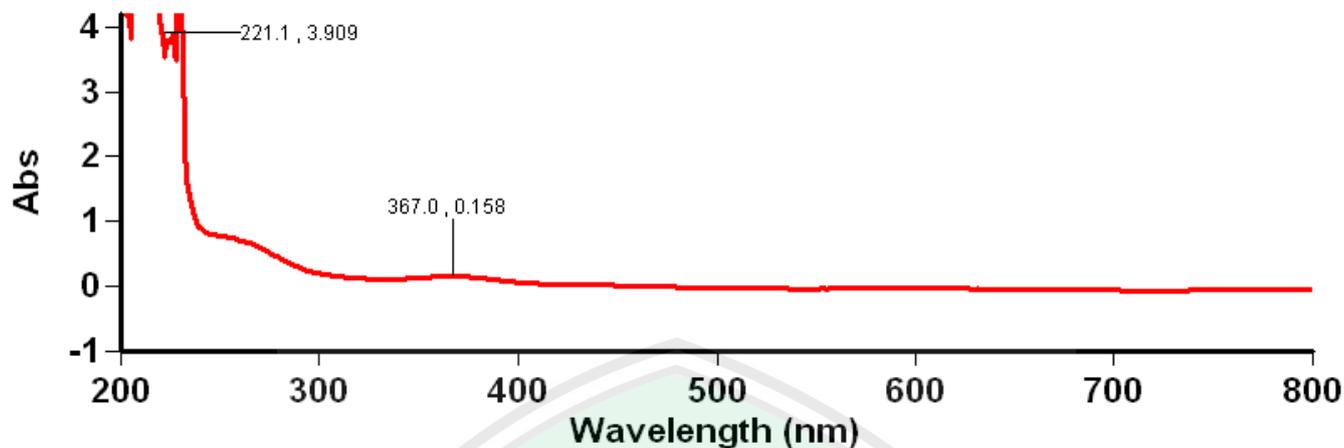
800.0nm to 200.0nm

Wavelength (nm)	Abs
367.0	0.109
230.9	10.000
224.1	10.000
217.0	10.000

11/23/2015

Laboratorium Kimia – Fakultas Saintek
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

2. Pada Suhu 573°C



Scan Analysis Report

Report Time : Thu 17 Sep 09:18:35 AM 2015
Method:
Batch: D:\Layanan Analisa\Muhsin Rasyidi-Fisika\Absorbansi\Lamdha Maks SiO₂-ZnO Pada Suhu 573 (17-09-2015).DSW
Software version: 3.00(339)
Operator: Rika

Sample Name: SiO₂-ZnO

Collection Time 9/17/2015 9:18:39 AM

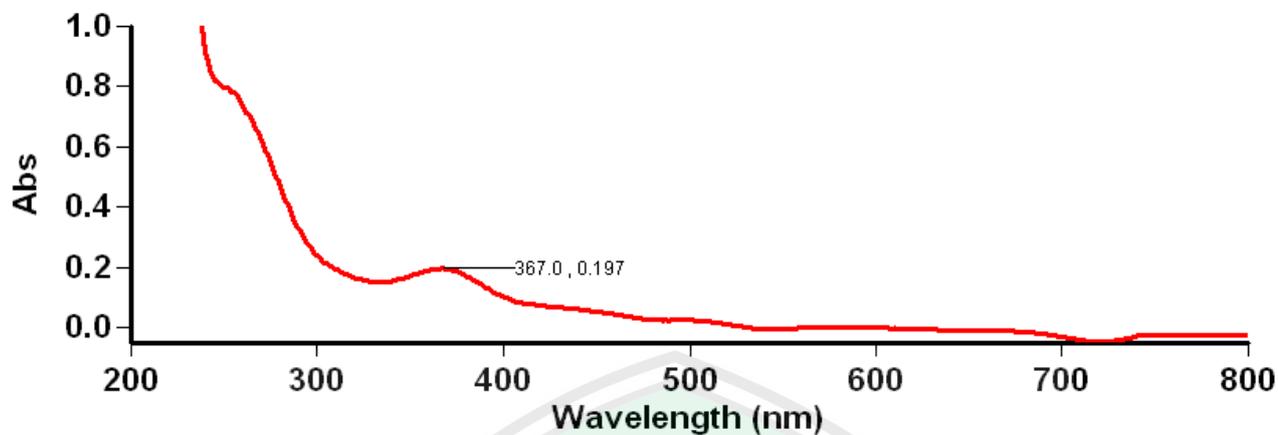
Peak Table
Peak Style Peaks
Peak Threshold 0.0100
Range 800.0nm to 200.0nm

Wavelength (nm)	Abs
367.0	0.158
230.0	10.000
225.9	3.892
224.1	3.794
221.1	3.909
219.0	10.000
217.0	10.000
208.0	10.000
204.0	10.000

11/23/2015

Laboratorium Kimia – Fakultas Saintek
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

3. Pada Suhu 600°C



Scan Analysis Report

Report Time : Thu 17 Sep 09:22:29 AM 2015
Method:
Batch: D:\Layanan Analisa\Muhsin Rasyidi-Fisika\Absorbansi\Lamdha Maks SiO₂-ZnO Pada Suhu 600 (17-09-2015).DSW
Software version: 3.00(339)
Operator: Rika

Sample Name: SiO₂-ZnO

Collection Time 9/17/2015 9:24:12 AM

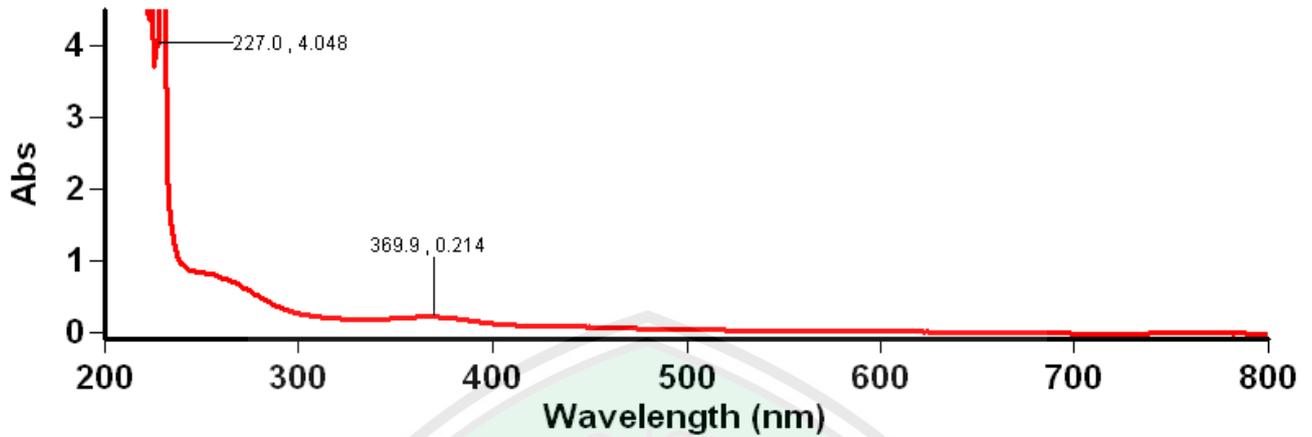
Peak Table
Peak Style Peaks
Peak Threshold 0.0100
Range 800.0nm to 200.0nm

Wavelength (nm)	Abs
367.0	0.197
230.9	10.000
225.9	10.000

11/23/2015

Laboratorium Kimia – Fakultas Saintek
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

4. Pada Suhu 673°C



Scan Analysis Report

Report Time : Thu 17 Sep 09:25:53 AM 2015

Method:

Batch: D:\Layanan Analisa\Muhsin Rasyidi-Fisika\Absorbansi\Lamdha Maks SiO₂-ZnO Pada

Suhu 673 (17-09-2015).DSW

Software version: 3.00(339)

Operator: Rika

Sample Name: SiO₂-ZnO

Collection Time

9/17/2015 9:27:44 AM

Peak Table

Peak Style

Peaks

Peak Threshold

0.0100

Range

800.0nm to 200.0nm

Wavelength (nm)

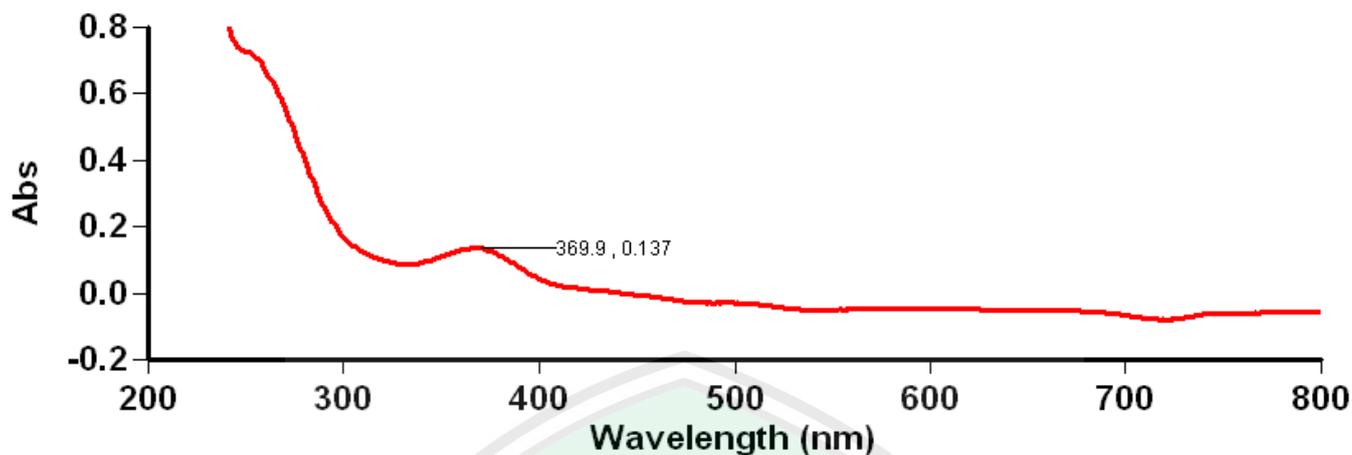
Abs

369.9	0.214
230.9	10.000
227.0	4.048
224.1	10.000

11/23/2015

Laboratorium Kimia – Fakultas Saintek
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

5. Pada Suhu 773°C



Scan Analysis Report

Report Time : Thu 17 Sep 09:30:08 AM 2015

Method:

Batch: D:\Layanan Analisa\Muhsin Rasyidi-Fisika\Absorbansi\Iamdha Maks SiO₂-ZnO Pada Suhu 773 (17-09-2015).DSW

Software version: 3.00(339)

Operator: Rika

Sample Name: SiO₂-ZnO

Collection Time 9/17/2015 9:31:41 AM

Peak Table

Peak Style

Peaks

Peak Threshold

0.0100

Range

800.0nm to 200.0nm

Wavelength (nm)

