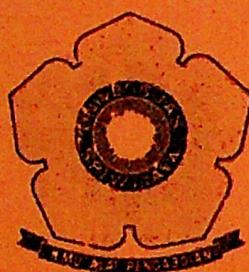


**PENGARUH BERAT WO_3 TERHADAP POROSITAS DAN KEASAMAN
KOMPOSIT WO_3 - TiO_2**

MAKALAH SKRIPSI

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Sains Bidang Studi Kimia**



OLEH :

FRENGKY SIMANUNGKALIT

08091003021

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

JURUSAN KIMIA

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2013

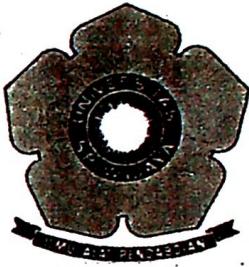
A 22014
22478

540 .07
Fr
P
c1/1 → 131614
2013

**PENGARUH BERAT WO_3 TERHADAP POROSITAS DAN KEASAMAN
KOMPOSIT WO_3 - TiO_2**

MAKALAH SKRIPSI

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Sains Bidang Studi Kimia**



OLEH :

FRENGKY SIMANUNGKALIT

08091003021

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

JURUSAN KIMIA

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2013

HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI

Judul Skripsi : Pengaruh Berat WO₃ Terhadap Porositas dan Keasaman
Komposit WO₃-TiO₂

Nama Mahasiswa : Frengky Simanungkalit

NIM : 08091003021

Jurusan : Kimia

Telah disidangkan pada tanggal 16 Juli 2013.

Indralaya, Juli 2013

Pembimbing:

1. Addy Rachmat, M.Si.

(.....)

2. Widia Purwaningrum, M.Si.

(.....)

Indralaya, Juli 2013

Ketua Jurusan Kimia,

Dr. Suheryanto, M.Si.

NIP. 196006251989031006



HALAMAN PENGESAHAN MAKALAH SKRIPSI

Judul Skripsi : PENGARUH BERAT WO₃ TERHADAP POROSITAS DAN KEASAMAN KOMPOSIT WO₃-TiO₂

Nama mahasiswa : Frengky Simanungkalit

Nim : 08091003021

Jurusan : Kimia

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Sidang Sarjana Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada tanggal 16 Juli 2013. Dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui dengan pemasukan panitia sidang sarjana.

Indralaya, Juli 2013

Pembimbing :

1. Addy Rachmat, M.Si

(.....)

2. Widia Purwaningrum, M.Si.

(.....)

Pembahas :

1. Hasanudin M.Si.

(.....)

2. Dr. Suheryanto, M.Si.

(.....)

3. Fahma Riyanti, M.Si

(.....)



Mengetahui,
Ketua Jurusan Kimia

Dr. Suheryanto, M.Si
NIP. 196006251989031006

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Mahasiswa : Frengky Simanungkalit

NIM : 08091003021

Fakultas/Jurusan : MIPA/KIMIA

Menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya dan karya ilmiah ini belum pernah diajukan sebagai pemenuhan persyaratan untuk memperoleh gelar kesarjanaan strata (S1) dari Universitas Sriwijaya maupun perguruan tinggi lain.

Semua informasi yang dimuat dalam skripsi ini yang berasal dari penulis lain baik yang dipublikasikan atau tidak telah diberikan penghargaan dengan mengutip nama sumber penulis secara benar. Semua isi dari skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya sebagai penulis.

Demikianlah surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Indralaya, April 2013

Penulis,

Frengky Simanungkalit

NIM.08091003021

HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai aktivis akademik Universitas Sriwijaya, yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Mahasiswa : Frengky Simanungkalit

NIM : 08091003021

Fakultas/Jurusan : MIPA/KIMIA

Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya “hak bebas royalti non-ekslusif (*non-exclusively royalty-free right!*) atas karya ilmiah saya yang berjudul : “Pengaruh Berat WO₃ Terhadap Porositas dan Keasaman Komposit WO₃-TiO₂”. Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak bebas royalti non-ekslusif ini Universitas Sriwijaya berlaku menyimpan, mengalih media/memformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir atau skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Indralaya, Juli 2013

Yang menyatakan,

Frengky Simanungkalit

KATA PERSEMBAHAN

Sebuah Kenang-kenangan dariku "Frengky Simanungkalit"

"Ketika hati berkata ingin, namun Tuhan berkata tunggu"

"Ketika air mata harus menetes, Tuhan berkata tersenyumlahah"

"Ketika semua terasa membosankan, Tuhan berkata teruslah melangkah"

"Karena Tuhan lebih dulu tahu rancangan apa yang mendatangkan kebaikan dalam hidup kita hari ini"

"Karena itu rendahkanlah dirimu di bawah tangan Tuhan yang kuat, supaya kamu ditinggikan-Nya pada waktunya. Serahkanlah segala kekuatiranmu kepada-Nya sebab Ia yang memelihara kamu"

