

**PENGARUH KONSENTRASI LOGAM Ti TERHADAP
KARAKTER FISIKOKIMIAWI TiO_2 -ZEOLIT
DAN PEMANFAATAN TiO_2 -ZEOLIT UNTUK
FOTODEGRADASI METILEN BIRU**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat mencapai
gelar Sarjana Sains (S.Si) Program Studi Ilmu Kimia
pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Islam Indonesia
Jogjakarta



disusun oleh :

FARIDAH
No Mhs : 01 612 021

**JURUSAN ILMU KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
JOGJAKARTA
2005**

Halaman Pengesahan Skripsi

**PENGARUH KONSENTRASI LOGAM Ti TERHADAP
KARAKTER FISIKOKIMIAWI TiO_2 ZEOLIT
DAN PEMANFAATAN TiO_2 -ZEOLIT UNTUK
FOTODEGRADASI METILEN BIRU**

oleh :

FARIDAH

No Mhs : 01 612 021

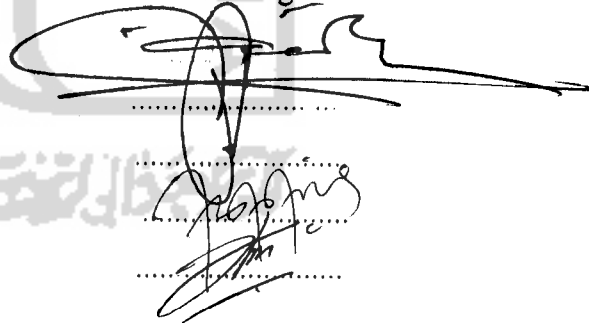
Telah dipertahankan dihadapan Panitia Penguji Skripsi
Jurusan Ilmu kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Islam Indonesia
Jogjakarta

Tanggal : *20 Oktober 2005*

Dewan Penguji :

1. Drs. H. Allwar, M.Sc.
2. Rudy Syahputra, M.Si.
3. Is Fatimah, M.Si.
4. Dr. Rer. Nat. Karna Wijaya, M. Eng.

Tanda tangan



Mengetahui,

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Islam Indonesia



(Jaka Nugraha, M. Si)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Kupersembahkan Karya kecilku ini teruntuk :

Kedua orang tuaku, matahariku yang tak pernah lelah
memberikan sinarnya padaku

Terima kasih untuk semua do'a, kasih sayang, perhatian, dukungan,
dan kesabarannya

Kakakku, Ca Faris, Ca Gam, 'n Adikku Gezo, bintang-bintangku
Yang selalu menghiasi malamku dengan kilau cahayanya

Terima kasih untuk semua do'a, kasih sayang, perhatian, bantuan,
semangat, dan masukannya

I Love You All

Special thanks to :

My Best Friend,

Mamie Aan, Mba Denie, teman2 angkatan 01,
Temen2 KKN unit 111 angkatan 30

Makasih untuk semua bantuan, do'a, dan dukungannya
Kalian telah menorehkan kisah indah dalam hidupku dengan
denting persahabatan yang kalian bawa untukku
You all are my sweet memories in Jogja

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penyusunan skripsi dengan judul **“PENGARUH KONSENTRASI LOGAM TI TERHADAP KARAKTER FISIKOKIMIAWI TiO_2 -ZEOLIT DAN APLIKASINYA UNTUK FOTODEGRADASI METILEN BIRU** ini dapat terselesaikan dengan baik.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat mencapai gelar Sarjana Sains pada Jurusan Ilmu kimia Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia Jogjakarta. Dengan penyusunan skripsi ini diharapkan mahasiswa dapat mengetahui sejauh mana penerapan teori yang telah didapatkan di bangku kuliah dengan penelitian nyata yang ada.

Dalam penelitian ini, penulis banyak menemukan hal-hal baru dan sedikit kesulitan. Namun, dengan adanya bantuan dari berbagai pihak pada akhirnya dapat terselesaikan juga. Untuk itu, penulis ingin mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Jaka Nugraha M.Si., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia Jogjakarta.
2. Bapak Rudy Syahputra, M.Si, selaku Ketua Jurusan Ilmu kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.
3. Ibu Is Fatimah, M.Si, dan Bapak., Dr. rer. nat. Karna Wijaya, M. Eng selaku Pembimbing I dan pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, saran,

kritik serta kesabarannya demi sempurnanya skripsi ini, dan telah membiayai sepenuhnya penelitian ini melalui Program Bogasari Nugraha VII PT. Indofood Sukses Makmur Bogasari Fluor Mills.

4. Seluruh Dosen Jurusan Ilmu Kimia F-MIPA Universitas Islam Indonesia atas semua ilmu yang telah diberikan.
5. Kepala Laboratorium Kimia F-MIPA Universitas Islam Indonesia beserta staf yang telah membantu kelancaran selama penelitian berlangsung.
6. Kedua orang tua, kakak dan adik penulis atas segala do'a, dukungan, dan kesabarannya.
7. Laili, Lina, Aan, Purwo, Arman dan teman-teman di lingkungan kampus Universitas Islam Indonesia Jogjakarta yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu atas bantuan, kebersamaan, dan hari-hari indah yang dilalui selama di Jogja.

Penulis menyadari sepenuhnya kekurangan dalam penyusunan skripsi ini, sehingga saran dan kritik dari pembaca sangat diharapkan. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Amien.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Jogjakarta, Oktober 2005

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Halaman Pengesahan Skripsi	ii
Halaman Persembahan	iii
Kata Pengantar	iv
Daftar Isi	vi
Daftar Gambar	viii
Daftar Tabel	ix
Daftar Lampiran	x
Intisari	xi
Abstract	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Zeolit Teraktivasi	6
2.2 Zeolit Teraktivasi Sebagai Fotokatalis.....	7
BAB III DASAR TEORI	12
3.1 Zeolit	12
3.1.1 Struktur dan Komposisi Zeolit	13
3.1.2. Sifat-Sifat umum Zeolit.....	15
3.1.3 Aplikasi Zeolit	19
3.2 Titanium	21
3.3 Fotokatalis	23
3.4 Metilen Biru	25
3.5 Karakterisasi Zeolit	26
3.3.1 Metode Difraksi Sinar-X	26

3.3.2 Analisis Luas Permukaan dengan BET.....	28
3.3.3 Metode Analisis Pengaktifan Netron	29
3.6 Uji Aktifitas dengan Spektrofotometri UV-Visible	31
3.7 Hipotesis	33
BAB IV METODE PENELITIAN	34
4.1 Alat dan Bahan	34
4.2 Cara Kerja	35
4.2.1 Preparasi sampel	35
4.2.2 Pertukaran Ion	35
4.2.3 Karakterisasi Katalis Hasil Sintesis	36
4.2.4 Uji Aktivitas Katalis pada Fotodegradasi Metilen Biru	36
BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	37
5.1 Karakterisasi Zeolit Alam	37
5.2 Pertukaran Ion Zeolit	38
5.3 Karakterisasi TiO ₂ -Zeolit	41
5.3.1 Identifikasi dengan Difraksi Sinar-X	41
5.3.2 Analisis Luas Permukaan Spesifik	46
5.3.3 Analisis Unsur dengan Analisis Pengaktifan Netron	48
5.4 Uji Aktivitas Fotokatalitik TiO ₂ -Zeolit	50
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	54
5.1 Kesimpulan	54
5.2 Saran	55
DAFTAR PUSTAKA	56
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 : Tetrahedral Alumina dan Silika (TO_4) pada Struktur Zeolit	14
Gambar 2 : Struktur Kristal TiO_2	22
Gambar 3 : Mekanisme Fotokatalitik	24
Gambar 4 : Struktur Metilen Biru	26
Gambar 5 : Difraksi Sinar X-Ray	27
Gambar 6 : Diagram Spektrofotometri <i>Uv-Visible</i>	32
Gambar 7 : Difraktogram Zeolit Alam	37
Gambar 8 : Difraktogram TiO_2 -Zeolit dalam berbagai variasi konsentrasi logam Ti	42
Gambar 9 : Histogram Distribusi Pori Zeolit	48
Gambar 8 : Proses penyerangan ion H^+ terhadap sisi tetrahedral alumina di dalam kerangka zeolit	49

DAFTAR TABEL

Tabel 1 : Kestabilan Temperatur Beberapa Zeolit	19
Tabel 2 : Harga 2 θ , d, intensitas difraksi dan jenis mineral sample zeolit	43
Tabel 3 : Tabel Kristalinitas Sampel	44
Tabel 4 : Tabel Identifikasi Data Hasil XRD Identifikasi TiO ₂	45
Tabel 5 : Hasil Analisis Luas Permukaan Zeolit	46
Tabel 6 : Hasil Analisis Kandungan Ti dengan APN	49
Tabel 7 : Prosentase penurunan konsentrasi metilen biru karena aktivitas fotokatalis TiO ₂ -zeolit pada variasi konsentrasi logam Ti	52

PENGARUH KONSENTRASI LOGAM Ti TERHADAP KARAKTER FISIKOKIMIAWI TiO₂-ZEOLIT DAN PEMANFAATAN TiO₂-ZEOLIT UNTUK FOTODEGRADASI METILEN BIRU

oleh :

FARIDAH

No Mhs : 01 612 021

Intisari

Telah dilakukan penelitian mengenai sintesis, karakterisasi dan uji aktivitas TiO₂-zeolit pada fotodegradasi metilen biru. Penelitian bertujuan mengamati perubahan karakter fisikokimia zeolit pertukaran ion dan uji aktivitas fotokatalitik bahan tersebut untuk degradasi metilen biru. Sintesis dilakukan dengan menukarkan ion hidroksida logam polihidrida Ti⁴⁺ pada suspensi zeolit dengan variasi konsentrasi 0,1; 0,2 dan 0,4 mol Ti⁴⁺/garam zeolit, dilanjutkan dengan netralisasi dan kalsinasi. Karakterisasi fisikokimia yang dilakukan meliputi: analisis X-RD, analisis luas permukaan spesifik dan penentuan kandungan logam Ti dengan analisis pengaktifan neutron. Sedangkan uji aktivitas dilakukan dengan sistem suspensi fotokatalis pada larutan metilen biru 1 ppm pada penyinaran UV 366 nm. Konsentrasi metilen biru ditentukan secara spektrofotometri UV-tampak.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pertukaran kation zeolit dengan oksida Ti menghasilkan bentuk anatase dan rutil serta penurunan kristalinitas. Akan tetapi kristalinitas meningkat dengan semakin tingginya konsentrasi ion Ti⁴⁺. Serta menurunkan luas permukaan spesifik dari 110,67 m²/g menjadi 109,43 m²/g untuk TiO₂-Z1, 30,48 untuk TiO₂-Z2 dan 27,13 m²/g untuk TiO₂-Z4, dengan kandungan logam Ti sebesar 2,692% untuk TiO₂-Z1, 2,805 untuk TiO₂-Z2 dan 2,562 untuk TiO₂-Z4. Uji aktivitas menunjukkan bahwa TiO₂-zeolit memiliki aktivitas sebagai fotokatalis dengan kemampuan menurunkan konsentrasi metilen biru hingga 91,4% untuk TiO₂-Z1, 62,5% untuk TiO₂-Z2 dan 98,5% TiO₂-Z4 dari konsentrasi metilen biru 1 mg/L.

Kata kunci : pertukaran ion, TiO₂-zeolit, fotodegradasi

**THE EFFECT OF Ti METAL CONCENTRATION
ON PHYSICOCHEMICAL CHARACTER OF TiO₂-ZEOLITE
AND THE APPLICATION OF TiO₂-ZEOLITE FOR METHYLENE BLUE
PHOTODEGRADATION**

By :

FARIDAH

Student Number : 01 612 021

Abstract

Research on synthesis , characterization and photocatalytic of TiO₂-zeolit for methylene blue photodegradation has been investigated. The purpose of this research was to determine a change of physicochemical characterization of zeolit ion exchange and photocatalytic activity test of the properties for methylene blue degradation. The synthesis was prepared by changing Ti⁴⁺ polyhydroxi metal ion into zeolit suspension with variety concentration 0,1; 0,2; and 0,4 mol of Ti⁴⁺/zeolit salt, and then, neutralize and calcinize. Physicochemical characterization was performed using X-RD analysis, specific surface area analysis, and Ti concentration analysis by neutron activating. The activity test was prepared by photocatalist suspension system of methylene blue 1 ppm solution, using UV light in 366 nm. Methylen blue concentration was determined by UV-Visible Spectrophotometric methode.

The research result showed that intention of Ti into the pore of Zeolite followed by calcinations resulted in the formation of anatase and rutile. The formation of TiO₂ in the internal and external surface of Zeolite caused the decrease from 110,67 m²/g to 109,43 m²/g for TiO₂-Zeolite 1; 30,48 m²/g for TiO₂-Zeolite 2; and 27,125 m²/g for TiO₂-Zeolite 4, the content of Ti metal was 2,692% for TiO₂-Zeolite 1; 2,805% for TiO₂-Zeolite 2; and 2,562% for TiO₂-Zeolite 4. The activity test slowed that TiO₂-Zeolite has photocatalytic activity by increasing methylene blue concentration until 91,4% for TiO₂-Zeolit 1; 62,5% for TiO₂-Zeolit 2; and 98,5% for TiO₂-Zeolit 4 from methylen blue 1 ppm.

Key word : *ion exchange, TiO₂-Zeolit, photodegradation*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Metilen biru adalah senyawa yang digunakan secara luas sebagai pewarna pada bakteriologi serta sebagai reagen beberapa senyawa kimia, pada identifikasi campuran digunakan sebagai indikator oksidasi-reduksi. Penggunaan pada bidang kesehatan, metilen biru digunakan sebagai antiseptik, agen antimethemoglobin dan juga sebagai penangkal racun sianida. Pengolahan metilen biru dalam beberapa industri tentunya sangat memungkinkan sisa bahan metilen biru dalam limbah terutama limbah cair. Metilen biru merupakan zat yang berbahaya dan beracun. Dalam konsentrasi tertentu masuknya metilen biru ke dalam tubuh dapat menyebabkan karsinogenik pada binatang dan manusia. Berbagai metode (baik secara kimia, fisika maupun biologi) telah dilakukan dalam mengolah limbah metilen biru untuk meminimalkan pencemaran lingkungan. Namun demikian, tidak semua metode dapat diterapkan di Indonesia karena memerlukan biaya operasional yang besar. Salah satu metode yang cocok adalah metode fotodegradasi. Melalui metode ini, senyawa organik akan mengalami peruraian, apabila proses berlangsung sempurna dari senyawa hidrokarbon akan menghasilkan karbon dioksida dan H_2O saja sehingga tidak memberikan efek serta tidak memerlukan penanganan lanjut. Keberhasilan fotodegradasi bertumpu pada fotokatalis, yaitu zat yang digunakan sebagai pemercepet reaksi degradasi. Fotokatalis yang sudah dikenal adalah oksida logam transisi yang memiliki sifat

semikondukt. Dispersi oksida logam transisi pada padatan pendukung seperti *clay*, zeolit atau karbon aktif dilaporkan dapat meningkatkan distribusi logam dan aktivitas fotokatalitiknya. (Ekimav, 1985).

Salah satu padatan pendukung yang dapat dikembangkan dalam kajian sintesis fotokatalis dengan padatan pendukung adalah zeolit. Dilihat dari potensi sumber daya mineral, Indonesia merupakan negara yang cukup kaya akan bahan galian zeolit alam. Zeolit mempunyai struktur yang berpori terbuka, keterbukaan dari struktur ini menghasilkan pembentukan saluran dan rongga dengan diameter antara 2Å sampai 11Å. Molekul dengan ukuran yang tepat dapat terperangkap pada saluran dan rongga ini. Sifat inilah yang memungkinkan zeolit dapat digunakan sebagai adsorben yang efektif. Selain sebagai penyerap (adsorben), struktur zeolit yang berpori dengan cairan didalamnya yang mudah lepas membuat zeolit juga mempunyai sifat yang spesifik sebagai penyaring molekul, penukar ion dan katalisator (Dyer, 1988). Selain itu zeolit dapat dimodifikasi sedemikian rupa sehingga memiliki sifat fisik yang sesuai untuk penggunaannya sebagai fotokatalis dengan cara mengembangkan logam semikonduktor ke dalam struktur porinya tersebut.

Beberapa material yang dapat digunakan sebagai pengemban bagi komponen aktif logam adalah alumina, silika, titania, karbon dan silika-alumina. Dibandingkan jenis logam lain, oksida logam Ti paling banyak digunakan. Titanium dioksida pada umumnya bersifat inert terhadap tubuh manusia, tidak beracun, murah dan ramah lingkungan. Beberapa logam sulfida juga dapat bersifat sebagai fotokatalis, tetapi logam-logam sulfida memiliki beberapa kelemahan

dalam hal mudah berkarat. Kemampuan TiO_2 sebagai fotokatalis akan meningkat pada distribusi yang merata pada padatan. Hal ini dikarenakan peningkatan efektivitas semikonduktor suatu padatan pada ukuran partikel yang kecil atau dalam skala nanometer. Untuk itu, oksida logam titanium dapat didispersikan pada material pendukung seperti clay, zeolit atau karbon aktif. Efektivitas sifat fotokatalitik pada logam transisi teremban pada padatan adalah distribusi dispersinya, luas permukaan dan volume rerata pori, kristalinitas, keasaman, serta yang terpenting adalah energi *band gap* katalis. Hal ini sangat ditentukan oleh teknik preparasi dan konsentrasi oksida logam Ti yang diimbangkan.

Berlatarbelakang permasalahan tersebut, kajian terhadap proses pengembangan logam titanium pada zeolit sehingga dihasilkan TiO_2 -zeolit merupakan kajian yang menarik. Hal yang penting diamati dalam proses tersebut adalah perubahan karakter fisika zeolit alam setelah diimbarkannya logam titanium dengan variasi konsentrasi titanium serta kaitannya dengan aktivitas fotokatalis, apakah terjadi kenaikan karakter padatan sesuai dengan klasifikasi bahan yang dapat dipakai sebagai katalis dan apakah terjadi peningkatan aktivitas. Karakter fisik yang dimaksud meliputi luas permukaan, banyaknya logam teremban, serta kristalinitas. Untuk uji aktivitas fotokatalis degradasi zat warna, dalam penelitian ini dipilih sampel uji senyawa metilen biru. Dengan adanya variasi konsentrasi logam titanium terhadap fotodegradasi metilen biru diharapkan semakin tinggi konsentrasi logam titanium maka semakin tinggi aktivitasnya dalam mendegradasi senyawa metilen biru.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dapat ditarik suatu rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana mensintesis TiO_2 -zeolit dan mengamati pengaruh konsentrasi logam Ti terhadap karakter fisika TiO_2 -zeolit?
2. Bagaimana pengaruh konsentrasi logam Ti terhadap fotoaktivitas TiO_2 -zeolit pada fotodegradasi zat warna metilen biru?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini adalah :

1. Mensintesis TiO_2 -zeolit dan mengamati perubahan yang terjadi pada karakter fisika TiO_2 -zeolit dengan adanya variasi konsentrasi logam titanium.
2. Menentukan pengaruh variasi konsentrasi Ti terhadap fotoaktifitas TiO_2 -zeolit pada fotodegradasi zat warna metilen biru.

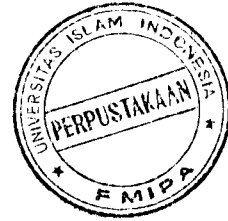
1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini akan memberikan manfaat pada pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Dimana pada penelitian ini akan memberikan gambaran pengaruh logam titanium dalam beberapa konsentrasi terhadap karakter fisika TiO_2 -Zeolit meliputi identifikasi logam Ti, luas permukaan dan kristalinitas. Selain itu penelitian ini akan memberikan gambaran pemanfaatan zeolit setelah aktivasi dalam mendegradasi limbah cair tekstil zat warna yang memiliki nilai ekonomis, efektif dan efisien.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA



2.1 Zeolit Teraktivasi

Zeolit adalah senyawa alumina-silika terhidrat berbentuk kristalin dengan kerangka struktur sel satuan yang mempunyai sisi-sisi aktif yang banyak. Hampir seluruh zeolit di Indonesia berisi modernit tipe A $[\text{Na}_2\text{CaK}_2]\text{Al}_2\text{Si}_{24}\cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (Hikam dkk, 2001). Kemurnian bahan alam ini sangat rendah untuk langsung digunakan, berbagai penelitian telah banyak dilakukan terhadap karakteristik, aktivasi dan sintesis zeolit sehingga dapat menjadikan zeolit mampu melakukan pertukaran ion dan mengadsorpsi secara selektif.

Penelitian terhadap sintesis dan karakteristik terhadap zeolit alam maupun zeolit sintesis, diantaranya menggunakan limbah abu layang yang dilakukan oleh Jahro (2001). Data hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis dan kristalinitas zeolit hasil sintesis dipengaruhi oleh rasio molar Si/Al dan kemurnian abu layang yang digunakan. Menurut Echiyoga suatu senyawa yang mengandung senyawa silika-alumina menunjukkan keasaman permukaan yang besar jika dipanaskan pada suhu diatas 470°C dan dapat meningkatkan derajat kekeristalan serta menghilangkan bahan- bahan organik. Pemanasan dapat merubah struktur padatan yang berakibat mengubah sifat kimia dan fisiknya (Trisunaryanti, 1991). Penelitian serupa juga telah dilakukan oleh Hikam dkk (2001) dimana untuk memperkaya modernit-A dalam zeolit. Konsentrasi berat rata-rata sebelum perlakuan adalah 41,02%, setelah perlakuan konsentrasi modernit-A tertinggi

mencapai 66,45%. Struktur kristalografi tetap sama karena dalam proses tidak ada reaksi kimia ataupun pemanasan.

2.2 Zeolit Teraktivasi Sebagai Fotokatalis

Dalam reaksi fotokatalitik penting diperlukan luas permukaan katalis yang dapat diakses oleh senyawa organik dan cahaya. Hal tersebut membutuhkan katalis dengan luas permukaan yang tinggi dan ukuran pori yang besar, dimana akan memudahkan transport senyawa organik. Dua hal tersebut membutuhkan luas permukaan eksternal yang tinggi.

Rutile dan anatase yang cukup stabil keberadaannya dan bisa digunakan sebagai fotokatalis (Gunlazuardi, 1995). TiO_2 dengan bentuk kristal anatase dan rutile, jika dikenai suatu sinar UV dengan $\lambda < 385 \text{ nm}$ untuk anatase dan $\lambda = 405 \text{ nm}$ untuk rutile, akan menghasilkan spesies oksidator pada permukaannya. TiO_2 merupakan spesies oksidator kuat yang ditunjukkan H^+ pada permukaannya. Oleh karenanya TiO_2 mampu mengoksidasi spesies kimia yang mempunyai potensi redoks yang lebih kecil.

Penggunaan titanium dioksida murni sebagai fotokatalis telah banyak diteliti untuk mendegradasi zat warna secara spesifik. Secara fisik, TiO_2 murni merupakan padatan berwarna putih yang tidak larut didalam HCl , HNO_3 akuaregia, tetapi larut dalam asam sulfat pekat membentuk ion titanium (III) Ti^{3+} dan titanium (IV) Ti^{4+} . Ion Ti^{3+} berwarna lembayung dan jika berada didalam air mudah teroksidasi menjadi Ti^{4+} yang berwarna. Secara kimiawi, ion Ti^{4+} berada hanya dalam larutan yang bersifat sangat asam ($\text{pH} < 2,5$) dapat terhidrolisis

mula-mula membentuk ion titanil (TiO^{2+}) selanjutnya membentuk keseimbangan dengan $\text{Ti}(\text{OH})_2^{2+}$ dan Ti^{4+} . Bila keasaman diturunkan ($\text{pH} > 2,5$) membentuk endapan $\text{Ti}(\text{OH})_4$, $[\text{Ti}_6\text{O}_4]^{4+}$ atau $\text{TiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ (Cotton et, al. 1999). Ti^{4+} dalam larutan dengan konsentrasi lebih dari 12 M dapat membentuk $\text{trans-}[\text{Ti}(\text{OH})_2\text{Cl}_4]^{2-}$ dan $[\text{Ti}(\text{OH})(\text{H}_2\text{O})\text{Cl}_4]^-$ sedangkan dalam larutan asam klorida (konsentrasi < 12 M) berada dalam bentuk kation polihidroksi $[\text{TiO}_8(\text{OH})_{12}]^{4+}$ (Starte, 1986; Cotton, dkk. 1999)

Reaksi fotokatalitik yang menggunakan titanium dioksida (TiO_2) sebagai fotokatalis telah menarik perhatian karena dapat diaplikasikan dalam pengolahan air limbah dan proses penjernihan air. Hal ini disebabkan oleh biaya preparasi yang relatif murah dan memanfaatkan sinar matahari sebagai sumber radiasinya. Proses fotokatalis terhadap beberapa jenis bahan-bahan organik yang berada dalam air akan terdekomposisi menjadi CO_2 , air dan ion mineral. Fotokatalis merupakan katalis heterogen yang dapat merubah polutan organik didalam air tanpa pemanasan, tekanan tinggi atau zat kimia aditif lainnya. Pemanfaatan fenomena tersebut dapat diaplikasikan didalam air limbah industri tekstil sehingga dapat mengurangi polutan yang bersifat racun (toxic) terhadap lingkungan (Houas, dkk. 2000). TiO_2 telah banyak diteliti oleh para peneliti didalam reaksi fotodegradasi senyawa organik seperti fenol, senyawa aromatik dan alkohol. TiO_2 dimanfaatkan dalam reaksi fotokatalis karena karakter semikonduktornya, dimana memiliki energi celah (*band gap*) yang relatif besar untuk mengoksidasi dan mereduksi zat lain (Noguira & Jardim, 1933).

Penelitian telah dilakukan oleh Noguirra dan Jardim (1933) tentang aktivitas TiO_2 murni dalam mendegradasi zat warna (metilen biru) dengan bantuan sinar matahari. Penelitian tersebut melaporkan adanya peningkatan degradasi zat warna (metilen biru) hingga mencapai 98% dalam waktu 1 jam. Penelitian serupa juga dilakukan oleh Houas, dkk., (2000) yang menyatakan bahwa TiO_2 murni dapat mendegradasi metilen biru pada temperatur kamar yang akan menghasilkan spesies-spesies seperti CO_2 , SO_4^{2-} , NH_4^+ dan NO_3^- . Penelitian yang mendukung telah dilakukan Lachheb, dkk., (2002) mengenai reaksi fotokatalis menggunakan TiO_2 murni yang dibantu radiasi sinar matahari dapat digunakan sebagai metode penghilangan zat warna (*decolorization*) dan penawar zat racun (*detoxification*). Lachheb, dkk., menyatakan bahwa struktur aromatik dari suatu zat warna (metilen biru, alizarin, kongo merah, oranye krokein dan metilen merah) telah berhasil dihilangkan zat warnanya sekaligus dapat didegradasi menjadi spesies-spesies seperti CO_2 , SO_4^{2-} , NH_4^+ dan NO_3^- .

Berawal dari publikasi Fujishima dan Honda Nature, fenomena fotokatalisis pada permukaan TiO_2 dan kemungkinan aplikasi teknologinya menjadi lahan penelitian yang subur hingga saat ini. Luas jangkauan kemungkinan aplikasinya meliputi bidang-bidang: diversifikasi energi (*photoelectrochemical solar cell and water splitting*), sintesa kimia organik (*photoelectrosynthesis*), pengolahan limbah (*water or gas detoxification and disinfection*), pengembangan metoda analisis (*TOC Analyzer, Selective Electrode*), bidang kedokteran (anti-cancer) dan bidang material (*self cleaning glass and ceramics*). Penelitian aplikasi fotokatalisis untuk degradasi (mineralisasi) polutan organik mulai banyak menarik

perhatian komunitas peneliti sejak awal dekade 80'an. Ollies dan groupnya, dengan memanfaatkan suspensi TiO_2 dan sinar UV, mendemonstrasikan bagaimana khlorohidrokarbon didegradasi menjadi karbon dioksida dan asam klorida. Sementara itu, mengawali pemanfaatan efek fotokatalisis dengan TiO_2 untuk mematikan mikroorganisme (disinfeksi). Pada mulanya para peneliti menggunakan TiO_2 sebagai suspensi dalam air yang diolah. Namun karena disadari akan timbul kesulitan teknis yang signifikan dalam mengambil kembali TiO_2 dari air olahan, kemudian para peneliti mengatasinya dengan TiO_2 yang diimobilisasi pada bahan penyangga. Dengan TiO_2 yang diimobilisasi, disamping muncul beberapa kelemahan, mempunyai beberapa keunggulan yang penting (Anonim, 2004).