Abs

369.9	0.137
230.9	10.000

11/23/2015

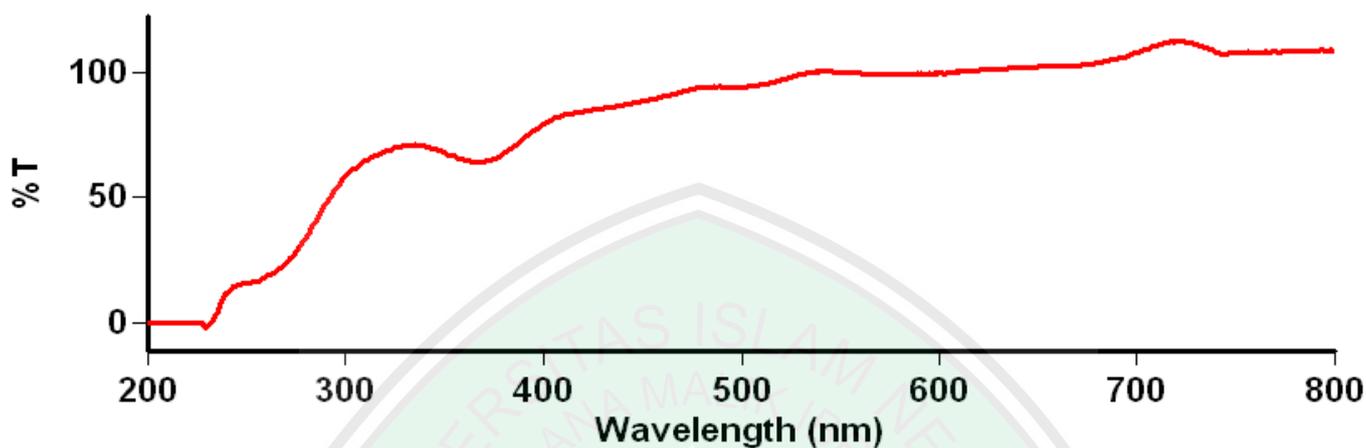
Laboratorium Kimia – Fakultas Saintek

Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

Data Lamdha & %T SiO₂-ZnO

Tanggal Analisa : 17 September 2015

1. Pada Suhu 473°C



Scan Analysis Report

Report Time : Thu 17 Sep 09:40:23 AM 2015

Method:

Batch: D:\Layanan Analisa\Muhsin Rasyidi-Fisika\%T\Lamdha Maks SiO₂-ZnO Pada Suhu 473 (17-09-2015).DSW

Software version: 3.00(339)

Operator: Rika

Sample Name: SiO₂-ZnO

Collection Time

9/17/2015 9:42:06 AM

Peak Table

Peak Style

Peak Threshold

Range

Peaks

0.010

800.0nm to 200.0nm

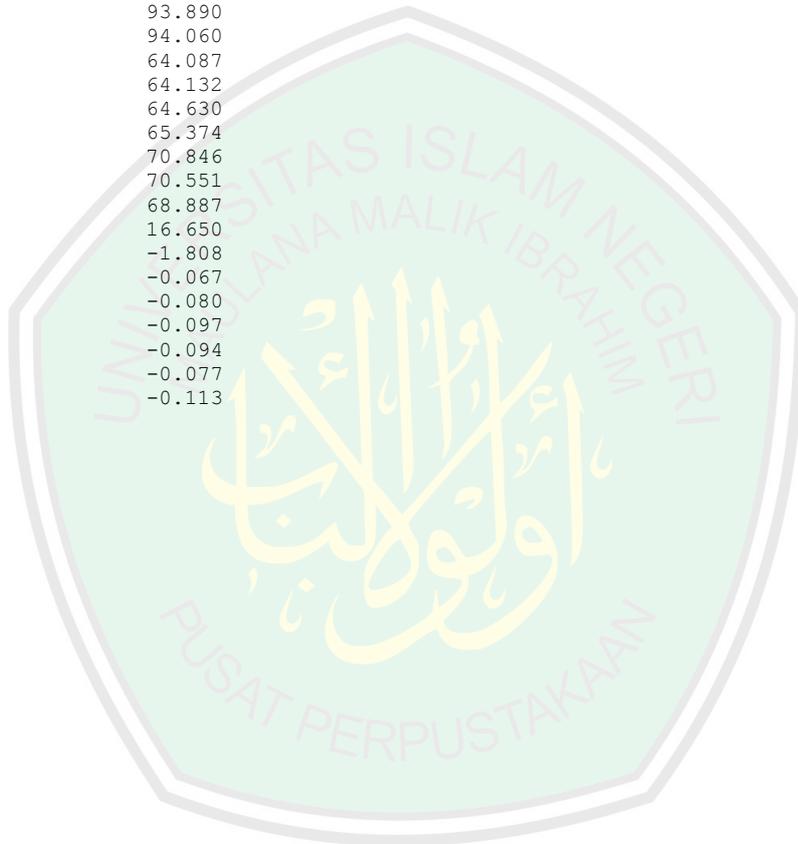
Wavelength (nm)	%T	Wavelength (nm)	%T
798.9	108.557	675.0	102.905
795.1	108.329	670.0	102.386
792.0	108.226	666.0	102.446
788.0	108.176	662.0	102.483
786.0	108.198	657.0	102.313
782.9	108.228	653.0	102.205
776.0	108.072	648.1	101.940
772.0	107.907	646.0	101.788
768.0	107.943	642.9	101.686
766.0	107.951	641.0	101.596
764.0	107.757	628.0	101.171
762.1	107.756	625.0	100.885
759.0	107.788	622.0	100.776
757.0	107.805	620.0	100.708
753.1	107.631	616.1	100.465
750.9	107.529	610.0	100.035
749.0	107.374	602.9	99.411
746.0	107.180	598.9	99.373
743.0	107.191	596.0	99.266
723.0	112.005	592.0	99.374
719.0	111.850	590.0	99.418
688.0	104.749	588.0	99.239

11/23/2015

Laboratorium Kimia – Fakultas Saintek

Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

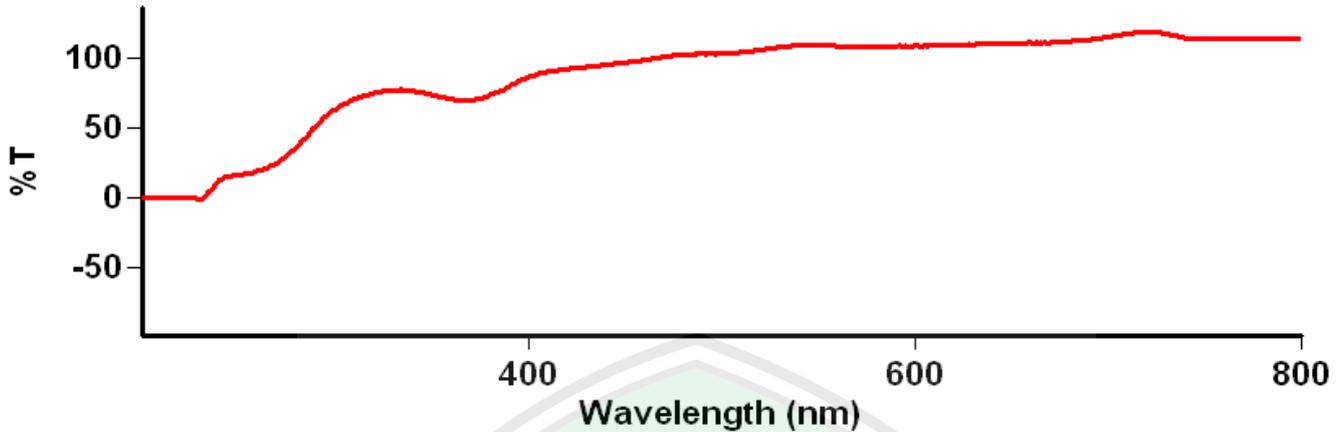
Wavelength (nm)	%T
581.0	99.109
578.0	98.915
575.0	98.958
571.0	98.954
569.1	98.938
565.9	99.184
562.9	99.220
558.0	99.569
554.0	99.592
549.9	99.894
539.0	100.092
536.0	99.854
505.9	94.281
500.0	93.888
497.0	93.764
490.9	93.890
487.0	94.060
369.9	64.087
366.1	64.132
362.0	64.630
358.0	65.374
337.0	70.846
330.0	70.551
323.0	68.887
254.9	16.650
229.1	-1.808
219.0	-0.067
217.0	-0.080
214.0	-0.097
209.0	-0.094
203.0	-0.077
201.0	-0.113



11/23/2015

Laboratorium Kimia – Fakultas Saintek
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

2. Pada Suhu 573°C



Scan Analysis Report

Report Time : Thu 17 Sep 09:52:10 AM 2015
Method:
Batch: D:\Layanan Analisa\Muhsin Rasyidi-Fisika\%T\Lamdha Maks SiO₂-ZnO Pada Suhu 573 (17-09-2015).DSW
Software version: 3.00(339)
Operator: Rika

Sample Name: SiO₂-ZnO

Collection Time 9/17/2015 9:53:45 AM

Peak Table
Peak Style Peaks
Peak Threshold 0.010
Range 800.0nm to 200.0nm

Wavelength (nm)	%T	Wavelength (nm)	%T
798.0	113.513	642.9	109.644
796.0	113.443	640.0	109.609
790.0	113.248	636.9	109.525
785.0	113.255	634.0	109.355
782.0	113.494	631.1	109.278
779.0	113.366	623.0	108.996
776.0	113.308	618.0	108.644
774.0	113.459	616.1	108.652
771.1	113.431	611.9	108.505
769.0	113.435	610.0	108.252
765.0	113.658	607.1	108.103
763.1	113.611	602.9	107.984
760.9	113.477	596.0	107.944
757.0	113.386	593.0	108.030
753.1	113.452	586.9	107.980
749.0	113.227	585.0	107.890
744.0	112.800	583.1	107.927
723.0	117.792	579.0	107.735
719.0	117.718	575.0	107.639
690.0	112.380	572.0	107.627
683.9	111.734	569.1	107.577
669.0	110.349	565.9	107.843
666.0	110.403	562.0	107.989
663.9	110.450	553.1	108.233
661.0	110.446	549.9	108.363
657.0	110.268	546.9	108.506
654.0	110.174	545.0	108.506
651.0	110.030	540.0	108.333
648.9	109.870	536.0	108.064
647.0	109.929	531.0	107.505

11/23/2015

Laboratorium Kimia – Fakultas Saintek

Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

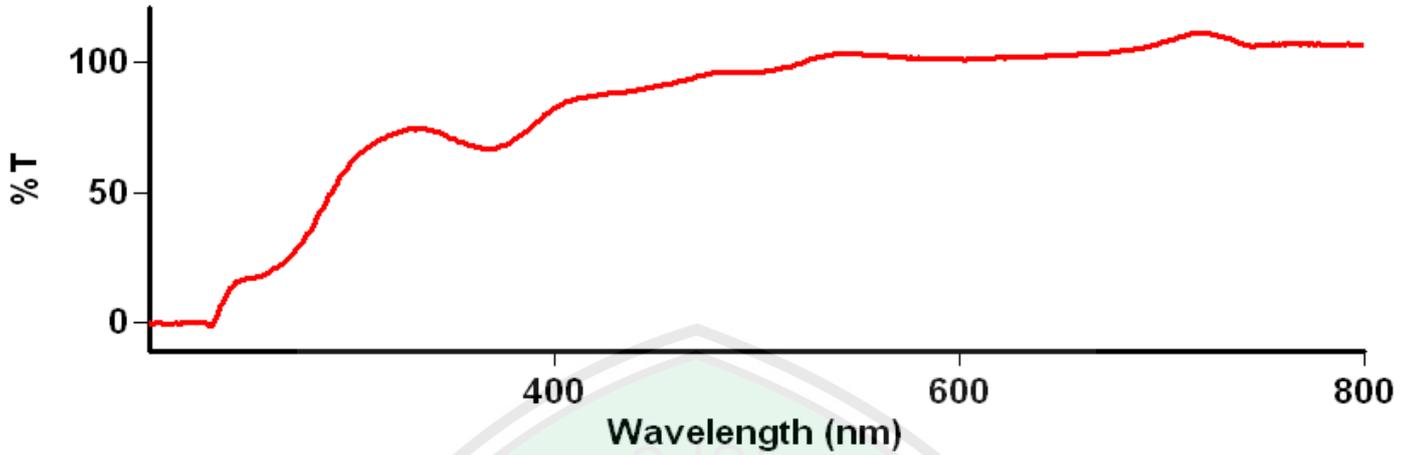
Wavelength (nm)	%T
503.1	102.738
497.0	102.342
492.0	102.312
487.0	102.313
369.0	69.257
367.0	69.164
364.1	69.580
358.0	70.718
344.0	75.052
337.0	76.516
332.9	76.581
331.1	76.639
230.9	-0.748
229.1	-1.347
222.0	-0.026
217.0	-0.063
214.0	-0.060
212.0	-0.051
208.0	-0.062
202.1	-0.056



