



UNIVERSITAS INDONESIA

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI KATALIS NANOKOMPOSIT
BERBASIS TITANIA UNTUK PRODUKSI HIDROGEN DARI
GLISEROL DAN AIR**

TESIS

**AGUS SALIM AFROZI
0906578831**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM MAGISTER TEKNIK KIMIA
DEPOK
DESEMBER 2010**



UNIVERSITAS INDONESIA

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI KATALIS NANOKOMPOSIT
BERBASIS TITANIA UNTUK PRODUKSI HIDROGEN DARI
GLISEROL DAN AIR**

TESIS

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister Teknik**

**AGUS SALIM AFROZI
0906578831**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
KEKHUSUSAN PERLINDUNGAN LINGKUNGAN DAN
KESELAMATAN KERJA
DEPOK
DESEMBER 2010**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Agus Salim Afrozi

NPM : 0906578831

Tanda Tangan : 

Tanggal : 6 Januari 2011

HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh :

Nama : Agus Salim Afrozi

NPM : 0906578831

Program Studi : Teknik Kimia

Judul Tesis : Sintesis Dan Karakterisasi Katalis Nanokomposit Berbasis Titania Untuk Produksi Hidrogen Dari Gliserol Dan Air

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Teknik pada Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing I : Prof. Dr. Ir. Slamet, MT

(..  ..)

Pembimbing II: Dr. Sudaryanto

(..... 

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

(..... 

Penguji : Dr. Eny Kusriani

(..... 

Penguji : Ir. Setiadi, M.Eng

(..... 

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 6 Januari 2011

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah Subhanahu wa Ta'ala atas limpahan rahmat dan petunjuk-Nya sehingga tesis ini dapat selesai dengan baik dan tepat waktu. Penulisan tesis dengan judul **“Sintesis dan Karakterisasi Katalis Nanokomposit Berbasis Titania Untuk Produksi Hidrogen Dari gliserol dan Air”** dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Magister Teknik Program Studi Teknik Kimia pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Penulis menyadari, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan tesis ini. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Slamet, MT. selaku pembimbing I yang telah banyak membimbing, mengarahkan dan mensupport penulis dalam menyusun tesis ini;
2. Bapak Dr. Sudaryanto selaku pembimbing II yang juga telah membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyusun tesis ini;
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Widodo W. Purwanto, DEA selaku Ketua Departemen Teknik Kimia FTUI;
4. Bapak Mahmud Sudibandriyo, PhD selaku pembimbing akademis;
5. Sahabat seperjuangan penulis di S2 Teknik Kimia UI angkatan 2008 & 2009 (Mas Joddy, Mba Ani, Mas Ari, Mas Dharma, Mas Bono, Mas Agung, Mas Wasis, Mas Setyo, Mas Yuslan, Mas Bona, Mas Ibad, Mba Fais, Mba Rini, Mba Echa, Mas Bowo, Mas Irsham, Mas Denny, Mba Aida, dan teman-teman lainnya) serta Seluruh staf Departemen Teknik Kimia.
6. Seluruh pihak yang secara langsung maupun tidak langsung turut berkontribusi dalam penyusunan tesis ini.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dalam tesis ini. Oleh karena itu, diharapkan kritik dan saran dari semua pihak agar dapat menyempurnakan tesis ini. Akhir kata, penulis berharap agar tesis ini dapat bermanfaat dalam rangka pengembangan ilmu pengetahuan.

Depok, 20 Nopember 2010

Penulis

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

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

Nama : Agus Salim Afrozi
NPM : 0906578831
Program Studi : Magister Teknik Nimia
Departemen : Teknik Kimia
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Tesis

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

Sintesis dan Karakterisasi Katalis Nanokomposit Berbasis Titania Untuk Produksi Hidrogen Dari gliserol dan Air.