Penelitian fotokatalisis pada permukaan TiO_2 berkembang pesat sejak publikasi Fujisima & Honda mengenai fotoelektrokatalisis pemecahan air pada elektroda lapisan tipis TiO_2 . Berbagai usaha dilakukan untuk mendapatkan fotokatalis berefisiensi tinggi, antara lain sintesis nanokristal TiO_2 , penyisipan dopan, dan penambahan sensitizer. Dari sisi aplikasi telah dirancang berbagai bentuk reaktor fotokatalisis untuk degradasi zat organik dalam fase cair maupun gas. Beberapa faktor akan mempengaruhi aktivitas fotokatalis TiO_2 , salah satu yang terpenting adalah bentuk kristalnya. TiO_2 memiliki tiga macam bentuk kristal yaitu anatase, rutil dan brukit, namun yang memiliki aktivitas fotokatalis terbaik adalah anatase. Bentuk kristal anatase diamati terjadi pada pemanasan TiO_2 bubuk mulai dari suhu 120°C dan mencapai sempurna pada 500°C . Menurut Ollis dan Elkabi pada suhu 700°C mulai terbentuk kristal rutil dan

terjadi penurunan luas permukaan serta pelemahan aktivitas fotokatalis secara drastis. Menurut Nursiah kalsinasi yang paling baik adalah pada 550°C selama 30 menit (Tjahjanto dan Gunlazuardi, 2001).

Beberapa penelitian mengungkapkan bahwa larutan perkusor TiO_2 yang dilapisi pada sampel gelas preparat dan dikalsinasi pada suhu 550°C akan menghasilkan bentuk kristal anatase dengan penampang lapisan TiO_2 tampak padat dan kurang berpori, sebagaimana yang dilaporkan Tjahjanto dan Gunlazuardi (2001).



BAB III

DASAR TEORI

3.1 Zeolit

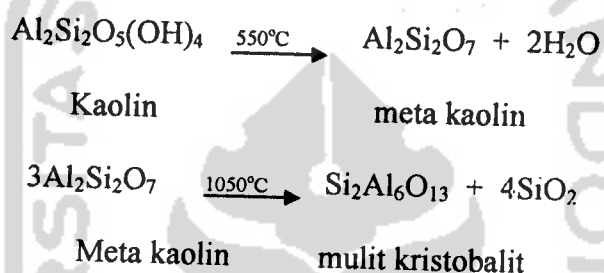
Mineral zeolit didefinisikan sebagai mineral alumina silikat hidrat dengan karakteristik yang khusus. Mineral ini ditemukan pertama kali oleh ahli mineral Swedia bernama Cronsted pada tahun 1756. Nama zeolit diambil dari bahasa Yunani yang berarti batu didih, karena mineral ini mempunyai sifat mendidih ketika dipanaskan (Alim, 2000). Para ahli mineralogi memperkirakan bahwa zeolit alam terbentuk dari larva gunung berapi yang membeku menjadi batuan vulkanik, membentuk sedimen-sedimen dan bahan metamorfosa yang selanjutnya mengalami pelapukan karena pengaruh panas dan dingin membentuk mineral zeolit (Barrer, 1982).

Pada tahun 1954 zeolit diklasifikasi sebagai golongan mineral tersendiri, yang saat itu dikenal sebagai molecular sieve materials. Pada tahun 1984 Joseph V. Smith ahli kristalografi Amerika Serikat mendefinisikan zeolit sebagai :

"A zeolite is an aluminosilicate with a framework structure enclosing cavities occupied by large ions and water molecules, both of which have considerable freedom of movement, permitting ion-exchange and reversible dehydration".

Dengan demikian, zeolit merupakan mineral yang terdiri dari kristal alumino silikat terhidrasi yang mengandung kation alkali atau alkali tanah dalam kerangka tiga dimensi. Ion-ion logam tersebut dapat diganti oleh kation lain tanpa merusak struktur zeolit dan dapat menyerap air secara reversibel (Last, 2003).

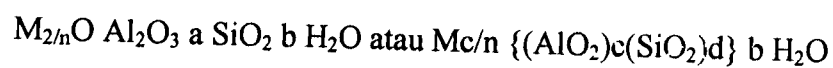
Zeolit dapat diklasifikasikan atas dua macam, yaitu: zeolit alam dan zeolit sintesis. Zeolit alam ditemukan sebagai batuan tufa yang bercampur mineral-mineral lain dengan komposisi yang sangat beragam. Zeolit sintesis dapat diproduksi antara lain dengan proses hidrogel dan konversi. Pada proses hidrogen sebagai bahan dasar digunakan natrium silikat, natrium aluminat dan natrium hidroksida, sedangkan pada proses konversi digunakan bahan dasar lempung kaolin. Reaksi konversi kaolin menjadi zeolit sebagai berikut:



3.1.1 Struktur dan Komposisi Zeolit

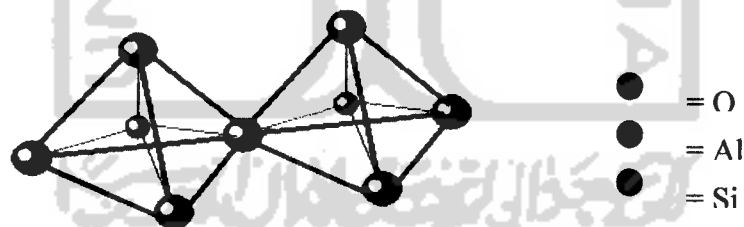
Satuan pembangun dasar zeolit adalah tetrahedra SiO_4 dan AlO_4 . Tetrahedra yang berdekatan terikat pada sudut-sudutnya melalui atom oksigen yang menghasilkan makromolekul anorganik dengan struktur tiga dimensi dengan saluran-saluran berdimensi 0,2 sampai dengan 1 nm (mikropori). Di dalam saluran-saluran tersebut terdapat molekul-molekul air dengan kation-kation kecil yang bersifat mengkompensasi muatan negatif kerangka (Alim, 2000).

Zeolit biasanya ditulis dengan rumus kimia oksida atau berdasarkan satuan sel kristal sebagai berikut:



Dimana n adalah valensi logam, a dan b adalah molekul silikat dan air, c dan d adalah jumlah tetrahedral alumina dan silika. Rasio d/c atau $\text{SiO}_2/\text{AlO}_2$ bervariasi dari 1-5. Zeolit tidak dapat diidentifikasi hanya berdasarkan analisa komposisi kimianya saja, melainkan harus dianalisa strukturnya (Last, 2003).

Dari rumus struktur itu menunjukkan bahwa zeolit terdiri dari kation-kation yang bersifat dapat dipertukarkan dan menetralkan muatan kerangka alumina-silika dan molekul-molekul air dalam rongga-rongganya. Kerangka struktur zeolit merupakan kristal tetrahedral dari atom-atom oksigen dengan silikon (SiO_4)⁴⁻ atau oksigen dengan aluminium (AlO_4)⁵⁻. Tetrahedral-tetrahedral tersebut satu dengan lainnya membentuk kerangka tiga dimensi, dengan atom oksigen sebagai penghubung antara tetrahedral satu dengan tetrahedral yang lain. (Alim, 2000). Menurut Last (2003) struktur kristal zeolit dimana semua atom Si dan Al dalam bentuk tetrahedral disebut Unit Bangun Primer, sebagaimana terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Tetrahedral alumina dan silika pada struktur zeolit

Pada struktur zeolit, semua atom Al dalam bentuk tetrahedral sehingga atom Al akan bermuatan negatif karena berkoordinasi dengan 4 atom oksigen dan selalu dinetralkan oleh kation alkali atau alkali tanah untuk mencapai senyawa yang stabil.

3.1.2 Sifat-Sifat Umum Zeolit

Zeolit mempunyai struktur berongga dan biasanya rongga ini diisi oleh air dan kation yang bisa dipertukarkan dan memiliki ukuran pori tertentu. Oleh karena itu zeolit dapat dimanfaatkan sebagai penyaring molekuler, penukar ion, penyerap bahan dan katalisator.

Sifat-sifat zeolit dapat diterangkan sebagai berikut:

a. Dehidrasi

Sifat dehidrasi pada zeolit akan berpengaruh terhadap sifat adsorpsinya. Zeolit dapat melepaskan molekul air dari rongga utama dan akan efektif berinteraksi dengan molekul yang akan diadsorpsi. Jumlah molekul air sesuai dengan jumlah pori-pori atau volume ruang hampa yang akan terbentuk bila unit sel kristal zeolit tersebut dipanaskan (Suryawan, 1997).

Dehidrasi dapat berfungsi untuk mempertinggi aktivitas zeolit sebagai adsorben. Setelah proses hidrasi kation-kation pada permukaan zeolit akan terlindungi sehingga medan listrik diperluas sampai kedalam rongga utama dan akan bergabung (berinteraksi dengan spesies yang diserap). Zeolit ini mampu memisahkan molekul-molekul berdasarkan pada ukuran dan konfigurasi molekul, disamping zeolit juga merupakan material penyerap yang memiliki momen dipole permanent dan interaksi lainnya.

Misal perpindahan ion Na^+ pada zeolit ZK-5 dapat terjadi bila kristal yang akan didehidrasi dipanaskan pada suhu 150°C . Dimana kontur kerapatan elektron terlihat berada pada suhu kamar dan pemanasan pada suhu 150°C (Suryawan, 1997).

b. Adsorpsi

Proses adsorpsi merupakan suatu proses masuknya molekul gas atau larutan adsorbat ke dalam suatu padatan adsorben. Zat padat dapat digunakan sebagai adsorben bila mempunyai struktur yang berpori atau berongga atau kerangka struktural senyawa padatan tersebut memiliki sisi aktif yang mampu berinteraksi dengan adsorbat. Zeolit yang mempunyai struktur berpori atau berongga dan memiliki sisi aktif dapat digunakan sebagai adsorben.

Dalam keadaan normal ruang hampa pada kristal zeolit terisi oleh molekul H_2O bebas yang berada di sekitar kation. Bila kristal zeolit dipanaskan pada suhu $300-400^{\circ}C$ maka air tersebut akan keluar sehingga zeolit dapat berfungsi sebagai penyerap gas dan cairan (Suryawan, 1997).

Ukuran pori yang bervariasi mulai dari $2,3\text{\AA}$ untuk jenis sodalit sampai $10\text{\AA}$ jenis VP-1-5 dapat menunjukkan bahwa zeolit merupakan penyerap molekul tertentu yang dapat digunakan sebagai penyaring yang cukup selektif. Zeolit mempunyai ruang hampa dengan ukuran yang cukup besar dengan ukuran garis tengah yang bervariasi antara $2-8\text{\AA}$, sehingga dapat digunakan sebagai penyerap gas atau zat lain dari dalam campuran. Volume dan ukuran garis tengah ruang hampa dalam kisi-kisi kristal ini yang menjadi dasar kemampuan zeolit sebagai penyaring molekul. Dimana molekul yang mempunyai ukuran yang lebih kecil dari ukuran pori akan lolos, sedangkan molekul dengan ukuran yang lebih besar dari ukuran pori zeolit akan tertinggal.

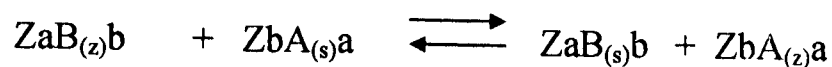
Proses adsorpsi oleh zeolit terjadi karena terjebakannya molekul adsorbat dalam rongga zeolit yang berukuran tepat untuk memerangkap molekul adsorbat.

Mekanisme adsorpsi dimulai dengan bergerakinya spesies adsorbat dari larutan menuju permukaan luas partikel zeolit. Adsorbat tersebut masuk kedalam rongga-rongga pada permukaan zeolit yang berukuran tepat untuk menerangkap adsorbat.

Sifat adsorpsi dan difusi dari zeolit sangat dipengaruhi oleh ukuran rongga dan saluran dari zeolit. Kapasitas adsorpsi pada zeolit berhubungan langsung dengan tempat-tempat yang bebas atau volume yang kosong. Lebih dari 50% volume intra kristalin VP1-5 dapat ditempati oleh air dan volume ini dapat diganti oleh molekul-molekul maupun ion-ion lain. Selektivitas zeolit terhadap ukuran molekul tertentu dapat disesuaikan dengan jalan: penukar kation, dekationisasi, dealuminasi, secara hidrotermal dan perubahan perbandingan kadar Si dan Al (Suryawan, 1997).

c. Penukar ion

Pertukaran ion di dalam bahan berpori didefinisikan sebagai adanya kation-kation dalam bahan tersebut yang dapat dipertukarkan dengan kation dari larutan lain. Reaksi pertukaran ion pada zeolit terjadi apabila kation-kation yang awalnya berada dalam sistem berpori dalam kristal digantikan ion-ion lainnya dari larutan. Larutan dan zeolit selanjutnya mencapai kesetimbangan sebagai berikut :



Dengan zeolit Za dan Zb merupakan muatan kation A dan B yang dipertukarkan, z dan s merupakan singkatan dari zeolit dan larutan. Menurut Mumpton pertukaran ini tidak sempurna bila tidak digunakan larutan yang sangat berlebihan atau temperatur sistem tidak dinaikkan untuk memaksa

kesetimbangan ke kanan. Kecenderungan zeolit terhadap suatu ion dapat ditunjukkan oleh koefisien selektivitas, K dengan :

$$K = \frac{A_z B_s}{B_z A_s} \quad \text{untuk } Z_a = Z_b = 1$$

Harga K bergantung pada konsentrasi total larutan, temperatur , fraksi ekuivalen A.

Variasi koefisien selektivitas dipengaruhi secara kuat oleh komposisi larutan sebagai akibat pembentukan ion kompleks. Bila dilihat pertukaran pada larutan encer, koefisien selektivitas untuk sebagian besar tidak bergantung pada konsentrasi larutan luar tetapi pengenceran mengakibatkan pengurangan selektivitas. Dengan naiknya konsentrasi, ion-ion yang akan saling bertukaran akan menurun (Khopkar, 1990).

Kemampuan pertukaran ion (adakalanya dengan istilah kemampuan penyerapan ion atau sorpsi) zeolit merupakan parameter utama dalam menentukan kualitas zeolit yang akan digunakan, biasanya dikenal sebagai KTK (kemampuan tukar kation). KTK adalah jumlah meq ion logam yang dapat diserap maksimum oleh 1 g zeolit dalam kondisi kesetimbangan. Kemampuan tukar kation (KTK) dari zeolit bervariasi dari 1,5 sampai 6 meq/g. Nilai KTK zeolit ini banyak tergantung pada jumlah atom Al dalam struktur zeolit, yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan KTK batuan lempung, seperti kaolinit (0,03-0,15 meq/g), bentonit (0,80-1,50 meq/g) dan vermikulit (1-1,50 meq/g) (Las, 2003). Kapasitas pertukaran ion sangat ditentukan oleh komposisi pengemban atau jenis pengemban, pH larutan dan pelarut logam serta kondisi proses yang digunakan (Last, 2003).

d. Kestabilan Termal Zeolit

Perubahan struktur zeolit menjadi material non zeolit dapat disebabkan karena zeolit tersebut kehilangan air. Hal ini dapat terjadi pada selang temperatur tertentu. Misalnya zeolit dengan stabilitas yang rendah yaitu paulingite dan phollipsite, yang mana rekristalisasi menjadi fase baru sekitar temperature 250°C, sedangkan analsite A.X dan Z.Y stabil pada temperatur 700°C dan modernite stabil pada temperature sekitar 800-900°C. Berikut tabel tentang klasifikasi beberapa zeolit berdasarkan temperatur. Suatu zeolit mempunyai kestabilan panas yang tinggi akan menghasilkan kokas sehingga akan mudah diregenerasi kembali, ini mengakibatkan zeolit mempunyai umur pakai yang relatif panjang (Dyer, 1988)

Tabel 1. Kestabilan Temperatur Beberapa Zeolit

Selang Temperatur Kestabilan (°)	Zeolit
< 250	Hormotom, Phillipsit, Pangulingit, Henlandit.
250-400	Gismondin, Yugawarasit, Stilbit, Brewstrerite, Stellerite.
400-600	Laumonite, Faujasit, Natrolit, Seolecit, Mesolit, Thomsonit, Gonnardite, Edingtonite.
> 600	Analsite, Erionite, Wairakit, Omega, Mazzite, Offretit, Charbasit, Mordenite, Klipnotilolit, Bikitait, A, X, Y, L, ZSM-5

3.1.3 Aplikasi Zeolit

Zeolit mempunyai kegunaan bermacam ragam, seperti pemantap tanah dibidang pertanian, penjernih air, penjernih limbah, pakan ternak, dll. Untuk lebih jelas pemanfaatan zeolit adalah sebagai berikut:

1. Bidang pertanian dan perkebunan

Berdasarkan kepada Kapasitas Pertukaran Kation dan retensivitas terhadap air yang tinggi, zeolit sekarang ini telah banyak digunakan untuk memperbaiki sifat tanah, terutama tanah yang banyak mengandung pasir (kandungan lempung sedikit) dan tanah podzolik. Fungsi zeolit disini adalah sebagai bahan pemantap tanah (soil conditioner) , yaitu sebagai pembawa pupuk (*fertilizer carrier*), pengontrol pelepasan ion NH_4^+ dan K^+ (*slow release fertilizer*) dan sebagai pengontrol cadangan air.

2. Bidang Peternakan

Dalam bidang ini , zeolit telah digunakan secara komersial terutama di negara-negara Eropa dan Jepang. Di Indonesia Zeolit telah digunakan sebagai imbuhan makanan ternak domba dan sapi hingga sekarang ini masih dalam tahap penelitian. Penggunaan Zeolit dalam bidang peternakan didasarkan kepada dua sifat zeolit yang penting, yaitu:

- a. Kapasitas pengikat ion NH_4^+ yang berasal dari ammonia sangat besar.
- b. Afinitas zeolit terhadap ion-ion yang bersifat racun.

3. Bidang Perikanan

Zeolit berfungsi sebagai pengontrol kandungan ion NH_4^+ didalam air. Pada umumnya ion ini berasal dari kotoran ikan dan sisa-sisa makanan yang telah membusuk. Dengan pemberian zeolit, pada ruangan yang sama jumlah ikan yang dapat dipelihara lebih banyak. Sebagai contoh , ikan salmon sekitar 30.000 ekor dapat dipelihara dalam suatu kobongan disungai yang kandungan ion NH_4^+ tetap terkontrol pada 0,05 ppm dengan pemberian zeolit setiap 6-8 hari.

4. Pemanfaatan Zeolit dalam bidang Tambak udang

Tambak yang memakai zeolit memberikan hasil nilai kelangsungan hidup udang yang jauh lebih baik dari pada yang tidak memakai zeolit. Tambak yang tidak memakai zeolit mempunyai nilai kelangsungan hidup hanya 32,9 % , sedangkan tambak yang memakai zeolit 12 ppm mempunyai nilai 90,1% dan tambak yang memakai zeolit yang disesuaikan dengan pertumbuhan berat badan udang, mempunyai nilai kelangsungan hidup 78,3%.

5. Bidang pengolahan air

Tahapan proses pengolahan air meliputi proses netralisasi , flokulasi /koagulasi, sedimentasi , dan filtrasi. Dalam pengolahan air , zeolit digunakan dalam tahap tersier , yakni untuk mengolah air yang sudah jernih dengan kandungan logam berat yang tidak terlalu tinggi.

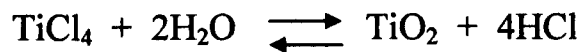
6. Bidang pengolahan limbah

Zeolit yang telah diaktifkan mampu meredam / menurunkan kandungan logam Fe , Mn, Zn, dan Pb yang terdapat dalam air tanah . Selain itu juga mampu menurunkan kandungan amoniak dalam air buangan.

3.2 Titanium

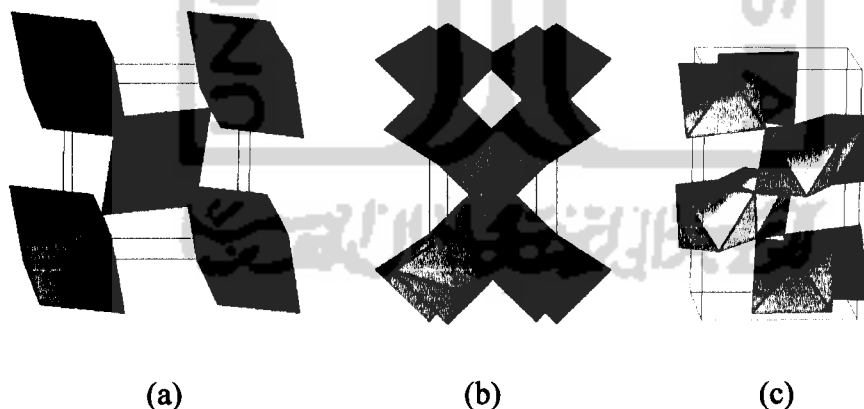
Titanium relatif melimpah dalam kulit bumi (0,6%). Titanium lebih ringan daripada logam lain yang sifat-sifat mekanik dan termalnya serupa, dan luar biasa tahan terhadap korosi. Ia digunakan dalam mesin turbin dan zat kimia industri, pesawat terbang serta peralatan kelautan. Ia tidak diserang oleh asam dan basa lemah. Titanium mempunyai struktur elektron $3d^3 4s^2$. Energi untuk mengeluarkan

empat elektron begitu besar, sehingga Ti^{4+} tidak bisa ada dan senyawaan titanium (IV) adalah kovalen (Cotton dkk, 1989). Titanium tertraklorida merupakan cairan yang tidak berwarna (titik didih 136°C) mempunyai bau menusuk, berasap dengan kuat dalam udara basah dan terhidrolisis secara kuat tetapi tidak keras oleh air.



Dengan kurangnya air, atau pada penambahan TiCl_4 kepada larutan aqua HCl , terbentuk spesies-spesies yang terhidrolisis sebagian.

Titanium oksida mempunyai tiga bentuk kristal yaitu rutil, anatase dan brookite semuanya berada dialam. Dioksida yang dalam jumlah besar digunakan sebagai pigmen putih dalam cat dibuat melalui oksidasi TiCl_4 dalam fase uap dengan oksigen. Endapan yang diperoleh melalui penambahan OH^- kepada larutan Ti^{4+} paling baik dianggap sebagai TiO_2 hidrat, bukan hidroksida sejati. Materi ini bersifat amfoter dan larut dalam NaOH pekat (Cotton dkk, 1989).



Gambar 2 : Struktur kristal TiO_2 (a) rutil (b) anatase dan (c) brookite

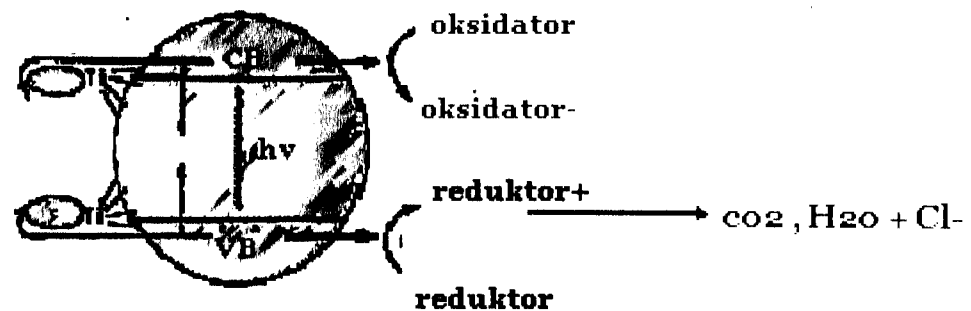
Dari gambar diatas tampak jelas perbedaan kedua struktur yang berakibat pada perbedaan masa jenis, luas permukaan dan sisi aktifnya. Perbedaan struktur kristal

tersebut juga mengakibatkan perbedaan tingkat energi struktur pita elektroniknya. Tingkat energi hasil hibridisasi yang berasal dari kulit 3d titanium bertindak sebagai pita konduksi, sedangkan tingkat energi hasil hibridisasi dari kulit 2p oksigen bertindak sebagai pita valensi (Gunlazuardi, 2001).

3.3 Fotokatalis

Fotokatalis adalah zat yang mempercepat reaksi dengan bantuan cahaya. Reaksi fotokatalis dikembangkan berkaitan dengan fenomena fotokatalis pada makhluk hidup yaitu proses fotosintesis. Reaksi fotokatalis dikembangkan dalam kimia berkaitan dengan beberapa reaksi yang dapat dipacu dengan reaksi oksidasi reduksi salah satunya adalah reaksi fotodegradasi. Reaksi fotodegradasi adalah sebutan untuk reaksi peruraian suatu senyawa pada permukaan semikonduktor dengan bantuan sinar matahari foton. Selain oleh karakter fisika fotokatalis, keberhasilan proses fotodegradasi ditentukan oleh beberapa faktor meliputi tipe, bentuk dan praperlakuan semikonduktor, jenis sumber radiasi dan intensitas radiasi, konsentrasi reaktan dan temperatur, pH suspensi serta konsentrasi katalis. Pada fotodegradasi logam berat dalam sistem air, faktor lain yang mempengaruhi adalah potensial elektroda logam.

Mekanisme yang menggambarkan efek fotokatalitik dari TiO_2 dapat diamati pada gambar 3 (Hoffman dkk., 1995).



Gambar 3. Mekanisme Fotokatalitik

Gambar 3 menggambarkan tahapan utama mekanisme fotokatalitik yang meliputi:

1. Pembentukan pembawa muatan oleh foton: jika suatu semikonduktor fotokatalis dikenai suatu energi foton $h\nu$, maka elektron pada pita valensi akan tereksitasi kedalam pita konduksi (e_{cb}^-) sambil meninggalkan lubang (*hole*) pada pita valensi (h_{vb}^+).
2. Rekombinasi pembawa muatan: elektron pada pita konduksi (e_{cb}^-) dan lubang pada pita valensi (*hole*) akan bergabung dan menghasilkan energi panas.
3. Inisiasi reaksi oksidasi oleh lubang pada pita valensi (h_{vb}^+): yang akan bereaksi dengan substrat atau reduktor.
4. Inisiasi reaksi reduksi oleh elektron pada pita konduksi (e_{cb}^-): yang akan bereaksi dengan oksidator, yaitu oksigen.
5. Reaksi fotoreduksi terkatalis dan reaksi termal lanjutan (reaksi dengan oksigen aktif) akan menghasilkan gas CO_2 atau zat-zat mineral.
6. Penjebakan (*trapping*) elektron pada pita konduksi (e_{cb}^-) ke dalam ikatan *Dangling* pada permukaan membentuk Ti (III).

7. Penjebakan (*trapping*) lubang pada pita valensi (h_{vb}^{+}) ke dalam gugus titanol pada permukaan.

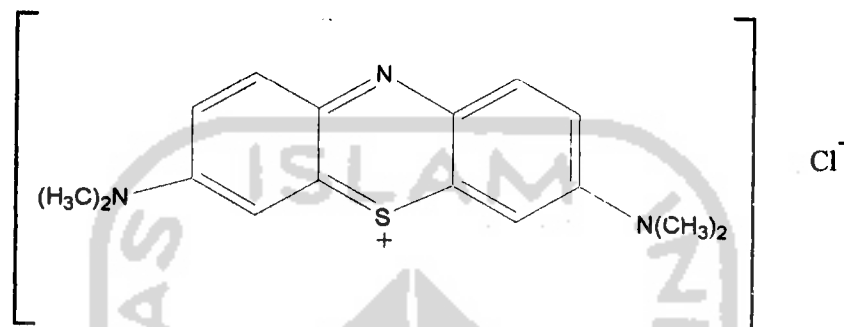
Kemampuan suatu semikonduktor sebagai fotokatalis ditunjukkan oleh harga E_g . Harga E_g yang semakin besar menunjukkan fotoaktivitas yang makin tinggi. Harga E_g akan semakin meningkat seiring dengan semakin turunnya ukuran partikel (Brush, 1984).

