

**PEMANFAATAN ZEOLIT ALAM CIAMIS SEBAGAI PENGEMBAN
FOTOKATALIS TiO₂ UNTUK FOTODEGRADASI ZAT WARNA
*RHODAMINE B***

**Skripsi
Untuk memenuhi sebagian persyaratan
Mencapai derajat Sarjana Kimia**



**Siti Agusriyanti
10630014**

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA
2014**



SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Surat Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir

Lamp :-

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr. wb.

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

Nama : Siti Agusriyanti

NIM : 10630014

Judul Skripsi : Pemanfaatan Zeolit Alam Ciamis Sebagai Pengembang Fotokatalis TiO₂ untuk Fotodegradasi Zat Warna Rhodamine B

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

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

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 15 September 2014

Pembimbing

Pedy Artsanti, M.Sc

**SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR**

Hal : Nota Dinas Konsultan Skripsi
Lamp : -

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
di Yogyakarta

Assalamu 'alaikum wr. wb.

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

Nama : Siti Agusriyanti

NIM : 10630014

Judul Skripsi : Pemanfaatan Zeolit Alam Ciamis Sebagai Pengembang Fotokatalis TiO_2 untuk Fotodegradasi Zat Warna *Rhodamine B*

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

Wassalamu 'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 15 Oktober 2014

Konsultan

Endaruji Sedyadi, S.Si., M.Sc

**SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR**

Hal : Nota Dinas Konsultan Skripsi

Lamp :-

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr. wb.

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

Nama : Siti Agusriyanti

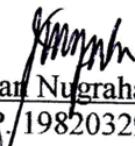
NIM : 10630014

Judul Skripsi : Pemanfaatan Zeolit Alam Ciamis Sebagai Pengembang Fotokatalis TiO₂ untuk Fotodegradasi Zat Warna Rhodamine B

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

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 16 Oktober 2014
Konsultan


Irwan Nugraha, M.Sc
NIP. 198203292011011005



PENGESAHAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Nomor : UIN.02/D.ST/PP.01.1/3054/2014

Skripsi/Tugas Akhir dengan judul : Pemanfaatan Zeolit Alam Ciamis Sebagai Pengembang Fotokatalis TiO_2 untuk Fotodegradasi Zat Warna Rhodamine B

Yang dipersiapkan dan disusun oleh :

Nama : Siti Agusriyanti

NIM : 10630014

Telah dimunaqasyahkan pada : 7 Oktober 2014

Nilai Munaqasyah : A

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

TIM MUNAQASYAH :

Ketua Sidang

Pedy Artsanti, M.Sc

Pengaji I

Endaruji Sedyadi, M.Sc

Pengaji II

Irwan Nugraha, M.Sc
NIP. 19820329 201101 1 005

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Siti Agusriyanti
NIM : 10630014
Program Studi : Kimia
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Skripsi : Pemanfaatan Zeolit Alam Ciamis Sebagai Pengembang Fotokatalis TiO_2 untuk Fotodegradasi Zat Warna *Rhodamine B*

Menyatakan dengan sesungguhnya, bahwa skripsi ini adalah hasil pekerjaan sendiri dan sepanjang pengetahuan penyusun tidak berisi materi yang telah dipublikasikan atau telah ditulis oleh orang lain, kecuali pada bagian tertentu yang diambil sebagai acuan yang tertulis dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka. Apabila terbukti ini tidak benar, sepenuhnya menjadi tanggung jawab penyusun.

Yogyakarta, 15 September 2014
Penyusun



Siti Agusriyanti
NIM:10630014

MOTTO

“Saat engkau menginginkan sesuatu, seluruh jagat raya bersatu padu untuk membantumu meraihnya.”

(Paulo Coelho)

Man Jad达 Wa Jad达

“Allah tidak membebani seseorang kecuali sesuai dengan batas kemampuannya . . . ”

(Q.S Al-Baqoroh: 287)

Jika tekad kuat mampu mengantarkanmu menuju gerbang kesuksesan, maka kesabaran, keikhlasan, syukur serta do'a akan membantumu membuka gerbangnya.

(Siti Agusriyanti)

PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur dan bangga, karya kecil ini
kupersembahkan teruntuk orang-orang spesial dalam hidupku:

Ibu, Bapak, Pdik, saudara, sahabat,
dan untuk semua yang tak pernah lelah mencari ilmu.

Serta untuk almamater tercinta

Program Studi Kimia

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Illahi Rabbi atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Pemanfaatan Zeolit Alam Ciamis Sebagai Pengembang Fotokatalis TiO₂ untuk Fotodegradasi Zat Warna Rhodamine B”. Adapun penyusunan skripsi ini ditujukan untuk memenuhi sebagian persyaratan dalam mencapai derajat Sarjana Strata Satu pada program studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Sunan Kalijaga Yogyakarta.

Skripsi ini mungkin tidak dapat terselesaikan tanpa adanya bantuan dari pihak lain. Oleh karena itu, penyusun mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Prof. Drs. Akh. Minhaji, MA., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Ibu Esti Wahyu Widowati, M.Si., selaku Ketua Program Studi Kimia FST UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Ibu Maya Rahmayanti, M.Si., selaku dosen pembimbing akademik yang telah membimbing, mengarahkan dan memberikan motivasi selama studi.
4. Ibu Pedy Artsanti, M.Sc., selaku dosen pembimbing skripsi yang telah memberikan banyak masukan, nasehat, membimbing dengan penuh kesabaran dan keikhlasan, serta selalu memberikan motivasi untuk terus memiliki mimpi, percaya pada kemampuan diri dan tetap optimis.
5. Bapak/Tbu dosen Program Studi Kimia UIN Sunan Kalijaga dan seluruh staf karyawan Fakultas Sains dan Teknologi yang telah memberikan ilmu dan bantuannya selama studi.
6. Kedua Orang Tua tercinta dan Adik tersayang yang tidak pernah berhenti mendo’akan penyusun dan senantiasa memberikan dukungan baik moril maupun materil disetiap waktunya.
7. Para sahabat yang luar biasa, Merry, Afid, Ifah, Ulfah, Atin, Puput, Dyda, Vita, dan Ani yang selalu berbagi kisah, kasih, pengetahuan, semangat, kekuatan dan membuat Jogja lebih istimewa dengan kehadiran kalian.

- Teman-teman seperjuangan di laboratorium Kimia UIN Sunan Kalijaga yang selalu siap sedia memberikan bantuan dan sharing ilmunya.
8. Ibu Isni Gustanti, S.Si., Bapak A. Wijayanto, S.Si., dan Bapak Indra Nafiyanto, S.Si., selaku laboran Laboratorium Kimia UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang telah memberikan pengarahan dan dorongan selama melakukan penelitian.
 9. Teman-teman Kimia UIN Sunan Kalijaga khususnya angkatan 2010 dan semua pihak yang telah memberikan bantuan dan ikut berpartisipasi dalam penelitian maupun penyusunan Skripsi.

Jazakumullah khoiron katsiron. Tidak ada balasan yang bisa penyusun berikan selain do'a yang tulus dari hati yang paling dalam, semoga semua amal kebaikan kalian menjadi ladang amal untuk kehidupan di akhirat kelak.

Penyusunan skripsi ini dilakukan dengan sebaik-baiknya sesuai dengan kemampuan dan disiplin ilmu yang telah diperoleh penyusun selama proses pembelajaran. Namun, apabila masih banyak kekurangan, baik dalam segi bahasa, isi, maupun sistematika penyusunannya, penyusun memohon maaf. Oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penyusun harapkan.

Akhir kata, semoga skripsi ini memberikan manfaat yang sebesar-besarnya bagi penyusun khususnya dan bagi para pembaca pada umumnya. Aamiin.

Yogyakarta, September 2014

Penyusun

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
NOTA DINAS KONSULTAN.....	iii
PENGESAHAN SKRIPSI.....	v
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN.....	vi
HALAMAN MOTTO	vii
HALAMAN PERSEMBAHAN	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
ABSTRAK	xvi
 BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Batasan Masalah.....	4
C. Rumusan Masalah	4
D. Tujuan Penelitian	4
E. Manfaat Penelitian	5
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	
A. Tinjauan Pustaka	6
B. Landasan Teori.....	8
1. Fotokatalis.....	8
2. TiO ₂	10
3. Zeolit	12
4. Zat Warna Rhodamine B	16

5. Spektroskopi UV-Vis	17
6. XRD	19
7. FT-IR.....	20
8. XRF.....	22
BAB III METODE PENELITIAN	
A. Waktu dan Tempat Penelitian	23
B. Alat-alat Penelitian.....	23
C. Bahan Penelitian.....	23
D. Cara Kerja Penelitian	24
1. Preparasi Zeolit	24
2. Aktivasi Zeolit.....	24
3. Sintesis Komposit Zeolit-TiO ₂	24
4. Fotodegradasi Larutan <i>Rhodamine B</i> Variasi Waktu.....	25
5. Fotodegradasi Larutan <i>Rhodamine B</i> Variasi Konsentrasi	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Preparasi Zeolit	27
B. Aktivasi Zeolit.....	28
C. Sintesis Komposit Zeolit-TiO ₂	29
D. Karakterisasi Material Menggunakan XRD.....	30
E. Karakterisasi Material Menggunakan FT-IR	34
F. Analisis Material Menggunakan XRF	38
G. Fotodegradasi Larutan <i>Rhodamine B</i> Variasi Waktu.....	39
H. Fotodegradasi Larutan <i>Rhodamine B</i> Variasi Konsentrasi	49
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
A. Kesimpulan	51
B. Saran.....	52
DAFTAR PUSTAKA	53
LAMPIRAN	57

