

**FOTODEGRADASI METILEN BIRU MENGGUNAKAN KARBON
AKTIF CANGKANG KOPI YANG DISISIPI FOTOKATALIS TiO₂**

Skripsi

Untuk memenuhi sebagian persyaratan

Mencapai derajat Sarjana S-1

Program Studi Kimia



Oleh:

Mulia Darma

07630002

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA
2012**



SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir

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 : Mulia Darma

NIM : 07630002

Judul Skripsi : Fotodegradasi Metilen Biru Menggunakan Karbon Aktif Cangkang Kopi yang Disisipi Fotokatalis 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.

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

Yogyakarta, 4 Juni 2012

Pembimbing,

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 : Mulia Darma

NIM : 07630002

Judul Skripsi : Fotodegradasi Metilen Biru Menggunakan Karbon Aktif Cangkang Kopi yang Disisipi Fotokatalis TiO_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.

Yogyakarta, 12 Juli 2012

Konsultan,

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 : Mulia Darma

NIM : 07630002

Judul Skripsi : Fotodegradasi Metilen Biru Menggunakan Karbon Aktif Cangkang Kopi yang Disisipi Fotokatalis TiO_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.

Yogyakarta, 12 Juli 2012

Konsultan,

Khamidinal, M.Si

NIP. 19691104 200003 1 002

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Mulia Darma
NIM : 07630002
Program Studi : Kimia
Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan bahwa Skripsi saya yang berjudul:

**FOTODEGRADASI METILEN BIRU MENGGUNAKAN KARBON
AKTIF CANGKANG KOPI YANG DISISIPI FOTOKATALIS TiO₂**

merupakan hasil penelitian saya sendiri dan bukan duplikasi ataupun plagiasi dari karya orang lain kecuali pada bagian secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari terbukti adanya penyimpangan dalam karya ini maka tanggung jawab sepenuhnya ada pada penulis.

Yogyakarta, 4 Juni 2012



Penulis,
Mulia Darma
07630002



PENGESAHAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Nomor : UIN.02/D.ST/PP.01.1/2176/2012

Skrripsi/Tugas Akhir dengan judul : Fotodegradasi Metilen Biru Menggunakan Karbon Aktif Cangkang Kopi yang Disisipi Fotokatalis TiO_2

Yang dipersiapkan dan disusun oleh :

Nama : Mulia Darma

NIM : 07630002

Telah dimunaqasyahkan pada : 26 Juni 2012

Nilai Munaqasyah : A / B

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

TIM MUNAQASYAH :

Ketua Sidang

Pedy Artsanti, M.Sc

Penguji I

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

Penguji II

Khamidinal, M.Si
NIP19691104 200003 1 002

Yogyakarta, 13 Juli 2012
UIN Sunan Kalijaga
Fakultas Sains dan Teknologi
Dekan



Prof. Drs. H. Akh. Minhaji, M.A, Ph.D
NIP. 19580919 198603 1 002

MOTTO

**“Ayah-ku adalah Inspirasi terbesar dalam setiap langkah hidup-ku (Love
You my Father)”
(Mulia Darma)**

**“Perhatikan dan Lihatlah apa yang akan terjadi”
(Mario Teguh)**

PERSEMBAHAN

Karya ini, ku persembahkan untuk:

ALLAH SWT

Ibu dan Bapakku yang telah mendidikku dengan segala kasih sayang dan pengorbanannya

Adik-adikku yang selalu mendukungku

Sahabat-sahabatku, terimakasih atas dukungan dan motivasinya

Serta

Untuk Almamaterku

Prodi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta

KATA PENGANTAR

Bismillaahirrahmaanirrahim. Alhamdulillahirabbil' alamin.

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT atas segala limpahan nikmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“FOTODEGRADASI METILEN BIRU MENGGUNAKAN KARBON AKTIF CANGKANG KOPI YANG DISISIPI FOTOKATALIS TiO₂”** dengan baik. Sholawat dan salam semoga senantiasa tercurahkan kepada junjungan kita Nabi Agung Muhammad SAW, keluarga, para sahabat, dan seluruh umatnya terutama kita yang senantiasa mengikuti sunnahnya, *Amin*.

Penulisan skripsi ini tidak terlepas dari semua pihak yang telah memberikan bimbingan, bantuan, saran, dan nasehat. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Prof. Drs. H. Akh. Minhaji, MA. Ph.D., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Ibu Pedy Artsanti, M. Si., selaku dosen pembimbing skripsi yang senantiasa memberikan arahan dan masukannya tiada kata lelah.
3. Ibu Esti Wahyu Widowati, M. Si, M. Biotech., selaku Ketua Program Studi Kimia Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.
4. Ibu Esti Wahyu Widowati, M. Si, M. Biotech., selaku penasehat akademik selama menempuh studi di Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Yogyakarta.
5. Seluruh dosen dan karyawan prodi Kimia Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga, terima kasih atas ilmu yang telah diajarkan dan bantuannya selama ini.
6. Bapak Sangudi selaku Laboran di PAU Universitas Gadjah Mada (UGM) Yogyakarta.
7. Bapak Wijayanto, S. Si., Bapak Indra Nafiyanto, S. Si., serta Ibu Isnı Gustanti, S. Si., selaku laboran Laboratorium Kimia Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta yang selalu membantu dan berbagi pengetahuan, serta pengarahan selama melakukan penelitian.

8. Orang tuaku Bapak Hariyono dan Ibu Supiah tercinta, Adik-adikku (Feri Fadli, almhrh. Putri Mauliyani, dan Saskiya Nabilla) tersayang yang selalu mendo'akan penulis serta memberikan dorongan baik moril maupun materil yang tidak ternilai harganya.
9. Qiqi Qodriyyati Khomsatan Nur, S. Si., yang menemaniku dalam suka maupun duka, Moh. Rusdi S. Si, sebagai teman berdiskusi saat penulis menemui kesulitan dalam menyelesaikan penulisan skripsi.
10. Keluarga ASRAMA SABENA, terima kasih atas semua bantuan dan kebersamaannya.
11. Semua teman-teman kimia angkatan 2007 yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang selalu memberikan dukungan.

Semoga kebaikan serta bantuan yang telah diberikan kepada penulis mendapat balasan yang sesuai dari Allah SWT. Akhir kata, penulis mohon maaf sebesar-besarnya apabila dalam penulisan skripsi ini terdapat kesalahan. Semoga penulisan skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca sekalian.

Yogyakarta, 01 Juni 2012
Yang Menyatakan,

Mulia Darma
07630002

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	I
HALAMAN PERSETUJUAN	Ii
HALAMAN NOTA DINAS KONSULTAN	Iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN	V
HALAMAN PENGESAHAN	Vi
MOTTO	Vii
PERSEMBAHAN	Vii i
KATA PENGANTAR	Ix
DAFTAR ISI	Xi
DAFTAR GAMBAR	Xi v
DAFTAR TABEL	Xv
DAFTAR LAMPIRAN	Xvi
ABSTRAK	Xvii
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Identifikasi Masalah.....	3
C. Batasan Masalah.....	3
D. Rumusan Masalah.....	4
E. Tujuan Penelitian.....	4
F. Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	
A. Tinjauan Pustaka.....	6
B. Dasar Teori.....	9
1. Fotokatalis TiO ₂	9
2. Karbon Aktif.....	13
3. Zat Warna Metilen Biru.....	19
4. Metode Preparasi.....	20
5. Karakterisasi Karbon Aktif yang Disisipi Fotokatalis TiO ₂	21
a. Spektrofotometri UV-Visible.....	21
b. X-Ray Diffraction (XRD).....	21
c. Fourier Transform Infra Red (FT-IR).....	23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
A. Tempat dan Waktu Penelitian.....	26
B. Alat dan Bahan.....	26
1. Alat Penelitian.....	26
2. Bahan penelitian.....	27
C. Prosedur Penelitian.....	27
1. Pembuatan Karbon Aktif.....	27

2. Pengujian Kadar Air.....	27
3. Pengujian Kadar Abu.....	28
4. Pengujian Kadar Zat Mudah Menguap.....	28
5. Pengujian Kadar Karbon Terikat.....	29
6. Preparasi Karbon Aktif yang Disisipi Fotokatalis TiO ₂ Aktif.....	29
7. Karakterisasi Karbon Aktif yang Disisipi Fotokatalis TiO ₂	29
a. Difraksi Sinar-X (XRD).....	29
b. Spektrofotometri Inframerah (FT-IR)	30
8. Uji Aktivitas katalis Karbon Aktif yang Disisipi Fotokatalis TiO ₂	30
a. Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Larutan Metilen Biru.....	30
b. Pembuatan Kurva Kalibrasi Larutan Metilen Biru.....	30
c. Adsorpsi Larutan Metilen Biru Menggunakan Karbon Aktif dengan Variasi Waktu.....	30
d. Fotodegradasi Metilen Biru Menggunakan Katalis TiO ₂ , TiO ₂ /karbon aktif 8/2, 5/5, dan 2/8 (rasio berat TiO ₂ terhadap karbon aktif) dengan Variasi Waktu.....	31
D. Analisis Hasil.....	31
1. Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Metilen Biru.....	31
2. Pembuatan Kurva Kalibrasi Larutan Metilen Biru.....	32
3. Adsorpsi Larutan Metilen Biru Menggunakan Karbon Aktif dengan Variasi Waktu.....	32
4. Fotodegradasi Metilen Biru Menggunakan Fotokatalis TiO ₂ , Karbon Aktif yang Disisipi Fotokatalis TiO ₂ 8/2, 5/5, dan 2/8 (rasio berat fotokatalis TiO ₂ terhadap karbon aktif) dengan Variasi Waktu.....	32

BAB HASIL DAN PEMBAHASAN

IV A. Pembuatan Karbon Aktif.....	33
B. Pengujian Kadar Air.....	35
C. Pengujian Kadar Abu.....	35
D. Pengujian Kadar Zat Mudah Menguap.....	36
E. Pengujian Kadar Karbon Terikat.....	36
F. Preparasi Karbon Aktif yang Disisipi Fotokatalis TiO ₂	37
G. Karakterisasi Karbon Aktif yang Disisipi Fotokatalis TiO ₂	37
1. Difraksi Sinar-X (XRD).....	37
2. Spektrofotometri Inframerah (FT-IR).....	39
H. Uji Aktivitas Karbon Aktif yang Disisipi Fotokatalis	

TiO ₂	42
1. Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Larutan Metilen Biru.....	42
2. Pembuatan Kurva Kalibrasi Larutan Metilen Biru.....	43
3. Adsorpsi Larutan Metilen Biru Menggunakan Karbon Aktif dengan Variasi Waktu.....	44
4. Fotodegradasi Metilen Biru Menggunakan Fotokatalis TiO ₂ , Karbon Aktif yang Disisipi Fotokatalis TiO ₂ 8/2, 5/5, dan 2/8 (rasio berat fotokatalis TiO ₂ terhadap karbon aktif) dengan Variasi Waktu.....	46
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
A. Kesimpulan.....	52
B. Saran.....	53
DAFTAR PUSTAKA.....	54
LAMPIRAN.....	59
..	

DAFTAR GAMBAR

		Halaman
Gambar 2.1	Struktur kristal <i>anatase</i> TiO ₂	10
Gambar 2.2	Struktur kristal <i>rutile</i> TiO ₂	10
Gambar 2.3	Mekanisme kerja fotokatalis TiO ₂	11
Gambar 2.4	Karbon aktif <i>granul</i>	14
Gambar 2.5	Karbon aktif <i>powder</i>	15
Gambar 2.6	Karbon aktif <i>molecule sieves</i>	15
Gambar 2.7	Karbon aktif <i>fiber</i>	16
Gambar 2.8	Struktur Metilen biru.....	20
Gambar 2.9	Difraksi Sinar X.....	22
Gambar 2.10	Skema IR.....	25
Gambar 4.1	Visualisasi pembentukan karbon aktif.....	33
Gambar 4.2	Spektra Difraksi Sinar-X Fotokatalis TiO ₂ , Karbon Aktif yang Disisipi fotokatalis TiO ₂ 8/2, Karbon Aktif yang Disisipi Fotokatalis TiO ₂ 5/5 dan Karbon Aktif yang Disisipi Fotokatalis TiO ₂ 2/8.....	38
Gambar 4.3	Spektra FTIR serbuk TiO ₂ , karbon (sebelum aktivasi), karbon aktif yang disisipi Fotokatalis TiO ₂ 8/2, 5/5, dan 2/8 (rasio berat fotokatalis TiO ₂ terhadap karbon aktif).....	40
Gambar 4.4	Kurva hubungan antara panjang gelombang dan absorbansi dari larutan metilen biru.....	43
Gambar 4.5	Kurva kalibrasi larutan metilen biru.....	44
Gambar 4.6	Adsorpsi Metilen Biru dengan Karbon Aktif.....	45
Gambar 4.7	Hasil pengujian metilen biru setelah disinari lampu UV, pada variasi waktu dengan penambahan fotokatalis TiO ₂ , karbon aktif yang disisipi fotokatalis TiO ₂ 8/2, karbon aktif yang disisipi fotokatalis TiO ₂ 5/5, dan karbon aktif yang disisipi fotokatalis TiO ₂ 2/8.....	47
Gambar 4.8	Mekanisme fotokatalis dari TiO ₂	49

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Harga Energi Celah Pita (E_g) untuk Beberapa Semikonduktor.....	9
Tabel 2.2 Kelimpahan TiO_2 sebagai fungsi pH.....	11
Tabel 4.1 Serapan Gugus Fungsional dari Karbon Sebelum Aktivasi, kKarbon Aktif, Fotokatalis TiO_2 , Karbon Aktif yang Disisipi Fotokatalis TiO_2 8/2, Karbon Aktif yang Disisipi Fotokatalis TiO_2 5/5 dan Karbon Aktif yang Disisipi Fotokatalis TiO_2 2/8.....	42

