

**EFEK WAKTU DEPOSISI *SPUTTERING RF* PADA
FABRIKASI DAN KARAKTERISASI LAPISAN TIPIS
CuO/Ag SEBAGAI FOTODEGRADASI LIMBAH
WARNA TEKSTIL *METHYLENE BLUE***

TUGAS AKHIR

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
Mencapai derajat Sarjana S-1

Program Studi Fisika



disusun oleh :

Andre Yoan Setyanjana

15620023

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA
PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA

YOGYAKARTA

2019



PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-1966/Un.02/DST/PP.00.9/05/2019

Tugas Akhir dengan judul : Efek Waktu Deposisi Sputtering RF Pada Fabrikasi Dan Karakterisasi Lapisan Tipis CuO/Ag Sebagai Fotodegradasi Limbah Warna Tekstil Methylene Blue.

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : ANDRE YOAN SETYANJANA
Nomor Induk Mahasiswa : 15620023
Telah diujikan pada : Rabu, 22 Mei 2019
Nilai ujian Tugas Akhir : A

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR

Ketua Sidang

Asih Melati, S.Si., M.Sc
NIP. 19841110 201101 2 017

Penguji I

Prof. Dr. rer. nat. Tri Mardji Atmono
NIP. 19580614 000000 1 301

Penguji II

Dr. Nita Handayani, S.Si. M.Si
NIP. 19820126 200801 2 008

Yogyakarta, 22 Mei 2019
UN Sunan Kalijaga
Fakultas Sains dan Teknologi
DEKAN

Dr. Murtono, M.Si.
NIP. 19691212 200003 1 001



SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan skripsi

Lamp : -

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Andre Yoan Setyanjana

NIM : 15620023

Judul Skripsi : Efek Waktu Deposisi *Sputtering RF* pada Fabrikasi dan Karakterisasi Lapisan Tipis CuO/Ag sebagai Fotodegradasi Limbah Warna Tekstil *Methylene Blue*

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Fisika.

Dengan ini kami berharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 14 Mei 2019

Pembimbing

Asih Melati, S.Si., M.Sc.

NIP. 19841110 201101 2 017



SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan skripsi

Lamp : -

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Andre Yoan Setyanjana

NIM : 15620023

Judul Skripsi : Efek Waktu Deposisi *Sputtering RF* pada Fabrikasi dan Karakterisasi Lapisan Tipis CuO/Ag sebagai Fotodegradasi Limbah Warna Tekstil *Methylene Blue*

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Fisika.

Dengan ini kami berharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 15 Mei 2019

Pembimbing

Prof. Dr. rer. nat. Tri Mardji Atmono

NIP. 19580614 198103 1 004

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Andre Yoan Setyanjana

NIM : 15620023

Program Studi : Fisika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul “Efek Waktu Deposisi *Sputtering RF* pada Fabrikasi dan Karakterisasi Lapisan Tipis CuO/Ag sebagai Fotodegradasi Limbah Warna Tekstil *Methylene Blue*” merupakan hasil penelitian saya sendiri, tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 15 Mei 2019

Penulis



Andre Yoan Setyanjana

NIM. 15620023

MOTTO

“Visi tanpa eksekusi adalah halusinasi”
(Henry Ford)

“Kegagalan hanya akan terjadi ketika kita
menyerah dan putus asa”
(A.Y. Setyanjana)



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan mengucap rasa syukur kepada Allah SWT atas segala rahmat, karunia, dan hidayah-Nya, ku persembahkan salah satu karya ini, untuk:

Orang tua dan adik-adik saya yang selalu menjadi alasan terbesar saya untuk menyelesaikan karya tulis ini. Terima kasih atas doa dan dukungannya.

Para pembimbing yang telah banyak membantu dalam penelitian, serta ilmu dan motivasi yang selalu diberikan kepada saya.

Untuk teman-teman yang selalu mendukung dan menghibur saya dalam keadaan apapun.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

الْحَمْدُ لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ أَشْهَدُ أَنْ لَا إِلَهَ إِلَّا اللَّهُ وَأَشْهَدُ أَنَّ مُحَمَّدًا رَسُولُ اللَّهِ وَالصَّلَاةُ
وَالسَّلَامُ عَلَى أَشْرَفِ الْأَنْبِيَاءِ وَالْمُرْسَلِينَ سَيِّدِنَا مُحَمَّدٍ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ وَعَلَى
آلِهِ وَأَصْحَابِهِ أَجْمَعِينَ أَمَّا بَعْدُ

Segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya pada kita semua sehingga pada kesempatan ini penyusun dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Efek Waktu Deposisi *Sputtering RF* pada Fabrikasi dan Karakterisasi Lapisan Tipis CuO/Ag sebagai Fotodegradasi Limbah Warna Tekstil *Methylene Blue*”**. Sholawat serta salam semoga selalu tercurah pada junjungan kita Nabi Muhammad SAW yang telah memberikan uswah hasanah untuk menjadi insan kamil.

Penyusunan skripsi ini merupakan rangkaian akhir dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai derajat Sarjana Strata I Program Studi Fisika pada Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta. Penyusun sangat berterima kasih kepada banyak pihak yang telah memberikan bantuan dalam bentuk apapun sehingga penyusunan skripsi ini dapat terselesaikan. Untuk itu perkenankan penyusun menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Drs. KH. Yudian Wahyudi MA. Ph.D selaku Rektor UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Bapak Dr.Murtono, M.Si, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Bapak Dr.Thaqibul Fikri Niyartama, S.Si., M.Si, selaku Ketua Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
4. Kepala Pusat Sains dan Teknologi Akselerator Badan Tenaga Nuklir Nasional (PSTA-BATAN) yang telah memberikan ijin untuk melaksanakan penelitian di PSTA-BATAN.
5. Bapak Prof.Dr.rer.nat.Tri Mardji Atmono, selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang telah memberikan arahan dan bimbingan dengan penuh kesabaran dalam menyelesaikan penyusunan skripsi ini.

6. Ibu Asih Melati, S.Si., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang telah memberikan arahan dan bimbingan dengan penuh kesabaran dalam menyelesaikan penyusunan skripsi ini.
7. Seluruh Dosen Fisika beserta jajarannya yang telah memberikan ilmu serta pengalaman pengetahuannya kepada penyusun selama masa perkuliahan.
8. Teman-teman seperjuangan Fisika angkatan 2015 UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
9. Teman-teman seperjuangan Study Club Fisika Material Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
10. Seluruh keluarga besar Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
11. Rekan Penelitian Lizara, Rekan Kerja Paktek Putri dan Dea yang sama-sama berjuang dan bekerja keras dari awal hingga akhir.
12. Teman-teman “Konco Ngopi” Hilman, Syahid, Badrun, Faruq, Mujib, dan lain sebagainya.
13. Teman-teman “Konco Nge-kost” Imam Mahdi, Yanuar Dheni Ramadhan, dan lain sebagainya.
14. Keluarga seperjuangan KKN’96 Riset Aksi Kebangsaan Wilayah Perbatasan NKRI-Timor Leste di Raimanuk, Kabupaten Belu, NTT.
15. Semua pihak yang telah membantu penyusun dalam penyusunan tugas akhir serta dalam menempuh studi yang tidak dapat penyusun sebutkan satu persatu.

Semoga amal baik dan segala bantuan yang telah diberikan mendapat sebaik-baik balasan dari Allah SWT. Penyusun memohon maaf apabila terdapat kesalahan-kesalahan yang dilakukan dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Yogyakarta, 15 Mei 2019

Penulis

**EFEK WAKTU DEPOSISI SPUTTERING RF PADA
FABRIKASI DAN KARAKTERISASI LAPISAN TIPIS CuO/Ag
SEBAGAI FOTODEGRADASI LIMBAH WARNA TEKSTIL
*METHYLENE BLUE***

**Andre Yoan Setyanjana
15620023**

INTISARI

Telah dilakukan penelitian tentang fotodegradasi *methylene blue* dengan menggunakan fotokatalis CuO/Ag pada cahaya ultraviolet yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh lama waktu deposisi lapisan tipis hasil fabrikasi menggunakan *Sputtering RF* terhadap degradasi zat warna *methylene blue*, mengetahui karakteristik lapisan tipis CuO/Ag berupa sifat optik, morfologi, komposisi, dan kristalinitasnya. Proses *sputtering* dilakukan selama 1, 2, 3, dan 4 menit dengan daya 70 Watt dan tegangan 800 Volt. Sedangkan waktu fotodegradasi 15 ppm *methylene blue* selama penyinaran 6 jam. Lampu yang digunakan untuk penyinaran yaitu lampu ultraviolet 10 Watt dengan intensitas 200 Lux. Karakterisasi lapisan tipis dilakukan menggunakan UV-Vis, SEM-EDX dan XRD sedangkan untuk melihat hasil degradasi menggunakan UV-Vis. Hasil uji UV-Vis menunjukkan nilai absorbansi berbanding lurus dengan lamanya waktu deposisi, sedangkan energi gapnya berbanding terbalik. Energi gap dianalisis menggunakan persamaan *swanepoel* dan metode *tauc plot* secara berturut-turut yaitu sebesar 2,12 eV, 2,07 eV, 2,02 eV, dan 1,96 eV. Hasil uji XRD menunjukkan fase kristal yang khas dari CuO yaitu pada $2\theta = 38,97^{\circ}(200)$, $46,252^{\circ}(-112)$, $51,228^{\circ}(112)$ dan Ag pada $2\theta = 64,523^{\circ}$. Hasil SEM-EDX menunjukkan rata-rata *grain size* 40 nm dan komposisi unsur yang terkandung mendekati dengan perbandingan preparasi Ag 9,07%. Hasil fotodegradasi *methylene blue* menunjukkan lapisan tipis CuO/Ag pada waktu *sputtering* 4 menit memiliki aktivitas fotokatalitik tertinggi dengan persentase degradasi terhadap *methylene blue* sebesar 88,2%.