Beberapa penelitian mengungkap bahwa dispersi logam semikonduktor pada padatan pengemban menghasilkan kinerja yang lebih baik diantaranya dilaporkan Canizares dkk (1999). Dispersi meliputi pilarisasi oksida logam pada struktur lempung sehingga dihasilkan luas permukaan katalis yang besar dan efektifitas efek semikonduktor yang meningkat. Pengembangan teknik dispersi oksida logam pada bahan material sangat diperlukan untuk kepentingan tersebut.

3.4 Metilen Biru

Metilen biru menurut Merck Indeks (Strecher, dkk., 1968) merupakan senyawa yang berwarna hijau kehitaman, memiliki absorpsi maksimum pada panjang gelombang 678,6093 Å. Satu gram metilen biru terlarut dalam 25 mL air, sekitar 65 mL alkohol, senyawa ini berbentuk padatan dalam kloroform. Metilen biru akan membentuk garam rangkap dengan garam-garam anorganik. Penggunaannya adalah sebagai pewarna pada bidang bakteriologi serta sebagai reagen beberapa senyawa kimia, pada identifikasi campuran digunakan sebagai indikator oksidasi-reduksi.

Penggunaan pada bidang kesehatan, metilen biru digunakan sebagai antiseptik, agen antimethemoglobin dan juga sebagai penangkal racun sianida. Struktur dari metilen biru dapat ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4. Struktur metilen biru

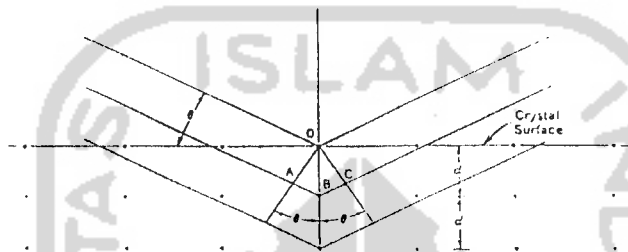
3.5 Karakterisasi Zeolit

3.3.1 Metode Difraksi Sinar-X

Metode spektrometri sinar X, yaitu: metode analisis yang didasarkan pada interaksi antara materi dengan radiasi elektromagnetik sinar-X. Difraksi sinar-X merupakan salah satu jenis spektroskopi sinar-X. Dasar analisis metode difraksi sinar-X adalah pengukuran radiasi sinar-X yang terdifraksi oleh bidang kristal.

Sinar-X merupakan radiasi elektromagnetik dengan panjang gelombang 0,5-2,5 Å dan energi sebesar $\pm 10^7$ eV. Hanya dapat digunakan untuk menganalisis padatan kristal (Wahyuni, 2003). Difraksi sinar-X merupakan alat analisis utama dalam mengidentifikasi zat atau material padatan seperti zeolit maupun lempung. Hampir setiap kristal mempunyai jarak antar atom atau jarak bidang kristal yang ukurannya hampir sama dengan panjang gelombang sinar-X (Tan, 1982).

Jika seberkas elektron ditembakkan pada logam target oleh energi potensial yang tinggi maka elektron pada kulit atom yang terdalam akan terlempar keluar sehingga terjadi kekosongan. Kekosongan ini akan diisi oleh elektron pada kulit yang lebih luar sambil memancarkan energi yang disebut sinar-X. Spektrum sinar-X terdiri dari spektrum kontinyu dan diskrit (Wahyuni, 2003).



Gambar 5. Difraksi *X-Ray*

Menurut hipotesis Laue : jika sinar-X dengan panjang gelombang yang sebanding jarak antara bidang kristal (d) maka akan didifraksi oleh bidang kristal tersebut. Untuk memperoleh suatu difraksi, sinar-X yang dipantulkan oleh atom-atom dalam kristal harus dikuatkan pada suatu arah tertentu. Penguatan pada sinar-X dipantulkan menjadi kuantitatif bila hukum Bragg dipatuhi. Hukum Bragg dapat didefinisikan sebagai berikut : (West, 1984)

$$n \lambda = 2 d \sin \theta$$

dimana : d = jarak antara bidang atom dalam kristal ($\text{\AA}$)

λ = panjang gelombang (nm)

θ = sudut pantul difraksi ($^\circ$)

n = tingkat difraksi

Komponen-komponen pokok dari alat difraksi sinar-X meliputi: (1) Tabung reaksi yang merupakan tempat produksi sinar-X. (2) Goniometer yang bergerak memutar selama alat dioperasikan, (3) Tempat sampel, (4) Detektor gas, berisi gas yang sensitif terhadap sinar-X, katoda dan anoda. (5) *Recorder* untuk menampilkan keluaran yang berupa pola difraksi atau difatogram (Wahyuni, 2003).

Metode difraksi sinar-X serbuk (X-RD) merupakan metode penting bagi karakterisasi kualitatif dan kuantitatif zeolit. Alasan yang melatarbelakangi antara lain:

1. Teknik ini sangat sederhana dan zeolit terutama terdapat sebagai kristal-kristal kecil sehingga teknik kristal tunggal tidak dapat diterapkan.
2. Metode ini memberikan informasi penataan jangkauan panjang kemurnian fasa, perubahan-perubahan parameter kisi dengan perubahan komposisi.
3. Metode ini memungkinkan untuk mendapatkan efek orientasi yang lebih diinginkan, patron-patron difraksi indeks sama baiknya untuk mengevaluasi efek latar dan pelebaran garis.

Patron X-RD merupakan plot intensitas berkas terdifraksi yang menyatakan indeks Miller (hkl) sebagai fungsi 2θ . Zeolit merupakan mikro kristal dan X-RD hanya bermanfaat jika serbuk merupakan kristal.

3.3.2 Analisis Luas Permukaan dengan BET

Sifat permukaan zat padat berpori sangat erat kaitannya dengan kemampuan suatu padatan sebagai katalis atau sebagai adsorben. Pengukuran

sifat-sifat permukaan padatan berpori merupakan bagian yang sangat penting pada setiap karakterisasi padatan.

Metode yang digunakan untuk menentukan luas permukaan material berpori adalah kurva jumlah gas yang diadsorb pada permukaan padatan sebagai fungsi tekanan gas pada T tetap, sehingga sering disebut dengan adsorpsi isoteris. Persamaan adsorpsi isoteris yang sering digunakan pada permukaan padatan adalah persamaan yang diusulkan oleh Brunauer, Emmet dan Teller (BET).

Menurut teori BET molekul-molekul paling atas dari susunan molekul teradsorpsi berada dalam keadaan kesetimbangan dinamis dengan uap. Oleh karena itu lokasi sesungguhnya dari bagian permukaan yang tertutupi oleh satu, dua atau lebih lapisan adsorbat dapat bervariasi tetapi molekul dari tiap lapisan dapat dianggap konstan. Persamaan BET dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\frac{1}{W(P_0/P)} = \frac{1}{W_m C} + \frac{C-1}{W_m C} (P/P_0)$$

dimana : W = berat gas teradsorpsi pada tekanan relatif P/P⁰ (gram)

W_m = berat adsorbat pada lapisan tunggal (gram)

C = konstanta BET

P⁰ = tekanan uap jenuh adsorpsi (mmHg)

P = tekanan gas (mmHg)

3.3.3 Metode Analisis Pengaktifan Netron (APN)

Analisis kimia untuk menentukan jumlah kandungan Ti yang terdapat dalam zeolit terpillar dengan menggunakan metode Analisis Pengaktifan Neutron

(APN) yang merupakan analisis unsur yang didasarkan pada pengukuran aktivitas imbas yang terbentuk bila sampel disinari neutron dalam reaktor inti. Berdasarkan keaktifan imbas dinyatakan dalam persamaan berikut (Simpén, 2001) :

$$A_t = A_0 \cdot e^{-0,693 \, t/T}$$

dimana : A_t = aktivitas imbas pada saat pengukuran (cacah / detik)

A_0 = aktivitas imbas pada nuklida radioaktif saat radiasi (cacah / detik)

t = waktu radiasi (detik)

T = waktu paro nuklida radioaktif hasil radiasi (detik)

Aktivitas imbas (A) sebanding dengan jumlah unsur yang ada dan tidak tergantung pada keadaan kimia unsur tersebut. Untuk memudahkan perhitungan maka sampel disinari pada kondisi dan waktu yang sama dengan standar yang mengandung sejumlah unsur yang hendak ditentukan dalam jumlah yang telah diketahui dengan pasti. Untuk satu inti yang sama maka besarnya aktivitas imbas (A) yang terbentuk sebanding dengan berat unsur dalam sampel. Analisis pengaktifan neutron mewakili keunggulan yang sangat menonjol dimana teknik ini dapat digunakan untuk analisis unsur dalam konsentrasi yang sangat rendah, selektifitas yang tinggi dan bebas dari kontaminan laboratorium (Simpén, 2001).

Sampel yang diradiasi menghasilkan sinar gamma yang mengenai detektor pulsa. Pulsa yang diperoleh kemudian diproses secara elektronik dalam serangkaian alat-alat spektrometer gamma. Pulsa-pulsa tersebut akan dipilah-pilah sesuai dengan tingginya. Pulsa dengan tinggi tertentu akan dicatat cacahnya dalam saluran dengan nomer saluran tertentu dan hasil pencacahan akan terlihat pada layar penganalisis saluran. Puncak spektra yang dihasilkan dicatat, kemudian

dihitung dengan metode kuantitatif komperatif. Untuk menghitung kandungan Ti yang ada pada sampel digunakan persamaan :

$$K_c = \frac{Cps(sampel)}{Cps(s\ tan\ dar)} \times K_s$$

dimana : K_c = kadar sampel (% b/b)

K_s = Kadar standar (% b/b)

Cps sampel = laju cacah sampel yang dianalisis (cacah perdetik)

Cps standar = laju cacah standar (cacah per detik)

3.6 Uji Aktivitas dengan Spektrometri UV-Visible

Spektrofotometri adalah salah satu cabang analisis instrumental yang membahas segala sesuatu tentang interaksi sinar dan molekul. Analisis spektrofotometri adalah suatu metode kimia berdasarkan pengukuran seberapa banyak energi yang diabsorpsi oleh suatu zat sebagai fungsi panjang gelombang. Panjang gelombang untuk sinar UV adalah 190 - 380 nm dan sinar tampak adalah 380 - 780 nm.

Spektrofotometer UV-Vis adalah alat dari spektrofotometri UV-Vis. Spektrofotometer UV-Vis merupakan spektrofotometer yang dapat digunakan untuk mengukur serapan cahaya baik di daerah UV maupun di daerah sinar tampak. Jumlah cahaya yang diserap oleh suatu zat dalam larutan sebanding dengan konsentrasi zat dalam larutannya. Hubungan antara serapan cahaya dengan konsentrasi zat dalam larutan dinyatakan oleh persamaan Lambert-Beer berikut ini (Khopkar, 2002)

$$A = -\log T = a b c$$

dimana : A = absorbansi

T = transmitansi (%)

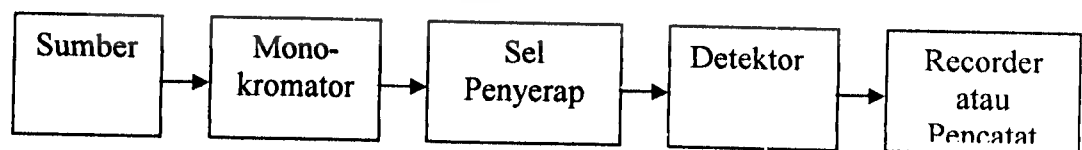
a = absorbtivitas molar ($\text{Lcm}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$)

b = tebal kuvet (cm)

c = konsentrasi zat yang menyerap sinar (mol/L)

Penentuan konsentrasi suatu senyawa dengan spektrofotometer, dilakukan dengan membandingkan kekuatan serapan cahaya oleh larutan contoh terhadap larutan standar yang telah diketahui konsentrasinya. Terdapat dua cara penentuan konsentrasi suatu zat dalam contoh yaitu cara kurva kalibrasi dan cara standar adisi. Pada cara yang pertama dibuat terlebih dahulu sederetan larutan standar, diukur serapannya, kemudian dibuat kurva kalibrasi antara konsentrasi terhadap serapan. Konsentrasi zat dalam contoh dapat ditentukan dengan mengukur serapannya kemudian ditentukan konsentrasinya dengan menggunakan kurva kalibrasi. Cara yang kedua dilakukan dengan menambahkan sejumlah larutan contoh yang sama ke dalam larutan standar (Sastrohamidjojo, 2001).

Diagram sederhana spektrofotometri UV-Visible adalah sebagai berikut :



Gambar 6. Diagram spektrofotometri UV-Visible (Sastrohamidjojo, 2001)

3.7 Hipotesis

Berdasarkan telaah pustaka dan didukung oleh beberapa teori, maka dapat ditarik suatu hipotesis sebagai berikut :

1. Semakin tinggi konsentrasi Ti maka semakin luas permukaan padatan dengan rerata pori semakin kecil dan semakin banyak kandungan Ti dalam zeolit.
2. Semakin tinggi konsentrasi oksida Ti (IV) yang teremban dalam zeolit maka jumlah metilen biru yang terdegradasi semakin meningkat.



BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan meliputi :

- a. Analisis Pengaktifan Neutron
- b. *Surface area analyzer* NOVA 1000
- c. Spektrofotometri UV-Visible merek HITACHI U 2010
- d. *X-Ray Diffraction* (XRD) merek Shimadzu XRD 6000
- e. Lampu UV dengan panjang gelombang 366 nm
- f. Alat kalsinasi
- g. Seperangkat alat gelas
- h. pH Universal Indikator
- i. Kertas Saring Whattman 40
- j. Timbangan
- k. Oven

Bahan yang digunakan meliputi :

- a. Zeolit alam asal wonosari
- b. TiCl_4 buatan E. Merck
- c. HCl buatan E. Merk
- d. Metilen biru buatan E. Merck
- e. Aquades buatan laboratorium kimia analitik UGM

4.2 Cara Kerja

Penelitian ini dilakukan dengan metoda pertukaran ion, yaitu dengan menggunakan larutan TiCl_4 . Sebelum proses pertukaran ion logam terhadap zeolit, terlebih dahulu dilakukan karakterisasi zeolit. Karakterisasi zeolit ditentukan dengan pengukuran luas permukaan spesifik dan kristalinitas.

4.2.1 Preparasi Sampel

Preparasi dilakukan dengan cara pencucian sampel zeolit menggunakan aquadest, kemudian dikeringkan dalam *oven* pada temperatur 120°C .

4.2.2 Pertukaran Ion

Langkah awal pertukaran ion pada zeolit adalah pembuatan larutan oligomer titan sebanyak 100 mL dengan hidrolisis garam TiCl_4 dengan bantuan asam klorida (HCl) 3 M sebanyak 20mL. Kemudian dilakukan pengadukan selama 5 hari. Ti-zeolit dibuat dengan cara mencampurkan larutan oligomer titan dengan zeolit alam hasil preparasi sebanyak 25 gram sedikit demi sedikit dan pengadukan menggunakan stirer selama 24 jam. Pada tahapan ini akan dilakukan variasi konsentrasi logam Ti. Zeolit yang telah diaktivasi ini diberi kode antara lain: $\text{TiO}_2\text{-Z1}$ (zeolit yang mengandung TiCl_4 0,1 M), $\text{TiO}_2\text{-Z2}$ (zeolit yang mengandung TiCl_4 0,2 M) dan $\text{TiO}_2\text{-Z4}$ (zeolit yang mengandung TiCl_4 0,4 M). Proses pertukaran ion dilanjutkan dengan penyaringan dan pencucian dengan aquadest hingga netral dan bebas dari ion klorida (Cl^-). Ion klorida dideteksi dengan cara meneteskan larutan AgNO_3 . Pencucian dilakukan sampai kristal zeolit menunjukkan test negatif terhadap AgNO_3 yaitu tidak terbentuk lagi endapan putih AgCl . Zeolit yang diperoleh disaring dan dikeringkan dalam *oven*.

Sampel Ti-zeolit yang telah kering dikalsinasi pada temperatur 400°C dengan aliran gas O₂ selama 4 jam dan gas N₂ selama 2 jam. Hasil preparasi ini kemudian disebut TiO₂-zeolit.

4.2.3 Karakterisasi Katalis Hasil Sintesis

Katalis hasil sintesis diamati parameter fisiknya meliputi besarnya kristalinitas padatan menggunakan XRD, luas permukaan padatan menggunakan *surface areameter* dan analisis kandungan logam menggunakan Analisis kandungan logam Ti menggunakan Analisis Pengaktifan Netron (APN). Dari hasil karakterisasi akan diamati pengaruh konsentrasi logam serta temperatur kalsinasi terhadap parameter fisik katalis serta identifikasi beberapa faktor yang mempengaruhi penampilan fisik katalis.

4.2.4 Uji Aktivitas Katalis pada Fotodegradasi Biru Metilena

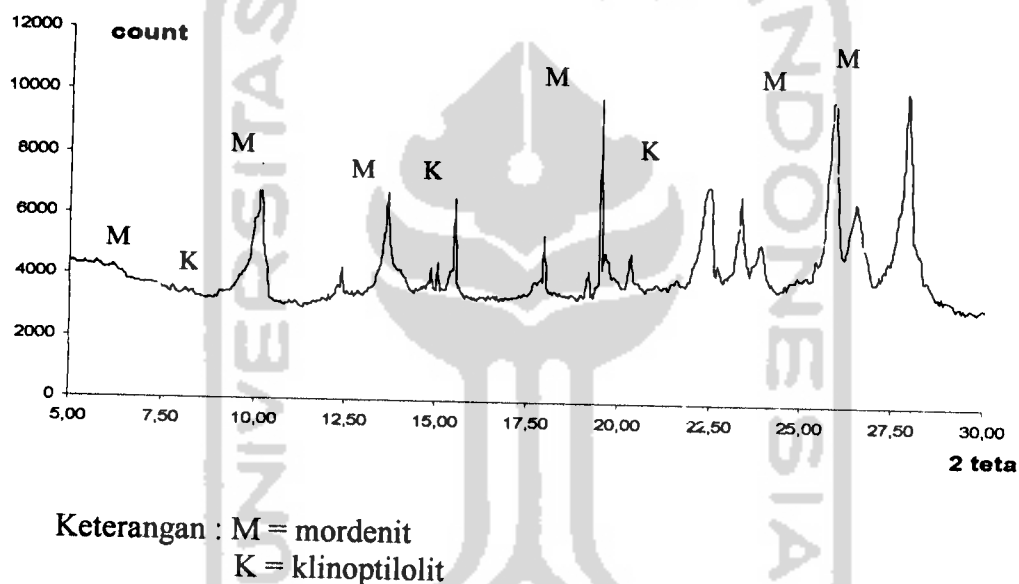
Uji aktivitas dilakukan dengan cara memasukkan 0,5 gram TiO₂-zeolit kedalam 10 mL metilen biru 1mg/L kemudian diaduk dengan *stirer* selama 5 menit, ditutup dengan plastik hitam dan diekspos dengan penyinaran UV pada panjang gelombang 366 nm selama 2 jam. Kemudian disaring dan diukur absorbansinya pada panjang gelombang 664 nm.

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Karakterisasi Zeolit Alam

Karakteristik awal zeolit alam dilakukan dengan menggunakan *X-ray Diffraction* (XRD). Hasil identifikasi menggunakan XRD menghasilkan difraktogram seperti pada Gambar 7.



Gambar 7. Difraktogram Zeolit Alam

Dari difraktogram terlihat bahwa sampel mempunyai puncak pada $2\theta = 6,51^\circ$ ($d = 13,58 \text{ \AA}$) dan $2\theta = 25,63^\circ$ ($d = 3,976 \text{ \AA}$) yang merupakan daerah karakteristik mineral mordenit alam dengan intensitas yang cukup berarti. Pada $2\theta = 19,5^\circ$ menunjukkan intensitas yang paling besar merupakan mineral penyusun utama mordenit. Hal ini menunjukkan bahwa zeolit alam yang diteliti sebagian besar tersusun atas mineral mordenit. Puncak-puncak lain yang menunjukkan

kandungan mordenit adalah $2\theta = 9,77^\circ$; $26,25^\circ$; $27,68^\circ$. Selain adanya puncak karakteristik dari mineral mordenit, beberapa puncak menunjukkan kandungan mineral lain yaitu adanya puncak spesifik klinoptilolit pada $2\theta = 9,88^\circ$ ($d = 8,96 \text{ \AA}$) $2\theta = 11,19^\circ$ ($d = 7,91 \text{ \AA}$) ; $2\theta = 22,36^\circ$ ($d = 3,98 \text{ \AA}$) dan $2\theta = 22,50^\circ$ ($d = 3,95 \text{ \AA}$).

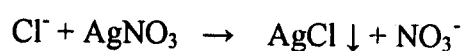
5.2 Pertukaran Ion Zeolit

Zeolit alam dapat dimanfaatkan untuk penyerap dan penukar ion, namun demikian kemurnian bahan alam ini sangat rendah untuk langsung digunakan. Telah dilaporkan bahwa kapasitas adsorpsi zeolit alam relatif rendah karena banyaknya pengotor yang menutup permukaan aktif pada kerangka zeolit tersebut (Dyer, 1988). Aktivasi dilakukan untuk membersihkan pori-pori dan permukaan zeolit dari kation-kation pengotor didalamnya. Beberapa teknik aktivasi telah dilakukan untuk meningkatkan mutu zeolit alam, salah satunya yaitu dengan mengembangkan ion titanium (Ti^{4+}) kedalam zeolit, yang dilakukan dengan cara :

1. Pembuatan larutan oligomer titan, yaitu tahap pembuatan polioksokation titanium yang dipakai sebagai penukar ion. Larutan oligomer titan dibuat dengan hidrolisis garam TiCl_4 dengan bantuan asam klorida (HCl) 3 M. Menurut Manku (1984) dan Cotton (1999) menyatakan bahwa Ti (IV) akan berada dalam bentuk kation polihidroksi $[\text{TiO}_8(\text{OH})_{12}]_4^+$ pada kondisi larutan HCl dengan konsentrasi kurang dari 12 M. Larutan oligomer titan didiamkan sambil diaduk selama 5 hari agar ion Ti yang diharapkan dapat benar-benar optimal terbentuk.

2. Proses pertukaran kation, yaitu tahapan yang dilakukan dengan memasukkan zeolit kedalam larutan oligomer titan, kation yang dipertukarkan akan berinteraksi. Pada tahap ini polioksokation (larutan oligomer titan) menggantikan posisi kation-kation pengotor (seperti Na^+ , Mg^{2+} dan lain-lain) yang ada didalam zeolit. Pertukaran kation ini dapat terjadi karena ikatan kation-kation pengotor yang ada didalam zeolit relatif lemah. Reaksi ini dapat terjadi karena kation Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} dan lain-lain tidak terikat kuat sehingga mudah digeser atau ditukar oleh ion Ti (Ti^{4+}). Ion ini memiliki ukuran ion yang lebih besar daripada kation-kation pengotor, sehingga dari pertukaran ini diperoleh bahan yang memiliki luas permukaan yang lebih besar dari zeolit alam. Reaksi ini berlangsung pada temperatur kamar, sebab pada prinsipnya reaksi ini hanya melibatkan reaksi pertukaran kation tanpa adanya pemutusan ikatan kimia. Larutan oligomer titan yang diaduk bersama dengan sampel zeolit, akan berdifusi dengan cepat kedalam zeolit.

Tahapan akhir dari proses ini adalah pencucian terhadap ion klorida (Cl^-), agar ion tersebut tidak memberikan kontribusi pengaruh terhadap kerja TiO_2 -zeolit. Pencucian dilakukan dengan aquadest hingga benar-banar bebas dari ion klorida (Cl^-) yang dibuktikan dengan uji menggunakan AgNO_3 . Tes negatif terhadap ion klorida (Cl^-) ditunjukkan dengan tidak terbentuk endapan putih AgCl . Sebagaimana reaksi berikut :



Setelah itu dilakukan tahap proses kalsinasi.

3. Sebelum proses kalsinasi, dilakukan proses pembentukan oksida titanium dengan cara oksidasi, yaitu dengan mengalirkan gas O_2 kedalam kerangka zeolit yang telah mengadsorpsi ion titanium (Ti^{4+}) dan menaikkan suhu secara perlahan selama 4 jam hingga mencapai suhu $\pm 400^\circ C$. Oksidasi titanium terbentuk dalam kerangka zeolit melalui proses pertukaran kation, oksidasi dan dehidrasi. Fungsi oksidasi yaitu untuk menghilangkan senyawa-senyawa organik yang terdapat dalam zeolit dan menjadikan titanium (IV) membentuk oksida Ti (TiO_2) terdispersi pada rongga.

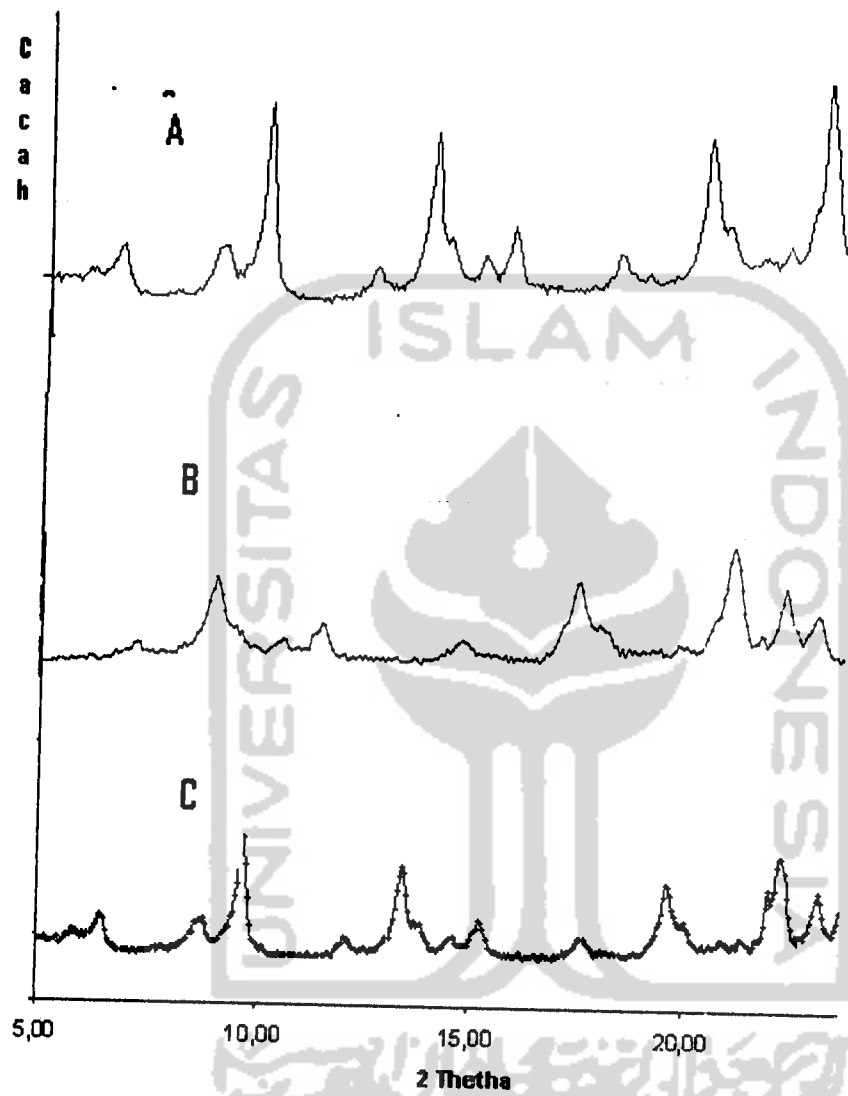
Proses kalsinasi, yaitu tahapan pemanasan sampel dengan temperatur tertentu menggunakan aliran gas N_2 . Kalsinasi terhadap zeolit bertujuan untuk memperbaiki kekeristalan dan menghilangkan pengotor organik pada bahan untuk TiO_2 -zeolit meningkatkan kemampuan TiO_2 -zeolit sebagai katalis. Molekul-molekul air yang terperangkap pada pori-pori struktur zeolit teruapkan sehingga membuka pori zeolit dan oksida logam stabil. Pada proses kalsinasi temperatur yang digunakan pada penelitian ini adalah $400^\circ C$. Menurut Trisunaryati (1986) bila suatu padatan dikalsinasi pada temperatur tertentu maka padatan tersebut akan terdekomposisi menjadi padatan lain dan gas. Jika pemanasan dilakukan dengan waktu dan temperatur yang tepat, maka akan dihasilkan produk aktif dan kenaikan luas permukaan.