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Metilen Biru..	59
Lampiran 2. Kurva Standar Metilen Biru.....	60
Lampiran 3. Hasil Uji Adsorpsi Karbon Aktif.....	61
Lampiran 4. Hasil Uji Kontrol Metilen Biru Tanpa Ditambah Karbon Aktif.....	61
Lampiran 5. Hasil uji Fotodegradasi Fotokatalis TiO ₂	62
Lampiran 6. Hasil Uji Kontrol Metilen Biru Tanpa ditambah TiO ₂	62
Lampiran 7. Hasil Uji Fotofegradasi Metilen Biru Menggunakan Karbon Aktif yang Disisipi Fotokatalis TiO ₂ 8/2, 5/5, dan 2/8 (rasio berat fotokatalis TiO ₂ terhadap karbon aktif) Variasi Waktu.....	62
Lampiran 8. Spektra IR Karbon (sebelum akitivasi).....	64
Lampiran 9. Spektra IR Karbon Aktif.....	65
Lampiran 10. Spektra IR Fotokatalis TiO ₂	66
Lampiran 11. Spektra IR Karbon Aktif yang Disisipi Fotokatalis TiO ₂ 8/2.....	67
Lampiran 12. Spektra IR Karbon Aktif yang Disisipi Fotokatalis TiO ₂ 5/5.....	68
Lampiran 13. Spektra IR Karbon Aktif yang Disisipi Fotokatalis TiO ₂ 2/8.....	69
Lampiran 14. Data JCPDS Kristal TiO ₂ Fase <i>Anatase</i>	70
Lampiran 15. Data JCPDS Kristal TiO ₂ Fase <i>Rutile</i>	71
Lampiran 16. Spektra XRD Karbon Aktif yang Disisipi Fotokatalis TiO ₂ 8/2.....	72
Lampiran 17. Spektra XRD Karbon Aktif yang Disisipi Fotokatalis TiO ₂ 5/5.....	76
Lampiran 18. Spektra XRD Karbon Aktif yang Disisipi Fotokatalis TiO ₂ 2/8.....	79

ABSTRAK

FOTODEGRADASI METILEN BIRU MENGGUNAKAN KARBON AKTIF CANGKANG KOPI YANG DISISIPI FOTOKATALIS TiO₂

**Mulia Darma
07630002**

Dosen Pembimbing: Pedy Artsanti, M. Sc

Telah dilakukan preparasi karbon aktif yang disisipi fotokatalis TiO₂ dengan tujuan meningkatkan aktivitas fotokatalis TiO₂ dengan metilen biru sebagai senyawa target yang didegradasi, serta mempermudah proses regenerasi fotokatalis pasca penggunaan.

Karbon aktif dibuat dengan bahan dasar cangkang kopi dan diaktivasi menggunakan H₃PO₄ 10%. Karbon aktif yang disisipi fotokatalis TiO₂ dilakukan menggunakan metode dispersi padat-padat dengan rasio berat fotokatalis TiO₂ terhadap karbon aktif 8/2, 5/5, dan 2/8. Karbon aktif yang disisipi fotokatalis TiO₂ dikarakterisasi menggunakan Difraksi Sinar-X (XRD) dan Spektrofotometri Inframerah (FT-IR).

Karbon aktif yang disisipi fotokatalis TiO₂ diuji aktivitasnya menggunakan 20 ppm metilen biru sebagai limbah organik dengan variasi waktu. Pengujian dilakukan dengan cara larutan metilen biru disinari lampu UV dengan penambahan karbon aktif, fotokatalis TiO₂, karbon aktif yang disisipi fotokatalis TiO₂ 8/2, karbon aktif yang disisipi fotokatalis TiO₂ 5/5, karbon aktif yang disisipi fotokatalis TiO₂ 2/8, dan tanpa penambahan karbon aktif maupun fotokatalis TiO₂. Hasil uji aktivitas karbon aktif dan fotokatalis TiO₂ menggunakan metilen biru sebagai limbah organik menunjukkan bahwa karbon aktif yang disisipi TiO₂ dapat meningkatkan aktivitas fotokatalis, namun kadar karbon aktif yang lebih besar akan menurunkan sifat aktivitas fotokatalis. Karbon aktif yang disisipi TiO₂ 8/2 memiliki kemampuan menurunkan konsentrasi metilen biru paling baik, yaitu dapat mengurangi konsentrasi metilen biru sebesar 80,98 % pada waktu 50 menit.

**Kata kunci: Karbon Aktif, Fotokatalis TiO₂, Karbon Aktif yang Disisipi
Fotokatalis TiO₂, Metilen Biru**

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Industri tekstil merupakan salah satu industri yang sedang berkembang pesat di Indonesia saat ini. Selain memberikan banyak manfaat bagi kehidupan manusia, perkembangan industri tekstil juga menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan. Hal ini dikarenakan dalam produksi tekstil selalu menghasilkan limbah, salah satunya limbah zat warna. Limbah zat warna merupakan senyawa organik yang sukar terurai, bersifat resisten, senyawa organik *non-biodegradable*, dan toksik. Apabila limbah tersebut dibuang ke perairan tanpa diproses terlebih dahulu maka akan menyebabkan pencemaran lingkungan.

Dalam Industri tekstil, metilen biru merupakan salah satu zat warna *thiazine* yang sering digunakan, karena harganya relatif murah dan mudah diperoleh. Metilen biru merupakan zat warna dasar yang penting dalam proses pewarnaan kulit, kain mori, dan kain katun. Penggunaan metilen biru dapat menimbulkan beberapa efek, seperti iritasi saluran pencernaan jika tertelan, menimbulkan sianosis jika terhirup, dan iritasi pada kulit jika tersentuh oleh kulit (Hamdaoui dan Chiha, 2006).

Secara umum, metode penanganan limbah tekstil telah banyak dikembangkan diantaranya adalah metode adsorpsi. Namun metode ini ternyata kurang begitu efektif karena zat warna tekstil yang diadsorpsi tersebut masih terakumulasi di dalam adsorben yang pada suatu saat nanti akan menimbulkan

persoalan baru (Corrent dkk, 1999; Ekimov dkk, 1985; Fox dan Dulay, 1993; Guisnet dan Gilson, 2002; dan Gunlazuardi, 2000).

Fotodegradasi menggunakan katalis TiO_2 hadir sebagai salah satu teknologi pengolahan limbah sejak publikasi Fujisima dan Honda (1972), yang melaporkan fenomena fotokatalis pada permukaan TiO_2 yang dapat berfungsi sebagai semikonduktor. Kemampuan TiO_2 sebagai semikonduktor fotokatalis disebabkan struktur yang dikarakterisasi oleh adanya pita valensi dan pita konduksi kosong yang membentuk *band gap* (E_g) diantara kedua pita tersebut (Mondestov, 1997). TiO_2 merupakan semikonduktor yang paling banyak digunakan sebagai fotokatalis dalam aplikasi reaksi fotokatalis karena keunggulannya dibandingkan jenis semikonduktor lain (Litter, 1996; Wu, 2000).

Namun, tingginya aktivitas fotokatalis TiO_2 tampaknya tidak diimbangi oleh kemampuannya dalam mengadsorpsi senyawa target, sehingga proses degradasi fotokatalitik tidak berjalan dengan baik karena peluang kontak TiO_2 dengan polutan kurang maksimal. Untuk menutupi kekurangan tersebut, maka fotokatalis TiO_2 dapat dimodifikasi dengan menyisipkan pada suatu material pendukung seperti karbon aktif cangkang kopi yang memiliki kemampuan adsorpsi sangat baik (El-Maazawi, 2000). Dengan keberadaannya yang melimpah sebagai limbah cangkang kopi, karbon aktif dari cangkang kopi sangat potensial untuk dikembangkan.

Pada dasarnya karbon aktif dapat dibuat dari semua bahan yang mengandung karbon baik yang berasal dari tumbuh-tumbuhan, binatang maupun barang tambang seperti berbagai jenis kayu, sekam padi, tulang binatang, batu

bara, kulit biji kopi, tempurung kelapa, tempurung kelapa sawit dan lain-lain (Manocha dan Satish, 2003). Bahan-bahan alami tersebut dipreparasi dengan cara karbonisasi dan aktivasi sehingga menghasilkan karbon aktif. Dengan adanya karbon aktif cangkang kopi yang disisipi fotokatalis TiO_2 , diharapkan aktivitas fotokatalis TiO_2 meningkat karena peningkatan peluang kontak fotokatalis dengan senyawa target, serta mempermudah proses regenerasi fotokatalis pasca penggunaan.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka diambil identifikasi masalah sebagai berikut:

1. Industri tekstil menghasilkan produk samping yang berupa limbah cair.
2. Limbah cair industri tekstil mengandung berbagai bahan-bahan pencemar yang bersifat toksik dan menimbulkan pencemaran pada perairan.
3. Diperlukan alternatif penanganan limbah yang dapat mengubah limbah menjadi senyawa yang lebih ramah lingkungan.

C. Batasan Masalah

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

1. Karbon aktif berasal dari cangkang kopi jenis arabika yang didapatkan dari perkebunan dataran tinggi Gayo, Kab. Bener Meriah, Propinsi Nanggroe Aceh Darussalam.
2. Fotokatalis TiO_2 yang digunakan adalah fotokatalis TiO_2 P25 Degussa yang telah dikenal memiliki aktivitas fotodegradasi tertinggi dibanding

dengan Fotokatalis TiO_2 jenis lain seperti ZnO , SnO_2 , Fe_2O_3 dan Al_2O_3 (Hoffmann dkk, 1995).

3. Karakterisasi karbon aktif yang disisipi fotokatalis TiO_2 menggunakan difraksi sinar-X (XRD) dan *Fourier Transform Infrared* (FT-IR).
4. Metode pembuatan karbon aktif yang disisipi fotokatalis TiO_2 yang digunakan adalah metode dispersi padat-padat

D. Rumusan Masalah

Dari uraian di atas, untuk mempermudah pembahasan, maka dapat dibuat rumusan masalah sebagai berikut:

1. Apakah karbon aktif yang disisipi fotokatalis TiO_2 dapat dibuat dengan menggunakan metode dispersi padat-padat?
2. Bagaimana karakterisasi karbon aktif yang disisipi fotokatalis TiO_2 menggunakan XRD dan FT-IR?
3. Bagaimana aktivitas atau kemampuan karbon aktif yang disisipi fotokatalis TiO_2 terhadap degradasi metilen biru?

E. Tujuan Penelitian

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

1. Mengetahui proses pembuatan karbon aktif yang disisipi fotokatalis TiO_2 dengan metode dispersi padat-padat.
2. Mengetahui karakterisasi karbon aktif yang disisipi fotokatalis TiO_2 menggunakan XRD dan FT-IR.
3. Mengetahui aktivitas atau kemampuan karbon aktif yang disisipi fotokatalis TiO_2 terhadap degradasi metilen biru.

F. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan beberapa manfaat diantaranya:

1. Memberikan masukan atau informasi mengenai salah satu cara pembuatan karbon aktif yang disisipi Fotokatalis TiO_2 guna meningkatkan aktivitas degradasi fotokatalitiknya.
2. Memberikan alternatif baru dalam metode pengolahan limbah yang efektif dan efisien.
3. 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. Karbon aktif yang disisipi fotokatalis TiO_2 dapat dipreparasi menggunakan metode dispersi padat-padat.
2. Karakterisasi terhadap karbon aktif yang disisipi fotokatalis TiO_2 memberikan hasil sebagai berikut:
 - a. Spektra difraksi sinar-X menunjukkan bahwa karbon aktif yang disisipi fotokatalis TiO_2 menggunakan metode dispersi padat-padat tidak merubah kristalinitas TiO_2 secara signifikan, sehingga tidak akan mengurangi aktifitas fotokatalis TiO_2 .
 - b. Spektra IR yang dihasilkan dapat membuktikan bahwa TiO_2 telah terdapat pada permukaan dalam atau luar karbon aktif, yaitu dengan munculnya serapan pada daerah sekitar 2360 cm^{-1} , 672 cm^{-1} , dan 528 cm^{-1} pada spektara karbon aktif yang disisipi fotokatalis TiO_2 8/2, karbon aktif yang disisipi fotokatalis TiO_2 5/5, dan karbon aktif yang disisipi fotokatalis TiO_2 2/8 yang merupakan karakteristik serapan TiO_2
3. Hasil uji aktivitas katalis menggunakan metilen biru sebagai limbah organik menunjukkan bahwa karbon aktif yang disisipi fotokatalis TiO_2

dapat meningkatkan aktivitas fotokatalis, namun jumlah karbon aktif yang lebih besar dapat menurunkan sifat aktivitas fotokatalis TiO₂.

4. Karbon aktif yang disisipi TiO₂ 8/2 memiliki kemampuan menurunkan konsentrasi metilen biru paling baik, yaitu dapat mengurangi konsentrasi metilen biru sebesar 80,98 % pada waktu 50 menit.

B. Saran

Berdasarkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan, yang perlu dilakukan untuk menyempurnakan penelitian ini adalah:

1. disarankan untuk melakukan kajian lebih lanjut terutama untuk metode pembuatan karbon aktif yang disisipi fotokatalis TiO₂.
2. perlu dilakukan uji aktivitas karbon aktif yang disisipi fotokatalis TiO₂ terhadap zat warna dengan berbagai variasi perlakuan seperti variasi pH, berat katalis, dll.