Kata kunci: CuO/Ag, Fotodegradasi, Lapisan tipis, *Methylene Blue*, *Sputtering RF*

**TIME EFFECT DEPOSITION OF RF SPUTTERING IN
FABRICATION AND CHARACTERIZATION CuO/Ag THIN
FILM FOR PHOTODEGRADATION OF METHYLENE BLUE
TEXTILE DYE WASTE**

Andre Yoan Setyanjana
15620023

ABSTRACT

Research on photodegradation of methylene blue using CuO / Ag photocatalyst on ultraviolet light has been carried out to determine the effect of thin films deposition time using RF sputtering on the degradation of methylene blue dyes, knowing the characteristics of CuO/Ag thin films in the form of optical properties, morphology, composition, and crystallinity. The sputtering process is carried out for 1, 2, 3 and 4 minutes with a power of 70 Watts and 800 Volt voltage. While the photodegradation time of 15 ppm methylene blue during 6 hours of irradiation. The light used for irradiation is 10 watt ultraviolet light with 200 Lux intensity. The thin film characterization was carried out using UV-Vis, SEM-EDX and XRD while to see the degradation results using UV-VIS. The results of the UV-Vis test show that the absorbance value is directly proportional to the length of time of deposition, while the energy gap is inversely proportional. The energy gap was analyzed using Swanepoel and Tauc method equations in a row of 2.12 eV, 2.07 eV, 2.02 eV, and 1.96 eV. The XRD test results show the crystalline phases that are typical of CuO, namely at $2\theta = 38.97^\circ$ (200), 46.252° (-112), and 51.228° (112). The results of SEM-EDX showed an average grain size of 40 nm and the composition of the elements contained was approached with a 9.07% Ag preparation ratio. Photodegradation of methylene blue showed that CuO/Ag thin films at sputtering time of 4 minutes had the highest photocatalytic activity with a percentage of degradation of methylene blue by 88.2%.

Keywords: CuO/Ag, Photodegradation, Methylene Blue, RF Sputtering, Thin film.

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
SURAT PERSETUJUAN TUGAS AKHIR	iii
SURAT PERNYATAN KEASLIAN	v
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
INTISARI	x
<i>ABSTRACT</i>	xi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Batasan Penelitian.....	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Studi Pustaka.....	7
2.2 Landasan Teori	8
2.2.1 Lapisan Tipis CuO/Ag.....	8
2.2.2 Material Semikonduktor	10
2.2.3 <i>Sputtering RF</i>	12
2.2.4 Fotokatalis Degradasi.....	13
2.2.5 Zat Warna <i>Methylene Blue</i>	16
2.2.6 Spektrofotometer <i>Ultraviolet-Visible</i>	17
2.2.7 Difraksi Sinar-X (<i>X-Ray Diffraction</i>)	21
2.2.8 <i>Scanning Electron Microscopy dan Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy</i> (<i>SEM-EDX</i>).....	24
BAB III METODE PENELITIAN	27

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	27
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	28
3.2.1 Alat-Alat Penelitian.....	28
3.2.2 Bahan-Bahan Penelitian	29
3.3 Prosedur Penelitian	30
3.3.1 Pembuatan Substrat.....	31
3.3.2 Proses Pendeosisian	32
3.3.3 Karakterisasi Lapisan Tipis CuO/Ag	33
3.3.4 Degradasi Pewarna Tekstil <i>Methylene Blue</i>	35
3.3.5 Pengujian Hasil Degradasi	36
3.4 Metode Analisa Data	36
3.4.1 Penentuan dan Analisis Energi Gap.....	36
3.4.2 Analisis Morfologi dan Komposisi	37
3.4.3 Penentuan Fase Kristal.....	38
3.4.4 Pengujian Persentase <i>Methylene Blue</i> Sisa Degradasi.	38
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	40
4.1 Hasil Penelitian	40
4.1.1 Hasil Fabrikasi Lapisan Tipis CuO/Ag.....	40
4.1.2 Sifat Optik Lapisan Tipis CuO/Ag Hasil Karakterisasi UV-Vis.....	40
4.1.3 Energi Gap Lapisan Tipis CuO/Ag	42
4.1.4 Hasil Karakterisasi SEM (Morfologi Lapisan Tipis CuO/Ag)	43
4.1.5 Hasil Karakterisasi EDX (Komposisi Unsur Lapisan Tipis CuO/Ag).....	45
4.1.6 Hasil Karakterisasi XRD (Fase Kristal Lapisan Tipis CuO/Ag)	46
4.1.7 Hasil Degradasi Variasi Lapisan Tipis CuO/Ag terhadap <i>Methylene Blue</i>	46
4.2 Pembahasan	48
4.2.1 Fabrikasi Lapisan Tipis CuO/Ag	48
4.2.2 Sifat Optik Lapisan Tipis CuO/Ag.....	50
4.2.3 Energi Gap Lapisan Tipis CuO/Ag	52
4.2.4 Morfologi Permukaan Lapisan Tipis CuO/Ag.....	53
4.2.5 Komposisi Unsur Lapisan Tipis CuO/Ag	54
4.2.6 Fase Kristal Lapisan Tipis CuO/Ag	56

4.2.7 Degradasi <i>Methylene Blue</i> oleh Lapisan Tipis CuO/Ag	57
4.2.8 Integrasi-Interkoneksi	62
BAB V PENUTUP	64
5.1 Kesimpulan	64
5.2 Saran	65
DAFTAR PUSTAKA	66
LAMPIRAN.....	71
BIODATA DIRI	83



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Studi Pustaka Penelitian yang Terkait	7
Tabel 3. 1 Daftar alat penelitian.....	28
Tabel 3. 2 Daftar bahan penelitian.....	29
Tabel 4. 1 Komposisi unsur pada lapisan tipis CuO/Ag	45
Tabel 4. 2 Analisis kadar <i>methylene blue</i> sisa hasil fotodegradasi UV dengan katalis variasi waktu deposisi lapisan tipis CuO/Ag	47
Tabel 4. 3 Analisis kadar <i>methylene blue</i> sisa hasil fotodegradasi UV dan tanpa UV dengan katalis lapisan tipis CuO/Ag.....	47

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Struktur Kristal CuO	9
Gambar 2. 2 Pita energi pada material semikonduktor	11
Gambar 2. 3 Proses fisis metode deposisi <i>sputtering</i>	12
Gambar 2. 4 Skema Fotokatalitik	15
Gambar 2. 5 Struktur Kimia Molekul <i>Methylene Blue</i>	16
Gambar 2. 6 Ilustrasi difraksi sinar-X (a) prinsip kerja dan (b) pola difraksi.....	23
Gambar 3. 1 Kotak Reaktor Fotodegrasi	29
Gambar 3. 2 Diagram alir penelitian.....	30
Gambar 3. 3 Diagram alir pembuatan substrat.....	31
Gambar 3. 4 Diagram alir proses deposisi Sputtering RF.....	32
Gambar 3. 5 Diagram alir proses deposisi Sputtering RF.....	35
Gambar 3. 6 Skema proses fotodegradasi.....	36
Gambar 4. 1 Hasil deposisi lapisan tipis CuO/Ag dengan variasi waktu deposisi (a) 1 menit, (b) 2 menit, (c) 3 menit, dan (d) 4 menit	40
Gambar 4. 2 Hasil pengujian absorbansi UV-Vis pada CuO/Ag.....	41
Gambar 4. 3 Hasil pengujian transmitansi UV-Vis pada CuO/Ag	41
Gambar 4. 4 Hasil pengujian reflektansi UV-Vis pada CuO/Ag	42
Gambar 4. 5 Nilai band gap lapisan tipis CuO/Ag pada (a) transisi langsung dan (b) transisi tidak langsung.....	43
Gambar 4. 6 Hasil pengujian SEM lapisan tipis CuO/Ag : (a) perbesaran 50.000 kali dan (b) ukuran diameter butir (<i>grain size</i>).	44
Gambar 4. 7 Spektrum hasil pengujian EDX lapisan tipis CuO/Ag	45
Gambar 4. 8 Spektrum hasil pengujian XRD lapisan tipis CuO/Ag.....	46
Gambar 4. 9 Skema proses fotodegradasi.....	61

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Dokumentasi Proses Fabrikasi Lapisan Tipis.....	71
Lampiran 2. Pengujian UV-Vis CuO/Ag.....	72
Lampiran 3. Perhitungan energi gap.....	73
Lampiran 4. Energi gap CuO/Ag.....	75
Lampiran 5. Energi gap CuO Murni.....	76
Lampiran 6. Morfologi hasil SEM lapisan tipis CuO/Ag.....	77
Lampiran 7. Data spektrum EDX.....	79
Lampiran 8. Difraktogram standar CuO sebagai pembanding hasil analisis XRD.....	79
Lampiran 9. Difraktogram standar Ag sebagai pembanding hasil analisis XRD.....	80
Lampiran 10. Penentuan panjang gelombang maksimum dan absorbansi standar <i>methylene blue</i>	80
Lampiran 11. Data kurva standar <i>methylene blue</i>	80
Lampiran 12. Grafik kurva standar <i>methylene blue</i>	81
Lampiran 13. Grafik absorbansi methylene blue oleh lapisan tipis CuO/Ag.....	81
Lampiran 14. Perhitungan konsentrasi <i>methylene blue</i> sisa.....	82
Lampiran 15. Perhitungan persentase degradasi.....	82

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di Indonesia, baik industri tekstil maupun produk tekstil telah menjadi industri yang penting dan berkembang pesat bagi perekonomian Indonesia. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2018, industri tekstil menempati urutan kedua dengan pertumbuhan tertinggi pada sektor manufaktur yaitu mencapai 26 ribu perusahaan pabrik dan 3,6 juta perusahaan mikro-kecil.

Dengan berkembangnya industri tekstil yang ada di Indonesia, produksi limbah zat warna tekstil pun semakin meningkat. Hal tersebut mengakibatkan banyaknya pula limbah dari zat pewarna yang dihasilkan (Suwarsa, 1998). Salah satu zat warna tersebut ialah *methylene blue* yang merupakan zat warna dasar dalam proses pewarnaan pada industri tekstil. Data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) pada tahun 2017, mencatat bahwa hanya 2% (1,2 juta ton) dari total limbah di sektor manufaktur yang dikelola, sisanya menjadi limbah buangan yang menjadi permasalahan serius bagi kesehatan dan lingkungan (Khetae, 2010).