5.3 Karakterisasi TiO₂-Zeolit

Untuk mengetahui keberhasilan sintesis TiO₂-zeolit, dilakukan analisis terhadap beberapa karakter fisika padatan meliputi identifikasi mineral dengan *X-Ray Diffraction* (XRD), analisis luas permukaan dengan cara adsorpsi gas N₂ (alat *BET surface area analyzer*) dan analisis kandungan Ti menggunakan metode Analisis Pengaktifan Netron (APN).

5.3.1 Identifikasi dengan Difraksi Sinar X

Hasil analisis XRD disajikan pada Gambar 8. Dari difraktogram Gambar 8 terlihat adanya puncak karakteristik pada 2θ tertentu dengan intensitas yang relatif tajam dan tinggi. Harga-harga 2θ tersebut digunakan untuk menentukan harga jarak kisi kristal (d). Harga d sampel dari sampel zeolit teraktivasi yang disajikan pada Gambar 8 selanjutnya dibandingkan dengan data standar dan didapat jenis mineral yang karakteristik untuk harga d tersebut. Harga d , intensitas difraksi dan jenis mineral dari sampel TiO₂-Z1 (zeolit yang mengandung TiCl₄ 0,1 M), TiO₂-Z2 (zeolit yang mengandung TiCl₄ 0,2 M) dan TiO₂-Z4 (zeolit yang mengandung TiCl₄ 0,4 M) disajikan pada Tabel 2.



Gambar 8. Difraktogram TiO_2 -zeolit dalam berbagai variasi konsentrasi Ti
A. Konsentrasi Ti^{4+} 0,1 M
B. Konsentrasi Ti^{4+} 0,2 M
C. Konsentrasi Ti^{4+} 0,4 M

Tabel 2. Harga 2θ , d , intensitas difraksi dan jenis mineral sampel zeolit

Sampel	2θ ($^{\circ}$)	d ($\text{\AA}$)	I	Jenis
TiO ₂ -Z1	6,510	13,566	4404	mordenit
	9,784	9,032	17580	mordenit
	22,33	3,978	23592	klinoptilolit
TiO ₂ -Z2	6,500	13,587	5097	mordenit
	9,807	9,011	13527	mordenit
	22,283	3,986	25901	klinoptilolit
TiO ₂ -Z4	6,417	13,763	4997	mordenit
	9,698	9,113	14612	mordenit
	22,25	3,992	12405	klinoptilolit

Dari Tabel 2 terlihat bahwa pola difraksi pada TiO₂-Z1, TiO₂-Z2 dan TiO₂-Z4 dibandingkan dengan pola difraksi zeolit alam yang ada terlihat bahwa puncak-puncak difraktogram yang tajam pada sudut difraksi (2θ) seperti pada Tabel 2 adalah karakteristik untuk jenis mineral campuran mordenit dan klinoptilolit.

Selama proses pertukaran ion, zeolit sintesis dapat mengalami kerusakan struktur atau kehilangan sebagian kristalinitasnya (Wahyuni, dkk., 2001). Untuk mengetahui pengaruh pertukaran ion Ti (IV) terhadap struktur zeolit alam diamati kristalinitas zeolit. Hal ini terbukti, dari Tabel 3 dan Gambar 8 dapat terlihat bahwa zeolit alam mordenit mengalami kerusakan struktur selama proses pertukaran ion, yang ditunjukkan dengan menurunnya intensitas mineral mordenit pada $2\theta = 6,50$. Kerusakan tersebut dapat disebabkan oleh pH larutan yang relatif rendah, suhu dehidrasi yang tinggi atau oleh kation penukar yang berinteraksi dengan struktur zeolit. Apabila ion Ti (IV) yang dianggap sebagai faktor

penyebab, maka kenaikan konsentrasi ion Ti (IV) dapat meningkatkan kerusakan struktur zeolit, namun tidak demikian pada hasil analisis ini, sebagaimana data yang disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Tabel Kristalinitas Sampel

Sampel	2 θ	I	Kristalinitas relatif * (%)
Zeolit alam	6,50	4021	100
TiO ₂ -Z1	6,50	2478	61,63
TiO ₂ -Z2	6,50	2486	61,83
TiO ₂ -Z4	6,50	2578	64,11

*) Relatif terhadap zeolit alam

Berdasarkan tabel diatas menunjukkan bahwa kristal zeolit menurun akibat adanya proses aktivasi. Hasil analisis menunjukkan kristalinitas dari sampel TiO₂-zeolit dengan variasi konsentrasi logam titanium masing-masing sebesar 61,63 % untuk TiO₂-Z1; 61,83 % untuk TiO₂-Z2 dan 64,11 % untuk TiO₂-Z4. Penurunan kristalinitas zeolit tersebut dikarenakan adanya interaksi yang kuat antara ion Ti (IV) dengan kerangka zeolit yang mengakibatkan struktur zeolit rusak. Menurut Wahyuni (2001) semakin tinggi konsentrasi ion yang diembankan, maka jumlah ion yang berinteraksi dengan kerangka semakin banyak, sehingga ikatan antar atom-atom kerangka khususnya atom "Al" yang terdapat pada kerangka non zeolit akan rusak. Putusnya ikatan tersebut dapat menghasilkan spesies padatan amorf Al(OH)₃ maupun ion terlarut Al³⁺, yang mengakibatkan kerusakan struktur zeolit.

Pola difraksi sinar-X tidak hanya memberikan keterangan jenis mineral, akan tetapi juga tentang bentuk kristal TiO_2 yang terdapat didalam zeolit. Berdasarkan data XRD pada lampiran 2, 3 dan 4 disesuaikan dengan intensitas relatif standar terlihat bahwa bentuk TiO_2 yang terdapat dalam zeolit aktivasi adalah campuran antara bentuk anatase yang ditunjukkan adanya puncak pada $d = 3,517$; $3,538$ dan $3,531$ dan rutile pada $d = 3,252$; $3,2699$; $2,488$; dan $2,484$. Munculnya luas puncak mengidentifikasi bahwa TiO_2 terbanyak berada dalam bentuk amorphous dengan jumlah kecil anatase dan rutile terdapat dalam campuran tersebut. Bentuk anatase dan rutile dari masing-masing sampel disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Tabel Identifikasi Data Hasil XRD Identifikasi TiO_2

Sampel Zeolit	d	I	Bentuk TiO_2
$\text{TiO}_2\text{-Z1}$	3,517	6203	Anatase
	3.252	1600	Rutile
	2,488	9550	Rutile
$\text{TiO}_2\text{-Z2}$	3,531	7224	Anatase
	3.252	7119	Rutile
	2,484	9111	Rutile
$\text{TiO}_2\text{-Z4}$	3,538	8979	Anatase
	3,269	24775	Rutile
	2,496	11402	Rutile

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa ketiga sampel memiliki bentuk oksida yang sama. Random (2004) menyatakan kalsinasi pada temperatur sekitar $300\text{-}400^\circ\text{C}$

sebagian besar bubuk TiO_2 akan menjadi anatase atau bahkan rutile bila dikalsinasi pada temperatur yang lebih tinggi. Jumlah atau banyaknya anatase dan rutile dari masing-masing sampel berbeda-beda, hal ini disebabkan banyaknya gas O_2 dan N_2 yang diserap berbeda-beda pula. Walaupun dari ketiga sampel tersebut memiliki bentuk yang sama, namun memiliki sifat yang berbeda yang disebabkan adanya perbedaan pada luas permukaan, kemampuan menyerap dan fungsi-fungsi pada permukaan.

5.3.2. Analisis Luas Permukaan Zeolit

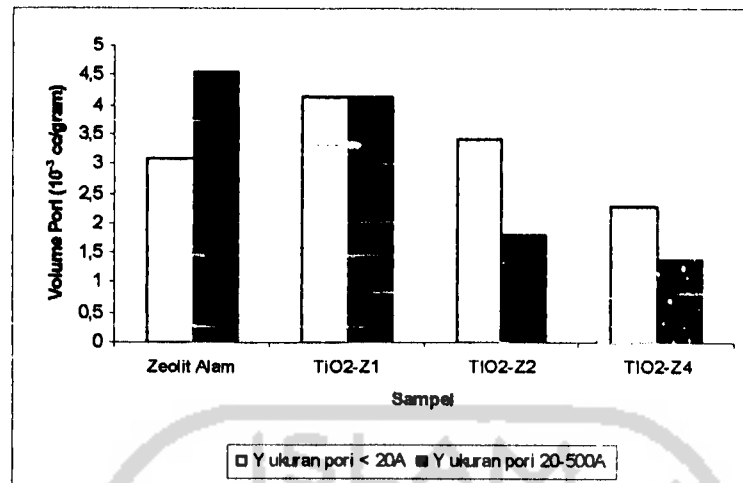
Data yang diperoleh dari hasil analisis adalah luas permukaan spesifik yang merupakan luas permukaan tiap gram katalis, volume pori total (mL/g) dan rerata jejari pori ($\text{\AA}$) yang merupakan parameter distribusi ukuran pori. Analisa ini dilakukan dengan metode adsorpsi nitrogen berdasarkan isotherm BET. Hasil pengukuran selengkapnya disajikan pada Tabel 5. Hasil analisis menunjukkan adanya perbedaan luas permukaan dan distribusi ukuran pori yang relatif sama pada sampel $\text{TiO}_2\text{-Z1}$, $\text{TiO}_2\text{-Z2}$ dan $\text{TiO}_2\text{-Z4}$.

Tabel 5. Hasil analisis luas permukaan zeolit

Katalis	Luas Permukaan Spesifik (m^2/g)	Volume Pori Total (ml/g)	Rerata Jejari Pori ($\text{\AA}$)
Zeolit alam	110,67	69,15	12,21
$\text{TiO}_2\text{-zeolit1}$	109,43	65,80	12,03
$\text{TiO}_2\text{-zeolit2}$	30,48	21,45	14,07
$\text{TiO}_2\text{-zeolit4}$	27,13	20,25	14,93

Secara teoritis luas permukaan pori dan volume pori erat hubungannya dengan distribusi ukuran pori, semakin banyak pori, volume pori akan semakin besar sehingga luas permukaan katalis akan semakin besar. Hal ini disebabkan karena bila padatan katalis mempunyai pori-pori yang banyak, maka jari-jari pori yang terkandung semakin kecil, akibatnya luas permukaannya semakin besar. Hal tersebut sesuai dengan hasil analisis. Dilihat dari konsentrasi Ti^{4+} yang dikandung, secara umum semakin besar konsentrasi ion penukar maka makin banyak jumlah ion yang dapat ditukarkan, sehingga diperoleh luas permukaan yang lebih besar, namun tidak demikian pada hasil analisis ini. Semakin besar konsentrasi Ti^{4+} , semakin kecil luas permukaan spesifik. Hasil analisis menunjukkan adanya perbedaan luas permukaan spesifik yang relatif berbeda pada kedua sampel dimana TiO_2 -Z2 dan TiO_2 -Z4 memiliki luas permukaan spesifik yang lebih kecil dibandingkan prosentase luas permukaan spesifik pada sampel TiO_2 -Z1. Hal ini disebabkan adanya logam Ti^{4+} pada sampel TiO_2 -zeolit yang menutupi pori.

Zeolit alam dan zeolit teraktivasi termasuk kedalam kelompok material mikropori dan mesopori, sebagaimana disajikan pada Gambar 9. Hal ini berdasarkan definisi IUPAC, materi berpori dibagi menjadi 3 klas, yaitu mikropori ($< 20 \text{ \AA}$), mesopori ($20 - 500 \text{ \AA}$) dan makropori ($> 500 \text{ \AA}$). Dari Gambar 9 dapat dilihat bahwa adanya pertukaran ion memberikan kontribusi terhadap penurunan luas permukaan spesifik yang disebabkan tertutupnya sebagian pori pada ukuran mikropori dan mesopori. Penurunan luas permukaan spesifik pada zeolit teraktivasi dipengaruhi oleh distribusi pertukaran ion yang tidak merata.



Gambar 9. Histogram distribusi pori zeolit

Berdasarkan gambar distribusi pori (Gambar 9) dapat dilihat bahwa adanya perbedaan distribusi ukuran pori yang relatif sama pada keempat sampel dimana pada range pengukuran $< 20,00 \text{ \AA}$ (mikropori) memiliki distribusi pori lebih dominan, kecuali pada zeolit alam dimana pada range yang sama memiliki distribusi pori lebih rendah daripada range pengukuran antara $20 - 500 \text{ \AA}$. Hal ini menunjukkan bahwa situs aktif lebih dominan di permukaan dalam (*internal surface*) sehingga molekul-molekul reaktan harus bermigrasi didalam pori untuk bertemu situs aktif. Dari ketiga sampel teraktivasi dengan ukuran pori yang sama pula, $\text{TiO}_2\text{-Z4}$ memiliki volume pori lebih kecil dan rerata jejari pori lebih besar.

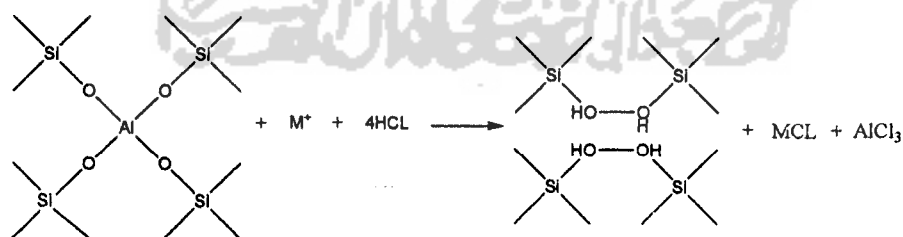
5.3.3 Analisis Unsur dengan Analisis Pengaktifan Netron (APN)

Karakteristik TiO_2 -zeolit yang dihasilkan dapat pula dipelajari dengan melakukan analisa kandungan logam Ti dengan menggunakan analisis pengaktifan netron (APN). Hasil analisis disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Analisis Kandungan Ti dengan APN

Sampel	Kandungan Ti Teoritis (%) (b/b)	Kandungan Ti (%) (b/b)
TiO ₂ -Z1	1,916	2,692
TiO ₂ -Z2	3,832	2,805
TiO ₂ -Z4	7,664	2,562

Hasil analisis menunjukkan kandungan Ti dalam sampel zeolit dengan variasi konsentrasi Ti menghasilkan kadar Ti yang berbeda. Banyaknya Ti yang terkandung pada sampel TiO₂-Z1 (2,692 %) lebih besar daripada kandungan Ti secara teoritis yaitu sebesar (1,916% (b/b)). Ketidaksesuaian konsentrasi Ti dalam sampel TiO₂-Z1 dengan kandungan Ti teoritis kemungkinan dipengaruhi oleh adanya dekomposisi mineral modernit selama proses pertukaran ion sehingga terjadi penurunan kadar alumina (dealuminasi) dan menyebabkan prosentase kandungan logam Ti dalam TiO₂-Z1 lebih besar dari Ti teoritis. Reaksi dealuminasi sebagaimana gambar dibawah :

**Gambar 10.** Proses penyerangan ion H⁺ terhadap sisi tetrahedral alumina di dalam kerangka zeolit

Sedangkan ketidaksesuaian kandungan Ti teoritis dengan Ti pada TiO₂-Z2 dan TiO₂-Z4 dikarenakan zeolit memiliki kapasitas pertukaran kation pada kisaran

tertentu. Hal ini pula yang menyebabkan kadar Ti pada kedua sampel tidak jauh berbeda, padahal perbedaan konsentrasi Ti^{4+} yang dipakai cukup besar.

5.4 Uji Aktivitas Fotokatalitik TiO_2 -Zeolit

a. Pembuatan Kurva Kalibrasi

Analisis kuantitatif larutan sampel yang akan diukur tidak dapat ditentukan langsung akan tetapi harus menggunakan metode kurva baku, karena metode ini bukan merupakan metode analisis secara langsung. Kurva baku yang dibuat dari pengukuran absorbansi larutan standar pada panjang gelombang 664 nm memiliki persamaan sebagai berikut :

$$Abs = 0,361 C$$

dengan $r = 0,997893$ (data selengkapnya disajikan pada lampiran 12). Dengan menggunakan persamaan ini, konsentrasi larutan sampel dapat ditentukan.

Pada penelitian ini tidak melakukan analisa penentuan panjang gelombang maksimum metilen biru. Panjang gelombang 664 nm merupakan panjang gelombang maksimum metilen biru yang diperoleh dari hasil penelitian Saraswati (2005).

b. Pengaruh Konsentrasi Ti terhadap Fotodegradasi Metilen Biru

Fotodegradasi metilen biru dengan menggunakan TiO_2 -zeolit sebagai katalis dilakukan dengan bantuan sinar UV dengan panjang gelombang 366 nm. Dalam hal ini zeolit digunakan sebagai inang dari bahan semikonduktor TiO_2 yang memiliki kemampuan untuk mendegradasi senyawa-senyawa organik.

Sistem uji aktivitas fotokatalitik yang digunakan dalam penelitian ini adalah suspensi. Fotokatalitik dibuat dalam bentuk suspensi bersama larutan penguji metilen biru dengan konsentrasi 1 mg/L dan diekspos dengan sinar UV pada panjang gelombang 366 nm selama 2 jam. Dengan adanya penyinaran selama 2 jam diharapkan pengurangan jumlah metilen biru semakin besar, hal ini disebabkan karena semakin lama waktu oksidasi maka semakin tinggi aktivitasnya dalam mendegradasi senyawa organik metilen biru. Data yang diambil dari pengujian aktivitas adalah konsentrasi sistem suspensi untuk variasi konsentrasi logam Ti.

Pemilihan sistem suspensi dalam uji aktivitas ini dimaksudkan agar fotodegradasi berlangsung maksimal melalui kontak langsung antara katalis dengan sampel penguji. Setiap pengujian dibandingkan dengan blanko yaitu metilen biru saja dan pembanding berupa pembentukan suspensi katalis dengan variasi konsentrasi logam Ti dengan sampel metilen biru menggunakan bantuan sinar UV. Konsentrasi metilen biru ditentukan secara spektrofotometri UV-nampak pada panjang gelombang 664 nm. Pengamatan terhadap perubahan konsentrasi larutan metilen biru 1 mg/L pada reaksi fotodegradasi menggunakan katalis TiO_2 -zeolit dengan konsentrasi TiCl_4 0,1 M, 0,2 M dan 0,4 M dapat digambarkan melalui data prosentase penurunan konsentrasi metilen biru karena aktivitas fotokatalis TiO_2 -zeolit pada variasi konsentrasi logam Ti seperti terlihat pada Tabel 7.

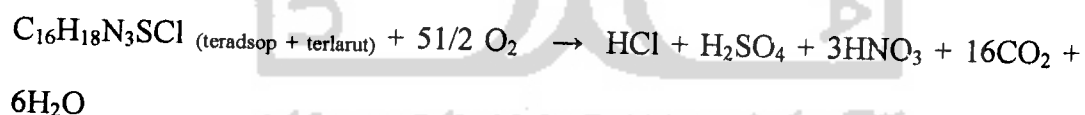
Tabel 7. Prosentase penurunan konsentrasi metilen biru karena aktivitas fotokatalis TiO_2 -zeolit pada variasi konsentrasi logam Ti

Sampel	Konsentrasi Metilen Biru (mg/L)	% penurunan konsentrasi
TiO_2 -Z1	0,086	91,4
TiO_2 -Z2	0,374	62,5
TiO_2 -Z4	0,014	98,6

Secara teoritis, semakin besar harga Absorbansi maka semakin besar pula konsentrasi suatu senyawa dalam sampel. Dari data pada Tabel 6 diperoleh bahwa TiO_2 -Z4 dapat menurunkan konsentrasi metilen biru lebih besar daripada TiO_2 -Z1 dan TiO_2 -Z2. Tabel 7 secara umum menggambarkan bahwa semakin tinggi kandungan titanium (IV) total dalam zeolit akan mengakibatkan terjadinya penurunan fotokatalis yang ditunjukkan oleh pengurangan jumlah metilen biru yang menurun. Fotokatalis tertinggi ditunjukkan oleh sampel TiO_2 -zeolit dengan kandungan titanium (IV) terendah yaitu sampel TiO_2 -Z4 dengan kandungan titanium (IV) sebesar 2,562 %. Hal ini dapat dikarenakan titanium (IV) pada TiO_2 -Z4 terdistribusi lebih sempurna, dibandingkan pada TiO_2 zeolit yang lain. Jari-jari TiO_2 -Z4 juga lebih besar dibandingkan fotokatalis yang lain. Spesies-spesies titanium (IV) ini akan menempel pada dinding rongga zeolit tanpa mengakibatkan kerusakan struktur yang berarti. Hal ini juga didukung dengan banyaknya bentuk anatase dalam zeolit, dimana TiO_2 -zeolit4 memiliki intensitas anatase lebih besar ($I = 18$) daripada TiO_2 -zeolit2 ($I = 15$). Pada saat sampel

diekspose dengan sinar UV sebenarnya adalah peristiwa fotodegradasi bukan adsorpsi yang dilakukan oleh titanium (IV).

Fenomena bahwa fotokatalis $\text{TiO}_2\text{-Z2}$ lebih kecil daripada fotokatalis $\text{TiO}_2\text{-Z4}$, padahal kandungan Ti pada $\text{TiO}_2\text{-Z2}$ lebih besar daripada $\text{TiO}_2\text{-Z4}$ dimungkinkan karena adanya dispersi yang tidak merata. Hal ini dikarenakan semakin tinggi kandungan oksida titanium (IV) dalam zeolit akan menyebabkan spesies-spesies titanium (IV) tersebut mengisi atau bahkan menutup rongga zeolit, sehingga metilen biru relatif sukar untuk dapat masuk kedalam rongga zeolit. Selain itu titanium (IV) yang diimbaskan dalam zeolit sebagian terdistribusi dipermukaan luar zeolit. Oleh karena itu apabila fotokatalis tersebut digunakan untuk mengkatalis fotodegradasi metilen biru, yang paling berperan adalah oksida titanium (IV) yang berada didalam permukaan luar yang berukuran relatif besar. Ini mengakibatkan fotodegradasi metilen biru kurang efektif. Reaksi degradasi metilen biru dapat dituliskan sebagai berikut (Nogueira dan Jardim, 1993) :



BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6. 1 Kesimpulan

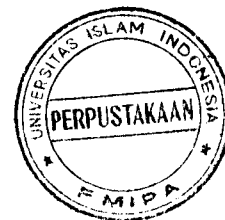
Dari hasil penelitian dan pengolahan data dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Aktivasi dan pengembanan logam Ti pada zeolit alam asal Wonosari dapat menurunkan kristalinitas zeolit alam. Akan tetapi semakin tinggi konsentrasi Ti, kristal zeolit meningkat. Kristalinitas zeolit alam adalah 100% ,kristalinitas $\text{TiO}_2\text{-Z1}$ adalah 61,63%, kristalinitas $\text{TiO}_2\text{-Z2}$ adalah 61,83% dan kristalinitas $\text{TiO}_2\text{-Z4}$ adalah 64,11%. Hasil analisis sinar-X menunjukkan bahwa TiO_2 dalam zeolit berada dalam bentuk anatase ($d = 3,51$) dan rutile ($d = 3,25; 2,488$). Serta menurunkan luas permukaan spesifik dari $110,67 \text{ m}^2/\text{g}$ menjadi $109,43 \text{ m}^2/\text{g}$ untuk $\text{TiO}_2\text{-Z1}$, $30,48$ untuk $\text{TiO}_2\text{-Z2}$ dan $27,13 \text{ m}^2/\text{g}$ untuk $\text{TiO}_2\text{-Z4}$, dengan kandungan logam Ti sebesar 2,692% untuk $\text{TiO}_2\text{-Z1}$; 2,805 untuk $\text{TiO}_2\text{-Z2}$ dan 2,562 untuk $\text{TiO}_2\text{-Z4}$. Urutan kandungan Ti dalam zeolit adalah $\text{TiO}_2\text{-Z4} < \text{TiO}_2\text{-Z1} < \text{TiO}_2\text{-Z2}$.
2. Uji aktivitas menunjukkan bahwa $\text{TiO}_2\text{-zeolit}$ memiliki aktivitas sebagai fotokatalis dengan kemampuan menurunkan konsentrasi metilen biru hingga 91,4% untuk $\text{TiO}_2\text{-Z1}$, 62,5% untuk $\text{TiO}_2\text{-Z2}$ dan 98,5% $\text{TiO}_2\text{-Z4}$ dari konsentrasi metilen biru 1 mg/L.

6.2 Saran

1. Perlu dilakukan pengembanan logam Ti dengan cara yang berbeda dan perlu dilakukan analisis karakter fisik lebih lanjut agar diperoleh TiO_2 -zeolit yang lebih efektif dan efisien.
2. Aplikasi secara langsung penggunaan TiO_2 -zeolit alam teraktivasi untuk fotodegradasi limbah industri tekstil.