(1 Petrus 5 : 6-7)

"Demikianlah Firman Tuhan, yaitu rancangan damai sejahtera dan bukan rancangan kecelakaan untuk memberikan kepadamu hari depan yang penuh harapan"

(Yeremia 29 : 11)

Skripsi ini adalah wujud kasih Tuhan Yesus Kristus kepadaku maka skripsi ini kupersembahkan untuk:

Tuhan YESUS KRISTUS Juruselamatku sebagai bukti cintaku kepada-Nya

Orang tua ku, adik-adikku, dan semua saudara seimanku

Mama Mine Manis

Sahabat-sahabatku

Orang-orang yang senantiasa memberi motivasi dalam hidupku

Dan Almamaterku

KATA PENGANTAR

Salam Sejahtera,

Terimakasih kepada Tuhan Yang Maha Esa buat semua berkat yang telah diberikan kepada penulis sehingga penelitian dan penulisan skripsi yang berjudul “Pengaruh Berat WO_3 Terhadap Porositas dan Keasaman Komposit $WO_3\text{-}TiO_2$ ” dapat diselesaikan dengan baik.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa selama penelitian hingga selesaiannya skripsi ini telah banyak mendapatkan bantuan baik moril dan material dari berbagai pihak. Maka dalam kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya terutama kepada Ayahanda **Hotman Simanungkalit** dan Ibunda **Remi Siagian** terkasih atas segala doa, cinta, kasih sayang, perhatian, dan dukungan yang tak henti-hentinya, kalian adalah hadiah terindah dalam hidupku, semoga Tuhan senantiasa melindungi kita. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada Bapak **Addy Rachmat, M.Si.** selaku pembimbing I dan Ibu **Widia Purwaningrum, M.Si.** selaku pembimbing II atas segala bimbingan, yang telah diberikan selama ini.

Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dekan FMIPA UNSRI
2. Ketua Jurusan Kimia Fakultas MIPA UNSRI Bapak Dr. Suheryanto, M.Si
3. Pembimbing Akademik Ibu Dr. Miksusanti, M.Si.,
4. Pembahas Seminar Bapak Hasanudin, M.Si., Bapak Dr. Suheryanto, M.Si.,
dan Bapak Drs. Almunadi T. Panangan, M.Si.

5. Seluruh staf dosen jurusan kimia Fakultas MIPA UNSRI yang telah menyumbangkan ilmunya.
6. Adik-adikku Esra Simanungkalit, Rocky Simanungkalit, Hardi Simanungkalit, dan Erlina Simanungkalit, pamanku Ronal siagian dan keluarga.
7. Kekasihku tercinta, Dwi Anjar Susanti, terimakasih atas kasih sayang, kesabaran, pengertian, semangat, dan kebersamaan kita selama ini, semoga kedepannya tetap begini dan berlanjut pada hubungan yang lebih baik. Amin.
8. Keluarga besar Mbah Tukiyem, Bapak Sarju, Ibu Erma Suryani dan adek Wuri Puspita Dewi, terima kasih atas perhatian, bantuan, dukungan, dan doanya.
9. Sahabat-sahabatku Rumpo Boys, Kelompok Kecil Adore Bang Frengky Pasaribu dan bang Jeki Sitanggang, Pengurus PDO Getsemani
10. Teman seperjuanganku Lungguk Sibuea, Taufiq Yamartika, Bang Eko Situmorang, Kak Bambang, Angreni Videlia, Enjel V. Pasaribu dan Risna Barus terimakasih buat semuanya.
11. Keluarga besar Miki 2009.

Demikianlah, semoga karya kecil ini dapat bermanfaat dalam menunjang perkembangan ilmu pengetahuan.

Terimakasih

Palembang, Juli 2013

Penulis

THE EFFECT OF WO₃ WEIGHT ON POROUSITY AND ACIDITY OF WO₃-TiO₂ COMPOSITE

By :

FRENGKY SIMANUNGKALIT

08091003021

ABSTRACT

The research about the effect of WO₃ weight on porosity and acidity of WO₃-TiO₂ composite had been done. Composite WO₃-TiO₂ was synthesized using disperse method and calcined at air atmosphere. Composite obtained were characterized by XRD method and gas sorption analyzer and then acidity with ammonia adsorption. Type of adsorption isotherm (BDDT) which formed is type II for mesopore catalysts. The research showed that WO₃ 15% (w/w) composite had a decrease in surface area, increase in total pore volume and radius of the average pore into 9,64 m²/g, 0,07 cc/g and 146 Å, compared with pure TiO₂. While the composite acidity increased to 1.47 mmol/g. WO₃-TiO₂ composites 15% can be used as a catalyst due to it has the smallest surface area decreased but the highest acidity increased and having pore type of mesopore.