Banyaknya metode yang dikembangkan untuk menangani permasalahan limbah salah satunya adalah penggunaan metode adsorpsi yaitu penyerapan permukaan. Namun metode ini kurang efektif karena zat warna yang

diadsorpsi akan terakumulasi di dalam adsorben sehingga menimbulkan persoalan baru.

Salah satu alternatif teknologi yang efisien digunakan untuk mengatasi permasalahan limbah pewarna adalah penggunaan fotokatalis semikonduktor oksida. Teknik fotokatalisis ini dapat digunakan untuk menguraikan zat warna karena adanya radikal hidroksil yang dapat berperan sebagai oksidator (Andayani dan Sumartono, 2007). Fotokatalis akan mengubah energi cahaya menjadi energi kimia yang dalam prosesnya akan menghasilkan radikal hidroksil yang akan bereaksi redoks dengan senyawa polutan, sehingga air akan kembali jernih karena terpisahkan dari limbah (Miyake dkk, 2015). Polutan ini akan diubah menjadi O_2 dan H_2 yang lebih ramah lingkungan (Yuan dkk, 2015).

Saat ini fabrikasi lapisan tipis secara komersial diproduksi menggunakan *Chemical Vapor Deposition (CVD)*, yang memiliki kelemahan karena menghasilkan prekursor dalam jumlah besar dibuang sehingga tidak ramah lingkungan dan kurang aplikatif pada material tertentu (Khamlich dkk, 2012). Oleh sebab itu sehingga diperlukan metode yang lebih baik yaitu menggunakan *sputtering*. Sistem *sputtering RF* memiliki kelebihan dibandingkan *CVD*, yaitu: dapat melapisi berbagai jenis material, laju deposisinya merata, dapat melakukan pendeposisian *multilayer*, ketebalan lapisan mudah dikendalikan, dan daya *adhesi* antar lapisan sangat kuat.

Manusia diciptakan oleh Allah SWT mempunyai tugas untuk beribadah dan sebagai khalifah di bumi. Hal tersebut mendorong manusia untuk senantiasa berikhtiar mempelajari tanda keagungan Allah SWT atas nikmat yang terhampar dalam jagad raya alam semesta sebagaimana dijelaskan dalam firman Allah surah Saba' ayat 12 yang berbunyi:

وَلِسُلَيْمَانَ الرِّيحَ غُدُوُّهَا شَهْرٌ وَرَوَاحُهَا شَهْرٌ وَأَسَلْنَا لَهُ عَيْنَ الْقِطْرِ وَمِنَ الْجِنَّ
مَنْ يَعْمَلُ بَيْنَ يَدَيْهِ بِإِذْنِ رَبِّهِ وَمَنْ يَزْغِ مِنْهُمْ عَنْ أَمْرِنَا نُذِقْهُ مِنْ عَذَابِ السَّعِيرِ

Artinya : *Dan Kami (tundukkan) angin bagi Sulaiman, yang perjalanannya di waktu pagi sama dengan perjalanan sebulan dan perjalanannya di waktu sore sama dengan perjalanan sebulan (pula) dan Kami alirkan cairan tembaga baginya. Dan sebagian dari jin ada yang bekerja di hadapannya (di bawah kekuasaannya) dengan izin Tuhannya. Dan siapa yang menyimpang di antara mereka dari perintah Kami, Kami rasakan kepadanya azab neraka yang apinya menyala-nyala.*

Berdasarkan tafsir Al-Jalalain dijelaskan bahwa: (Dan kami alirkan) Kami leburkan (cairan tembaga baginya) sehingga tembaga itu menjadi lebur selama tiga hari tiga malam, sebagaimana air mengalir dan umat manusia sampai sekarang dapat mengeksploitasinya berkat ilmu yang telah diberikan oleh Allah kepada Nabi Sulaiman.

Sebagaimana yang telah dijelaskan dalam ayat tersebut, sumber daya alam yang Allah SWT ciptakan berupa logam, salah satunya adalah tembaga yang memiliki nilai guna tinggi, hal tersebut bergantung pada niat dan tujuan eksploitasi, sebelum menjadi barang yang bermanfaat, sumber daya

tersebut dilakukan pengolahan dan modifikasi dengan proses yang tepat, salah satunya dalam wujud lapisan tipis.

Pada penelitian ini akan dibuat lapisan tipis di atas permukaan substrat kaca yaitu perak di atas tembaga oksida (CuO/Ag). CuO merupakan oksida logam transisi atau *transition metal oxides* (TMO) (Reddy dkk, 2016). Diantaranya TMO ialah tembaga oksida yang memiliki dua bentuk stabil yaitu *tenorite* (CuO) dan *cuprite* (Cu₂O). Penggunaan tembaga oksida memiliki tiga keuntungan utama yaitu biaya rendah dan rendah toksisitas, sangat efektif dalam cahaya tampak, dan sifat absorpsi yang baik untuk molekul oksigen (Johan dkk, 2011).

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Bagaimana proses pembuatan lapisan tipis tembaga oksida/perak (CuO/Ag)?
2. Bagaimana karakteristik lapisan tipis CuO/Ag?
3. Bagaimana hasil degradasi limbah pewarna tekstil *methylene blue* menggunakan fotokatalis lapisan tipis CuO/Ag?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Membuat lapisan tipis CuO/Ag dengan variasi waktu deposisi 1 menit, 2 menit, 3 menit, dan 4 menit menggunakan *Sputtering RF* 13,56 MHz.

2. Mengkaji karakterisasi struktur morfologi, komposisi, kristalinitas, dan sifat optik lapisan tipis CuO/Ag.
3. Mengkaji pengaruh fotokatalis lapisan tipis CuO/Ag pada degradasi limbah pewarna tekstil *Methylene Blue*.

1.4 Batasan Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa batasan sebagai berikut:

1. Fabrikasi lapisan tipis tembaga oksida (CuO/Ag) menggunakan plat tembaga murni berbentuk lingkaran dengan diameter 7 cm dan perak berbentuk persegi panjang dengan ukuran 2 cm x 1,5 cm.
2. Proses deposisi menggunakan metode *Sputtering RF* 13,56 MHz.
3. Variasi parameter penelitian yang digunakan yaitu waktu deposisi 1 menit, 2 menit, 3 menit, dan 4 menit. Hal tersebut dilakukan dengan alasan untuk mendapatkan lapisan tipis yang sesuai dengan karakteristik uji UV-Vis.
4. Karakterisasi dilakukan menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui sifat optik dan energi gap, XRD untuk mengetahui kristalinitas, SEM-EDX untuk mengetahui struktur komposisi.
5. Aplikasi dari lapisan tipis CuO/Ag dilakukan pada aktivitas fotodegradasi zat warna *methylene blue* dengan konsentrasi 15 ppm menggunakan penyinaran lampu UV 10 Watt selama 6 jam.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat pada penelitian ini adalah :

1. Untuk akademisi, penelitian ini dapat menambah wawasan baru tentang teknik fotodegradasi menggunakan lapisan tipis CuO/Ag yang dapat diaplikasikan dalam pengolahan limbah industri untuk mendegradasi zat warna tekstil *methylene blue* tanpa membutuhkan waktu yang lama namun diperoleh hasil yang optimal.
2. Untuk institusi, penelitian ini dapat dijadikan sebagai salah satu penelitian lanjutan dalam pembuatan dan aplikasi lapisan tipis CuO/Ag.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan kajian yang sudah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Fabrikasi Lapisan tipis CuO/Ag dilakukan dengan perbandingan target Cu berdiameter 7 cm dan Ag 2 cm x1,5 cm menggunakan metode *RF-sputtering* dengan tegangan bias 800 V, daya 70 Watt, tekanan gas sputter argon $2,5 \times 10^{-2}$ mBar dan oksigen $0,2 \times 10^{-2}$ mBar dapat terdeposisi dengan baik di atas substrat kaca. Proses pendeposisian dilakukan dengan variasi waktu 1 menit, 2 menit, 3 menit, dan 4 menit.
2. Hasil karakterisasi SEM-EDX menunjukkan persebaran *grain size* yang homogen dengan ukuran rata-rata 40 nm dan komposisi unsur yang sesuai dengan bahan yang digunakan yaitu Cu, O, dan Ag. Selain itu juga terdapat unsur Si dan Ca yang merupakan bahan dasar substrat yaitu kaca *quartz* dan kalsit. Hasil XRD menunjukkan munculnya puncak difraksi yang khas dari CuO dengan fase (200), (-112), (112), dan Ag (110). Sedangkan nilai energi gap diketahui berbanding terbalik dengan variasi waktu deposisi, dimana semakin lama waktu deposisi menghasilkan nilai energi gap yang berkurang secara berturut-turut untuk transisi tidak langsung sebesar 2,12 eV; 2,07 eV; 2,02 eV; dan 1,96 eV
3. Lapisan tipis CuO/Ag terbukti mampu mendegradasi *methylene blue* dengan memanfaatkan cahaya ultraviolet, dimana persentase degradasi

berbanding lurus dengan variasi waktu deposisi dan berbanding terbalik dengan energi gap, secara berturut-turut 48,47%, 81,13%, 83,93%, dan 88,2%.

5.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah adanya penelitian yang lebih mendalam mengenai berbagai optimasi yang berkaitan dengan degradasi zat warna *methylene blue*. Optimasi-optimasi lain yang bisa ditambahkan antara lain :

1. Proses fabrikasi lapisan tipis CuO/Ag.

Pada proese fabrikasi yaitu dapat dilakukan variasi pendopingan perak (Ag) , variasi gas oksigen, penyesuaian volume lapisan tipis (luas dan ketebalan bidang).