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 4.1 Interpretasi XRD TiO ₂ <i>Degussa</i> dan Komposit zeolit-TiO ₂	33
Tabel 4.2 Interpretasi FTIR TiO ₂ Degussa, ZH dan Komposit zeolit-TiO ₂	38
Tabel 4.3 Hasil analisis kandungan Ti pada ZH dan komposit zeolit-TiO ₂ menggunakan XRF.....	39

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Fotooksitasi elektron pada semikonduktor	8
Gambar 2.2 Struktur kristal TiO ₂	11
Gambar 2.3 Struktur kimia zat warna <i>Rhodamine B</i>	17
Gambar 4.1 Difraktogram ZA dan ZH.....	30
Gambar 4.2 Difraktogram TiO ₂ <i>degussa</i> dan komposit zeolit-TiO ₂	32
Gambar 4.3 Spektra FT-IR ZA dan ZH	34
Gambar 4.4 Spektra FTIR TiO ₂ <i>Degussa</i> , ZH, dan Komposit zeolit-TiO ₂	37
Gambar 4.5 Kurva hubungan waktu terhadap persentase degradasi <i>Rhodamine B</i>	40
Gambar 4.6 Spektra Absorpsi UV-Vis larutan <i>Rhodamine B</i> sebelum direaksikan dengan material lain	42
Gambar 4.7 Spektra Absorpsi UV-Vis larutan <i>Rhodamine B</i> menggunakan komposit zeolit-TiO ₂ tanpa penyinaran UV	43
Gambar 4.8 Spektra Absorpsi UV-Vis larutan <i>Rhodamine B</i> menggunakan zeolit dengan penyinaran UV	44
Gambar 4.9 Spektra Absorpsi UV-Vis larutan <i>Rhodamine B</i> menggunakan komposit zeolit-TiO ₂ dengan penyinaran UV	45
Gambar 4.9 Jalur Fotodegradasi <i>Rhodamine B</i>	48
Gambar 4.10 Kurva hubungan konsentrasi awal larutan <i>Rhodamine B</i> dengan persen degradasi.....	49

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Data XRD Zeolit Mordenit (Standar)	57
Lampiran 2. Data XRD Zeolit Klinoptilolit (Standar)	59
Lampiran 3. Data JCPDS TiO ₂ <i>Anatase</i> (Standar)	61
Lampiran 4. Data JCPDS TiO ₂ <i>Rutile</i> (Standar)	62
Lampiran 5. Data Karakterisasi FTIR Zeolit Alam	63
Lampiran 6. Data Karakterisasi FT-IR Zeolit Aktivasi	64
Lampiran 7. Data Karakterisasi FT-IR Komposit Zeolit-TiO ₂	65
Lampiran 8. Data Analisis XRF.....	66
Lampiran 9. Penentuan Panjang Gelombang Maksimum <i>Rhodamine B</i>	67
Lampiran 10. Pembuatan Kurva Standar <i>Rhodamine B</i>	68
Lampiran 11. Hasil Fotodegradasi Larutan <i>Rhodamine B</i> Variasi Waktu.....	69
Lampiran 12. Hasil Fotodegradasi Larutan <i>Rhodamine B</i> Variasi Konsentrasi	70
Lampiran 13. Dokumentasi.....	71

ABSTRAK

Pemanfaatan Zeolit Alam Ciamis Sebagai Pengembangan Fotokatalis TiO₂ untuk Fotodegradasi Zat Warna *Rhodamine B*

Oleh:

Siti Agusriyanti
10630014

Dosen Pembimbing: Pedy Artsanti, M.Sc

Telah dilakukan pengembangan TiO₂ ke dalam zeolit alam Ciamis yang telah diaktifasi HCl (komposit zeolit-TiO₂). Komposit zeolit-TiO₂ tersebut diaplikasikan untuk fotodegradasi zat warna *Rhodamine B*. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui karakterisasi dari zeolit-TiO₂ serta aktivitasnya terhadap fotodegradasi zat warna *Rhodamine B*.

Sintesis komposit zeolit-TiO₂ dilakukan dengan mencampurkan zeolit teraktivasi HCl, TiO₂ *degussa*, dan etanol *absolute* (20:1:20). Komposit yang terbentuk kemudian dikarakterisasi menggunakan XRD, FT-IR dan XRF. Selanjutnya komposit digunakan untuk fotodegradasi zat warna *Rhodamine B* dengan variasi waktu penyinaran UV selama 60, 75, 90, 105, 120 dan 135 menit, serta variasi konsentrasi awal larutan yaitu 10, 20, 40, 60, 80, 90 dan 100 ppm. Pengurangan *Rhodamine B* akibat fotodegradasi dianalisis dengan spektoskopi UV-Vis pada panjang gelombang maksimum sehingga bisa diketahui % degradasinya.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sintesis komposit zeolit-TiO₂ relatif berhasil. Hal tersebut dilihat dengan adanya refleksi TiO₂ jenis anatase di daerah 20 25,38° pada difraktogram XRD komposit. Selain itu, pada spektra FT-IR komposit juga muncul serapan gugus TiO₂ pada daerah 694,37 cm⁻¹. Dugaan tersebut diperkuat oleh XRF dengan bertambahnya jumlah Ti pada komposit setelah pengembangan TiO₂ sebanyak 0,55 %. Kondisi optimum untuk fotodegradasi zat warna *Rhodamine B* dicapai pada waktu penyinaran UV selama 105 menit dengan konsentrasi awal larutan 10 ppm , yaitu sebesar 81,8 %.

Kata Kunci: Zeolit Alam, TiO₂, Komposit zeolit-TiO₂, Fotodegradasi, *Rhodamine B*

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sektor industri tekstil merupakan salah satu penyumbang devisa terbesar untuk Indonesia, sehingga perkembangannya terus ditingkatkan seiring dengan adanya persaingan global yang cukup ketat. Perkembangan industri tekstil tersebut sangat memberikan dampak positif bagi perekonomian bangsa, akan tetapi disisi lain dapat menimbulkan masalah yang serius bagi lingkungan terutama masalah limbah zat warna yang dibuang secara langsung ke sungai/lingkungan tanpa diolah terlebih dahulu. Telah dilaporkan oleh Gupta dkk. (2005) bahwa limbah zat warna yang dibuang ke perairan oleh industri tekstil adalah sekitar 100 ton untuk setiap tahunnya. Angka yang cukup besar tersebut jelas akan menimbulkan masalah jika tidak diperhatikan lebih lanjut. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian untuk menangani masalah tersebut.

Zat warna pada industri tekstil digunakan pada proses pencelupan dan pencapan. Hasil samping dari kedua proses tersebut adalah limbah cair zat warna yang berbahaya bagi lingkungan terutama lingkungan perairan karena umumnya merupakan senyawa organik yang bersifat *non-biodegradable*, beracun dan stabil (Manurung dkk., 2004; Rashed dkk., 2007). *Rhodamine B* merupakan salah satu jenis zat warna sintetik yang sering digunakan dalam industri tekstil. Zat warna ini bersifat reaktif, stabil dan dapat terdekomposisi menjadi senyawa yang lebih berbahaya (Kurnia, 2011). Selain itu *Rhodamine B* dalam tubuh dapat

mengakibatkan timbulnya berbagai penyakit serius seperti kanker, gangguan fungsi hati dan kerusakan pada ginjal. Oleh karena sifatnya yang berbahaya bagi lingkungan maka perlu adanya penanganan lebih lanjut terhadap limbah zat warna yang dihasilkan dari industri tekstil tersebut sehingga benar-benar aman untuk dilepas ke lingkungan.

Berbagai metode yang sudah banyak dilakukan dan memberikan hasil yang cukup efektif adalah metode adsorpsi, biodegradasi, klorinasi dan ozonisasi. Akan tetapi metode-metode tersebut memerlukan biaya operasional yang sangat besar sehingga kurang efektif untuk diterapkan di Indonesia. Metode lain yang banyak digunakan adalah koagulasi kombinasi, oksidasi, elektrokimia, flukolasi, osmosis balik dan adsorpsi menggunakan karbon aktif. Namun metode-metode tersebut juga memiliki kelemahan, yaitu pada dasarnya hanya berperan mentransfer polutan dari air limbah ke media lainnya sehingga menyebabkan polusi yang lain (Wijaya dkk., 2006). Dalam beberapa dekade ini, proses fotokatalitik menggunakan semikonduktor TiO₂ dengan sinar UV sebagai sumber penyinaran telah menunjukkan potensi untuk mengatasi permasalahan dari limbah zat warna (Joshi dan Shrivastava, 2010). TiO₂ merupakan bahan semikonduktor yang ketersediaannya cukup banyak di pasaran serta tergolong lebih unggul (Fatimah dkk., 2006). Dalam praktek remediasi polutan biasanya penggunaan semikonduktor tersebut dikombinasikan dengan sebuah matriks seperti adsorben. Kombinasi ini dapat meningkatkan kemampuan matriks yaitu selain adsorpsi juga mampu mendegradasi limbah secara fotokatalitik (Utubira dkk., 2006).

