



UNIVERSITAS INDONESIA

**SINTESIS *NANOTUBE* TiO₂ MENGGUNAKAN PROSES
HYDROTHERMAL UNTUK PENYISIHAN ZAT WARNA
METHYL ORANGE**

TESIS

**LATIFA HANUM LALASARI
NPM. 0706174045**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM MAGISTER TEKNIK KIMIA
DEPOK
JULI 2009**



UNIVERSITAS INDONESIA

**SINTESIS NANOTUBE TiO_2 MENGGUNAKAN PROSES
HYDROTHERMAL UNTUK PENYISIHAN METHYL ORANGE**

TESIS

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar master

**LATIFA HANUM LALASARI
NPM. 0706174045**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM MAGISTER TEKNIK KIMIA
KEKHUSUSAN PERANCANGAN PROSES DAN PRODUK KIMIA
DEPOK
JULI 2009**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Tesis ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Latifa Hanum Lalasari
NPM : 0706174045

Tanda Tangan :



Tanggal : 6 Juli 2009

LEMBAR PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh :
Nama : Latifa Hanum Lalasari
NPM : 0706174045
Program Studi : Magister Teknik Kimia
Judul Skripsi : Sintesis *Nanotube* TiO₂ Menggunakan Proses
Hydrothermal Untuk Penyisihan Zat Warna Pada
Limbah Industri Tekstil

Telah dipertahankan dalam sidang tesis dihadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Teknik Kimia pada Program Studi Perancangan Proses dan Produk Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

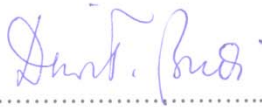
Pembimbing : Dr. Ir. Slamet, MT

(
.....)

Penguji : Prof. Dr. Ir. M. Nasikin, M.Eng

(
.....)

Penguji : Ir Dewi Tristantini, MT, Ph.D

(
.....)

Ditetapkan : Di Depok

Tanggal : 6 Juli 2009

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan berkat rahmat dan hikmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis dengan judul “**Sintesis Nanotube TiO₂ Menggunakan Proses *Hydrothermal* untuk Penyisihan Methyl Orange**”.

Tesis ini disusun untuk memenuhi persyaratan dalam memperoleh gelar master di Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

Dalam penyusunan tesis ini, penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak Dr. Ir. Slamet, MT selaku pembimbing seminar yang telah memberikan bimbingan dan arahan selama proses penyusunan. Selain itu juga, penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Dr. Ir. Widodo W. Purwanto, DEA selaku Ketua Departemen Teknik Kimia FTUI dan Pembimbing Akademik.
2. Prof. Dr. Ir. Mohammad Nasikin, M.Eng., selaku Dosen Mata Kuliah Metode Penelitian, yang telah memberikan banyak arahan dalam pembuatan laporan tesis ini.
3. Ibu Indar Kustiningsih sebagai rekan kerja yang sudah membantu dalam pencarian sumber-sumber.
4. Saudara Dickson, Surya, Sirhan, dkk yang telah banyak membantu penyelesaian tesis ini.
5. Rekan kerja di Pusat Penelitian Metalurgi – LIPI Serpong yang telah membantu dalam penyelesaian tesis ini.

Akhir kata penulis berharap agar tesis ini dapat berguna bagi kita semua khususnya kalangan civitas akademika dan lembaga penelitian.

Depok, Juli 2009

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Latifa Hanum Lalasari
NPM : 0706174045
Program Studi : Perancangan Proses dan Produk Kimia
Departemen : Teknik Kimia
Jenis Karya : Tesis

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyukai untuk memberikan kepada Universitas Indonesia Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Sintesis *Nanotube* TiO₂ Menggunakan Proses *Hydrothermal* Untuk Penyisihan Methyl Orange

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Departemen Teknik Kimia
Pada Tanggal : 13 Juli 2009

Yang menyatakan



(Latifa Hanum Lalasari)

ABSTRAK

Nama : Latifa Hanum Lalasari
Program Studi : Teknik Kimia
Judul : Sintesis *Nanotube* TiO₂ Menggunakan Proses *Hydrothermal* untuk Penyisihan Methyl Orange

