

**IMPREGNASI ZEOLIT ALAM DENGAN TiO_2 UNTUK DEGRADASI
JINGGA METIL SECARA FOTOKATALITIK**

SKRIPSI



WAHYU WINDATI

**DEPARTEMEN KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS AIRLANGGA
2012**

**IMPREGNASI ZEOLIT ALAM DENGAN TiO₂ UNTUK DEGRADASI
JINGGA METIL SECARA FOTOKATALITIK**

SKRIPSI

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Sains Bidang Kimia
Pada Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Airlangga**



Disetujui oleh:

Pembimbing I,

Pembimbing II,

**Drs. Yusuf Syah, M.S
NIP. 19490502 198403 1 001**

**Alfa Akustia Widati, S.Si, M.Si
NIK. 139080770**

LEMBAR PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI

Judul : **Impregnasi Zeolit Alam dengan TiO_2 untuk Degradasi
Jingga Metil secara Fotokatalitik**
Penyusun : Wahyu Windati
NIM : 080810534
Pembimbing I : Drs. Yusuf Syah, M.S
Pembimbing II : Alfa Akustia Widati, S.Si, M.Si
Tanggal Seminar : 19 Juni 2012

Disetujui Oleh:

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Drs. Yusuf Syah, M.S
NIP. 19490502 198403 1 001

Alfa Akustia Widati, S.Si, M.Si
NIK. 139080770

Mengetahui,
Ketua Departemen Kimia
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga

Dr. Alfinda Novi Kristanti, DEA
NIP. 19671115 199102 2 001

PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI

Skripsi ini tidak dipublikasikan, namun tersedia di perpustakaan dalam lingkungan Universitas Airlangga. Diperkenankan untuk dipakai sebagai referensi kepustakaan, tetapi pengutipan seijin penulis dan harus menyebutkan sumbernya sesuai kebiasaan ilmiah.

Dokumen skripsi ini merupakan hak milik Universitas Airlangga



KATA PENGANTAR

Alhamdulillah *rabbi'l'alamin*, puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala limpahan karunia dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Impregnasi Zeolit Alam dengan TiO₂ untuk Degradasi Jingga Metil secara Fotokatalitik”**.

Dalam penulisan skripsi ini, penulis telah melibatkan berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Drs. Yusuf Syah, M.S selaku dosen pembimbing I yang telah meluangkan waktunya untuk memberi nasehat, saran, dan motivasi dalam penyusunan skripsi ini,
2. Ibu Alfa Akustia Widati, S.Si, M.Si. selaku dosen pembimbing II yang telah memberi bimbingan dan nasehatnya selama penyusunan skripsi ini,
3. Bapak Drs. Handoko Darmokoesoemo, DEA selaku dosen wali yang senantiasa memberi masukan,
4. Seluruh dosen Departemen kimia yang telah memberi ilmu yang tak ternilai,
5. Keluarga tercinta, bapak, ibu, adik, dan mas ryan yang selalu memberi dukungan, motivasi, dan saran dalam penyelesaian skripsi ini,
6. Teman-teman kimia angkatan 2008, khususnya Siska Winda Aryani, Nera Endah Nuraini, Ayu Tirrany M.H, Ayu Eprilita, Dyah A.P.C, dan Inge Prima yang telah memberi semangat dan dukungan dalam penyusunan skripsi ini,

Skripsi ini disusun untuk memenuhi persyaratan akademis pendidikan sarjana dalam bidang kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, sehingga kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan skripsi ini.

Surabaya, 5 Juli 2012

Penulis,

Wahyu Windati



Windati, Wahyu. 2012, Impregnasi Zeolit Alam Dengan TiO_2 Untuk Degradasi Jingga Metil Secara Fotokatalitik. Skripsi ini di bawah bimbingan Drs. Yusuf Syah, M.S dan Alfa Akustia Widati, S.Si, M.Si., Departemen Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga.

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang kombinasi TiO_2 dengan zeolit alam secara impregnasi untuk mendegradasi jingga metil dengan metode fotokatalitik. Tahap pertama yang dilakukan dalam penelitian ini adalah preparasi zeolit alam dengan cara penggerusan, pencucian, dan kalsinasi untuk menghilangkan pengotor. Tahap kedua adalah proses impregnasi TiO_2 pada zeolit, dengan mencampurkan TiO_2 , zeolit, etanol absolut, dan kalsinasi pada temperatur $400\text{ }^\circ\text{C}$. Setelah terbentuk TiO_2 terimpregnasi pada zeolit dilakukan uji. Hasil uji menunjukkan ketika TiO_2 terimpregnasi pada zeolit ($\text{TiO}_2/\text{zeolit}$) ditambah H_2O_2 mampu mendegradasi larutan jingga metil 10 ppm secara optimum pada pH 4 saat menit ke- 180. Karakterisasi TiO_2 terimpregnasi zeolit ($\text{TiO}_2/\text{zeolit}$) dilakukan dengan menggunakan XRD dan FTIR. Aktivitas fotokatalitik $\text{TiO}_2/\text{zeolit}$ pada degradasi jingga metil lebih tinggi daripada TiO_2 , akan tetapi aktivitas tersebut tidak jauh berbeda bila dibandingkan dengan menggunakan zeolit. Hal ini diduga adanya proses adsorpsi pada zeolit. Sehingga dari hasil yang didapat TiO_2 terimpregnasi pada zeolit ($\text{TiO}_2/\text{zeolit}$) mampu mendegradasi larutan jingga metil sebesar 50,15%.

Kata Kunci: zeolit, TiO_2 , fotodegradasi, jingga metil.

Windati, Wahyu. 2012, Impregnasi Zeolit Alam Dengan TiO_2 Untuk Degradasi Jingga Metil Secara Fotokatalitik. Skripsi ini di bawah bimbingan Drs. Yusuf Syah, M.S dan Alfa Akustia Widati, S.Si, M.Si., Departemen Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga.

ABSTRACT

The research is combination of TiO_2 with natural zeolite by impregnation to degrade methyl orange with photocatalytic method. The first stage in this research is the preparation of natural zeolite by crushing, washing, and calcination to remove impurities. The second stage is the process of impregnation, mixing TiO_2 with zeolites, absolute ethanol, and calcination at a temperature of $400\text{ }^\circ\text{C}$. The formed TiO_2 impregnated on zeolites to test for degradation of methyl orange. The test showed when TiO_2 impregnated on the zeolite ($\text{TiO}_2/\text{zeolit}$) and H_2O_2 can degrading methyl orange 10 ppm at pH 4 during 180 minutes. Characterization of TiO_2 impregnated zeolite ($\text{TiO}_2/\text{zeolit}$) using XRD and FTIR. Activity $\text{TiO}_2/\text{zeolit}$ by photocatalytic in degrading methyl orange is higher than TiO_2 , but the activity is not much different when compared to using zeolites. It is thought the process of adsorption on zeolites.. So that from the results obtained on the zeolite impregnated TiO_2 ($\text{TiO}_2/\text{zeolit}$) can degrading methyl orange of 50,15%.

Keywords: zeolite, TiO_2 , photodegradation, methyl orange

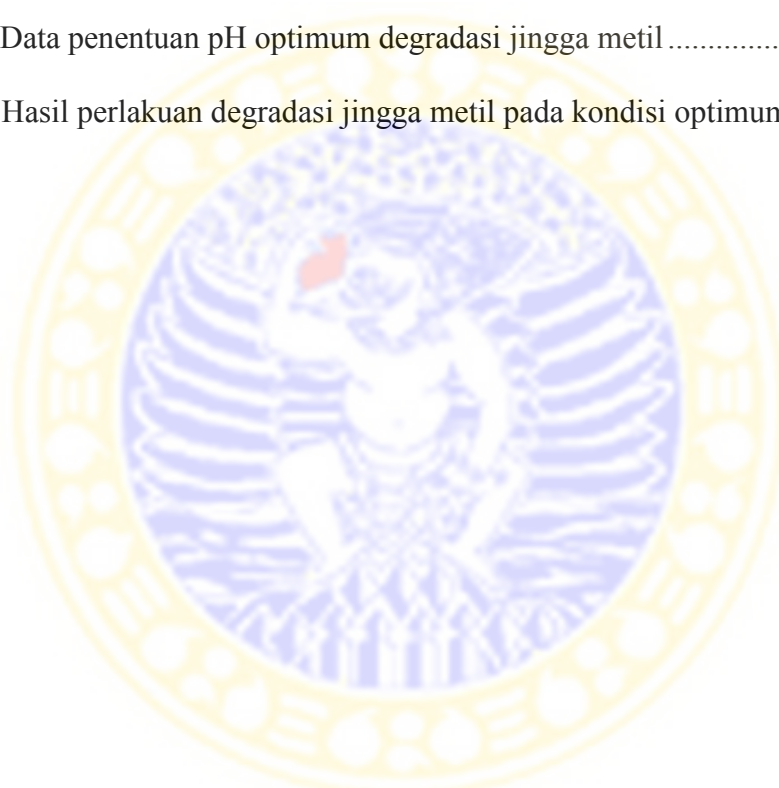
DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERNYATAAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Mineral Zeolit.....	6
2.1.1 Pengelompokan zeolit.....	7
2.1.2 Sifat-sifat zeolit.....	9
2.1.3 Proses pengolahan zeolit.....	12
2.2 Semikonduktor TiO ₂ (Titanium Dioksida).....	13
2.3 Fotokatalisis Semikonduktor TiO ₂	16
2.4 Senyawa Jinnga Metil.....	21
2.5 Difraktrometer Sinar X (XRD).....	23
2.6 Spektroskopi Infra Merah (IR).....	26
2.7 Spektrofotometer UV-Vis.....	27
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	29
3.2 Bahan dan Alat Penelitian.....	29
3.2.1 Bahan penelitian.....	29
3.2.2 Alat penelitian.....	29
3.3 Diagram Alir Penelitian.....	31
3.4 Prosedur Penelitian.....	32
3.4.1 Pembuatan larutan.....	32
3.4.1.1 Pembuatan larutan HCl 0,10 M.....	32
3.4.1.2 Pembuatan larutan NaOH 0,10 M.....	32
3.4.1.3 Pembuatan larutan H ₂ O ₂ 15 %.....	32
3.4.1.4 Pembuatan larutan induk jingga metil	

1000 ppm.....	32
3.4.1.5 Pembuatan larutan standar jingga metil.....	32
3.4.1.6 Pembuatan larutan sampel jingga metil.....	33
3.4.2 Penentuan panjang gelombang maksimum jingga metil	33
3.4.2.1 Pembuatan kurva standar jingga metil	33
3.4.3 Pembuatan katalis zeolit terimpregnasi TiO ₂ (TiO ₂ /zeolit).....	34
3.4.3.1 Preparasi zeolit alam.....	34
3.4.3.2 Preparasi TiO ₂ terimpregnasi pada zeolit (TiO ₂ /zeolit).....	34
3.4.4 Penentuan waktu degradasi dan pH optimum.....	35
3.4.4.1 Penentuan waktu degradasi optimum.....	35
3.4.4.2 Penentuan pH optimum.....	35
3.4.5 Degradasi larutan sampel jingga metil.....	36
3.4.5.1 Penentuan degradasi jingga metil tanpa Katalis pada kondisi optimum.....	36
3.4.5.2 Penentuan degradasi jingga metil dengan TiO ₂ /zeolit pada kondisi optimum.....	36
3.4.5.3 Degradasi jingga metil dengan TiO ₂ pada kondisi optimum.....	37
3.4.5.4 Degradasi jingga metil dengan zeolit pada kondisi optimum.....	37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Jingga Metil.....	38
4.2 Pembuatan Kurva Standar Jingga Metil.....	39
4.3 Preparasi Zeolit Alam.....	40
4.4 Preparasi TiO ₂ Terimpregnasi Pada Zeolit (TiO ₂ /zeolit).....	42
4.5 Penentuan Waktu Degradasi dan pH Optimum.....	45
4.5.1 Penentuan waktu deგრdasi optimum.....	45
4.5.2 Penentuan pH optimum.....	47
4.6 Degradasi Larutan Sampel Jingga Metil.....	48
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan.....	51
5.2 Saran.....	51
DAFTAR PUSTAKA.....	52
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Nomor	Judul Tabel	Halaman
2.1	Komposisi unsur pada zeolit alam.....	8
4.1	Data absorbansi larutan standar jingga metil.....	39
4.2	Waktu optimum degradasi jingga metil	46
4.3	Data penentuan pH optimum degradasi jingga metil	47
4.4	Hasil perlakuan degradasi jingga metil pada kondisi optimum.....	49



DAFTAR GAMBAR

Nomer	Judul Gambar	Halaman
2.1	Tetrahedral alumina dan silika pada struktur zeolit	9
2.2	Struktur kristal TiO ₂ bentuk anatase dan rutil.....	15
2.3	Mekanisme fotokatalisis dengan semikonduktor TiO ₂	19
2.4	Struktur molekul jingga metil.....	23
2.5	Kondisi Bragg untuk difraksi sinar.....	24
3.1	Reaktor fotokatalisis.....	31
4.1	Spektra UV senyawa jingga metil 10 ppm.....	38
4.2	Grafik kurva standar jingga metil.....	40
4.3	Difraktogram XRD zeolit alam Turen-Malang-Jawa Timur dan zeolit setelah kalsinasi 400 °C.....	41
4.4	Difraktogram XRD TiO ₂ , TiO ₂ /zeolit, dan zeolit setelah kalsinasi 400 °C.....	43
4.5	Spektra FTIR zeolit setelah kalsinasi 400 °C dan TiO ₂ /zeolit.....	44
4.6	Kurva waktu optimum Kurva waktu optimum degradasi jingga metil.....	46
4.7	Kurva pH optimum degradasi jingga metil.....	48
4.8	Hasil perbandingan degradasi menggunakan TiO ₂ /Zeolit, zeolit, TiO ₂ , dan tanpa katalis.....	50

DAFTAR LAMPIRAN

Nomer	Judul Lampiran
1.	Spektra Panjang Gelombang Maksimum Jingga Metil 10 ppm
2.	Data Hasil Pengamatan pada Penentuan Kurva Standar Jingga Metil
3.	Uji FTIR Zeolit Alam Setelah Kalsinasi 400 °C
4.	Hasil Uji FTIR TiO ₂ Terimpregnasi pada Zeolit (TiO ₂ /zeolit)
5.	Hasil Uji XRD Zeolit Alam Turen-Malang-Jawa Timur
6.	Hasil Uji XRD Zeolit Setelah Kalsinasi 400 °C
7.	Uji XRD TiO ₂ Terimpregnasi pada Zeolit (TiO ₂ /zeolit)
8.	Hasil Uji XRD TiO ₂
9.	Data Hasil Penentuan Waktu Degradasi Optimum Jingga Metil
10.	Data Hasil Penentuan pH Optimum Degradasi Jingga Metil
11.	Data Perhitungan Optimasi Waktu dan pH pada Degradasi Jingga Metil
12.	Data dan Kurva Perbandingan Degradasi Jingga Metil dengan Menggunakan Katalis yang Berbeda pada Kondisi Optimum

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Semakin meningkatnya industri tekstil yang ada di Indonesia maka semakin banyak pula masalah yang ditimbulkan. Industri ini melibatkan pewarnaan dalam produksinya. Sebenarnya tidak hanya industri tekstil yang memerlukan pewarnaan, masih banyak industri lain yang memerlukan pewarnaan, misalnya industri garmen, industri peralatan kertas, dan industri percetakan. Proses pewarnaan merupakan faktor penting dalam berbagai industri tersebut (Wijaya dkk, 2005).