DAFTAR PUSTAKA

- A.A. Elliott and J.R. Elliot, Voltage-Dependent Inhibition of RCKI K^+ Channels by Phenol, p-Cresol, and Benzyl Alcohol, *Molecular Pharmacology*, 51(1997) 475-489.
- Andayani dan Sumartono, 2007, TiO_2 and TiO_2 /active carbon photocatalysts immobilized on titanium plates. *Indo. J. Chem.*, 7(3), 238-242.
- Bahl BS, Tuli GD, Bahl A, 1997, *Essential of Physical Chemistry*, New Delhi S Chan and Company, Ltd
- Corrent, S., Cosa, G., Scaiano, J.C., Galletero, M.S., Alvaro, M., Garcia, H., 1999, Intrazeolite Photochemistry .26. Photophysical Properties of Nanosized TiO_2 Clusters Included in Zeolite Y, B, and Mordenite, *Chem. Mater.*, 13, 715-722.
- Cotton, F.A., Wilkinson, G., Murillo, C.A., dan Bochmann, M. 1999. *Advanced Inorganic Chemistry*. 6th ed. Jhon Willey and Sons Inc., Van Couver.
- Dann, S. E., 2000. *Reaction and Characterization of Solid*, The Royal Society of Chemistry, UK
- Day, R. A., dan Underwood, A. L., 1999, *Analisis Kimia Kuantitatif (Penerjemah Aloysius Hadyana Pudjaatmaka, Ph. D.)*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Dwiyitno dan Rudi Riyanto, 2006, *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi dan Perikanan* vol. 1 no. 2: Studi Penggunaan Asap Cair untuk Pengawetan Ikan Kembung (*Rastrelliger neglectus*) Segar, Balai Besar Riset Pengolahan Produk Bioteknologi Kelautan dan Perikanan.
- Dyah Pratama Puspitasari, 2006, Adsorpsi Surfaktan Anionik pada Berbagai pH Menggunakan Karbon Aktif Termodifikasi Zink Klorida, Skripsi. Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Pertanian Bogor.
- Ekimov, A.I., Efros, A.I.L. dan Anuchenko, A.A., 1985, *Quantum Size Effect in Semiconductor Microcrystals*, *Solid State Communication*, 5611,921-1524.
- El-Maazawi. M., Finken. A.N., Nair. A.B., Grassian. A.V., 2000, *Adsorption and Photocatalytic Oxidation of Acetone on TiO_2 : An in situ Transmission FTIR Study*. *J. Catal.*, 191. 138146

- Fatimah, I. dan Setiaji, B., 2000, *Zeolit Alam sebagai Adsorben Limbah Cair Industri Tapioka, Prosiding The 1st Indonesian Seminar on Zeolite* ISSN : 1411-6723, Hal 64-70.
- Fatimah, Is & Wijaya, Karna, 2005, *Sintesis TiO₂/Zeolit sebagai fotokatalis pada pengolahan limbah cair industri tapioka secara adsorpsi-fotodegradasi* : ISSN 0853-8697.
- Fessenden, R.J dan Fessenden, J.S, 1989, *Kimia Organik*. Edisi ketiga, Jakarta: Erlangga.
- Fieser and Fieser, 1956, *Organik Chemistry*, Third edition. Chapman and Hall. London
- Fox, M.A., and Dulay, M.T., 1993, *Heterogenous Photocatalysis*, Chem. Rev., 93, 341-357.
- Fujisima, A.K.; Honda, K. *Electrochemical Photolysis of water at a Semiconductor Electrode*, Nature, 1972, 238.
- Gandjar, Ibnu Ghalib dan Abdul Rahman. 2007. *Kimia Analisis Farmasi*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Giwangkara, E.G., 2007, *Spektrofotometri Infra Merah*, (Online) (<http://persembahanku.wordpress.com/2007/06/26/spektrofotometri-infra-merah/>), diakses tanggal 15 Desember 2011.
- Guisnet, M. and Gilson, J.P., 2002, *Zeolites for Cleaner Technologies*, Imperial College Press, London, 5-8.
- Hamdan, H., 1992, *Introduction to Zeolite: Synthesis, Characterization and Modification*, Univercity Teknologi Malaysia.
- Hamdaoui, O. and Chiha, M., 2006, *Removal of Methylene Blue from Aqueous Solutions by Wheat Bran*, Acta Chim. 54 : 407-418.
- Hayati, E.K., 2007, *Buku Ajar Dasar-Dasar Analisis Spektroskopi*, Universitas Negeri Malang, Malang.
- Hazama, C., Hachioji S., 2004, *Titanium Oxide Photocatalyst. Three Bond Technical News*. Tokyo, 1 – 8.
- Hendayana, S., 1994, *Kimia Analitik Instrumen*. Edisi I. IKIP Semarang Press, Semarang.

- Hoffmann, M. R., Martin, S.T., Choi, W., dan Bahnemann, D. W., 1995, *Environmental Application of semiconductor Photocatalysis*, J. Chem. Rev., 95,1,69-96.
- Houghton, P.J., A. Raman, 1998, *Laboratory Handbook For the Fractionation of Natural Extracts*. First Edition 1998, Chapman & Hall. London.
- Karna Wijaya, Eko Sugiharto, Is Fatimah, Sri Sudiona, Dyan Kurniaysih, 2006, Utilisasi TiO₂-Zeolit dan Sinar UV untuk Fotodegradasi Zat Warna Congo Red, *Berkala MIPA UGM*, 16(3).
- Khopkar, S. M., 2007, *Konsep Dasar kimia analitik*, UI Press, Jakarta.
- Krisdiyanto, Didik, 2008, Modifikasi Zeolit Alam dengan Titanium Dioksida dan Aplikasinya sebagai Fotokatalis untuk Menurunkan Angka COD Limbah Cair Industri Tekstil dengan Sistem Alir, Tesis. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
- Lanheb, H., Puzenat, E., Houas, A., Khisbi, M., E., guillard, C., and Hermann, J.M., 2002. Photocatalytic Degradation of Various Types of dye (Congo Red, Crocein Orange G, Methyl Red, Congo Rad, Methylene Blue) in Water by UV-irradiated Titan, *Appl. Catal.B. Environ.*, 39, 15-90.
- Licciulli A., Lisi D. 2002. *Self-Cleaning Glass*. Universita Degli Studio Di Lecce.
- Linsebigler. A.L., Lu, and J.T Yates, Jr., 1995, *Photocatalysis on TiO₂ Surface : Principles, Mechanisms, and Selected Results*. Chemical Reviews, Vol. 48, No. 3.
- Litter, M.I., Navio, J.A., 1996, *Photocatalytic properties of iron doped titania semiconductor*”, J. Photochem. Photobio. A: Chemistry, 98, 171181.
- MC Cabe WL, Smith JC, Harriot P, 1999, *Operasi Teknik Kimia*, Penerbit Erlangga, Jakarta, jilid 2 edisi 4 pp. 229-236.
- Maldotti, A., Andrenalli, L., Mollinari, A., Varani, G., Cerichelli, G., Chiarini, M., 2000, Photocatalytic properties of Iron-Phorpyrin revisited in aqueous micellar environment, *Green Chemistry*, 3, 42-46.
- Manocha, Satish. M, 2003, Porous Carbons, *Sadhana* volume 28 part 1&2 pp 335-348, India.
- Marsh, Harry, Francisco Rodriguez-Reinoso, 2006, *Activated Carbon*, Elsevier Ltd, London, UK
- Matsuoka, M., and Anpo, M., 2003, *Local structures, excited states, and photocatalytic reativities of haghly dispersed catalyst constructed*

- Within zeolites*, J. Photochem. Photobiol.C: photochem. Rrv., 3, 225252.
- Mondestov, A., Blezer, V., Marjasin, I., and Lev, O., 1997, Photocatalytic degradation of Chlorinated Phenoxyacetic Acids by A New Bouyant Titania-Exfoliated Graphite Composite Photocatalysist, *J. Phys. Chem B.*,101, 4623-4629.
- Nogueira, R. F. P., and Jordim, W. F. ,1993, Photodegradation of Methylene Blue using Solar Light and Semiconductor (TiO_2), *J. Chem-Educ.*, 10, 70, 861-862.
- Pari, G., 1995, Pembuatan dan Karakteristik Arang Aktif dari Kayu dan Batubara. Tesis Program P asca Sarjana Magister Sains Kimia, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Ranjit, K., Willner, I., Bossmann, S., Braun, A., 1998, Iron (III) Phtalocyanine-Modified Titanium Dioxide: A Novel Photocatalyst for En of Organic Pollutans, *J. Phys.Chem. B.*, 102, 9397-9403.
- Rao, K. V. S., Srivinas, B., Prasad, A. R., and Subrahmanyam, M., 2000, A Novel One Step Photocatalytic Synthesis of Dihidropazine from Ethylenediamine and Propylene Glycol, *Chem Commun*, 1533-1534.
- Richardson, J.T., 1989, Principles of Catalst Development. Plenum Press, New York.
- Sitorus, Marham., 2009, *Spektroskopi Elusidasi Struktur Molekul Organik*, Penerbit Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Slamet, Setijo Bismo, Rita Arbianti dan Zulaina Sari, 2006, Penyisihan Fenol Dengan Kombinasi Proses Adsorpsi Dan Fotokatalisis Menggunakan Karbon Aktif Dan TiO_2 . Depok. Universitas Indonesia.
- Slamet, Bismo, S., Arbinti, R., 2007, Modifikasi zeolit alam dan kabon aktif dengan TiO_2 serta aplikasinya sebagai bahan adsorben dan Fotokatalis untuk Degradasi polutan organik, Laporan penelitian Hibah Bersaing, Dikti Diknas, Jakarta.
- Sontheimer JE, 1985, Activated Carbon for Water Treatment Netherlands, Elsevair, pp. 51-105.
- Subadra, I., Bambang S., dan Iqmal T., 2005, Pembuatan Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa dengan Aktivator $(NH_4)HCO_3$ sebagai Adsorben untuk Pemurnian Virgin Coconut Oil, Skripsi jurusan Kimia FMIPA UGM, Yogyakarta.

- Sudibandriyo M, 2003, A Generalized Ono-Kondo Lattice Model for High Pressure on Carbon Adsorben, Ph.D Disertation, Oklahoma State University
- Sugiharto. 1989. *Dasar-dasar pengolahan air limbah*, Cetakan I. PAU Pangan dan Giji. Bogor: IPB.
- Suzuki M, 1990, *Adsorption Engineering*, Kodansha Ltd, Tokyo
- Tan, K.H., 1991. *Dasar-Dasar Kimia Tanah*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Teng Hsisheng, Ho Jui an, Yung fu, Hsieh Chien To, 1996, Preparation of Activated Carbon from Bituminous Coal with CO₂ Activation 1 Effects of Oxygen Content in Raw Coal. *Ind. Eng. Chem.Res.*, 35, 4043-4049
- Torimoto, T., Ito, S., Kuwabata, S., Yoneyama, H., 1996, Effects of Adsorbent Used as Supports for Titanium Dioxide Loading on Photocatalytic Degradation of Propyzamide, *Environ. Sci. Technol.*, 30, 12751281.
- Vinodgopal, K,D,E; Wynkkoop., Prashant V.; Kamat, Environmental Photochemistry on Semikonductor Surface : Photosintitized Degradation of a textile azo dye, acid orange 7, on TiO₂ particles Using visible light, *Environ. Sci. Tech.*, 1996.
- Waller, M.T., 1994, *Inorganik Material Chemistry*. University of Southampton, Oxford, New York.
- Wenny Irawaty, Ery Susiany, Herman Hendarso, Yoe Mulyono dan Hendara K, 2007, *Pengaruh Temperatur & Konsentrasi Zat Aktivatoe pada Pembuatan Adsorben*, ISSN: 1410-9891.
- West, A.R., 1984, *Solid State Chemistry and its Application*, John Willey and Sons, Ltd., New York.
- Winarti Andayani dan Agustin Sumartono, 2006, Karakterisasi Katalis TiO₂ dan TiO₂/Karbon Aktif yang Diimobilisasi pada Pelat Titanium dan Uji Aktivitas Sebagai Fotokatalis. *Jurnal Kimia Indonesia*, Vol. 1(2), h. 54-58.
- Xu, Y., Langford, C.H., 1997, Photoactivity of Titanium Dioxide Supported on MCM-41, Zeolite X and Zeolite Y, *J. Phys. Chem. B*, 101, 3115-3121.
- Yang, Ralph. T, 2003, *Adsorbents: Fundamentals and Applications*, John Wiley and Sons Inc, New Jersey.

LAMPIRAN

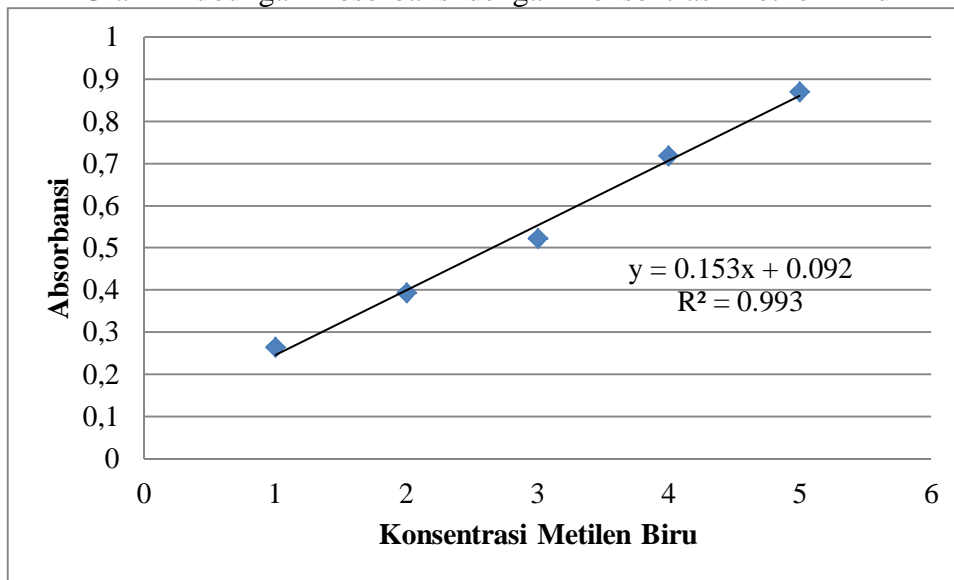
Lampiran 1: Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Metilen Biru

Panjang Gelombang	Absorbansi
500	0.041
510	0.042
520	0.045
530	0.052
540	0.067
550	0.091
560	0.121
570	0.157
580	0.205
590	0.273
600	0.374
610	0.446
620	0.463
630	0.485
640	0.568
650	0,697
660	0,804
663	0,818
663,5	0,819
664	0,819
664,5	0,818
665	0,818
670	0,767
680	0.401
690	0,193
700	0,077