11/23/2015

Laboratorium Kimia – Fakultas Saintek
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

3. Pada Suhu 600°C



Scan Analysis Report

Report Time : Thu 17 Sep 09:58:39 AM 2015
Method:
Batch: D:\Layanan Analisa\Muhsin Rasyidi-Fisika\%T\Lamdha Maks SiO₂-ZnO Pada Suhu 600 (17-09-2015).DSW
Software version: 3.00(339)
Operator: Rika

Sample Name: SiO₂-ZnO

Collection Time 9/17/2015 10:00:05 AM

Peak Table
Peak Style Peaks
Peak Threshold 0.010
Range 800.0nm to 200.0nm

Wavelength (nm)	%T	Wavelength (nm)	%T
798.9	106.154	625.0	101.521
795.1	106.123	623.0	101.395
790.0	106.373	620.9	101.442
786.0	106.340	618.0	101.291
782.0	106.324	615.0	101.279
780.0	106.524	611.9	101.215
776.0	106.573	610.0	100.913
773.0	106.588	607.1	100.785
771.1	106.633	602.9	100.758
769.0	106.511	598.0	100.860
764.0	106.617	596.0	100.778
760.9	106.530	592.0	101.075
759.0	106.461	589.0	101.131
757.0	106.427	586.0	101.178
750.9	106.291	584.0	101.264
746.0	105.645	579.0	101.291
722.0	110.687	575.0	101.389
719.0	110.565	570.0	101.579
682.1	104.223	565.0	101.896
668.0	102.902	560.0	102.277
666.0	102.914	558.0	102.451
663.1	102.752	554.0	102.609
655.9	102.459	551.0	102.749
651.0	102.293	546.9	102.980
648.1	102.150	539.0	102.820
642.9	101.981	536.0	102.486
639.0	102.003	495.9	95.665
636.1	101.941	492.0	95.679
631.1	101.804	487.0	95.850
628.0	101.753	483.9	95.711

11/23/2015

Laboratorium Kimia – Fakultas Saintek

Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

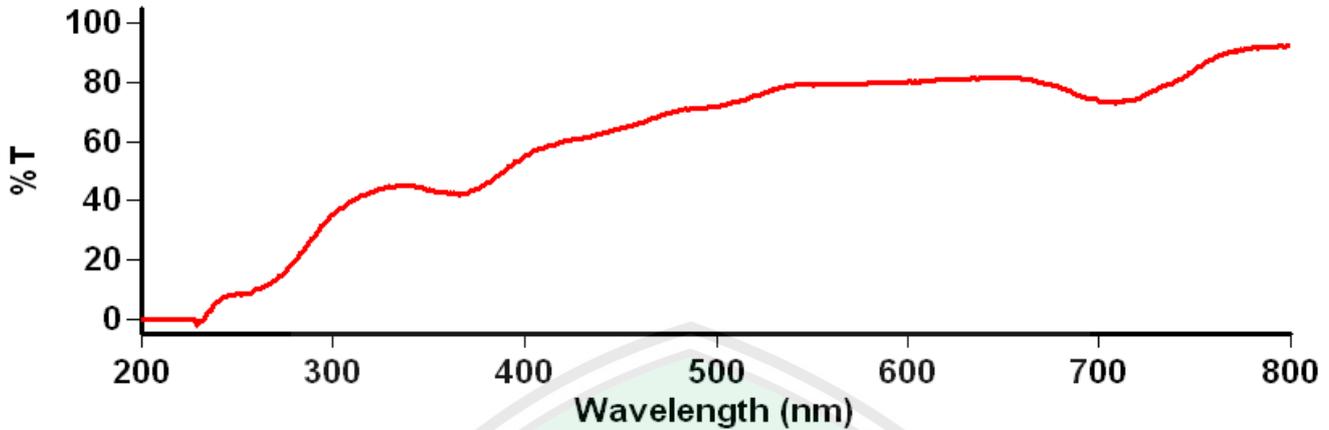
Wavelength (nm)	%T
482.0	95.712
433.1	88.114
369.9	66.644
367.9	66.626
365.0	66.670
362.0	67.102
358.0	67.812
335.0	74.335
332.0	74.066
330.0	74.105
251.0	17.248
230.9	-0.749
229.1	-1.050
222.0	-0.051
216.0	-0.075
214.0	-0.087
211.0	-0.094
209.0	-0.102
201.0	-0.114



11/23/2015

Laboratorium Kimia – Fakultas Saintek
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

4. Pada Suhu 673°C



Scan Analysis Report

Report Time : Thu 17 Sep 10:02:02 AM 2015
Method:
Batch: D:\Layanan Analisa\Muhsin Rasyidi-Fisika\%T\Lamdha Maks SiO₂-ZnO Pada Suhu 673 (17-09-2015).DSW
Software version: 3.00(339)
Operator: Rika

Sample Name: SiO₂-ZnO

Collection Time 9/17/2015 10:03:29 AM

Peak Table
Peak Style Peaks
Peak Threshold 0.010
Range 800.0nm to 200.0nm

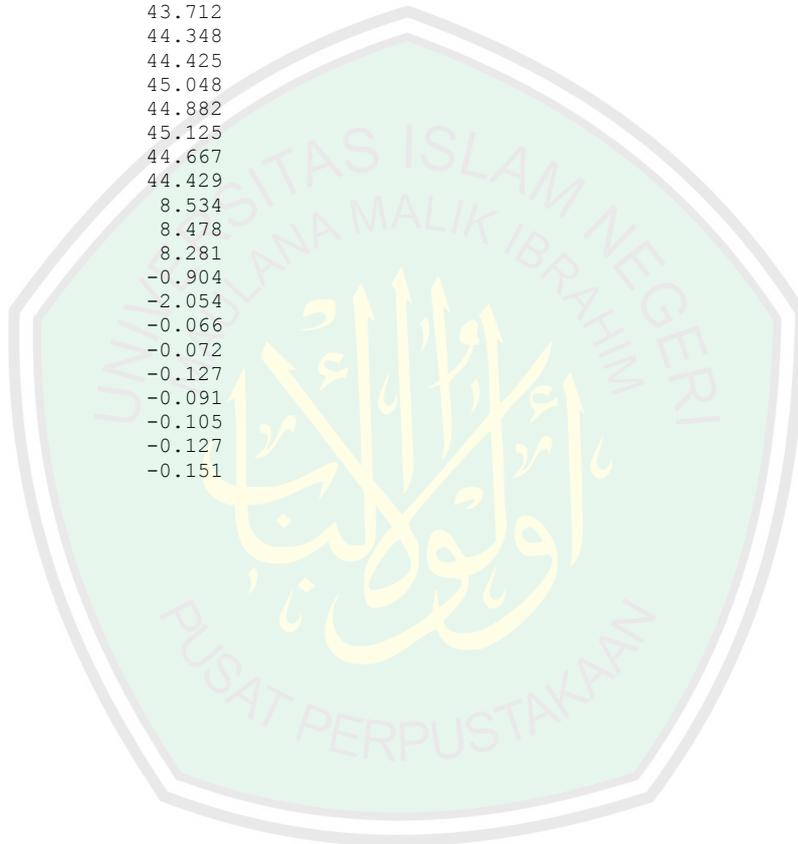
Wavelength (nm)	%T	Wavelength (nm)	%T
798.9	92.232	628.0	81.165
797.0	92.051	624.0	80.967
791.0	91.943	620.9	80.901
788.0	91.985	617.0	80.855
782.9	91.568	614.0	80.720
776.9	91.240	611.9	80.660
775.0	90.890	610.0	80.538
772.0	90.557	607.1	80.209
767.0	89.886	605.0	80.182
729.0	77.000	602.9	80.151
721.0	74.610	598.0	79.866
719.0	73.872	596.0	79.854
713.0	73.631	594.0	79.950
709.0	73.133	592.0	79.947
705.0	73.385	585.0	79.786
702.9	73.373	583.1	79.794
700.9	73.399	581.0	79.703
695.0	74.641	577.0	79.409
689.0	75.734	574.0	79.464
661.0	81.096	571.0	79.313
657.0	81.359	567.0	79.584
654.0	81.461	565.0	79.498
650.0	81.330	561.0	79.472
647.0	81.360	559.1	79.447
645.0	81.435	554.0	79.275
642.9	81.527	551.0	79.105
640.0	81.360	546.9	79.182
636.9	81.271	545.0	79.182
633.0	81.215	539.0	78.768
631.1	81.269	529.9	77.439

11/23/2015

Laboratorium Kimia – Fakultas Saintek

Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

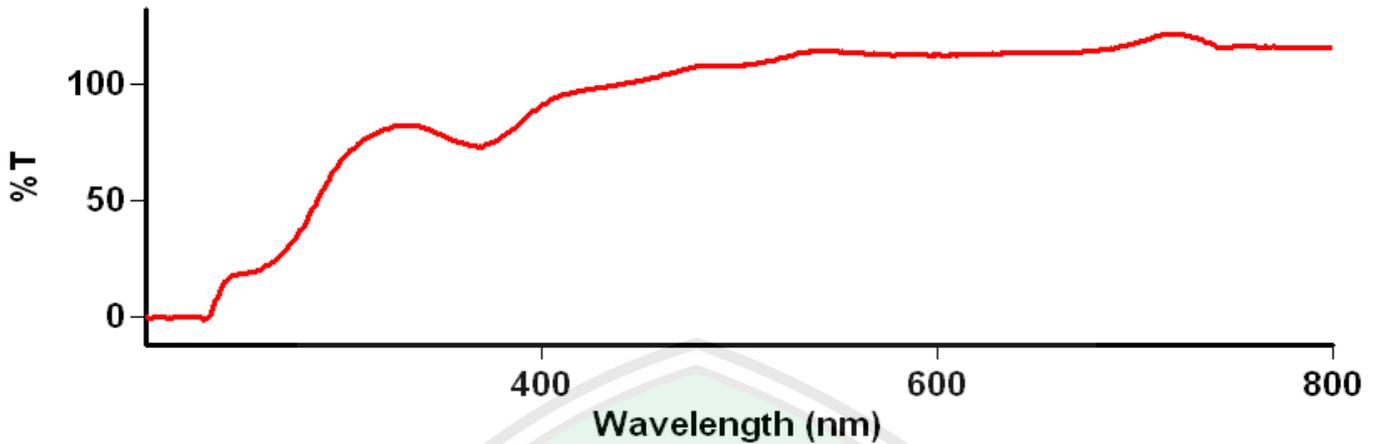
Wavelength (nm)	%T
500.0	71.838
498.1	71.623
495.0	71.353
493.1	71.399
490.0	71.107
485.0	70.845
449.0	64.140
432.0	61.396
426.0	60.773
422.9	60.150
366.1	42.021
364.1	42.249
362.0	42.518
360.0	42.474
354.0	43.059
349.0	43.712
346.0	44.348
343.1	44.425
339.0	45.048
337.0	44.882
335.0	45.125
330.0	44.667
327.9	44.429
256.0	8.534
254.0	8.478
251.9	8.281
230.9	-0.904
229.1	-2.054
223.0	-0.066
220.0	-0.072
216.0	-0.127
214.0	-0.091
211.0	-0.105
204.0	-0.127
201.0	-0.151



11/23/2015

Laboratorium Kimia – Fakultas Saintek
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