Teknologi fotokatalitik dengan memanfaatkan katalis TiO₂ cukup menjanjikan dalam mengatasi permasalahan energi dan lingkungan. Tujuan penelitian adalah melakukan sintesis *Nanotube* TiO₂ menggunakan proses *hydrothermal* untuk penyisihan methyl orange. Tahapan penelitian adalah sintesis TiO₂ dengan proses *non-hydrolytic sol gel* (NSG) dari prekursor TiCl₄ dan dilanjutkan proses *hydrothermal*. Pada proses *hydrothermal* digunakan juga prekursor TiO₂ P-25. Hasil penelitian menunjukkan TiO₂ dengan morfologi *nanotube* mempunyai luas permukaan spesifik lebih besar daripada TiO₂ morfologi nanopartikel. Proses *hydrothermal* mengubah struktur TiO₂ dari kristalin menjadi amorf *nanotube* sehingga post treatment dilakukan untuk meningkatkan derajat kristalin *nanotube* TiO₂. Dari hasil uji kinerja katalis didapatkan katalis *nanotube* TiO₂ paling efektif menyisihan methyl orange sebesar 41,6 % sedangkan katalis TiO₂ P-25 dapat menyisihan methyl orange sebesar 93,8 % selama 90 menit.

Kata Kunci :
TiO₂, *nanotube*, proses *hydrothermal*, methyl orange.

ABSTRACT

Name : Latifa Hanum Lalasari
Study Program : Chemical Engineering
Title : The synthesis of Nanotube TiO₂ Using Hydrothermal Method for dyes Decolorization of methyl orange

TiO₂ Photocatalysis is currently accepted as one of the most promising technologies for overcoming problems of energy and environmental. The purpose of research is to the synthesis of nanotube TiO₂ using hydrothermal method for dyes decolorization of methyl orange. The procedure of research was the synthesis of TiO₂ catalyst from TiCl₄ precursor using non-hydrolytic sol gel (NSG) and continued hydrothermal process. The result of research showed that Nonotube TiO₂ has specific surface area bigger than nanoparticle TiO₂. Hydrothermal process can change TiO₂ from crystalline becomes nanotube amorf. The result of photocatalytic process showed that nonotube TiO₂ catalystris was the most effectively of methyl orange decolorization about 41, 6 % whereas nanoparticle TiO₂ P-25 catalyst about 93,8 % for methyl orange decolorization during 90 minutes.

Keywords:

TiO₂, nanotube, *hydrothermal* process, methyl orange

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	v
ABSTRAK.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Manfaat Penelitian.....	4
1.5. Ruang Lingkup Penelitian.....	4
1.6. Model Operasional Penelitian.....	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Titanium Oksida.....	5
2.2. Prinsip Fotokatalis dan aplikasinya.....	7
2.3. NanoTeknologi.....	11
2.4. Sintesis Nanomaterial TiO ₂	12
2.4.1. Metode Sol Gel.....	12
2.4.2. Metode Sol.....	14
2.4.3. Proses <i>Hydrothermal</i>	15
2.5. Bahan Prekursor.....	21
2.6. Karakterisasi Kristal TiO ₂	21
2.6.1. Metode X-Ray Diffraction (XRD).....	21
2.6.2. Metode Scanning Electron Microscopy (SEM).....	23
2.6.3. Metode BET.....	23
2.6.4. Metode FTIR.....	23
2.7. Metode Pengeringan.....	24
2.7.1. Penjemuran.....	24
2.7.2. Pengeringan Buatan.....	24
2.7.3. Pengeringan secara Pembekuan.....	24
2.7.4. Pengeringan Vakum.....	24
2.9. Uji Kinerja katalis.....	25
BAB III. METODE PENELITIAN.....	28
3.1. Diagram Alir Penelitian.....	28
3.2. Waktu dan Tempat.....	29
3.3. Peralatan Penelitian.....	29
3.3.1. Peralatan Sintesis TiO ₂	29

