

**PENGARUH ION LOGAM Cu(II) TERHADAP EFEKTIVITAS
FOTODEGRADASI ZAT WARNA METILEN BIRU TERKATALIS TiO₂**

SKRIPSI

**Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat sarjana S-1**

Program Studi Kimia



Oleh:

**Fitriyadi Bere
08630037**

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA
2013**



Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga



FM-STUINSK-BM-05-C/R0

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI / TUGAS AKHIR

Hal : Pengajuan Munaqasyah

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 : Fitriyadi Bere

NIM : 08630037

Judul Skripsi : Pengaruh Ion Logam Cu(II) Terhadap Efektivitas Fotodegradasi Zat
Warna Metilen biru Terkatalis TO_2

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

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

Wassalamu' alaikum wr. wb

Yogyakarta, 29 Januari 2013

Pembimbing

Imelda Fajriati, M.Si.

NIP. 19750725 200003 2 001



SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Nota Dinas Konsultan 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 : Fitriyadi Bere

NIM : 08630037

Judul Skripsi : PENGARUH ION LOGAM Cu(II) TERHADAP EFEKTIVITAS
FOTODEGRADASI ZAT WARNA METILEN BIRU
TERKATALIS TiO₂

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

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 25 Maret 2013

Konsultan,

Pedy Artsanti, M.Sc



SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Nota Dinas Konsultan 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 : Fitriyadi Bere

NIM : 08630037

Judul Skripsi : PENGARUH ION LOGAM Cu(II) TERHADAP EFEKTIVITAS
FOTODEGRADASI ZAT WARNA METILEN BIRU
TERKATALIS TiO₂

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

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 25 Maret 2013

Konsultan,

Endaruji Sedyadi, M.Sc



AN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

0N.02/D-ST/PP.01.1/871/2013

Skripsi/Tugas Akhir dengan judul : Pengaruh Ion Logam Cu(II) terhadap Efektivitas Fotodegradasi Zat Warna Metilen biru Terkatalis TiO₂

Yang dipersiapkan dan disusun oleh :
Nama : Fitriyadi Bere
NIM : 08630037
Telah dimunaqasyahkan pada : 11 Maret 2013
Nilai Munaqasyah : A / B

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

TIM MUNAQASYAH :

Ketua Sidang

Imelda Fajriati, M.Si
NIP.19750725 200003 2 001

Penguji I

Pedy Artsanti, M.Sc

Penguji II

Ehdaruji Sedyadi, M.Sc

Yogyakarta, 25 Maret 2013
UIN Sunan Kalijaga
Fakultas Sains dan Teknologi
Dekan



Akhter Minnaji, M.A, Ph.D
NIP.19580919198603 1 002

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Fitriyadi Bere
NIM : 08630037
Jurusan : Kimia
Fakultas : Sains dan Teknologi

menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa skripsi saya yang berjudul :

**PENGARUH ION LOGAM CU(II) TERHADAP EFEKTIVITAS
FOTODEGRADASI ZAT WARNA METILEN BIRU TERKATALIS TIO₂**

Adalah asli hasil penelitian saya sendiri dan bukan plagiasi hasil karya orang lain.

Yogyakarta, 13 Februari 2013

Yang menyatakan





Fitriyadi Bere
NIM. 08630037

MOTTO

*"Sesungguhnya kebaikan di dunia adalah ilmu dan ibadah,
sedangkan di akhirat adalah surga"
(Al-Ghazali, Ihyā' Ulum al-Din, Juz. 1, hal. 14)*

*"Ilmu tanpa agama buta
Agama tanpa ilmu lumpuh"
(Albert Einstein)*

*"Allah selalu membuka jalan bagi hambanya yang berusaha
dan Allah memiliki rencana lain dibalik kegagalan"
(Naane Bere)*

PERSEMBAHAN

Karya ini didedikasikan kepada:

*Ayah dan Ibu, Kakak-kakakku yang telah mendidikku
dengan segala kasih sayang dan pengorbanannya.*

*Sahabat-sahabatku, terima kasih atas dukungan dan
motivasinya*

Serta

Almamaterku Tercinta

*Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta*

KATA PENGANTAR

Bismillaahirrahmaanirrahiim. Alhamdulillahirabbil'aalamiin.

Syukur yang teramat dalam, senantiasa penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT yang dengan kasih sayang-Nya membimbing diri dan hati ini untuk senantiasa istiqomah di jalan-Nya. Sholawat dan salam semoga senantiasa tercurah limpahkan kepada nabi akhir zaman Muhammad SAW yang telah membimbing manusia dari jalan yang gelap menuju jalan yang terang disisi-Nya.

Skripsi dengan judul “*Pengaruh Ion Logam Cu(II) Terhadap Efektivitas Fotodegradasi Zat Warna Metilen biru Terkatalis TiO₂*”, disusun sebagai syarat kelulusan tingkat sarjana strata satu jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Sunan Kalijaga Yogyakarta.

Tidak dapat dipungkiri terselesaikannya penulisan skripsi ini melibatkan banyak pihak yang telah membantu baik langsung maupun tidak langsung. Maka pada kesempatan ini, dengan penuh kerendahan hati penulis ingin memberikan ucapan terimakasih kepada:

1. Prof. Drs. H. Akh. Minhaji, MA, Ph.D., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Esti Wahyu Wiedowati, M. Si. M. Biotech., selaku ketua Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Imelda Fajriati, M.Si., dosen pembimbing yang dengan ikhlas dan sabar dalam membantu dan membimbing dalam penyusunan skripsi ini.

4. Dosen-dosen Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang ikut membantu.
5. A. Wijayanto, S.Si., Indra Nafiyanto, S.Si., dan Isni Gustanti, S.Si. selaku laboran Laboratorium Kimia UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang telah memberikan pengarahan dan dorongan selama melakukan penelitian.
6. Seluruh Staf Karyawan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang telah membantu urusan administrasi dengan baik.
7. Ayah, Ibu, Kakak dan Adik-adik tercinta, yang tak henti-hentinya mendoakanku dan dengan ikhlas memberikan motivasi, nasihat, serta dukungan.
8. Teman-teman seperjuangan Abdullah, Titik P, Elfa Adi P, Elvin S, Hilmi H, Ma'rifat, Syafi'i L, Muren, Nisfi L, dan Agung T rekan yang membuatku selalu terhibur dengan pertemuan yang rutin di akhir pekan.
9. Teman-teman kimia angkatan 2008 Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga.
10. Semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Penulis hanya berharap agar tulisan yang singkat ini dapat memberi manfaat bagi semua sehingga dapat senantiasa menjadi orang yang lebih baik dari hari kemarin. Kesempurnaan hanya milik ALLAH SWT, oleh karena itu saran dan kritik yang membangun sangat penulis harapkan untuk perbaikan di masa yang akan datang.