5. Pada Suhu 773°C



Scan Analysis Report

Report Time : Thu 17 Sep 10:05:17 AM 2015
Method:
Batch: D:\Layanan Analisa\Muhsin Rasyidi-Fisika\%T\Lamdha Maks SiO₂-ZnO Pada Suhu 773 (17-09-2015).DSW
Software version: 3.00(339)
Operator: Rika

Sample Name: SiO₂-ZnO

Collection Time 9/17/2015 10:06:44 AM

Peak Table
Peak Style Peaks
Peak Threshold 0.010
Range 800.0nm to 200.0nm

Wavelength (nm)	%T	Wavelength (nm)	%T
798.9	115.701	629.0	113.465
797.0	115.636	625.9	113.219
793.0	115.982	620.9	113.144
791.0	115.938	614.0	113.011
788.9	115.835	611.9	112.982
784.1	115.730	610.0	112.664
779.0	115.922	607.1	112.747
774.0	115.988	604.0	112.586
772.0	115.916	601.0	112.835
769.0	116.070	598.9	112.691
767.0	116.152	597.0	112.537
765.0	116.195	594.0	112.876
763.1	116.206	590.0	112.910
756.0	116.348	586.0	112.886
747.0	116.151	582.0	112.901
744.0	116.026	579.0	112.721
719.0	121.395	575.0	112.800
689.0	115.596	571.0	112.884
676.0	114.257	565.9	113.377
672.1	113.927	564.0	113.442
669.0	113.755	553.1	113.932
663.9	113.907	551.0	114.094
659.0	113.854	546.9	114.432
657.0	113.861	539.0	114.351
653.0	113.880	536.0	114.137
648.1	113.740	531.0	113.515
644.0	113.682	503.1	108.417
642.1	113.713	500.0	108.280
636.1	113.540	495.9	108.067
633.0	113.442	492.0	108.107

11/23/2015

Laboratorium Kimia – Fakultas Saintek

Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

Wavelength (nm)	%T
487.0	108.118
482.0	107.971
369.9	73.435
367.9	73.479
366.1	73.733
362.0	74.331
358.0	75.341
332.9	82.320
327.9	82.339
251.0	18.998
229.1	-1.146
224.1	-0.034
220.0	-0.047
217.0	-0.066
213.1	-0.088
211.0	-0.091
206.0	-0.074
203.0	-0.089



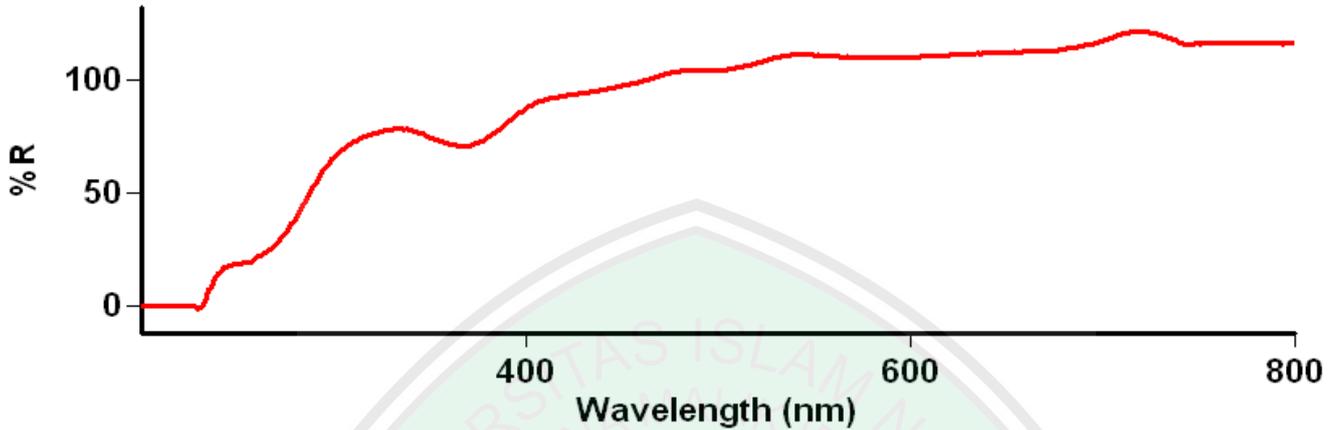
11/23/2015

Laboratorium Kimia – Fakultas Saintek
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

Data Lamdha & %R SiO₂-ZnO

Tanggal Analisa : 17 September 2015

1. Pada Suhu 473°C



Scan Analysis Report

Report Time : Thu 17 Sep 10:13:27 AM 2015

Method:

Batch: D:\Layanan Analisa\Muhsin Rasyidi-Fisika\%R\Lamdha Maks SiO₂-ZnO Pada Suhu 473 (17-09-2015).DSW

Software version: 3.00(339)

Operator: Rika

Sample Name: SiO₂-ZnO

Collection Time 9/17/2015 10:16:55 AM

Peak Table

Peak Style

Peak Threshold

Range

Peaks

0.010

800.0nm to 200.0nm

Wavelength (nm)	%R	Wavelength (nm)	%R
797.0	116.402	663.9	112.594
793.9	116.055	658.0	112.498
788.9	116.318	655.9	112.453
785.0	116.232	652.0	112.318
782.0	116.274	648.1	112.174
780.0	116.440	644.0	112.099
778.1	116.361	642.1	112.058
776.0	116.422	636.9	111.802
773.0	116.218	634.0	111.778
769.0	116.301	630.0	111.601
767.0	116.335	619.0	110.997
763.1	116.232	615.0	110.696
760.9	116.354	610.0	110.516
753.1	116.261	602.9	110.102
750.9	116.095	601.0	110.293
747.0	115.849	597.0	110.049
745.0	115.819	592.0	110.122
721.0	121.430	588.0	110.001
719.0	121.184	584.0	110.010
689.0	114.928	581.0	110.123
683.9	114.124	579.0	109.819
673.9	112.884	577.0	109.896
672.1	112.776	574.0	109.913
669.0	112.664	571.0	109.942

11/23/2015

Laboratorium Kimia – Fakultas Saintek

Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

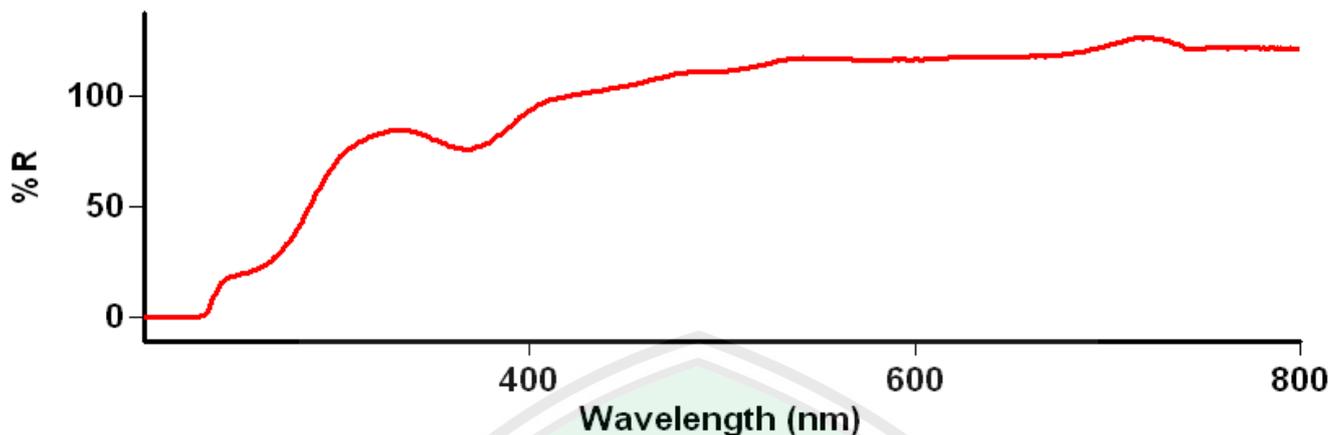
Wavelength (nm)	%R
569.1	110.010
565.9	110.324
564.0	110.365
561.0	110.480
558.0	110.714
554.0	110.863
551.0	111.056
546.9	111.203
539.0	111.181
536.0	110.844
499.0	104.157
495.9	104.036
492.0	104.079
487.0	104.146
483.0	104.030
369.9	70.681
367.9	70.726
365.0	70.735
362.0	71.393
358.0	72.136
344.0	76.670
337.0	78.283
335.0	78.600
332.9	78.383
330.0	77.911
326.1	77.468
257.0	19.659
251.0	18.655
229.1	-1.344
225.9	-0.018
215.0	-0.088
209.9	-0.067
206.9	-0.077
205.1	-0.100
201.0	-0.087



11/23/2015

Laboratorium Kimia – Fakultas Saintek
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

2. Pada Suhu 573°C



Scan Analysis Report

Report Time : Thu 17 Sep 10:18:45 AM 2015
Method:
Batch: D:\Layanan Analisa\Muhsin Rasyidi-Fisika\%R\Lamdha Maks SiO₂-ZnO Pada Suhu 573 (17-09-2015).DSW
Software version: 3.00(339)
Operator: Rika

Sample Name: SiO₂-ZnO

Collection Time 9/17/2015 10:20:26 AM

Peak Table
Peak Style Peaks
Peak Threshold 0.010
Range 800.0nm to 200.0nm

Wavelength (nm)	%R	Wavelength (nm)	%R
798.9	121.634	647.0	117.623
797.0	121.845	645.0	117.567
792.0	121.822	642.1	117.555
788.9	121.842	640.0	117.622
787.0	121.768	638.0	117.688
782.0	121.828	636.1	117.584
780.0	121.908	632.0	117.618
776.0	121.974	629.0	117.743
774.0	121.953	625.9	117.678
772.0	121.871	620.0	117.537
769.9	122.016	615.0	117.325
768.0	121.929	613.0	117.248
763.1	121.869	610.0	116.937
760.9	121.961	607.1	116.889
759.0	121.929	602.9	116.596
757.0	121.929	597.0	116.607
755.0	122.012	592.0	116.758
753.1	121.965	586.9	116.717
750.9	121.804	585.0	116.715
748.0	121.417	581.0	116.694
744.0	121.538	579.0	116.477
719.0	126.275	575.0	116.415
690.0	120.683	571.0	116.465
675.0	118.797	565.0	116.807
670.0	118.301	560.0	117.014
668.0	118.229	553.1	117.060
663.1	118.198	549.9	117.186
658.0	117.961	546.9	117.317
654.0	117.895	545.0	117.352
648.9	117.611	539.0	117.196