DAFTAR PUSTAKA

- Alim, S., 2001, *Bahan Berpori, Sintesis, Struktur dan Beberapa Aplikasinya*. FMIPA. UGM. Jogjakarta.
- Anonim, 2004, *Aplikasi Fotokatalis Pada Permukaan Metaloxide Semi Conductor (Terutama Lapisan Tipis TiO_2) untuk Pengembangan Metode Analisis Detoksifikasi dan Cleaning Material*, FMIPA UI. Jakarta.
- Dabrowski, B., Zaleska, A., Hupka, J., 2002, Dechlorination of lindane, p-DDT and metoxychlor during TiO_2 enhanced photocatalysis, *department of chemical technology, technical university of Gdansk*, 419-422.
- Barrer, R.M., 1978, *Zeolite and Clay Minerals as Sorbents and Molecular Seves*, Academic Press, London.
- Barrer, R.M., 1982, *Hydrothermal Chemistry of Zeolit*, Academy Press Inc, London.
- Brush, L., 1984, Electron-Electron and Electron-Hole Interaction in Small Semiconductors Crystallite; The Size Dependence of The Lowes Excited Electronic State, *J. Phys. Chem.*, 80 (9), 4403-4409.
- Canizares, P., Valverde, J.L., Sun Kou, M.R., and Molina, C.B., 1999, *Microand Meso. Matt.*, 29, 267-281.
- Cotton, F.A and Wilkinson, G., 1989, *Kimia Anorganik*, Penerjemah Suharto, S., Penyunting Koestoer, Y. R. A., UI-Press, Jakarta.
- Cotton, F.A., Wilkinson, G., Murillo, C.A., and Bochmann, M., 1999, *Advanced Inorganic Chemistry*, 6th ed., John Wiley and Sons Inc., Van Couver.
- Dyer, A., 1988, *An Introduction to Zeolite Molecular Sieves*, John Wiley and Sons Ltd, Chichester.
- Gunlazuardi, J., 1995, *Fotoelektrokatalis untuk Detoksifikasi Air*, Prosiding Seminar Nasional Elektrokimia, Jurusan Kimia FMIPA UI, Jakarta.
- Gunlazuardi, J., 1999, *Fotokatalis Pada Permukaan TiO_2 : Aspek Fundamental dan Aplikasinya*, FMIPA UI, Jakarta.
- Higarashi, m., and Jardim, W., 2002, Photocatalytic treatment pesticide-contaminated soid using solar light and titanium dioxide, *American Environmental Laboratory*, 25-26

- Hikam, M., Asijati, E. Dan Ratnasari, D., 2001, *Identification and Enrichment of Indonesian Zeolite using Cation Flotation Methode*.
http://www.fi.itb.ac.id/~kfi/volume_12_1.html
- Hoffman, M.R., Martin, S.t., Choi, W., and Bahnemann, D.W., 1995, *Enviromental Applications of Semiconductor Photocatalysis*, *Chem. Rev.*, 95, 69-96.
- Houas, A., Lachheb, H., Ksibi, M., Elaloui, E., Guillard, C., Herrman, J.M., 2000, *Photocatalytic Degradation Pathway of Metylen Blue in Water*, *J. Appl. Cat.*, 31, 145-157.
- Jahro, I.S., 2001, *Sintesis dan Karakterisasi Zeolit 4a Dari Limbah Abu Layang Sebagai Bahan Pembangun Deterjen*.
[Hhttp://www.balitbangsumut.go.id/penelitian_1/UNIMED.FIK.2001.HTM](http://www.balitbangsumut.go.id/penelitian_1/UNIMED.FIK.2001.HTM)
- Khopkar, S.M., 1990, *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Diterjemahkan oleh Saptorahardjo, A., UI-Press, Jakarta.
- Last, 2003, *Struktur dan Sifat Mineral Alam Zeolit*
[Hhttp://www.batan.go.id/P2plr/artikel/zeolit.html](http://www.batan.go.id/P2plr/artikel/zeolit.html)
- Mumpton, F.A., 1978, *Natural Zeolites, Decurence, Properties, Use 3rd*, London.
- Noguira, R.F.P., and Jardim, W.F., 1933, *Photodegradation of Methylen Blue using Solar Light and Semiconductor (TiO₂)*, *J. Chem-Educ.*, 10, 70, 861-862.
- Oudejans, J. C., 1984, *Zeolite Chatalysis Some Organic Reaction*, Netherland Foundation for Chemical Research, Holland.
- Random, C., Wongnawa, S., and Boonsin, P., 2004, *Bleaching of Methylen Blue by Hydrated Titanium Dioxide*, *Research Article*. 149 – 156.
- Saraswati, L., 2005, *Pengaruh Waktu Oksidasi Terhadap Karakter Fisikokimiawi ZrO₂-Montmorillonit dan Pemanfaatannya Untuk Fotodegradasi Metilen Biru*, Skripsi, FMIPA UII, Jogjakarta.
- Sastrohamidjojo, H., 2001, *Spektroskopi*, Liberty, Jogjakarta.
- Simpem, I.N., 2001, *Preparasi dan Karakterisasi Lempung Montmorillonit Teraktivasi Asam Terpillar TiO₂*, Tesis, FMIPA UGM, Jogjakarta.
- Starte, J., 1986, *Synthesis and Properties of Titanium Oxide Cross-Linked Montmorillonite*, *Clay & Clay Miner.*, 39, 167-173.

- Strecher, P.G., Windholz, M., Leahy, D.S., Bolton, D.M., Eaton, I.G., 1986, *The Merck Index*, Eighth edition, Merck & Co. Inc., New York, USA.
- Sumerta, I.K., 2002, *Fotodegradasi Metilen Biru Menggunakan Katalis TiO_2 -Montmorillonit dan Sinar UV*, Skripsi, FMIPA UGM, Jogjakarta.
- Suryawan. G. N., 1997, *Konversi Isoamil Alkohol Menjadi Hidrokarbon Dengan Katalis Pada Zeolit dan Pt Zeolit*, skripsi, FMIPA UGM, Jogjakarta.
- Sutarti, M., 1994, *Zeolite : Tinjauan Literatur*, Pusat Dokumentasi dan Informasi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI). Jakarta.
- Suyartono, dan Husaini, 1991, *Tinjauan Terhadap Kegiatan Penelitian Karakterisasi dan Pemanfaatan Zeolit Indonesia*, Buletin Pusat Pengembangan Teknologi Mineral (PPTM), Bandung.
- Tan, K.H., 1982, *Dasar-Dasar Kimia Tanah*, Penerjemah Goenadi, D.H., Penyunting Radja Guk-Guk, B., Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Tjahjanto, R.T. dan Gunlazuardi. J., 2001, *Preparasi Lapisan Tipis TiO_2 Sebagai Fotokatalis : Keterkaitan Antara Ketebalan dan Aktifitas Fotokatalis*, *Jurnal Penelitian UI*, Jakarta.
- Trisunaryanti, W. T., 1986, *Penentuan Keasaman Padatan dan Pengaruh Temperatur Kalsinasi*, Skripsi, FMIPA, UGM, Jogjakarta.
- Triyono, 2000, *Kimia Katalis*, FMIPA UGM, Jogjakarta.
- Wahyuni, E.T., 2001, *Pemanfaatan Z-Cd Sebagai Bahan Semikonduktor Fotokatalis*, Prosiding Seminar Nasional BATAN, Jogjakarta, 35-42.
- Wahyuni, E.T., 2003, *Metode Difraksi Sinar-X*, Laboratorium Kimia UGM, Jogjakarta.
- Wega, T.S., 1991, *Modifikasi, Karakterisasi, Pembuatan Zeolit Alam*, Tesis, FMIPA UGM. Jogjakarta.
- West, A.R., 1984, *Solid State Chemistry and It's Application*, John Wiley and Sons Inc, New York.



Lampiran 1 Difraktogram sinar-x zeolit alam

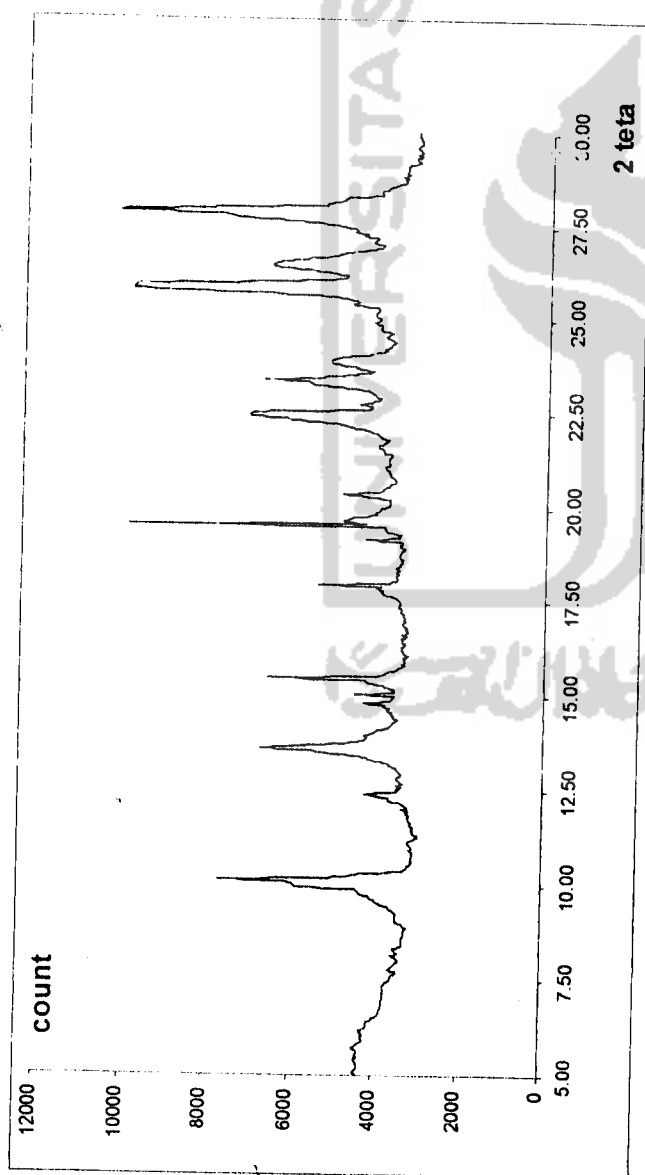
20	5	4399	7,6	3580	10,2	5467	12,8	3498
	5,05	4398	7,65	3546	10,25	4867	12,85	3532
	5,1	4432	7,7	3456	10,3	4567	12,9	3474
	5,15	4398	7,75	3457	10,35	4321	12,95	3428
	5,2	4356	7,8	3678	10,4	3361	13	3470
	5,25	4355	7,85	3566	10,45	3256	13,05	3548
	5,3	4357	7,9	3514	10,5	3241	13,1	3532
	5,35	4367	7,95	3420	10,55	3173	13,15	3656
	5,4	4425	8	3430	10,6	3167	13,2	3692
	5,45	4360	8,05	3446	10,65	3114	13,25	3746
	5,5	4323	8,1	3486	10,7	3166	13,3	3916
	5,55	4362	8,15	3564	10,75	3096	13,35	4168
	5,6	4325	8,2	3426	10,8	3104	13,4	4256
	5,65	4321	8,25	3474	10,85	3130	13,45	4432
	5,7	4361	8,3	3504	10,9	3126	13,5	4818
	5,75	4456	8,35	3524	10,95	3194	13,55	5286
	5,8	4368	8,4	3324	11	3136	13,6	5648
	5,85	4338	8,45	3345	11,05	3140	13,65	6744
	5,9	4257	8,5	3321	11,1	3227	13,7	5308
	5,95	4231	8,55	3324	11,15	3178	13,75	4982
	6	4234	8,6	3289	11,2	3089	13,8	4600
	6,05	4212	8,65	3267	11,25	3012	13,85	4384
	6,1	4256	8,7	3268	11,3	3009	13,9	4248
	6,15	4267	8,75	3276	11,35	3110	13,95	4252
	6,2	4298	8,8	3280	11,4	3136	14	4274
	6,25	4206	8,85	3267	11,45	3102	14,05	4092
	6,3	4122	8,9	3260	11,5	3138	14,1	4032
	6,35	4111	8,95	3322	11,55	3130	14,15	4014
	6,4	4108	9	3312	11,6	3206	14,2	3772
	6,45	4112	9,05	3486	11,65	3166	14,25	3686
	6,5	4021	9,1	3489	11,7	3186	14,3	3610
	6,55	3987	9,15	3490	11,75	3224	14,35	3590
	6,6	3856	9,2	3474	11,8	3214	14,4	3520
	6,65	3843	9,25	3504	11,85	3248	14,45	3674
	6,7	3840	9,3	3524	11,9	3286	14,5	3612
	6,75	3798	9,35	3588	11,95	3232	14,55	3714
	6,8	3786	9,4	3652	12	3418	14,6	3680
	6,85	3785	9,45	3684	12,05	3254	14,65	3772
	6,9	3780	9,5	3822	12,1	3336	14,7	3688
	6,95	3775	9,55	3884	12,15	3412	14,75	3878
	7	3770	9,6	4012	12,2	3466	14,8	3838
	7,05	3765	9,65	3998	12,25	3724	14,85	4348
	7,1	3760	9,7	4123	12,3	3698	14,9	3726
	7,15	3753	9,75	4128	12,35	3690	14,95	3656
	7,2	3750	9,8	4322	12,4	4290	15	3624
	7,25	3743	9,85	4435	12,45	3566	15,05	4537
	7,3	3736	9,9	4567	12,5	3476	15,1	3606
	7,35	3730	9,95	5789	12,55	3534	15,15	3670
	7,4	3712	10	5879	12,6	3428	15,2	3624
	7,45	3699	10,05	5932	12,65	3534	15,25	3770
	7,5	3589	10,1	6123	12,7	3364	15,3	3886
	7,55	3586	10,15	7654	12,75	3450	15,35	4146

15,4	4286	18,1	3582	20,8	3790	23,5	4708
15,45	4290	18,15	3620	20,85	3804	23,55	4562
15,5	6578	18,2	3530	20,9	3790	23,6	4211
15,55	4054	18,25	3642	20,95	3816	23,65	4510
15,6	3770	18,3	3582	21	3838	23,7	4596
15,65	3708	18,35	3522	21,05	3920	23,75	4674
15,7	3550	18,4	3608	21,1	3900	23,8	5134
15,75	3524	18,45	3490	21,15	3776	23,85	5204
15,8	3366	18,5	3528	21,2	3840	23,9	5224
15,85	3466	18,55	3456	21,25	3836	23,95	4968
15,9	3376	18,6	3494	21,3	3832	24	4510
15,95	3422	18,65	3460	21,35	3728	24,05	4286
16	3356	18,7	3542	21,4	3850	24,1	4112
16,05	3398	18,75	3516	21,45	3962	24,15	3936
16,1	3276	18,8	3478	21,5	3966	24,2	3998
16,15	3392	18,85	3432	21,55	3980	24,25	3838
16,2	3408	18,9	3394	21,6	4086	24,3	3814
16,25	3436	18,95	3496	21,65	4068	24,35	3780
16,3	3440	19	3532	21,7	3908	24,4	3714
16,35	3388	19,05	3446	21,75	3910	24,45	3794
16,4	3348	19,1	3502	21,8	3834	24,5	3858
16,45	3458	19,15	4322	21,85	4012	24,55	3978
16,5	3400	19,2	3518	21,9	4030	24,6	3796
16,55	3458	19,25	3590	21,95	4100	24,65	4020
16,6	3330	19,3	3478	22	4350	24,7	4074
16,65	3448	19,35	3722	22,05	4566	24,75	4075
16,7	3284	19,4	3864	22,1	4676	24,8	4060
16,75	3338	19,45	3890	22,15	4872	24,85	4072
16,8	3378	19,5	9899	22,2	5056	24,9	4238
16,85	3334	19,55	4392	22,25	5464	24,95	4107
16,9	3440	19,6	4788	22,3	5998	25	4100
16,95	3382	19,65	4890	22,35	6342	25,05	4107
17	3390	19,7	4657	22,4	6966	25,1	4209
17,05	3372	19,75	4650	22,45	7110	25,15	4210
17,1	3396	19,8	4100	22,5	7040	25,2	4112
17,15	3414	19,85	4123	22,55	6366	25,25	4123
17,2	3422	19,9	4102	22,6	4356	25,3	4157
17,25	3514	19,95	4009	22,65	4233	25,35	4640
17,3	3462	20	3998	22,7	4568	25,4	4768
17,35	3482	20,05	3800	22,75	4346	25,45	4804
17,4	3542	20,1	3800	22,8	4206	25,5	4688
17,45	3494	20,15	3809	22,85	4028	25,55	4880
17,5	3528	20,2	3810	22,9	4036	25,6	5124
17,55	3564	20,25	4099	22,95	4180	25,65	5764
17,6	3614	20,3	4452	23	4152	25,7	6930
17,65	3752	20,35	4899	23,05	4268	25,75	8574
17,7	3914	20,4	4196	23,1	4334	25,8	9876
17,75	3940	20,45	3968	23,15	4614	25,85	9867
17,8	3904	20,5	3966	23,2	4984	25,9	9758
17,85	4074	20,55	3854	23,25	5524	25,95	8334
17,9	3940	20,6	3784	23,3	5892	26	6594
17,95	5433	20,65	3782	23,35	6785	26,05	5642
18	3884	20,7	3676	23,4	5568	26,1	5088
18,05	3712	20,75	3696	23,45	5342	26,15	4872

26,2	4866	28,9	3442	31,6	3252	34,3	2962
26,25	5120	28,95	3516	31,65	3106	34,35	2900
26,3	5418	29	3486	31,7	3144	34,4	2904
26,35	5730	29,05	3482	31,75	3144	34,45	2924
26,4	6220	29,1	3434	31,8	3044	34,5	2976
26,45	6622	29,15	3432	31,85	3064	34,55	2932
26,5	6542	29,2	3220	31,9	3108	34,6	2968
26,55	6232	29,25	3208	31,95	3156	34,65	3004
26,6	6092	29,3	3288	32	3064	34,7	2944
26,65	5618	29,35	3276	32,05	3074	34,75	3062
26,7	5234	29,4	3168	32,1	3126	34,8	3120
26,75	5086	29,45	3264	32,15	3126	34,85	3162
26,8	4920	29,5	3146	32,2	3206	34,9	3238
26,85	4720	29,55	3182	32,25	3176	34,95	3144
26,9	4380	29,6	3190	32,3	3162	35	3152
26,95	4158	29,65	3272	32,35	3162	35,05	3192
27	4032	29,7	3178	32,4	3128	35,1	3126
27,05	4060	29,75	3178	32,45	3134	35,15	3152
27,1	4310	29,8	3146	32,5	3124	35,2	3288
27,15	4154	29,85	3188	32,55	3144	35,25	3316
27,2	4260	29,9	3198	32,6	3100	35,3	3248
27,25	4490	29,95	3250	32,65	3204	35,35	3414
27,3	4424	30	3236	32,7	3114	35,4	3162
27,35	4732	30,05	3214	32,75	3074	35,45	3330
27,4	4692	30,1	3214	32,8	3102	35,5	3200
27,45	4708	30,15	3192	32,85	3186	35,55	3302
27,5	4966	30,2	3188	32,9	3148	35,6	3328
27,55	5154	30,25	3274	32,95	3162	35,65	3448
27,6	5510	30,3	3276	33	3156	35,7	3482
27,65	6144	30,35	3340	33,05	3030	35,75	3728
27,7	6586	30,4	3336	33,1	3214	35,8	3952
27,75	7342	30,45	3326	33,15	3194	35,85	3908
27,8	8060	30,5	3348	33,2	3160	35,9	3996
27,85	10234	30,55	3360	33,25	3246	35,95	3856
27,9	10098	30,6	3406	33,3	3226	36	3794
27,95	8097	30,65	3476	33,35	3250	36,05	3610
28	7998	30,7	3450	33,4	3222	36,1	3584
28,05	5433	30,75	3498	33,45	3158	36,15	3486
28,1	5389	30,8	3434	33,5	3096	36,2	3470
28,15	5231	30,85	3442	33,55	3044	36,25	3414
28,2	4997	30,9	3524	33,6	3148	36,3	3410
28,25	4987	30,95	3890	33,65	3010	36,35	3392
28,3	4866	31	4154	33,7	2988	36,4	3322
28,35	4087	31,05	4482	33,75	2936	36,45	3310
28,4	4144	31,1	4490	33,8	2872	36,5	3358
28,45	4012	31,15	4526	33,85	2920	36,55	3332
28,5	3970	31,2	4182	33,9	3046	36,6	3400
28,55	3864	31,25	3832	33,95	2904	36,65	3360
28,6	3758	31,3	3620	34	2908	36,7	3416
28,65	3650	31,35	3404	34,05	2856	36,75	3406
28,7	3552	31,4	3370	34,1	2890	36,8	3356
28,75	3590	31,45	3294	34,15	2972	36,85	3158
28,8	3478	31,5	3174	34,2	2898	36,9	3256
28,85	3622	31,55	3228	34,25	2978	36,95	3264

37	3228	39,7	2780
37,05	3182	39,75	2864
37,1	3274	39,8	2864
37,15	3108	39,85	2912
37,2	3118	39,9	2964
37,25	3118	39,95	2892
37,3	3054	40	2838
37,35	3008		
37,4	2986		
37,45	2898		
37,5	2890		
37,55	2892		
37,6	2912		
37,65	2834		
37,7	2890		
37,75	2726		
37,8	2814		
37,85	2882		
37,9	2754		
37,95	2860		
38	2764		
38,05	2818		
38,1	2754		
38,15	2800		
38,2	2778		
38,25	2794		
38,3	2818		
38,35	2750		
38,4	2836		
38,45	2856		
38,5	2754		
38,55	2848		
38,6	2784		
38,65	2842		
38,7	2756		
38,75	2860		
38,8	2894		
38,85	2882		
38,9	2790		
38,95	2874		
39	2708		
39,05	2770		
39,1	2748		
39,15	2742		
39,2	2840		
39,25	2842		
39,3	2808		
39,35	2786		
39,4	2834		
39,45	3002		
39,5	2986		
39,55	2982		
39,6	2908		
39,65	2880		





Lampiran 2 Difraktogram sinar-x TiO_2 -Zeolit dengan konsentrasi $0,1 \text{ Ti}^{4+}$ / gram zeolit

*** Basic Data Process ***

Group Name : standard
 Data Name : ida 01
 File Name : ida 01.PKR
 Sample Name : ida 01
 Comment : ida_01

#	Strongest	3 peaks					
no.	peak	2Theta	d	I/I1	FWHM	Intensity	Integrated In
	no.	(deg)	(Å)		(deg)	(Counts)	(Counts)
1	16	22.3303	3.97805	100	0.46220	2104	23592
2	4	9.7843	9.03255	93	0.41690	1966	17580
3	6	13.5454	6.53179	79	0.49520	1659	16819

#	Peak	Data	List				
no.	peak	2Theta	d	I/I1	FWHM	Intensity	Integrated In
	no.	(deg)	(Å)		(deg)	(Counts)	(Counts)
1		5.9000	14.96761	8	0.36000	161	1592
2		6.5100	13.56642	21	0.47870	448	4404
3		8.8161	10.02223	30	0.57060	629	9003
4		9.7843	9.03255	93	0.41690	1966	17580
5		12.2533	7.21751	15	0.48570	308	3598
6		13.5454	6.53179	79	0.49520	1659	16819
7		14.0500	6.29832	20	0.33590	422	3753
8		14.6967	6.02260	18	0.56370	372	3893
9		15.3301	5.77516	31	0.42860	643	5858
10		17.7549	4.99153	16	0.44250	329	2979
11		18.3500	4.83097	3	0.28580	66	567
12		19.7311	4.49582	70	0.51360	1483	15127
13		20.2500	4.38178	25	0.32180	524	5960
14		20.9000	4.24695	11	0.00000	238	0
15		21.5000	4.12976	15	0.00000	315	0
16		22.3303	3.97805	100	0.46220	2104	23592
17		23.2437	3.82375	59	0.48590	1244	11207
18		23.7500	3.74337	43	0.47680	914	10314
19		24.5500	3.62317	15	0.00000	306	0
20		25.0000	3.55896	31	0.78120	655	5256

*** Basic Data Process ***

Group Name : Standard
 Data Name : ida 1
 File Name : ida_1.PKR
 Sample Name :
 Comment :

Strongest 3 peaks

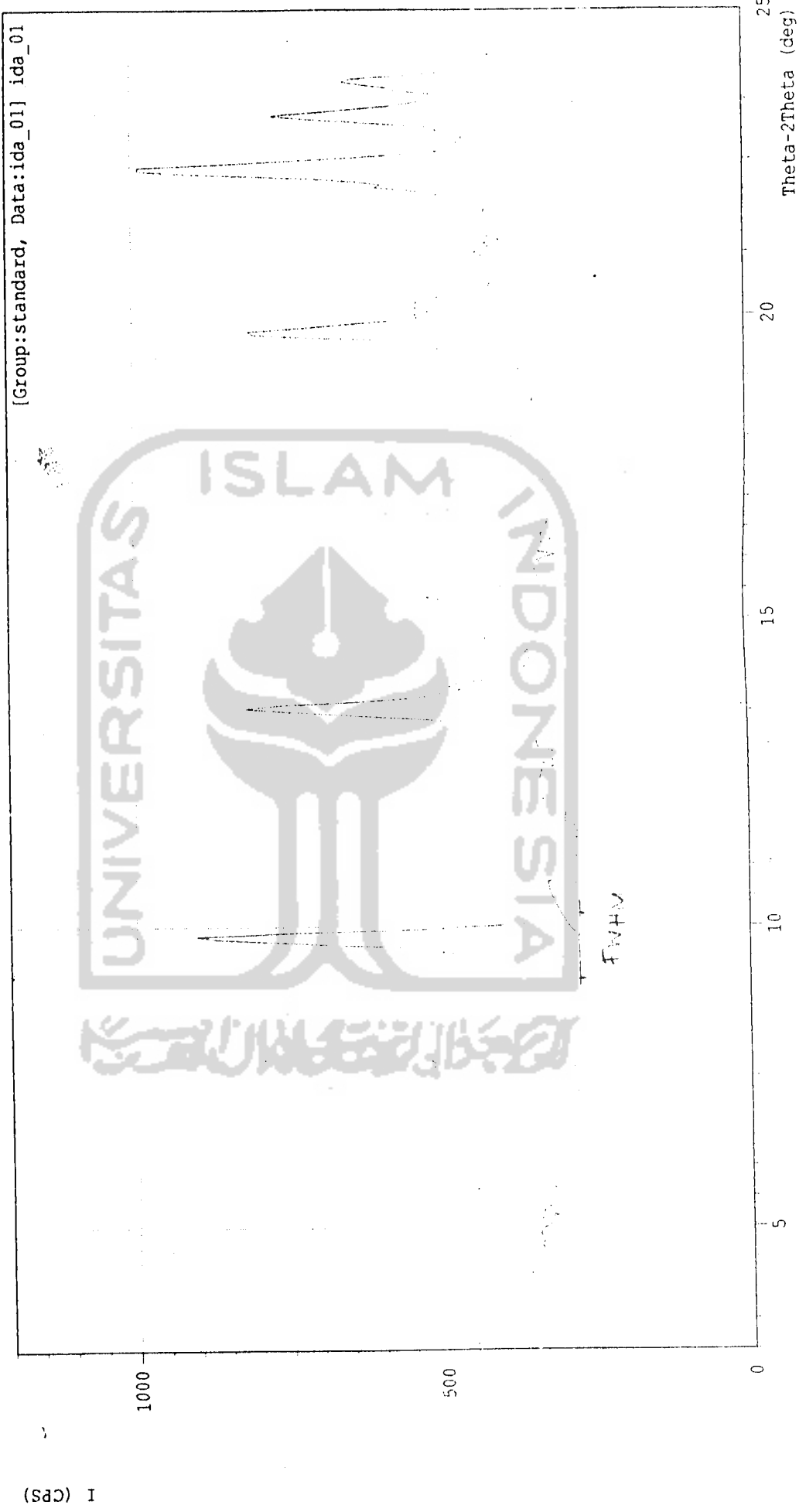
no.	peak no.	2Theta (deg)	d (Å)	I/I1	FWHM (deg)	Intensity (Counts)	Integrated Int (Counts)
1	17	25.9830	3.42650	100	0.31400	3579	22353
2	20	28.0327	3.18045	72	0.55360	2582	31643
3	12	22.5589	3.93825	52	0.39720	1870	16882

Peak Data List

peak no.	2Theta (deg)	d (Å)	I/I1	FWHM (deg)	Intensity (Counts)	Integrated Int (Counts)
1	12.4988	7.07629	8	0.48700	290	3579
2	12.9000	6.85710	4	0.00000	161	0
3	13.7720	6.42483	40	0.42380	1427	13809
4	14.2000	6.23213	16	0.29760	567	3719
5	14.9000	5.94088	10	0.47240	356	4365
6	15.5584	5.69092	17	0.37430	609	5553
7	17.9728	4.93150	9	0.42680	340	3721
8	19.9592	4.44496	36	0.43920	1296	11011
9	20.4000	4.34989	16	0.31940	569	4363
10	21.1043	4.20629	3	0.48360	107	1152
11	21.6901	4.09400	5	0.30520	164	1204
12	22.5589	3.93825	52	0.39720	1870	16882
13	23.4707	3.78728	31	0.32450	1111	7797
14	23.9909	3.70632	20	0.33460	720	5467
15	24.8000	3.58721	9	0.36260	339	2024
16	25.3000	3.51744	16	0.44940	565	6203
17	25.9830	3.42650	100	0.31400	3579	22353
18	26.6442	3.34295	44	0.48980	1578	20095
19	27.4000	3.25243	15	0.00000	543	0
20	28.0327	3.18045	72	0.55360	2582	31643
21	28.7000	3.10800	8	0.25820	295	3017
22	30.6000	2.91921	4	0.24900	137	1164
23	31.2422	2.86065	21	0.34390	768	6235
24	32.4439	2.75738	4	0.43620	158	1422
25	33.0500	2.70819	3	0.29000	107	815
26	33.6000	2.66510	5	0.22000	165	1244
27	35.0500	2.55810	4	0.29280	130	1020
28	35.4500	2.53015	7	0.41480	250	2063
29	36.0656	2.48836	22	0.46260	794	9550
30	36.7500	2.44357	11	0.00000	382	0
31	37.3500	2.40569	5	0.36660	172	3960
32	39.9500	2.25491	9	0.22820	334	1600