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif 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 : Depok
Pada tanggal : 6 Januari 2011

Yang menyatakan,



(Agus Salim Afrozi)

ABSTRAK

Nama : Agus Salim Afrozi
Program Studi : Teknik Kimia
Judul : Sintesis Dan Karakterisasi Katalis Nanokomposit Berbasis Titania Untuk Produksi Hidrogen Dari Gliserol Dan Air

Modifikasi fotokatalis TiO_2 dalam memproduksi hidrogen dari gliserol dan air telah diinvestigasi. Prekursor yang digunakan adalah TiO_2 degussa P-25. Fotokatalis diberi dopan N, Pt, Cu dan Ni, dengan metode *impregnasi* untuk Cu, Ni dan *photo-assisted deposition* untuk Pt. Pengaruh banyaknya konsentrasi gliserol juga diamati dalam pengujian untuk melihat produksi hidrogen. Hasil analisa XRD menunjukkan, fotokatalis TiO_2 termodifikasi berukuran nanometer dengan rentang 16 nm sampai dengan 23 nm, sedangkan analisa DRS menunjukkan TiO_2 yang didopan dengan N, Pt, Cu dan Ni dapat merespon aktif pada sinar tampak. Hasil pengujian menunjukkan fotokatalis TiO_2 termodifikasi mampu menghasilkan hidrogen lebih banyak dibanding TiO_2 degussa P-25, sebesar 4 kali untuk dopan N, 34 kali untuk dopan Pt(1%) dan N, 10 kali untuk dopan Cu(5%) dan N serta 8 kali untuk dopan Ni(5%) dan N. Sampai rentang 50%v, kenaikan produksi hidrogen sebanding dengan kenaikan konsentrasi gliserol.

Kata Kunci: Hidrogen, gliserol, fotokatalis, nanokomposit, TiO_2 , *water splitting*

ABSTRACT

Name : Agus Salim Afrozi
Study Program : Chemical Engineering
Title : Synthesis and Characterization of Titania-Based Nanocomposite Catalysts For Hydrogen Production From Glycerol and Water

Modification of TiO₂ photocatalyst to produce hydrogen from glycerol and water had been investigated. The precursor was degussa P-25 TiO₂. The photocatalyst was doped by N, Pt, Cu and Ni, using impregnation method for Cu, Ni and photo-assisted deposition method for Pt. The effect of glycerol concentration to hydrogen production was also being studied. XRD analysis results showed that modified TiO₂ photocatalyst had nanometer size with range 16 nm to 23 nm, while the DRS analysis showed that TiO₂ was doped by N, Pt, Cu and Ni could actively respond to visible light. The results showed that modified TiO₂ photocatalyst could produce more hydrogen compare to degussa P-25 TiO₂, 4 times for N dopant, 34 times for Pt (1%) and N, 10 times for Cu (5%) and N, 8 times for Ni (5%) and N. Up to 50%v, the increase of hydrogen production is proportional to the increase of glycerol.

Keywords: Hydrogen, glyserol, photocatalyst, nanocomposite, TiO₂, *water splitting*

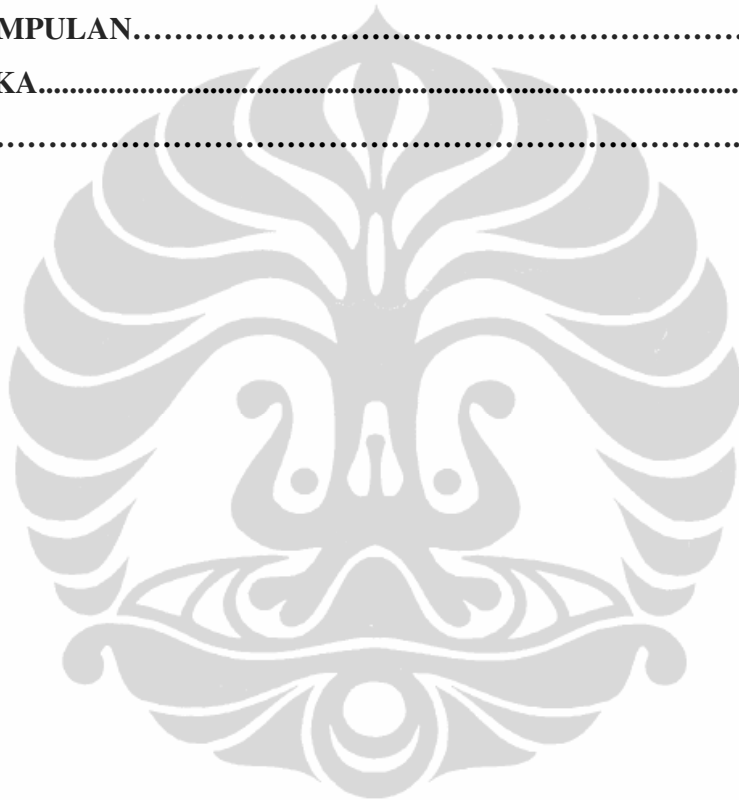
DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB 1. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	4
1.3. Tujuan.....	4
1.4. Batasan Masalah.....	5
1.5. Sistematika Penulisan.....	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1. Hidrogen.....	7
2.2. Gliserol.....	8
2.3. Nanokomposit.....	9
2.4. Prinsip Dasar Fotokatalisis.....	10
2.5. Fotokatalis TiO ₂	14
2.6. Proses Water Splitting dengan UV dan Sinar Tampak.....	16
2.7. Produksi Hidrogen dari Gliserol.....	18
2.8. Usaha-Usaha untuk Meningkatkan Aktivitas Fotokatalisis untuk Produksi Hidrogen.....	22
2.8.1. Penggunaan Dopan.....	23
2.8.1.1. Penambahan Dopan Non-Logam.....	23