2. Proses pendegradasian zat warna.

Sedangkan pada pendegradasian yaitu berupa variasi intensitas lampu UV yang digunakan, pemberian kalor (panas), pengadukan pada saat proses fotodegradasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah M. & Khairurrijal, 2010. *Karakterisasi Nanomaterial; Teori, Penerapan, dan Pengolahan Data*. Bandung: CV. Rezeki Putera.
- Ali, R. & O.B. Siew. 2006. Photodegradation of New Methylene Blue N in Aqueous Solution Using Zinc Oxide and Titanium Oxide as Catalyst. *Jurnal Teknologi* **45(F): 31-42**.
- Al-Ghamdi, A., Khedr, M.H.,2016, RF sputtered CuO thin films: structural, optical, and photo-catalytic behavior, *Journal Physica E*, **30068-6**.
- Al-Mahally, Imam Jalaluddin,. 1990. *Tafsir Jalalain Berikut Asbabun Nuzulnya*, Jilid II. Bandung. Sinar Bau.
- Andayani, W. dan Sumartono, A., 2007, The Use of TiO₂-Zeolit as a Catalyst on the Degradaton Process of Erionil Red Dye, *Indonesian Journal of Chemistry*, **Vol. 7, No. 1, 141-146**.
- Andi, S. 2007. *Sifat Transport Listrik pada Bahan Semikonduktor Paduan Ternary III-V*, (Laporan Akhir Hasil Penelitian: Penelitian Fundamental), Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung.
- Arsyad, M. N., 2001, *Kamus Kimia Arti dan Penjelasan Ilmiah*, PT.Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Atmono, Tri Mardji, Agung B.S. Utomo, dan Messa Monika Sari. 2007. *Preparasi Lapisan Tipis Sambungan p-n ZnO dan CuInSe Menggunakan Penyangga Lapisan CdS untuk Aplikasi Sel Surya*. Prosiding PPI-PDIPTN PAPB-BATAN Yogyakarta, **153-159**.
- Atmono, Tri Mardji, Widdi Usada, Suryadi, dan Agus Purwadi. 1999. *Konstruksi dan Uji Karakteristik Sistem RF-Sputtering untuk Preparasi Lapisan Tipis*. Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah PPNY BATAN, **80-85**.
- Balzani V. 2008. Nanoscience and nanotechnology, *Pure Appl. Chem.* **80, 8: 1631-1650**.

- Caglar, M., Y. Caglar, dan S. Ilcan. 2006. *The determination of the thickness and optical constants of the ZnO crystalline thin film by using envelope method*. *Journal of Optoelectronics and Advanced Materials* **Vol. 8**, **1410 - 1413**.
- Callister ,2007. *Materials Science and Engineering An Introduction*. John Wiley & Sons, Inc.
- Das, S., Alford,T.L. 2014. Structural and optical properties of Ag-doped copper oxide thin film on polyethylene naphthalate substrate prepared by low temperature microwave annealing, *Journal Applied Physics*, **244905-2**.
- El Rouby, W., Al Ghamdi, A. 2018. Sunlight-enhanced catalytic degradation over Ag-CuO nanoparticles thin films prepared by DC/RF sputtering technique, *Bull Material Science*, **41:58**.
- Goldstein, J.J. 1992. *Scanning Electron Microscopy and X-Ray Microanalysis: A Textbook for Biologist, Material Scientist, and Geologist* . Plenum Press, New York.
- Gurr, E. 1971. *Synthetic Dyes in Biology, Medicine, and Chemistry*, Academic Press, London.
- Hammoodi, R.A., *et al.* 2014. Structural and optical properties of CuO thin films prepared via RF magnetron sputtering. *International Journal of Application or Innovation in Engineering and Management (IJAEM)*, **Vol.3, Issue 7**.
- Handaoui, O., Chiha, M. 2006. Removal of Methylene Blue from Aqueous Solutions by Wheat Bran, *Acta Chim.* **54 : 407-418**.
- Ismunandar. 2006. *Padatan Oksida Logam: Struktur, Sintesis, dan Sifat-sifatnya*. Bandung: ITB.
- Johan, M. R., *et al.* 2011. Annealing Effect on the Properties of Copper Oxide Thin Films Prepared by Chemical Deposition. *Int. J. Electrochem.*, **6(2011): 6094-6104**.

- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2017. *Laporan Kegiatan 2016 Direktorat Jenderal Pengelolaan Sampah, Limbah, dan Bahan Beracun Berbahaya*. Jakarta.
- Khataee, A.R., *et al.* 2010. Photocatalytic Degradation of Organic Dyes in the Presence of Nanostructured Titanium Dioxide: Influence of the Chemical Structure of Dyes. *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical* **328(1-2)**, 8-26.
- Khamlich, S., *et al.* 2012. Black Cr/α-Cr₂O₃ Nanoparticles Based Solar Absorbers. *Physica B: Condensed Matter* **407(10)**. 1509-1512.
- Kelsall RW, Hamley IW, Geoghegan M. 2005. (ed.) *Nanoscale Science and Technology*. John Wiley & Sons, Ltd.
- Lide, D.R. 2005. *CRC Handbook of Chemistry and Physics*. CRC Press, Boca Raton (FL).
- Luna, A. J., *et al.* 2009. Total Catalytic Wet Oxidation Of Phenol and Its Chlorinated Derivates With MnO₂/CeO₂ Catalyst In A Slurry Reactor. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, **Vol. 26 No.03: 493-502**.
- Manurung, R., Hasibuan, R., Irvan. 2004. *Perombakan Zat Warna Azo Reaktif secara Anaerob-Aerob*. Medan.
- Manivel, A., *et al.* 2010. CuO-TiO₂ Nanocatalyst for Photodegradation of Acid Red 88 in Aqueous Solution. *Science of Advanced Materials* **Vol.2, 51-57**.
- Meytal, Y. I. M. & M. Sheintuch. 1998. Catalytic Abatement of Water Pollutants. *Ind. Eng. Chem. Res.*, **37: 309-326**.
- Ming-Chun, L. dan Chiu-Ping C. 2007. Effect of Ferric Ions on the Photocatalytic Oxidation of 2-Chlorophenol With 256 and 365 nm UV Lights, *Journal of Environmental Science and Health*, **Vol. 17, No. 32, 249-256**, Taiwan.
- Miyake, M., Takayuki, M., Nishimimoto, S. 2015. Water treatment efficacy of various metal oxide semiconductors for photocatalytic ozonation under UV and visible light irradiation, *Chemical Engineering Journal* **180**, page 221-229.

- Ohring, M. 2002. *Material science of thin films deposition and structure*, Secondedition, San Diego, Academic Press.
- Otmer-Kirk. 1994. *Encyclopedia of Chemical Technology*, Vol 17, 14th edition, John Wiley and Sons, Inc., USA.
- Palupi, E. 2006. *Degradasi Methylene Blue Dengan Metode Fotokatalisis dan Fotoelektrokatalisis Menggunakan Film TiO₂*, Skripsi, Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, IPB, Bogor.
- Park. A., *et al.* 2004. Catalyst System For The Oxidation of Phenol In Water. *Latin American Applied Research*, **34**: 133-140.
- Pestunova, O. P. , O. L. Ogorodnikova & V. N. Parmon. 2003. Studies on the Phenol Wet Peroxide Oxidation in the Presence of Solid Catalysts. *Chemistry for Sustainable Development* **11**: 227-232.
- Pramudya, A.S.,dkk. 2018. *Statistik Lingkungan Hidup Indonesia: Pengelolaan Sampah di Indonesia*. Katalog. 3305001. Badan Pusat Statistik. Jakarta.
- Reddy, B.P., Ganesh, K.S., Hussain, O.M.. 2016. Growth, microstructure and supercapacitive performance of copper oxide thin films prepared by RF magnetron sputtering, *Applied Physics* **122**:128.,page 1-10.
- Smith, D.L. 1995. *Thin Film Deposition: Principles and Practice*. McGraw-Hill Inc, New York.
- Sopyan, I. 1998. Fotokatalisis Semikonduktor : Teori dan Terapan, *Majalah BPTT Teknologi*, Volume LXXXVII, Jakarta.
- Suminar. 2010. *Instrumentasi Difraksi Sinar-X*. Surabaya: Laboratorium studi energi dan rekayasa. ITS.
- Sutanto, Heri, dan Iis Nurhasanah. 2012. *Teknologi Lapisan Tipis dan Aplikasinya*. UNDIP Press, Semarang.
- Sutanto, Heri, Singgih Wibowo, Iis Nurhasanah, dan Eko Hidayanto. 2015. *Synthesis of Double Layer Thin Film ZnO/ZnO:Ag by Sol-Gel Method for Direct Blue Photodegradation*. Reaktor volume 15 nomor 3, ITB Press, **175-181**.

- Suwarsa, S., 1998. Penyerapan Zat Warna Tekstil BR. Red HE 7B Oleh Jerami Padi. *Jurnal Matematika dan Sains*, **Vol. 3, No. 1, 32-40**, Bandung.
- Triyono. 1994. *Kimia Fisika. Dasar-dasar Kinetika dan Katalis*. Depdikbud Dirjen Pendidikan Tinggi.
- Wang, L. 2006. *Preparation and Characterization of Properties of Electrodeposited Copper Oxide Films*. Dissertation. Texas: The University of Texas at Arlington.
- Waseda, Y., Matsubara, E., Shinoda, K. 2011. *X-Ray Diffraction Crystallography*. New York: Springer,
- Xie, T., Zheng, T. 2018. Fabrication of CuO thin film photocathodes by magnetron sputtering for photoelectrochemical water reduction. *Green Energy & Environment* **xx, 1-8**.
- Yuan, W., Da Wang., Zhongnan Guo., Yuan Pen. 2015. Visible light induced photocatalytic overall water splitting over micro-SiC driven by the Z-scheme system. *Catalysis Communications* **61, page 53-56**.