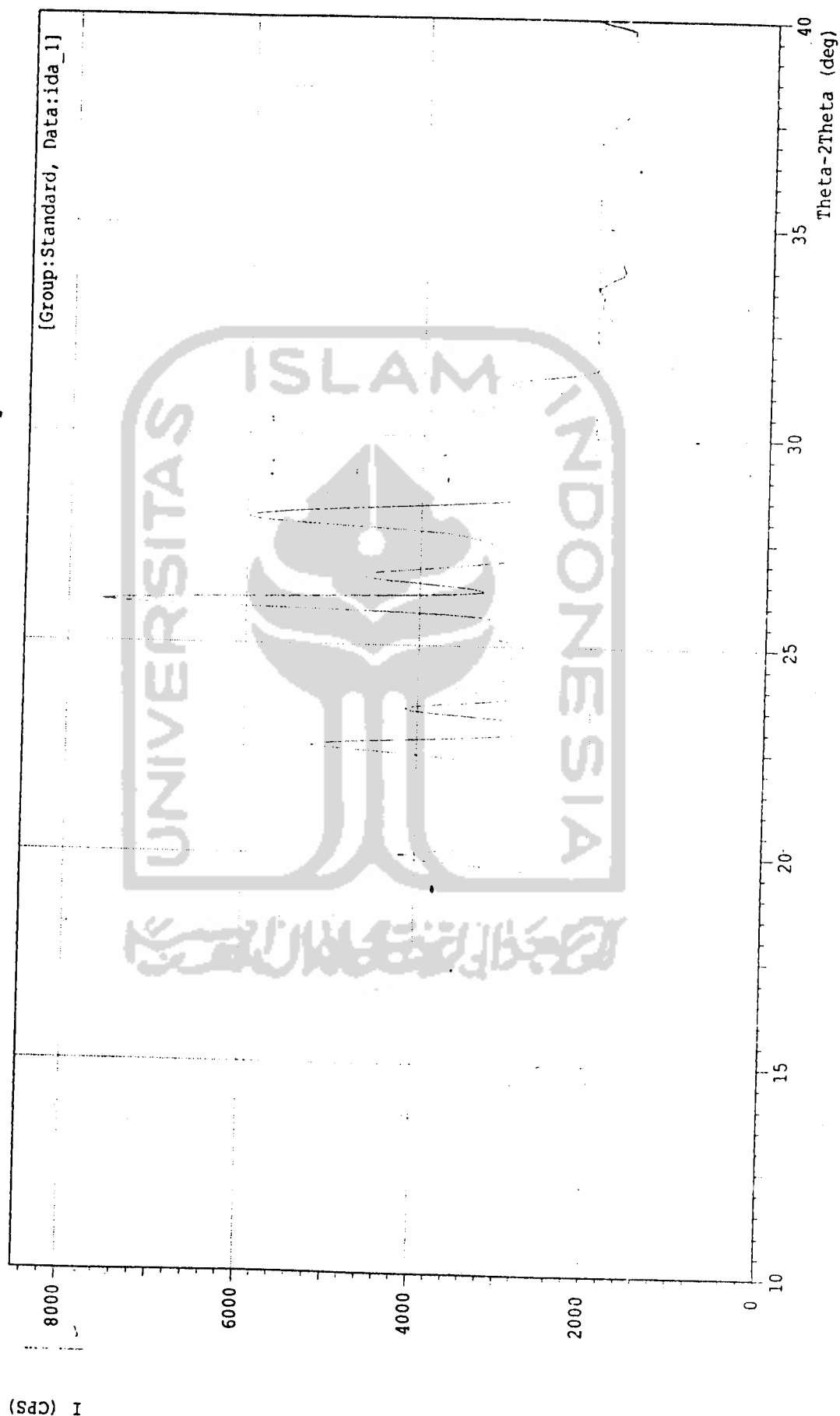
File Name : standard\ida 01
 Sample Name : ida 01
 Date & Time : 06-18-05 10:31:33
 Condition
 X-ray Tube : Cu(1.54060 Å) Voltage : 40.0 kV Current : 30.0 mA
 Scan Range : 3.0000 <-> 25.0000 deg Step Size : 0.0500 deg
 Count Time : 6.00 sec Slit DS : 0.50 deg SS : 0.50 deg RS : 0.15 mm

Comment : ida_01



File Name : Standard
Sample Name :
Date & Time : 03-30-05 14:49:11
Condition : Comment :

X-ray Tube : Cu(1.54060 Å) Voltage : 40.0 kV Current : 30.0 mA
Scan Range : 10.0000 <-> 40.0000 deg Step Size : 0.0500 deg
Count Time : 1.00 sec Slit DS : 1.00 deg SS : 1.00 deg RS : 0.30 mm



Lampiran 3 Difraktogram sinar-x TiO_2 -Zeolit dengan konsentrasi $0,2 \text{ Ti}^{4+}$ / gram zeolit

*** Basic Data Process ***

Group Name : standard
 Data Name : ida 02
 File Name : ida 02.PKR
 Sample Name : ida 02
 Comment : ida_02

# Strongest 3 peaks							
no.	peak no.	2Theta (deg)	d (Å)	I/I1	FWHM (deg)	Intensity (Counts)	Integrated In (Counts)
1	17	23.7641	3.74118	100	0.13800	12163	34110
2	6	9.8073	9.01142	22	0.28010	2630	13527
3	15	22.2829	3.98640	21	0.44700	2514	25901

#	Peak	Data List					
	peak	2Theta	d	I/I1	FWHM	Intensity	Integrated In
	no.	(deg)	(Å)		(deg)	(Counts)	(Counts)
	1	6.5000	13.58727	4	0.42340	493	5097
	2	6.6000	13.38162	5	0.17800	653	1753
	3	8.7500	10.09780	5	0.27660	640	3580
	4	8.9000	9.92794	5	0.20500	601	2178
	5	9.5000	9.30222	5	0.46660	595	5654
	6	9.8073	9.01142	22	0.28010	2630	13527
	7	12.2210	7.23651	4	0.21990	461	3108
	8	13.5414	6.53372	18	0.28970	2187	13602
	9	13.9000	6.36595	6	0.34180	752	5941
	10	14.6500	6.04169	3	0.27460	396	3305
	11	15.3464	5.76906	7	0.26340	809	5239
	12	17.7332	4.99759	4	0.36960	430	4486
	13	19.7228	4.49770	14	0.33620	1724	17999
	14	21.4504	4.13920	20	0.07170	2374	3463
	15	22.2829	3.98640	21	0.44700	2514	25901
	16	23.2448	3.82357	12	0.23790	1457	8548
	17	23.7641	3.74118	100	0.13800	12163	34110

*** Basic Data Process ***

Group Name : Standard
 Data Name : ida 2
 File Name : ida_2.PKR
 Sample Name :
 Comment :

Strongest 3 peaks

no.	peak no.	2Theta (deg)	d (A)	I/I1	FWHM (deg)	Intensity (Counts)	Integrated Int (Counts)
1	19	25.9572	3.42985	100	0.31000	3865	24612
2	22	27.9941	3.18474	71	0.55910	2760	29609
3	13	22.5380	3.94186	51	0.37660	1978	16084

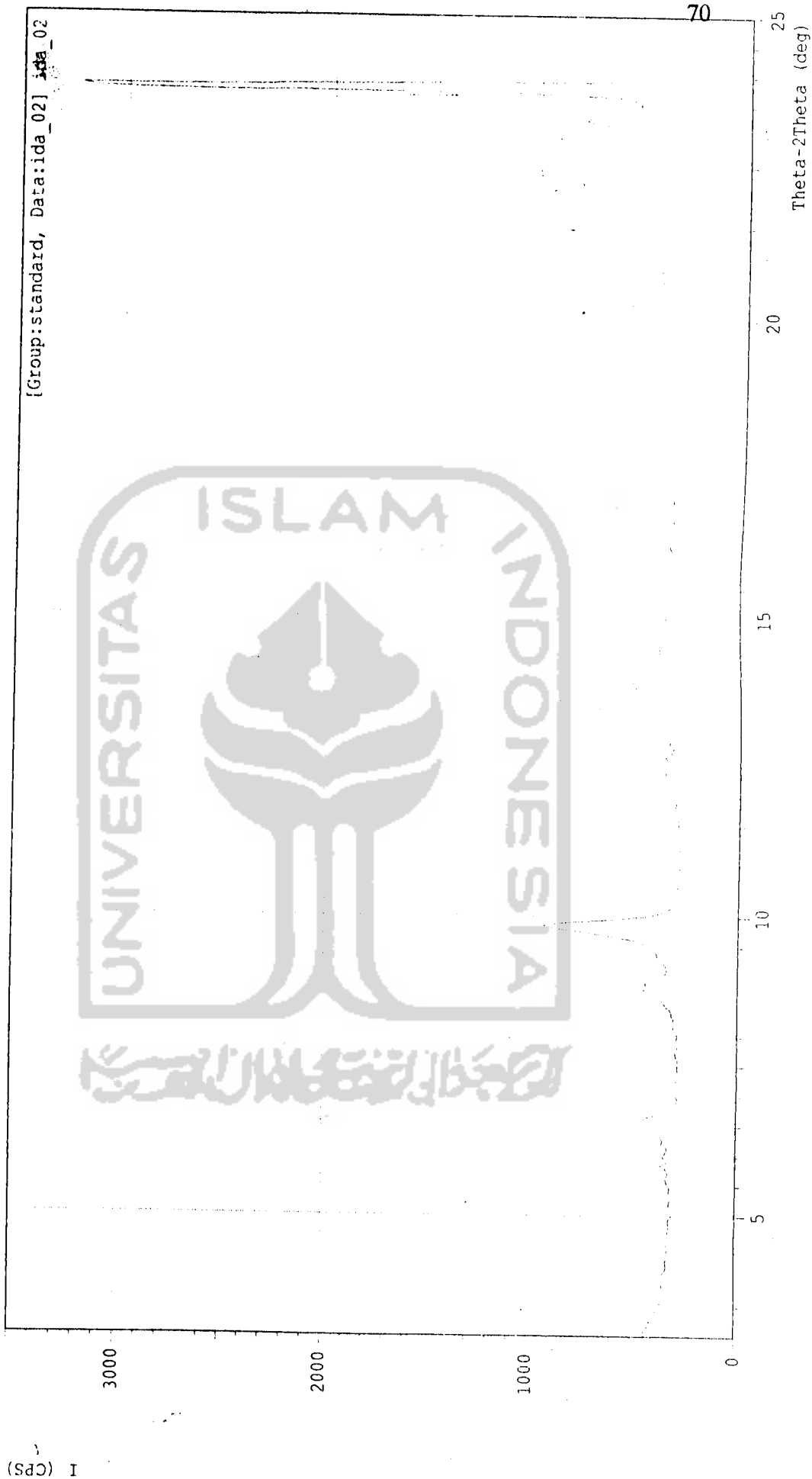
Peak Data List

peak no.	2Theta (deg)	d (A)	I/I1	FWHM (deg)	Intensity (Counts)	Integrated Int (Counts)
1	12.4221	7.11981	7	0.39430	274	2380
2	13.2000	6.70192	5	0.97060	195	4303
3	13.7551	6.43268	36	0.41620	1408	8986
4	14.1500	6.25404	12	0.38820	478	4520
5	14.8790	5.94922	9	0.41530	335	3305
6	15.5292	5.70156	16	0.32860	617	4485
7	17.9395	4.94058	9	0.42300	342	3665
8	19.9207	4.45346	35	0.42680	1353	11640
9	20.4000	4.34989	13	0.30380	507	4819
10	21.2000	4.18752	4	0.37700	138	1475
11	21.7455	4.08369	5	0.38750	200	1439
12	22.2000	4.00110	14	0.22400	550	3087
13	22.5380	3.94186	51	0.37660	1978	16084
14	23.0500	3.85544	9	0.00000	343	0
15	23.4441	3.79152	31	0.33740	1193	8923
16	23.9510	3.71241	20	0.38030	776	5866
17	24.6500	3.60869	5	0.20160	193	1270
18	25.2000	3.53117	15	0.40500	588	7224
19	25.9572	3.42985	100	0.31000	3865	24612
20	26.6140	3.34668	45	0.48680	1722	17935
21	27.4000	3.25243	17	0.49100	638	7119
22	27.9941	3.18474	71	0.55910	2760	29609
23	28.6500	3.11331	8	0.24740	323	2620
24	29.1000	3.06618	3	0.25660	125	909
25	30.7000	2.90993	4	0.38220	172	1718
26	31.2183	2.86279	22	0.33120	832	5802
27	32.9694	2.71462	3	1.40850	124	2932
28	35.4500	2.53015	6	0.62000	251	3446
29	36.1288	2.48415	17	0.72410	674	9111
30	36.7000	2.44679	9	0.00000	339	0
31	37.2000	2.41504	5	0.55680	209	4318
32	39.4805	2.28064	8	0.26790	320	2348

File Name : standard\ida 02
Sample Name : ida 02
Date & Time : 06-18-05 11:17:04
Condition

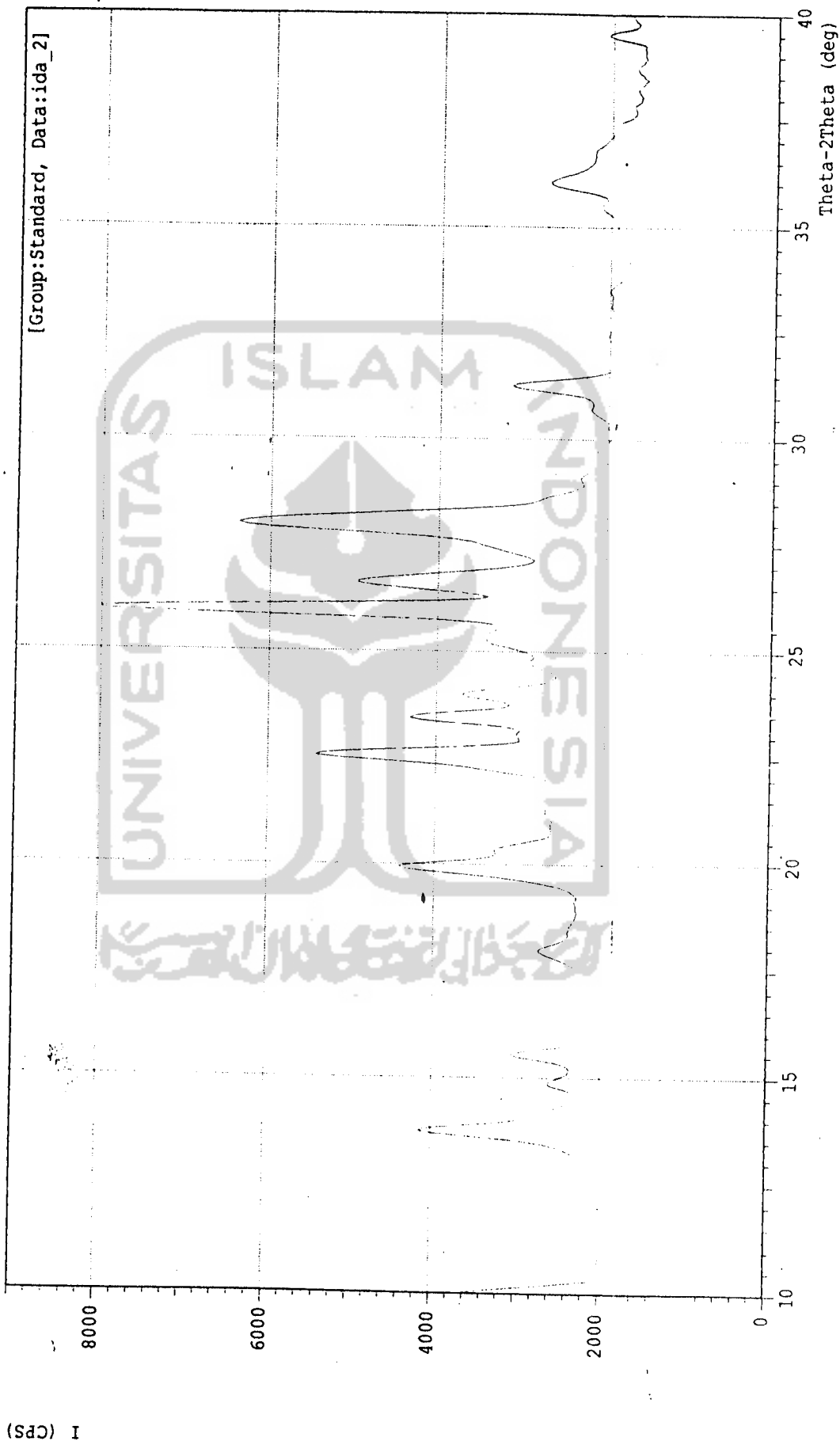
Comment : ida_02

X-ray Tube : Cu(1.54060 Å) Voltage : 40.0 kV Current : 30.0 mA
Scan Range : 3.0000 <-> 25.0000 deg Step Size : 0.0500 deg
Count Time : 6.00 sec Slit DS : 0.50 deg SS : 0.50 deg RS : 0.15 mm



File Name : Standard\ida 2
Sample Name :
Date & Time : 03-30-05 15:03:49
Condition Comment :

X-ray Tube : Cu(1.54060 Å) Voltage : 40.0 kV Current : 30.0 mA
Scan Range : 10.0000 <-> 40.0000 deg Step Size : 0.0500 deg
Count Time : 1.00 sec Slit DS : 1.00 deg SS : 1.00 deg RS : 0.30 mm



Lampiran 4 Difraktogram sinar-x TiO₂-Zeolit dengan konsentrasi 0,4 Ti⁴⁺ / gram zeolit

*** Basic Data Process ***

Group Name : Standard
Data Name : ida 4
File Name : ida_4.PKR
Sample Name :
Comment :

# Strongest 3 peaks							
no.	peak no.	2Theta (deg)	d (Å)	I/I1	FWHM (deg)	Intensity (Counts)	Integrated Int (Counts)
1	18	25.8232	3.44734	100	0.31950	4288	27170
2	21	27.8898	3.19642	76	0.55000	3259	38355
3	13	22.4128	3.96359	51	0.39790	2201	17308

# Peak Data List						
peak no.	2Theta (deg)	d (Å)	1/11	FWHM (deg)	Intensity (Counts)	Integrated Int. (Counts)
1	12.3587	7.15619	8	0.11711	237	2913
2	12.8000	6.91045	4	0.00000	10	0
3	13.6284	6.49220	35	0.43340	1516	14494
4	14.1000	6.27610	12	0.31920	496	7511
5	14.8000	5.98079	8	0.00000	334	0
6	15.4223	5.74084	15	0.36960	631	7098
7	17.8199	4.97347	9	0.43600	400	4794
8	19.8289	4.47387	35	0.50130	1487	14268
9	20.3000	4.37110	13	0.28960	558	3681
10	20.9500	4.23692	3	0.42300	144	1843
11	21.5500	4.12029	6	0.30000	243	1830
12	22.0500	4.02796	13	0.28360	552	3466
13	22.4128	3.96359	51	0.39790	2201	17308
14	23.3129	3.81256	32	0.34310	1377	10162
15	23.8160	3.73314	22	0.37850	940	7619
16	24.6000	3.61592	3	0.17400	147	554
17	25.1500	3.53807	18	0.44740	780	8979
18	25.8232	3.44734	100	0.31950	4288	27170
19	26.4850	3.36268	45	0.51180	1932	24775
20	27.2500	3.26999	15	0.00000	632	0
21	27.8898	3.19642	76	0.55000	3259	38355
22	28.5500	3.12398	8	0.36540	324	3509
23	29.0000	3.07652	4	0.22700	157	1052
24	30.6000	2.91921	5	0.60000	196	2873
25	31.0788	2.87532	22	0.32750	943	6640
26	33.2854	2.68957	4	0.45720	187	2889
27	34.9000	2.56875	5	0.34360	194	2503
28	35.3000	2.54055	7	0.00000	279	0
29	35.9385	2.49687	17	0.62290	734	11402
30	36.6500	2.45001	9	0.00000	387	0
31	37.1500	2.41818	5	0.41720	196	3903
32	39.4852	2.28038	3	0.22760	134	985

*** Basic Data Process ***

Group Name : Standard
Data Name : ida04
File Name : ida04.PKR
Sample Name :
Comment : 0.4

Strongest 3 peaks

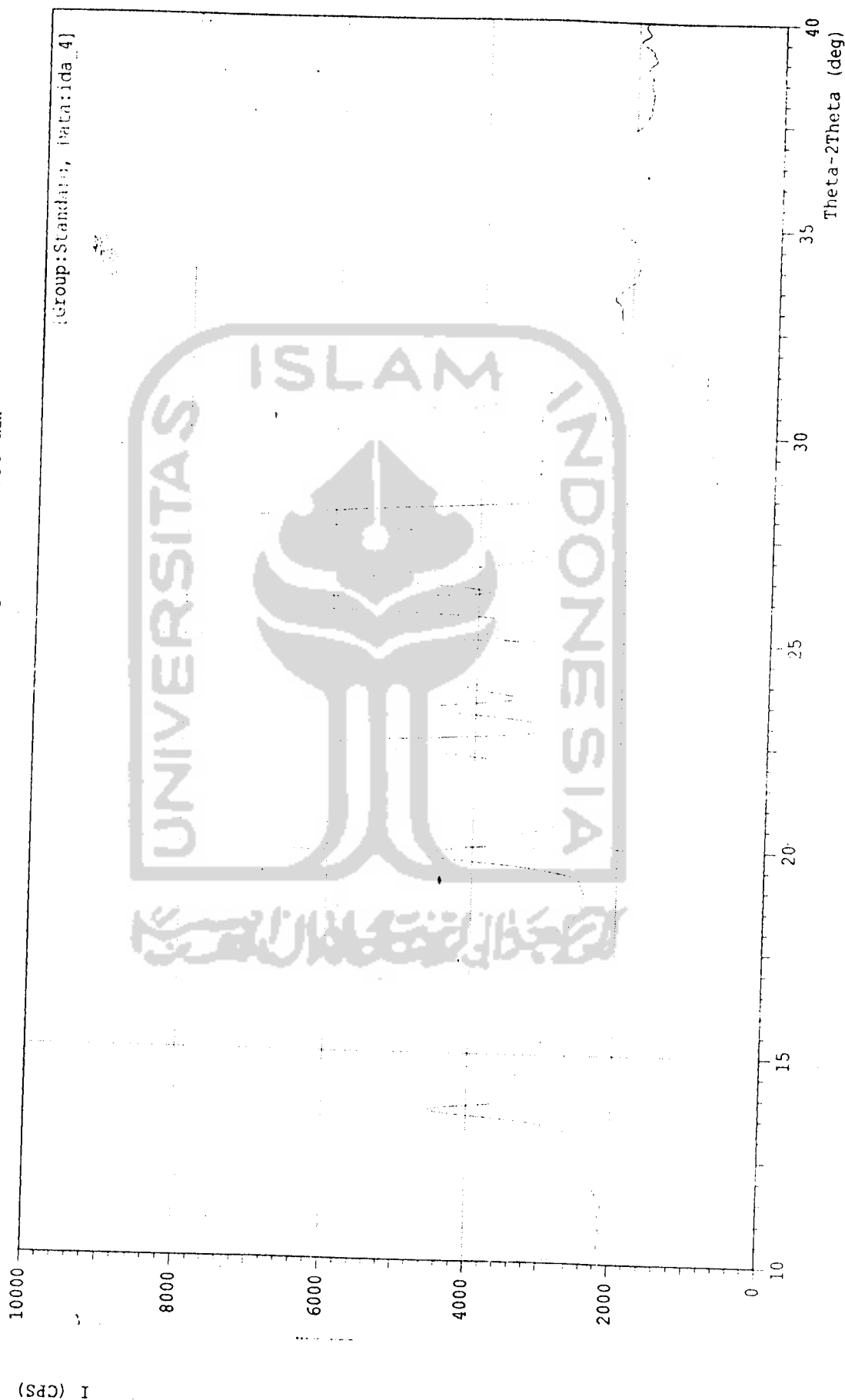
no.	peak no.	2Theta (deg)	d (A)	I/I1	FWHM (deg)	Intensity (Counts)	Integrated Int (Counts)
1	23	25.6430	3.47116	100	0.25060	3758	20173
2	27	27.7036	3.21747	70	0.47170	2619	26106
3	5	9.6977	9.11302	62	0.30220	2320	14612

Peak Data List

peak no.	2Theta (deg)	d (A)	I/I1	FWHM (deg)	Intensity (Counts)	Integrated Int (Counts)
1	5.8500	15.09542	7	0.42100	264	3302
2	6.4169	13.76304	18	0.37480	659	4997
3	8.6965	10.15980	18	0.43550	660	6829
4	9.3000	9.50181	12	0.37900	441	3566
5	9.6977	9.11302	62	0.30220	2320	14612
6	12.1078	7.30391	9	0.34700	339	3136
7	13.0000	6.80458	7	0.26800	275	2537
8	13.4292	6.58805	46	0.32880	1740	11415
9	13.9000	6.36595	11	0.25780	431	4316
10	14.5927	6.06529	9	0.40680	334	2990
11	15.2194	5.81691	17	0.34110	650	5160
12	17.6426	5.02304	10	0.36310	362	3864
13	19.6163	4.52188	37	0.35350	1379	11459
14	20.1000	4.41414	12	0.18020	444	3388
15	20.8675	4.25349	4	0.21850	168	1238
16	21.3629	4.15596	4	0.23220	168	831
17	21.7500	4.08286	4	0.16340	160	529
18	21.9500	4.04610	23	0.16580	872	2885
19	22.2500	3.99222	49	0.30060	1859	12405
20	23.1240	3.84327	27	0.27860	1018	6797
21	23.6543	3.75830	18	0.25250	660	3926
22	24.9500	3.56598	12	0.30680	465	4403
23	25.6430	3.47116	100	0.25060	3758	20173
24	26.2801	3.38844	38	0.39300	1441	11425
25	26.6500	3.34224	32	0.15880	1192	4325
26	27.0500	3.29372	9	0.34420	334	3322
27	27.7036	3.21747	70	0.47170	2619	26106
28	28.4000	3.14014	11	0.19900	401	2446

File Name : Standard\1004
Sample Name :
Date & Time : 03-30-05 15:20:53
Condition : Comment :

X-ray Tube : Cu(1.54060 Å) Voltage : 40.0 kV Current : 30.0 mA
Scan Range : 10.0000 <-> 40.0000 deg Step Size : 0.0500 deg
Count Time : 1.00 sec Slit DS : 1.00 deg SS : 1.00 deg RS : 0.30 mm