2.8.1.2. Penambahan Dopan Logam.....	24
2.8.2. Penambahan Aditif Kimia.....	28
2.8.2.1. Penambahan Garam Karbonat untuk Menghambat Reaksi Balik.....	28
2.8.2.2 . Penambahan Elektron Donor.....	29
2.9. Perkembangan Katalis Nanokomposit M-N-TiO ₂	31
2.9.1. Pengaruh Modifikasi N-TiO ₂ terhadap Struktur Fasa.....	32
2.9.2. Pengaruh Modifikasi N-TiO ₂ terhadap Karakteristik Optis.....	32
2.9.3. Pengaruh Modifikasi N-TiO ₂ terhadap Karakteristik Permukaan.....	33
2.9.4. Pengaruh Modifikasi N-TiO ₂ terhadap Stabilitas Spesi N.....	34
2.9.5. Efek Sinergisme Modifikasi N-TiO ₂ dengan Dopan Logam.....	34
2.9.6. Aktivitas Fotokatalitik M-N-TiO ₂	35
2.10. Karakterisasi Katalis.....	36
2.10.1. Karakterisasi SEM-EDS.....	36
2.10.2. Karakterisasi XRD (X-ray Diffraction).....	37
2.10.3. Karakterisasi DRS (Diffuse Reflectance Spectroscopy).....	39
2.11. Penelusuran Paten Terkait.....	41
2.11.1. Paten Yang Berhubungan Dengan Proses Water-Splitting.....	41
2.11.2. Paten Yang Berhubungan Dengan TiO ₂ Dopan Nitrogen.....	42
2.11.3. Paten Yang Berhubungan Dengan Produksi Hidrogen Dari Gliserol.....	42
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	45
3.1. Metode Penelitian Umum.....	45
3.2. Alat dan Bahan Penelitian.....	45
3.2.1. Peralatan Penelitian.....	45
3.2.1.1. Peralatan Sintesis Fotokatalis.....	45
3.2.1.2. Peralatan Uji Kinerja Fotokatalis dan Analisis Produk.....	45
3.2.2. Bahan Penelitian.....	45
3.2.2.1. Bahan Sintesis Fotokatalis.....	45
3.2.2.2. Bahan Uji Kinerja Fotokatalis.....	46