Pada proses industri, produk yang dihasilkan tidak hanya produk utama melainkan juga produk samping yang berupa limbah. Limbah cair yang dikeluarkan oleh industri tekstil mengandung berbagai zat pewarna yang berbahaya bagi lingkungan. Zat warna yang sering digunakan adalah golongan azo di mana zat warna tersebut memiliki sifat *non-biodegradable* (Rashed dkk, 2007). Dewasa ini, sekitar 15% dari total produksi zat pewarna di dunia hilang ketika proses pewarnaan. Pelepasan limbah zat pewarna tersebut ke ekosistem merupakan sumber polusi dan limbah cair yang berbahaya (Wijaya dkk, 2006). Salah satu senyawa dari golongan azo adalah jingga metil di mana senyawa ini sering digunakan dalam industri tekstil.

Limbah cair merupakan masalah utama dalam pengendalian lingkungan karena memberikan dampak yang luas. Hal ini disebabkan oleh karakteristik fisik

dan kimia yang terkandung di dalamnya, sehingga dapat memberikan dampak negatif terhadap lingkungan apabila dibuang sebagai limbah dan nantinya akan mengurangi estetika lingkungan perairan terutama badan air. Karakteristik secara fisika dapat dilihat dari warna air yang telah tercemar, air menjadi keruh, dan bau yang menyengat. Karakteristik secara kimia dapat diidentifikasi melalui keasaman air, alkalinitas, dan zat warna yang terkandung pada limbah tersebut (Junaidi dkk, 2006). Oleh karena itu, pengolahan limbah cair harus dilakukan secara cermat dan terpadu di dalam proses produksi dan setelah proses produksi agar pengendalian berlangsung dengan efektif dan efisien. Langkah-langkah pengolahan yang dilaksanakan secara terpadu dapat dimulai dengan upaya meminimalisir limbah (*waste minimization*), pengolahan limbah (*waste treatment*), hingga pembuangan limbah. Pengolahan limbah cair dalam proses produksi dimaksudkan untuk meminimalkan volume, konsentrasi, dan toksisitas limbah yang dihasilkan (Fatimah dkk, 2006).

Melihat fakta yang ada, pemerintah memberikan aturan yang berkaitan dengan lingkungan hidup. Menteri Negara Kementerian Lingkungan Hidup telah menetapkan baku mutu limbah cair bagi industri yang tertuang dalam Keputusan Nomor 03/KLH/II/1991. Seiring dengan meningkatnya standar lingkungan internasional yang semakin memperhatikan kualitas lingkungan, maka muncullah berbagai sistem teknologi atau metode-metode untuk menanggulangi limbah yang dihasilkan oleh industri. Metode-metode penanggulangan limbah yang sering dilakukan adalah metode adsorpsi, biodegradasi, serta metode kimia seperti klorinasi

dan ozonisasi. Metode-metode tersebut cukup efektif dalam menanggulangi limbah namun metode tersebut memerlukan biaya operasional yang sangat besar. Masih banyak juga metode-metode lain yang biasa digunakan, seperti koagulasi kombinasi, oksidasi elektrokimia, flokulasi, osmosis balik, dan adsorpsi menggunakan karbon aktif. Namun, metode-metode tersebut juga memiliki banyak kelemahan yaitu munculnya masalah baru seperti dihasilkannya fasa baru yang mengandung polutan yang lebih terkonsentrasi (Wijaya dkk, 2006). Di antara metode-metode yang ada, fotodegradasi merupakan metode alternatif yang relatif murah dan mudah diterapkan. Metode ini memerlukan bahan semikonduktor antara lain TiO_2 , ZnO , atau Fe_2O_3 serta radiasi sinar ultraviolet (UV). Di antara bahan-bahan semikonduktor yang ada, TiO_2 merupakan bahan semikonduktor yang ketersediannya banyak di pasaran serta tergolong paling unggul (Fatimah dkk, 2005). TiO_2 sering digunakan sebagai fotokatalisis untuk menguraikan senyawa organik seperti pentaklorofenol (Krisdaningrum, 2003), *cibracron yellow*, dan jingga metil.

Sementara itu, Indonesia merupakan negara dengan sumber daya alam mineral zeolit yang melimpah. Namun, mineral zeolit tersebut belum dimanfaatkan secara optimal (Fatimah dkk, 2006). Zeolit merupakan senyawa alumina silika yang mempunyai pori dan luas permukaan yang relatif besar (Sutarti dan Rachmawati, 1994). Dalam bidang industri, zeolit dimanfaatkan sebagai penukar ion, katalis, dan adsorben. Dalam bidang teknologi pengolahan lingkungan, zeolit telah dikenal luas sebagai bahan adsorben yang handal, sehingga zeolit dapat diaplikasikan untuk pengolahan limbah cair dari industri tekstil. Eriana (2003) melakukan penelitian

tentang TiO_2 yang digunakan untuk aplikasi degradasi fenol dan hasil yang di dapat kurang maksimal.

Melihat kenyataan dan fakta yang ada, maka perlu adanya upaya mencari alternatif untuk mengatasi masalah penanggulangan limbah. Bagaimanapun juga, teknologi yang nantinya digunakan dalam pengolahan limbah akan memberikan kontribusi nyata dalam mendegradasi limbah, khususnya zat warna yang terlarut atau terdispersi dalam media cair.

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini bertujuan untuk mengurangi limbah cair sebagai produk samping dari industri tekstil yang berupa zat warna jingga metil yang nantinya akan dianalisis dengan cara degradasi fotokatalitik, yaitu reaksi yang menggunakan bantuan cahaya untuk mendegradasi suatu zat dengan kombinasi zeolit alam dan TiO_2 sebagai katalis. Bentuk kombinasi tersebut adalah impregnasi TiO_2 terhadap zeolit alam, yaitu proses pemasukan prekursor logam (TiO_2) terhadap penyangga (zeolit). Aplikasi fotokatalisis merupakan salah satu alternatif yang cukup baik dalam menanggulangi limbah cair tersebut. Terapan ini dilakukan untuk mengurangi konsentrasi limbah cair. Untuk mengetahui bahwa impregnasi TiO_2 dengan zeolit alam dapat mendegradasi senyawa jingga metil maka perlu dilakukan penelitian degradasi jingga metil oleh TiO_2 /zeolit secara fotokatalitik.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan ulasan yang tertera pada latar belakang, maka dengan begitu timbul suatu rumusan masalah sebagai berikut.

1. Berapa besar aktivitas TiO_2 terimpregnasi pada zeolit ($\text{TiO}_2/\text{zeolit}$) dalam mengurangi konsentrasi jingga metil secara adsorpsi pada kondisi waktu dan pH optimum?
2. Apakah TiO_2 terimpregnasi pada zeolit ($\text{TiO}_2/\text{zeolit}$) memiliki aktivitas lebih tinggi dibandingkan TiO_2 dan zeolit dalam mengadsorpsi jingga metil pada kondisi optimum?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin didapat, adalah sebagai berikut.

1. Menentukan besarnya aktivitas TiO_2 terimpregnasi pada zeolit ($\text{TiO}_2/\text{zeolit}$) dalam mengurangi konsentrasi jingga metil secara adsorpsi pada kondisi waktu dan pH optimum.
2. Membandingkan aktivitas $\text{TiO}_2/\text{zeolit}$ dengan TiO_2 dan zeolit saja dalam mengadsorpsi jingga metil pada kondisi optimum.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk menambah wawasan dalam bidang sains khususnya dalam pengolahan limbah dan juga dapat memberi masukan kepada industri-industri sebagai alternatif dalam pengolahan limbah tekstil dengan memanfaatkan sumber daya alam untuk mengurangi pencemaran air.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Semakin meningkatnya industri tekstil yang ada di Indonesia maka semakin banyak pula masalah yang ditimbulkan. Industri ini melibatkan pewarnaan dalam produksinya. Sebenarnya tidak hanya industri tekstil yang memerlukan pewarnaan, masih banyak industri lain yang memerlukan pewarnaan, misalnya industri garmen, industri peralatan kertas, dan industri percetakan. Proses pewarnaan merupakan faktor penting dalam berbagai industri tersebut (Wijaya dkk, 2005).

Pada proses industri, produk yang dihasilkan tidak hanya produk utama melainkan juga produk samping yang berupa limbah. Limbah cair yang dikeluarkan oleh industri tekstil mengandung berbagai zat pewarna yang berbahaya bagi lingkungan. Zat warna yang sering digunakan adalah golongan azo di mana zat warna tersebut memiliki sifat *non-biodegradable* (Rashed dkk, 2007). Dewasa ini, sekitar 15% dari total produksi zat pewarna di dunia hilang ketika proses pewarnaan. Pelepasan limbah zat pewarna tersebut ke ekosistem merupakan sumber polusi dan limbah cair yang berbahaya (Wijaya dkk, 2006). Salah satu senyawa dari golongan azo adalah jingga metil di mana senyawa ini sering digunakan dalam industri tekstil.

Limbah cair merupakan masalah utama dalam pengendalian lingkungan karena memberikan dampak yang luas. Hal ini disebabkan oleh karakteristik fisik

dan kimia yang terkandung di dalamnya, sehingga dapat memberikan dampak negatif terhadap lingkungan apabila dibuang sebagai limbah dan nantinya akan mengurangi estetika lingkungan perairan terutama badan air. Karakteristik secara fisika dapat dilihat dari warna air yang telah tercemar, air menjadi keruh, dan bau yang menyengat. Karakteristik secara kimia dapat diidentifikasi melalui keasaman air, alkalinitas, dan zat warna yang terkandung pada limbah tersebut (Junaidi dkk, 2006). Oleh karena itu, pengolahan limbah cair harus dilakukan secara cermat dan terpadu di dalam proses produksi dan setelah proses produksi agar pengendalian berlangsung dengan efektif dan efisien. Langkah-langkah pengolahan yang dilaksanakan secara terpadu dapat dimulai dengan upaya meminimalisir limbah (*waste minimization*), pengolahan limbah (*waste treatment*), hingga pembuangan limbah. Pengolahan limbah cair dalam proses produksi dimaksudkan untuk meminimalkan volume, konsentrasi, dan toksisitas limbah yang dihasilkan (Fatimah dkk, 2006).

Melihat fakta yang ada, pemerintah memberikan aturan yang berkaitan dengan lingkungan hidup. Menteri Negara Kementerian Lingkungan Hidup telah menetapkan baku mutu limbah cair bagi industri yang tertuang dalam Keputusan Nomor 03/KLH/II/1991. Seiring dengan meningkatnya standar lingkungan internasional yang semakin memperhatikan kualitas lingkungan, maka muncullah berbagai sistem teknologi atau metode-metode untuk menanggulangi limbah yang dihasilkan oleh industri. Metode-metode penanggulangan limbah yang sering dilakukan adalah metode adsorpsi, biodegradasi, serta metode kimia seperti klorinasi

dan ozonisasi. Metode-metode tersebut cukup efektif dalam menanggulangi limbah namun metode tersebut memerlukan biaya operasional yang sangat besar. Masih banyak juga metode-metode lain yang biasa digunakan, seperti koagulasi kombinasi, oksidasi elektrokimia, flokulasi, osmosis balik, dan adsorpsi menggunakan karbon aktif. Namun, metode-metode tersebut juga memiliki banyak kelemahan yaitu munculnya masalah baru seperti dihasilkannya fasa baru yang mengandung polutan yang lebih terkonsentrasi (Wijaya dkk, 2006). Di antara metode-metode yang ada, fotodegradasi merupakan metode alternatif yang relatif murah dan mudah diterapkan. Metode ini memerlukan bahan semikonduktor antara lain TiO_2 , ZnO , atau Fe_2O_3 serta radiasi sinar ultraviolet (UV). Di antara bahan-bahan semikonduktor yang ada, TiO_2 merupakan bahan semikonduktor yang ketersediannya banyak di pasaran serta tergolong paling unggul (Fatimah dkk, 2005). TiO_2 sering digunakan sebagai fotokatalisis untuk menguraikan senyawa organik seperti pentaklorofenol (Krisdaningrum, 2003), *cibracron yellow*, dan jingga metil.

Sementara itu, Indonesia merupakan negara dengan sumber daya alam mineral zeolit yang melimpah. Namun, mineral zeolit tersebut belum dimanfaatkan secara optimal (Fatimah dkk, 2006). Zeolit merupakan senyawa alumina silika yang mempunyai pori dan luas permukaan yang relatif besar (Sutarti dan Rachmawati, 1994). Dalam bidang industri, zeolit dimanfaatkan sebagai penukar ion, katalis, dan adsorben. Dalam bidang teknologi pengolahan lingkungan, zeolit telah dikenal luas sebagai bahan adsorben yang handal, sehingga zeolit dapat diaplikasikan untuk pengolahan limbah cair dari industri tekstil. Eriana (2003) melakukan penelitian

tentang TiO_2 yang digunakan untuk aplikasi degradasi fenol dan hasil yang di dapat kurang maksimal.