Yogyakarta, 13 Februari 2013

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN	v
HALAMAN MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
ABSTRAK	xviii
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Batasan Masalah	3
C. Rumusan Masalah	4
D. Tujuan Penelitian	4
E. Manfaat Penelitian	5

BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

A. Tinjauan Pustaka	6
B. Landasan Teoritik	7
1. Fotokatalis Titanium Dioksida (TiO ₂).....	
a. Titanium Dioksida (TiO ₂)	7
b. TiO ₂ Sebagai Semikonduktor Fotokatalis.....	9
c. Manfaat Fotokatalis	13
2. Sintesis Titanium Dioksida (TiO ₂) dengan Metode Nonhidrolisis	
Sol Gel	13
3. Metilen biru	15
4. Tembaga atau Cu(II)	17
5. <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	20
6. <i>Fourier Transform Infrared</i> (FT-IR)	23

BAB III METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat	27
B. Alat dan Bahan	27
C. Prosedur Penelitian	28
1. Sintesis Titanium Dioksida (TiO ₂)	28
2. Karakterisasi Titanium Dioksida (TiO ₂)	28
3. Uji Aktivitas Titanium Dioksida (TiO ₂) Terhadap Metilen biru .	29
a. Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Larutan Metilen	
biru	29
b. Pembuatan Kurva Larutan Metilen biru Standar	29

c. Penentuan Pengaruh Ion Logam Cu(II) Terhadap Efektivitas Fotodegradasi Metilen biru Terkatalis TiO ₂	30
1) Pengaruh Adanya Ion Logam Cu(II)	30
2) Penentuan Pengaruh Konsentrasi Ion Logam Cu(II) Terhadap Efektivitas Fotodegradasi Metilen biru	30
3) Penentuan Pengaruh pH Larutan Dengan dan Tanpa Adanya Ion Logam Cu(II) Terhadap Efektivitas Fotodegradasi Metilen biru Terkatalis TiO ₂	30
d. Regenerasi TiO ₂ yang Telah Digunakan	31

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Preparasi TiO ₂ <i>Anatase</i> dengan Metode Nonhidrolisis Sol-Gel ..	33
B. Uji Aktivitas TiO ₂ Terhadap Metilen biru	38
1. Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Larutan Metilen biru	38
2. Pembuatan Kurva Standar Zat Warna Metilen biru	39
3. Uji Aktivitas TiO ₂ Terhadap Metilen biru	41
4. Pengaruh Ion Logam Cu(II) Terhadap Efektivitas Fotodegradasi Metilen biru Terkatalis TiO ₂	42
a. Pengaruh Penambahan Ion Logam Cu(II)	42
b. Pengaruh Konsentrasi Ion Logam Cu(II) Terhadap Efektivitas Fotodegradasi Metilen biru Terkatalis TiO ₂	43
c. Pengaruh pH Larutan Terhadap Efektivitas Fotodegradasi Metilen biru terkatalis TiO ₂	45
d. Pengaruh pH Larutan Dengan Adanya Ion Logam Cu(II)	

Terhadap Efektivitas Fotodegradasi Metilen biru terkatalis TiO_2	46
5. Regenerasi TiO_2	49
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
A. Kesimpulan	52
B. Saran	52
DAFTAR PUSTAKA	53
LAMPIRAN	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Struktur Kristal <i>Anatase dan Rutile</i>	8
Gambar 2.2. Mekanisme Kerja Fotokatalis TiO_2	10
Gambar 2.3. Struktur Metilen biru	15
Gambar 2.4. Kurva Distribusi Spesies Cu(II) Dalam Larutan Sebagai Fungsi pH Larutan	19
Gambar 2.5. Prinsip Kerja XRD	21
Gambar 2.6. Skema Alat Analisis IR	24
Gambar 4.1. Perbandingan Spektra Inframerah (FT-IR) TiO_2 P25 Degussa (a) dan TiO_2 Hasil Sintesis Menggunakan Metode NSG (b) .	35
Gambar 4.2. Perbandingan Spektra Difraksi Sinar X (XRD) TiO_2 Hasil Sintesis Menggunakan Metode NSG, TiO_2 <i>Anatase</i> JCPDS dan TiO_2 <i>Rutile</i> JCPDS	36
Gambar 4.3. Kurva Absorbansi Metilen biru 5 ppm.....	39
Gambar 4.4. Kurva Larutan Standar Zat Warna Metilen Biru	40
Gambar 4.5. Pengaruh Tanpa dan Adanya Penambahan Ion Logam Cu(II) Terhadap Fotodegradasi Metilen biru terkatalis TiO_2 .	42
Gambar 4.6. Pengaruh Konsentrasi Ion Logam Cu(II) Terhadap Efektivitas Fotodegradasi Metilen biru Terkatalis TiO_2	44
Gambar 4.7. Pengaruh pH Terhadap Efektivitas Fotodegradasi Metilen biru Terkatalis TiO_2	45

Gambar 4.8. Pengaruh pH Larutan dengan Adanya Ion Logam Cu(II) Terhadap Efektivitas Fotodegradasi Metilen biru Terkatalis TiO ₂	47
Gambar 4.9. Hasil Fotodegradasi TiO ₂ Hasil Sintesis Menggunakan Metode NSG 1. Dengan Regenerasi. 2. Tanpa Regenerasi	50

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Harga E_g Untuk Berbagai Semikonduktor	9
Tabel 2.2. Beberapa Pita Absorpsi Inframerah	25

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Diffaktogram XRD TiO ₂ <i>Anatase</i> Hasil Sintesis Menggunakan Metode NSG	59
Lampiran 2. Spektra IR TiO ₂ <i>Anatase</i> Hasil Sintesis Menggunakan Metode NSG	61
Lampiran 3. Panjang Gelombang Maksimun Larutan Metilen biru	62
Lampiran 4. Kurva Standar Larutan Metilen biru	62
Lampiran 5. Hasil Uji Pengaruh dengan dan Tanpa Adanya Ion Logam Cu(II) Terhadap Efektivitas Fotodegradasi Metilen biru Terkatalis TiO ₂	63
Lampiran 6. Hasil Uji Pengaruh Konsentrasi Ion Logam Terhadap Efektivitas Fotodegradasi Metilen biru Terkatalis TiO ₂	64
Lampiran 7. Pengaruh pH Larutan Terhadap Efektivitas Fotodegradasi Metilen biru Terkatalis TiO ₂ Dengan Dan Tanpa Adanya Ion Logam Cu(II)	64
Lampiran 8. Regenerasi TiO ₂ Untuk Pemakaian Kembali	65
Lampiran 9. Dokumentasi Proses Penelitian	66
Lampiran 10. Data JCPDS Kristal TiO ₂ <i>Anatase</i>	67
Lampiran 11. Data JCPDS Kristal TiO ₂ <i>Rutile</i>	68
Lampiran 12. Perhitungan Fotodegradasi	69
Lampiran 13. Perhitungan Ukuran Kristal	69
Lampiran 14. Perhitungan Komposisi <i>Anatase</i> dan <i>Rutile</i>	70

INTISARI

PENGARUH ION LOGAM Cu(II) TERHADAP EFEKTIVITAS FOTODEGRADASI ZAT WARNA METILEN BIRU TERKATALIS TiO₂

Oleh:

Fitriyadi Bere

NIM 08630037

Pembimbing:

Imelda Fajriati. M. Si.

NIP 19750725 200003 2 001

Telah dilakukan preparasi Titanium dioksida (TiO₂) dari prekursor TiCl₄ dan etanol dengan metode *nonhidrolisis sol-gel* (NSG) untuk fotodegradasi zat warna Metilen biru dengan adanya ion logam Cu(II). Karakterisasi fasa kristalin, ukuran partikel dilakukan dengan difraksi sinar X (XRD) sedangkan gugus-gugus fungsi TiO₂ dilakukan dengan spektrofotometri inframerah (FT-IR).