Salah satu jenis adsorben yang keberadaanya cukup melimpah di Indonesia adalah zeolit dengan jenis mineralnya adalah klinoptilolit dan mordenit. Berdasarkan hasil penyelidikan yang dilakukan oleh Direktorat Sumberdaya Mineral dan Puslitbang TEKMIRA, jumlah cadangan sumberdaya zeolit sebesar 205.825.080 ton tersebar di Propinsi Sumatera Utara, Sumatera selatan, Lampung, Jawa Barat, Banten, Jawa Tengah, Jawa Timur, NTT dan Sulawesi Selatan (Arryanto dkk., 2012). Di Jawa Barat, zeolit dapat ditemukan di wilayah Kabupaten Bogor, Sukabumi, Tasikmalaya dan Ciamis (Indarto dkk, 2010). Kelimpahan sumberdaya zeolit tersebut belum sebanding dengan pemanfaatannya yang masih sangat minim. Oleh karena itu, perlu dilakukan pemanfaatan sumberdaya alam yang dimiliki oleh bangsa ini khususnya zeolit secara optimal karena telah banyak penelitian yang melaporkan bahwa zeolit memiliki kegunaan yang sangat luas.

Zeolit merupakan senyawa alumina silika yang memiliki pori serta luas permukaan yang relatif besar. Kegunaan zeolit didasarkan atas kemampuannya melakukan pertukaran ion, adsorpsi, dan katalisator. Zeolit memiliki bentuk kristal yang sangat teratur dengan rongga yang saling berhubungan ke segala arah yang menyebabkan luas permukaan zeolit sangat besar sehingga sangat baik digunakan sebagai adsorben (Sutarti dan Rachmawati, 1994). Mineral alam sebelum dimanfaatkan kualitasnya perlu ditingkatkan agar terbebas dari pengotor baik itu senyawa organik maupun dari jenis oksida sehingga fungsinya menjadi maksimal. Menurut Ertan dan Ozkan (2005), peningkatan daya guna atau optimalisasi zeolit sebagai adsorben dapat dilakukan melalui aktivasi, baik secara

sis (seperti pemanasan pada suhu tinggi) atau secara kimia (seperti menggunakan larutan asam).

Pada penelitian ini akan dilakukan pemanfaatan zeolit alam yang berasal dari kabupaten Ciamis sebagai pengembangan fotokatalis TiO_2 sehingga diharapkan dapat meningkatkan efektivitas TiO_2 dan daya guna zeolit alam sebagai adsorben. Selanjutnya komposit zeolit- TiO_2 tersebut digunakan untuk fotodegradasi zat warna *Rhodamine B* sebagai metode alternatif pengolahan limbah zat warna tekstil.

B. Batasan Masalah

1. Zeolit alam yang digunakan berasal dari Dusun Babakan Jaya, Desa Bojongsari, Kecamatan Padaherang, Kabupaten Ciamis, Jawa Barat
2. Zat warna yang digunakan yaitu *Rhodamine B*
3. Karakterisasi menggunakan XRD, FT-IR dan XRF

C. Rumusan Masalah

1. Bagaimanakah karakteristik zeolit alam Ciamis dan zeolit teraktivasi HCl?
2. Bagaimanakah karakteristik komposit zeolit- TiO_2 ?
3. Bagaimanakah aktivitas komposit zeolit- TiO_2 terhadap fotodegradasi zat warna *Rhodamine B* dengan variasi waktu dan konsentrasi awal larutan *Rhodamine B*?

D. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui karakteristik zeolit alam Ciamis dan zeolit teraktivasi HCl
2. Mengetahui karakteristik komposit zeolit- TiO_2

3. Mengetahui aktivitas komposit zeolit-TiO₂ terhadap fotodegradasi zat warna *Rhodamine B* dengan variasi waktu dan konsentrasi awal larutan *Rhodamine B*

E. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai kualitas zeolit alam yang berasal dari Ciamis sebagai pengembangan fotokatalis TiO₂ untuk fotodegradasi zat warna *Rhodamine B*, sehingga dapat digunakan sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya. Selain itu hasil penelitian ini juga diharapkan dapat menambah referensi dalam penanganan masalah pencemaran lingkungan khususnya terhadap limbah zat warna tekstil *Rhodamine B*.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Hasil karakterisasi XRD menunjukkan bahwa kandungan utama zeolit alam Ciamis dan zeolit teraktivasi HCl adalah jenis mordenit. Hal tersebut menunjukkan bahwa proses aktivasi asam tidak mempengaruhi jenis mineral penyusun dari zeolit alam. Hanya saja pada hasil karakterisasi menggunakan FT-IR, zeolit teraktivasi HCl diindikasikan terjadi dealuminasi atau pengurangan gugus Al pada kerangka zeolit dengan adanya pergeseran spektra ke bilangan gelombang yang lebih besar.
2. Hasil karakterisasi komposit zeolit-TiO₂ menunjukkan keberhasilan dalam sintesisnya yaitu dengan adanya refleksi TiO₂ jenis anatase di daerah $2\theta = 25,26^\circ$ pada difraktogram XRD dan adanya serapan baru yang muncul pada spektra FT-IR di bilangan gelombang $694,37 \text{ cm}^{-1}$ yang diasumsikan sebagai bilangan gelombang karakteristik TiO₂ dimana serapan tersebut tidak terbaca pada spektra zeolit. Selain itu, hasil analisis kandungan logam Ti pada komposit zeolit-TiO₂ mengalami peningkatan sebesar 0,55 % dibandingkan dengan kandungan Ti pada zeolit aktivasi.
3. Kondisi optimum untuk fotodegradasi zat warna *Rhodamine B* dicapai pada waktu penyinaran UV selama 105 menit dengan konsentrasi awal larutan 10 ppm, yaitu sebesar 81,8 %.

B. Saran

1. Sebaiknya dilakukan penelitian terhadap zeolit alam Ciamis untuk aplikasi yang lainnya seperti adsorpsi limbah logam, pemurnian dan pemisahan gas, pembenah tanah dll.
2. Perlu dilakukan karakterisasi komposit menggunakan GSA untuk melihat perubahan ukuran porinya sebelum maupun setelah perlakuan modifikasi atau pengujian terhadap luas permukaannya menggunakan BET.
3. Perlu dilakukan analisis lanjutan terhadap zat warna hasil fotodegradasi seperti menggunakan HPLC, GCMS dll.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggara, P.A., Wahyuni, S., dan Prasetya, A.T., 2013, Optimalisasi Zeolit Alam Wonosari Dengan Proses Aktivasi Secara Fisis dan Kimia. *Indo. J. Chem. Sci.* 2 (1) (2013)
- Anonim, 2009, Rhodamine B, www.osha.gov, diakses 09 Desember 2013
- Arryanto, Y., Suwardi, Husaini, Affandi, T., Amini, S., Jabri, M.A., Siagian, P., Setyorini, D., Rahman, A., dan Pujiastuti, Y., 2012, *Zeolit dan Masa Depan Bangsa: Roadmap Revitalisasi Peranan Zeolit Alam dalam Ketahanan Pangan dan Kedaulatan Bangsa*, Yogyakarta: Imperium
- Bassler, 1986, *Penyidikan Spektrometrik Senyawa Organik*, edisi keempat, Jakarta: Erlangga
- Behnajady, M.A., Modirshahla, N., Tabrizi, S.B., dan Molanee, S., 2008, Ultrasonic Degradation of Rhodamine B in Aqueous Solution: Influence of Operational Parameters, *Journal of Hazardous Materials* 152 (2008) 381-386
- Brown, G.N., Birks, J.W., dan Koval, C.A., 1992, Development and Characterization of a Titanium-Dioxide Based Semiconductor Photoelectrochemical Detector. *Anal. Chem.* 64, 427-434
- Cahyadi, W., 2006, *Analisis dan Aspek Kesehatan Bahan Tambahan Pangan*, Jakarta: Bumi Aksara
- Cotton, F.A., Wilkinson, G., Murillo, C.A., dan Bochmann, M. 1999. *Advanced Inorganic Chemistry*. 6th ed. John Willey and Sons Inc., Van Couver
- Day, R.A. dan Underwood, A.L., 1999, *Analisis Kimia Kuantitatif*, Jakarta: Erlangga
- Ertan, A., dan Ozkan, 2005, CO₂ and N₂ Adsorption on the Acid (HCl, HNO₃, H₂SO₄, and H₃PO₄) Treated Zeolites. *Adsorption*, Vol 11, 151-156
- Fahrizal, 2008, Pemanfaatan Tongkol Jagung Sebagai Biosorben Zat Warna Biru Metilena. *Skripsi*, IPB Bogor
- Fatimah, D, 2009, Peningkatan Kualitas Zeolit Alam Cikancra, Tasikmalaya dengan Asam Mineral: Sebuah pengujian Karakter Fisiko-Kimia, Melalui Analisis Tukar Kation, AAS, SEM, XRD. *Prosoding*. Bandung: Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI
- Fatimah, D., 2010, Pengolahan Mineral Tekto-Silikat Alam untuk Substitusi Impor Sediaan Bahan Baku Farmasi: Rekayasa Batuan Sebagai Basis Material Anti Septik Melalui Penanaman Inhibitor dengan Metode Kontinyu. *Laporan Akhir*. Pusat Penelitian Geoteknologi, LIPI
- Fatimah, I., Sugiharto, E., Wijaya, K., Tahir, I., dan Kamalia, 2006, Titanium Oxide Dispersed On Natural Zeolite (TiO₂/Zeolite) And Its Application For Congo Red Photodegradation, *Indo. J. Chem.*, 2006, 6 (1), 38-42