Lampiran 2: Kurva Standar Metilen Biru

konsentrasi	absorbansi
1	0,264
2	0,394
3	0,523
4	0,718
5	0,871

Grafik Hubungan Absorbansi dengan Konsentrasi Metilen Biru



Lampiran 3: Hasil Uji Adsorpsi Karbon Aktif

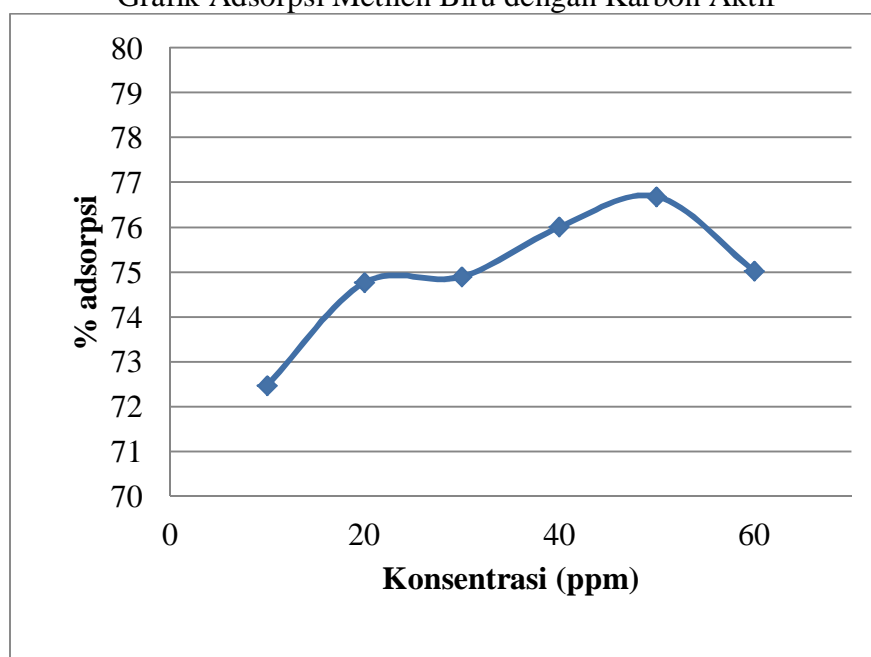
T (menit)	Co (ppm) metilen biru awal	Absorbansi	Co (ppm) metilen biru setelah adsorpsi	% Teradsorpsi`
10	20	0,502	5,503	72,48
20	20	0,432	5,046	77,74
30	20	0,428	5,020	74,90
40	20	0,394	4,797	76,01
50	20	0,373	4,660	76,69
60	20	0,424	4,993	75,03

Berat karbon aktif 0,2 gram, distires \pm 60 rpm

Lampiran 4: Hasil Uji Kontrol Metilen Biru Tanpa Ditambah Karbon Aktif

T (menit)	Co (ppm) metilen biru awal	Absorbansi	Co (ppm) setelah perlakuan	% Teradsorpsi`
10	20	2,720	17,176	14,12
20	20	2,720	17,176	14,12
30	20	2,720	17,176	14,12
40	20	2,720	17,176	14,12
50	20	2,720	17,176	14,12
60	20	2,720	17,176	14,12

Grafik Adsorpsi Metilen Biru dengan Karbon Aktif



Lampiran 5: Hasil uji Fotodegradasi fotokatalis TiO₂

T (menit)	Co (ppm) metilen biru awal	Absorbansi	Co (ppm) metilen biru setelah fotodegradasi	% Degradasi
10	20	0,669	6,595	67,02
520	20	0,502	5,502	72,48
30	20	0,421	4,974	75,13
40	20	0,308	4,235	78,82
50	20	0,282	4,065	79,67
60	20	0,326	4,353	78,23

Berat fotokatalis TiO₂ 0,2 gram, distirer ± 60 rpm

Lampiran 6: Hasil uji kontrol metilen biru tanpa ditambah fotokatalis TiO₂

T (menit)	Co (ppm) metilen biru awal	Absorbansi	Co (ppm) setelah perlakuan	% Degradasi
10	20	2,720	17,176	14,12
20	20	2,720	17,176	14,12
30	20	2,720	17,176	14,12
40	20	2,720	17,176	14,12
50	20	2,720	17,176	14,12
60	20	2,720	17,176	14,12

Lampiran 7: Hasil Uji Fotofegradasi Metilen Biru menggunakan karbon aktif yang disisipi fotokatalis TiO₂ 8/2, 5/5, 2/8 (rasio berat fotokatalis TiO₂ terhadap karbon aktif) Variasi Waktu

Pengujian karbon aktif yang disisipi fotokatalis TiO₂ 8/2

T (menit)	Co (ppm) metilen biru awal	Absorbansi	Co (ppm) metilen biru setelah adsorpsi	% Degradasi
10	20	0,437	5,078	74,60
20	20	0,372	4,654	76,73
30	20	0,307	4,229	78,85
40	20	0,275	4,020	79,90
50	20	0,242	3,804	80,98
60	20	0,331	4,386	78,07

Berat karbon aktif yang disisipi fotokatalis TiO₂ 8/2 0,2 gram, distirer ± 60 rpm

Pengujian karbon aktif yang disisipi fotokatalis TiO₂ 5/5

T (menit)	Co (ppm) metilen biru awal	Absorbansi	Co (ppm) metilen biru setelah adsorpsi	% Degradasi
10	20	0,685	6,699	66,50
20	20	0,553	5,837	70,81
30	20	0,428	5,020	74,90
40	20	0,317	4,294	78,52
50	20	0,281	4,059	79,70
60	20	0,328	4,366	78,16

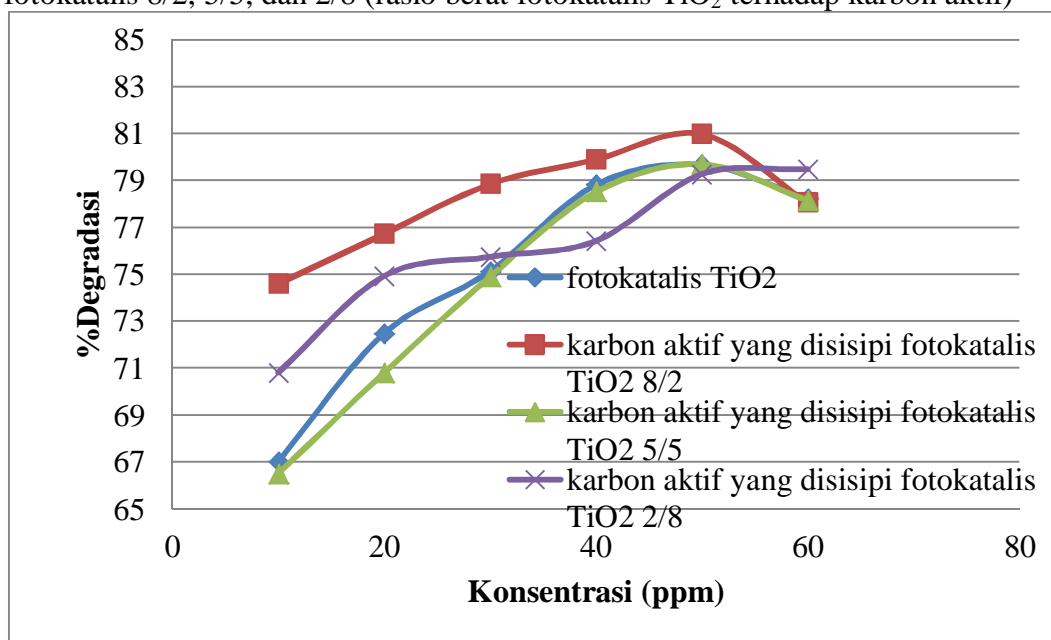
Berat karbon aktif yang disisipi fotokatalis TiO₂ 5/5 0,2 gram, distirer ± 60 rpm

Pengujian karbon aktif yang disisipi fotokatalis TiO₂ 2/8

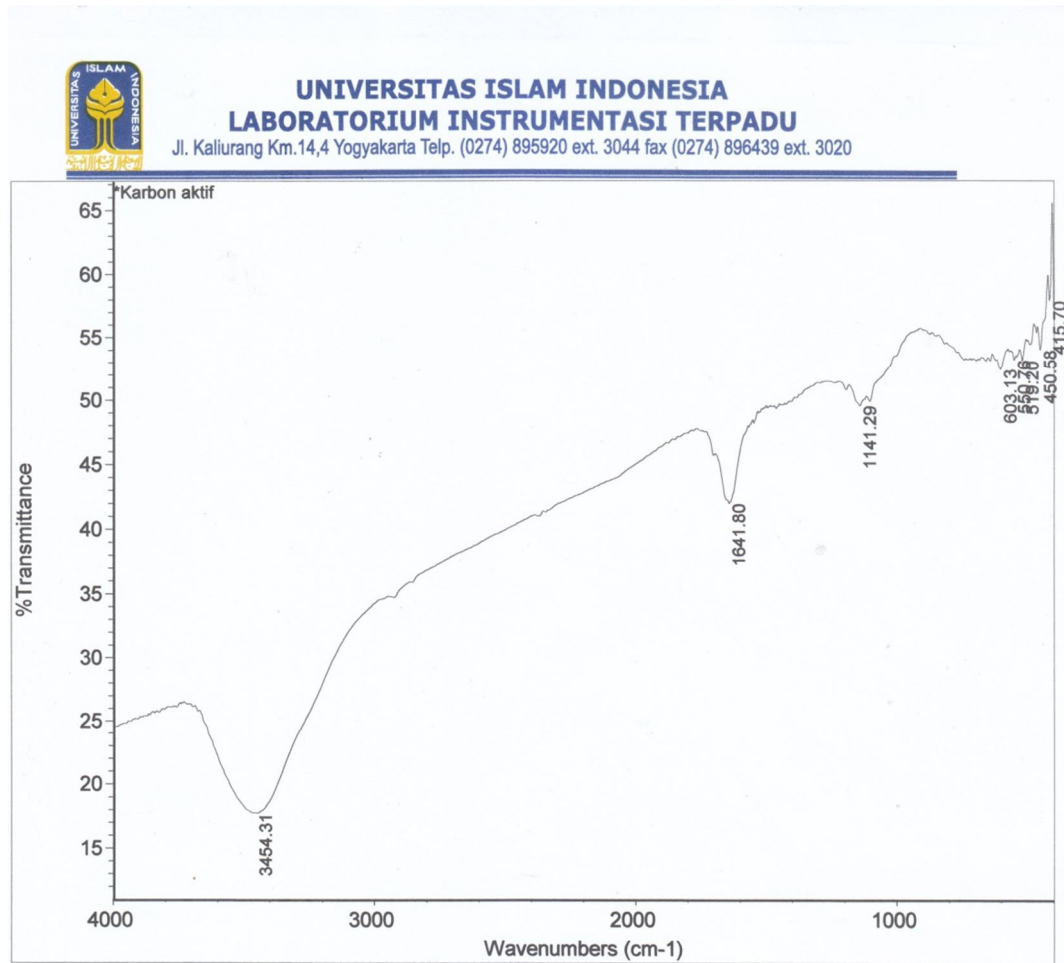
T (menit)	Co (ppm) metilen biru awal	Absorbansi	Co (ppm) metilen biru setelah adsorpsi	% Degradasi
10	20	0,553	5,837	70,81
20	20	0,427	5,013	74,93
30	20	0,402	4,850	75,75
40	20	0,381	4,712	76,43
50	20	0,294	4,144	79,28
60	20	0,318	4,712	79,49

Berat karbon aktif yang disisipi fotokatalis TiO₂ 2/8 0,2 gram, distirer ± 60 rpm

Grafik Hasil pengujian metilen biru setelah disinari lampu UV, pada variasi waktu dengan penambahan fotokatalis TiO₂, karbon aktif yang disisipi fotokatalis 8/2, 5/5, dan 2/8 (rasio berat fotokatalis TiO₂ terhadap karbon aktif)



Lampiran 8: Spektra IR Karbon (Sebelum Akitivasi)



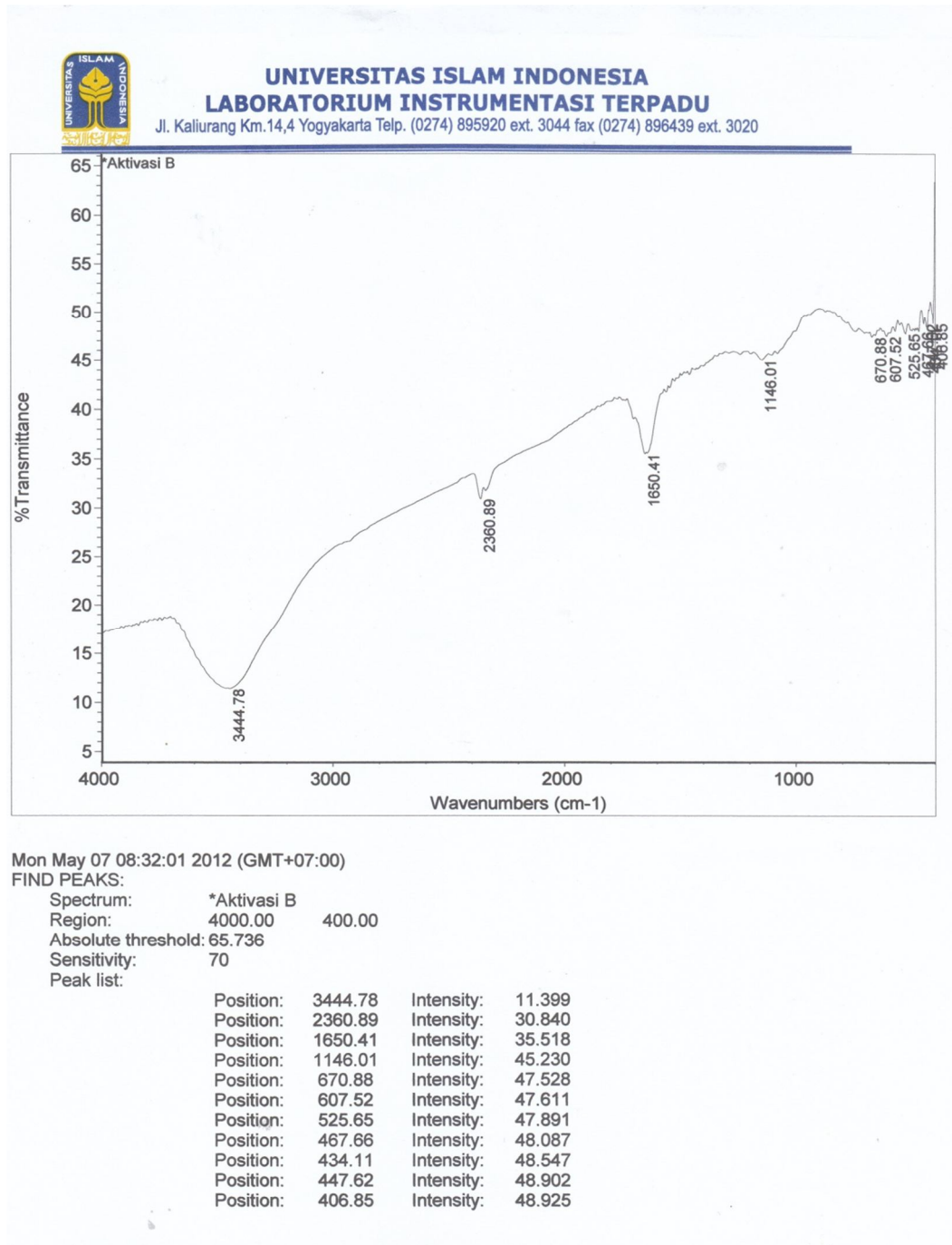
Mon May 07 08:30:19 2012 (GMT+07:00)