LAMPIRAN

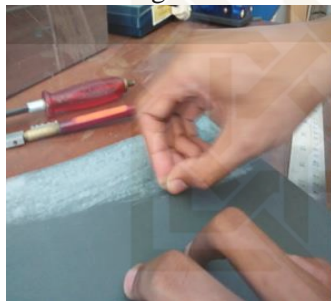
Lampiran 1 Dokumentasi Proses Fabrikasi Lapisan Tipis



Pemotongan substrat



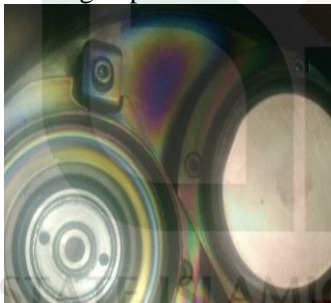
Substrat kaca



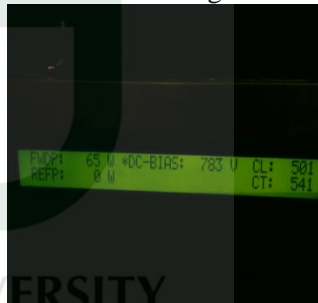
Pengamplasan substrat



Pencucian dengan UC



Chamber sputtering



Display generator RF

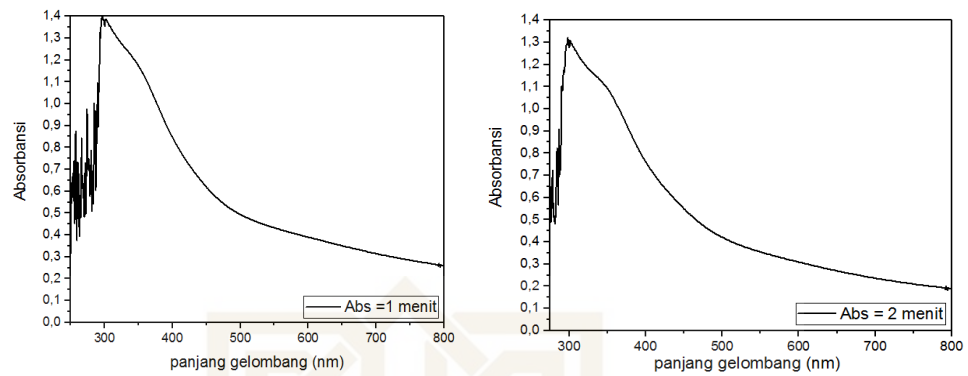


Plasma ion sputter



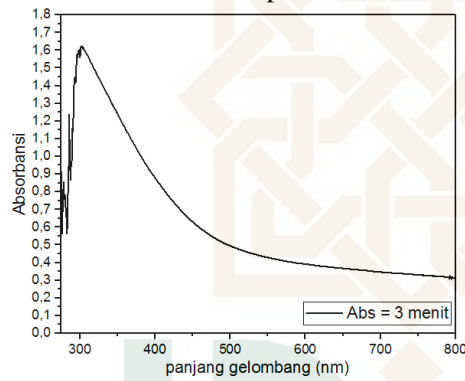
Hasil deposisi

Lampiran 2. Pengujian UV-Vis CuO/Ag

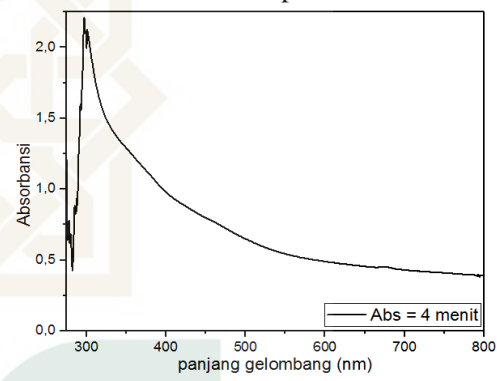


Absorbansi hasil deposisi 1 menit

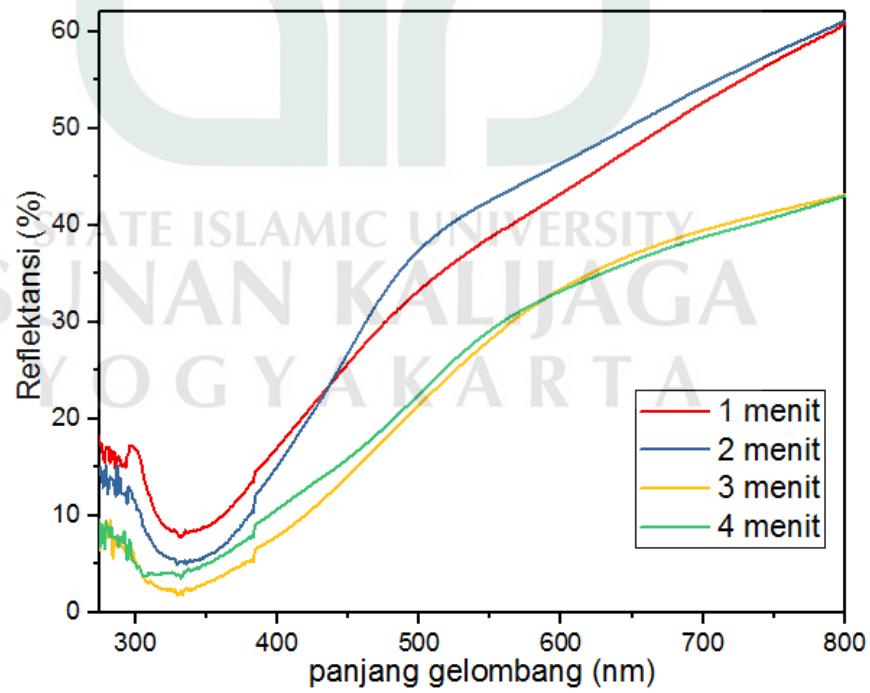
Absorbansi hasil deposisi 2 menit



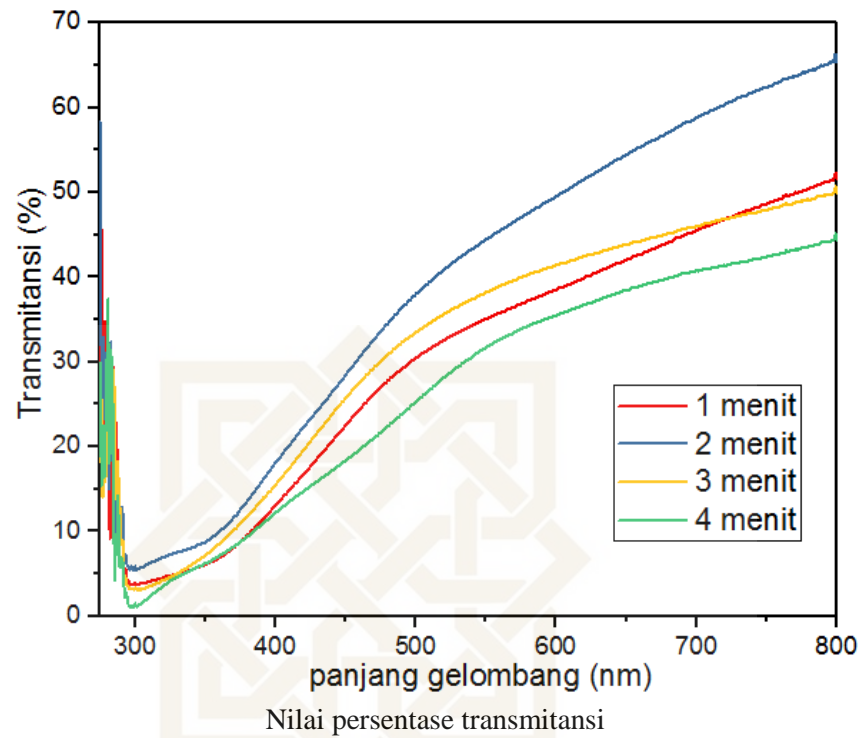
Absorbansi hasil deposisi 3menit



Absorbansi hasil deposisi 4 menit



Nilai persentase reflektansi



Lampiran 3. Perhitungan energi gap

$$Eg = hv$$

$$Eg = \frac{hc}{\lambda}$$

$$h = 6,62 \times 10^{-34} \text{ Js} \quad c = 2,999 \times 10^8 \text{ m/s}$$

$$Eg = \frac{6,62 \times 10^{-34} \text{ Js} \times 2,999 \times 10^8 \text{ m/s}}{\lambda}$$

$$Eg = \frac{19,854 \times 10^{-26} \text{ Jm}}{\lambda}$$

$$1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$Eg = \frac{19,854 \times 10^{-26} \text{ eV m}}{1,602 \times 10^{-19} \times \lambda}$$

$$Eg = \frac{12,393 \times 10^{-7} \text{ eV m}}{\lambda}$$

$$Eg = \frac{1239,3 \text{ eV nm}}{\lambda}$$

$$\frac{I}{I_0} = e^{-\alpha l}$$

$$I = I_0 e^{-\alpha l}$$

$$\log\left(\frac{I}{I_0}\right) = \log(e^{-\alpha l})$$

$$\log\left(\frac{I}{I_0}\right) = -\alpha l \log(e)$$

$$-\log\left(\frac{I}{I_0}\right) = \alpha l \log(e)$$

$$A = \log\left(\frac{I_0}{I}\right)$$

$$A = \alpha l \log(e)$$

$$\alpha = A \frac{1}{\log(e) l}$$

$$\log(e) = 0,4343$$

$$\alpha = A \frac{1}{0,4343 l}$$

$$\alpha = 2,303 \frac{A}{l}$$

$$l = \text{kuvet}$$

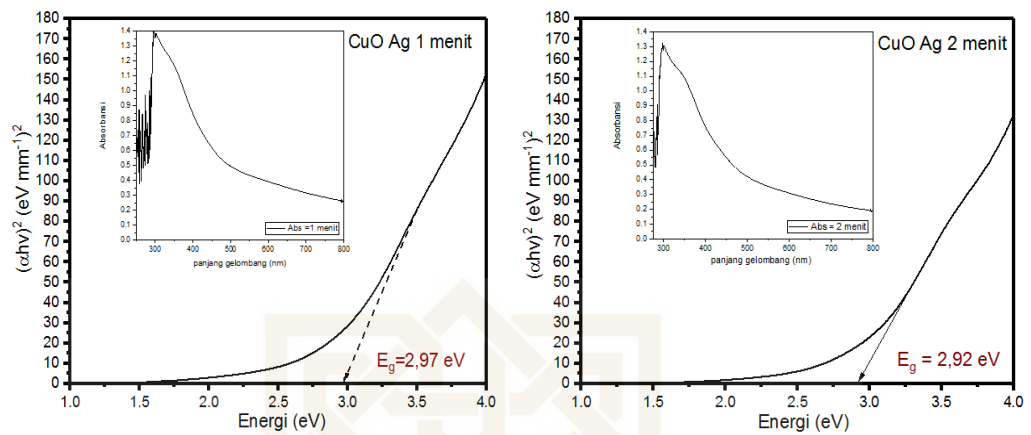
$$\alpha = 2,303 \frac{A}{1 \text{ mm}}$$