Uji efektivitas fotodegradasi Metilen biru terkatalis TiO₂ dengan pengaruh penambahan ion logam Cu(II) dilakukan dalam Reaktor UV *black light* (UV-BL) dengan variasi konsentrasi Cu(II) sebesar 12 sampai dengan 24 ppm. Berdasarkan data hasil percobaan, diketahui bahwa efektivitas fotodegradasi Metilen biru sebesar 27,22% seiring dengan meningkatnya konsentrasi ion logam Cu(II) yang ditambahkan. Adanya penambahan ion logam Cu(II) sebesar 24 ppm dapat meningkatkan fotodegradasi sebesar 98,63% dibandingkan dengan tanpa penambahan 71,41%

Kata kunci: TiO₂, Ion Cu(II), Fotodegradasi dan Metilen biru

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Industri tekstil merupakan salah satu industri yang berkembang pesat di berbagai belahan dunia, termasuk di Indonesia. Industri tekstil di satu sisi memberikan banyak keuntungan bagi manusia, di sisi lain perkembangan industri tekstil juga menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan. Hal ini dikarenakan dalam produksi tekstil selalu dihasilkan limbah, salah satunya limbah zat warna. Limbah zat warna merupakan senyawa organik yang sukar terurai, bersifat resisten, dan toksik. Apabila limbah tersebut dibuang ke perairan terdekat maka akan menyebabkan pencemaran lingkungan (Ida A.G., 2011). Adanya limbah zat warna akan mengganggu proses-proses biologi dalam air. Estetika badan perairan juga menjadi tidak nyaman akibat munculnya bau busuk dan adanya efek bahaya dari limbah zat warna (Moura, 2004).

Upaya penanganan pencemaran perairan oleh limbah zat warna seperti adsorpsi, biodegradasi dan fotodegradasi telah banyak dilakukan. Secara adsorpsi, limbah zat warna dapat dihilangkan atau diturunkan konsentrasinya dengan berbagai macam adsorben seperti karbon aktif, lempung, dan zeolit. Metode adsorpsi cukup efektif namun jika adsorben telah jenuh, akan menjadi limbah padat yang membutuhkan proses lebih lanjut atau regenerasi tambahan, dan khusus untuk penggunaan karbon aktif memerlukan biaya yang besar.

Selain metode adsorpsi, metode biodegradasi dengan menggunakan mikroorganisme seperti bakteri juga banyak digunakan untuk pengolahan limbah

zat warna. Cara biologi ini dapat menurunkan konsentrasi zat warna secara efektif, namun penanganannya relatif mahal karena bakteri memiliki ketahanan hidup yang rendah. Penggunaan metode kimia dalam penanganan zat warna juga telah banyak dikembangkan, di antaranya dengan metode degradasi oksidatif dan fotodegradasi. Metode fotodegradasi adalah metode peruraian senyawa-senyawa organik termasuk zat warna oleh adanya cahaya menjadi senyawa yang relatif kecil dan tidak berbahaya. Proses fotodegradasi pada dasarnya dapat dipercepat dengan adanya fotokatalis TiO_2 . Penanganan zat warna secara fotodegradasi dengan fotokatalis TiO_2 tidak hanya menurunkan konsentrasi tetapi sekaligus juga menghilangkan sifat racun dari zat warna tersebut. Metode fotodegradasi merupakan metode yang relatif murah dan mudah diterapkan (Wijaya *et al.*, 2006).

TiO_2 adalah material semikonduktor yang berfungsi sebagai fotokatalis yang memiliki fotoaktivitas dan stabilitas tinggi, tersedia secara komersil dan mudah disiapkan di laboratorium. Kemampuan TiO_2 sebagai fotokatalis dapat digunakan dalam pengolahan limbah khususnya sebagai alternatif dalam menanggulangi limbah zat warna seperti *methylene blue*, *congo red*, *orange II* dan lainnya

Fotokatalis adalah suatu proses kimia yang dibantu oleh adanya cahaya dan material katalis. Dengan pencahayaan sinar UV ($\lambda < 405 \text{ nm}$), maka permukaan TiO_2 mempunyai kemampuan menginisiasi reaksi kimiawi. Fotokatalis TiO_2 dapat mempercepat proses fotodegradasi Metilen biru karena TiO_2 mempunyai stuktur semikonduktor yang dapat menyediakan elektron

sehingga dapat meningkatkan reaksi fotodegradasi zat warna yang lebih tidak toksik di lingkungan.

Metilen biru dalam limbah industri dapat berada bersama-sama dengan ion logam yang juga berasal dari industri tekstil, maupun industri lain seperti elektroplating dan sebagainya. Akan tetapi sejauh ini belum dipelajari pengaruh keberadaan ion logam terhadap efektivitas fotodegradasi Metilen biru. Oleh karena itu, dalam penelitian ini dilakukan kajian pengaruh adanya ion logam Cu(II) terhadap efektivitas fotodegradasi Metilen biru terkatalisis TiO₂, pada berbagai konsentrasi Metilen biru dan pH larutan.

TiO₂ yang digunakan berasal dari hasil sintesis nonhidrolisis dengan prekursor TiCl₄, dengan harapan terbentuk kristal TiO₂ dalam ukuran nanopartikel dan kristal TiO₂ fase *anatase*, karena *anatase* diketahui memiliki aktivitas fotokatalitik yang relatif lebih baik daripada bentuk kristal lain seperti *rutile* dan *brookite*, karena mobilitas yang tinggi dan besarnya energi celah pita. Fotokatalis TiO₂ *anatase* ini selanjutnya diujikan aktivitas fotokataliknya terhadap kemampuan fotodegradasi Metilen biru, sehingga mengurangi tingkat pencemaran dari zat warna.

B. Batasan Masalah

Agar penelitian ini tidak meluas dalam pembahasannya, maka diambil pembatasan masalah sebagai berikut :

1. Prekursor yang digunakan dalam sintesis TiO₂ nonhidrolisis sol gel adalah TiCl₄

2. Karakterisasi terhadap Kristal TiO_2 yang terbentuk menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD), dan *Fourier Transform Infrared* (FTIR)
3. Metode yang digunakan untuk sintesis TiO_2 *anatase* menggunakan metode nonhidrolisis sol gel (NSG)

C. Rumusan Masalah

Dari uraian di atas, dapat dibuat rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana sintesis TiO_2 *anatase* menggunakan metode nonhidrolisis sol gel dengan prekursor TiCl_4 ?
2. Bagaimana pengaruh penambahan ion logam Cu(II) yang meliputi, konsentrasi ion Cu(II) dan pH larutan terhadap efektivitas fotodegradasi Metilen biru terkatalis TiO_2 ?
3. Bagaimana penggunaan kembali fotokatalis TiO_2 setelah diregenerasi menggunakan larutan HCl?

D. Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui proses sintesis TiO_2 *anatase* menggunakan metode nonhidrolisis sol gel dengan prekursor TiCl_4
2. Untuk mengetahui pengaruh penambahan ion logam Cu(II) yang meliputi konsentrasi Cu(II), dan pH larutan terhadap efektivitas fotodegradasi Metilen biru terkatalis TiO_2
3. Untuk mengetahui pengaruh regenerasi fotokatalis TiO_2 dalam pemakaian kembali

E. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan beberapa manfaat diantaranya:

1. Dapat menjadi dorongan bagi para peneliti dalam melakukan pengembangan sintesis TiO_2 dengan metode nonhidriasis sol gel
2. Menambah referensi dalam penanganan masalah pencemaran lingkungan, terutama polutan zat warna

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. TiO₂ *anatase* dapat disintesis dengan metode nonhidrolisis sol gel menggunakan prekursor TiCl₄
2. Penambahan ion logam Cu(II) sebesar 12-24 ppm dapat mendegradasi Metilen biru sebesar 37,72-98,63%, artinya bahwa semakin besar konsentrasi ion logam Cu(II) yang ditambahkan, semakin meningkat pula aktivitas fotodegradasi Metilen biru, sedangkan semakin tinggi pH larutan, maka aktivitas fotodegradasi Metilen biru semakin efektif.
3. Pemakaian kembali fotokatalis TiO₂ hasil regenerasi mengalami peningkatan aktivitas sebesar 3,75%

B. Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengidentifikasi terbentuknya Cu(0) sebagai hasil reduksi ion logam Cu(II) pada permukaan TiO₂. Selain itu, perlu dilakukan identifikasi senyawa-senyawa hasil fotodegradasi Metilen biru terkatalis TiO₂ dengan adanya ion logam Cu(II), untuk memastikan apakah hasil fotodegradasi zat warna tersebut merupakan senyawa yang aman terhadap lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M., Virgus, Y., Nirmin, dan khairurrijal, 2008, Review: Sintesis Nanomaterial, *J. Nano Saintek.*, 1, 2, 33-57.
- Ahmad, A., Gul Hameed Awan, Salman Aziz. 2007. Synthesis And Applications of TiO₂ Nanoparticles, *Pakistan Engineering Congress*. No. 676.
- Arsyad, M. N., 2001, *Kamus Kimia Arti dan Penjelasan Ilmiah*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Andronic, L, Carcel, R, A., dan Duta, A., 2009, Cd²⁺ Modified TiO₂ for Methyl Orange Photodegradation, *Revue Roumaine de Chimie*, 54(4), 309-312.
- Azizah, A, I., 2009, *Kajian Pengaruh Ion Logam Fe(III) dan Cd(II) Terhadap Efektivitas Fotodegradasi Zat Warna Orange II Yang Terkatalis Oleh TiO₂*, *Skripsi S1*, Jurusan Kimia , FMIPA UGM, Yogyakarta.
- Bakhtiyar, I, 2011, *Sintesis TIO₂ Mesopori dengan Metode Hidrotermal Untuk Fotodegradasi Congo Red*, *Skripsi S1*, Jurusan Kimia Fakultas Sains Dan Teknologi UIN Sunan kalijaga, Yogyakarta.
- Brady, James E., 1999, *Kimia Universitas Asas dan Struktur*, Edisi kelima, jilid satu, Binarupa Aksara, Jakarta.
- Bruice, P. Y. 2001. *Organic Chemistry*. New Jersey: Prentice Hall International Inc.
- Cotton, F.A. dan Wilkinson, G., 1989, *Kimia Anorganik*, 6th ed., John Wiley & Sons, New York.
- Correntet, Schichtorl., Lagemaat, V. D., Cheng., Mascarenhas., and Frank., 1999, Dye- Sensitized TiO₂ Solar Cell: Structural and Photoelectrochemical Characterization of Nanocrystalline Electrodes Formed from Hydrolysis of TiCl₄, *Journal Physic Chemistry*

- Dann, S.E. 2000. *Reaction and Characterization of Solids*. UK: Royal Society of Chemistry.
- Darsih, C., 2008, *Kajian Pengaruh Ion Logam Ni(II) dan Pb(II) Terhadap Efektivitas Fotodegradasi Orange II Terkatalis TiO₂*, Skripsi S1, Jurusan Kimia, FMIPA UGM, Yogyakarta.
- Day, R.A., dan Underwood, A.L., 2002, *Analisis Kimia Kuantitatif*, Edisi Kelima, Erlangga, Jakarta.
- Doyle, F. M., and Liu, Z., 2002, *The effect of triethylene tetraamine (Trien) on the ion flotation of Cu₂⁺ and Ni₂⁺*, Department of Materials Science and Engineering, University of California at Berkeley, USA.
- Duncan. 1980. *Introduction to Colloid and Surface Chemistry*. Butter Worths: London.
- Ernawati, T., 2006, *Kajian Pengaruh Ion Cr(VI) Terhadap Efektivitas Fotodegradasi 3,4-Dinitrofenol Terkatalis TiO₂*, Tesis S2, Jurusan Kimia FMIPA UGM, Yogyakarta.
- Farrel., 2001. *Synthesis Effects on Grain Size and Phase Content in the Anatase-Rutile TiO₂ System*. Worcester Polytechnic Institute.
- Febrian, 2008, Hydrothermal Synthesis of Nanocrystalline and Mesoporous Titania From Aqueous Complex Titanyl Oxalate Acid Solutions. *Chemical Physics Letters*; 388: 411-415.
- Fitriani, A.N.H. 2007, *Kajian Pengaruh Konsentrasi Awal, Waktu Paparan, dan Adanya Asam Oksalat Terhadap Fotoreduksi Ion Cu (II) Terkatalis TiO₂*. Skripsi S1, Jurusan Kimia FMIPA UGM, Yogyakarta.
- Gunlazuardi, J., 2001, *Fotokatalisis Pada Permukaan TiO₂: Aspek Fundamental dan Aplikasinya*, Seminar Nasional Kimia Fisika II, Universitas Indonesia, Jakarta.

- Gurr, E., 1971, *Synthetic Dyes in Biology, Medicine, and Chemistry*, Academic press, London.
- Handaoui, O. and Chiha, M., 2006, Removal of Methylene Blue from Aqueous Solutions by Wheat Bran, *Acta Chim.* 54 : 407–418.
- Hoffmann, M.R., Martin, S.T., Choi, W., dan Bahnemann, D.W., 1995, Environmental Applications of Semiconductor Photocatalysis, *Chem. Rev.*
- Ida A. G., 2011. *Fotodegradasi Metilen Biru dengan Sinar VIS dan Katalis Al₂O₃*. FMIPA Universitas Udayana Bukit Jimbaran
- Khopkar, S.M., 2007. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Jakarta: UI Press.
- Kim, J. Choi. H-J. Sohn, T. Kang. 1999. *J. Electrochem.Soc.* 146. 4401
- Kong FT, Dai SY, Wang KJ. 2007, Review of Recent Progress in Dye-Sensitized Solar Cells. Hindawi Publishing Corporation Advances in Opto Electronics; 2007 (Article ID 75384).
- Lucarelli, L., Nadtochenko, V., dan kiwi, J., 2000, Environmental photochemistry: quantitative adsorption and FTIR studies during the TiO₂-photocatalyzed degradation of orange II, *Langmuir, American Chemical Society*, 16, 1102-1108.
- Linsebigler, A. L., Lu, G., dan Yates, J. T., 1995, *Photocatalysis on TiO₂ Surface: Principles, Mechanism, and Selected Result*, *Chem. Rev.*, 95, 735-758
- Mills A., Le Hunte S., 1997, An Overview of Semiconductor Photocatalysis, *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 108, 1-35.
- Moore JW, Ramamoorthy S (1984) *Heavy Metals in Natural Waters. Applied Monitoring and Impact Assessment*. Springer-Verlag, NY, pp 268.
- Moura, I. M. A. 2004. *Adsorption of Yellow Lanazol 4G Reactive Dye in a Simulated Textile Effluent on Gallinaceous Feathers*. Official Publication of The European Water Association : European Water Management Online.