- Guisnet, M., and Gilson, JP., 2002, *Zeolites For Cleaner Technologies*, Catalytic Science Series-vol 3, London: Imperial College Press
- Gunlazuardi, J., 2001. Fotokatalisis pada Permukaan TiO₂: Aspek Fundamental dan Aplikasinya, *Seminar Nasional Kimia Fisika II*, Universitas Indonesia, Jakarta
- Gupta, V.K. dkk., 2005, Removal of Dyes From Wastewater Using Bottom ash, *Ind. Eng. Chem. Res.*, 44, 3655-3664.
- Hammond, C., 1997, *The Basics of Crystallography and Diffraction*, Oxford: Oxford University Press.
- Hayati, E.K., 2007, *Buku Ajar Dasar-dasar Analisis Spektroskopi*, Malang: Universitas Negeri Malang
- He, Z., Sun, C., Yang, S., Ding, Y., He, H., dan Wang, Z., 2009, Photocatalytic Degradation of Rhodamine B by Bi₂WO₆ with Electron Accepting Agent Under Microwave Irradiation: Mechanism and Pathway, *Journal of Hazardous Material* 162 (2009) 1477-1486
- Herald, E., Hisyam, SW., dan Sulistiyono, 2003, Characterization and Activation of Natural Zeolite From Ponorogo, *Indonesian J. Chem.* 3 (2)
- Hoffmann, M.R., Martin, S.T., Choi, W., dan Bahnemann, D.W. 1995. Environmental Application of Semiconductor Photocatalytic. *J. Chem Rev*, 95 (1). 69-96
- Indarto, S., Suyadi, D., Setiawan, I., Fatimah, D., dan Estiaty, LM., 2010, Ganesha Zeolit Berdasarkan Kandungan Mineraloginya Daerah Padaherang dan Kalipucang, Ciamis, Jawa Barat, *Prosiding*, Pemaparan Hasil Penelitian Puslit Geoteknologi-LIPI
- Jenkins, R., 1988. *X-Ray Flourescence Spectrometry*, New York: John Wiley and Sons
- Joshi, K.M. dan Shrivastava, V.S., 2010, Removal Of Hazardous Textile Dyes From Aqueous Solution By Using Commercial Activated Carbon With TiO₂ And ZnO As Photocatalyst, *ChemTech*, Vol. 2, pp. 427-435
- Khopkar, S.M., 1990, *Konsep Dasar Kimia Analitik*, Jakarta: UI Press
- Krisdiyanto, D., 2008, Modifikasi Zeolit Alam Dengan Titanium Dioksida dan Aplikasinya Sebagai Fotokatalis Untuk Menurunkan Angka COD Limbah Cair Industri Tekstil Dengan Sistem Alir, *Tesis*, UGM Yogyakarta
- Kurnia, M.M.D.P., 2010, Aktivasi Zeolit-Y Dengan Perlakuan HCl dan Karakterisasi Serta Uji Aktivitas Adsorpsi-Desorpsinya Dalam Campuran Air-Etanol, *Skripsi*, UGM Yogyakarta
- Kurnia, Y., 2011, Studi Adsorpsi Zat Warna Rhodamine B Menggunakan Abu Dasar Batu Bara PLTU Paiton. *Skripsi*. UGM
- Lestari, D.Y., 2010, Kajian Modifikasi dan Karakterisasi Zeolit Alam dari Berbagai Negara, *Prosiding*, Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia UNY

- Li, D., Zheng, H., Wang, Q., Wang, X., Jiang, W., Zhang, Z., dan Yang, Y., 2014, A Novel Double-Cylindrical-Shell Photoreactor Immobilized With Monolayer TiO₂-Coated Silica Gel Beads For Photocatalytic Degradation of Rhodamine B And Methyl Orange in Aqueous Solution, *Separation and Purification Technology* 123 (2014) 130-138
- Linsebigler. A.L., Lu, G., dan Yates, J.T., 1995, Photocatalysis on TiO₂ Surfaces : Principles, Mechanisms, and Selected Results, *Chem. Rev.*, Vol 95, No 3
- Manurung, R., Hasibuan, R., dan Irvan, 2004, Perombakan Zat Warna Azo Reaktif Secara Anaerob-Aerob, *e-Repository USU*
- Mirzan, M., 2006, Zeolit Termodifikasi TiO₂ dan Aplikasinya Sebagai Fotokatalis Untuk Menurunkan Angka COD Limbah Cair Industri Tekstil. *Tesis. UGM*
- Mustofa, I.A., 2014, Adsorpsi Air Sadah Desa Bandungan Wates Yogyakarta Dengan Zeolit Alam Teraktivasi HCl dan Na₂EDTA, *Skripsi*, UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
- Pundisari, S.S., Wardhani,S., dan Purwonugroho, D., 2013, *Kimia Student Journal*, Vol 1, No. 2 PP. 236-242
- Rashed, M.N dan El-Amin, A.A, 2007, Photocatalytic Degradation of Methyl Orange in Aqueous TiO₂ under Different Solar Irradiation Sources, *Internasional Journal of Physical Science*, Vol. 1 No. 3, 073-081
- Riberio, F.R., A.E. Rodrigeus, L.D. Rollman dan C. Naccache., 1984, *Zeolites; Science and Technology*, Nederland: Martinus Nijhoff
- Rusdi, M., 2012, Preparasi Komposit Film TiO₂-Kitosan untuk Fotodegradasi Zat Warna MO (*Methyl Orange*), *Skripsi*, UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
- Sastrohamidjojo, H., 2007. *Spektroskopi*, Yogyakarta: Liberty
- Sonawane, R.S., dan M.K Dongare, 2006, Sol-gel Sunthesis of Au/TiO₂ Thin Films for Photocatalytic Degradation of Phenol in Sunlight, *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, Vol.243, 68-76
- Sopyan, I., Wanatabe, M., Murasawa, S., Hashimoto, K., dan Fujisima, A., 1996, Efficient TiO₂ Powder and Film Photocatalysts With Rutile Crystal Structure., *Chemistry Letters*, 25 (1). 69-70
- Sugiharto, 1987, *Dasar-dasar Pengolahan Air Limbah*, Bogor: PAU Pangan dan Gizi IPB
- Sutarti, M. dan Rahmawati, M., 1994, *Zeolit: Tinjauan Literatur*. Jakarta: Pusat Dokumentasi dan Informasi Ilmiah, LIPI
- Tjahjanto, R.T. dan Gunlazuardi, J., 2001. Preparasi Lapisan Tipis TiO₂ sebagai Fotokatalis: Keterkaitan antara Ketebalan dan Aktivitas Fotokatalis, *Makara*, 5 (2). 81-91
- Treacy, M.M.J dan Higgins, J.B., 2001, *Collection of Simulated XRD Powder Patterns For Zeolites*, Amsterdam: Elsevier

Utubira,Y., Wijaya, K., Triyono, dan Sugiharto,E., 2006, Preparasi dan Karakterisasi TiO₂-Zeolit serta Pengujinya Pada Degradasi Limbah Industri Tekstil Secara Fotokatalitik. *Indo. J. Chem*, 2006,6 (3), 231-237

Wang, J., Jiang, Z., Zhang, Z., Xie, Y., Wang, X., Xing, Z., Xu, R., dan Zhang, X., 2008, Sonocatalytic Degradation of Acid Red B and Rhodamine B Catalyzed By Nano-Sized ZnO Powder Under Ultrasonic Irradiation, *Ultrasonic Sonochemistry* 15 (2008) 768-774

Weitkamp, J. dan Puppe, L., 1999, *Catalysis and Zeolites; Fundamentals and Application*, Germany: Springer-Verlag Berlin Heidel Berg

West, A.R., 1984. *Solid State Chemistry and its Application*, New York: John Willey and Sons

Wijaya, K., Sugiharto, E., Fatimah, I., Sudiono, S., dan Kurniaysih, D., 2006, Utilisasi TiO₂-Zeolit dan Sinar UV untuk Fotodegradasi Zat Warna Congo Red, *Berkala MIPA*, 16 (3), September 2006

Zhong, H., Shaogui, Y., Yongming, J., Cheng, S., 2009, Microwave Photocatalytic Degradation of Rhodamine B Using TiO₂ Supported On Activated Carbon: Mechanism Implication, *Journal Of Environmental Sciences* 21 (2009) 268-272

LAMPIRAN

Lampiran 1. Data XRD Zeolit Mordenit (Standar)

MOR

Mordenite

CHEMICAL COMPOSITION: $[\text{Na}_8(\text{H}_2\text{O})_{24}] [\text{Si}_{40}\text{Al}_8\text{O}_{96}]$
Challis, Idaho, U.S.A.