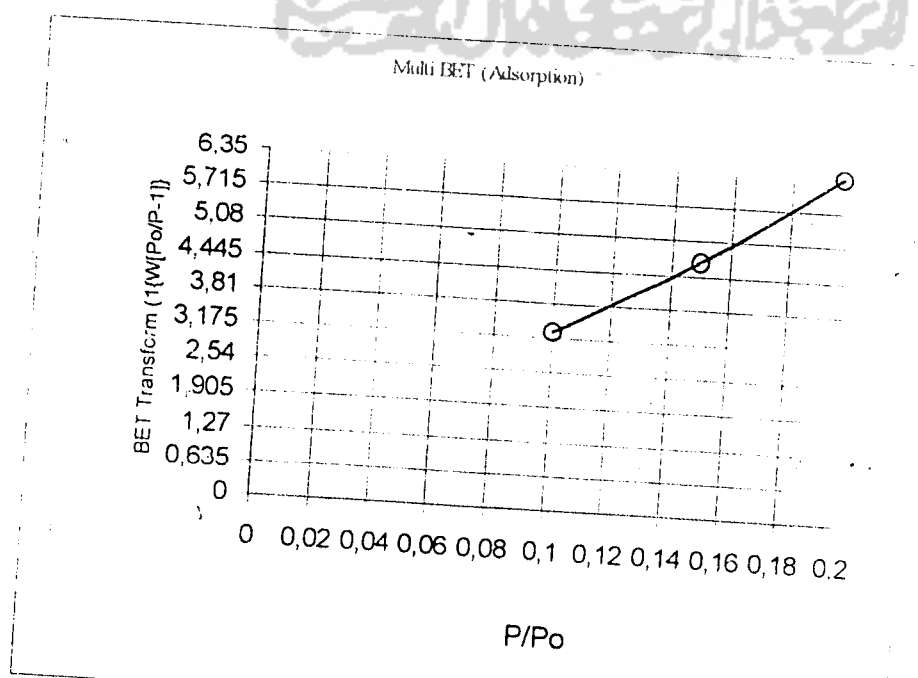


Lampiran 5 Hasil gas sorption analysis zeolit alam

Quantachrome Corporation
NOVA Data Analysis Package Ver. 2.00
File Nama = Fat

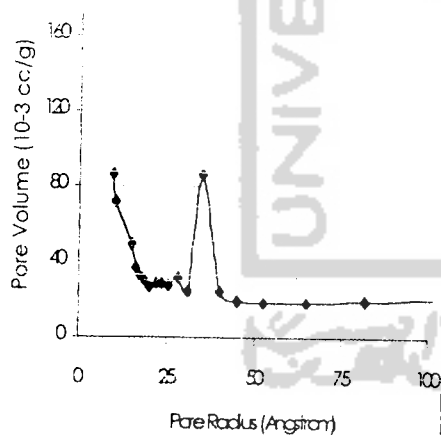
ser ID = Is Fatimah User setup = 6
Sample ID = Zeolit Alam Sample Cell Number = 4
Sample weight = 0.1470 g Sample Volume = 0.1470 cc
Sample Density = 1.0000 g/cc
Type = User
Adsorbent = N₂
Sorption Tolerance = 0.10000 mmHg
Sorption Equil Time = 60 sec
Sorption Dwell Time = 180 sec
Analysis Start Time = Fri Jan 04 10:28:06 1980
Analysis End Time = Fri Jan 04 10:28:06 1980

Multi BET (Adsorption)	
P/Po	BET Transform (1/[W(Po/P-1)])
0.100096	3.287897
0.149506	4.701021
0.197513	6.338599
Slope	= 31.329003
Intercept	= 0.137886
Correlation Coefficient	= 0.999883
BET C	= 228.210247
Surface Area	= 16.273715 sq m
Specific Surface Area	= 110.672416 sq m/g



Quantachrome Corporation
NOVA Data Analysis Package Ver. 2.00
File Nama = fat-3 pen.dat

= Is Fatimah	User setup	= 6
= Zeolit Alam	Sample Cell Number	= 4
= 0,1416 g	Sample Volume	= 0,1416 cc
= 1,0000 g/cc		
= User	Po	= 751,25 mmHg
= N2	Bath Temperature	= 77,4 deg K
Desorption Tolerance	= 0,0000 mmHg	
Desorption Equil Time	= 0 sec	
Desorption Dwell Time	= 0 sec	
Time = Fri Jan 04 10:22:42 1980	Analysis End Time	= Fri Jan 04 12:00:37 1980



Pore Rad (A)	Pore Vol (10-3 cc/g)
412,816	16,144
161,731	20,502
109,148	21,82
81,667	19,969
64,667	18,109
52,314	16,887
44,81	19,396
39,783	24,636
35,014	86,893
31,054	25,071
28,105	31,941
25,739	28,184
23,586	28,629
22,047	28,294
20,331	26,787
18,791	30,678
17,491	32,502
16,271	36,971
15,149	48,889
10,531	72,046
9,583	86,908

Lampiran 6 Hasil gas sorption analysis TiO_2 - zeolit dengan konsentrasi $0,1 \text{ Ti}^{4+}$ / gram zeoli

Quantachrome Corporation
NOVA Data Analysis Package Ver. 2.00
File Name = ida-1.dat

User ID	= ida	User Setup	= 5
Sample ID	= TiO_2 zeolit ida-1	Sample Cell Number	= 2
Sample Weight	= 0.2783 g	Sample Volume	= 0.2783 cc
Sample Density	= 1.0000 g/cc		
Po Type	= User	Po	= 749.01 mm Hg
Adsorbate	= N_2	Bath Temperature	= 77.40 deg K
Adsorption Tolerance	= 0.1000 mm Hg	Desorption Tolerance	= 0.0000 mm Hg
Adsorption Equil Time	= 60 sec	Desorption Equil Time	= 0 sec
Adsorption Dwell Time	= 180 sec	Desorption Dwell Time	= 0 sec
Analysis Start Time	= Mon Mar 28 09:52:30 2005	Analysis End Time	= Mon Mar 28 11:51:25 2005

Multi BET (Adsorption)		BET Transform ($1/(W(Po/P - 1))$)
P/Po		
0.046212		1.514440
0.067182		2.116258
0.147084		4.624828
0.192663		6.179013
Slope	=	31.821203
Intercept	=	0.003771
Correlation Coefficient	=	0.999728
BET C	=	8438.970947
Surface Area	=	30.453578 sq m
Specific Surface Area	=	109.427159 sq m/g

Quantachrome Corporation
NOVA Data Analysis Package Ver. 2.00
File Name = ida-1.dat

ser ID	= Ida	User Setup	= 5
mple ID	= TiO2 zeolit Ida-1	Sample Cell Number	= 2
mple Weight	= 0.2783 g	Sample Volume	= 0.2783 cc
mple Density	= 1.0000 g/cc		
Type	= User	Po	= 749.01 mm Hg
isorbate	= N2	Bath Temperature	= 77.40 deg K
isorption Tolerance	= 0.1000 mm Hg	Desorption Tolerance	= 0.0000 mm Hg
isorption Equil Time	= 60 sec	Desorption Equil Time	= 0 sec
isorption Dwell Time	= 180 sec	Desorption Dwell Time	= 0 sec
alysis Start Time	= Mon Mar 28 09:52:30 2005	Analysis End Time	= Mon Mar 28 11:51:25 2005

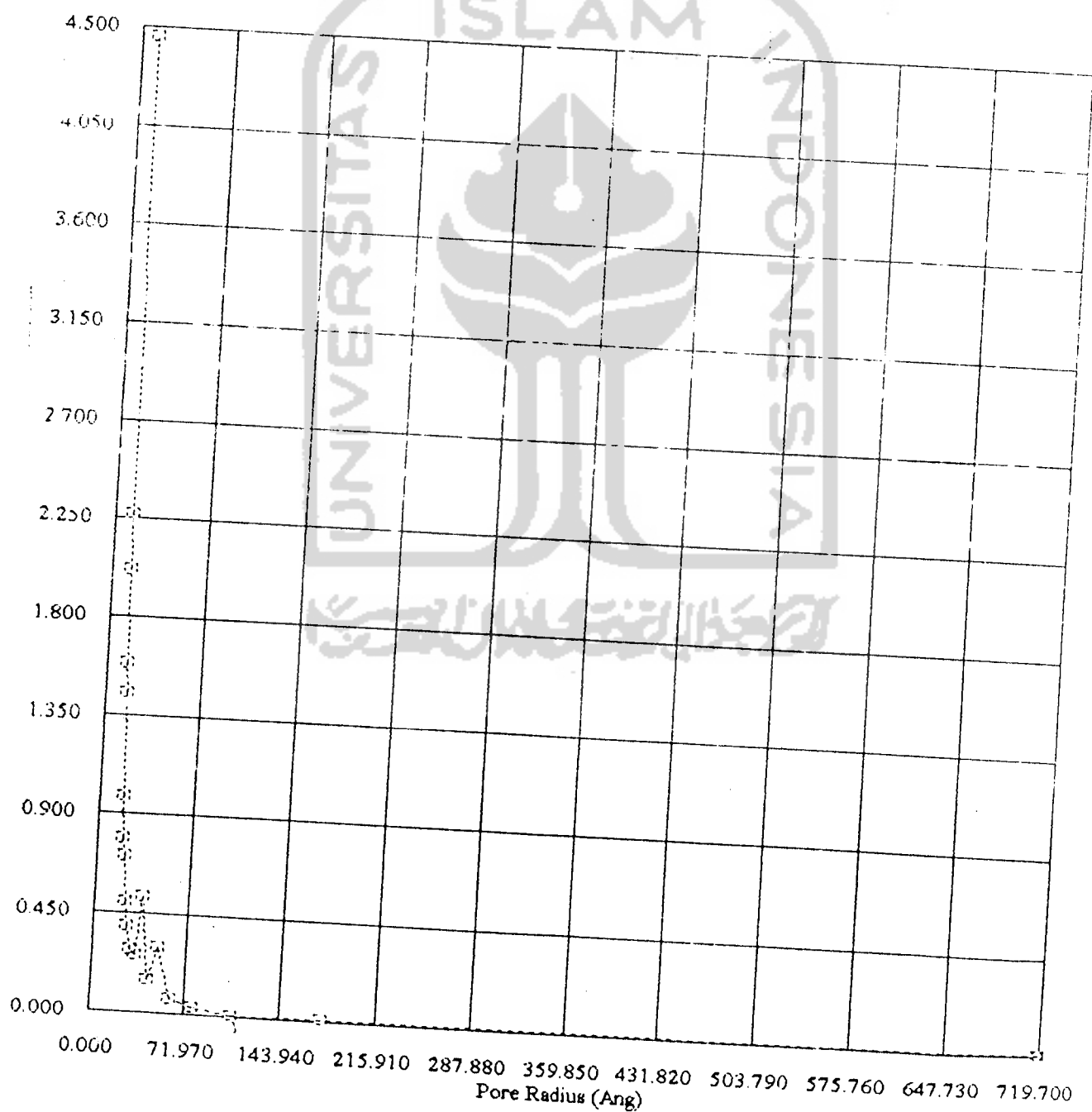
Pore Radius (Ang)	DVR (Adsorption)		Pore Volume (cc/A/g e-03)
	Pore Area (sq m/A/g e-03)		
719.674817	0.012929		0.000468
175.563480	0.568343		0.004989
107.679306	0.540655		0.002911
77.477245	8.835322		0.034227
60.289224	23.023575		0.063404
50.251191	120.509119		0.302786
42.865251	71.032848		0.152242
36.901207	286.330834		0.528298
32.823813	159.549947		0.261852
29.258624	137.451551		0.288858
26.360023	256.186057		0.390520
24.023227	417.837357		0.502010
21.962128	642.118050		0.705115
20.202874	777.214467		0.785098
18.611380	1051.116148		0.978136
17.204380	1685.174344		1.449619
15.932788	1988.868062		1.584411
14.766294	2725.417771		2.012954
13.676824	3315.327237		2.257157
12.720070	6997.058176		4.450153

Total Pore Volume is 65.799366 e-03 cc/g for
all pores less than 1185.142723 Angstrom.

Average pore radius is 12.026149 Angstrom.

ser ID	= Ida	User Setup	= 5
sample ID	= TiO2 zeolit Ida-1	Sample Cell Number	= 2
sample Weight	= 0.2783 g	Sample Volume	= 0.2783 cc
sample Density	= 1.0000 g/cc		
is Type	= User	Po	= 749.01 mm Hg
isorbate	= N2	Bath Temperature	= 77.40 deg K
isorption Tolerance	= 0.1000 mm Hg	Desorption Tolerance	= 0.0000 mm Hg
isorption Equil Time	= 60 sec	Desorption Equil Time	= 0 sec
isorption Dwell Time	= 180 sec	Desorption Dwell Time	= 0 sec
analysis Start Time	= Mon Mar 28 09:52:30 2005	Analysis End Time	= Mon Mar 28 11:51:25 2005

DVR (Adsorption)



Lampiran 7 Hasil gas sorption analysis TiO₂- zeolit dengan konsentrasi 0,2 Ti⁴⁺ / gram zeo

Quantachrome Corporation
NoVA Data Analysis Package Ver. 2.00
File Name = ida-2.dat

User ID	= Ida	User Setup	= 5
Sample ID	= TiO ₂ Zeolit ida2	Sample Cell Number	= 4
Sample Weight	= 0.2665 g	Sample Volume	= 0.2663 cc
Sample Density	= 1.0000 g/cc		
Po Type	= User	Po	= 747.49 mm Hg
Adsorbate	= N ₂	Bath Temperature	= 77.40 deg K
Adsorption Tolerance	= 0.1000 mm Hg	Desorption Tolerance	= 0.0000 mm Hg
Adsorption Equil Time	= 60 sec	Desorption Equil Time	= 0 sec
Adsorption Dwell Time	= 180 sec	Desorption Dwell Time	= 0 sec
Analysis Start Time	= Mon Mar 28 12:20:29 2005	Analysis End Time	= Mon Mar 28 13:35:03 2005

PoPo Multi BET (Adsorption)

BET Transform
(1/(W[Po/P - 1]))

0.048285		5.910842
0.066867		7.846744
0.151081		17.085162
0.206252		22.834590
0.250317		29.691478
Slope	=	114.061574
Intercept	=	0.199834
Correlation Coefficient	=	0.999593
BET C	=	571.782937

Surface Area	=	81.6425 sq m
Specific Surface Area	=	30.478502 sq m/g

Quantachrome Corporation
NOVA Data Analysis Package Ver. 2.00
File Name = ida-2.dat

Sample ID	= Ida	User Setup	= 5
Sample ID	= TiO2 Zeolit ida2	Sample Cell Number	= 4
Sample Weight	= 0.2663 g	Sample Volume	= 0.2663 cc
Sample Density	= 1.0000 g/cc		
Sample Type	= User	Po	= 747.49 mm Hg
Sample Orbate	= N2	Bath Temperature	= 77.40 deg K
Desorption Tolerance	= 0.1000 mm Hg	Desorption Tolerance	= 0.0000 mm Hg
Desorption Equil Time	= 60 sec	Desorption Equil Time	= 0 sec
Desorption Dwell Time	= 180 sec	Desorption Dwell Time	= 0 sec
Analysis Start Time	= Mon Mar 28 12:20:29 2005	Analysis End Time	= Mon Mar 28 13:35:03 2005

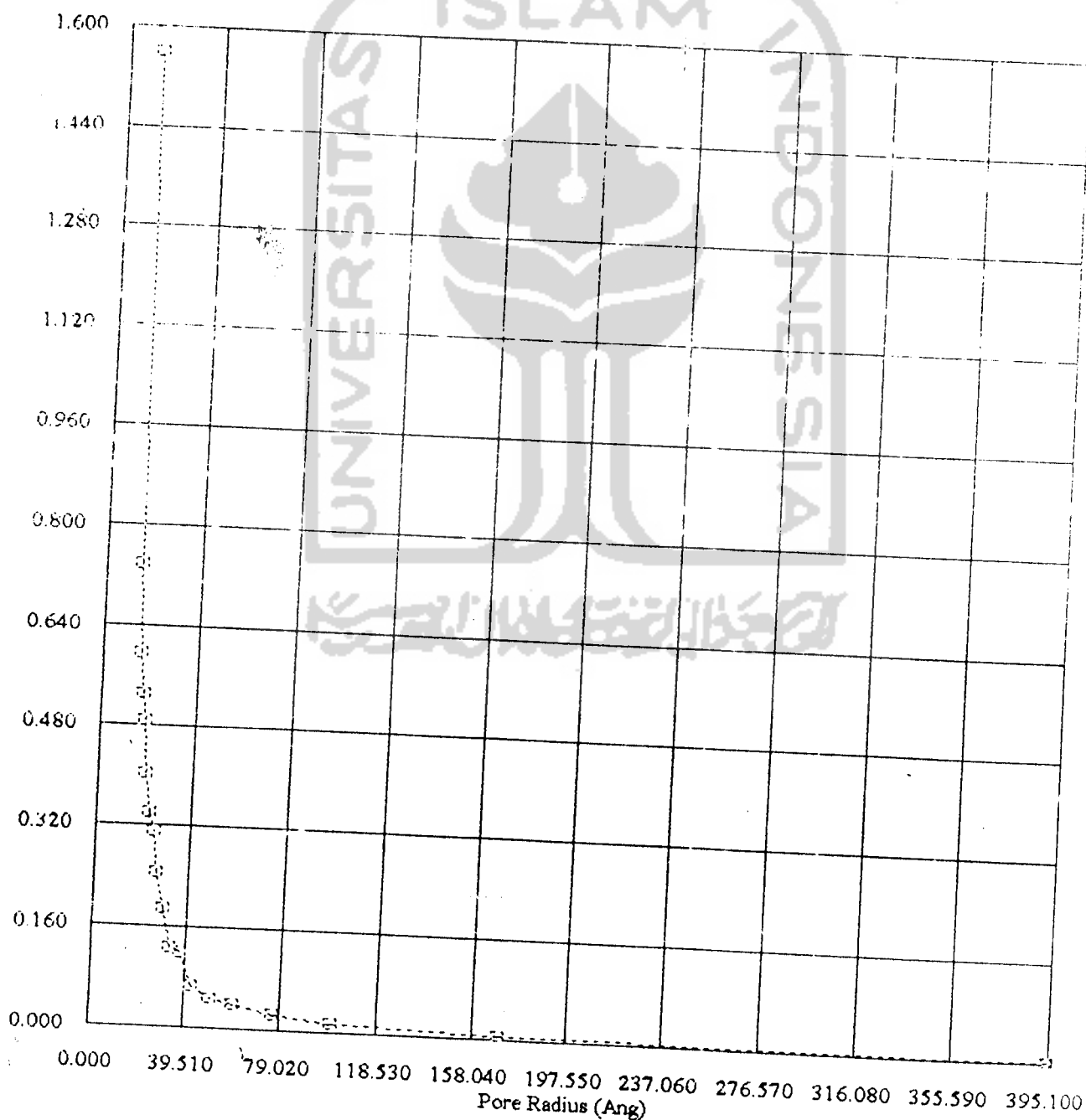
Pore Radius (Ang)	DVR (Adsorption)	
	Pore Area (sq m/A/g e-03)	Pore Volume (cc/A/g e-03)
395.069149	0.040378	0.000798
169.160419	0.527376	0.004461
100.180793	2.555740	0.012902
76.241843	6.303453	0.074029
59.606619	12.674576	0.017774
49.851236	19.039908	0.047458
42.241661	31.291940	0.066091
37.046043	64.290387	0.119085
32.513292	78.089838	0.126948
29.040933	128.581755	0.186707
26.140222	186.321364	0.245710
24.180682	256.150450	0.109743
22.069915	307.204753	0.338000
20.027415	401.233267	0.401783
18.506376	525.768066	0.486503
17.315036	610.751022	0.528759
15.872010	749.312928	0.594655
14.736360	1000.958590	0.737524
13.850018	2249.084712	1.557493

Total Pore Volume is 21.446731 e-03 cc/g for
all pores less than 540.362189 Angstrom.

Average pore radius is 14.073350 Angstrom.

er ID	= Ida	User Setup	= 5
ample ID	= TiO2 Zeolit ida2	Sample Cell Number	= 4
ample Weight	= 0.2663 g	Sample Volume	= 0.2663 cc
ample Density	= 1.0000 g/cc		
Type	= User	Po	= 747.49 mm Hg
sorbate	= N2	Bath Temperature	= 77.40 deg K
sorption Tolerance	= 0.1000 mm Hg	Desorption Tolerance	= 0.0000 mm Hg
sorption Equil Time	= 60 sec	Desorption Equil Time	= 0 sec
sorption Dwell Time	= 180 sec	Desorption Dwell Time	= 0 sec
alysis Start Time	= Mon Mar 28 12:20:29 2005	Analysis End Time	= Mon Mar 28 13:35:03 2005

DVR (Adsorption)



Lampiran 8 Hasil gas sorption analysis TiO₂- zeolit dengan konsentrasi 0,4 Ti⁴⁺ / gram zeolit

Quantachrome Corporation
NOVA Data Analysis Package Ver. 2.00
File Name = ida-4.dat

Sample ID	= ida	User Setup	= 5
Sample Weight	= 0.3251 g	Sample Cell Number	= 2
Sample Density	= 1.0000 g/cc	Sample Volume	= 0.3251 cc
Type Sorbate	= User = N2	Po	= 747.84 mm Hg
		Bath Temperature	= 77.40 deg K
Sorption Tolerance	= 0.1000 mm Hg	Desorption Tolerance	= 0.0000 mm Hg
Sorption Equil Time	= 60 sec	Desorption Equil Time	= 0 sec
Sorption Dwell Time	= 180 sec	Desorption Dwell Time	= 0 sec
Analysis Start Time	= Tue Mar 29 09:41:14 2005	Analysis End Time	= Tue Mar 29 10:48:34 2005

Multi BET (Adsorption)

P/Po

BET Transform
(1/(W(Po/P - 1)))

0.047351		6.290546
0.066124		8.522787
0.148876		18.769102
0.198518		25.216336
0.248777		32.302693
Slope	=	128.434169
Intercept	=	0.001751
Correlation Coefficient	=	0.999644
BET C	=	73340.982555
Surface Area	=	8.915298 sq m
Specific Surface Area	=	27.114813 sq m/g

ser ID = ida
Sample ID = T102 Zeolit Ida 4
Sample Weight = 0.3251 g
Sample Density = 1.0000 g/cc
Sample Type = User
Isorbate = H₂
Isorption Tolerance = 0.1000 mm Hg
Isorption Equil Time = 60 sec
Isorption Dwell Time = 180 sec
Analysis Start Time = Tue Mar 29 09:41:14 2005
User Setup = 5
Sample Cell Number = 2
Sample Volume = 0.3251 cc
Po = 747.84 mm Hg
Bath Temperature = 77.40 deg K
Desorption Tolerance = 0.0000 mm Hg
Desorption Equil Time = 0 sec
Desorption Dwell Time = 0 sec
Analysis End Time = Tue Mar 29 10:48:34 2005

Pore Radius (Ang)	DVR (Adsorption) Pore Area (sq in/A/g e-03)	Pore Volume (cc/A/g e-03)
387.513475	0.032816	0.000635
172.918459	0.309588	0.002785
103.734182	0.797622	0.004137
72.016512	41.181653	0.148292
53.881585	11.336153	0.053436
49.450554	20.015301	0.049488
42.145237	31.171492	0.065686
37.002579	54.902445	0.101577
32.612922	77.822951	0.124906
29.671119	114.592700	0.170005
26.677752	154.175068	0.205652
24.152173	211.524711	0.255574
22.004628	267.585310	0.295721
20.292378	319.249630	0.323917
18.720256	414.835925	0.388492
17.347965	596.466068	0.517374
16.078634	656.963540	0.528154
14.904152	922.208930	0.687297
13.826597	1146.500976	0.792610

Total Pore Volume is 20.246668 e-03 cc/g for
all pores less than 518.829372 Angstrom.

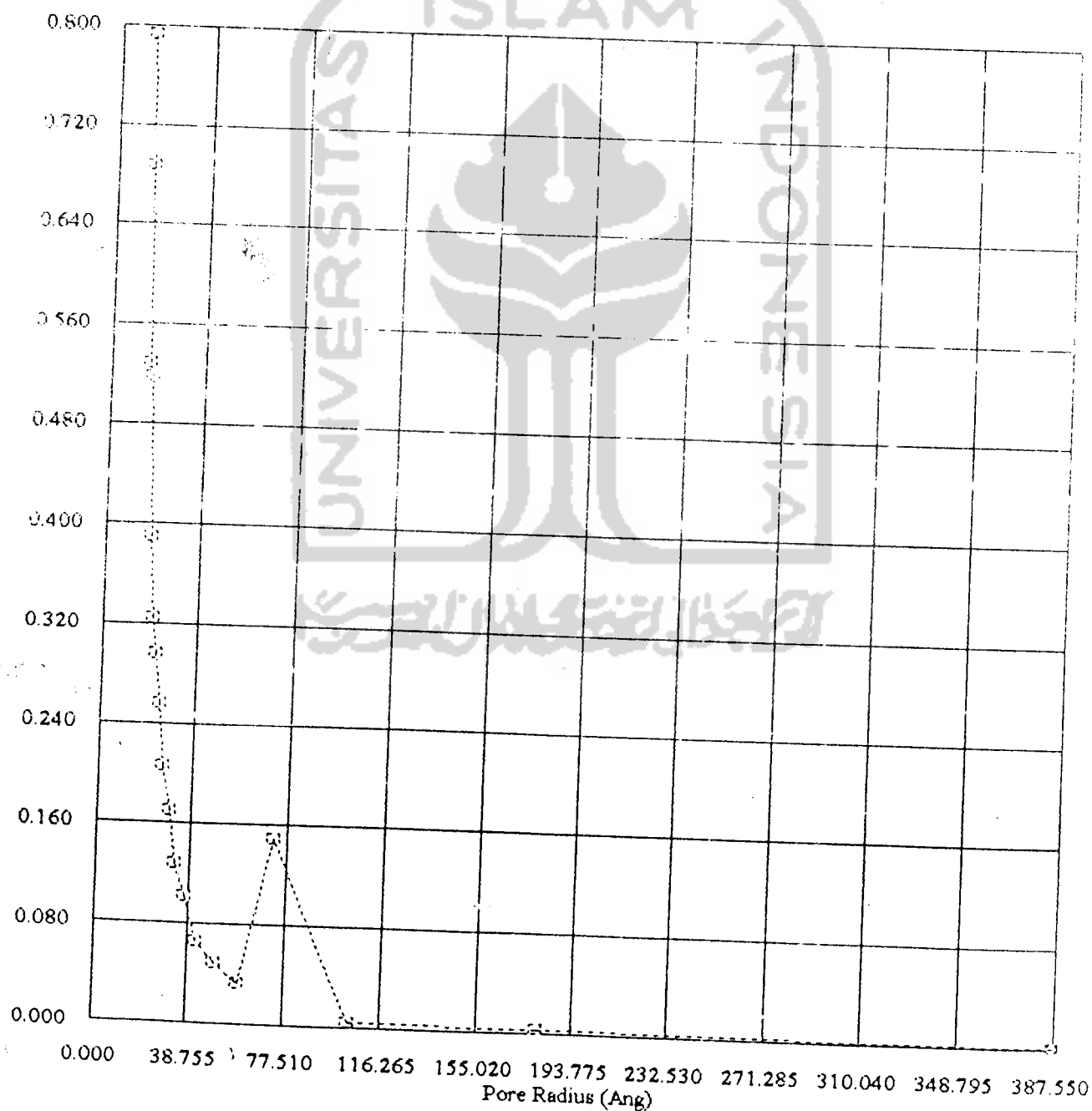
Average pore radius is 14.934024 Angstrom.

1.6860 G⁵

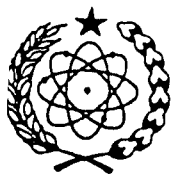
2.913929

er ID	= Ida	User Setup	= 5
mple ID	= TiO2 Zeolit Ida 4	Sample Cell Number	= 2
mple Weight	= 0.3251 g	Sample Volume	= 0.3251 cc
mple Density	= 1.0000 g/cc		
Type	= User	Po	= 747.84 mm Hg
sorbate	= N2	Bath Temperature	= 77.40 deg K
sorption Tolerance	= 0.1000 mm Hg	Desorption Tolerance	= 0.0000 mm Hg
sorption Equil Time	= 60 sec	Desorption Equil Time	= 0 sec
sorption Dwell Time	= 180 sec	Desorption Dwell Time	= 0 sec
alysis Start Time	= Tue Mar 29 09:41:14 2005	Analysis End Time	= Tue Mar 29 10:48:34 2005

DVE (Adsorption)



Lampiran 9 Data kandungan Ti dengan Analisis Aktivasi Netron (AAN) pada TiO_2 -zeolit



BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL

PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN TEKNOLOGI MAJU

JL. Babarsari, Kotak Pos 1008 Yogyakarta 55010 Indonesia - Telp. (0274) 488435, 484436

Fax. (0274) 487824 E-mail : <p3tm@batan.go.id

DATA ANALISIS UNSUR TITANIUM (Ti) PADA SAMPEL ZEOLITE
MENGUNAKAN METODE ANALISIS AKTIVASI NETRON (AAN)
(U/P. SDRI. IDA, MHS.JRS..KIMIA, FAK.MIPA UII YOGYAKARTA.)