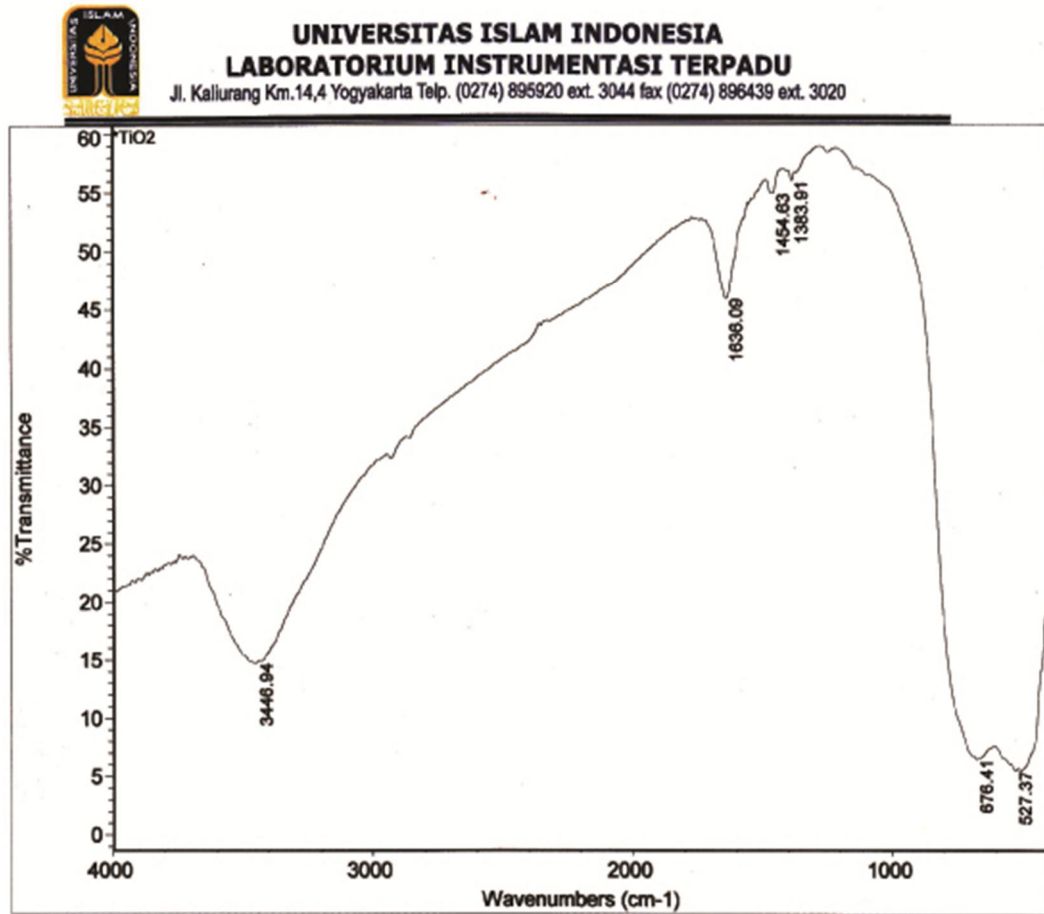
FIND PEAKS:

Spectrum: *Karbon aktif
Region: 4000.00 400.00
Absolute threshold: 66.920
Sensitivity: 70
Peak list:

Position:	3454.31	Intensity:	17.721
Position:	1641.80	Intensity:	41.986
Position:	1141.29	Intensity:	49.656
Position:	603.13	Intensity:	52.512
Position:	519.20	Intensity:	53.185
Position:	550.76	Intensity:	53.246
Position:	450.58	Intensity:	54.058
Position:	415.70	Intensity:	57.873

Lampiran 9: Spektra IR Karbon Aktif



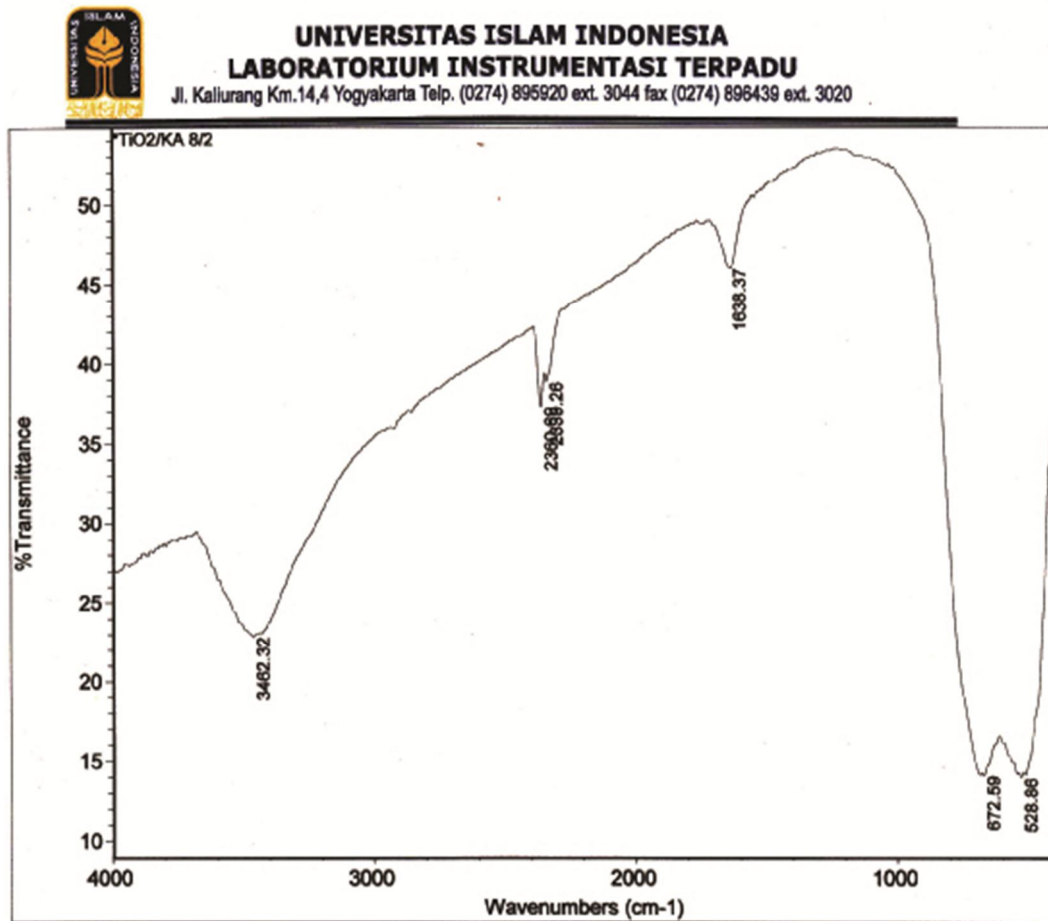
Lampiran 10: Spektra IR Fotokatalis TiO₂

Wed Mar 28 11:39:55 2012 (GMT+07:00)

FIND PEAKS:

Spectrum: *TiO2
 Region: 4000.00 400.00
 Absolute threshold: 60.454
 Sensitivity: 75
 Peak list:

Position:	527.37	Intensity:	5.414
Position:	676.41	Intensity:	6.420
Position:	3446.94	Intensity:	14.738
Position:	1636.09	Intensity:	45.813
Position:	1454.63	Intensity:	54.868
Position:	1383.91	Intensity:	55.974

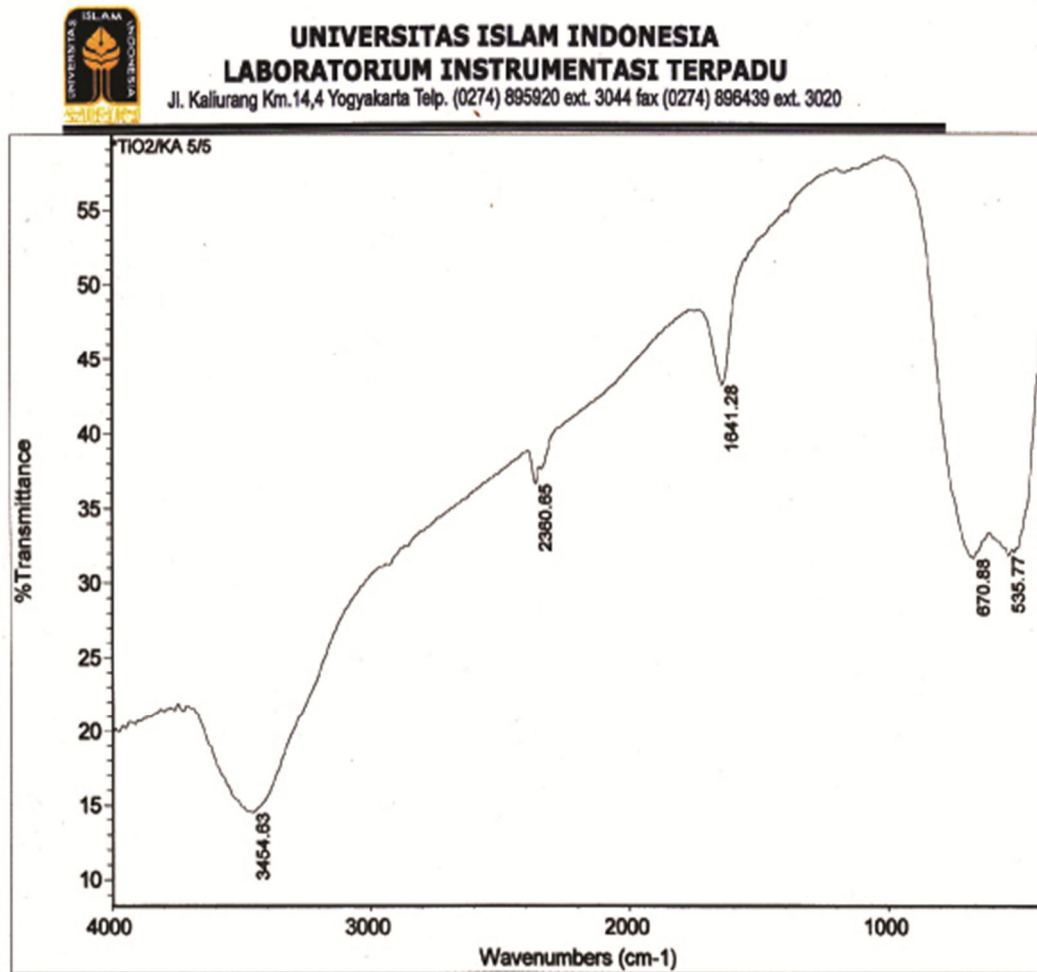
Lampiran 11: Spektra IR Karbon Aktif yang Disisipi Fotokatalis TiO₂ 8/2

Tue Mar 27 10:01:33 2012 (GMT+07:00)

FIND PEAKS:

Spectrum: *TiO2/KA 8/2
Region: 4000.00 400.00
Absolute threshold: 54.532
Sensitivity: 70
Peak list:

Position:	528.86	Intensity:	13.925
Position:	672.59	Intensity:	14.051
Position:	3462.32	Intensity:	22.806
Position:	2360.69	Intensity:	37.214
Position:	2339.26	Intensity:	38.782
Position:	1638.37	Intensity:	45.962

Lampiran 12: Spektra IR Karbon Aktif yang Disisipi Fotokatalis TiO₂ 5/5

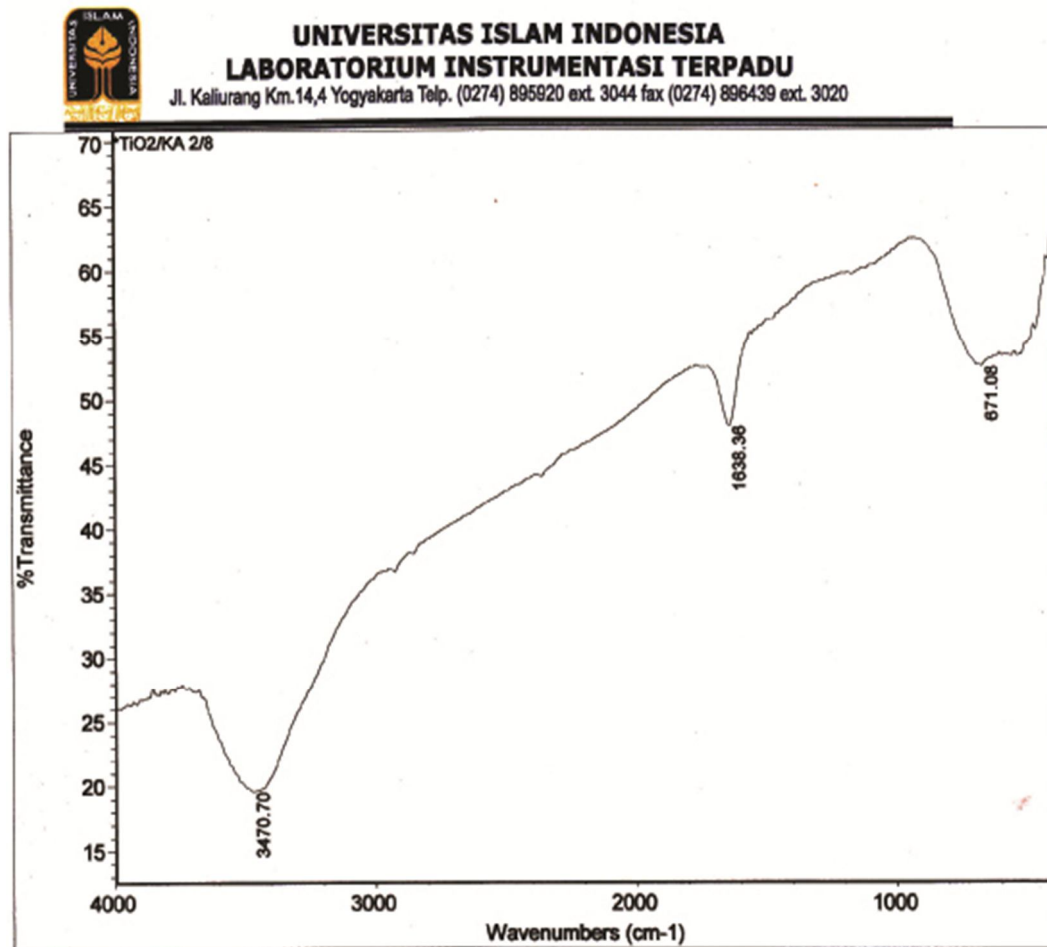
Tue Mar 27 10:00:52 2012 (GMT+07:00)