REFINED COMPOSITION: $[\text{Na}_8(\text{H}_2\text{O})_{25}] [\text{Si}_{40}\text{Al}_8\text{O}_{96}]$

CRYSTAL DATA: *Cmcm* (No. 63)

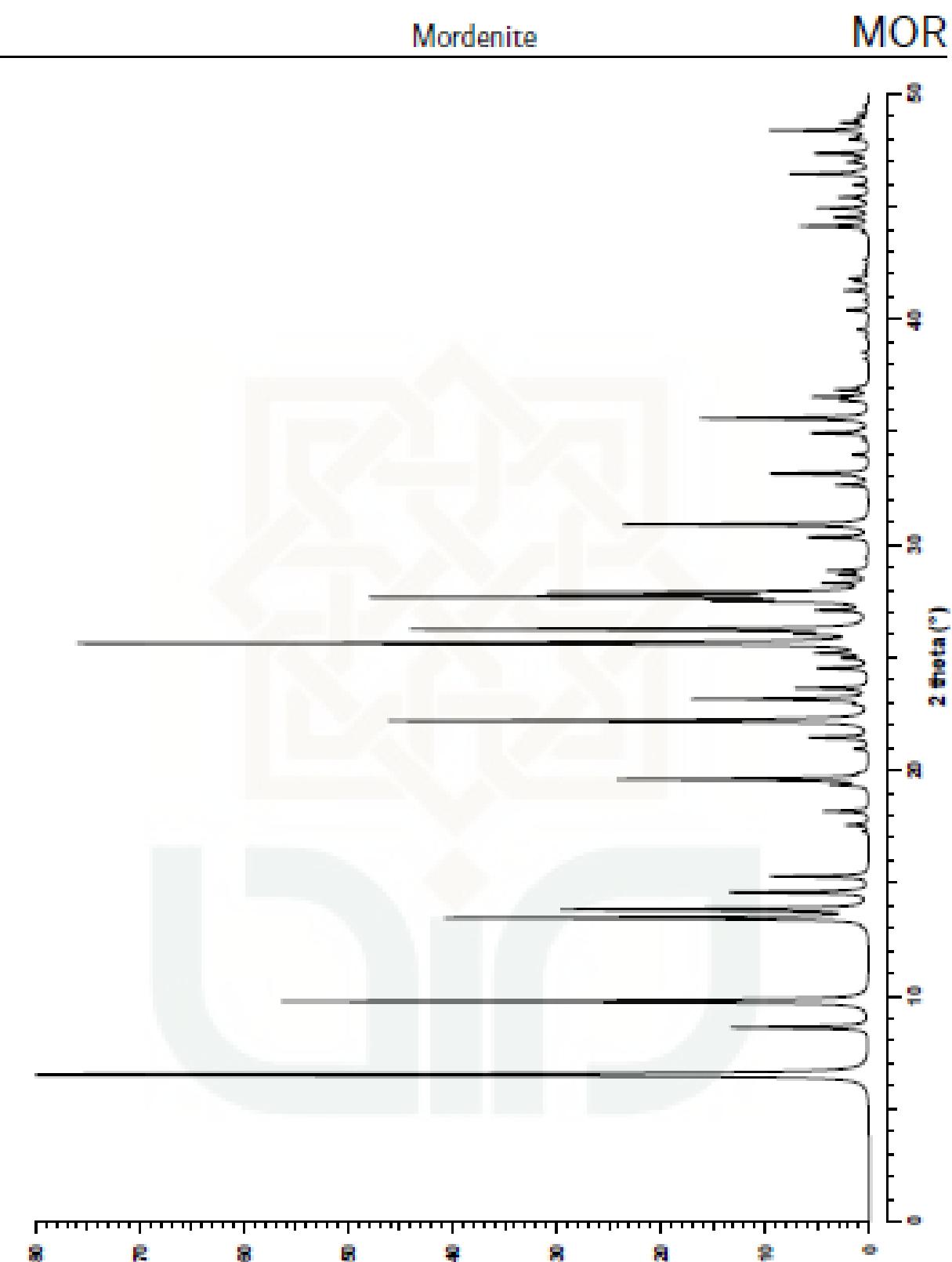
$$a = 18.11 \text{ \AA} \quad b = 20.53 \text{ \AA} \quad c = 7.528 \text{ \AA}$$

$$\alpha = 90^\circ \quad \beta = 90^\circ \quad \gamma = 90^\circ$$

X-ray single crystal refinement, $R = 0.07$

REFERENCE: V. Gramlich,
PhD dissertation, ETH, Zurich, (1971).
And V. Gramlich, Private communication.

<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	2θ	<i>d</i>	<i>M</i>	<i>I_{rel}</i>	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	2θ	<i>d</i>	<i>M</i>	<i>I_{rel}</i>	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	2θ	<i>d</i>	<i>M</i>	<i>I_{rel}</i>
1	1	0	6.51	13.581	4	100.0	5	3	1	30.34	2.946	8	0.3	3	7	2	41.81	2.160	8	1.8
0	2	0	8.61	10.265	2	13.1	2	6	1	30.34	2.946	8	5.5	4	2	3	42.10	2.146	8	0.5
2	0	0	9.77	9.055	2	56.4	6	2	0	30.88	2.896	4	2.0	6	4	2	42.22	2.140	8	0.2
2	2	0	13.04	6.791	4	0.3	4	0	2	30.89	2.894	4	12.9	3	9	0	42.36	2.134	4	0.3
1	1	1	13.45	6.584	8	40.4	3	3	2	30.89	2.894	8	8.8	0	8	2	42.64	2.120	4	0.5
1	3	0	13.83	6.402	4	29.1	2	4	2	31.08	2.878	8	0.2	2	8	2	43.85	2.064	8	0.5
0	2	1	14.59	6.071	4	13.3	1	5	2	32.65	2.743	8	3.2	0	10	0	44.11	2.053	2	5.3
3	1	0	15.30	5.791	4	9.5	5	5	0	32.98	2.716	4	0.6	3	9	1	44.11	2.053	8	0.8
0	4	0	17.28	5.133	2	0.6	6	2	1	33.15	2.703	8	2.8	5	1	3	44.13	2.052	8	0.6
2	2	1	17.59	5.042	8	2.3	1	7	1	33.15	2.702	8	6.6	7	3	2	44.51	2.036	8	3.3
1	3	1	18.19	4.877	8	4.4	3	7	0	33.98	2.638	4	1.6	0	6	3	44.79	2.024	4	0.3
3	1	1	19.34	4.590	8	3.2	5	1	2	34.65	2.589	8	0.6	4	4	3	44.92	2.018	8	4.9
4	0	0	19.61	4.528	2	1.4	7	1	0	34.95	2.567	4	0.2	9	1	0	45.28	2.003	4	0.5
3	3	0	19.61	4.527	4	22.7	0	8	0	34.96	2.566	2	5.4	8	4	1	45.41	1.997	8	2.9
2	4	0	19.88	4.465	4	0.6	5	5	1	35.12	2.555	8	0.5	5	3	3	45.95	1.975	8	0.8
0	4	1	20.95	4.241	4	1.4	4	4	2	35.61	2.521	8	0.6	2	6	3	45.95	1.975	8	0.7
4	2	0	21.45	4.142	4	5.7	3	5	2	35.61	2.521	8	15.5	6	8	0	46.44	1.955	4	7.5
1	5	0	22.20	4.004	4	46.1	2	8	0	36.39	2.469	4	1.3	5	7	2	46.58	1.950	8	0.6
3	3	1	22.92	3.880	8	1.0	1	1	3	36.41	2.468	8	1.2	9	1	1	46.95	1.935	8	1.8
2	4	1	23.16	3.840	8	16.9	6	4	1	36.54	2.459	8	5.3	2	10	1	46.96	1.935	8	0.2
0	0	2	23.64	3.764	2	6.9	5	3	2	36.86	2.439	8	1.2	9	3	0	47.07	1.930	4	0.9
4	2	1	24.53	3.629	8	4.5	2	6	2	36.86	2.438	8	1.8	5	9	0	47.08	1.930	4	0.2
1	1	2	24.54	3.627	8	0.3	0	2	3	36.87	2.438	4	0.2	4	8	2	47.34	1.920	8	5.2
5	1	0	24.96	3.567	4	2.3	7	1	1	37.00	2.429	8	0.4	6	2	3	47.97	1.896	8	0.6
1	5	1	25.19	3.535	8	0.3	0	8	1	37.01	2.429	4	0.5	1	7	3	47.98	1.896	8	1.1
0	2	2	25.20	3.534	4	4.3	7	3	0	37.15	2.420	4	0.1	7	5	2	48.08	1.892	8	0.7
2	0	2	25.63	3.476	4	75.7	6	0	2	38.22	2.355	4	0.1	0	0	4	48.36	1.882	2	9.4
0	6	0	26.04	3.422	2	5.0	2	2	3	38.24	2.354	8	0.4	7	7	1	48.45	1.879	8	0.5
3	5	0	26.25	3.395	4	43.5	1	3	3	38.53	2.336	8	0.7	4	10	0	48.70	1.870	4	0.1
2	2	2	27.09	3.292	8	4.7	7	3	1	39.10	2.304	8	0.2	5	9	1	48.70	1.870	8	2.5
1	3	2	27.49	3.245	8	12.6	6	2	2	39.25	2.295	8	0.4	1	1	4	48.85	1.864	8	1.2
5	1	1	27.67	3.223	8	46.1	5	7	0	39.54	2.279	4	1.1	1	11	0	49.07	1.857	4	0.5
5	3	0	27.87	3.201	4	28.8	8	0	0	39.82	2.264	2	0.1	3	9	2	49.07	1.856	8	0.5
2	6	0	27.87	3.201	4	0.1	0	4	3	39.99	2.254	4	0.1	4	6	3	49.33	1.847	8	0.4
3	1	2	28.28	3.156	8	4.0	4	8	0	40.40	2.233	4	2.2	5	5	3	49.45	1.843	8	0.1
0	6	1	28.66	3.115	4	2.7	8	2	0	40.82	2.211	4	0.4	2	0	4	49.46	1.843	4	0.3
4	4	1	28.85	3.095	8	3.3	7	5	0	41.24	2.189	4	0.3	8	6	1	49.79	1.831	8	0.1
3	5	1	28.85	3.095	8	0.5	2	4	3	41.27	2.188	8	2.2							
0	4	2	29.43	3.035	4	0.2	6	6	1	41.67	2.168	8	1.4							