3.3.2. Peralatan karakterisasi katalis.....	29
3.3.3. Peralatan Uji Kinerja dan Analisa produk degradasi methyl orange.....	29
3.4. Bahan Penelitian.....	29
3.4.1. Bahan Sintesis TiO ₂	30
3.4.2. Bahan Uji Kinerja.....	30
3.5. Variabel Penelitian.....	30
3.5.1. Variabel sintesisTiO ₂ dan <i>post treatment</i>	30
3.5.1.1. Variabel bebas sintesis TiO ₂	30
3.5.1.2. Variabel bebas <i>post treatment</i>	30
3.4.1.3. Variabel terikat.....	30
3.5.2. Variabel uji kinerja penyisihan zat warna.....	31
3.5.2.1. Variabel bebas.....	31
3.5.2.2. Variabel terikat.....	31
3.5.2.3. Variabel tetap.....	31
3.5.3. Diagram variabel penelitian.....	32
3.6. Prosedur Percobaan.....	33
3.6.1. Sintesis TiO ₂	33
3.6.1.1. Proses <i>non-hydrolytic sol gel</i> (NSG).....	33
3.6.1.2. Proses <i>hydrothermal</i>	34
3.6.1.3. Proses NSG dan <i>hydrothermal</i> menggunakan surfaktan acetyl acetone.....	36
3.6.2. <i>Post Treatment</i>	37
3.6.3. Karakterisasi TiO ₂	38
3.6.3.1. Karakterisasi XRD.....	38
3.6.3.2. Karakterisasi SEM.....	39
3.6.3.3. Karakterisasi BET.....	41
3.6.3.4. Karakterisasi FTIR.....	41
3.6.4. Uji Kinerja Nanotube TiO ₂	43
3.6.4.1. Prosedur pembuatan larutan standar methyl orange	43
3.6.4.2. Prosedur penyisihan (degradasi) methyl orange.....	44
3.6.4.3. Prosedur kalibrasi spektrofotometer UV-VIS.....	44
3.6.4.4. Prosedur analisis sampel dengan spektrofotometer UV VIS.....	45
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	46
4.1. Sintesis katalis TiO ₂	46
4.1.1. Proses <i>non-hydrolytic sol gel</i> (NSG).....	46
4.1.2. Proses <i>Hydrothermal</i>	49
4.2. Karakterisasi Nanopartikel/ <i>Nanotube</i> TiO ₂	51
4.2.1. Pengaruh proses NSG atau <i>hydrothermal</i> pada jenis kristal TiO ₂	52
4.2.2. Pengaruh rasio NSG pada jenis kristal TiO ₂ setelah <i>hydrothermal</i>	54
4.2.3. Pengaruh proses NSG atau <i>hydrothermal</i> pada ukuran kristal TiO ₂	55
4.2.4. Pengaruh proses NSG atau <i>hydrothermal</i> pada morfologi	

nanopartikel/nanotube TiO ₂	56
4.2.5. Pengaruh suhu <i>hydrothermal</i> pada morfologi TiO ₂	58
4.2.6. Pengaruh suhu <i>hydrothermal</i> pada jenis kristal TiO ₂	60
4.2.7. Pengaruh lamanya proses <i>hydrothermal</i> pada morfologi TiO ₂	61
4.2.8. Pengaruh jenis prekursor pada morfologi TiO ₂ setelah mengalami proses <i>hydrothermal</i>	62
4.2.9. Pengaruh jenis prekursor pada jenis dan ukuran kristal TiO ₂	63
4.2.10. Pengaruh Basa kuat dan lemah pada morfologi TiO ₂ setelah mengalami proses <i>hydrothermal</i>	65
4.3. Karakterisasi TiO ₂ hasil proses <i>Post Treatment</i>	66
4.3.1. Pengaruh suhu <i>hydrothermal</i> pada jenis kristal TiO ₂ setelah mengalami proses kalsinasi.....	67
4.3.2. Pengaruh rasio mol pelarut (NSG) pada jenis kristal TiO ₂ setelah proses <i>hydrothermal</i> dan proses kalsinasi.....	69
4.3.3. Pengaruh jenis prekursor pada jenis dan ukurankristal TiO ₂ setelah proses <i>hydrothermal</i> dan proses kalsinasi.....	70
4.3.4. Pengaruh kalsinasi pada morfologi TiO ₂	72
4.3.5. Pengaruh kalsinasi pada besarnya luas permukaan katalis TiO ₂	73
4.3.6. Pengaruh suhu <i>hydrothermal</i> pada jenis ikatan TiO ₂ setelah kalsinasi menggunakan analisa FTIR.....	74
4.4. Uji kinerja fotokatalitik dalam penyisihan zat warna methyl orange.....	76
4.4.1. Pengaruh variasi kondisi proses <i>hydrothermal</i> pada katalis TiO ₂ dari prekursor TiCl ₄ dalam penyisihan methyl orange.....	76
4.4.2. Pengaruh variasi kondisi proses <i>hydrothermal</i> pada katalis TiO ₂ dari prekursor Degussa P-25 pada perubahan konsentrasi methyl orange (C/Co).....	78
4.4.3. Pengaruh jenis prekursor pada % penyisihan methyl orange dalam proses fotokatalitik.....	80
4.4.4. Analisa FTIR pada methyl orange setelah mengalami proses fotokatalitik.....	82
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	84
5.1. Kesimpulan.....	84
5.2. Saran.....	84
DAFTAR PUSTAKA	85
LAMPIRAN	89