Melihat kenyataan dan fakta yang ada, maka perlu adanya upaya mencari alternatif untuk mengatasi masalah penanggulangan limbah. Bagaimanapun juga, teknologi yang nantinya digunakan dalam pengolahan limbah akan memberikan kontribusi nyata dalam mendegradasi limbah, khususnya zat warna yang terlarut atau terdispersi dalam media cair.

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini bertujuan untuk mengurangi limbah cair sebagai produk samping dari industri tekstil yang berupa zat warna jingga metil yang nantinya akan dianalisis dengan cara degradasi fotokatalitik, yaitu reaksi yang menggunakan bantuan cahaya untuk mendegradasi suatu zat dengan kombinasi zeolit alam dan TiO_2 sebagai katalis. Bentuk kombinasi tersebut adalah impregnasi TiO_2 terhadap zeolit alam, yaitu proses pemasukan prekursor logam (TiO_2) terhadap penyangga (zeolit). Aplikasi fotokatalisis merupakan salah satu alternatif yang cukup baik dalam menanggulangi limbah cair tersebut. Terapan ini dilakukan untuk mengurangi konsentrasi limbah cair. Untuk mengetahui bahwa impregnasi TiO_2 dengan zeolit alam dapat mendegradasi senyawa jingga metil maka perlu dilakukan penelitian degradasi jingga metil oleh TiO_2 /zeolit secara fotokatalitik.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan ulasan yang tertera pada latar belakang, maka dengan begitu timbul suatu rumusan masalah sebagai berikut.

1. Berapa besar aktivitas TiO_2 terimpregnasi pada zeolit ($\text{TiO}_2/\text{zeolit}$) dalam mengurangi konsentrasi jingga metil secara adsorpsi pada kondisi waktu dan pH optimum?
2. Apakah TiO_2 terimpregnasi pada zeolit ($\text{TiO}_2/\text{zeolit}$) memiliki aktivitas lebih tinggi dibandingkan TiO_2 dan zeolit dalam mengadsorpsi jingga metil pada kondisi optimum?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin didapat, adalah sebagai berikut.

1. Menentukan besarnya aktivitas TiO_2 terimpregnasi pada zeolit ($\text{TiO}_2/\text{zeolit}$) dalam mengurangi konsentrasi jingga metil secara adsorpsi pada kondisi waktu dan pH optimum.
2. Membandingkan aktivitas $\text{TiO}_2/\text{zeolit}$ dengan TiO_2 dan zeolit saja dalam mengadsorpsi jingga metil pada kondisi optimum.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk menambah wawasan dalam bidang sains khususnya dalam pengolahan limbah dan juga dapat memberi masukan kepada industri-industri sebagai alternatif dalam pengolahan limbah tekstil dengan memanfaatkan sumber daya alam untuk mengurangi pencemaran air.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kimia Analitik dan Laboratorium Penelitian Departemen Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga. Waktu penelitian dilaksanakan mulai bulan Maret sampai Juni 2012.

3.2 Bahan dan Alat Penelitian

3.2.1 Bahan penelitian

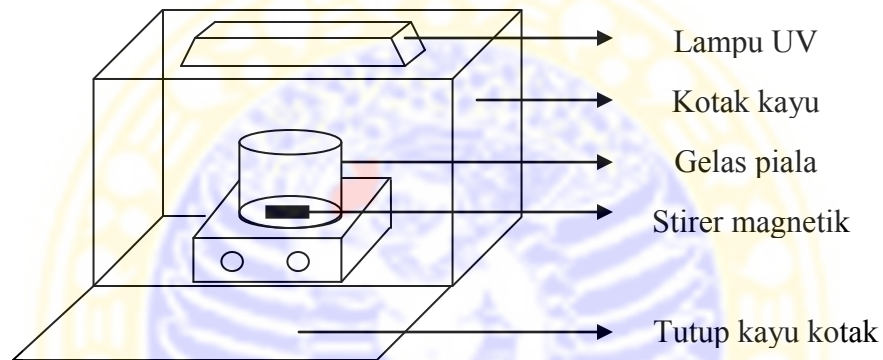
Bahan-bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini, antara lain: zeolit alam dari daerah Turen-Malang-Jawa Timur, etanol absolut 99,8 % (Merck), jingga metil (Merck), TiO_2 , HCl 37% (Merck), NaOH p.a (Merck), H_2O_2 15 % (Merck), akuadem, dan aluminium foil.

3.2.2 Alat penelitian

Alat-alat yang akan digunakan dalam penelitian ini, antara lain: satu set alat gelas yang ada di laboratorium, pengaduk magnetik, neraca analitik Mettler tipe AE 200, lumpang porselen dan penggerus, *sentrifuge* model 228, *furnace* model L3/R Nobertherm, oven model 5851, pH meter, spektrofotometer *ultraviolet-visible* (UV-Vis) Shimadzu tipe UV-1800, spektroskopi transformasi fourier infra merah (FTIR)

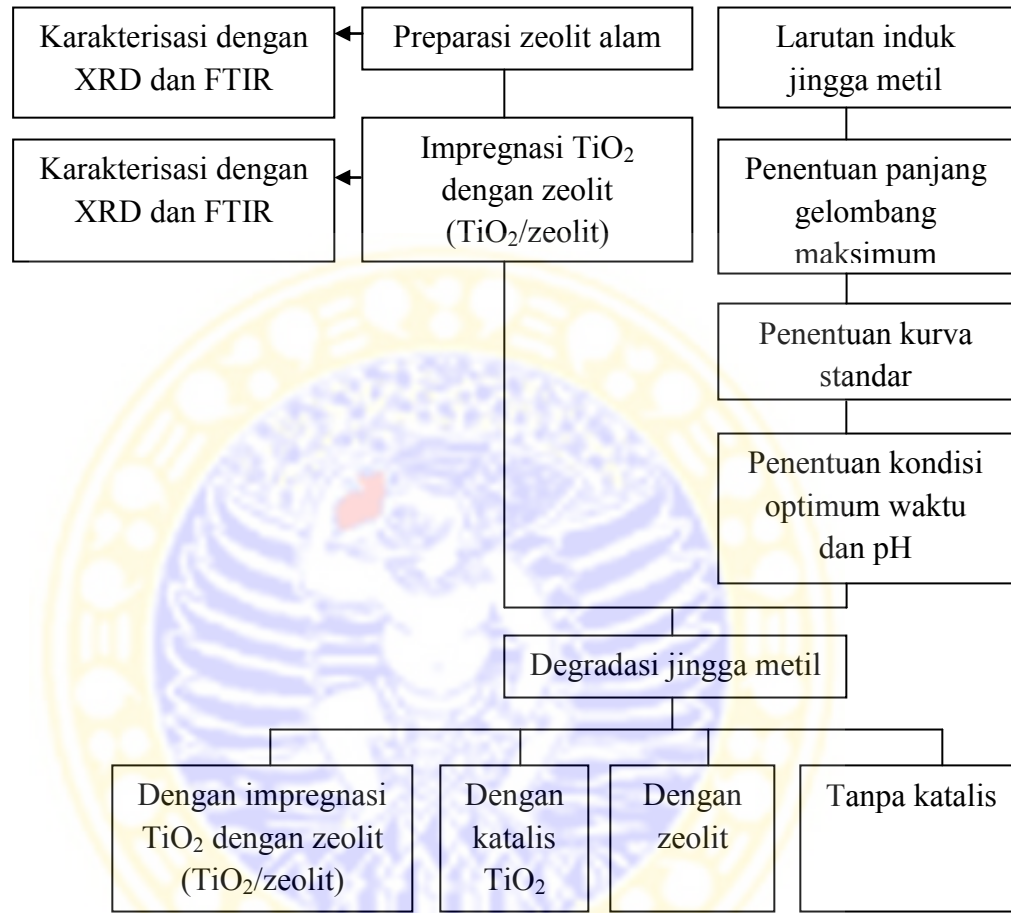
Shimadzu, difraktometer sinar X Philips Analytical, dan reaktor fotokatalitik yang terdiri dari:

- a. kotak pelindung reaktor yang terbuat dari kayu berukuran 50 x 50 x 50 cm
- b. sumber sinar UV (lampu UV 3x8 Watt)
- c. wadah berupa gelas piala 1000 mL.



Gambar 3.1 Reaktor fotokatalisis

3.3 Diagram Alir Penelitian



3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Pembuatan larutan

3.4.1.1 Pembuatan larutan HCl 0,10 M

Diambil sebanyak 0,8 mL larutan HCl 37% (massa jenis sebesar 1,18 g/mL) kemudian dimasukkan ke dalam gelas piala dan diencerkan dengan akuadem sampai volume 100 mL sehingga didapatkan larutan HCl 0,10 M.

3.4.1.2 Pembuatan larutan NaOH 0,10 M

Ditimbang sebanyak 0,40 g NaOH secara tepat dan dilarutkan dengan akuadem, kemudian diencerkan dalam gelas piala sampai volume 100 mL sehingga diperoleh larutan NaOH 0,10 M.

3.4.1.3 Pembuatan larutan H₂O₂ 15 %

Diambil sebanyak 5,0 mL larutan H₂O₂ 30 % dan dimasukkan dalam gelas piala 10 mL, kemudian diencerkan dengan akuadem hingga tanda batas sehingga diperoleh larutan H₂O₂ 15 %.

3.4.1.4 Pembuatan larutan induk jingga metil 1000 ppm

Ditimbang sebanyak 1,00 g jingga metil dengan tepat, kemudian dilarutkan dengan 500 mL akuadem dalam gelas piala. Selanjutnya, dipindahkan secara kuantitatif ke dalam labu ukur 1000 mL dan ditambahkan akuadem hingga tanda batas, sehingga diperoleh larutan induk jingga metil 1000 ppm.

3.4.1.5 Pembuatan larutan standar jingga metil

Larutan induk jingga metil 1000 ppm diambil dengan buret mikro sebanyak 0,10; 0,20; 0,50; 0,80; dan 10,0 mL ke dalam labu ukur 100 mL dan diencerkan

sampai tanda batas, sehingga diperoleh larutan jingga metil dengan konsentrasi 1, 2, 5, 8, dan 10 ppm.

3.4.1.6 Pembuatan larutan sampel jingga metil

Diambil larutan induk jingga metil 1000 ppm secara kuantitatif sebanyak 5,0 mL dengan pipet volume, kemudian dipindahkan ke dalam labu ukur 500 mL dan diencerkan sampai tanda batas, sehingga diperoleh larutan sampel jingga metil dengan konsentrasi 10 ppm.

3.4.2 Penentuan panjang gelombang maksimum jingga metil

Larutan standar jingga metil yang telah dibuat diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis, sehingga diperoleh panjang gelombang maksimumnya. Panjang gelombang maksimum diperoleh dari nilai absorbansi tertinggi. Sebelum pengukuran sampel dengan spektrofotometer UV-Vis, perlu dilakukan pengukuran blanko dengan akuadem. Panjang gelombang maksimum jingga metil dilakukan pada rentang 300-780 nm.

3.4.2.1 Pembuatan kurva standar jingga metil

Larutan standar jingga metil yang telah dibuat diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum yang telah diperoleh. Absorbansi yang diperoleh dari masing-masing larutan standar dibuat kurva kalibrasi dengan sumbu x sebagai konsentrasi larutan standar (ppm) dan sumbu y sebagai absorbansi yang dihasilkan oleh larutan standar. Dari grafik didapatkan persamaan regresi linier $y = bx + a$.

3.4.3 Pembuatan katalis zeolit terimpregnasi TiO_2 (TiO_2 /zeolit)

Pada penelitian ini, sebelum zeolit terimpregnasi dengan TiO_2 (TiO_2 /zeolit) untuk katalis pada degradasi zat warna jingga metil perlu dilakukan preparasi terhadap zeolit alam maupun TiO_2 .

3.4.3.1 Preparasi zeolit alam

Sebanyak 100 g zeolit alam digerus sampai halus dan ditambahkan dengan 400 mL akuadem sambil diaduk dengan pengaduk magnetik selama 5 jam, kemudian dipisahkan antara zeolit dan akuadem secara dekantasi, kemudian zeolit dikeringkan dalam oven pada temperatur 120 °C selama 4 jam. Zeolit tersebut dikalsinasi dengan *furnace* pada temperatur 400 °C selama 5 jam. Setelah zeolit alam kering, hasil yang diperoleh kemudian dianalisis dengan difraksi sinar X untuk mengetahui jenis mineral penyusun zeolit.

3.4.3.2 Preparasi TiO_2 terimpregnasi pada zeolit (TiO_2 /zeolit)

Pembuatan TiO_2 terimpregnasi pada zeolit dilakukan dengan cara mencampurkan 20 g zeolit dengan 1 g TiO_2 ditambah dengan 20 mL etanol absolut sambil diaduk dengan pengaduk magnet selama 5 jam. Padatan yang terbentuk dipisahkan secara dekantasi dan dikeringkan dalam oven pada temperatur 120 °C selama 5 jam untuk membersihkan pori-pori zeolit dari etanol yang masih berada pada permukaan zeolit. Setelah kering digerus sampai halus kemudian dikalsinasi pada temperatur 400 °C selama 5 jam. Padatan yang diperoleh dianalisis dengan difraksi sinar X untuk mengetahui struktur zeolit setelah impregnasi dan dengan

spektroskopi transformasi fourier infra merah (FTIR) untuk mengetahui ikatan yang terbentuk antara TiO_2 /zeolit.

3.4.4 Penentuan waktu degradasi dan pH optimum

3.4.4.1 Penentuan waktu degradasi optimum

Sebanyak 500 mL larutan jingga metil 10 ppm dipindahkan ke dalam gelas beker 1000 mL, kemudian ditambahkan TiO_2 /zeolit sebanyak 0,50 g dan H_2O_2 15 % 100 μL . Campuran dihomogenkan selama 15 menit dengan cara pengadukan lalu diiradiasi dalam reaktor dengan sinar UV 3x8 Watt selama 3 jam. Selang waktu menit ke- 5, 10, 20, 30, 45, 60, 120, dan 180 menit diambil 5 mL larutan, lalu dianalisis dengan spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui kadar sisa jingga metil dengan blanko akuadem pada panjang gelombang maksimum. Selama proses irradiasi campuran tetap dalam keadaan dihomogenkan. Waktu degradasi yang menunjukkan konsentrasi jingga metil sisa paling sedikit dinyatakan sebagai waktu degradasi optimum.