HASIL PENGUJIAN :

NO.	KODE SAMPEL	PARAMETER	KADAR (%)	METODE
1.	Ida-1	Ti	2,692	AAN
2.	Ida-2	Ti	2,805	AAN
3.	Ida-3	Ti	2,562	AAN

Yogyakarta, 4 April 2005

Kapok. Dasar Inovasi Bahan,

Dr. Ir. Agus Taftazani

NIP. 330002278

Lampiran 10 Standar bentuk zeolit dan TiO_2

FAU

FAUJASITE

COMPOSITION:

$\text{Na}_{9.6}\text{Ca}_{4.8}\text{Al}_{57.6}\text{Si}_{134.4}\text{O}_{384}(\text{H}_2\text{O})_{263}$
Kaiserstuhl, Germany.

CRYSTAL DATA:

Cubic, $\text{Fd}\bar{3}\text{m}$, no. 227.
 $a = 24.74 \text{ \AA}$, $b = 24.74 \text{ \AA}$, $c = 24.74 \text{ \AA}$
 $\alpha = 90.00^\circ$, $\beta = 90.00^\circ$, $\gamma = 90.00^\circ$
single crystal refinement, $R = 0.13$.

REFERENCE:

W.H. Baur, Amer. Miner., 49, 697-704 (1964).

POWDER DIFFRACTION DATA:*

2 θ	d	I _{rel}	h	k	l	2 θ	d	I _{rel}	h	k	l
6.19	14.284	100.0	1	1	1	37.06	2.426	0.2	8	6	2
10.11	8.747	9.3	2	2	0	37.61	2.392	0.1	9	5	1
11.86	7.459	7.4	3	1	1	37.79	2.381	1.1	6	6	6
12.39	7.142	0.3	2	2	2	40.44	2.231	0.4	7	7	5/11 1 1
14.32	6.185	0.2	4	0	0	41.29	2.187	0.3	8	8	0
15.61	5.676	10.6	3	3	1	41.79	2.162	0.1	9	7	1
17.56	5.050	0.1	4	2	2	42.62	2.121	0.1	10	6	0
18.64	4.761	4.1	5	1	1	43.11	2.098	0.5	11	3	3/9 7 3
20.31	4.373	4.0	4	4	0	43.92	2.062	0.7	8	0	4/12 0 0
21.25	4.182	0.2	5	3	1	45.66	1.987	0.1	9	7	5
22.73	3.912	0.7	6	2	0	47.04	1.932	0.4	12	4	2/8 8 6
23.56	3.773	6.5	5	3	3	47.64	1.909	0.6	10	8	2
24.94	3.571	0.2	4	4	4	49.29	1.849	0.4	13	3	1/9 7 7
25.72	3.464	1.1	5	5	1	50.01	1.824	0.1	12	6	2
26.97	3.306	1.9	6	4	2	50.44	1.809	0.5	9	9	5
27.70	3.221	0.4	7	3	1	51.59	1.772	0.3	11	7	5
29.56	3.022	1.2	7	3	3	52.30	1.749	0.7	10	10	0/14 2 0
30.66	2.916	2.0	6	6	0/8 2 2	53.83	1.703	1.1	11	9	3
31.31	2.857	3.9	5	5	5/7 5 1	54.92	1.672	0.1	11	7	7
32.37	2.756	1.3	8	4	0	55.60	1.653	0.3	12	8	4
32.99	2.716	0.7	7	5	3/9 1 1	57.20	1.610	0.2	14	6	2
33.19	2.699	0.2	9	4	2	58.12	1.587	0.8	11	11	1
33.99	2.637	2.1	6	6	4	58.78	1.571	0.1	14	6	4
34.59	2.593	0.8	9	3	1	59.17	1.562	0.1	11	9	7
35.55	2.525	0.2	8	4	4						

* Reflections with integrated intensity I_{rel} greater than 0.1.

HEU

CLINOPTILOLITE

COMPOSITION:

 $\text{Na}_{1.8}\text{K}_{1.68}\text{H}_2\text{O}_{0.25}\text{Ca}_{1.16}\text{Al}_6.33\text{Si}_{29.67}\text{O}_{72}(\text{H}_2\text{O})_{20.1}$
 Agoura, USA

CRYSTAL DATA:

Monoclinic, C2/m, no. 12.

 $a = 17.662 \text{ \AA}$, $b = 17.911 \text{ \AA}$, $c = 7.407 \text{ \AA}$
 $\alpha = 90.00^\circ$, $\beta = 116.40^\circ$, $\gamma = 90.00^\circ$
single crystal refinement, $R_w = 0.09$.

REFERENCE:

K. Koyama and Y. Takéuchi, Zeit.Kristallogr., 145, 216-239 (1977).

POWDER DIFFRACTION DATA:

2θ	d	Irel	h	k	l	2θ	d	Irel	h	k	l	2θ	d	Irel	h	k	l
4.46	11.857	4.3	1	1	0	35.21	2.549	0.6	-3	5	2	47.17	1.927	1.0	-8	2	3
4.88	8.956	100.0	0	2	0	35.44	2.533	2.0	-1	5	2	47.30	1.922	0.6	-1	9	1
4.94	7.910	50.9	2	0	0	35.49	2.529	3.6	6	2	0	47.46	1.916	2.1	-2	6	2
5.06	6.842	1.8	-1	1	1	35.54	2.526	0.9	1	7	0	48.02	1.895	1.2	5	1	2
5.35	6.435	5.4	0	0	1	35.71	2.514	3.4	-5	5	1	48.49	1.877	0.8	2	2	3
5.84	5.929	9.8	2	2	0	36.16	2.484	3.1	3	5	1	48.74	1.868	0.6	-4	8	2
5.87	5.586	6.1	1	3	0	36.19	2.482	0.7	-7	1	1	49.07	1.862	2.4	3	9	0
6.03	5.331	0.6	0	2	1	36.50	2.462	1.6	-4	6	1	49.23	1.851	0.8	-9	3	2
6.37	5.243	15.7	-3	1	1	36.57	2.457	3.2	-6	4	1	49.69	1.835	0.9	-4	0	4
6.36	5.110	27.0	1	1	1	36.83	2.441	0.5	2	6	1	49.98	1.825	1.4	-5	1	4
6.53	5.059	4.4	3	1	0	36.85	2.439	1.4	5	1	1	50.04	1.823	2.6	-3	1	4
6.80	4.648	22.0	-1	3	1	37.02	2.428	4.0	-2	0	3	50.27	1.815	1.1	5	3	2
6.83	4.478	0.3	0	4	0	37.11	2.422	7.0	4	4	1	50.31	1.814	1.1	-6	0	4
6.90	4.354	7.4	-4	0	1	37.20	2.417	5.5	-7	1	2	50.55	1.806	0.9	-6	4	3
6.96	3.976	64.7	1	3	1	37.76	2.383	2.2	4	6	0	50.99	1.791	2.0	0	10	0
7.08	3.955	23.6	4	0	0	38.09	2.362	2.0	-4	2	3	51.01	1.790	0.1	-6	7	1
7.10	3.952	40.9	3	3	0	38.27	2.352	1.5	3	1	2	51.40	1.778	0.5	-6	2	4
7.11	3.916	24.6	-4	2	1	38.41	2.344	2.6	-2	2	3	51.42	1.777	1.2	0	6	3
7.22	3.897	29.2	2	4	0	38.50	2.338	0.6	-6	4	2	51.44	1.776	2.4	-3	7	3
7.21	3.832	4.8	2	2	1	38.75	2.324	0.5	-2	6	2	51.51	1.774	1.2	5	7	1
7.22	3.736	5.0	-2	4	1	38.84	2.319	1.5	-3	7	1	51.72	1.768	3.0	4	8	1
7.38	3.712	2.9	0	4	1	39.13	2.302	0.6	3	7	0	51.78	1.766	5.6	-7	7	2
7.44	3.702	7.3	-2	0	2	39.34	2.290	1.1	2	4	2	51.80	1.765	1.1	-10	0	2
7.45	3.555	18.5	-3	1	2	39.60	2.276	0.6	5	3	1	52.07	1.756	0.5	-2	2	4
7.46	3.513	0.5	-1	1	2	39.67	2.272	1.8	6	4	0	52.16	1.754	0.9	-7	3	4
7.50	3.494	3.5	1	5	0	39.89	2.260	1.0	-6	0	3	52.22	1.752	3.0	-3	3	4
7.52	3.463	5.5	-5	1	1	40.26	2.240	0.8	-4	6	2	52.44	1.745	1.3	-3	9	2
7.55	3.421	43.1	-2	2	2	40.28	2.239	0.7	0	8	0	52.58	1.741	1.9	-5	7	3
7.59	3.390	15.5	-4	0	2	40.80	2.212	1.3	0	0	3	52.95	1.729	3.7	0	10	1
7.62	3.386	2.6	3	1	1	40.93	2.205	0.9	3	3	2	53.14	1.724	2.8	3	9	1
7.68	3.317	13.2	0	0	3	41.20	2.191	2.9	-6	2	3	53.45	1.714	1.0	2	8	2
7.69	3.170	36.5	-4	2	2	41.49	2.176	1.2	-1	3	3	53.83	1.703	1.9	3	3	3
7.70	3.121	19.5	-4	4	1	42.35	2.134	3.2	-2	4	3	53.95	1.700	0.5	8	0	1
7.71	3.111	1.1	0	2	2	42.52	2.126	0.6	-2	8	1	54.11	1.695	2.5	-8	0	4
7.72	3.100	2.3	-3	3	2	42.78	2.114	2.1	7	3	0	54.15	1.694	2.8	7	7	0
7.73	3.078	1.5	2	4	1	42.86	2.110	0.8	4	0	2	54.26	1.691	3.2	-10	0	3
7.74	3.072	15.0	-1	3	2	42.94	2.106	0.6	-7	1	3	54.27	1.690	0.5	-10	2	1
7.75	3.027	4.1	-5	1	2	43.19	2.095	2.0	-6	6	1	54.59	1.681	0.7	-6	4	4
7.76	2.999	14.9	-3	5	1	43.27	2.091	1.1	-3	7	2	55.15	1.665	3.1	-8	2	4
7.77	2.986	1.9	3	3	1	43.38	2.086	3.8	6	2	1	55.24	1.663	1.1	-1	3	4
7.78	2.955	2.5	0	6	0	43.67	2.073	2.9	4	6	1	55.76	1.649	2.7	8	6	0
7.79	2.933	33.7	1	5	1	43.69	2.072	0.7	-5	7	1	55.86	1.646	1.5	-2	8	3
7.80	2.904	0.9	4	4	0	44.07	2.055	1.8	3	7	1	56.35	1.633	0.8	-7	7	3
7.81	2.963	16.2	3	5	0	44.09	2.054	0.9	1	1	3	56.39	1.632	1.4	4	10	0
7.82	2.950	15.7	1	1	2	44.46	2.029	1.1	5	5	1	56.40	1.631	0.9	-3	5	4
7.83	2.940	3.1	-6	0	1	44.93	2.018	3.1	-6	4	3	57.03	1.615	0.8	2	6	3
7.84	2.980	2.2	4	0	1	44.96	2.016	3.0	-7	5	2	57.93	1.592	3.6	3	5	3
7.85	2.796	33.1	5	3	0	45.39	1.978	0.5	8	0	0	57.99	1.591	2.7	-6	8	3
7.86	2.793	11.5	-6	2	1	45.92	1.976	0.7	6	6	0	58.05	1.589	0.9	8	4	1
7.87	2.742	1.9	-6	0	2	45.96	1.975	0.5	1	9	0	58.33	1.582	1.5	10	0	0
7.88	2.732	14.6	-2	6	1	46.18	1.966	0.6	-5	7	2	58.49	1.578	1.2	9	5	0
7.89	2.731	0.6	-5	3	2	46.34	1.959	3.3	-8	4	1	59.03	1.565	1.2	7	3	2
7.90	2.722	6.4	0	6	1	46.38	1.958	1.5	-8	4	2	59.17	1.561	1.0	-6	8	1
7.91	2.674	5.2	1	3	2	46.39	1.958	4.6	-1	5	3	59.32	1.558	0.7	10	2	0
7.92	2.665	2.5	0	4	2	46.78	1.942	3.6	-9	1	2	59.71	1.549	1.4	6	8	1
7.93	2.555	4.9	2	2	2	46.98	1.934	2.6	6	4	1						

MOR

MORDENITE

COMPOSITION:

$\text{Na}_8\text{Al}_8\text{Si}_{40}\text{O}_{96}(\text{H}_2\text{O})_{24}$
Challis, Idaho, USA.

CRYSTAL DATA:

Orthorhombic, Cmc, no. 63.
 $a = 18.11 \text{ \AA}$, $b = 20.53 \text{ \AA}$, $c = 7.528 \text{ \AA}$
 $\alpha = 90.00^\circ$, $\beta = 90.00^\circ$, $\gamma = 90.00^\circ$
single crystal refinement, $R = 0.07$.

REFERENCE:

V. Gramlich, pers.comm. and PhD Thesis, ETH, Zürich, (1971).

POWDER DIFFRACTION DATA:

2 θ	d	Irel	h	k	l	2 θ	d	Irel	h	k	l
6.51	13.581	100.0	1	1	0	36.86	2.438	2.7	2	6	2/5 3 2
8.61	10.265	14.9	0	2	0	38.54	2.336	0.7	1	3	3
9.77	9.055	58.5	2	0	0	39.54	2.279	1.0	5	7	0
13.45	6.584	38.9	1	1	1	40.40	2.233	2.0	4	8	0
13.83	6.402	26.2	1	3	0	41.27	2.188	1.6	2	4	3
14.59	6.071	11.6	0	2	1	41.67	2.168	0.9	6	6	1
15.30	5.791	8.7	3	1	0	41.82	2.160	1.7	3	7	2
17.28	5.133	0.6	0	4	0	44.11	2.053	5.5	0	10	0/3 9 1
17.59	5.042	2.6	2	2	1	44.13	2.052	0.6	5	1	3
18.19	4.877	3.8	1	3	1	44.51	2.036	3.2	7	3	2
19.34	4.590	3.3	3	1	1	44.92	2.018	4.6	4	4	3
19.61	4.527	21.5	3	3	0/4 0 0	45.42	1.997	2.8	8	4	1
19.88	4.465	0.6	2	4	0	45.95	1.975	0.7	5	3	3
20.95	4.241	1.4	0	4	1	45.96	1.975	0.6	2	6	3
21.45	4.142	4.5	4	2	0	46.45	1.955	6.4	6	8	0
22.20	4.004	39.4	1	5	0	46.58	1.950	0.6	5	7	2
22.92	3.880	0.7	3	3	1	46.95	1.935	1.4	9	1	1
23.16	3.840	14.2	2	4	1	47.07	1.930	0.8	9	3	0
23.64	3.764	6.7	0	0	2	47.34	1.920	4.8	4	8	2
24.53	3.629	3.6	4	2	1	47.97	1.896	0.6	6	2	3
24.96	3.567	1.9	5	1	0	47.98	1.896	1.0	1	7	3
25.20	3.534	3.9	0	2	2	48.09	1.892	0.8	7	5	2
25.63	3.476	68.5	2	0	2	48.36	1.882	8.6	0	0	4
26.04	3.422	4.5	0	6	0	48.70	1.870	2.1	5	9	1
26.25	3.395	39.8	3	5	0	48.86	1.864	1.1	1	1	4
27.09	3.292	4.2	2	2	2	50.39	1.811	4.6	10	0	0
27.49	3.245	11.2	1	3	2	50.64	1.803	1.0	1	11	1
27.68	3.223	42.8	5	1	1	50.89	1.794	6.8	7	1	3
27.87	3.201	26.5	5	3	0	52.67	1.738	0.9	4	0	4
28.28	3.156	3.5	3	1	2	53.11	1.725	1.6	7	7	2
28.66	3.115	3.1	0	6	1	53.33	1.718	1.8	9	3	2
28.85	3.095	3.3	4	4	1	53.48	1.713	0.5	4	2	4
28.88	2.946	5.4	2	6	1	53.82	1.703	0.8	1	5	4
28.90	2.896	1.7	6	2	0	54.02	1.698	1.9	8	8	0
28.95	2.894	18.6	4	0	2/3 3 2	54.38	1.687	1.6	5	7	3
28.95	2.743	2.6	1	5	2	55.04	1.668	0.7	7	9	1
28.95	2.702	7.8	1	7	1/6 2 1	55.05	1.668	2.0	0	12	1
28.97	2.638	1.4	3	7	0	55.86	1.646	0.6	3	5	4
28.97	2.566	4.6	0	8	0	56.74	1.622	2.6	5	3	4
28.97	2.521	13.6	3	5	2/4 4 2	57.71	1.597	3.9	8	4	3
28.99	2.469	0.9	2	8	0	59.34	1.557	0.7	0	12	2
28.99	2.468	1.0	1	1	3	59.76	1.548	3.9	8	8	2
28.99	2.459	5.2	6	4	1						

13-122

Calcium Iron Phosphate Hydrate				Anaspite			
d	100	70	60	50	d A	1/1	hkl
Ref. $\text{Fe}_2\text{P}_2\text{O}_7$	A	1/1	Visual	Filter No.	114.6m		
Ref. Atlas and Fisher, Univ. of Chicago, Chicago, Ill.							
Syn. Triclinic							
a	6.42	b	6.89	c	5.31	S.G. 1.71	(2)
a	101	b	104	c	104	104	104
Ref. Dana's System of Mineralogy, 7th Edition							
Ref. 1.602	D	2.81	mp	1.649	Sign		
Ref. 1.14							
From Hesse, Hesse, Germany, (near. Mus. Nat. Hist. 15425).							
Some weak lines unlisted.							

21-1272

Calcium Iron Phosphate Hydrate				Anaspite			
d	100	70	60	50	d A	1/1	hkl
Ref. $\text{Fe}_2\text{P}_2\text{O}_7$	A	1/1	Visual	Filter No.	114.6m		
Ref. Atlas and Fisher, Univ. of Chicago, Chicago, Ill.							
Syn. Triclinic							
a	6.42	b	6.89	c	5.31	S.G. 1.71	(2)
a	101	b	104	c	104	104	104
Ref. Dana's System of Mineralogy, 7th Edition							
Ref. 1.602	D	2.81	mp	1.649	Sign		
Ref. 1.14							
From Hesse, Hesse, Germany, (near. Mus. Nat. Hist. 15425).							
Some weak lines unlisted.							

29-384

Calcium Iron Phosphate Hydrate				Anaspite			
d	100	70	60	50	d A	1/1	hkl
Ref. $\text{Fe}_2\text{P}_2\text{O}_7$	A	1/1	Visual	Filter No.	114.6m		
Ref. Atlas and Fisher, Univ. of Chicago, Chicago, Ill.							
Syn. Triclinic							
a	6.42	b	6.89	c	5.31	S.G. 1.71	(2)
a	101	b	104	c	104	104	104
Ref. Dana's System of Mineralogy, 7th Edition							
Ref. 1.602	D	2.81	mp	1.649	Sign		
Ref. 1.14							
From Hesse, Hesse, Germany, (near. Mus. Nat. Hist. 15425).							
Some weak lines unlisted.							

20-1092

Calcium Iron Phosphate Hydrate				Anaspite			
d	100	70	60	50	d A	1/1	hkl
Ref. $\text{Fe}_2\text{P}_2\text{O}_7$	A	1/1	Visual	Filter No.	114.6m		
Ref. Atlas and Fisher, Univ. of Chicago, Chicago, Ill.							
Syn. Triclinic							
a	6.42	b	6.89	c	5.31	S.G. 1.71	(2)
a	101	b	104	c	104	104	104
Ref. Dana's System of Mineralogy, 7th Edition							
Ref. 1.602	D	2.81	mp	1.649	Sign		
Ref. 1.14							
From Hesse, Hesse, Germany, (near. Mus. Nat. Hist. 15425).							
Some weak lines unlisted.							

18-36

Calcium Iron Phosphate Hydrate				Anaspite			
d	100	70	60	50	d A	1/1	hkl
Ref. $\text{Fe}_2\text{P}_2\text{O}_7$	A	1/1	Visual	Filter No.	114.6m		
Ref. Atlas and Fisher, Univ. of Chicago, Chicago, Ill.							
Syn. Triclinic							
a	6.42	b	6.89	c	5.31	S.G. 1.71	(2)
a	101	b	104	c	104	104	104
Ref. Dana's System of Mineralogy, 7th Edition							
Ref. 1.602	D	2.81	mp	1.649	Sign		
Ref. 1.14							
From Hesse, Hesse, Germany, (near. Mus. Nat. Hist. 15425).							
Some weak lines unlisted.							

29-385

Calcium Iron Phosphate Hydrate				Anaspite			
d	100	70	60	50	d A	1/1	hkl
Ref. $\text{Fe}_2\text{P}_2\text{O}_7$	A	1/1	Visual	Filter No.	114.6m		
Ref. Atlas and Fisher, Univ. of Chicago, Chicago, Ill.							
Syn. Triclinic							
a	6.42	b	6.89	c	5.31	S.G. 1.71	(2)
a	101	b	104	c	104	104	104
Ref. Dana's System of Mineralogy, 7th Edition							
Ref. 1.602	D	2.81	mp	1.649	Sign		
Ref. 1.14							
From Hesse, Hesse, Germany, (near. Mus. Nat. Hist. 15425).							
Some weak lines unlisted.							

Lampiran 11. Perhitungan Kandungan Ti Teoritis

Kandungan Ti Teoritis pada sampel $\text{TiO}_2\text{-Z1}$ sebesar:

$$0,1 \text{ mol/L} \times 0,1 \text{ L} = 0,01 \text{ mol}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa} &= 0,01 \text{ mol} \times 47,9 \text{ g/mol} \\ &= 0,479 \text{ g}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\% \text{ Ti} &= 0,479 \text{ g} / 25 \text{ g} \times 100 \\ &= 1,916\end{aligned}$$

Kandungan Ti Teoritis pada sampel $\text{TiO}_2\text{-Z2}$ sebesar:

$$0,2 \text{ mol/L} \times 0,1 \text{ L} = 0,02 \text{ mol}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa} &= 0,02 \text{ mol} \times 47,9 \text{ g/mol} \\ &= 0,858 \text{ g}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\% \text{ Ti} &= 0,858 \text{ g} / 25 \text{ g} \times 100 \\ &= 3,432\end{aligned}$$

Kandungan Ti Teoritis pada sampel $\text{TiO}_2\text{-Z4}$ sebesar:

$$0,4 \text{ mol/L} \times 0,1 \text{ L} = 0,04 \text{ mol}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa} &= 0,04 \text{ mol} \times 47,9 \text{ g/mol} \\ &= 1,916 \text{ g}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\% \text{ Ti} &= 1,716 \text{ g} / 25 \text{ g} \times 100 \\ &= 7,664\end{aligned}$$

Lampiran 12

Data dan grafik kurva baku metilen biru pH = 6-7 dengan spektrofotometer UV-Visible

Konsentrasi (mg/L)	Absorbansi
0	0
0,2	0,074
0,4	0,147
0,6	0,204
0,8	0,296

Nilai : Slope = 0,361

Intersep = -0,0002

Koefisien korelasi (r) = 0,997893

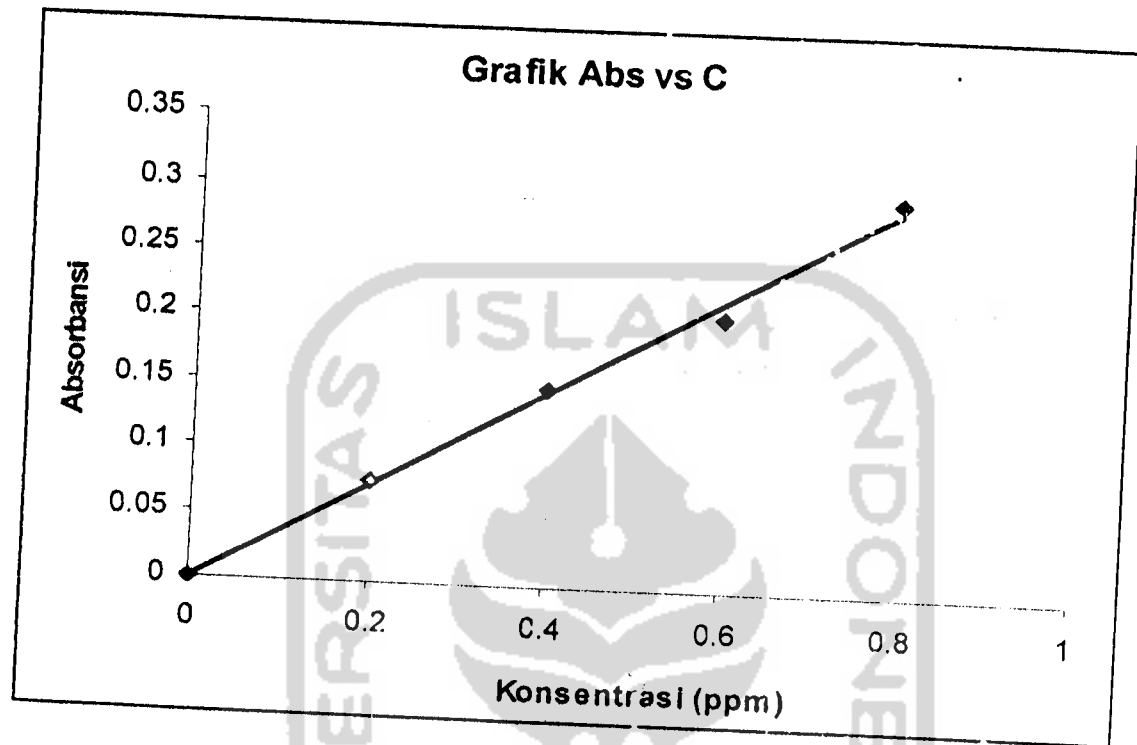
Persamaan : $Abs = 0,361 C - 0,0002$

Nilai -0,0002 tidak bermakna, jadi persamaan di atas menjadi :

$Abs = 0,361 C$

Dengan, Abs adalah absorbansi larutan

C adalah konsentrasi larutan (mg/L)



Lampiran 13

Data absorbansi dan konsentrasi metilen biru setelah fotodegradasi dengan sinar UV dan dikatalis TiO_2 -zeolit dengan variasi konsentrasi ion Ti (IV)

Persamaan : $\text{Abs} = 0,361 C$

Sampel	Absorbansi	Rata-rata Absorbansi	Konsentrasi (mg/L)	Rata-rata Konsentrasi (mg/L)
TiO_2 -zeolit1	0,031	0,031	0,086	0,086
	0,031		0,086	
	0,031		0,086	
TiO_2 -zeolit2	0,135	0,135	0,374	0,374
	0,136		0,377	
	0,135		0,374	
TiO_2 -zeolit4	0,005	0,005	0,014	0,014
	0,005		0,014	
	0,005		0,014	

Lampiran 14

Data persentase penurunan metilen biru setelah fotodegradasi dengan sinar UV dan dikatalis TiO_2 -zeolit dengan variasi konsentrasi Ti

Perhitungan presentase dengan rumus :

$$\% \text{ penurunan} = \frac{C_0 - C_t}{C_0} \times 100 \%$$

Dengan, C_t adalah konsentrasi metilaen biru setelah fotodegradasi dengan sinar UV dan katalis TiO_2 -zeolit dengan varisi konsentrasi Ti

C_0 adalah konsentrasi awal metilen biru (1mg/l.)

Sampel	Konsentrasi (mg/L)	Penurunan (%)
TiO_2 -Zeolit1	0,086	91,4
TiO_2 -Zeolit2	0,374	62,5
TiO_2 -Zeolit4	0.014	98,6