Lampiran 2. Data XRD Zeolit Klinoptilolit (Standar)

HEU**Clinoptilolite**

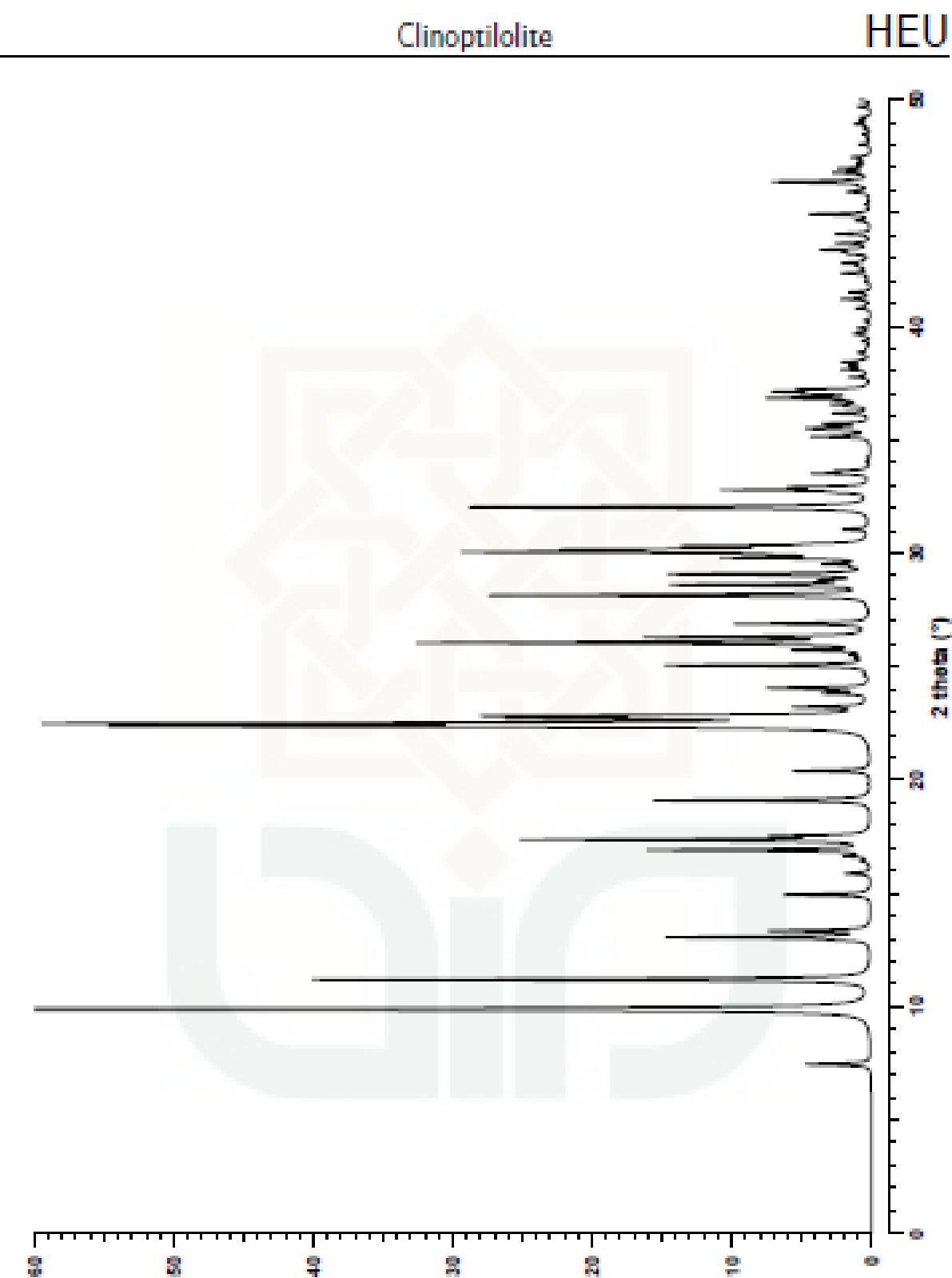
CHEMICAL COMPOSITION: $[\text{Na}_{1.84}\text{K}_{1.76}\text{Mg}_{0.2}\text{Ca}_{1.24}(\text{H}_2\text{O})_{21.36}] [\text{Si}_{20.84}\text{Al}_{6.16}\text{O}_{72}]$
Agoura, California, U.S.A.

REFINED COMPOSITION: $[\text{Na}_{1.84}\text{K}_{1.76}\text{Mg}_{0.2}\text{Ca}_{1.24}(\text{H}_2\text{O})_{21.36}] [\text{Si}_{20.84}\text{Al}_{6.16}\text{O}_{72}]$

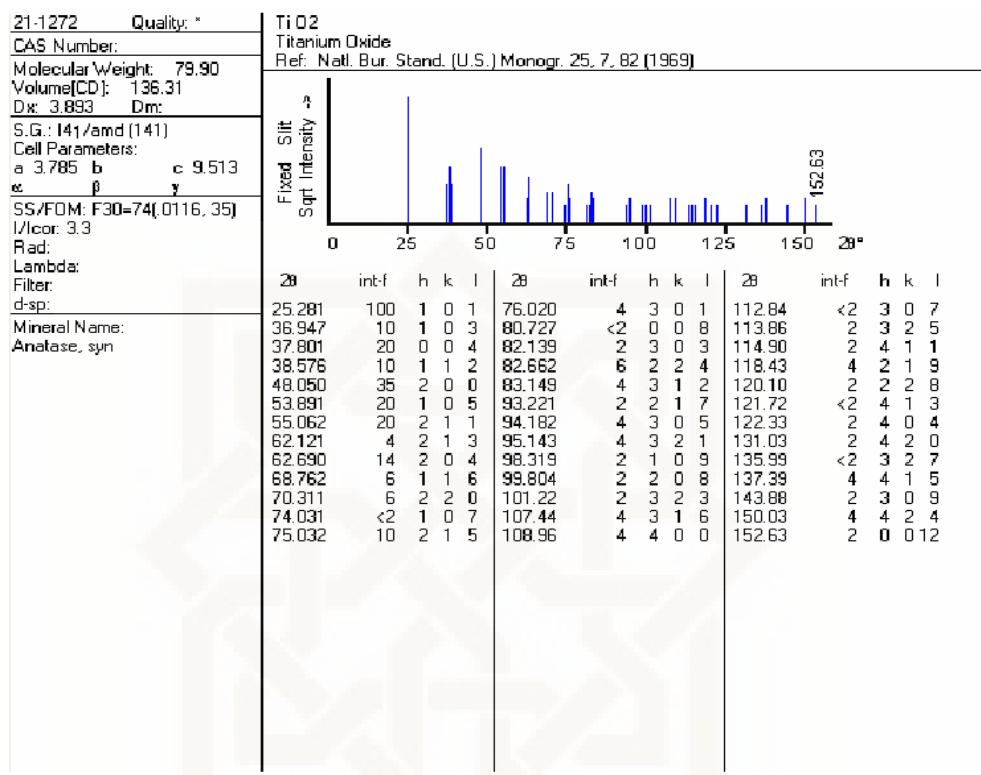
CRYSTAL DATA: $C12/m1$ (No. 12) unique axis b, cell choice 1
 $a = 17.662 \text{ \AA}$ $b = 17.911 \text{ \AA}$ $c = 7.407 \text{ \AA}$
 $\alpha = 90^\circ$ $\beta = 116.40^\circ$ $\gamma = 90^\circ$
X-ray single crystal refinement, $R_e = 0.088$

REFERENCE: K. Koyama and Y. Takeuchi,
Z. Kristallogr. 145 216-239 (1977).