3.4.4.2 Penentuan pH optimum

Sebanyak 500 mL larutan sampel jingga metil dengan konsentrasi 10 ppm dimasukkan dalam gelas beker 1000 mL dan ditambahkan dengan 0,50 g TiO_2 /zeolit dan H_2O_2 15 % 100 μL . Ke dalam campuran ditambahkan larutan 0,1 M HCl atau NaOH 0,1M agar pHnya menjadi 4, 5, 6, 7, 8, atau 9. Pengaturan pH diikuti dengan penghomogenan larutan. Masing-masing larutan yang telah diatur pHnya diiradiasi dengan sinar UV 3x8 Watt selama waktu optimum pada bagian 3.4.4.1. Sebanyak 5

mL dari hasil degradasi larutan diambil dan diukur absorbansinya pada panjang gelombang maksimumnya dengan spektrofotometer UV-Vis dan akuadem yang telah ditambahkan HCl/NaOH 0,1 M sebagai larutan blanko. Larutan pada pH yang memberikan konsentrasi jingga metil sisa paling sedikit dinyatakan sebagai pH degradasi optimum.

3.4.5 Degradasi larutan sampel jingga metil

3.4.5.1 Degradasi jingga metil tanpa katalis pada kondisi optimum

Larutan sampel jingga metil dengan konsentrasi 10 ppm sebanyak sebanyak 500 mL dimasukkan ke dalam gelas beker 1000 mL dan diatur pH pada kondisi optimum. Larutan diaduk dengan pengaduk magnetik selama 15 menit dan diiradiasi dalam reaktor dengan sinar UV 3x8 Watt selama waktu optimum. Kemudian, sebanyak 5 mL larutan diambil dan diukur absorbansinya pada panjang gelombang maksimum dengan akuadem yang telah ditambahkan HCl 0,1 M sebagai larutan blanko. Absorbansi yang telah terukur dimasukkan ke dalam kurva standar larutan jingga metil agar konsentrasi larutan jingga metil yang tersisa dapat diketahui.

3.4.5.2 Degradasi jingga metil dengan TiO₂/zeolit pada kondisi optimum

Larutan sampel jingga metil dengan konsentrasi 10 ppm sebanyak 500 mL dimasukkan dalam gelas beker 1000 mL, kemudian ditambah dengan 0,5 g TiO₂/zeolit dan H₂O₂ 15 % 100 µL pada kondisi pH optimum. Campuran dihomogenkan selama 15 menit dan diiradiasi dengan sinar UV 3x8 Watt dalam reaktor selama waktu degradasi optimum. Larutan hasil degradasi diambil 5 mL dan

diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum dan menggunakan akuadem yang telah ditambahkan HCl 0,1 M sebagai blanko. Konsentrasi jingga metil sisa ditentukan melalui persamaan kurva standarnya.

3.4.5.3 Degradasi jingga metil dengan TiO₂ pada kondisi optimum

Larutan sampel jingga metil dengan konsentrasi 10 ppm sebanyak 500 mL dimasukkan dalam gelas beker 1000 mL, kemudian ditambah dengan 0,50 g TiO₂ dan H₂O₂ 15% 100 µL pada kondisi pH optimum. Kemudian larutan dihomogenkan selama 15 menit dan diiradiasi dengan sinar UV 3x8 Watt dalam reaktor selama waktu degradasi optimum. Larutan hasil degradasi diambil 5 mL dan diukur absorbansinya pada panjang gelombang maksimum dengan spektrofotometer UV-Vis dengan menggunakan akuadem yang telah ditambahkan HCl 0,1 M sebagai blanko. Konsentrasi jingga metil sisa ditentukan melalui persamaan kurva standarnya.

3.4.5.4 Degradasi jingga metil dengan zeolit pada kondisi optimum

Larutan sampel jingga metil dengan konsentrasi 10 ppm sebanyak 500 mL dimasukkan dalam gelas beker 1000 mL, kemudian ditambah dengan 0,50 g zeolit dan H₂O₂ 15 % 100 µL pada kondisi pH optimum. Campuran dihomogenkan selama 15 menit dan diiradiasi dengan sinar UV 24 Watt dalam reaktor selama waktu degradasi optimum. Larutan hasil degradasi diambil 5 mL dan diukur absorbansinya pada panjang gelombang maksimum dengan spektrofotometer UV-Vis dan akuadem yang telah ditambahkan HCl 0,1 M sebagai blanko. Konsentrasi jingga metil sisa ditentukan melalui persamaan kurva standarnya.

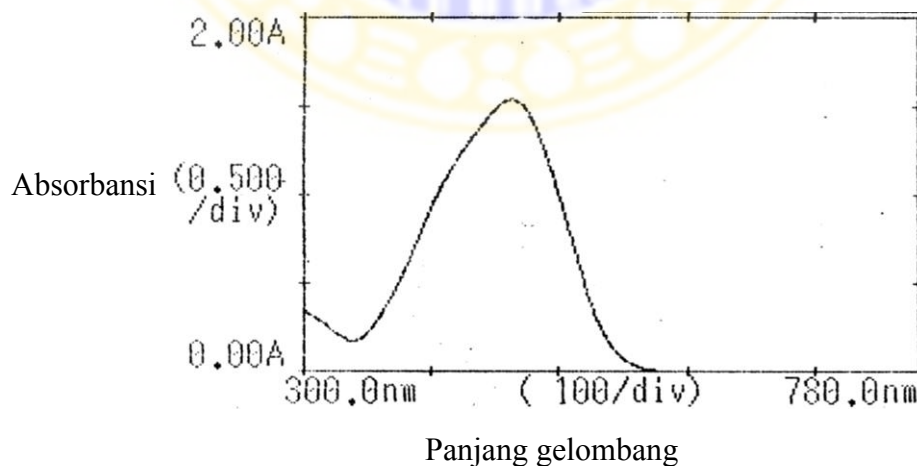
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini telah diamati aktivitas fotokatalitik TiO_2 terimpregnasi zeolit ($\text{TiO}_2/\text{zeolit}$), TiO_2 , dan zeolit dalam mendegradasi jingga metil dengan menggunakan irradiasi lampu UV 3x8 Watt. Penelitian ini juga melakukan waktu degradasi dan variasi pH untuk menentukan kondisi optimum secara fotokatalitik.

4.1 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Jingga Metil

Panjang gelombang maksimum diperoleh dari nilai absorbansi maksimum. Penentuan panjang gelombang maksimum dilakukan pada larutan standar jingga metil pada konsentrasi 10 ppm. Larutan diukur dengan spektrofotometer UV-Vis pada daerah tampak antara 300-780 nm dengan akuadem sebagai blanko. Hasil spektra panjang gelombang jingga metil dapat dilihat pada Gambar 4.1



Gambar 4.1. Spektra UV senyawa jingga metil 10 ppm.

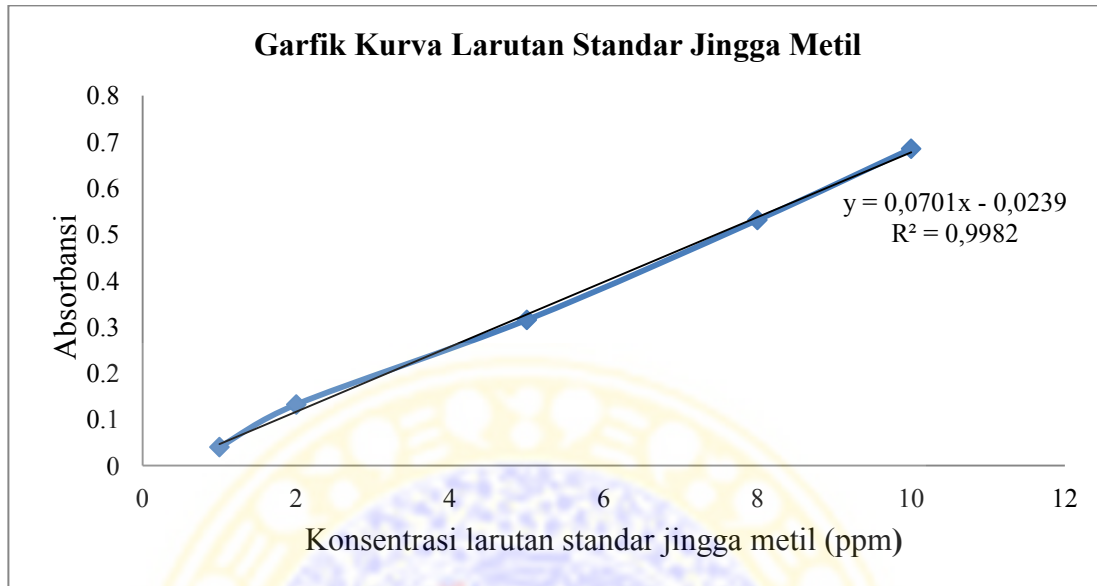
Dari hasil analisis spektrofotometer UV-Vis, pengukuran larutan standar jingga metil 10 ppm didapatkan panjang gelombang maksimum pada 464 nm dan terlihat pada puncak tertinggi dari spektra . Dan hasil absorbansi pada pengukuran larutan jingga metil 10 ppm sebesar 0,688.

4.2 Pembuatan Kurva Standar Jingga Metil

Dalam penentuan kurva standar jingga metil, terlebih dahulu dibuat larutan standar jingga metil dengan konsentrasi 1, 2, 5, 8, dan 10 ppm dari larutan induk jingga metil 1000 ppm. Larutan standar yang sudah dibuat diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum 464 nm menggunakan akuadem sebagai blanko. Nilai absorbansi larutan standar jingga metil dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1. Data absorbansi larutan standar jingga metil

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi (Abs)
1	0,040
2	0,132
5	0,315
8	0,531
10	0,685



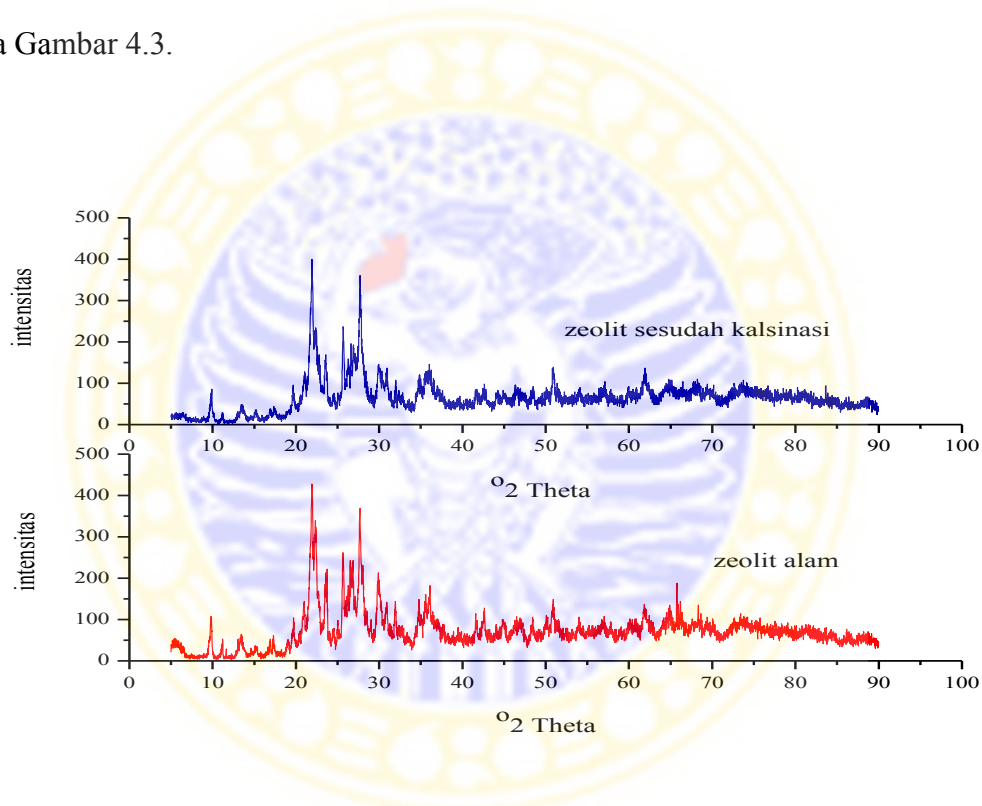
Gambar 4.2. Grafik kurva standar jingga metil

Dari nilai absorbansi larutan standar jingga metil dibuat grafik hubungan antara konsentrasi jingga metil sebagai sumbu x dengan absorbansi sebagai sumbu y, dan dihasilkan persamaan regresi linier $y = 0,0701x - 0,0239$. Persamaan regresi tersebut digunakan untuk menghitung besarnya konsentrasi jingga metil sisa setelah didegradasi.

4.3 Preparasi Zeolit Alam

Preparasi zeolit alam dilakukan dengan cara menggerus zeolit alam dengan mortar sampai halus kemudian diayak dengan ayakan 200 mesh. Hasil ayakan dimasukkan ke dalam gelas piala dan ditambah akuadem lalu diaduk selama 5 jam. Selanjutnya zeolit dan akuadem dipisahkan secara dekantasi, kemudian zeolit dikeringkan dalam oven pada temperatur 120 °C selama 4 jam. Pengeringan

dilakukan untuk menghilangkan kandungan air dalam zeolit. Zeolit yang sudah kering dikalsinasi pada temperatur 400 °C selama 5 jam untuk membersihkan pori dari pengotor oksida logam yang masih menempel. Setelah kering, zeolit yang diperoleh dianalisis dengan difraksi sinar X untuk mengetahui jenis mineral penyusunnya. Hasil analisis difraksi sinar X dalam bentuk difraktogram ditampilkan pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3. Difraktogram XRD zeolit alam dan zeolit setelah kalsinasi 400 °C.