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Perbedaan sifat Kristal TiO ₂	6
Tabel 2.2.	Perbandingan Metode untuk sintesis TiO ₂	12
Tabel 4.1.	Hasil analisa EDS TiO ₂ hasil proses NSG	48
Tabel 4.2.	Hasil analisa EDS TiO ₂ NT hasil proses <i>hydrothermal</i>	51
Tabel 4.3.	Pengaruh proses NSG dan <i>hydrothermal</i> pada ukuran kristal TiO ₂	55
Tabel 4.4.	Perbedaan ukuran nanopartikel/nanotube TiO ₂ hasil proses NSG atau <i>hydrothermal</i>	57
Tabel 4.5.	Pengaruh kalsinasi hasil proses NSG pada ukuran kristal dan nanotube TiO ₂	59
Tabel 4.6.	Pengaruh jenis prekursor pada perbedaan ukuran kristal <i>nanotube</i> TiO ₂	64
Tabel 4.7.	Pengaruh suhu <i>hydrothermal</i> pada ukuran kristal TiO ₂ setelah mengalami proses kalsinasi 400 °C, 1 jam.....	68
Tabel 4.8.	Pengaruh rasio mol pelarut (hasil proses <i>hydrothermal</i>) pada ukuran kristal TiO ₂ setelah proses kalsinasi 400 °C, 1jam.....	70
Tabel 4.9.	Pengaruh jenis prekursor pada ukuran kristal TiO ₂ setelah proses kalsinasi 400 °C, 1jam.....	71
Tabel 4.10	Analisa BET TiO ₂ pada proses NSG dan <i>Hydrothermal</i> 130 °C	74

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Bentuk Kristal TiO ₂	6
Gambar 2.2. Perbedaan Kristal anatase dan rutile.....	6
Gambar 2.3. Mekanisme Fotokatalitik dari TiO ₂ (Linsebigler et al., 1995)	8
Gambar 2.4. Skematis proses foto-eksitasi dan de-eksitasi dari TiO ₂ (Linsebigler et al., 1995).....	8
Gambar 2.5. Konsentrasi phenol dengan variasi waktu reaksi (a) UV dan (b) visible light (Cao, Y et al., 2004 dalam Xiaobo Chen, 2007).....	9
Gambar 2.6. Mekanisme fotokatalitik dari TiO ₂ (Linsebigler et al., 1995).....	10
Gambar 2.7. TEM TiO ₂ nanorod(Cozzoli, 2003 dalam Xiaobo Chen, 2007).....	15
Gambar 2.8. TEM <i>nanowire</i> TiO ₂ dengan metode <i>hydrothermal</i> (Zhang, Y.X et al, 2001 dalam Xiaobo, 2007).....	17
Gambar 2.9. TEM <i>nanotube</i> TiO ₂ dengan metode <i>hydrothermal</i> . (Kasuga et al., 1998 dalam Xiabo Chen, 2007).....	18
Gambar 2.10. TEM (a) <i>nanotube</i> TiO ₂ ; (b) penampang <i>nanotube</i> dengan metode <i>hydrothermal</i> . (Du et al., 2003 dalam Xiabo Chen, 2007).....	19
Gambar 2.11. SEM film mesoporous TiO ₂ dengan prekursor yang dimodifikasi asam asetat menggunakan autoclave pada 230 °C. (Barbe, C. J et al., 1997 dalam Xiabo Chen, 2007).....	20
Gambar 2.12 (a-b) SEM, (c) TEM, SAED, and (d) HRTEM TiO ₂	20
Gambar 2.13. Mekanisme proses fotokatalisis pada senyawa organik.....	26
Gambar 2.14. Mekanisme fotokatalitik methyl orange.....	27
Gambar 3.1. Diagram alir penelitian.....	28
Gambar 3.2. Variabel penelitian.....	32
Gambar 3.3. Diagram alir pembentukan <i>nanotube</i> TiO ₂ menggunakan proses <i>hydrothermal</i>	35