FIND PEAKS:

Spectrum: *TiO2/KA 5/5
 Region: 4000.00 400.00
 Absolute threshold: 59.710
 Sensitivity: 70

Peak list:

Position:	3454.63	Intensity:	14.475
Position:	670.88	Intensity:	31.491
Position:	535.77	Intensity:	31.655
Position:	2360.85	Intensity:	36.525
Position:	1641.28	Intensity:	43.130

Lampiran 13: Spektra IR Karbon Aktif yang Disisipi Fotokatalis TiO₂ 2/8

Tue Mar 27 09:59:57 2012 (GMT+07:00)

FIND PEAKS:

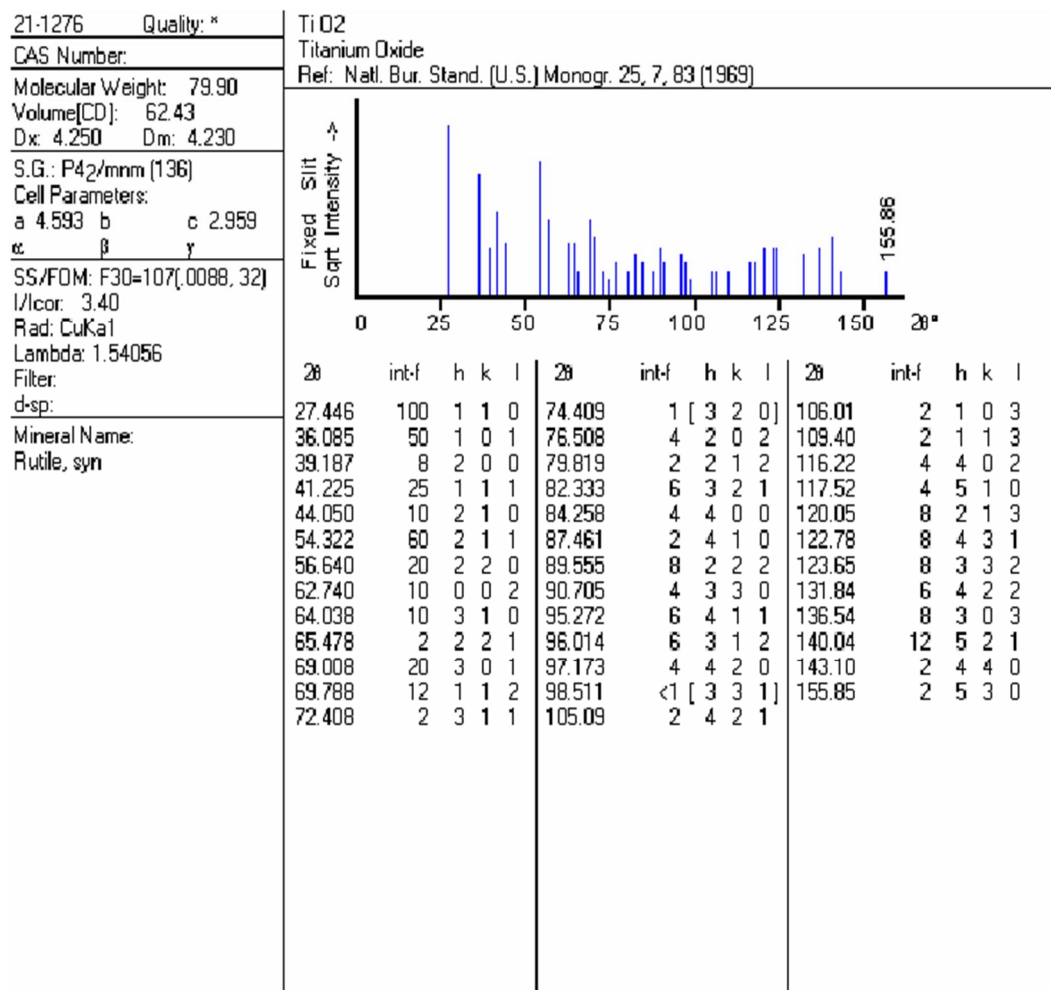
Spectrum: *TiO2/KA 2/8
 Region: 4000.00 400.00
 Absolute threshold: 70.139
 Sensitivity: 70

Peak list:

Position:	3470.70	Intensity:	19.585
Position:	1638.36	Intensity:	47.818
Position:	671.08	Intensity:	52.383

Lampiran 14: Data JCPDS Kristal TiO₂ Fase *Anatase*

21-1272	Quality: *	TiO ₂																																																																																																																																																																																																																													
CAS Number:		Titanium Oxide																																																																																																																																																																																																																													
Molecular Weight: 79.90		Ref: Natl. Bur. Stand. (U.S.) Monogr. 25, 7, 82 (1969)																																																																																																																																																																																																																													
Volume[CD]: 136.31																																																																																																																																																																																																																															
Dx: 3.893 Dm:																																																																																																																																																																																																																															
S.G.: I41/amd (141)																																																																																																																																																																																																																															
Cell Parameters:																																																																																																																																																																																																																															
a	b													c																																																																																																																																																																																																																	
α	β													γ																																																																																																																																																																																																																	
SS/FOM: F30=74(,0116, 35)																																																																																																																																																																																																																															
I/lor: 3.3																																																																																																																																																																																																																															
Rad:																																																																																																																																																																																																																															
Lambda:																																																																																																																																																																																																																															
Filter:																																																																																																																																																																																																																															
d-sp:																																																																																																																																																																																																																															
Mineral Name:		<table border="1"> <thead> <tr> <th>2θ</th> <th>int-f</th> <th>h</th> <th>k</th> <th>l</th> <th>2θ</th> <th>int-f</th> <th>h</th> <th>k</th> <th>l</th> <th>2θ</th> <th>int-f</th> <th>h</th> <th>k</th> <th>l</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>25.281</td> <td>100</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>76.020</td> <td>4</td> <td>3</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>112.84</td> <td><2</td> <td>3</td> <td>0</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>36.947</td> <td>10</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>3</td> <td>80.727</td> <td><2</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>8</td> <td>113.86</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>2</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>37.801</td> <td>20</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>4</td> <td>82.139</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>0</td> <td>3</td> <td>114.90</td> <td>2</td> <td>4</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>38.576</td> <td>10</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>82.662</td> <td>6</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>4</td> <td>118.43</td> <td>4</td> <td>2</td> <td>1</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>48.050</td> <td>35</td> <td>2</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>83.149</td> <td>4</td> <td>3</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>120.10</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>53.891</td> <td>20</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>5</td> <td>93.221</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>1</td> <td>7</td> <td>121.72</td> <td><2</td> <td>4</td> <td>1</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>55.062</td> <td>20</td> <td>2</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>94.182</td> <td>4</td> <td>3</td> <td>0</td> <td>5</td> <td>122.33</td> <td>2</td> <td>4</td> <td>0</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>62.121</td> <td>4</td> <td>2</td> <td>1</td> <td>3</td> <td>95.143</td> <td>4</td> <td>3</td> <td>2</td> <td>1</td> <td>131.03</td> <td>2</td> <td>4</td> <td>2</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>62.690</td> <td>14</td> <td>2</td> <td>0</td> <td>4</td> <td>98.319</td> <td>2</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>9</td> <td>135.99</td> <td><2</td> <td>3</td> <td>2</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>68.762</td> <td>6</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>6</td> <td>99.804</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>0</td> <td>8</td> <td>137.39</td> <td>4</td> <td>4</td> <td>1</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>70.311</td> <td>6</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>0</td> <td>101.22</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>143.88</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>0</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>74.031</td> <td><2</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>7</td> <td>107.44</td> <td>4</td> <td>3</td> <td>1</td> <td>6</td> <td>150.03</td> <td>4</td> <td>4</td> <td>2</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>75.032</td> <td>10</td> <td>2</td> <td>1</td> <td>5</td> <td>108.96</td> <td>4</td> <td>4</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>152.63</td> <td>2</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>12</td> </tr> </tbody> </table>												2θ	int-f	h	k	l	2θ	int-f	h	k	l	2θ	int-f	h	k	l	25.281	100	1	0	1	76.020	4	3	0	1	112.84	<2	3	0	7	36.947	10	1	0	3	80.727	<2	0	0	8	113.86	2	3	2	5	37.801	20	0	0	4	82.139	2	3	0	3	114.90	2	4	1	1	38.576	10	1	1	2	82.662	6	2	2	4	118.43	4	2	1	9	48.050	35	2	0	0	83.149	4	3	1	2	120.10	2	2	2	8	53.891	20	1	0	5	93.221	2	2	1	7	121.72	<2	4	1	3	55.062	20	2	1	1	94.182	4	3	0	5	122.33	2	4	0	4	62.121	4	2	1	3	95.143	4	3	2	1	131.03	2	4	2	0	62.690	14	2	0	4	98.319	2	1	0	9	135.99	<2	3	2	7	68.762	6	1	1	6	99.804	2	2	0	8	137.39	4	4	1	5	70.311	6	2	2	0	101.22	2	3	2	3	143.88	2	3	0	9	74.031	<2	1	0	7	107.44	4	3	1	6	150.03	4	4	2	4	75.032	10	2	1	5	108.96	4	4	0	0	152.63	2	0	0	12
2θ	int-f	h	k	l	2θ	int-f	h	k	l	2θ	int-f	h	k	l																																																																																																																																																																																																																	
25.281	100	1	0	1	76.020	4	3	0	1	112.84	<2	3	0	7																																																																																																																																																																																																																	
36.947	10	1	0	3	80.727	<2	0	0	8	113.86	2	3	2	5																																																																																																																																																																																																																	
37.801	20	0	0	4	82.139	2	3	0	3	114.90	2	4	1	1																																																																																																																																																																																																																	
38.576	10	1	1	2	82.662	6	2	2	4	118.43	4	2	1	9																																																																																																																																																																																																																	
48.050	35	2	0	0	83.149	4	3	1	2	120.10	2	2	2	8																																																																																																																																																																																																																	
53.891	20	1	0	5	93.221	2	2	1	7	121.72	<2	4	1	3																																																																																																																																																																																																																	
55.062	20	2	1	1	94.182	4	3	0	5	122.33	2	4	0	4																																																																																																																																																																																																																	
62.121	4	2	1	3	95.143	4	3	2	1	131.03	2	4	2	0																																																																																																																																																																																																																	
62.690	14	2	0	4	98.319	2	1	0	9	135.99	<2	3	2	7																																																																																																																																																																																																																	
68.762	6	1	1	6	99.804	2	2	0	8	137.39	4	4	1	5																																																																																																																																																																																																																	
70.311	6	2	2	0	101.22	2	3	2	3	143.88	2	3	0	9																																																																																																																																																																																																																	
74.031	<2	1	0	7	107.44	4	3	1	6	150.03	4	4	2	4																																																																																																																																																																																																																	
75.032	10	2	1	5	108.96	4	4	0	0	152.63	2	0	0	12																																																																																																																																																																																																																	
Anatase, syn																																																																																																																																																																																																																															

Lampiran 15: Data JCPDS Kristal TiO₂ Fase *Rutile*

Lampiran 16: Spektra XRD Karbon Aktif yang Disisipi Fotokatalis TiO₂ 8/2

*** Basic Data Process ***

Group Name : Data 2012
 Data Name : Mulia Darma UIN-1
 File Name : Mulia Darma UIN-1.PKR
 Sample Name : TiO₂/KA 8/2
 Comment : TiO₂/KA 8/2

Strongest 3 peaks

no.	peak no.	2Theta (deg)	d (Å)	I/I1	FWHM (deg)	Intensity (Counts)	Integrated Int (Counts)
1	3	25.4924	3.49132	100	0.20310	2184	24788
2	9	48.2420	1.88492	29	0.20620	635	7169
3	1	23.0008	3.86358	23	0.19800	493	5950

Peak Data List

peak no.	2Theta (deg)	d (Å)	I/I1	FWHM (deg)	Intensity (Counts)	Integrated Int (Counts)
1	23.0008	3.86358	23	0.19800	493	5950
2	25.1600	3.53669	4	0.09680	89	859
3	25.4924	3.49132	100	0.20310	2184	24788
4	34.2056	2.61929	5	0.18880	114	1254
5	37.1362	2.41904	6	0.18880	129	1381
6	37.9856	2.36688	21	0.19760	456	5157
7	38.7613	2.32128	6	0.22540	134	1660
8	43.3434	2.08591	9	0.15970	189	1762
9	48.2420	1.88492	29	0.20620	635	7169
10	48.5400	1.87404	6	0.14560	127	1231
11	49.5531	1.83807	5	0.17380	115	1193
12	54.0851	1.69426	18	0.20020	383	4540
13	55.2640	1.66088	18	0.19400	399	4490
14	56.2504	1.63407	4	0.17690	88	890
15	62.8837	1.47671	15	0.21010	317	4256
16	66.9846	1.39591	3	0.16920	68	659
17	68.9488	1.36086	6	0.22030	125	1689
18	70.4941	1.33477	7	0.20980	144	1880
19	75.2431	1.26187	9	0.20240	199	2325
20	82.8838	1.16384	5	0.20470	107	1677