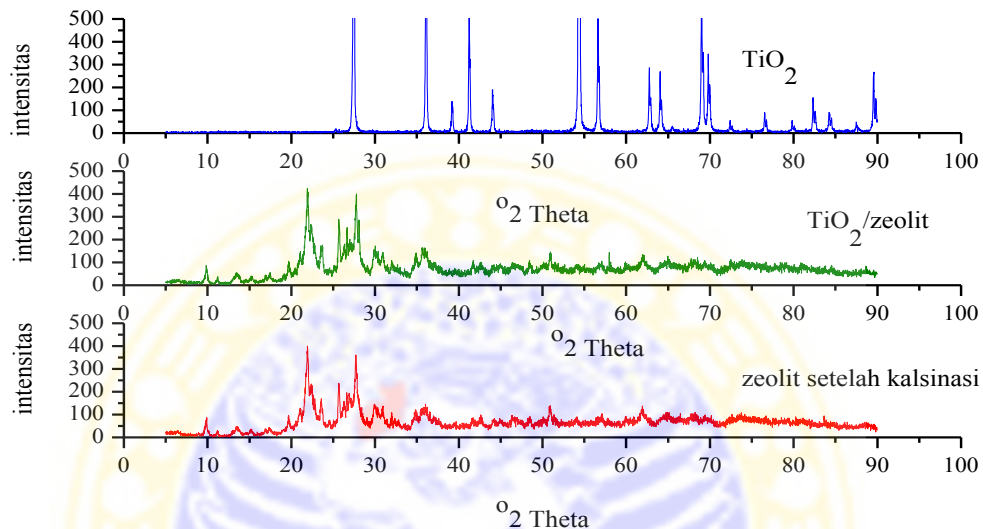
Dari hasil difraktogram tidak terlihat perubahan struktur yang berarti, hasil analisis pada sudut difraksi $2\theta = 19,69^\circ$ menunjukkan bahwa sebagian mineral penyusun utama zeolit alam Turen-Malang-Jawa Timur adalah mordenit. Puncak-puncak lain yang menunjukkan kandungan mordenit adalah pada sudut difraksi $2\theta =$

6,44; 9,82; 13,42; 22,32; 23,57; 25,65; 26,27; dan 27,69°. Puncak – puncak tersebut sesuai dengan puncak khas mordenit seperti yang dilaporkan oleh Wijaya (2006). Beberapa puncak dari zeolit alam dengan zeolit yang telah dikalsinasi pada temperature 400 °C tidak mengalami perubahan yang berarti, hal ini membuktikan bahwa proses kalsinasi tidak mempengaruhi jenis mineral penyusun dari zeolit alam tersebut.

4.4 Preparasi TiO₂ Terimpregnasi pada Zeolit (TiO₂/zeolit)

Pembuatan TiO₂/zeolit dilakukan dengan cara mencampurkan zeolit dan TiO₂ kemudian ditambah etanol absolut ke dalam gelas piala. Campuran diaduk dengan pengaduk magnet selama 5 jam. Pengadukan ini dilakukan agar campuran tersebut dapat bercampur secara homogen dan mempercepat proses menempelnya TiO₂ pada zeolit. Campuran yang terbentuk dipisahkan secara dekantasi untuk menghilangkan etanol sisa. TiO₂/zeolit dikeringkan dalam oven pada temperatur 120 °C selama 5 jam, dengan tujuan untuk membersihkan pori-pori zeolit dari etanol dan air yang masih berada pada permukaan zeolit. Selanjutnya TiO₂/zeolit dikalsinasi pada temperatur 400 °C selama 5 jam untuk membersihkan pori-pori zeolit dari TiO₂ yang tidak terikat pada zeolit. Padatan yang diperoleh dianalisis dengan difraksi sinar X (XRD) untuk mengetahui perubahan jenis mineral penyusun zeolit dan dengan spektroskopi transformasi fourier infra merah (FTIR) untuk mengetahui bahwa telah terbentuk TiO₂/zeolit.

Hasil analisis difraksi sinar X dalam bentuk difraktogram ditampilkan pada gambar 4.4.



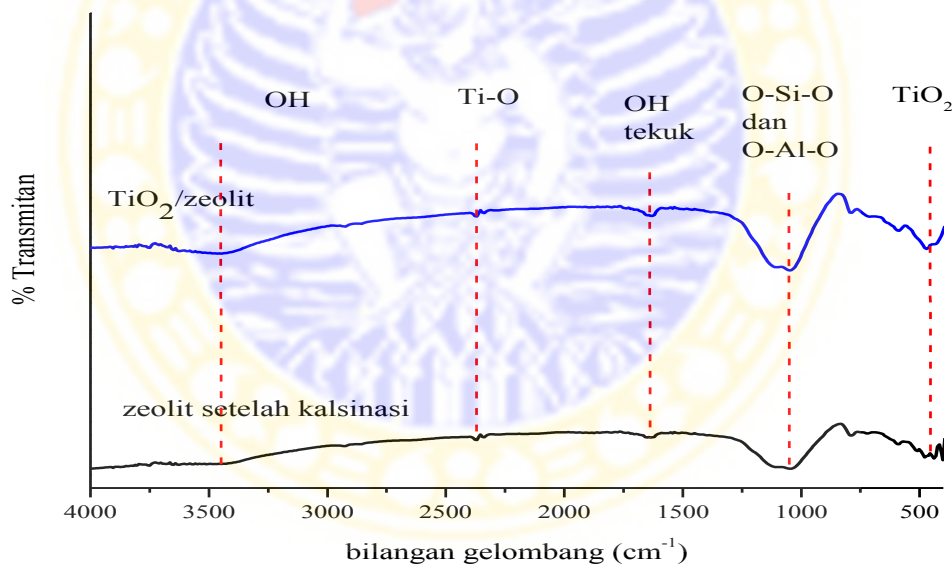
Gambar 4.4. Difraktogram XRD TiO₂, TiO₂/zeolit, dan zeolit setelah kalsinasi 400°C,

Hasil difraktogram menunjukkan bahwa bentuk TiO₂ yang terdapat dalam zeolit adalah bentuk rutil yang ditunjukkan adanya sudut difraksi $2\theta = 27,45^\circ$ dan $36,09^\circ$. Puncak tersebut sesuai dengan puncak khas rutil seperti yang dilaporkan oleh Fatimah dan Karna W (2005).

Pada difraktogram TiO₂/zeolit ada beberapa puncak yang tidak terlihat sesuai dengan puncak khas TiO₂, tidak adanya puncak TiO₂ pada difraktogram TiO₂/zeolit disebabkan karena jumlah TiO₂ yang digunakan untuk proses impregnasi kurang dari 10 % dari berat zeolit. Proses impregnasi antara TiO₂ dengan zeolit (TiO₂/zeolit) dan disertai kalsinasi pada temperatur 400 °C tidak mengalami perubahan struktur zeolit,

hal ini terlihat bahwa puncak yang muncul pada difraktogram zeolit setelah kalsinasi dengan difraktogram $\text{TiO}_2/\text{zeolit}$ tidak mengalami banyak perubahan, sehingga proses impregnasi tidak merusak struktur dari zeolit tersebut.

Namun, dari difraktogram tersebut belum dapat diketahui secara pasti bahwa TiO_2 telah menempel di dalam zeolit, sehingga analisis spektroskopi transformasi fourier infra merah (FTIR) dilakukan. Hasil analisis dengan spektroskopi infra merah memberikan informasi mengenai serapan gugus fungsional. Karakterisasi serapan gugus fungsional dari zeolit dan $\text{TiO}_2/\text{zeolit}$ terlihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5. Spektra FTIR zeolit setelah kalsinasi 400 °C dan $\text{TiO}_2/\text{zeolit}$.

Hasil analisis dengan spektroskopi infra merah hanya dapat memberikan informasi mengenai serapan gugus fungsional sehingga secara umum spektra zeolit yang telah dikalsinasi pada temperatur 400 °C dengan $\text{TiO}_2/\text{zeolit}$ hampir sama. Pada

zeolit alam setelah kalsinasi, serapan gugus fungsional terdapat pada bilangan gelombang 3436 cm^{-1} yang menunjukkan adanya gugus OH regang H_2O , hal ini mengidentifikasi bahwa zeolit mengalami dehidrasi akibat kalsinasi. Serapan pada bilangan gelombang $1639,4\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan gugus fungsional dari OH tekuk. Pada $1045,5\text{ cm}^{-1}$ terdapat regangan dari O-Si-O dan O-Al-O. Pada 2307 cm^{-1} menunjukkan serapan Ti-O dan pada bilangan gelombang $420,5\text{ cm}^{-1}$ mengidentifikasi adanya gugus fungsional dari karakter TiO_2 . Sedangkan pada $\text{TiO}_2/\text{zeolit}$ serapan gugus fungsionalnya hampir sama dengan zeolit setelah kalsinasi, sehingga antara zeolit setelah kalsinasi dengan $\text{TiO}_2/\text{zeolit}$ tidak banyak mengalami perubahan gugus fungsi yang berarti, hanya saja pada $\text{TiO}_2/\text{zeolit}$ terlihat adanya vibrasi lebih besar pada bilangan gelombang $420,5\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan regangan dari TiO_2 yang ditunjukkan dengan adanya spektra yang melebar. Dengan begitu mengindikasikan bahwa proses kalsinasi tidak merusak ikatan tersebut.

4.5 Penentuan Waktu Degradasi dan pH Optimum

4.5.1 Penentuan waktu degradasi optimum

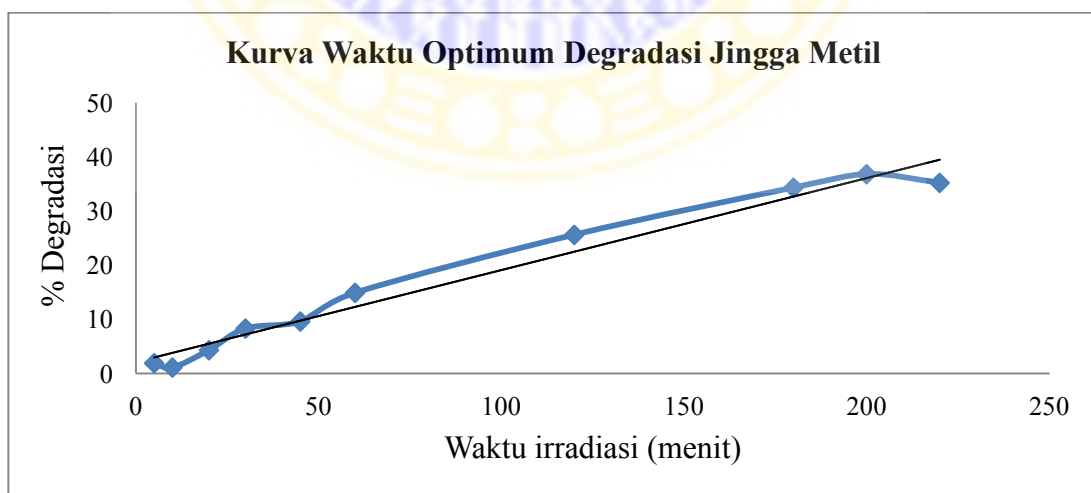
Pada penelitian ini, waktu optimum ditentukan dari hubungan antara waktu degradasi jingga metil dengan absorbansi jingga metil sisa. Waktu yang memberikan konsentrasi sisa jingga metil paling kecil dinyatakan sebagai waktu optimum atau dapat ditentukan berdasarkan jumlah terbesar prosentase jingga metil yang terdegradasi. Dari hasil analisis didapat waktu degradasi selama 3 jam yang

merupakan waktu optimum untuk mendegradasi jingga metil. Tabel optimasi waktu degradasi dapat dilihat berdasarkan Tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.2. Waktu optimum degradasi jingga metil

No.	Waktu irradiasi (menit)	Absorbansi	Kadar jingga metil sisa (ppm)	% Degradasi
1.	5	0,664	9,81	1,9
2.	10	0,670	9,89	1,1
3.	20	0,647	9,57	4,3
4.	30	0,619	9,17	8,3
5.	45	0,610	9,04	9,6
6.	60	0,573	8,51	14,9
7.	120	0,498	7,44	25,6
8.	180	0,437	6,57	34,3
9.	200	0,419	6,32	36,8
10.	220	0,430	6,48	35,2

Dari hasil analisis, menunjukkan bahwa terjadi perubahan absorbansi pada menit ke 200 dan 220. Hal ini belum bisa menjelaskan waktu yang dapat dijadikan sebagai waktu optimum pada degradasi jingga metil.



Gambar 4.6. Kurva waktu optimum degradasi jingga metil

Dari hasil analisis Gambar 4.6, waktu optimum adalah waktu yang dapat digunakan untuk mendegradasi jingga metil secara maksimal dan efisien, sehingga waktu yang dapat dijadikan sebagai waktu optimum adalah pada saat menit ke-200. Hal ini didasarkan pada waktu kontak antara zat yang didegradasi dengan katalis semakin lama maka semakin besar pula prosentase dalam mendegradasi jingga metil. Namun pada saat menit ke-200, prosentase degradasi jingga metil tidak menunjukkan perubahan yang signifikan apabila dibandingkan pada saat menit ke-180. Dengan begitu, waktu yang menunjukkan menit ke-200 tidak efisien dalam mendegradasi jingga metil, sehingga dapat disimpulkan bahwa waktu optimum degradasi jingga metil terjadi pada menit ke 180.