- Mudjiono, 2000, *Karakterisasi TiO₂ Sebagai Katalisator Pada Proses Fotodegradasi Zat Warna Turg Blue*, Prosiding Seminar Nasional Kimia V, Jurusan Kimia FMIPA UGM, Yogyakarta.
- Niederberger N, Pinna N., 2009, *Metal Oxide Nanoparticles in Organic Solvent, Synthesis, Assembly and Application: Chapter 2. Aqueous and Nonaqueous Sol-Gel Chemistry*, Spinger,
- Nurhayati, S, 2007, *Kajian Pengaruh pH Larutan, Massa Fotokatalis dan Asam Askorbat Terhadap Efektifitas Fotoreduksi Ion Cu (II) Terkatalis TiO₂*, Skripsi S1, Jurusan Kimia FMIPA UGM, Yogyakarta.
- Palar. H, 1994, *Pencemaran Dan Toksikologi Logam Berat*, Cetakan Pertama, Rineka Cipta, Jakarta.
- Peiro, A. M., Ayllon, J. A., dan Domenech, X., 2001, *TiO₂-photocatalyzed degradation of phenol and ortho- Substituted phenolic compounds*, Appl. Catal B; Environ., 30, 359-373.
- Purwitasari., L. 2008. *Immobilisasi TiO₂ Pada Resin Sebagai Fotokatalis Pada Fotoreduksi Ion Ag(I)*. Skripsi S1, FMIPA Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Ramli, R., 2005, *Kajian Fotodegradasi Zat Warna Orange II Yang Terkatalis Oleh TiO₂*, Skripsi S1, Jurusan Kimia FMIPA UGM, Yogyakarta.
- Retyantoro, P., 2011, *Sintesis TiO₂ Mesopori dengan Metode Hidrotermal dan Aplikasinya Untuk Fotodegradasi Zat Warna Metilen Biru*, Skripsi S1, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.
- Sastrohamidjojo, H. 2007, *Spektroskopi*, Liberty, Yogyakarta.
- Sirisaksoontorn, Weekit. 2009. *Preparation of N-doped TiO₂ to Use as Catalysts in Photodegradation Reaction of Pahs and Phenol*. Graduate School, Kasetsart University.

- Siti Sulastris dan Susila K. 2001. *Metode Pemisahan dan Analisis Kimia*. FMIPA UNY, Yogyakarta.
- Snoeyink, V. L., dan Jenkins, D., 1980, *Water Chemistry*, Jhon wiley & Sons, New York.
- Stercher, P.G., Windholz, M., Leahy, D.S., Bolton, D.M.M.D., Eaton, L.G.D.V.M., 1968, *The Merck index*, Eight Edition, Merck and Co.ins, New York.
- Su Haijia, Li Qiang, Tian Wei Tan. 2008. Synthesis of Ion-Imprinted Chitosan-TiO₂ Adsorbent With Immobilization of Nano-TiO₂, *J. Chem. Technol Biotechnol.* 81: 1797-1802.
- Tan, K.H., 1991. *Dasar-Dasar Kimia Tanah*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Tamtama, R. B. H., 2004, *Pengaruh Ion Cr(VI) Pada Fotodegradasi p-Klorofenol*, *Skripsi S1*, FMIPA UGM, Yogyakarta.
- Vinodgopal, K., dan Wynkoop, D. E, 1995, Environmental Photochemistry on Semiconductor Surface: Photosensitized Degradation of a Textile Azo Dye, Acid Orange 7, on TiO₂ Particles Using Visible Light, *Environ. Sci. Technol.*, 30, 1660-1666.
- Vogel, A. I. 1979. *Textbook of Macro and Semimicro Qualitative Inorganic Analysis*. 5th ed. London: Longman. Inc.
- Yanagisawa dan Ovenstone., 1999. Crystallization of Anatase from Amorphous Titania Using the Hydrothermal Technique: Effects of Starting Material and Temperature. *J. Phys. Chem. B* 1999, 103, 7781-7787.
- Wastini, 2005, *Kajian Pengaruh Ion Cr(VI) Terhadap Efektivitas Fotodegradasi p-Klorofenol Terkatalis TiO₂*, *Skripsi S1*, FMIPA UGM, Yogyakarta.
- Waseda, Y., Matsubara, E., dan Shinoda, K. 2011. *X-Ray Diffraction Crystallography*. New York: Springer.

- West, A.R. 1984. *Solid State Chemistry and its Application*. New York: John Wiley and Sons, Ltd.
- Wijaya, K., Sugiharto, E., Fatimah, I., Sudiono, S., dan Kurniaysih, D. 2006. Utilisasi TiO₂-Zeolit dan Sinar UV Untuk Fotodegradasi Zat Warna Congo Red. *Teknoin*, 11(3): 199-209.
- Wu, T., Liu, G., dan Zhao, J., 1998, Photoassisted Degradation Of Dye Pollutans. V, Self-Photosensitized Oxidative Transformation of Rhodamin B Under Visible Light Irradiation in Aqueous TiO₂ Dispersions, *J. Phys. Chem. B.*, 102, 5845-5851.
- Zhu, J., Yang, J., Bian, Z.H., Ren, J., Liu, Y.M, Cao, Y., Li, H.X., He, Y.H., Fan, K.F.2007. Nanocrystalline Anatase TiO₂ Photocatalys Prepared Via A Facile Low Temperature Nonhydrolytic Sol-Gel Reaction Of TiCl₄ and Benzyl Alcohol. *Journal Chemical Environment* vol. 76: 82-92, Shanghai.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Diffaktogram XRD TiO₂ Anatase Hasil Sintesis Menggunakan Metode NSG

*** Basic Data Process ***

Group name : Data 2011

Data name: Imelda 4

File name: Imelda 4. PKR

Sample name: Abdullah

Comment: Abdullah

Strongest 3 Peaks

no.	Peak No.	2Theta (deg)	d (A)	I/II	FWHM (deg)	Intensity (counts)	Integrated int (Counts)
1	4	25.5212	3.48745	100	0.43670	811	18685
2	12	48.3003	1.88278	29	0.50470	233	5640
3	2	23.0300	3.85875	25	0.40760	205	5069

peak data list

Peak No.	2Theta (deg)	d (A)	I/II	FWHM (deg)	Intensity (counts)	Integrated int (Counts)
1	10.8300	8.16264	3	0.90000	24	2938
2	23.0300	3.85875	25	0.40760	205	5069
3	24.8800	3.57585	5	0.32000	38	1469
4	25.5212	3.48745	100	0.43670	811	18685
5	26.2400	3.39352	4	0.16000	33	645
6	34.2450	2.61637	5	0.37000	38	1254
7	37.2125	2.41426	6	0.49500	48	1233
8	38.0208	2.36477	19	0.47440	153	3660
9	38.7800	2.32021	6	0.46000	52	1496
10	43.3406	2.08604	8	0.37470	62	1597
11	47.8800	1.89832	6	0.23340	45	779
12	48.3003	1.88278	29	0.50470	233	5640
13	48.9200	1.86037	3	0.22000	24	502
14	49.5233	1.83911	4	0.44670	33	651
15	54.1210	1.69322	14	0.54200	114	3463
16	55.2893	1.66018	15	0.55470	119	4379
17	62.2200	1.49086	4	0.37340	29	1078
18	62.4600	1.48570	5	0.00000	44	0
19	62.8610	1.47719	12	0.61800	99	3360