$$\alpha = 2,303 \times A \text{ (mm}^{-1}\text{)}$$

$$(\alpha \nu) = (\text{Koefisien Absorbansi} \times \text{Energi})$$

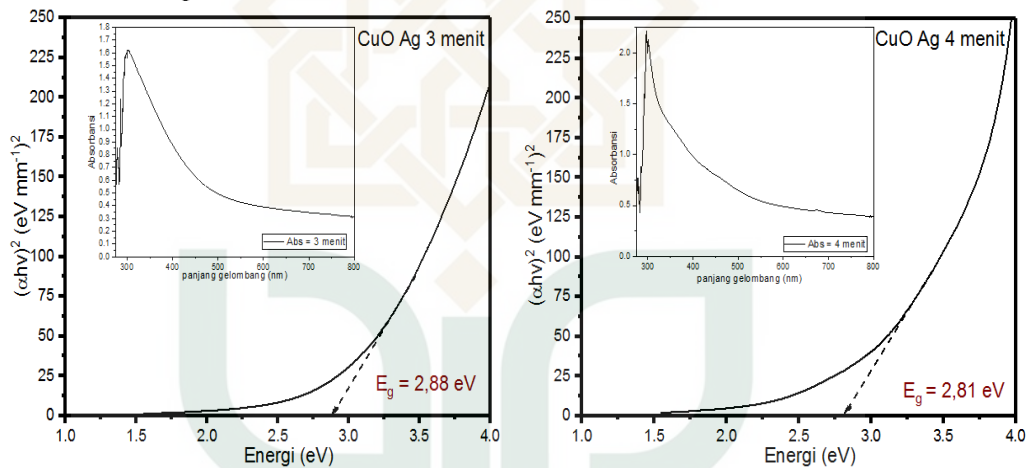
$$(\alpha \nu) = (2,303 \times A \times h\nu)$$

Lampiran 4. Energi gap CuO/Ag



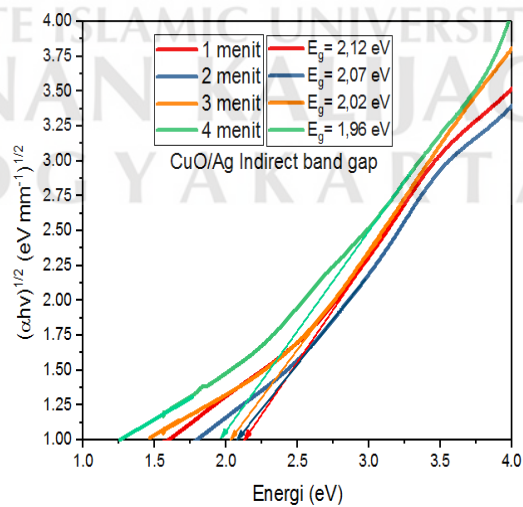
Energi gap transisi langsung hasil deposisi 1 menit

Energi gap transisi langsung hasil deposisi 2 menit



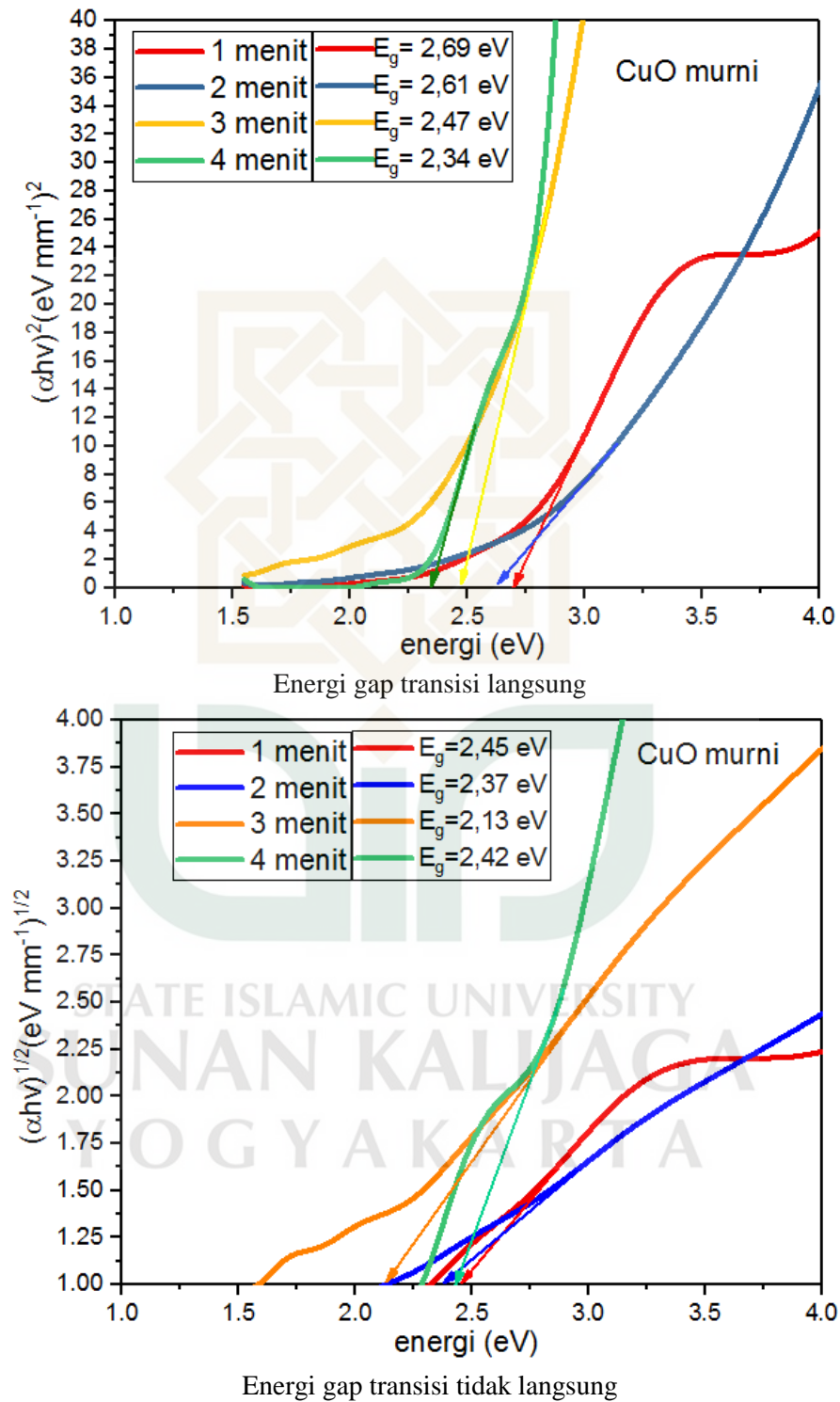
Energi gap transisi langsung hasil deposisi 3menit