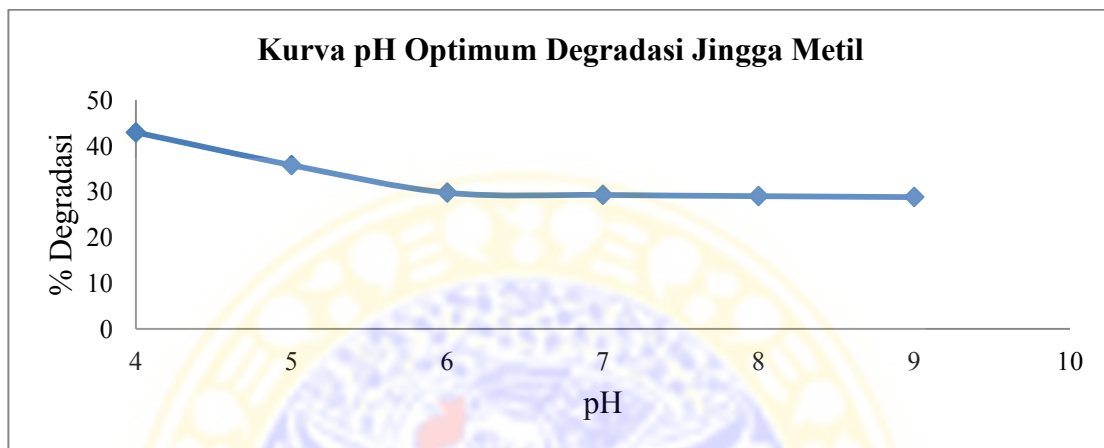
4.5.2 Penentuan pH optimum

Pada penelitian ini, pH optimum degradasi merupakan pH yang menunjukkan proses degradasi dapat berlangsung dengan baik. Adanya variasi pH maka dapat dibuat kurva optimasi pH degradasi jingga metil. Kurva pH optimum dibuat berdasarkan kondisi pH terhadap absorbansi dan ditentukan berdasarkan jumlah terbesar prosentase jingga metil yang terdegradasi. Dari hasil yang didapat, pH 4 merupakan pH optimum dari degradasi jingga metil. Tabel optimasi pH dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3. Data penentuan pH optimum degradasi jingga metil

No.	pH	Absorbansi	Kadar jingga metil sisa (ppm)	% Degradasi
1.	4	0,38	5,71	42,89
2.	5	0,43	6,42	35,75
3.	6	0,47	7,03	29,74

4.	7	0,47	7,07	29,25
5.	8	0,47	7,09	28,99
6.	9	0,47	7,10	28,78



Gambar 4.7. Kurva pH optimum degradasi jingga metil

Jingga metil merupakan pewarna anionik sedangkan TiO_2 merupakan semikonduktor yang bermuatan positif apabila dalam keadaan asam, sehingga dalam proses degradasi terjadi interaksi elektrostatis antara TiO_2 dengan jingga metil. Hal tersebut yang menyebabkan proses degradasi jingga metil dalam keadaan asam akan lebih besar daripada keadaan basa (Fang-bai, LI dkk, 2001). Sehingga didapatkan pH 4 sebagai pH optimum dalam mendegradasi jingga metil.

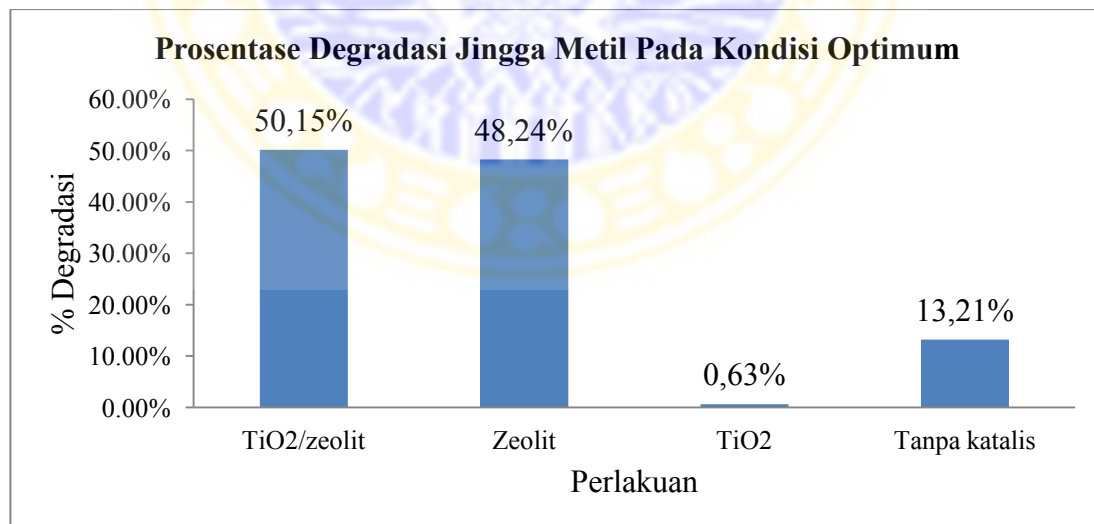
4.6 Degradasi Larutan Sampel Jingga Metil

Pada penelitian ini, dibandingkan efektivitas katalis TiO_2 /zeolit dengan zeolit, TiO_2 , dan tanpa adanya katalis dalam proses degradasi jingga metil. Semua perlakuan pada penelitian tersebut dilakukan dalam kondisi optimum, yaitu pada pH 4 dan waktu degradasi selama 180 menit.

Penelitian ini dilakukan dengan cara mencampurkan larutan sampel jingga metil dengan katalis pada kondisi pH 4. Campuran dihomogenkan terlebih dahulu setelah itu diiradiasi selama waktu optimum yaitu 180 menit. Larutan hasil degradasi diambil 5 mL dan disentrifugasi untuk memisahkan larutan dengan katalis kemudian dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Data kadar jingga metil sisa setelah degradasi dengan TiO₂/zeolit, zeolit, TiO₂, dan tanpa katalis pada waktu dan kondisi pH optimum disampaikan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4. Hasil perlakuan degradasi jingga metil pada kondisi optimum

No.	Katalis	Absorbansi	Kadar jingga metil sisa (ppm)	% Degradasi
1.	TiO ₂ /zeolit	0,33	4,98	50,15
2.	Zeolit	0,34	5,17	48,24
3.	TiO ₂	0,68	10,05	0,63
4.	Tanpa Katalis	0,58	8,67	13,21



Gambar 4.8. Hasil perbandingan degradasi menggunakan TiO₂/Zeolit, zeolit, TiO₂, dan tanpa katalis.

Berdasarkan penelitian ini, hasil impregnasi TiO_2 dengan zeolit dapat mendegradasi jingga metil paling besar, yaitu 50,15 %. Kombinasi TiO_2 dengan zeolit secara impregnasi kurang begitu efektif dalam mendegradasi jingga metil, hal ini terlihat bahwa dengan menggunakan katalis zeolit dan TiO_2 /zeolit tidak terjadi perbedaan yang berarti. Diduga pada saat proses impregnasi, distribusi TiO_2 tidak menyebar merata pada pori-pori zeolit dan pori zeolit kemungkinan terisi oleh beberapa molekul TiO_2 , sehingga menyebabkan kontak antara jingga metil dengan TiO_2 menjadi sedikit. Sedangkan perbandingan menggunakan katalis TiO_2 lebih kecil daripada yang tidak menggunakan katalis sama sekali, hal ini diduga karena jenis TiO_2 yang digunakan dalam penelitian ini adalah rutil. Struktur kristal TiO_2 bentuk rutil memiliki aktivitas lebih rendah apabila dibandingkan dengan bentuk anatase yang memiliki aktivitas lebih tinggi, hal ini disebabkan luas permukaan TiO_2 bentuk rutil lebih kecil daripada bentuk anatase. Sehingga proses yang terjadi dalam penelitian ini tidak hanya secara fotokatalitik dari TiO_2 melainkan juga secara adsorpsi dari zeolit yang lebih dominan. .

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang sudah dijabarkan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

5.1 Kesimpulan

1. TiO_2 terimpregnasi pada zeolit ($\text{TiO}_2/\text{zeolit}$) mampu mengadsorpsi jingga metil sebesar 50,15 % dan terjadi pada kondisi optimum yaitu pada pH 4 selama 180 menit.
2. TiO_2 terimpregnasi pada zeolit ($\text{TiO}_2/\text{zeolit}$) memiliki aktivitas lebih tinggi dibandingkan TiO_2 , akan tetapi aktivitas tersebut tidak jauh berbeda apabila dibandingkan dengan zeolit dalam mengadsorpsi jingga metil dengan prosentase masing-masing adalah 50,15; 0,63; dan 48,24%.

5.2 Saran

1. Penelitian lebih lanjut sebaiknya mendalami aspek pembuatan TiO_2 terimpregnasi pada zeolit ($\text{TiO}_2/\text{zeolit}$) dan metode degradasi yang terlibat.
2. Perlu adanya variasi parameter-parameter lain dalam proses degradasi jingga metil secara fotokatalitik, seperti variasi jumlah TiO_2 yang terimpregnasi pada zeolit dan variasi konsentrasi larutan jingga metil
3. Dalam pengaturan pH, perlu adanya variasi pH lain agar dapat mengetahui pH yang paling optimum dalam mendegradasi jingga metil.

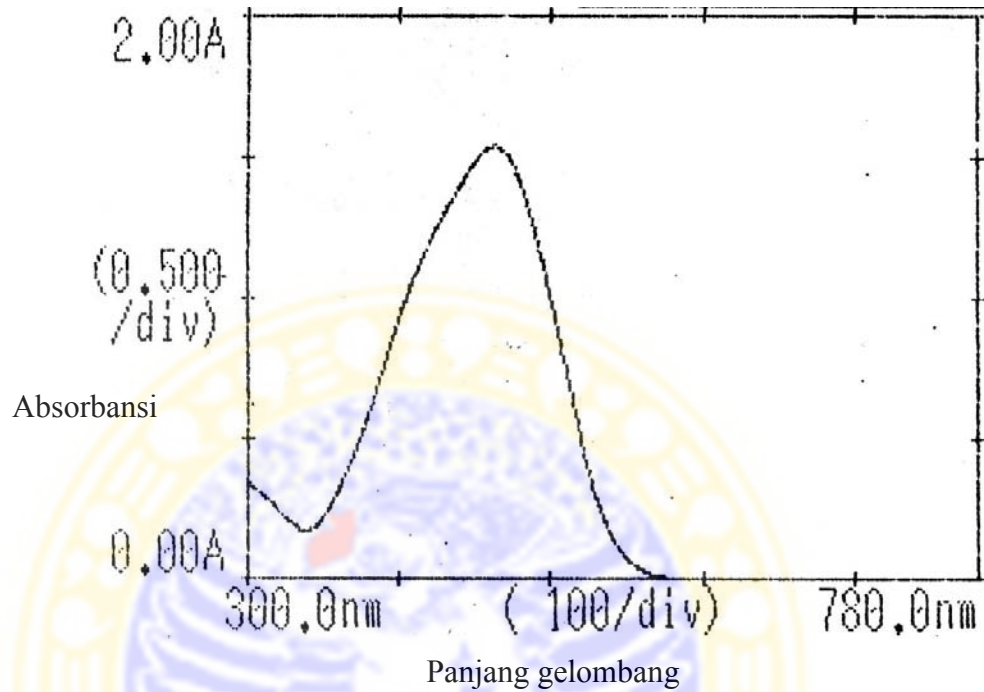
DAFTAR PUSTAKA

- Barrer, R. M, 1982, *Hydrothermal Chemistry of Zeolit*, Academic Press, London, New York, 105-246.
- Christina, M., Mu'nisatun, S., Rany S., Djoko, M., 2007, **Studi Pendahuluan Mengenai Degradasi Zat Warna Azo (Metil Orange) Dalam Pelarut Air Menggunakan Mesin Berkas Elektron 350keV/10mA**, *Teknik Nuklir*, Vol.1, No1.
- Clive Whiston, 1987, *X-Ray Methods*, Published on behalf of ACOL, Thames Polytechnic, London by John Wiley and Sons.
- Coombs, D.S., Alberti, A., Armbruster, T., Artioli, G, 1997, **Nomenclature For Zeolite Minerals**, Vol.35, 1571-1606.
- Erawati, M.T., Rosita, M., Sari, R., Moegiharjo, 2003, **Penentuan Daya Serap Zeolit Alam Malang Selatan Terhadap Biru Metilen dan Kuinin HCl**, Vol.3, No.2, *Majalah Farmasi Airlangga*.
- Eriana, L., 2003, **Pemanfaatan Suspensi TiO₂ Sebagai Fotokatalisis Degradasi Fenol dan pH**, *Skripsi*, Jurusan Kimia, FMIPA UNAIR.
- Fang-bai, LI., Guo-bang, GU., Yun-li, GU., Hong-fu, WAN., 2001, **TiO₂-assisted photo-catalysis degradation process of dye chemicals**, *Journal of Environment Sciences*, Vol.13, No.1, pp.64-68
- Fatimah, I dan Wijaya, K., 2005, **Sintesis TiO₂/Zeolit Sebagai Fotokatalisis Pada Pengolahan Limbah Cair Industri Tapioka Secara Adsorpsi-Fotodegradasi**, *TEKNOIN*, Vol.10, No.4, 257-267.
- Fatimah, I., Sugiharto, E., Wijaya, K., Tahir, I., Kamalia., 2006, **Titan Dioksida Terdispersi Pada Zeolit Alam (TiO₂/Zeolit) dan Aplikasinya untuk Fotodegradasi Congo Red**, *Indonesia Journal of Chemistry*, Vol.6, No.1,138-42.
- Fessenden, Ralph J dan Fessenden, Joan S., 1982, *Kimia Organik*, Edisi ke-2, Jilid 2, Jakarta, Erlangga.

- Fujishima, A., Rao, N.T., Donald, 2000, **Titanium Dioxide Photocatalysis**, *Journal of Photochemistry and Photobiology*, 1-21.
- Ismuyanto, Bambang., 2008, **Penerapan Solidifikasi/Stabilisasi Pada Limbah Lumpur Industri Lapis Listrik**, Penelitian Masalah Indonesia, Jurusan Kimia-FMIPA Unibra.
- Junaidi.,Patria, B., Hatmanto, D, 2006, **Analisis Teknologi Pengolahan Limbah Cair Pada Industri Tekstil**, *Jurnal PRESIPITASI, Vol.1, No.1*.
- Krisdaningrum, N., 2003, **Pemanfaatan Suspensi TiO₂ untuk Proses Degradasi Fotokatalisis Senyawa Pentaklorofenol**, *Skripsi*, Jurusan Kimia, FMIPA UNAIR.
- Manurung, R., Hasibuan, R., Irvan, 2004., **Perombakan Zat Warna Azo Reaktif secara Aerob dan Anaerob**, *Laporan Penelitian*, Fakultas Teknik Jurusan Teknik Kimia, Universitas Sumatra Utara.
- Muliasari, E.,2006, **Pemanfaatan Zeolit Aktif dari Turen Malang Untuk Pertukaran Ion Timbal (II)**, *Skripsi* Jurusan Kimia, FMIPA UNAIR.
- Nasution, D.Y., 2006, **Pengaruh Waktu Irradiasi dan Laju Alir Terhadap Degradasi Fotokatalitik Larutan Asam Benzoat Dengan TiO₂ Sebagai Katalis**, *Vol 10, No. 1, 27-30*.
- Otmer-Kirk, 1994, *Encyclopedia of Chemical Technology*, Vol.18, ed.14, John Wiley & Sons, USA, 592-593, 820-834.
- Palupi, E., 2006, **Degradasi Metilen Biru Dengan Metode Fotokatalisis Dan Fotoelektrokatalisis Menggunakan Film TiO₂**, *Skripsi* Jurusan Fisika, IPB.
- Rashed, M.N., El-Amin, A.A., 2007, **Photocatalytic Degradation of Methyl Orange in Aqueous TiO₂ under Different Solar Irradiation Sources**, *Internasional Journal of Physical Science, Vol. 2, No.3, 073-081*.
- Ryczkowski, J., 2001, **IR Spectroscopy in Catalysis**, *Catalys Journal 68, 263-381*.
- Saputra, R., 2006, **Pemanfaatan Zeolit Sintesis Sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Industri**.
- Simpen, I.N., Karna, W, 2002, **Pemanfaatan Lempung Bentonit Terpilar Oksida Anorganik Sebagai Katalis dan Adsorben**, *Laporan Kimia Fisik*, FMIPA, UGM.