20	68.9725	1.36045	4	0.61500	30	1199
21	70.4616	1.33531	5	0.50330	38	1189
22	75.2900	1.26120	6	0.58000	51	2125

*** Basic Data Process ***

Data Information

Group Name : Data 2012
 Data Name : Imelda
 File Name : Imelda. RAW
 Sample Name : Abdullah
 Comment : Abdullah
 Data & time : 05-15-2012 14:25:36

Measurement Condition

X-ray tube

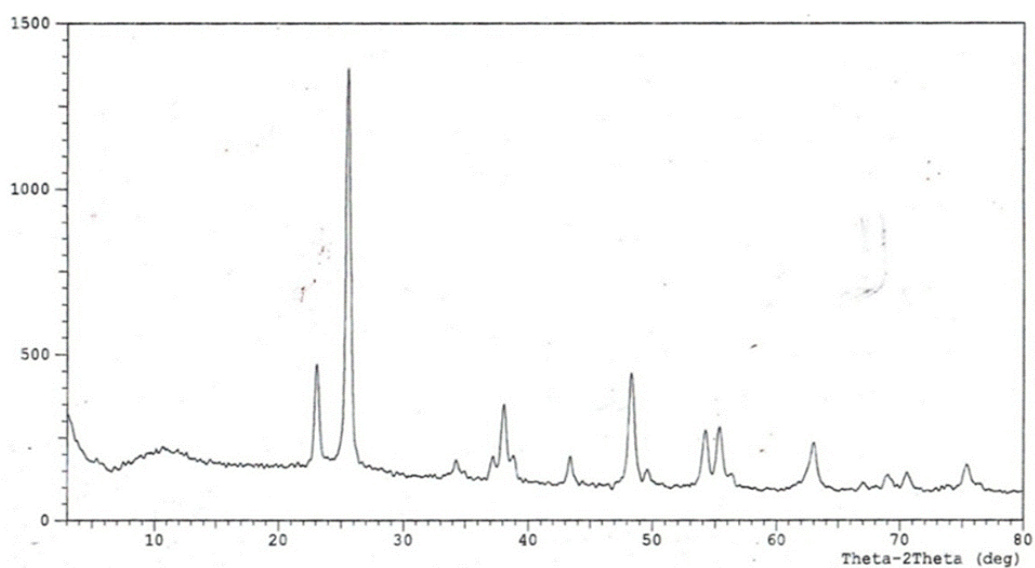
Target : cu
 Voltage : 40.0 (kv)
 Current : 30.0 (mA)

Slits

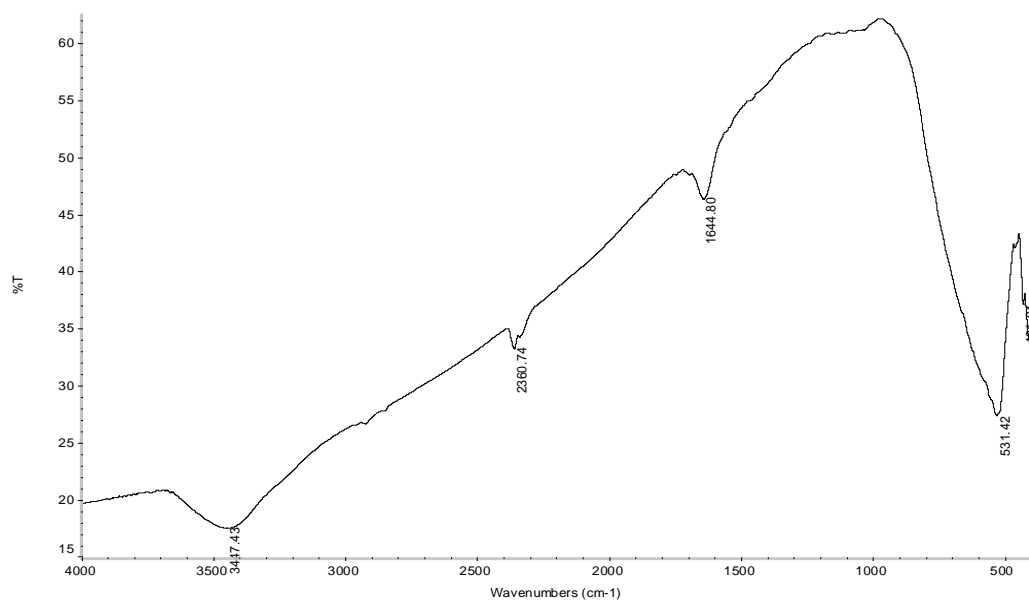
Divergene slit : 1.00 (deg)
 Scatter slit : 1.00 (deg)
 Receiving slit : 0.30 (mm)

Scanning

Drive axis : Thete-2Theta
 Scan range : 3.0200 – 80.0000 (deg)
 Scan mode : Continous Scan
 Scan speed : 5.0000 (deg/min)
 Sampling pitch : 0.0200 (deg)
 Prset time : 0.2 (sec)



Lampiran 2. Spektra IR TiO₂ Hasil Sintesis Menggunakan Metode NSG



Tue May 15 09:28:04 2012 (GMT+07:00)

FIND PEAKS:

Spectrum: TiO₂
 Region: 40000.00 400.00
 Absolute threshold: 63.302
 Sensitivity: 70

Peak list

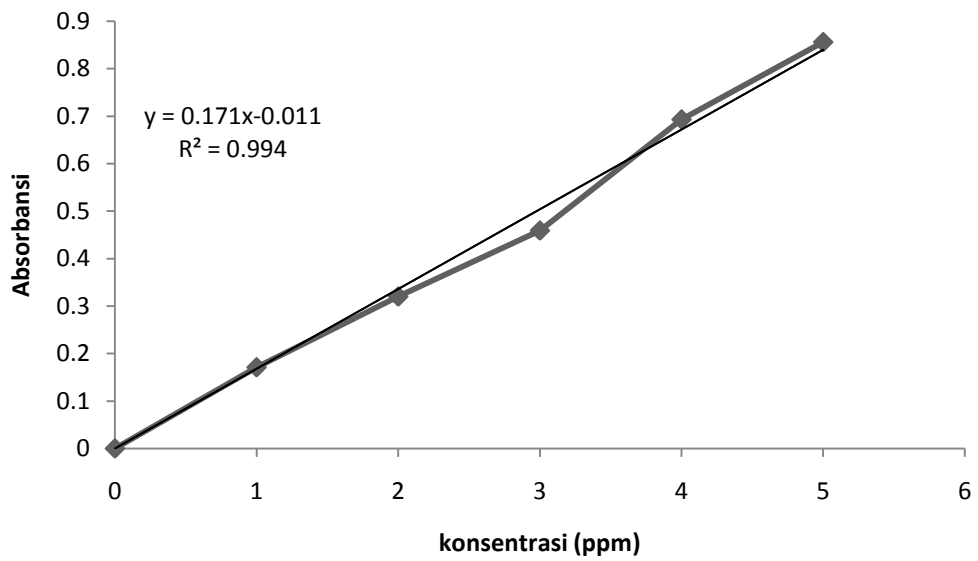
Position:	3447.43	Intensity:	17.349
Position:	531.42	Intensity:	27.270
Position:	403.61	Intensity:	31.723
Position:	2360.74	Intensity:	33.141
Position:	431.94	Intensity:	37.052
Position:	1644.80	Intensity:	46.299