11/23/2015

Laboratorium Kimia – Fakultas Saintek

Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

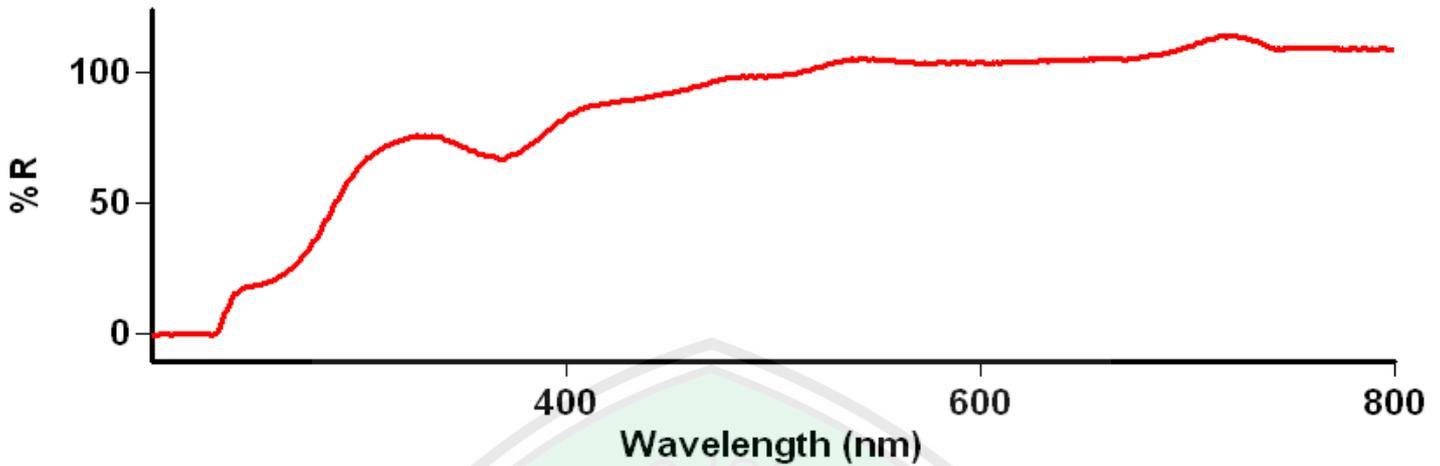
Wavelength (nm)	%R
536.0	116.990
500.0	111.322
495.9	111.134
490.9	111.057
487.0	111.016
369.0	76.055
362.0	76.624
339.0	84.151
337.0	84.380
332.9	84.546
329.0	84.543
327.0	84.185
323.0	83.078
256.0	20.589
228.0	0.021
222.0	0.026
219.0	0.029
214.0	0.016
212.0	0.034
205.1	0.031
202.1	0.050



11/23/2015

Laboratorium Kimia – Fakultas Saintek
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

3. Pada Suhu 600°C



Scan Analysis Report

Report Time : Thu 17 Sep 10:22:08 AM 2015
Method:
Batch: D:\Layanan Analisa\Muhsin Rasyidi-Fisika\%R\Lamdha Maks SiO₂-ZnO Pada Suhu 600 (17-09-2015).DSW
Software version: 3.00(339)
Operator: Rika

Sample Name: SiO₂-ZnO

Collection Time 9/17/2015 10:23:40 AM

Peak Table
Peak Style Peaks
Peak Threshold 0.010
Range 800.0nm to 200.0nm

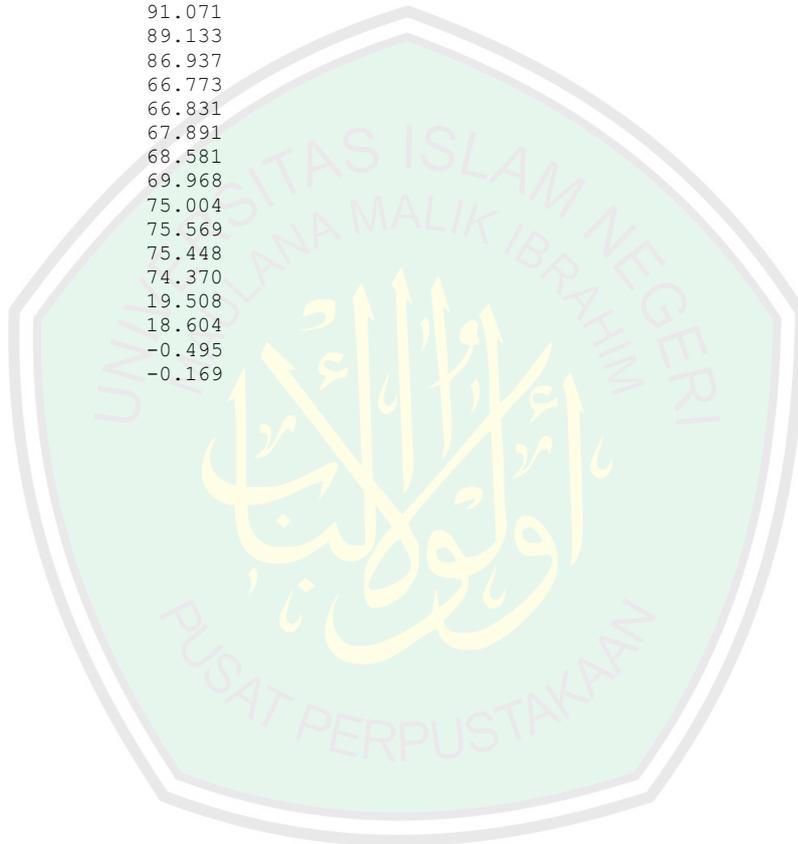
Wavelength (nm)	%R	Wavelength (nm)	%R
798.0	108.554	655.1	104.763
791.0	108.411	651.0	104.721
787.0	108.645	648.1	104.647
782.9	108.604	642.9	104.629
779.0	108.795	640.0	104.541
776.9	108.617	638.0	104.497
774.0	108.767	633.0	104.168
771.1	108.813	624.0	103.942
769.0	109.027	620.9	103.883
767.0	108.927	619.0	103.652
765.0	108.878	617.0	103.651
758.0	109.063	614.0	103.723
755.0	109.102	611.9	103.731
752.1	108.889	609.0	103.392
749.0	108.892	607.1	103.459
747.0	108.812	602.9	103.243
745.0	108.538	601.0	103.584
743.0	108.627	598.9	103.549
721.0	113.727	597.0	103.263
719.0	113.453	594.0	103.485
717.0	113.515	589.0	103.473
684.9	106.342	585.0	103.352
681.0	105.828	579.0	103.326
669.0	104.608	575.0	103.306
665.0	104.922	571.0	103.316
663.1	104.909	569.1	103.354
659.0	104.918	565.9	103.676
657.0	104.897		

11/23/2015

Laboratorium Kimia – Fakultas Saintek

Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

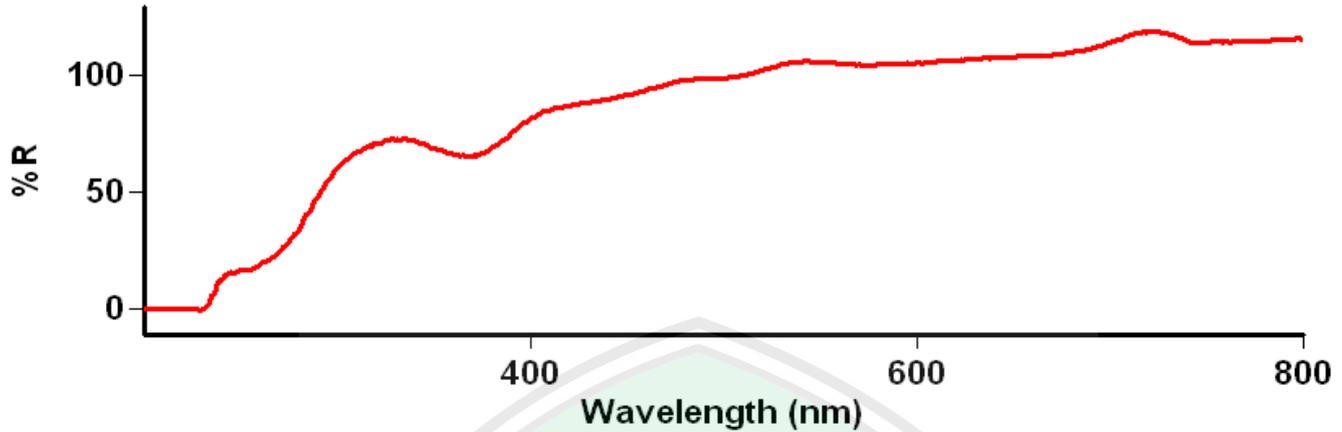
Wavelength (nm)	%R
561.0	103.943
553.1	104.198
551.0	104.307
546.9	104.685
541.1	104.433
536.0	104.361
533.0	103.859
528.0	102.848
517.0	100.415
503.1	98.406
497.0	98.026
492.0	97.976
487.0	98.148
483.9	97.890
481.1	98.022
444.0	91.071
429.1	89.133
413.1	86.937
369.9	66.773
367.9	66.831
362.0	67.891
358.0	68.581
354.0	69.968
339.0	75.004
334.0	75.569
329.0	75.448
323.0	74.370
256.0	19.508
251.0	18.604
229.1	-0.495
209.9	-0.169



11/23/2015

Laboratorium Kimia – Fakultas Saintek
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

4. Pada Suhu 673°C



Scan Analysis Report

Report Time : Thu 17 Sep 10:25:15 AM 2015
Method:
Batch: D:\Layanan Analisa\Muhsin Rasyidi-Fisika\%R\Lamdha Maks SiO₂-ZnO Pada Suhu 673 (17-09-2015).DSW
Software version: 3.00(339)
Operator: Rika

Sample Name: SiO₂-ZnO

Collection Time 9/17/2015 10:26:41 AM

Peak Table
Peak Style Peaks
Peak Threshold 0.010
Range 800.0nm to 200.0nm

Wavelength (nm)	%R	Wavelength (nm)	%R
798.9	114.810	638.0	106.918
796.0	114.710	631.1	106.714
793.0	114.771	629.0	106.658
786.0	114.690	625.9	106.340
782.0	114.186	624.0	106.216
779.0	114.403	622.0	106.094
776.9	114.358	618.0	105.872
773.0	114.050	614.0	105.712
771.1	113.964	611.9	105.570
769.0	113.954	610.0	105.320
765.0	113.884	607.1	105.128
763.1	113.751	602.9	104.781
759.0	113.825	596.0	104.550
757.0	113.846	594.0	104.671
752.1	113.614	590.9	104.551
746.0	113.407	589.0	104.499
744.0	113.558	585.0	104.340
719.0	117.867	582.0	104.285
686.0	110.134	579.0	103.991
669.0	108.003	577.0	104.085
666.0	108.105	575.0	104.048
661.0	108.159	571.0	104.023
658.0	107.945	569.1	104.075
654.0	107.769	565.9	104.464
651.0	107.544	561.0	104.623
647.0	107.425	557.0	104.894
642.9	107.085	554.0	104.994
641.0	107.020	551.0	105.002

11/23/2015

Laboratorium Kimia – Fakultas Saintek

Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

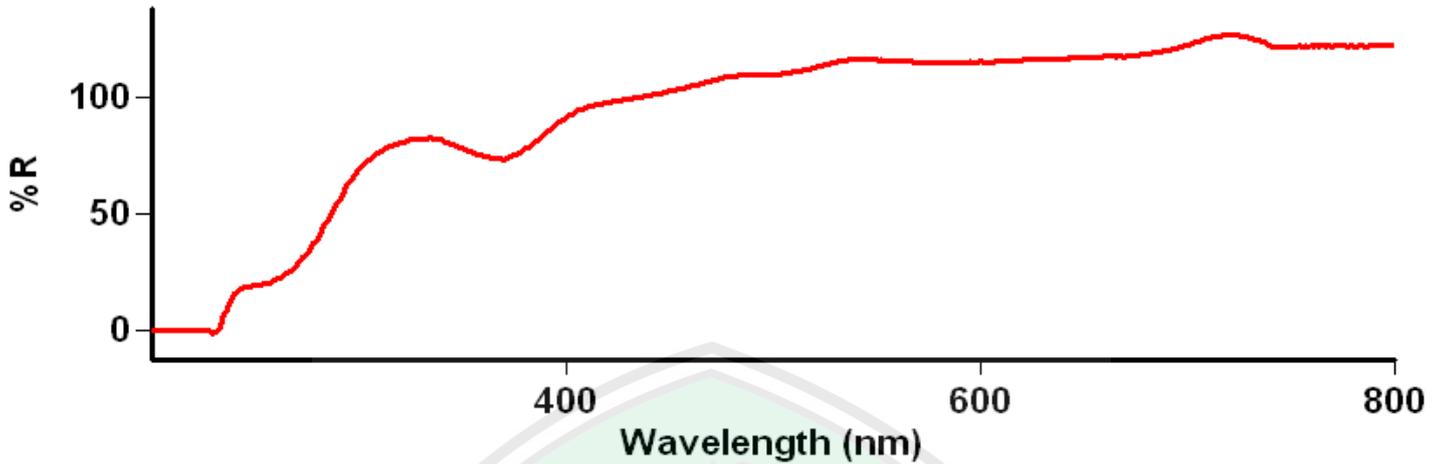
Wavelength (nm)	%R
546.0	105.324
543.0	105.582
539.0	105.253
531.0	104.383
499.0	98.263
497.0	98.122
490.9	98.013
487.0	98.014
481.1	97.685
424.0	87.237
374.0	65.960
372.0	65.375
369.9	64.952
367.9	65.174
364.1	65.364
362.0	65.511
337.0	72.108
332.0	72.140
330.0	71.966
327.0	72.252
318.0	69.427
256.0	16.546
254.0	16.857
251.9	16.875
246.0	15.553
240.0	12.218
229.1	-0.565
224.1	-0.061
222.0	-0.061
217.0	-0.090
214.0	-0.081
209.9	-0.043
204.0	-0.098
201.0	-0.051