3.3. Prosedur Penelitian.....	46
3.3.1. Sintesis Fotokatalis Nanokomposit M-N-TiO ₂	46
3.3.1.1. Sintesis Fotokatalis Nanokomposit M-TiO ₂ dengan M=Cu dan Ni.....	46
3.3.1.2. Sintesis Fotokatalis Nanokomposit Pt-TiO ₂	48
3.3.2. Sintesis Fotokatalis Nanokomposit N-TiO ₂	48
3.3.2.1. Metode perendaman larutan NH ₃	49
3.3.2.2. Metode mengalirkan gas NH ₃	50
3.3.3. Uji Kinerja Fotokatalis.....	51
3.4. Rancangan Percobaan.....	53
3.4.1. Variabel Penelitian.....	53
3.4.2. Pengaruh Metode Sintesis.....	53
3.4.3. Pengaruh Komposisi <i>Loading</i> Dopan Logam.....	54
3.4.4. Pengaruh Jenis Loading Dopan Logam.....	54
3.4.5. Pengaruh Komposisi Campuran Gliserol-Air.....	54
3.5. Karakterisasi Fotokatalis.....	54
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	56
4.1. Sintesis dan Karakterisasi Katalis.....	56
4.1. 1. Karakterisasi SEM-EDS.....	56
4.1.1.1 Katalis N-TiO ₂	56
4.1.1.2 Katalis Pt(1%)-N-TiO ₂	58
4.1.1.3 Katalis Cu-N-TiO ₂	60
4.1.1.4 Katalis Ni-N-TiO ₂	62
4.1. 2. Karakterisasi XRD.....	63
4.1.2.1 Katalis Pt(1%)-N-TiO ₂	63
4.1.2.2 Katalis Cu-N-TiO ₂	64
4.1.2.3 Katalis Ni-N-TiO ₂	66
4.1. 3. Karakterisasi DRS.....	68
4.1.3.1 Katalis Pt(1%)-N-TiO ₂	68
4.1.3.2 Katalis Cu-N-TiO ₂	70
4.1.3.3 Katalis Ni-N-TiO ₂	71

4.2. Uji Kinerja.....	73
4.2. 1. Pengaruh Dopan N Terhadap Kinerja Katalis.....	73
4.2. 2. Pengaruh Dopan Pt Terhadap Kinerja Katalis.....	75
4.2. 3. Pengaruh Dopan Cu Terhadap Kinerja Katalis.....	78
4.2. 4. Pengaruh Dopan Ni Terhadap Kinerja Katalis.....	81
4.2. 5. Pengaruh Konsentrasi Gliserol Terhadap Kinerja Katalis.....	85
4.3. Prospek Produksi Hidrogen dari Gliserol dan Air Secara Fotokatalitik.....	87
BAB 5. KESIMPULAN.....	89
DAFTAR PUSTAKA.....	90
LAMPIRAN.....	94



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Skema Proses Fotoeksitasi Pada Suatu Bahan Semikonduktor (Licciulli L., 2002).....	12
Gambar 2.2. Daerah Energi Pada Semikonduktor (Licciulli L., 2002).....	13
Gambar 2.3. Struktur Kristal Anatase TiO ₂ (Licciulli L., 2002).....	14
Gambar 2.4. Struktur Kristal Rutile TiO ₂ (Licciulli L., 2002).....	15
Gambar 2.5 Spektrum Sinar untuk Fotokatalisis.....	17
Gambar 2.6. Produksi Hidrogen Dengan Mediator IO ₃ ⁻ / I ⁻ (Ni <i>et al.</i> , 2007).....	31
Gambar 2.7. Perbandingan Rentang Absorbansi Panjang Gelombang pada Berbagai Loading Dopan (a) Fe ₂ O ₃ -TiO ₂ (b) N- Fe ₂ O ₃ -TiO ₂ (Jinlong, 2010).....	33
Gambar 2.8. Interaksi struktural antara Au dan N pada permukaan TiO ₂ rutil murni (b) dengan implantasi N, warna: abu-abu → Ti, merah → O, kuning → Au, biru → N (Jinlong, 2010).....	34
Gambar 2.9. Mekansime degradasi polutan organic menggunakan fotokatalis Au-N-TiO ₂ (a) sinar tampak (b) UV (Jinlong, 2010).....	35
Gambar 2.10. Reaktor <i>Water Splitting</i> (Greenbaum, 1984).....	41
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian Umum.....	44
Gambar 3.2. Diagram Alir Sintesis M-TiO ₂ dengan Metode Impregnasi (Kalsinasi).....	47
Gambar 3.3. Diagram Alir Sintesis N-TiO ₂ Perendaman Larutan NH ₃	49
Gambar 3.4. Skema Susunan Alat untuk Sintesa N-TiO ₂ Menggunakan Gas NH ₃	50
Gambar 3.5. Diagram Alir Sintesis N-TiO ₂ Menggunakan Gas NH ₃	51
Gambar 3.6. Reaktor Serta Kotak Uji untuk Pengujian Produksi Hidrogen dari Gliserol dan Air secara Fotokatalitis.....	52
Gambar 4. 1. Hasil SEM sampel N-TiO ₂ : (a) Metode perendaman larutan NH ₃ Perbesaran 50000 x; (b) metode pengaliran gas NH ₃ Perbesaran 50000 x	57