Lampiran 3. Panjang Gelombang Maksimum Larutan Metilen biru

λ (nm)	Absorbansi
430	0,001
460	0.011
490	0,025
520	0.033
550	0,081
580	0.195
610	0,434
620	0,449
630	0,468
640	0,551
650	0,677
660	0,783
662	0,794
664	0,798
666	0,793
668	0,776
670	0,747
680	0,448
690	0,180
700	0,064

Lampiran 4. Kurva Standar Larutan Metilen biru

Konsentrasi MB (ppm)	Absorbansi
0	0
1	0,171
2	0.320
3	0,459
4	0.693
5	0,856



Persamaan regresi linear : $y = 0,171x - 0,011$

$$x = \frac{y + 0,171}{0,011}$$

$x = \text{Mb sisa}$

$$R^2 = 0,994$$

$\text{Mb hilang} = \text{konsentrasi Mb awal} - \text{konsentrasi Mb sisa}$

Lampiran 5. Hasil Uji Pengaruh dengan dan Tanpa Adanya Ion Logam Cu(II) Terhadap Efektivitas Fotodegradasi Metilen biru terkatalis TiO₂

sampel	Co (ppm)	Ci (ppm)	Cx (ppm)	% Degradasi
Mb + hν + TiO ₂	20	5,719	14,28	71,41
Mb + hν + TiO ₂ + Cu(II)	20	0,275	19,725	98,63

Berat fotokatalis	= 125 mg
Konsentrasi awal larutan metilen biru	= 20 ppm
Konsentrasi awal larutan Cu(II)	= 20 ppm
Volume larutan	= 30 mL
Waktu penyinaran	= 24 jam

Lampiran 6. Hasil Uji Pengaruh Konsentrasi Ion Logam Cu(II) Terhadap Efektivitas Fotodegradasi Metilen biru Terkatalis TiO₂

Cu(ppm)	Waku (jam)	Co (ppm)	Ci (ppm)	Cx (ppm)	% degradasi
12	24	20	12,456	7,544	37,72
15	24	20	12,339	7,601	38,31
18	24	20	0,923	19,077	95,3
21	24	20	0,497	19,503	97,52
24	24	20	0,275	19,725	98,63

Berat fotokatalis	= 125 mg
Konsentrasi awal larutan Metilen biru	= 20 ppm
Volume larutan	= 30 mL
Waktu penyinaran	= 24 jam

Lampiran 7. Pengaruh pH Larutan Terhadap Efektivitas Fotodegradasi Metilen biru Terkatalis TiO₂ dengan dan Tanpa Adanya Ion Logam Cu(II)

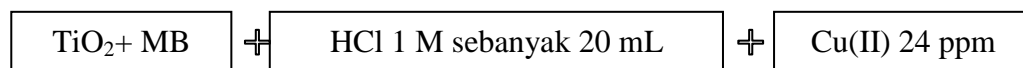
a. Hasil Uji Pengaruh pH larutan Tanpa Adanya Ion Logam Cu(II)

pH	Co (ppm)	Ci (ppm)	Cx (ppm)	% degradasi (%)
2	10	5,561	4,439	44,39
3	10	5,152	4,848	48,48
4	10	5,035	4,965	49,65
5	10	3,842	6,158	61,58
6	10	1,965	8,035	80,35
7	10	0,386	9,614	96,14
8	10	0,234	9,766	97,66
9	10	0,123	9,877	98,7
10	10	0,082	9,918	99,18

b. Hasil Uji Pengaruh pH larutan terhadap efektivitas fotodegradasi Metilen biru terkatalis TiO_2 dengan adanya ion Cu(II)

Cu(ppm)	pH	Co (ppm)	Ci (ppm)	Cx (ppm)	% degradasi (%)
24	5	20	1,602	18,398	91,99
24	6	20	0,538	19,642	97,31
24	7	20	0,216	19,784	98,92
24	8	20	0,198	19,802	99,01
24	9	20	0,187	19,813	99,07

Lampiran 8. Regenerasi TiO_2 Untuk Digunakan Kembali



HCl di ukur dengan spektronek 20D = 0,076 $\xrightarrow{\text{dikonfersi ke konsentrasi}}$ 0,508 = 2,55% terdesorpsi

a. $\text{TiO}_2 + \text{MB} + \text{Cu}$ yang sudah diRegenerasi ditambah MB 20ppm + Cu 24ppm

Diukur absorbansinya dengan spektronek 20D = 0,230 $\xrightarrow{\text{dikonfersi ke konsentrasi}}$ 7,046 = 64,77%

b. $\text{TiO}_2 + \text{MB} + \text{Cu}$ tanpa Regenerasi ditambah MB 20ppm + Cu 24ppm

Diukur absorbansinya dengan spektronek 20D = 0,327 $\xrightarrow{\text{dikonfersi ke konsentrasi}}$ 9,88 = 50,6%