11/23/2015

Laboratorium Kimia – Fakultas Saintek
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

5. Pada Suhu 773°C



Scan Analysis Report

Report Time : Thu 17 Sep 10:28:15 AM 2015
Method:
Batch: D:\Layanan Analisa\Muhsin Rasyidi-Fisika\%R\Lamdha Maks SiO₂-ZnO Pada Suhu 773 (17-09-2015).DSW
Software version: 3.00(339)
Operator: Rika

Sample Name: SiO₂-ZnO

Collection Time 9/17/2015 10:29:30 AM

Peak Table
Peak Style Peaks
Peak Threshold 0.010
Range 800.0nm to 200.0nm

Wavelength (nm)	%R	Wavelength (nm)	%R
798.0	121.871	641.0	116.515
795.1	121.958	639.0	116.427
793.0	121.986	636.9	116.303
790.0	121.808	635.0	116.306
786.0	121.711	633.0	116.327
784.1	121.871	631.1	116.071
781.0	121.733	629.0	116.117
778.1	121.720	625.0	115.888
773.0	121.838	620.0	115.749
769.9	121.753	616.1	115.585
767.0	121.748	611.9	115.497
764.0	121.760	610.0	115.149
760.9	121.750	604.0	114.859
759.0	121.630	598.9	114.729
756.0	121.596	596.0	114.749
753.1	121.688	594.0	114.908
746.0	121.224	590.9	114.927
744.0	121.368	584.0	114.856
719.0	126.312	579.0	114.703
688.0	119.460	577.0	114.692
669.0	117.261	574.0	114.735
666.0	117.293	572.0	114.715
662.0	117.369	565.0	115.199
659.0	117.223	561.0	115.343
657.0	117.181	557.0	115.635
655.1	117.134	554.0	115.673
647.0	116.783	551.0	115.850
642.9	116.438	549.0	115.909

11/23/2015

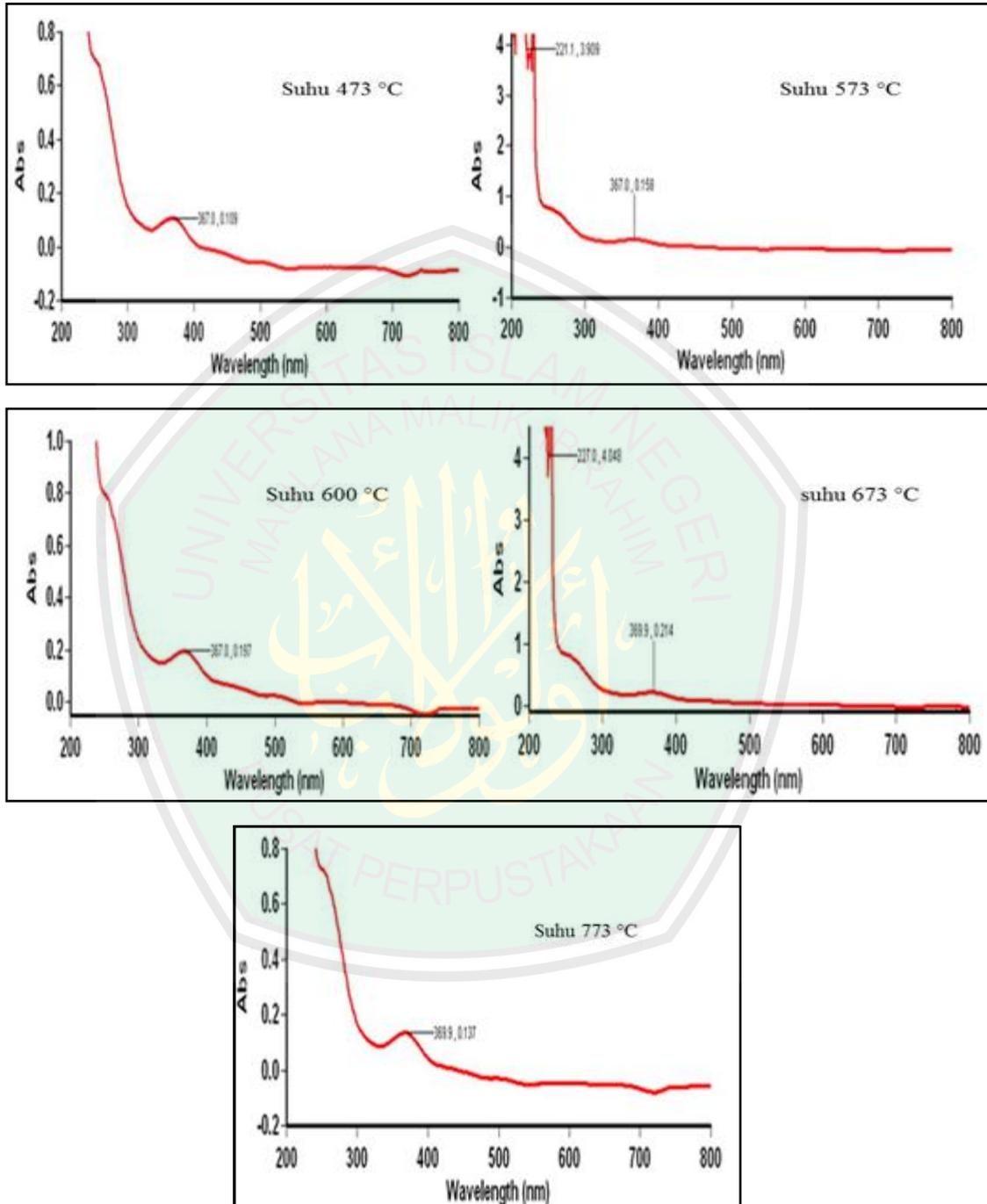
Laboratorium Kimia – Fakultas Saintek

Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

Wavelength (nm)	%R
546.0	116.068
543.0	116.160
539.0	115.979
535.1	115.745
507.0	110.082
495.0	109.265
490.9	109.262
487.0	109.261
369.9	73.368
367.9	73.480
366.1	73.554
362.0	74.216
358.0	75.150
344.0	80.003
332.9	82.296
330.0	82.159
256.0	19.983
251.9	19.404
230.9	-0.490
229.1	-1.348
222.0	-0.026
217.9	-0.053
213.1	-0.072
208.0	-0.057
201.0	-0.107