Gambar 4. 2. Hasil SEM sampel Pt(1%)-N-TiO ₂ : (a) Perbesaran 10000 x; (b) Perbesaran 50000 x.....	58
Gambar 4. 3. Hasil SEM sampel Cu-N-TiO ₂ : (a) Loading Cu 1% Perbesaran 10000x; (b) Loading Cu 3% Perbesaran 10000 x (c) Loading Cu 5% Perbesaran 10000 x; (d) Loading Cu 10% Perbesaran 10000 x.....	60
Gambar 4. 4. Hasil SEM sampel Ni-N-TiO ₂ : (a) Loading Ni 5% Perbesaran 10000 x; (b) Loading Ni 10% Perbesaran 10000 x	62
Gambar 4. 5. Hasil XRD terhadap sampel TiO ₂ dan Pt(1%)-N-TiO ₂	63
Gambar 4. 6. Hasil XRD terhadap sampel TiO ₂ dan Cu-N-TiO ₂	65
Gambar 4. 7. Hasil XRD terhadap sampel TiO ₂ , Ni-N-TiO ₂	67
Gambar 4. 8. Hasil Spektro UV-Vis DRS dari N-TiO ₂ dan Pt(1%)-N-TiO ₂	68
Gambar 4. 9. Hasil Spektro UV-Vis DRS dari Cu-N-TiO ₂ dengan berbagai konsentrasi loading Cu.....	70
Gambar 4. 10. Hasil Spektro UV-Vis DRS dari Cu-N-TiO ₂ dengan berbagai konsentrasi loading Ni.....	71
Gambar 4. 11. Pengaruh Loading Dopan M (Pt, Cu dan Ni) terhadap konsentrasi N terdopan dalam TiO ₂	72
Gambar 4. 12. Pengaruh Dopan Nitrogen terhadap Kinerja TiO ₂ dalam Memproduksi Hidrogen dari Gliserol dan Air pada Sinar Tampak (Vcampuran = 500mL, Massa Fotokatalis = 0,5 gram, Sumber Foton = Visible, Konsentrasi Gliserol 10%v)	74
Gambar 4. 13. Pengaruh Dopan Pt terhadap Kinerja TiO ₂ dalam Memproduksi Hidrogen dari Gliserol dan Air pada Sinar Tampak (Vcampuran = 500mL, Massa Fotokatalis = 0,5 gram, Sumber Foton = Visible, Konsentrasi Gliserol 10%v)	76
Gambar 4. 14. Kontribusi Dopan N dan Pt dari katalis dalam memproduksi Hidrogen dari Gliserol dan Air pada Sinar Tampak (Vcampuran = 500mL, Massa Fotokatalis = 0,5 gram, Sumber Foton = Visible, Konsentrasi Gliserol 10%v).....	76
Gambar 4. 15. Skema Transfer Elektron karena Energi Foton pada Pt/TiO ₂	