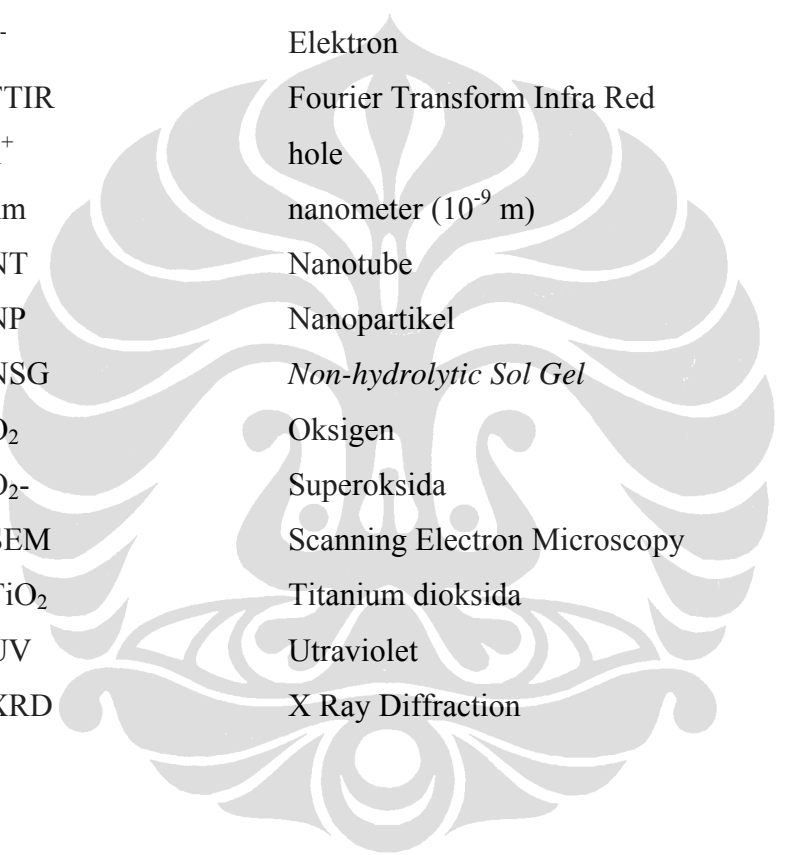
Gambar 3.4. Diagram alir pembentukan TiO ₂ dengan larutan NH ₃ 25 %	37
Gambar 3.5. Diagram alir penyisihan zat warna methyl orange.....	44
Gambar 4.1. Diagram alir sintesis <i>nanotube</i> TiO ₂ (kristalin).....	46
Gambar 4.2. Proses pembuatan katalis TiO ₂ dengan proses <i>Non-Hydrolytic Sol Gel</i> (NSG).....	47
Gambar 4.3. Mapping TiO ₂ NSG rasio 8.....	49
Gambar 4.4. Mekanisme pembentukan <i>nanotube</i> H ₂ Ti ₃ O ₇	50
Gambar 4.5. Endapan TiO ₂ hasil proses <i>hydrothermal</i>	50
Gambar 4.6. Analisa XRD pengaruh proses NSG atau <i>hydrothermal</i> pada jenis kristal.....	52
Gambar 4.7. Analisa SEM pengaruh proses NSG atau <i>hydrothermal</i> pada morfologi TiO ₂ (a) NSG rasio 8; (b) <i>Hydrothermal</i> rasio 4; (c) <i>Hydrothermal</i> rasio 8; (d) <i>Hydrothermal</i> rasio 12.....	54
Gambar 4.8. Analisa SEM pengaruh suhu <i>hydrothermal</i> pada morfologi TiO ₂ (a) 110 °C; (b) 130 °C; dan (c) 150 °C.....	56
Gambar 4.9. Analisa XRD pengaruh suhu <i>hydrothermal</i> pada jenis kristal TiO ₂	58
Gambar 4.10. Analisa SEM pengaruh lama <i>hydrothermal</i> suhu 130 °C pada morfologi TiO ₂ (a) 12 jam; (b) 24 jam; dan (c) 36 jam.....	60
Gambar 4.11. Analisa SEM pengaruh jenis prekursor setelah <i>hydrothermal</i> 130 °C TiO ₂ P-25 (a)12 jam; (b) 24 jam dan TiO ₂ NSG (c) 12 jam; (d) 24 jam.....	61
Gambar 4.12. Analisa XRD pengaruh jenis prekursor pada jenis kristal TiO ₂	62
Gambar 4.13. Analisa SEM Pengaruh Basa kuat dan lemah pada morfologi TiO ₂ setelah mengalami proses <i>hydrothermal</i> (a) NaOH 10 M; (b) larutan NH ₃ 25%; dan (c) larutan NH ₃ 25 % dengan surfaktan acetyl acetone.....	63
Gambar 4.14. Pengaruh suhu <i>hydrothermal</i> pada jenis kristal TiO ₂ setelah mengalami proses kalsinasi 400 °C, 1 Jam.....	65
Gambar 4.15. Pengaruh suhu <i>hydrothermal</i> pada jenis kristal TiO ₂ setelah mengalami proses kalsinasi 400 °C, 1 Jam.....	67