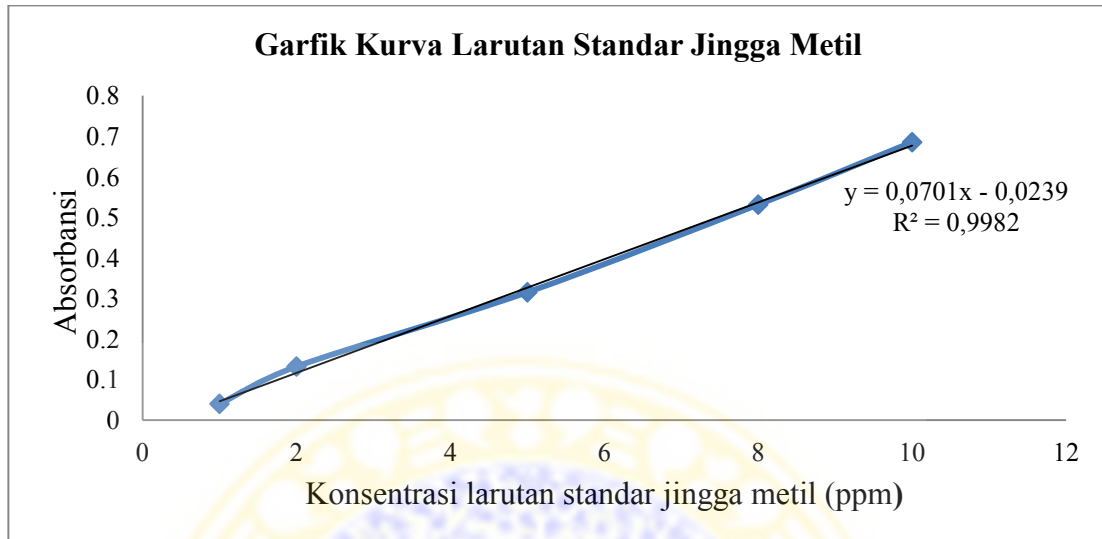
- Slamet,. Arbianti, R., Marlina,E, 2007, **Pengolahan Limbah Cr(VI) Dan Fenol Dengan Fotokatalisis Serbuk TiO₂ Dan CuO/TiO₂**, *Vol. 11, No.2*, 78-85.
- Sopyan, L., 1998, **Fotokatalisis Semikonduktor Teori dan Terapan**, *Majalah BPPT Teknologi, vol. LXXXVII*, Jakarta.
- Sutarti, M., Rachmawati, M., 1994, **Zeolit Tinjauan Literatur**, *Pusat Dokumentasi dan Informasi Ilmiah, LIPI*, Jakarta.
- Wahyuni, E.T., 1992, **Penggunaan Metode Difraksi Sinar X untuk Deteksi Pertumbuhan Kristal Mineral Lempung oleh Pengaruh Pemanasan dan Aktivasi**, *Laporan Penelitian, FMIPA UGM, Yogyakarta*, No.3, 37-44.
- Wijaya, K., Tahir, I., Haryanti, N., 2005, **Sintesis Fe₂O₃-Montmorilonit Dan Aplikasinya Sebagai Fotokatalis Untuk Degradasi Zat Pewarna Congo Red**, *Indonesian Journal of Chemistry*, 5(1), 41-47.
- Wijaya, K., Sugiharto, E., Fatimah, I., Sudiono, S., Kurniaysih, D., 2006, **Utilisasi TiO₂-Zeolit dan Sinar UV untuk Fotodegradasi Zat Warna Congo Red**, *TEKNOIN*, 11(3), 199-209.

Lampiran 1. Spektra UV Senyawa Jingga Metil 10 ppm



Lampiran 2. Data Hasil Pengamatan pada Penentuan Kurva Standar Jingga Metil

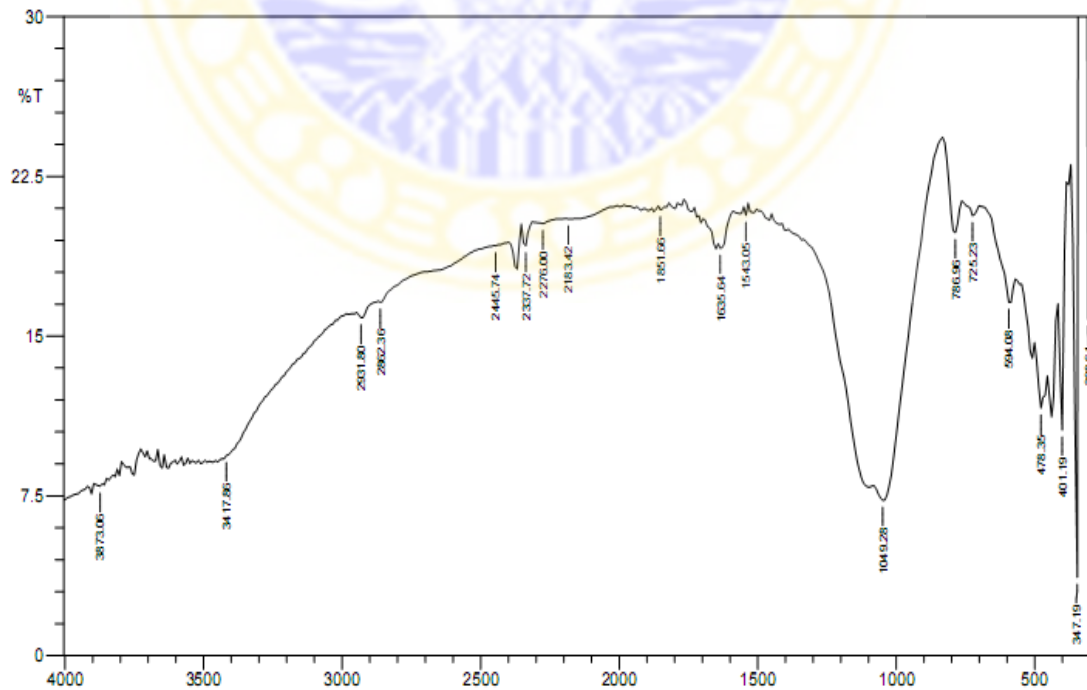
Konsentrasi (ppm)	Absorbansi (Abs)
1	0,040
2	0,132
5	0,315
8	0,531
10	0,685

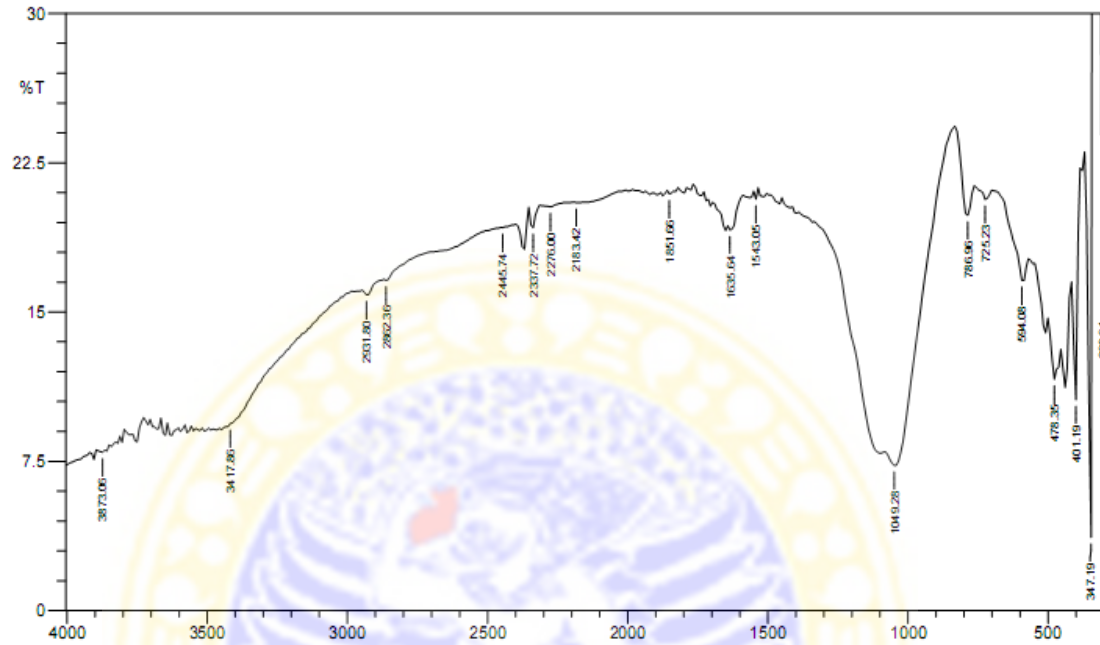
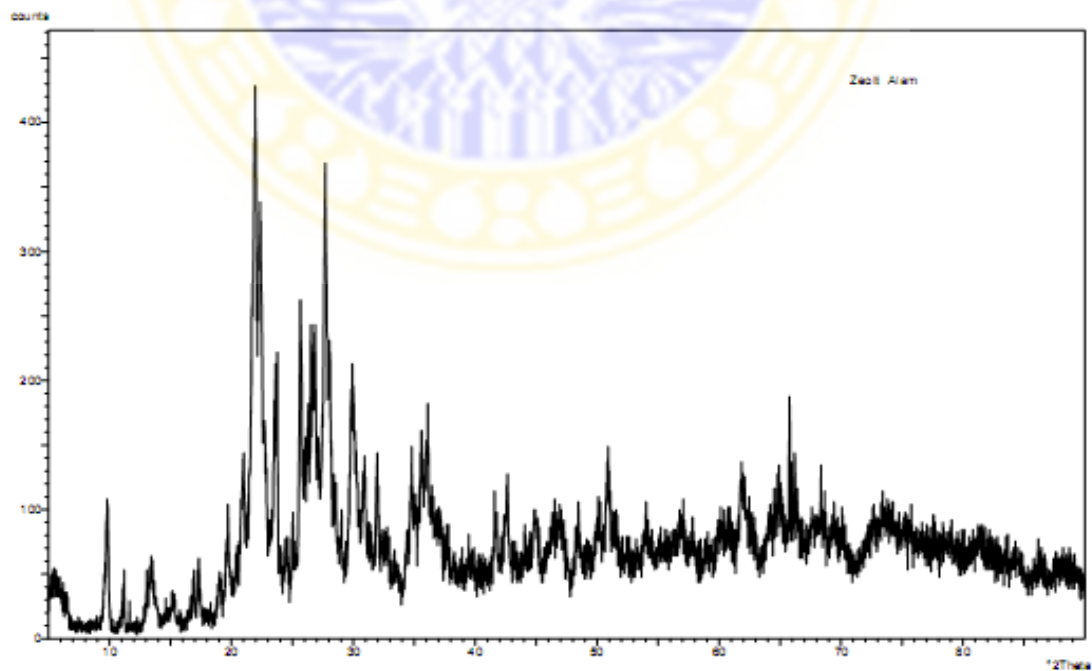