(Choi <i>et al.</i> , 2002).....	77
Gambar 4. 16. Pengaruh Dopan Cu dengan berbagai konsentrasi loading Cu terhadap Kinerja TiO ₂ dalam memproduksi hidrogen dari Gliserol dan Air pada Sinar Tampak (Vcampuran = 500mL, Massa Fotokatalis = 0,5 gram, Sumber Foton = Visible, Konsentrasi Gliserol 10%v).....	78
Gambar 4. 17. Pengaruh loading Dopan Cu terhadap Kinerja TiO ₂ dalam memproduksi hidrogen dari Gliserol dan Air pada Sinar Tampak (Vcampuran = 500mL, Massa Fotokatalis = 0,5 gram, Sumber Foton = Visible, Konsentrasi Gliserol 10%v).....	79
Gambar 4. 18. Kontribusi Dopan N dan Cu dari katalis dalam memproduksi Hidrogen dari Gliserol dan Air pada Sinar Tampak (Vcampuran = 500mL, Massa Fotokatalis = 0,5 gram, Sumber Foton = Visible, Konsentrasi Gliserol 10%v).....	80
Gambar 4. 19. Pengaruh Dopan Ni dengan berbagai konsentrasi loading Ni terhadap Kinerja TiO ₂ dalam memproduksi hidrogen dari Gliserol dan Air pada Sinar Tampak (Vcampuran = 500mL, Massa Fotokatalis = 0,5 gram, Sumber Foton = Visible, Konsentrasi Gliserol 10%v).....	81
Gambar 4. 20. Pengaruh loading Dopan Ni terhadap Kinerja TiO ₂ dalam memproduksi hidrogen dari Gliserol dan Air pada Sinar Tampak (Vcampuran = 500mL, Massa Fotokatalis = 0,5 gram, Sumber Foton = Visible, Konsentrasi Gliserol 10%v).....	82
Gambar 4. 21. Kontribusi Dopan N dan Ni dari katalis dalam memproduksi Hidrogen dari Gliserol dan Air pada Sinar Tampak (Vcampuran = 500mL, Massa Fotokatalis = 0,5 gram, Sumber Foton = Visible, Konsentrasi Gliserol 10%v).....	83
Gambar 4. 22. Pengaruh Dopan Pt, Cu dan Ni Terhadap Kinerja TiO ₂ dalam memproduksi hidrogen dari Gliserol dan Air pada Sinar Tampak (Vcampuran = 500 mL, Massa Fotokatalis = 0,5 gram, Sumber Foton: Visible, Konsentrasi Gliserol 10%v).....	84

Gambar 4. 23. Pengaruh Konsentrasi Gliserol dalam Campuran Terhadap
Produksi Hidrogen (Vcampuran = 500 mL, Katalis = 0,5 gram
Cu(5%)-N-TiO₂, Sumber Foton: Visible).....85



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Perbandingan Sifat dari Berbagai Bentuk Kristal TiO ₂ (Othmer, 1994).....	15
Tabel 4.1. Konsentrasi N dalam katalis N-TiO ₂	57
Tabel 4.2. Konsentrasi N dan Pt dalam katalis Pt(1%)-N-TiO ₂ Hasil EDS.....	59
Tabel 4.3. Konsentrasi N dan Cu dalam katalis Cu-N-TiO ₂ Hasil EDS.....	61
Tabel 4.4. Konsentrasi N dan Ni dalam katalis Ni-N-TiO ₂ Hasil EDS.....	62
Tabel 4.5. Ukuran kristal, fraksi rutil dan anatase dari katalis Pt-N-TiO ₂ dan TiO ₂	64
Tabel 4.6. Ukuran kristal, fraksi rutil dan anatase dari katalis Cu-N-TiO ₂	66
Tabel 4.7. Ukuran kristal, fraksi rutil dan anatase dari katalis Ni-N-TiO ₂	68
Tabel 4.8. Perbandingan Panjang Gelombang Absorbansi dan Bandgap untuk TiO ₂ , N-TiO ₂ dan Pt(1%)-N-TiO ₂	69
Tabel 4.9. Perbandingan Panjang Gelombang Absorbansi dan Bandgap untuk Cu-N-TiO ₂ dengan berbagai konsentrasi loading Cu.....	70
Tabel 4.10. Perbandingan Panjang Gelombang Absorbansi dan Bandgap untuk Ni-N-TiO ₂ dengan berbagai konsentrasi loading Ni.....	72
Tabel 4.11. Daftar Harga dari Precursor Pt, Cu dan Ni dari produsen bahan kimia (Merck, 2110).....	87

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A. Hasil Pengujian Produksi Hidrogen Dengan Gas Chromatography.....	94
LAMPIRAN B. Data Karakterisasi SEM-EDS.....	102
LAMPIRAN C. Data Karakterisasi XRD.....	116
LAMPIRAN D. Data Karakterisasi UV VIS-DRS.....	125