Gambar 4.16. Analisa XRD pengaruh rasio mol pelarut (NSG) pada jenis kristal setelah proses hydrothermal 130 °C dan kalsinasi 400 °C, 1 jam.....	69
Gambar 4.17. Analisa XRD pengaruh jenis prekursor pada jenis dan ukuran kristal <i>nanotube</i> TiO ₂ setelah proses <i>hydrothermal</i> dan kalsinasi.....	71
Gambar 4.18. Analisa SEM pengaruh kalsinasi pada morfologi TiO ₂ (a) Sebelum kalsinasi, dan (b) Kalsinasi.....	72
Gambar 4.19. Analisa FTIR Pengaruh suhu <i>hydrothermal</i> pada jenis ikatan TiO ₂ setelah kalsinasi.....	75
Gambar 4.20. Pengaruh variasi kondisi hydrothermal pada perubahan konsentrasi methyl orange menggunakan katalis TiO ₂ dari prekursor TiCl ₄	76
Gambar 4.21. Pengaruh variasi kondisi hydrothermal pada perubahan % penyisihan methyl orange menggunakan katalis TiO ₂ dari prekursor TiCl ₄	78
Gambar 4.22. Pengaruh variasi kondisi hydrothermal pada perubahan konsentrasi methyl orange menggunakan katalis TiO ₂ NT dari prekursor Degussa P-25.....	79
Gambar 4.23. Pengaruh variasi kondisi hydrothermal pada perubahan % penyisihan methyl orange menggunakan katalis TiO ₂ dari prekursor Degussa P-25.....	80
Gambar 4.24. Pengaruh Jenis prekursor pada % penyisihan methyl orange dalam proses fotokatalitik.....	81
Gambar 4.25. Hasil proses fotokatalitik methyl orange menggunakan katalis TiO ₂ Degussa P-25.....	82
Gambar 4.26. Analisa FTIR methyl orange setelah mengalami proses fotokatalitik.....	83

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan ukuran kristal dari hasil analisa XRD.....	89
Lampiran 2. Hasil Mapping dan EDS TiO ₂ NT menggunakan SEM.....	91
L2.1. Mapping TiO ₂ NT rasio 8 pada suhu hydrothermal 130 °C....	91
L2.2. Mapping TiO ₂ NT rasio 8 pada suhu hydrothermal 150 °C....	93
Lampiran 3. Uji Kinerja katalis dan penyisihan zat warna methyl orange....	94
L3.1. Penentuang panjang gelombang serapan maksimum methyl orange.....	95
L3.2. Pembuatan kurva kalibrasi methyl orange.....	96
L3.3. Menghitung konsentrasi methyl orange hasil proses fotokatalis.....	96
Lampiran 4. Gambar Peralatan.....	101
Lampiran 5. Analisa BET TiO ₂	102

DAFTAR SINGKATAN



• H	Hidroksil
A	Akseptor
Å	Amstrong
a.u	Arbitrary Unit
BET	Brunauer Emmet Teller
e ⁻	Elektron
FTIR	Fourier Transform Infra Red
h ⁺	hole
nm	nanometer (10 ⁻⁹ m)
NT	Nanotube
NP	Nanopartikel
NSG	<i>Non-hydrolytic Sol Gel</i>
O ₂	Oksigen
O ₂ ⁻	Superoksida
SEM	Scanning Electron Microscopy
TiO ₂	Titanium dioksida
UV	Ultraviolet
XRD	X Ray Diffraction