Energi gap transisi langsung hasil deposisi 4 menit

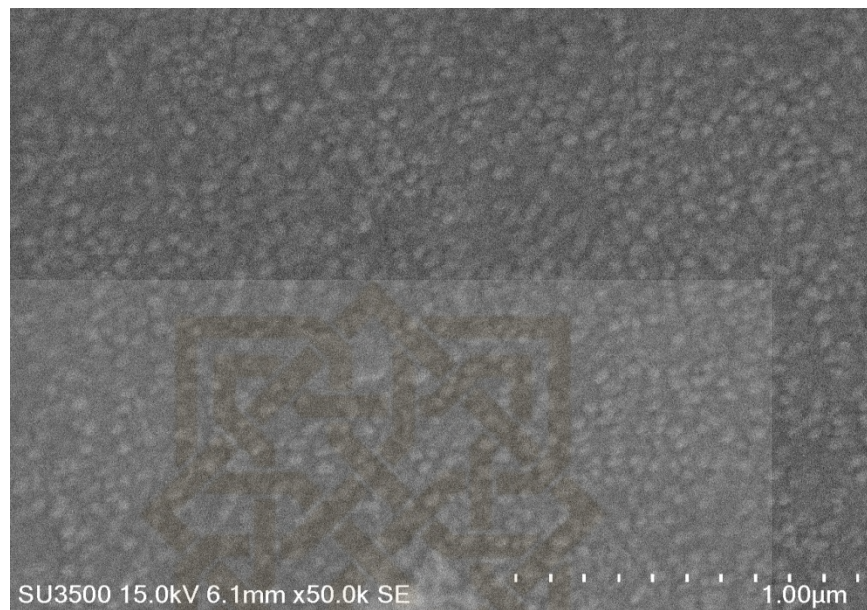


Energi gap transisi tidak langsung

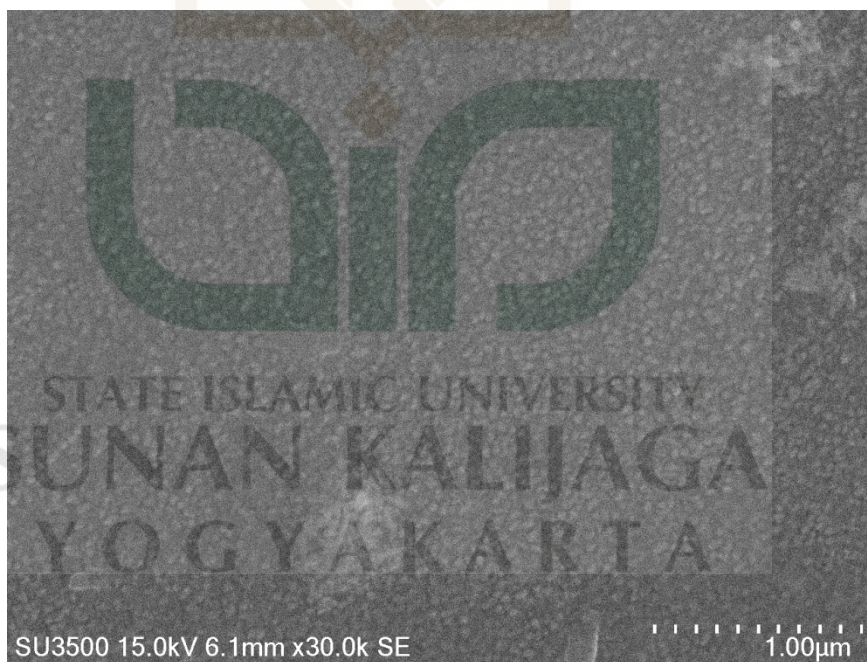
Lampiran 5. Energi gap CuO Murni



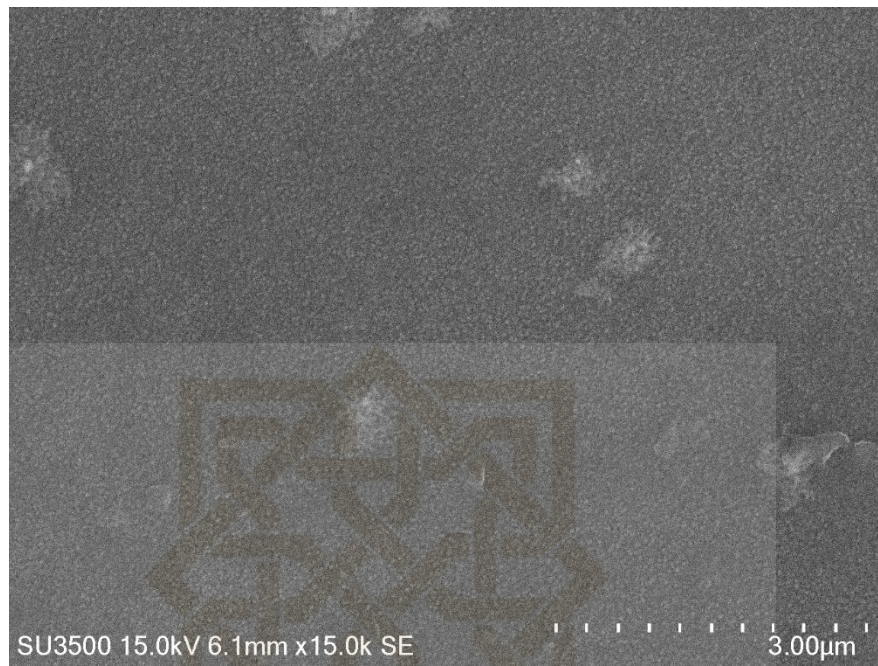
Lampiran 6. Morfologi hasil SEM lapisan tipis CuO/Ag