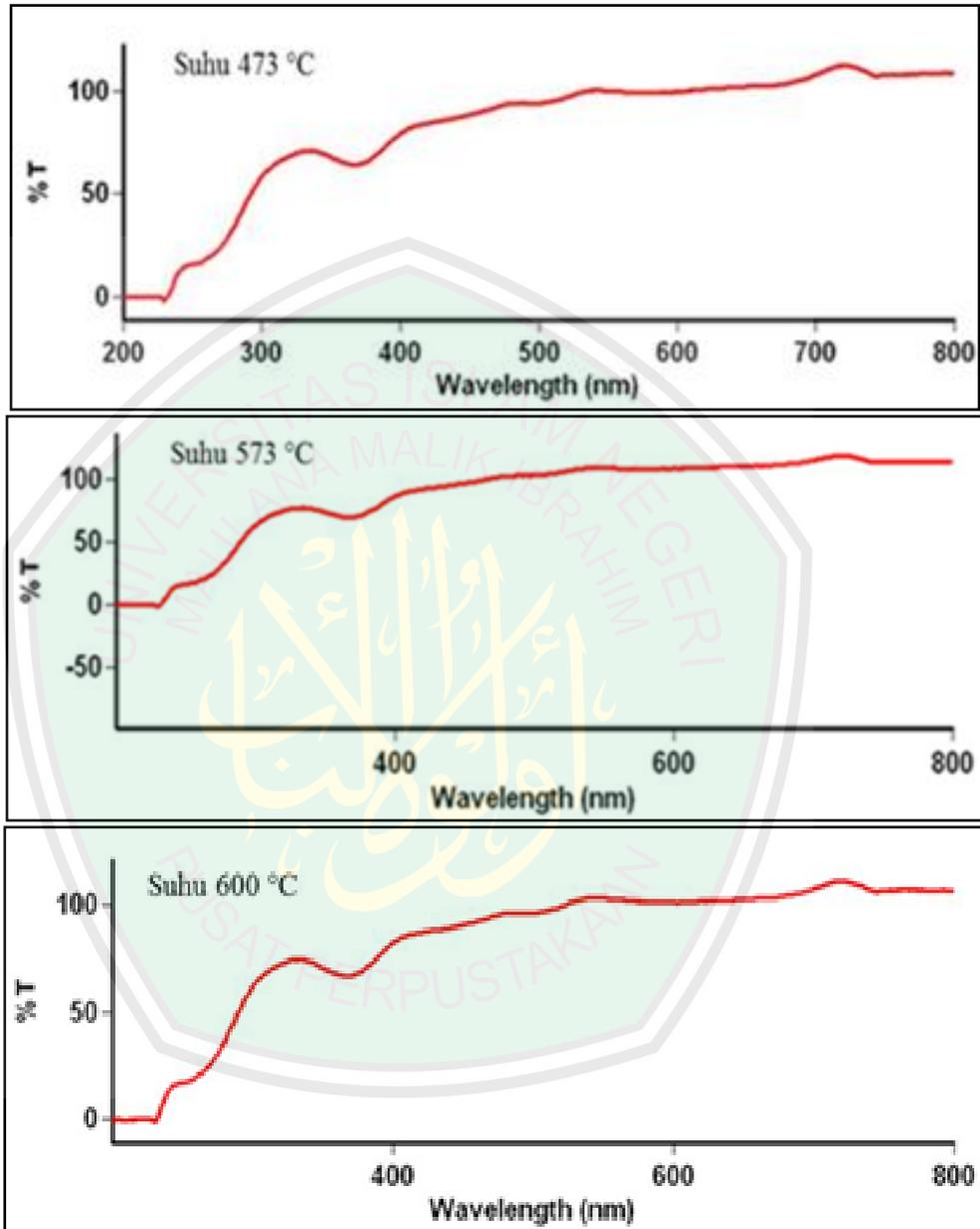


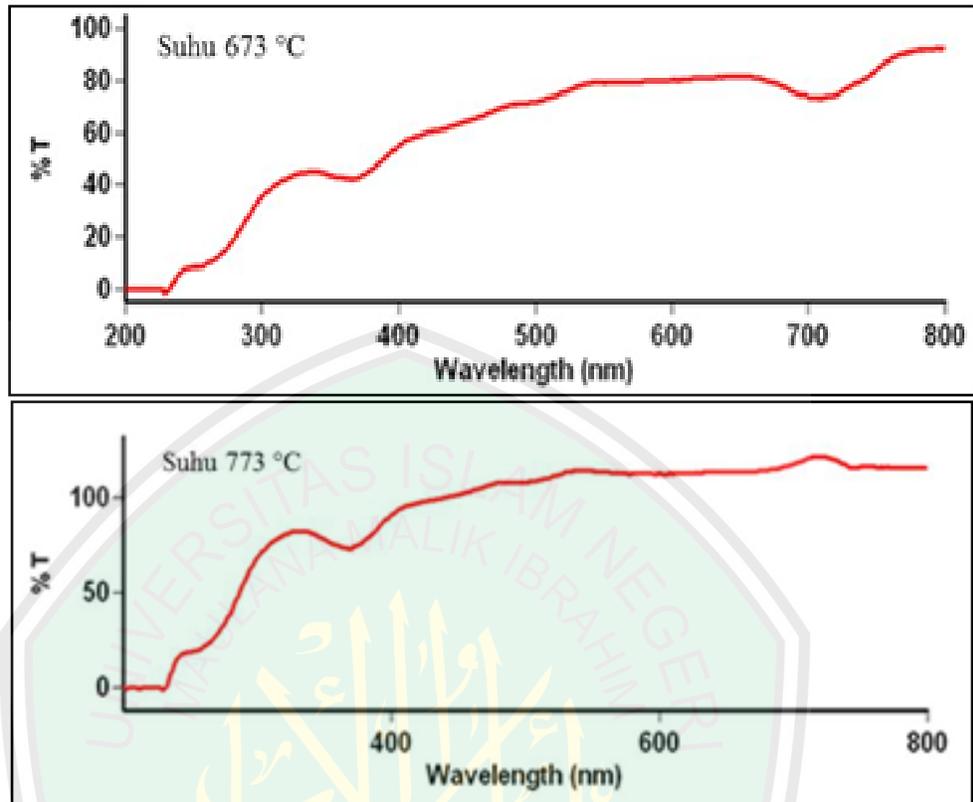
Lampiran 1



Gambar 4.1 Grafik Absorbansi Terhadap Panjang Gelombang UV pada Bahan Campuran $\text{SiO}_2 - \text{ZnO}$ dengan Suhu 473 °C, 573 °C, 600 °C, 673 °C, dan 773 °C

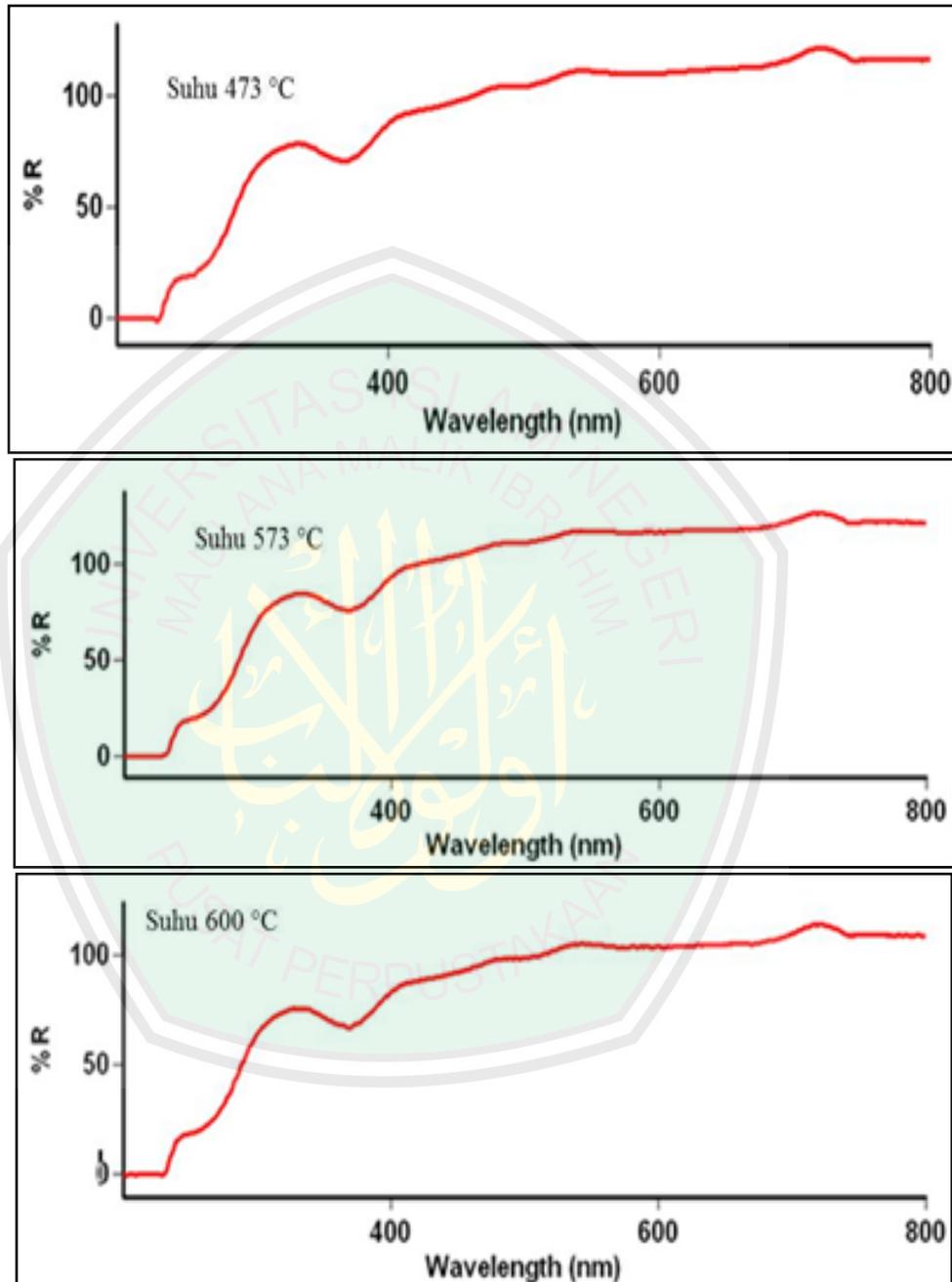
Lampiran 2

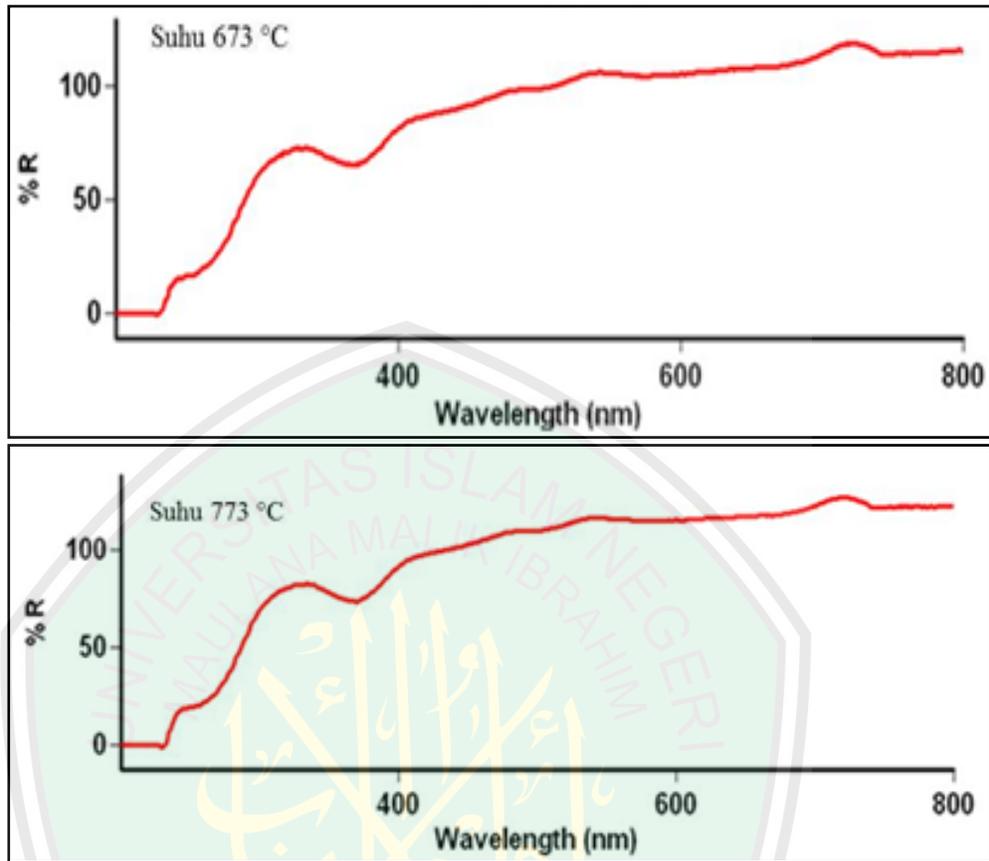




Gambar 4.2 Grafik Transmittansi Terhadap Panjang Gelombang Pada Bahan Campuran $SiO_2 - ZnO$ dengan Suhu 473 °C, 573 °C, 600 °C, 673 °C, dan 773 °C