*** Basic Data Process ***

Data Information

Group Name : Data 2012
Data Name : Mulia Darma UIN-1
File Name : Mulia Darma UIN-1.RAW
Sample Name : TiO₂/KA 8/2
Comment : TiO₂/KA 8/2
Date & Time : 01-01-02 04:01:07

Measurement Condition

X-ray tube
target : Cu
voltage : 40.0 (kV)
current : 30.0 (mA)

Slits
divergence slit : 1.00 (deg)
scatter slit : 1.00 (deg)
receiving slit : 0.30 (mm)

Scanning
drive axis : Theta-2Theta
scan range : 3.0200 - 90.0000 (deg)
scan mode : Continuous Scan
scan speed : 5.0000 (deg/min)
sampling pitch : 0.0200 (deg)
preset time : 0.24 (sec)

Data Process Condition

Smoothing [AUTO]
smoothing points : 11

B.G.Subtraction [AUTO]
sampling points : 11
repeat times : 30

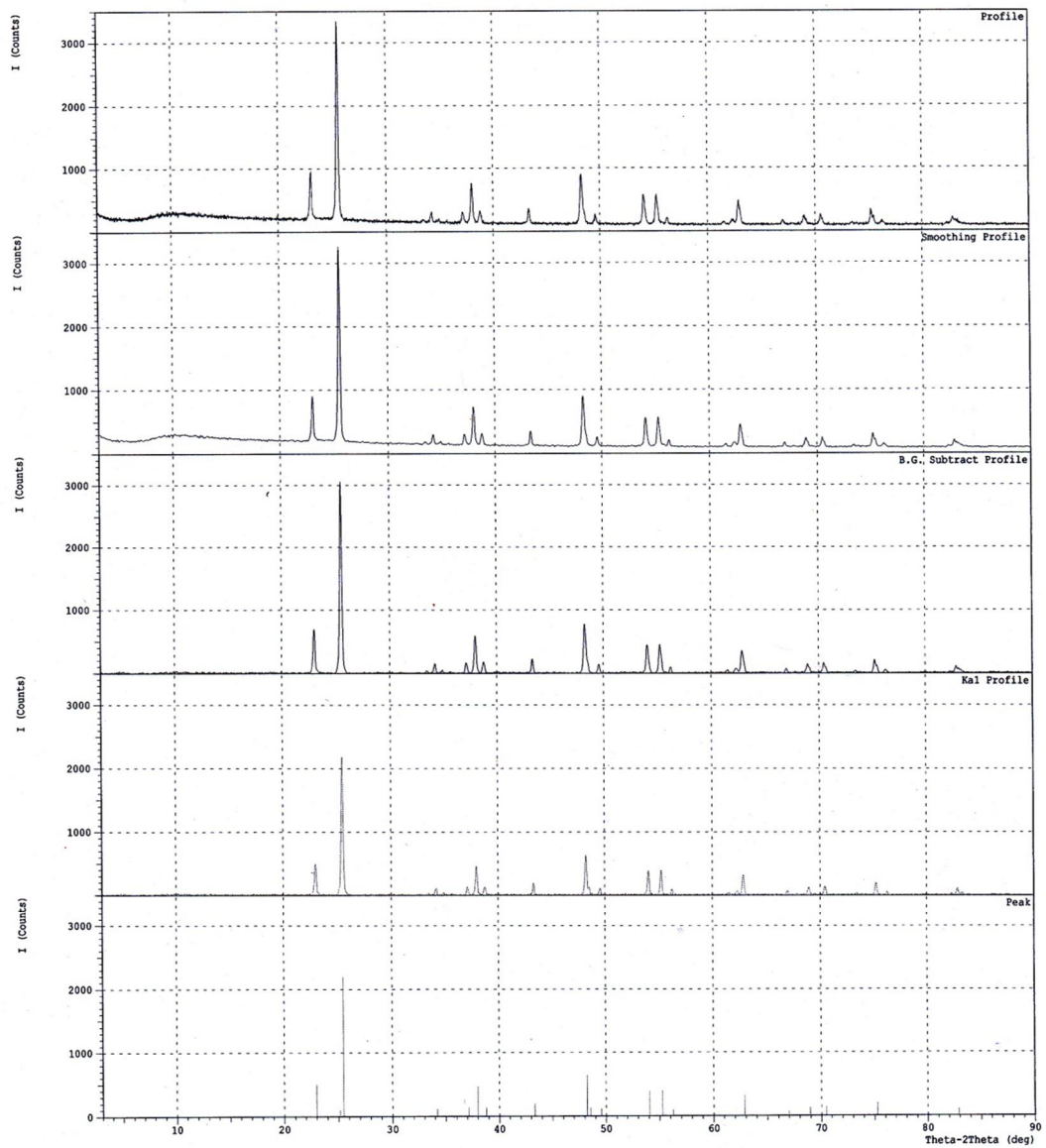
Ka1-a2 Separate [MANUAL]
Ka1 a2 ratio : 50 (%)

Peak Search [AUTO]
differential points : 11
FWHM threshold : 0.050 (deg)
intensity threshold : 30 (par mil)
FWHM ratio (n-1)/n : 2

System error Correction [NO]
Precise peak Correction [NO]

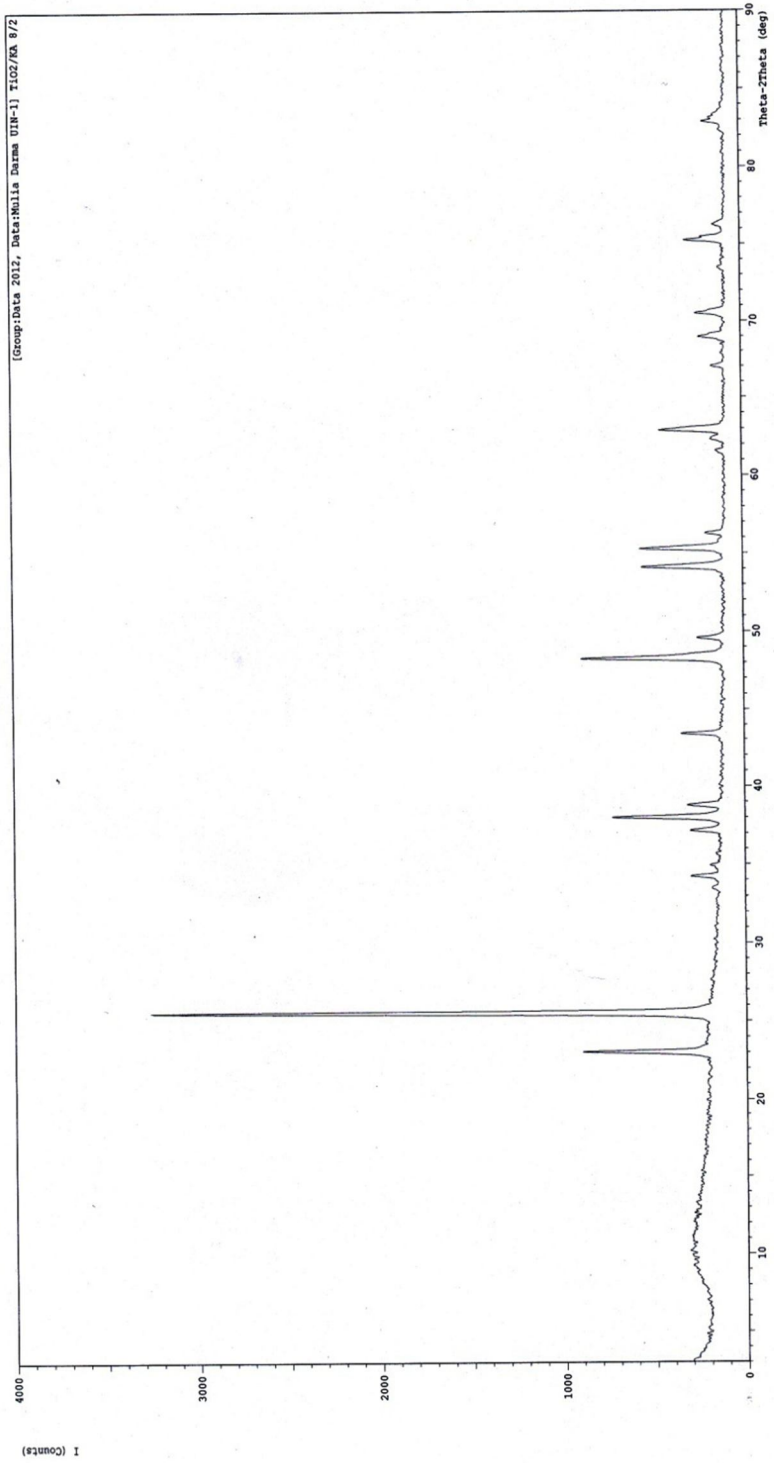
*** Basic Data Process ***

Group Name : Data 2012
Data Name : Mulia Darma UIN-1
File Name : Mulia Darma UIN-1.PKR
Sample Name : TiO₂/KA 8/2
Comment : TiO₂/KA 8/2



*** Multi Plot ***

File Name : Data 2012\Mulia Darma UIN-1
Sample Name : TiO2/KA 8/2
Date & Time : 01-01-02 04:01:07
Condition :
X-ray Tube : Cu(1.54060 A) Voltage : 40.0 kV Current : 30.0 mA
Scan Range : 3.0000 deg -> 90.0000 deg Step Size : 0.0200 deg
Count Time : 0.24 sec Slit DS : 1.00 deg SS : 1.00 deg RS : 0.30 mm
Comment : TiO2/KA 8/2



Lampiran 17: Spektra XRD Karbon Aktif yang Disisipi Fotokatalis TiO₂ 5/5

*** Basic Data Process ***

Group Name : Data 2012
 Data Name : Mulia Darma UIN-3
 File Name : Mulia Darma UIN-3.PKR
 Sample Name : TiO₂/KA 5/5
 Comment : TiO₂/KA 5/5

# Strongest 3 peaks							
no.	peak no.	2Theta (deg)	d (A)	I/I1	FWHM (deg)	Intensity (Counts)	Integrated Int (Counts)
1	2	25.4487	3.49722	100	0.19020	1837	20366
2	8	48.1988	1.88651	30	0.19030	554	5595
3	1	22.9557	3.87107	23	0.18950	430	5105

# Peak Data List							
peak no.	2Theta (deg)	d (A)	I/I1	FWHM (deg)	Intensity (Counts)	Integrated Int (Counts)	Int
1	22.9557	3.87107	23	0.18950	430	5105	
2	25.4487	3.49722	100	0.19020	1837	20366	
3	34.1807	2.62114	6	0.13540	109	863	
4	37.1013	2.42124	6	0.15140	113	1084	
5	37.9492	2.36907	20	0.18930	374	4040	
6	38.7282	2.32319	6	0.18130	118	1320	
7	43.2933	2.08820	8	0.17330	139	1356	
8	48.1988	1.88651	30	0.19030	554	5595	
9	48.4600	1.87695	6	0.18800	114	1508	
10	49.5110	1.83954	5	0.16950	96	905	
11	54.0508	1.69526	18	0.19390	323	3716	
12	55.2240	1.66199	17	0.19850	308	3549	
13	56.2164	1.63498	4	0.15070	79	722	
14	62.2617	1.48996	3	0.23000	57	814	
15	62.8392	1.47765	16	0.18790	290	3162	
16	68.9207	1.36135	6	0.18140	109	1194	
17	70.4493	1.33551	7	0.18310	122	1256	
18	75.2113	1.26232	8	0.21920	154	2004	
19	82.8680	1.16402	5	0.23390	85	1568	