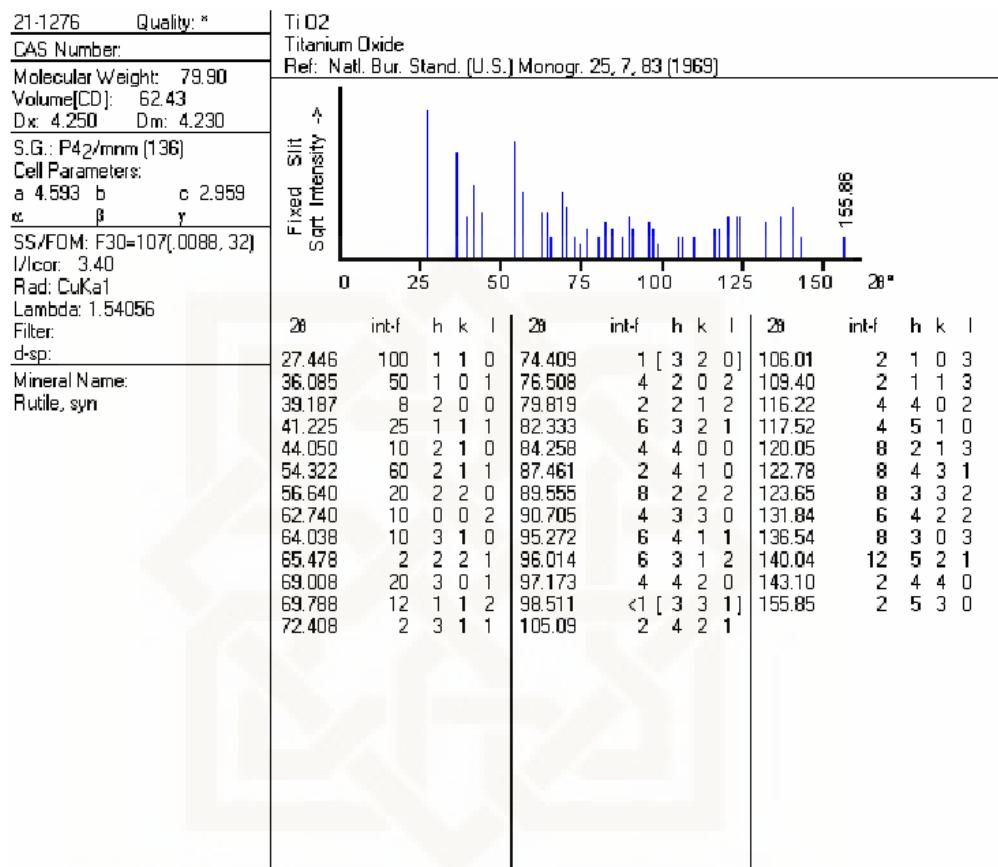
<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	2θ	<i>d</i>	<i>M</i>	I_{rel}	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	2θ	<i>d</i>	<i>M</i>	I_{rel}	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	2θ	<i>d</i>	<i>M</i>	I_{rel}
1	1	0	7.48	11.887	4	4.7	4	4	0	30.15	2.944	4	0.4	-7	3	0	39.92	2.388	4	0.4
0	2	0	9.88	8.985	2	100.0	2	5	0	30.16	2.943	4	17.8	-4	8	0	40.25	2.340	4	0.3
2	0	0	11.19	7.910	2	40.0	1	1	2	30.30	2.939	4	11.2	0	0	3	40.80	2.312	2	1.1
-1	1	1	12.84	6.842	4	1.4	-6	0	1	30.41	2.940	2	0.7	3	3	0	40.93	2.305	4	0.3
-2	0	1	13.08	6.780	2	14.5	4	0	1	31.05	2.880	2	1.9	-6	2	3	41.90	2.181	4	2.1
0	0	1	13.15	6.635	2	7.0	5	3	0	32.01	2.798	4	23.1	-1	3	3	41.49	2.176	4	1.8
2	2	0	14.94	5.993	4	8.3	-6	2	1	32.04	2.703	4	8.7	2	8	0	41.94	2.154	4	0.4
1	3	0	15.87	5.888	4	1.9	4	2	1	32.66	2.742	4	0.8	6	0	1	42.15	2.145	2	0.3
-2	2	1	16.40	5.405	4	0.6	-6	0	2	32.66	2.742	2	0.8	-2	4	3	42.34	2.134	4	2.1
0	2	1	16.83	5.331	4	1.8	-3	6	1	32.78	2.722	4	0.7	-2	8	1	42.53	2.126	4	0.5
-3	1	1	16.91	5.343	4	18.8	-5	3	2	32.79	2.721	4	0.4	4	0	2	42.68	2.120	2	0.8
1	1	1	17.38	5.110	4	24.8	0	6	1	32.90	2.722	4	4.9	-7	3	0	42.78	2.114	4	1.9
2	1	0	17.83	5.089	4	8.0	1	3	2	33.51	2.674	4	4.0	-7	1	3	42.94	2.108	4	0.4
-1	3	1	18.10	4.648	4	15.6	2	0	2	33.62	2.688	2	1.0	-6	6	1	43.19	2.095	4	1.3
-4	0	1	20.40	4.354	2	5.6	0	4	2	33.69	2.685	4	1.9	-3	7	0	43.27	2.091	4	1.4
1	3	1	22.38	3.976	4	42.2	8	0	0	34.00	2.627	2	0.3	6	2	1	43.38	2.088	4	3.4
4	0	0	22.48	3.985	2	18.1	2	2	2	35.13	2.685	4	4.1	4	8	1	43.67	2.073	4	2.3
3	3	0	22.49	3.982	4	37.2	-2	5	2	35.21	2.649	4	0.7	3	7	1	44.07	2.065	4	1.8
4	2	1	22.71	3.916	4	21.0	-1	5	2	35.44	2.623	4	0.3	1	1	3	44.08	2.064	4	0.9
2	4	0	22.82	3.897	4	24.4	6	2	0	35.49	2.629	4	0.9	6	5	1	44.68	2.029	4	1.0
2	3	1	23.21	3.893	4	4.9	1	7	0	35.54	2.626	4	1.8	-6	4	3	44.93	2.018	4	2.7
-2	4	1	23.81	3.798	4	3.1	-5	5	1	35.71	2.614	4	3.9	-7	5	2	44.98	2.018	4	3.3
0	4	1	23.98	3.712	4	1.8	3	5	1	36.18	2.484	4	0.0	-7	3	3	45.38	1.998	4	0.4
-2	0	2	24.04	3.702	2	6.8	-7	1	1	36.19	2.482	4	0.9	8	0	0	45.89	1.978	2	0.4
4	0	0	24.61	3.618	4	0.3	4	6	1	36.49	2.492	4	1.3	6	6	0	45.93	1.976	4	0.8
-3	1	2	25.05	3.685	4	14.7	-6	4	1	36.57	2.487	4	0.4	1	0	0	45.98	1.976	4	0.9
-1	1	2	25.35	3.613	4	0.6	-4	0	2	36.69	2.449	2	0.4	-5	7	0	46.18	1.968	4	0.6
1	5	0	25.49	3.494	4	1.0	2	6	1	36.82	2.441	4	0.9	-3	4	1	46.34	1.959	4	3.6
5	1	1	25.72	3.483	4	8.0	5	1	1	36.85	2.459	4	1.3	-8	4	2	46.38	1.958	4	1.9
-2	2	2	26.04	3.421	4	32.1	-2	0	3	37.02	2.428	2	1.6	-1	5	3	46.38	1.958	4	4.6
-4	0	2	26.29	3.390	2	13.6	4	4	1	37.11	2.422	4	5.7	-9	1	0	46.77	1.942	4	2.6
3	1	1	26.32	3.388	4	2.8	-7	1	2	37.20	2.417	4	4.1	6	4	1	46.97	1.934	4	3.2
0	0	2	26.88	3.317	2	9.6	4	6	0	37.76	2.383	4	1.5	-8	2	3	47.18	1.927	4	0.8
-4	3	2	28.15	3.170	4	27.2	-4	2	3	38.09	2.362	4	0.0	-1	9	1	47.30	1.922	4	0.6
-4	4	1	28.40	3.191	4	13.8	-5	1	3	38.02	2.355	4	0.6	9	0	3	47.35	1.920	2	0.4
0	2	2	28.70	3.111	4	0.8	3	1	2	38.27	2.352	4	1.1	-2	8	0	47.48	1.916	4	1.3
-3	3	0	28.80	3.100	4	2.7	-9	2	3	38.41	2.344	4	1.9	6	1	0	48.01	1.895	4	0.8
0	4	1	29.00	3.078	4	1.0	-8	4	2	38.80	2.338	4	0.4	-2	6	3	48.33	1.884	4	0.3
-1	3	2	29.07	3.073	4	14.0	-9	6	2	38.76	2.324	4	0.5	2	2	3	48.49	1.877	4	0.6
-5	3	1	29.39	3.039	4	0.7	-3	7	1	38.84	2.319	4	0.8	-4	8	2	48.74	1.868	4	0.5
-6	1	2	29.51	3.027	4	2.8	-7	3	1	38.97	2.311	4	0.2	3	9	0	48.92	1.862	4	1.2
-2	5	1	29.79	2.999	4	9.5	2	4	2	39.34	2.290	4	0.8	-9	3	2	49.08	1.857	4	0.6
3	3	1	29.92	2.988	4	1.3	5	3	1	39.89	2.278	4	0.4	-4	0	4	49.22	1.851	2	0.7
0	6	0	29.93	2.985	2	2.0	6	4	0	39.87	2.272	4	1.9	-5	1	4	49.69	1.835	4	1.0
1	5	1	30.05	2.973	4	26.4	-6	0	3	39.89	2.260	2	0.7	-7	5	3	49.97	1.825	4	0.8