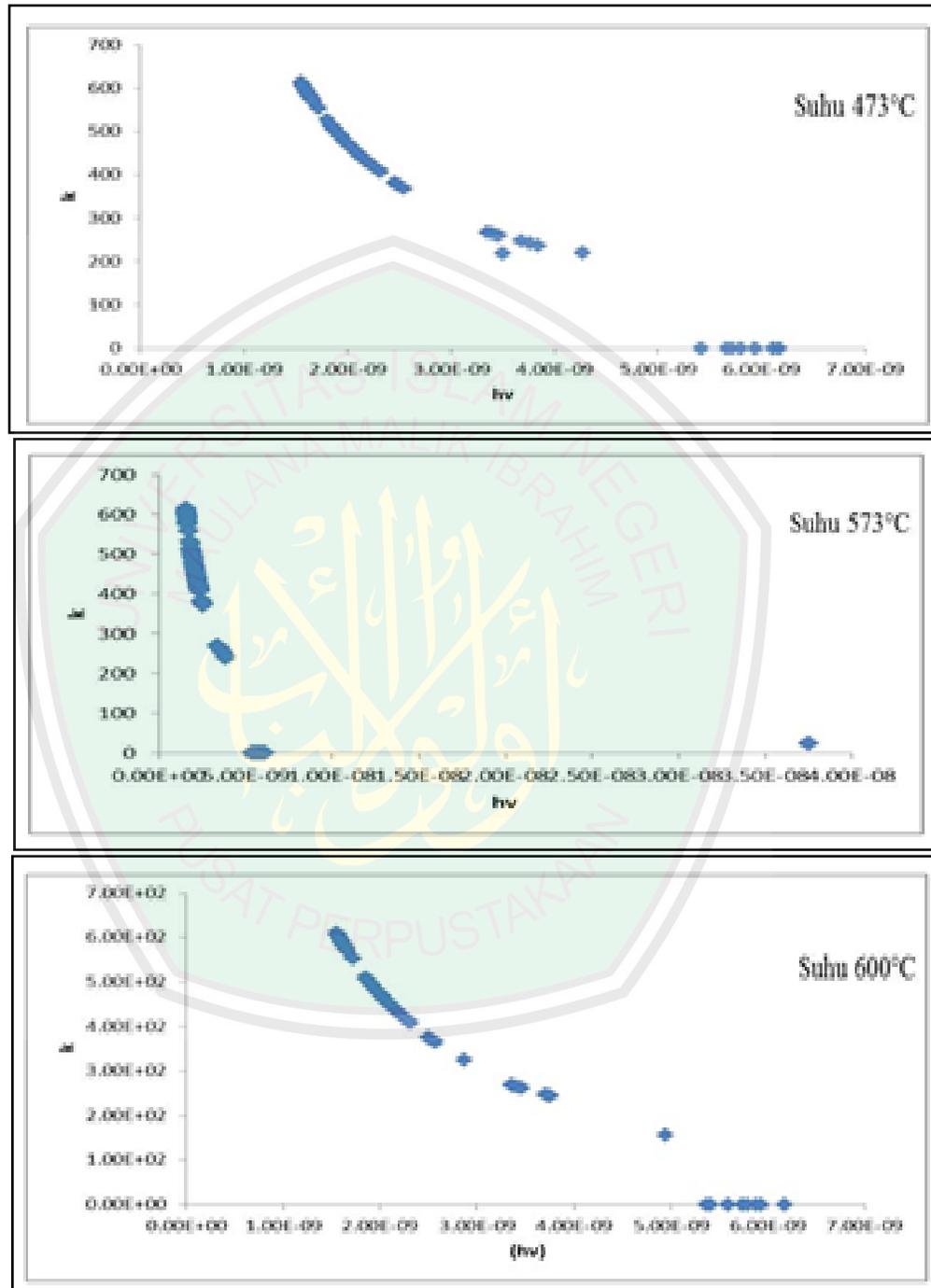
Lampiran 3

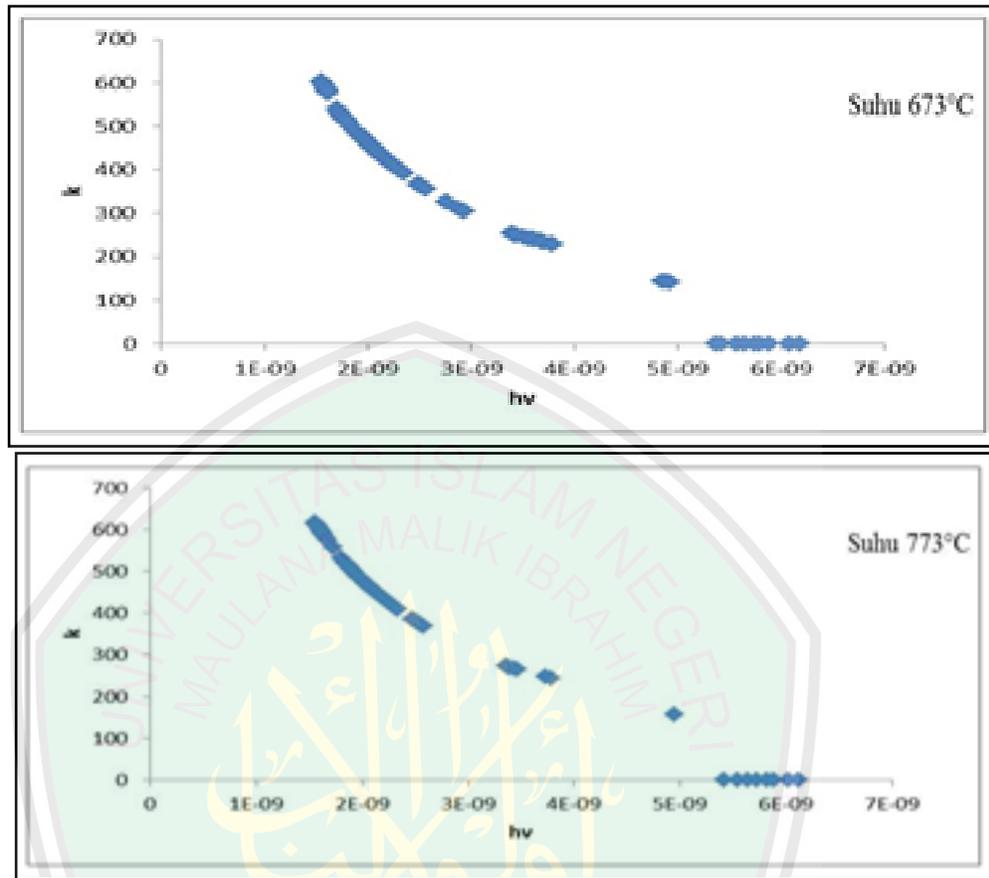




Gambar 4.4 Grafik reflektansi terhadap panjang gelombang pada bahan campuran $SiO_2 - ZnO$ dengan suhu 473 °C, 573 °C, 600 °C, 673°C, dan 773 °C

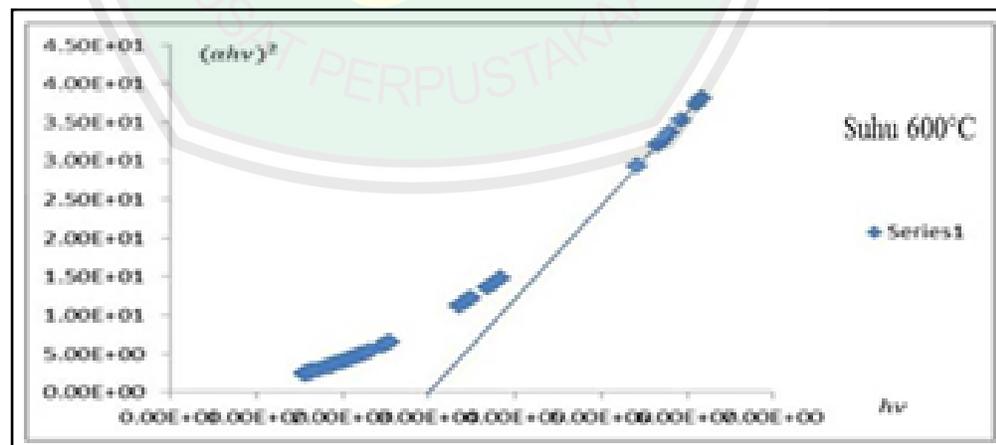
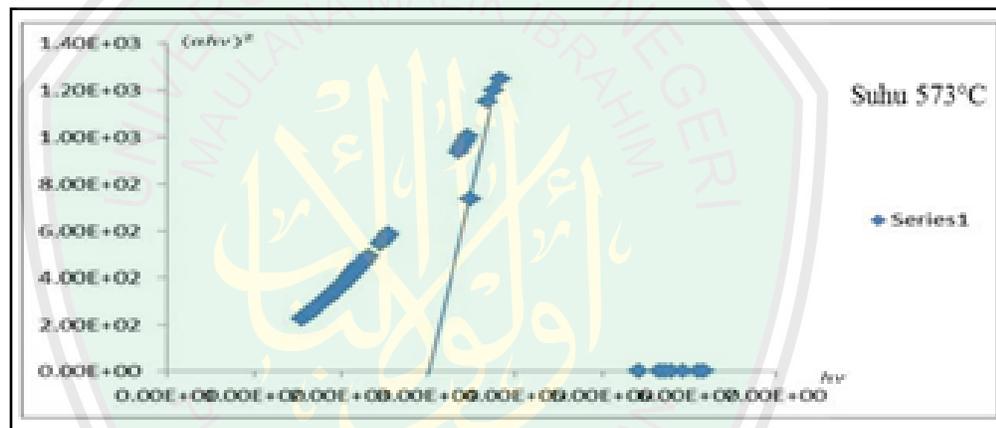
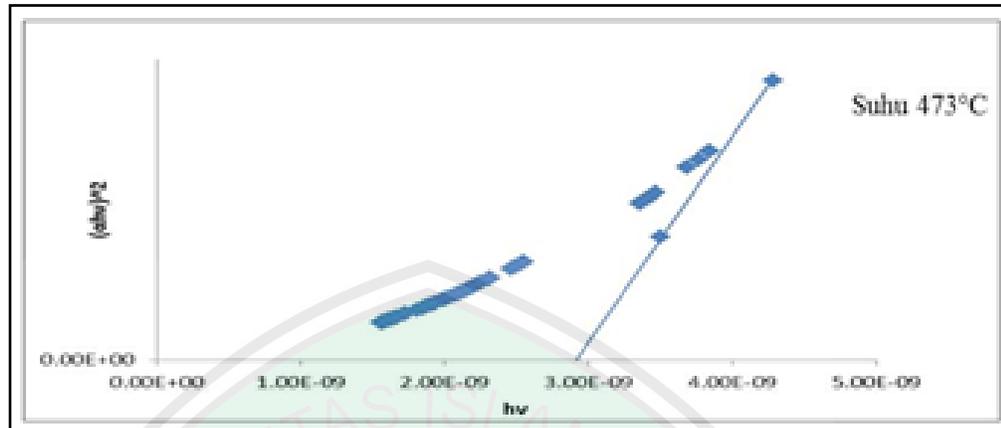
Lampiran 4

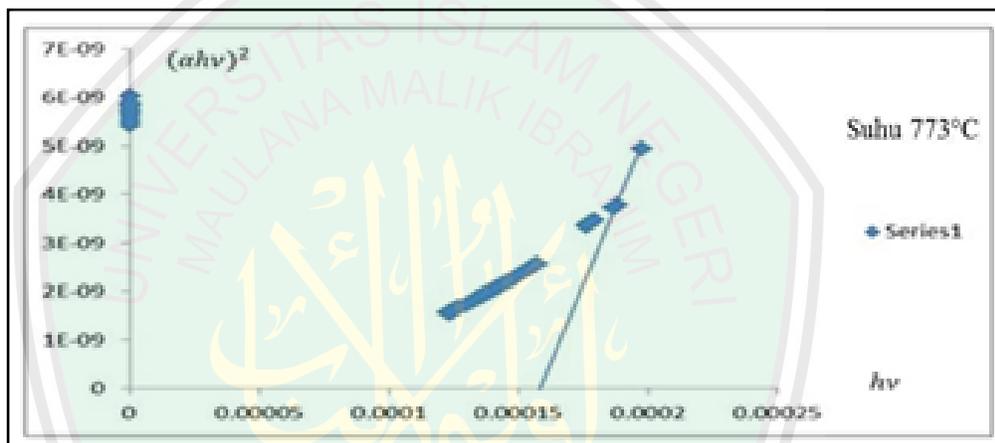
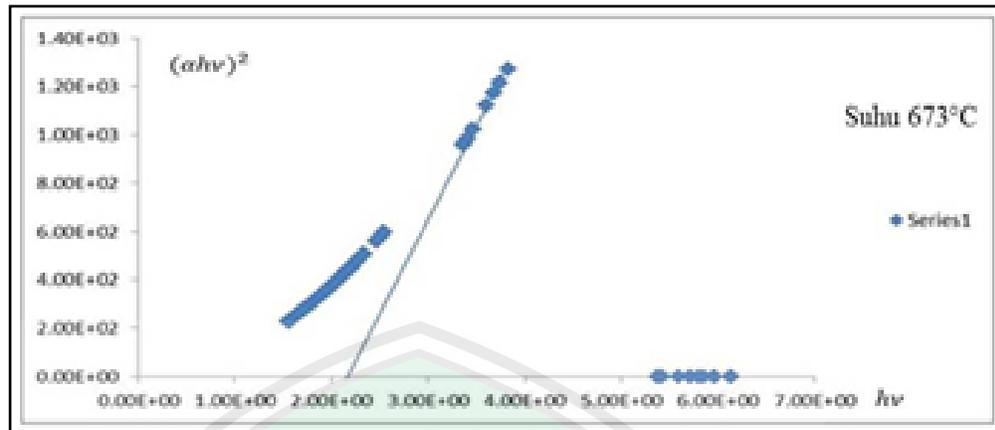




Gambar 4.4 Grafik Fungsi Koefisien Ekstinsi (k) Terhadap Nilai Energi Foton (hv) Variasi Suhu Kalsinasi 473 °C, 573 °C, 600 °C, 673 °C dan 773 °C

Lampiran 5





Gambar 4.5 Plot Grafik $(\alpha hv)^2$ vs hv sebagai Fungsi Energi Gap Bahan dengan Variasi Suhu Kalsinasi 473 °C, 573 °C, 600 °C, 673 °C dan 773 °C