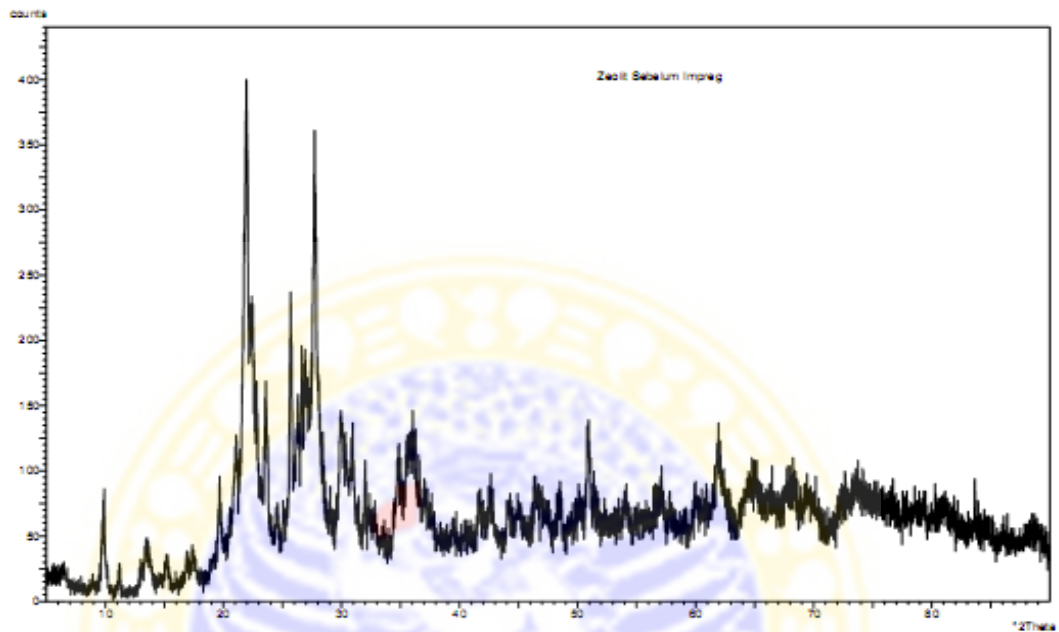
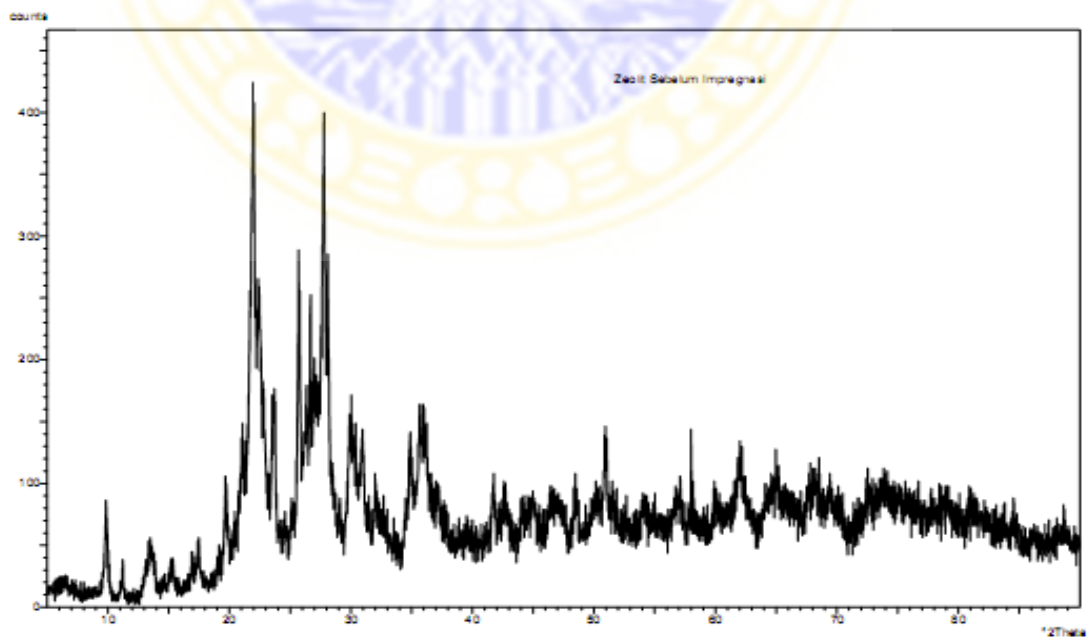
Persamaan regresi :

$$y = 0,0701x - 0,0239$$

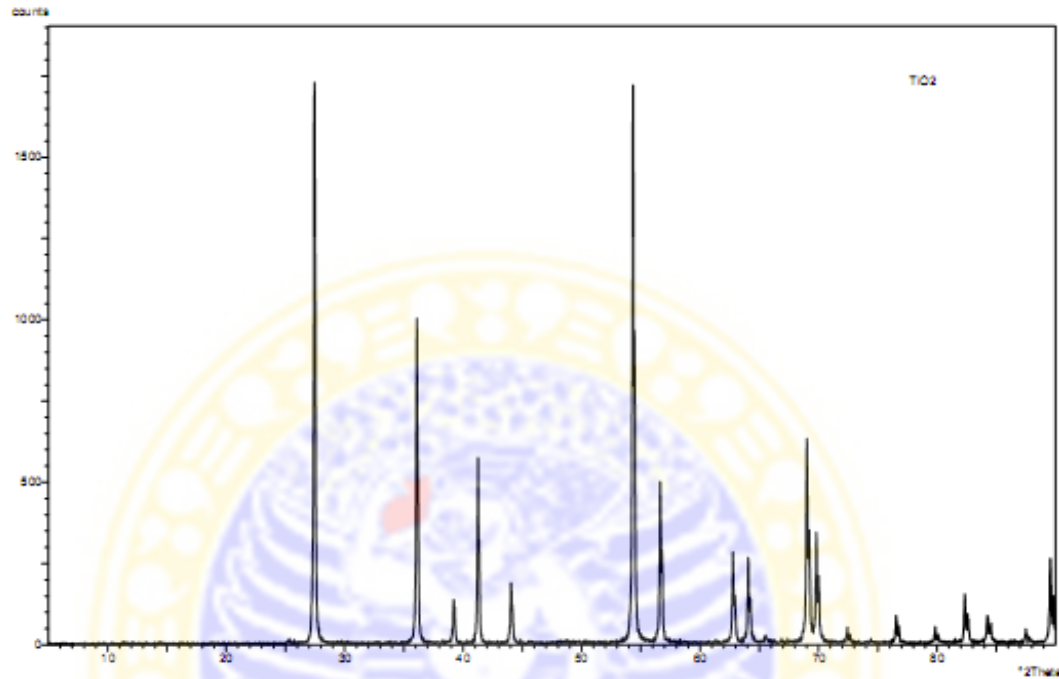
Lampiran 3. Hasil Uji FTIR Zeolit Alam Setelah Kalsinasi 400 °C



Lampiran 4. Hasil Uji FTIR TiO₂ Terimpregnasi pada Zeolit (TiO₂/zeolit)**Lampiran 5. Hasil Uji XRD Zeolit Alam Turen-Malang-Jawa Timur**

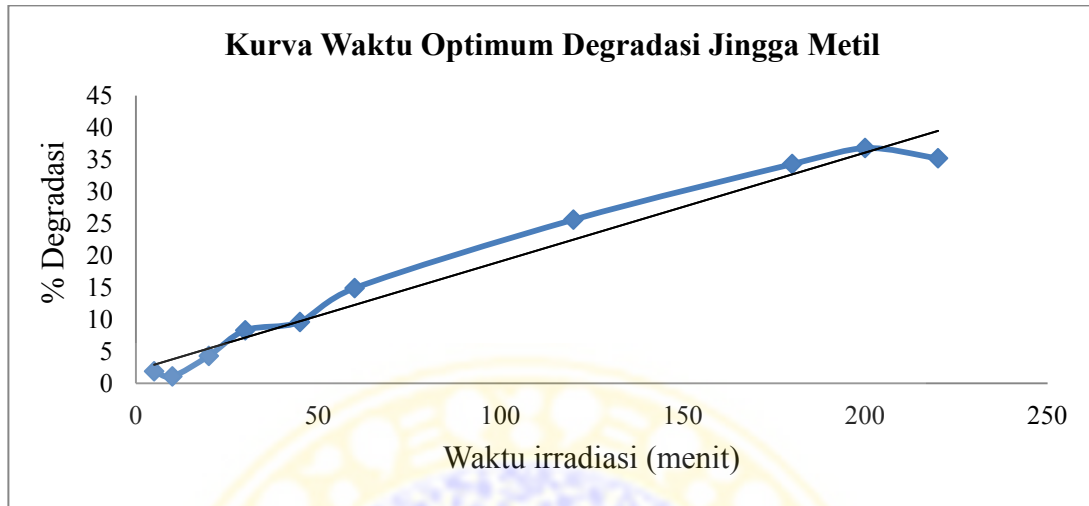
Lampiran 6. Hasil Uji XRD Zeolit Setelah Kalsinasi 400 °C**Lampiran 7. Hasil Uji XRD TiO₂ Terimpregansi pada Zeolit (TiO₂/zeolit)**

Lampiran 8. Hasil Uji XRD TiO₂



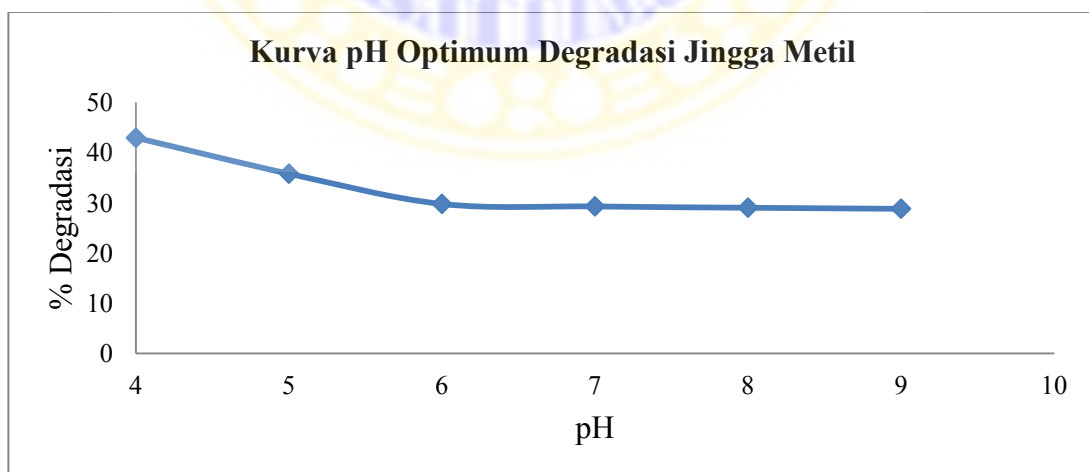
Lampiran 9. Data Hasil Penentuan Waktu Degradasi Optimum Jingga Metil

No.	Waktu irradiasi (menit)	Absorbansi	Kadar jingga metil sisa (ppm)	% Degradasi
1.	5	0,664	9,81	1,9
2.	10	0,670	9,89	1,1
3.	20	0,647	9,57	4,3
4.	30	0,619	9,17	8,3
5.	45	0,610	9,04	9,6
6.	60	0,573	8,51	14,9
7.	120	0,498	7,44	25,6
8.	180	0,437	6,57	34,3
9.	200	0,419	6,32	36,8
10.	220	0,430	6,48	35,2



Lampiran 10. Data Hasil Penentuan pH Optimum Degradasi Jingga Metil

No.	pH	Absorbansi	Kadar jingga metil sisa (ppm)	% Degradasi
1.	4	0,38	5,71	42,89
2.	5	0,43	6,42	35,75
3.	6	0,47	7,03	29,74
4.	7	0,47	7,07	29,25
5.	8	0,47	7,09	28,99
6.	9	0,47	7,10	28,78



Lampiran 11. Data Perhitungan Optimasi Waktu dan pH pada Degradasi Jingga Metil

1. Data perhitungan optimasi waktu pada degradasi jingga metil

Waktu Irradiasi (menit)	Absorbansi	Jingga Metil		% Jingga Metil Sisa	% Terdegradasi
		Terdegradasi	Sisa		
5	0,664	0,19	9,81	98,1	1,9
10	0,670	0,11	9,89	98,9	1,1
20	0,647	0,43	9,57	95,7	4,3
30	0,619	0,83	9,17	91,7	8,3
45	0,610	0,96	9,04	90,4	9,6
60	0,573	1,49	8,51	85,1	14,9
120	0,498	2,56	7,44	74,4	25,6
180	0,437	3,43	6,57	65,7	34,3
200	0,419	3,68	6,32	63,2	36,8
220	0,430	3,52	6,48	64,8	35,2

2. Data perhitungan optimasi pH pada degradasi jingga metil

Kondisi pH	Absorbansi	Jingga Metil		% Jingga Metil Sisa	% Terdegradasi
		Terdegradasi	Sisa		
4	0,38	4,29	5,71	57,11	42,89
5	0,43	3,58	6,42	64,25	35,75
6	0,47	2,97	7,03	70,26	29,74
7	0,47	2,93	7,07	70,75	29,25
8	0,47	2,91	7,09	71,01	28,99
9	0,47	2,9	7,10	71,22	28,78

Cara Menghitung Kadar Sisa dan Prosentase Jingga Metil yang Terdegradasi

Penentuan kadar sisa dan prosentase terdegradasi jingga metil dapat ditentukan dengan menggunakan data optimasi waktu degradasi jingga metil yang sudah tertera pada lampiran diatas.

Contoh perhitungan sebagai berikut :

Larutan jingga metil 10 ppm memberikan hasil absorbansi sebesar 0,664 pada menit ke 5. Nilai absorbansi sebesar 0,664 dapat disubstitusikan pada persamaan regresi dalam kuva standar jingga metil yaitu $y = 0,0701x - 0,0239$, sehingga kadar jingga metil sisa dapat diperoleh sebagai berikut :

Persamaan regresi :

$$y = 0,0701x - 0,0239$$

Kadar jingga metil sisa :

$$y = 0,0701x - 0,0239$$

$$0,664 = 0,0701x - 0,0239$$

$$0,0701x = 0,6879$$

$$x = 9,81 \text{ ppm}$$

$$\text{kadar terdegradasi} = C - C_0$$

$$\text{kadar terdegradasi} = 10 - 9,81$$

$$= 0,19 \text{ ppm}$$

$$\% \text{ Terdegradasi} = \frac{C - C_0}{C} \times 100 \%$$

$$\% \text{ Terdegradasi jingga metil} = \frac{10 - 9,81}{10} \times 100 \%$$

$$= 1,9 \%$$

$$\% \text{Jingga metil sisa} = 100 \% - \% \text{terdegradasi}$$

$$\begin{aligned} \% \text{Jingga metil sisa} &= 100 \% - 1,9 \% \\ &= 98,1 \% \end{aligned}$$

Keterangan :

C = Kadar/konsentrasi awal

Co = Kadar/konsentrasi sisa

Perhitungan diatas berlaku juga untuk menentukan kadar sisa dan % terdegradasi jingga metil pada optimasi pH .

Lampiran 12. Data dan Kurva Perbandingan Degradasi Jingga Metil dengan Menggunakan Katalis yang Berbeda pada Kondisi Optimum

Perlakuan	Absorbansi	Jingga Metil (ppm)		Rata-rata % Jingga Metil Terdegradasi
		Terdegradasi	Sisa	
TiO ₂ /zeolit	0,322	5,07	4,93	50,15
TiO ₂ /zeolit	0,325	5,02	4,98	
TiO ₂ /zeolit	0,329	4,97	5,03	
Zeolit	0,338	4,84	5,16	48,24
Zeolit	0,340	4,81	5,19	
Zeolit	0,338	4,84	5,16	
TiO ₂	0,681	0,06	10,06	0,63
TiO ₂	0,681	0,06	10,06	
TiO ₂	0,680	0,04	10,04	
Tanpa Katalis	0,584	1,33	8,67	13,21
Tanpa Katalis	0,584	1,33	8,67	
Tanpa Katalis	0,584	1,33	8,67	