Perbesaran 50.000 kali



Perbesaran 30.000 kali

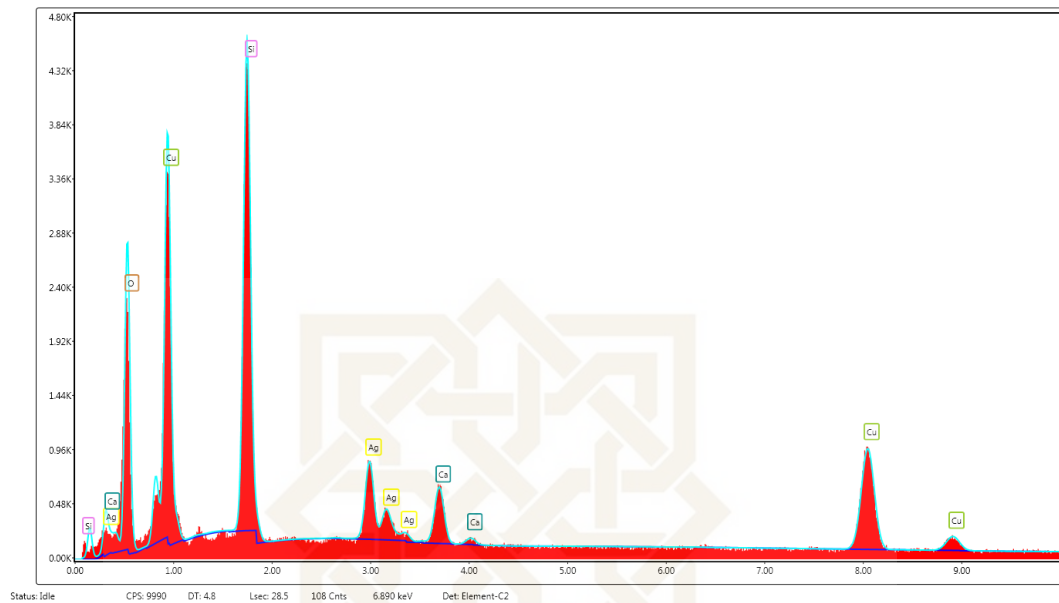


Perbesaran 15.000 kali

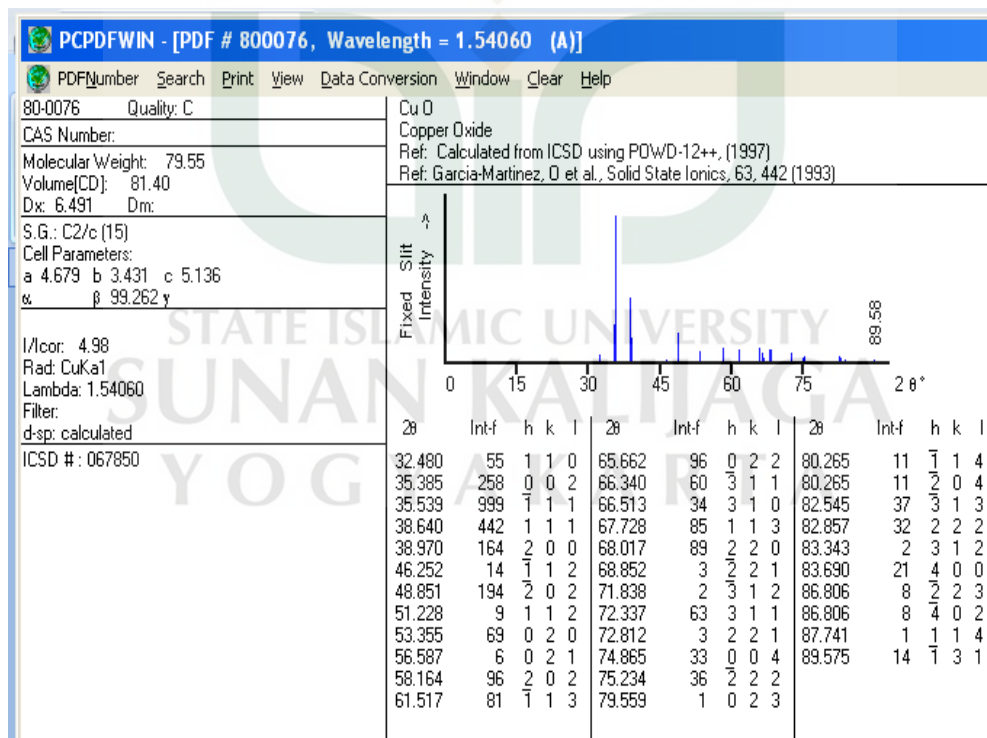


Perbesaran 10.000 kali

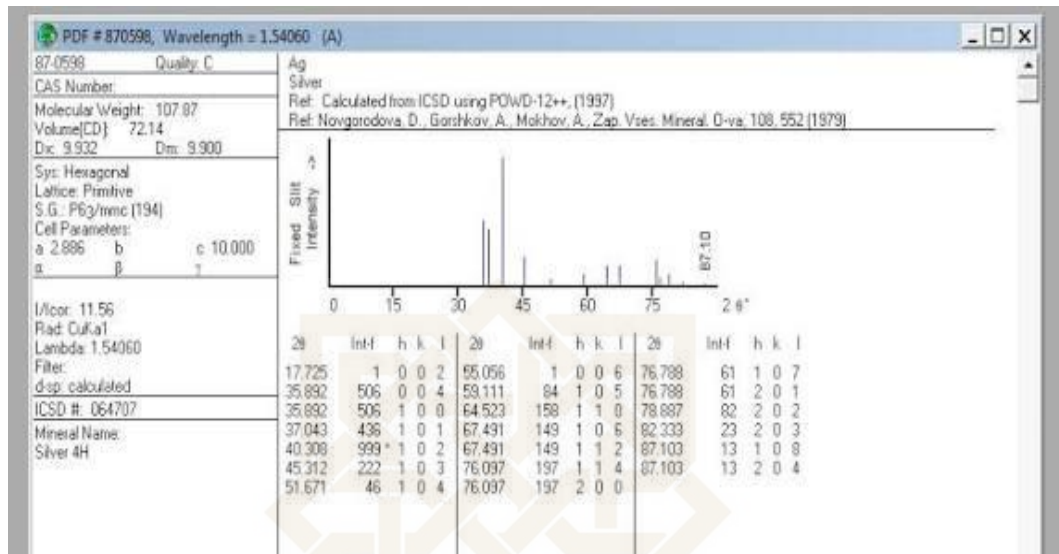
Lampiran 7. Data spektrum EDX



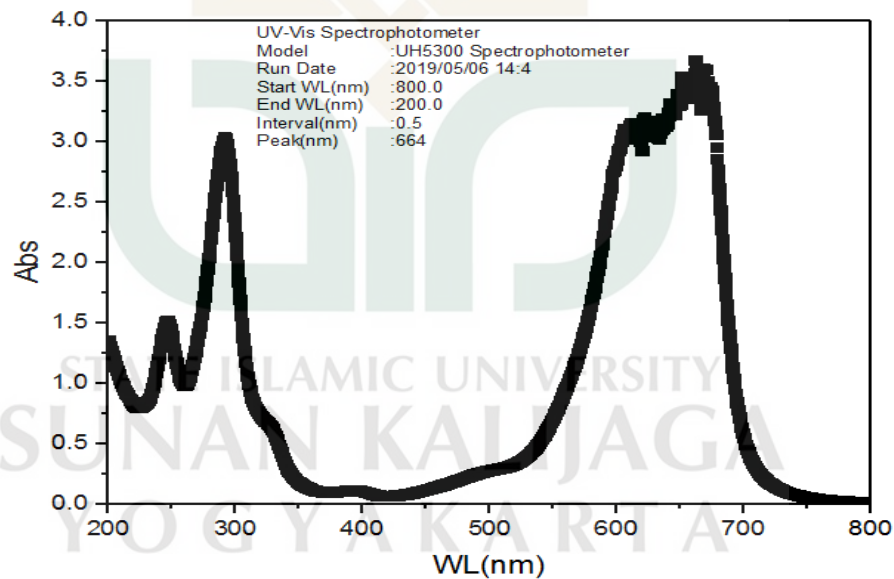
Lampiran 8. Difraktogram standar CuO sebagai pembanding hasil analisis XRD



Lampiran 9. Difraktogram standar Ag sebagai pembanding hasil analisis XRD



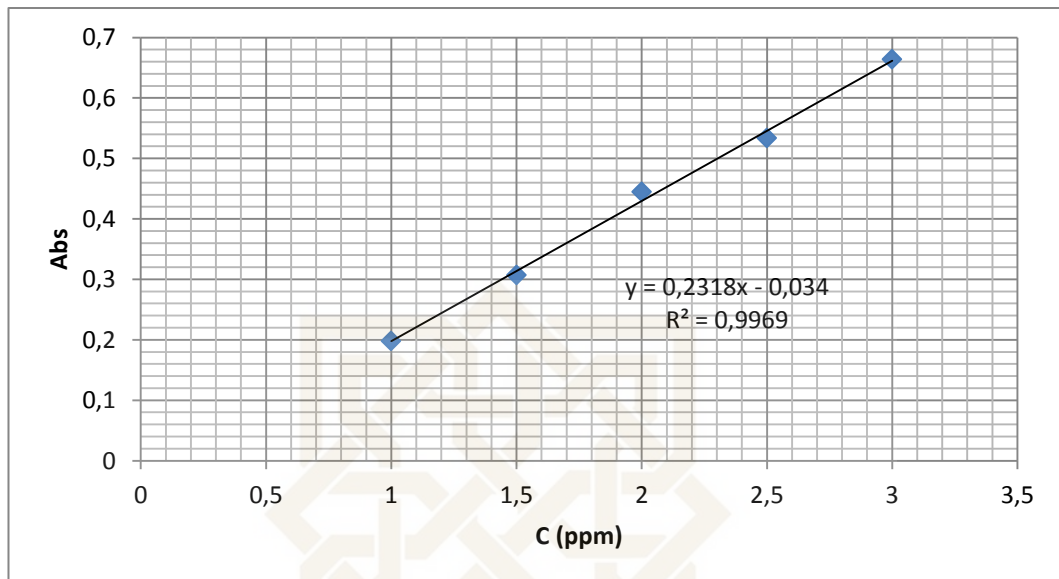
Lampiran 10. Penentuan panjang gelombang maksimum dan absorbansi standar *methylene blue*



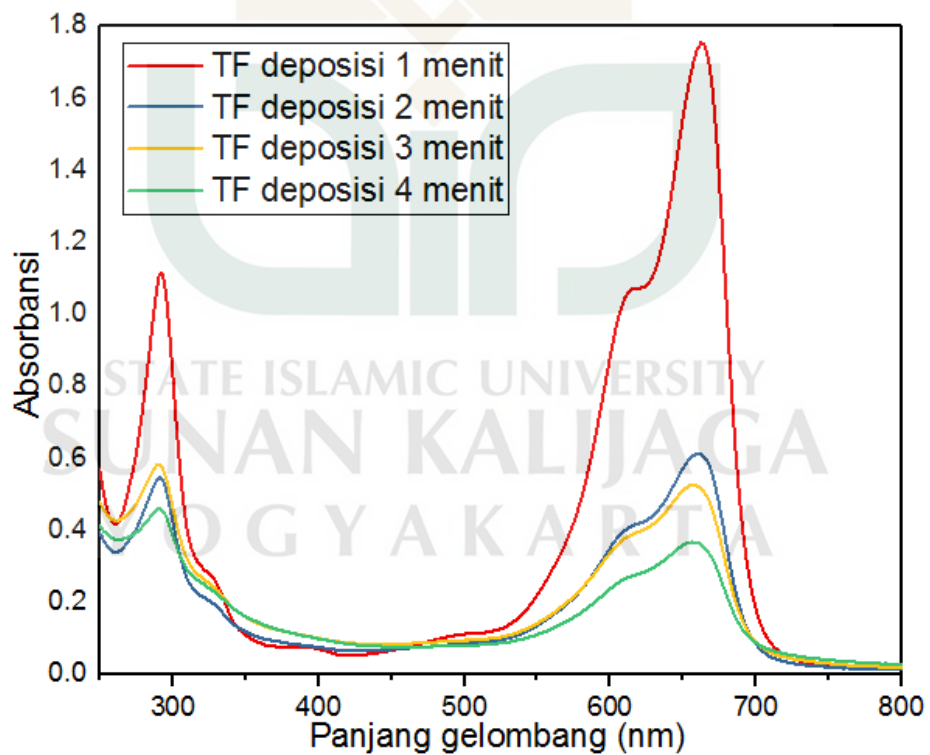
Lampiran 11. Data kurva standar *methylene blue*

No	Panjang gelombang (nm)	Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
1.	664	1	0,198
2.	664	1,5	0,307
3.	664	2	0,445
4.	664	2,5	0,534
5.	664	3	0,664

Lampiran 12. Grafik kurva standar *methylene blue*



Lampiran 13. Grafik absorbansi methylene blue oleh lapisan tipis CuO/Ag



Lampiran 14. Perhitungan konsentrasi *methylene blue* sisa

Berdasarkan kurva standar *methylene blue* diperoleh persamaan regresi linier sebagai berikut :

$$y = bx + a$$

y : nilai absorbansi *methylene blue*

x : konsentrasi *methylene blue*

misal y = 0,376 disubstitusikan pada persamaan di bawah ini akan menjadi,

$$y = 0,2318x - 0,034$$

$$0,375 = 0,2318x - 0,034$$

$$0,375 + 0,034 = 0,2318x$$

$$0,409 = 0,2318x$$

$$x = 0,409 : 0,2318$$

$$x = 1,77$$

Sehingga, konsentrasi *methylene blue* sisa adalah 1,77 ppm.

Lampiran 15. Perhitungan persentase degradasi

$$\% \text{ Degradasi} = [(C_0 - C) / C_0] \times 100\%$$

C₀ : konsentrasi *methylene blue* awal (15 ppm)

C : konsentrasi *methylene blue* sisa

misal C = 1,994 ppm

$$\% \text{ Degradasi} = [(15 - 1,77) / 15] \times 100\%$$

$$\% \text{ Degradasi} = [(13,23 / 15) \times 100\%$$

$$\% \text{ Degradasi} = 0,882 \times 100\%$$

$$\% \text{ Degradasi} = 88,2\%$$

BIODATA DIRI

Andre Yoan Setyanjana



DATA PRIBADI

1. Nama Lengkap : Andre Yoan Setyanjana
2. Tempat, tanggal lahir : Wonogiri, 4 Januari 1998
3. Agama : Islam
4. No. Telp/HP : 085696307581
5. Email : andresetyanjana.0401@gmail.com
6. Alamat : Semanggi, RT 01/RW 02, Jogoboyo, Purwodadi,
Purworejo, Jawa Tengah

RIWAYAT PENDIDIKAN

- | | |
|---|-----------|
| 1. TK Tunas Harapan Babadsari | 2002-2003 |
| 2. SD Negeri 2 Babadsari | 2003-2009 |
| 3. SMP Negeri 1 Kutowinangun, Kebumen | 2009-2012 |
| 4. SMA Negeri 4 Mimika, Papua | 2012-2015 |
| 5. S1 Fisika - UIN Sunan Kalijaga, Yogyakarta | 2015-2019 |

PENGALAMAN ORGANISASI

- | | |
|--------------|--|
| 1. 2015-2016 | Anggota UKM Olahraga UIN Sunan Kalijaga |
| 2. 2015-2016 | Anggota HMI Komisariat Saintek UIN Sunan Kalijaga |
| 3. 2016-2017 | Sie. Akademik SC Fisika Material UIN Sunan Kalijaga |
| 4. 2016-2017 | Bendahara Div. Catur UKM Olahraga UIN Sunan Kalijaga |
| 5. 2016-2017 | Bidang P3A HMI Komisariat Saintek UIN Sunan Kalijaga |
| 6. 2017-2018 | Ketua Umum SC Fisika Material UIN Sunan Kalijaga |
| 7. 2017-2018 | Div. Riset Akademik HM-PS Fisika UIN Sunan Kalijaga |
| 8. 2018 | Tim KKN Riset Aksi Kebangsaan NKRI-Timor Leste |

PENGALAMAN KERJA

- | | |
|--------------|--|
| 1. 2016-2019 | Tentor/pengajar di Lembaga Les Privat NOS Yogyakarta |
| 2. 2018 | PKL di Bidang Fisika Partikel PSTA BATAN |
| 3. 2018 | Asisten Praktikum Gelombang dan Optika |