Lampiran 3. Data JCPDS TiO_2 Anatase (Standar)

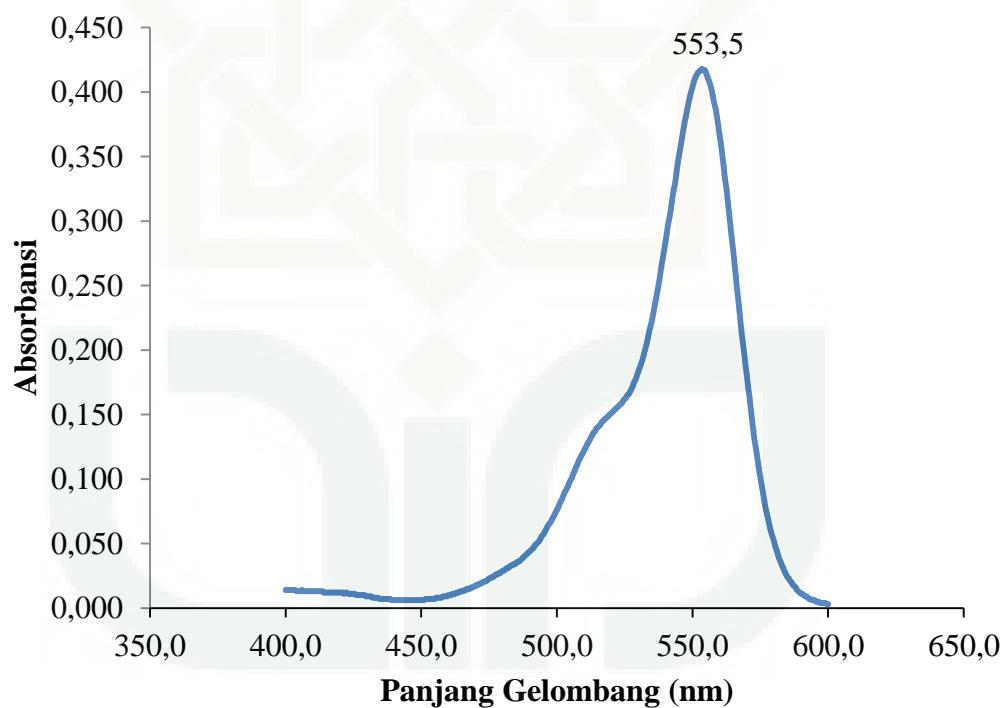


Lampiran 4. Data JCPDS TiO_2 Rutile (Standar)



Lampiran 9. Penentuan Panjang Gelombang Maksimum *Rhodamine B***a. Cara Kerja**

Sebanyak 3 mL larutan induk RhB 500 mg/L diencerkan dengan akuades dalam labu ukur 100 mL sampai tanda batas. Kemudian larutan RhB tersebut diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV-VIS pada panjang gelombang 400-600 nm, sehingga diperoleh harga panjang gelombang maksimumnya.

b. Kurva Panjang Gelombang Maksimum *Rhodamine B*

Lampiran 10. Pembuatan Kurva Standar *Rhodamine B*

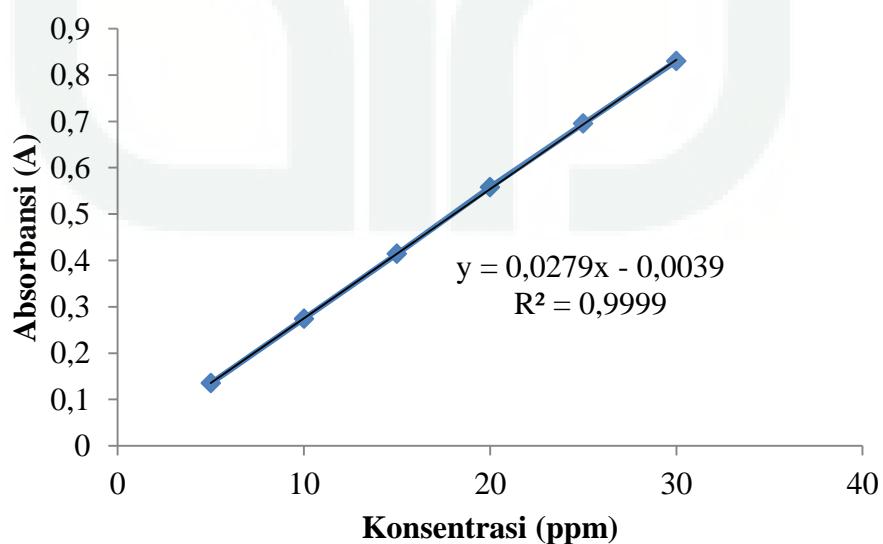
a. Cara Kerja

Larutan induk RhB 500 mg/L dibuat variasi konsentrasi 5 mg/L, 10 mg/L, 15 mg/L, 20 mg/L, 25 mg/L dan 30 mg/L. Kemudian masing-masing larutan RhB tersebut diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV-VIS pada panjang gelombang maksimum, sehingga diperoleh kurva standar.

b. Data Kurva Standar

Panjang Gelombang (nm)	Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
553,5	5	0,135
553,5	10	0,274
553,5	15	0,414
553,5	20	0,558
553,5	25	0,695
553,5	30	0,830

c. Kurva Standar



Lampiran 11. Hasil Fotodegradasi Larutan *Rhodamine B* Variasi Waktu

a. Data Hasil

Waktu (menit)	Absorbansi			% degradasi		
	Komposit + UV	Komposit tanpa UV	Zeolit +UV	Komposit + UV	Komposit tanpa UV	Zeolit +UV
60	0,209	0,342	0,329	61,85	38,00	40,35
75	0,174	0,308	0,370	68,10	44,10	33,00
90	0,156	0,192	0,157	71,35	64,90	71,15
105	0,117	0,332	0,278	78,35	39,80	49,50
120	0,120	0,326	0,352	77,80	40,90	36,20
135	0,113	0,337	0,362	79,05	38,90	34,45

b. Perhitungan

1) Konversi absorbansi ke konsentrasi dengan metode kurva standar

Persamaan garis kurva standar :

$$y = ax + b$$

$$y = 0,0279x - 0,0039$$

$$\text{Konsentrasi (C)} = \frac{A-b}{a}$$

Contoh perhitungan :

$$C = \frac{0,117 + 0,0039}{0,0279}$$

$$= 4,33 \text{ ppm}$$

2) Perhitungan % degradasi

$$\% = \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100\%$$

Contoh perhitungan:

$$\% = \frac{20 \text{ ppm} - 4,33 \text{ ppm}}{20 \text{ ppm}} \times 100\%$$

$$= 78,35 \%$$

Lampiran 12. Hasil Fotodegradasi Larutan *Rhodamine B* Variasi Konsentrasi

a. Data Hasi

Konsentrasi larutan Rh B (ppm)		Absorbansi	% degradasi
Awal	Akhir		
10	1,82	0,047	81,80
20	4,33	0,117	78,35
40	12,54	0,346	68,65
60	27,20	0,755	54,67
80	44,30	1,232	44,62
90	49,49	1,377	45,01
100	55,19	1,536	44,81

b. Perhitungan

1) Konversi absorbansi ke konsentrasi dengan metode kurva standar

Persamaan garis kurva standar :

$$y = ax + b$$

$$y = 0,0279x - 0,0039$$

$$\text{Konsentrasi (C)} = \frac{A-b}{a}$$

Contoh perhitungan :

$$C = \frac{0,047 + 0,0039}{0,0279}$$

$$= 1,82 \text{ ppm}$$

2) Perhitungan % degradasi

$$\% = \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100\%$$

Contoh perhitungan:

$$\% = \frac{10 \text{ ppm} - 1,82 \text{ ppm}}{10 \text{ ppm}} \times 100\%$$

$$= 81,8 \%$$

Lampiran 13. Dokumentasi

13.1 Proses pengambilan zeolit di alam



13.2 Penampakan zeolit di lokasi tempat pengambilan sampel



13.3 Bongkahan zeolit alam



13.4 Zeolit alam 140 mesh



13.5 Proses pencucian zeolit



13.6 Zeolit aktivasi setelah dikalsinasi



13.7 Penyaringan larutan
Rhodamine B hasil perlakuan



13.8 Reaktor UV *black light* 365 nm 10 watt 220 volt *Gold Star*



13.9 Larutan *Rhodamine B* Hasil Fotodegradasi Variasi Waktu Menggunakan Komposit Zeolit-TiO₂ dengan Penyinaran UV



13.10 Larutan *Rhodamine B* Hasil Fotodegradasi Variasi Waktu Menggunakan Zeolit dengan Penyinaran UV



13.11 Larutan *Rhodamine B* Hasil Fotodegradasi Variasi Waktu Menggunakan Komposit Zeolit/TiO₂ tanpa Penyinaran UV



13.12 Larutan *Rhodamine B* Hasil Fotodegradasi Variasi Konsentrasi Menggunakan Komposit Zeolit/TiO₂ dengan Penyinaran UV