*** Basic Data Process ***

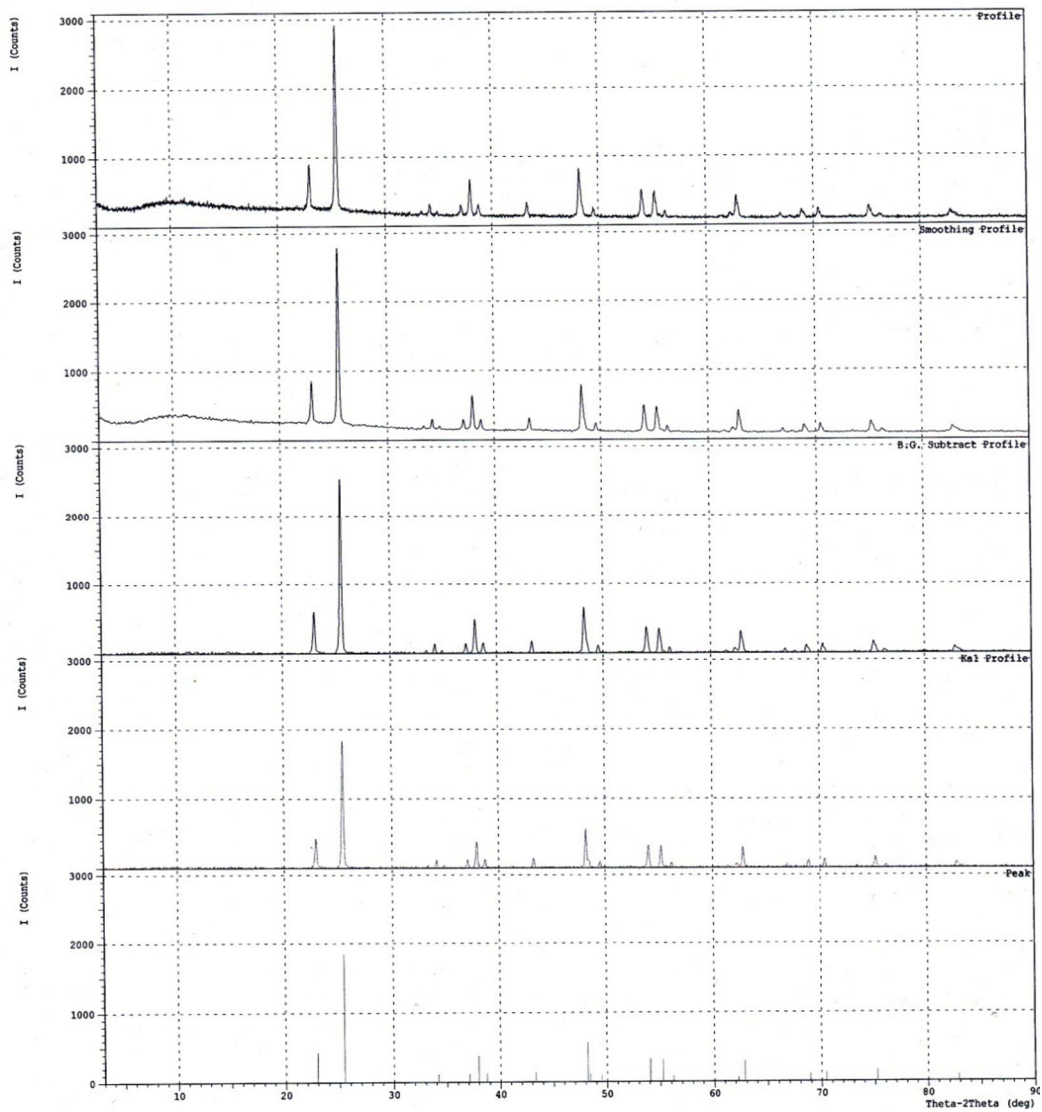
```
# Data Information
  Group Name      : Data 2012
  Data Name       : Mulia Darma UIN-3
  File Name       : Mulia Darma UIN-3.RAW
  Sample Name     : TiO2/KA 5/5
  Comment        : TiO2/KA 5/5
  Date & Time     : 01-01-02 04:42:48

# Measurement Condition
  X-ray tube
    target        : Cu
    voltage       : 40.0 (kV)
    current       : 30.0 (mA)
  Slits
    divergence slit : 1.00 (deg)
    scatter slit    : 1.00 (deg)
    receiving slit  : 0.30 (mm)
  Scanning
    drive axis     : Theta-2Theta
    scan range     : 3.0200 - 90.0000 (deg)
    scan mode      : Continuous Scan
    scan speed     : 5.0000 (deg/min)
    sampling pitch : 0.0200 (deg)
    preset time    : 0.24 (sec)

# Data Process Condition
  Smoothing [ AUTO ]
    smoothing points : 11
  B.G.Subtraction [ AUTO ]
    sampling points : 11
    repeat times    : 30
  Kal-a2 Separate [ MANUAL ]
    Kal a2 ratio    : 50 (%)
  Peak Search [ AUTO ]
    differential points : 9
    FWHM threshold    : 0.050 (deg)
    intensity threshold : 30 (par mil)
    FWHM ratio (n-1)/n : 2
  System error Correction [ NO ]
  Precise peak Correction [ NO ]
```


*** Basic Data Process ***

Group Name : Data 2012
Data Name : Mulia Darma UIN-3
File Name : Mulia Darma UIN-3.PKR
Sample Name : TiO₂/KA 5/5
Comment : TiO₂/KA 5/5



Lampiran 18: Spektra XRD Karbon Aktif yang Disisipi Fotokatalis TiO₂ 2/8

*** Basic Data Process ***

Group Name : Data 2012
 Data Name : Mulia Darma UIN-2
 File Name : Mulia Darma UIN-2.PKR
 Sample Name : TiO₂/KA 2/8
 Comment : TiO₂/KA 2/8

# Strongest 3 peaks							
no.	peak no.	2Theta (deg)	d (Å)	I/I1	FWHM (deg)	Intensity (Counts)	Integrated Int (Counts)
1	3	25.5668	3.48133	100	0.21180	1358	14154
2	11	48.3037	1.88265	28	0.22330	378	4524
3	1	23.0683	3.85243	24	0.20700	331	4220

# Peak Data List							
peak no.	2Theta (deg)	d (Å)	I/I1	FWHM (deg)	Intensity (Counts)	Integrated Int (Counts)	
1	23.0683	3.85243	24	0.20700	331	4220	
2	25.3000	3.51744	9	0.12400	118	1504	
3	25.5668	3.48133	100	0.21180	1358	14154	
4	25.9000	3.43729	4	0.20400	57	1286	
5	34.2634	2.61501	5	0.18690	67	691	
6	37.2088	2.41449	6	0.20630	81	976	
7	38.0545	2.36275	20	0.21660	272	3216	
8	38.8508	2.31614	6	0.17660	86	951	
9	43.2400	2.09066	3	0.12000	46	303	
10	43.4015	2.08325	7	0.21440	98	962	
11	48.3037	1.88265	28	0.22330	378	4524	
12	48.6200	1.87114	5	0.12440	64	846	
13	49.6233	1.83564	5	0.17870	73	764	
14	54.1448	1.69254	16	0.24040	218	3114	
15	55.3173	1.65940	16	0.21540	218	2850	
16	56.3050	1.63261	4	0.20340	55	657	
17	62.9403	1.47552	15	0.22830	198	2862	
18	69.0082	1.35984	6	0.22050	78	965	
19	70.5243	1.33427	5	0.27140	72	1191	
20	75.2940	1.26114	8	0.28310	102	1633	
21	82.9500	1.16308	5	0.26000	67	1468	

*** Basic Data Process ***

```
# Data Information
  Group Name      : Data 2012
  Data Name      : Mulia Darma UIN-2
  File Name      : Mulia Darma UIN-2.RAW
  Sample Name    : TiO2/KA 2/8
  Comment        : TiO2/KA 2/8
  Date & Time    : 01-01-02 04:21:58

# Measurement Condition
  X-ray tube
  target         : Cu
  voltage        : 40.0 (kV)
  current        : 30.0 (mA)

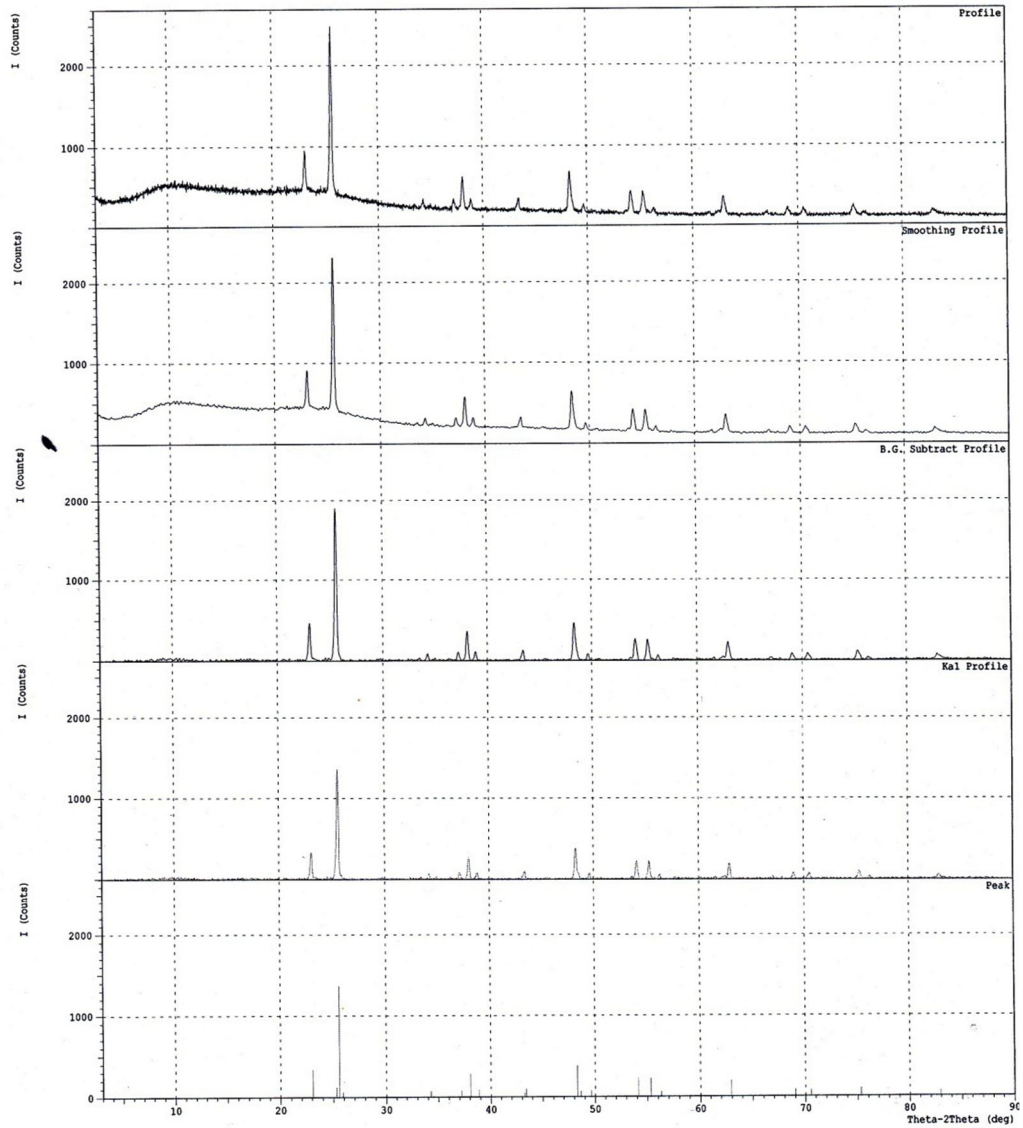
  Slits
  divergence slit : 1.00 (deg)
  scatter slit    : 1.00 (deg)
  receiving slit  : 0.30 (mm)

  Scanning
  drive axis     : Theta-2Theta
  scan range     : 3.0200 - 90.0000 (deg)
  scan mode      : Continuous Scan
  scan speed     : 5.0000 (deg/min)
  sampling pitch : 0.0200 (deg)
  preset time    : 0.24 (sec)

# Data Process Condition
  Smoothing      [ AUTO ]
  smoothing points : 13
  B.G.Subtraction [ AUTO ]
  sampling points : 13
  repeat times   : 30
  Kal-a2 Separate [ MANUAL ]
  Kal a2 ratio   : 50 (%)
  Peak Search    [ AUTO ]
  differential points : 11
  FWHM threshold : 0.050 (deg)
  intensity threshold : 30 (par mil)
  FWHM ratio (n-1)/n : 2
  System error Correction [ NO ]
  Precise peak Correction [ NO ]
```

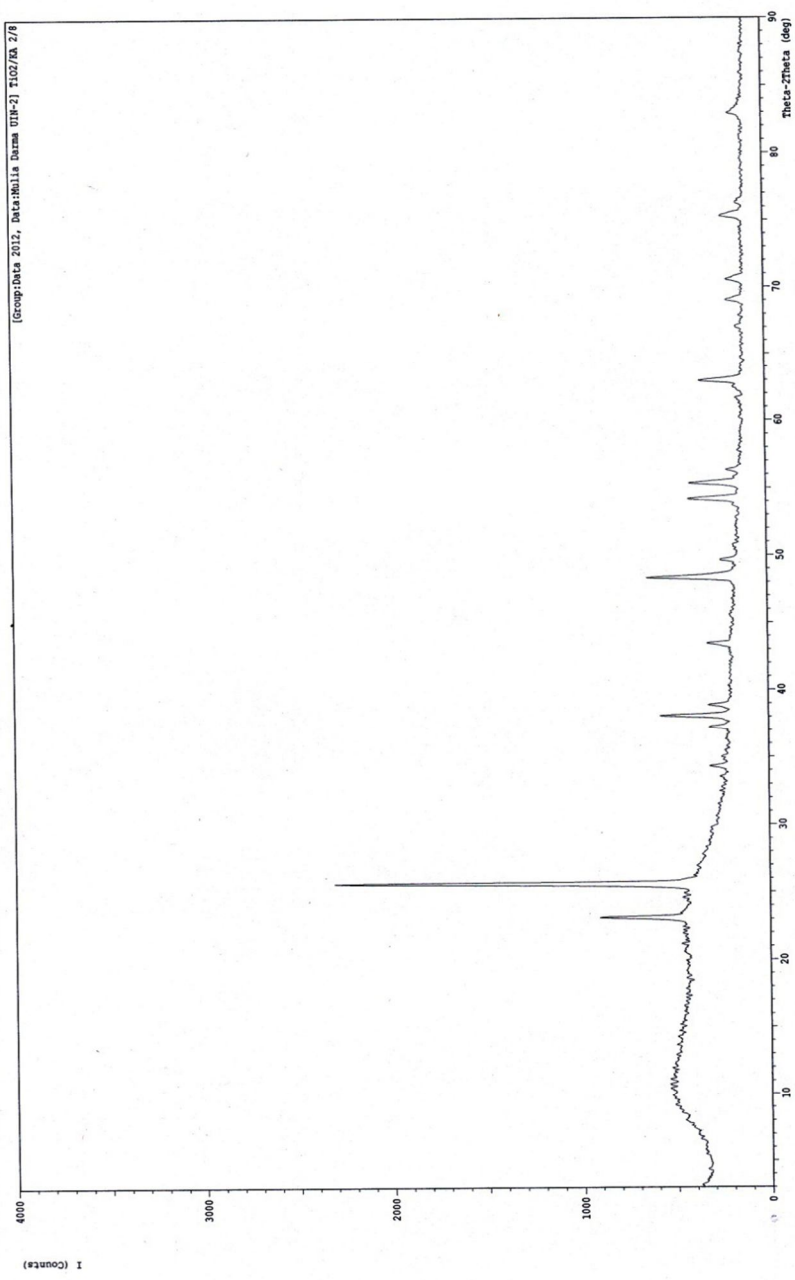
*** Basic Data Process ***

Group Name : Data 2012
Data Name : Mulia Darma UIN-2
File Name : Mulia Darma UIN-2.PKR
Sample Name : TiO₂/KA 2/8
Comment : TiO₂/KA 2/8



*** Multi Plot ***

File Name : Data 2012\Mulia Darma UIN-2
Sample Name : TiO2/KA 2/8 Comment : TiO2/KA 2/8
Date & Time : 01-01-02 04:21:58
Condition
X-ray Tube : Cu(1.54060 Å) Voltage : 40.0 kV Current : 30.0 mA
Scan Range : 3.0000 <-> 90.0000 deg Step Size : 0.0200 deg
Count Time : 0.24 sec Slit DS : 1.00 deg SS : 1.00 deg RS : 0.30 mm



*** Multi Plot ***