Lampiran 9. Dokumentasi Proses Penelitian

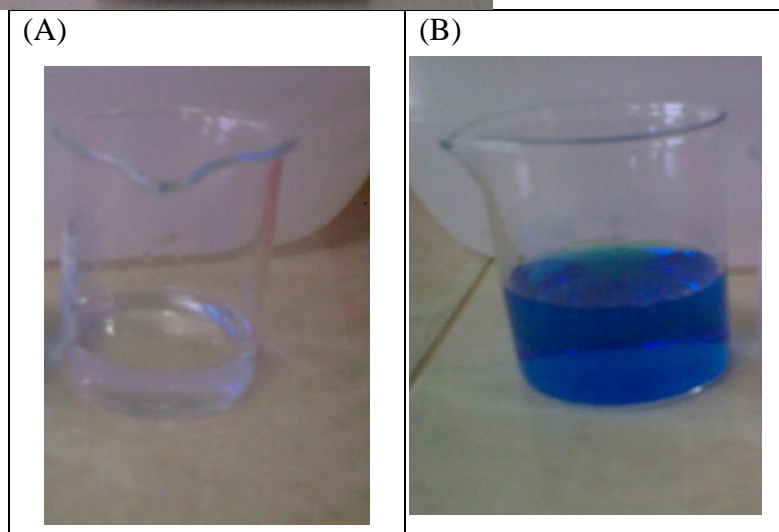


Gambar 1, *Spektronek 20 D*

Gambar 2, *Ultraviolet blacklight (UV-BL)*

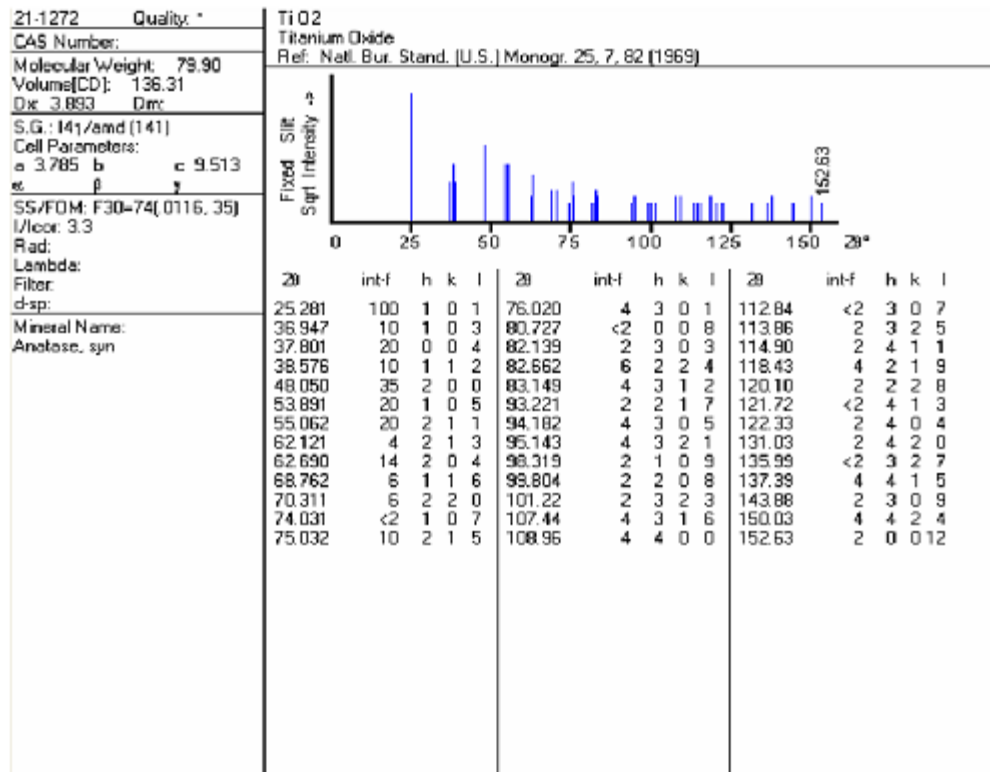


Gambar 3, *Sentrifuge*

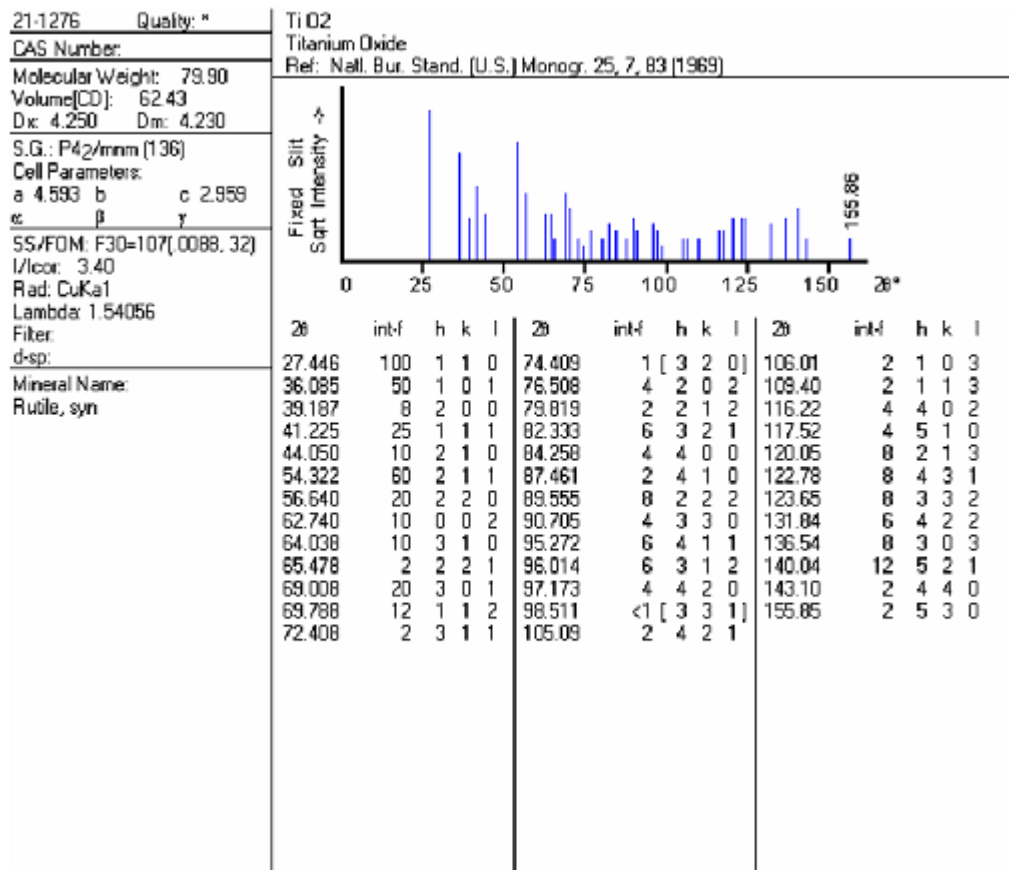


Gambar 4, (A) Larutan Metilen biru setelah didegradasi

(B) Larutan Metilen biru sebelum didegradasi

Lampiran 10. Data JCPDS Kristal TiO₂ Fase *Anatase*

Lampiran 11. Data JCPDS Kristal TiO₂ Fase *Rutile*



lampiran 12. Perhitungan Fotodegradasi

$$\begin{aligned}
 \% \text{ degradasi} &= \frac{(\text{konsentrasi awal} - \text{konsentrasi akhir})}{\text{konsentrasi awal}} \times 100\% \\
 &= \frac{(20 - 0,187)}{20} \times 100\% \\
 &= \frac{(19,813)}{20} \times 100\% \\
 &= 99,07\%
 \end{aligned}$$

Lampiran 13. Perhitungan Ukuran Kristal (*Apparent Crystal Size*, ACS)

$$[\text{ACS}] = \frac{k\lambda}{\beta \cos \theta}$$

Dimana: λ adalah panjang gelombang sinar-X yang digunakan

β adalah lebar puncak pada setengah intensitas

$\cos \theta$ adalah sudut puncak

$$\begin{aligned}
 [\text{ACS}] &= \frac{k\lambda}{\beta \cos \theta} \\
 &= \frac{0,89 \times 1,5406 \text{ \AA}}{\frac{0,43670}{57,2958} \cos 12,7606} \\
 &= \frac{1,371134}{0,0076219 \times 0,975301} \\
 &= \frac{1,371134}{0,007434} \\
 &= 184,45 \text{ \AA} \\
 [\text{ACS}] &= 18,445 \text{ nm}
 \end{aligned}$$

Sehingga rata-rata diameter ukuran Kristal TiO₂ hasil sintesis adalah 18,445 nm

Lampiran 14. Perhitungan Komposisi *Anatase* dan *Rutile*

$$X_A = \frac{1}{1 + \frac{1,2651 \times I_R}{I_A}}$$

Dimana: X_A adalah komposisi *anatase* dalam serbuk TiO_2

I_R adalah intensitas X-ray dari *rutile*

I_A adalah intensitas X-ray dari *anatase*

$$X_A = \frac{1}{1 + \frac{1,2651 \times I_R}{I_A}} \times 100\%$$

$$X_A = \frac{1}{1 + \frac{1,2651 \times 6823}{40657}} \times 100\%$$

$$X_A = \frac{1}{1,2123073} \times 100\%$$

$$X_A = 0,8248 \times 100\%$$

$$X_A = 82,48\%$$

Maka persentase *Anatase* dalam TiO_2 adalah sebesar 82,48%