Keyword : disperse, characterized, mesopore

PENGARUH BERAT WO₃ TERHADAP POROSITAS DAN KEASAMAN KOMPOSIT WO₃- TiO₂

Oleh :

FRENGKY SIMANUNGKALIT

08091003021

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang pengaruh berat WO₃ terhadap porositas dan keasaman komposit WO₃-TiO₂. Komposit WO₃-TiO₂ disintesis menggunakan metode dispersi dan dikalsinasi pada atmosfer udara. Komposit yang diperoleh dikarakterisasi dengan metode XRD dan gas sorption analyzer serta keasaman dengan adsorpsi amoniak. Tipe isoterm adsorpsi (BDDT) yang terbentuk adalah tipe II untuk katalis mesopori. Hasil penelitian menunjukkan pada komposit WO₃ 15% (b/b) terjadinya penurunan pada luas permukaan, kenaikan volume total pori dan jari-jari rata-rata pori menjadi 9,64 m²/g, 0,07 cc/g dan 146 Å , jika dibandingkan dengan TiO₂ murni. Sedangkan keasaman komposit naik menjadi 1,47 mmol/g. Komposit WO₃-TiO₂ 15% dapat digunakan sebagai katalis, karena mengalami penurunan luas permukaan terkecil namun kenaikan keasaman tertinggi dan memiliki mesopori.

Kata kunci : dispersi, karakterisasi, mesopori

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH.....	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	v
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
ABSTRACT.	ix
ABSTRAK	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Katalis.....	5
2.1.1. Penggolongan Katalis	7
2.1.2. Dasar-dasar Karakterisasi Katalis	10
2.1.2.1. Pemilihan Metode Karakterisasi Katalis	10
2.1.2.2. Sifat Partikel Katalis	10
2.1.3. Porositas dan Luas Permukaan Katalis	11
2.2. Logam Tungsten Oksida (WO_3)	12

2.3. Logam Titanium dioksida (TiO_2)	13
2.4. X-Ray Diffractions (XRD)	14
2.5. Gas Sorption Analyzer (NOVA1000)	18
2.6. Isoterm Adsorpsi	19
2.6.1. Adsorpsi Fisika	20
2.6.2. Adsorpsi Kimia	22
2.6.3. Isoterm Brunauer, Emmet dan Teller (BET)	23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	26
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	26
3.2. Alat dan Bahan	26
3.2.1. Alat	26
3.2.2. Bahan	26
3.3. Prosedur Penelitian	27
3.3.1. Preparasi Katalis WO_3 - TiO_2	27
3.3.2. Analis XRD	27
3.3.3. Gas Sorption Analyzer	28
3.3.4. Keasaman	28
3.3.4. Analisis Data.....	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	30
4.1. Pengaruh Persen Berat WO_3 Terhadap Dispersi WO_3 pada katalis WO_3 - TiO_2	30
4.2. Isoterm Adsorpsi	39
4.3. Pengaruh % Berat WO_3 Terhadap Luas Permukaan, Volume Total Pori, Jari-jari Pori Rata-rata Katalis WO_3 - TiO_2	40
4.3.1. Luas Permukaan Spesifik	40
4.3.2. Volume Total Pori.....	42
4.3.3. Jari-jari Pori Rata-rata	43
4.4. Keasaman	45
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	47
5.1. Kesimpulan	47

5.2. Saran	47
DAFTAR PUSTAKA	48
LAMPIRAN	50

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Karakteristik katalis heterogen dan homogen	9
Tabel 2. Perbandingan % TiO ₂ dengan WO ₃ dengan berat total 10 gram	27
Tabel 3. Sudut 2θ spesifik TiO ₂ , WO ₃ dan komposit WO ₃ -TiO ₂ 2,5%	32
Tabel 4. Sudut 2θ spesifik TiO ₂ , WO ₃ dan komposit WO ₃ -TiO ₂ 5%....	34
Tabel 5. Sudut 2θ spesifik TiO ₂ , WO ₃ dan komposit WO ₃ -TiO ₂ 10%	35
Tabel 6. Sudut 2θ spesifik TiO ₂ , WO ₃ dan komposit WO ₃ -TiO ₂ 15%	37
Tabel 7. Sudut 2θ spesifik TiO ₂ , WO ₃ dan komposit WO ₃ -TiO ₂ 20%	38

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Keadaan energi aktivasi pada distribusi Maxwell-Boltzman	6
Gambar 2. Pergeseran energi aktivasi	7
Gambar 3. Difraksi sinar X pada bidang kristalin	15
Gambar 4. Grafik Isoterm Absorpsi Berdasarkan Klasifikasi BDDT	21
Gambar 5. Pola difraktogram XRD dari komposit (a) $\text{WO}_3\text{-TiO}_2$ 2,5%, (b) WO_3 , (c) TiO_2	31
Gambar 6. Pola difraktogram XRD dari komposit (a) $\text{WO}_3\text{-TiO}_2$ 5%, (b) WO_3 , (c) TiO_2	33
Gambar 7. Diffaktogram XRD dari komposit (a) $\text{WO}_3\text{-TiO}_2$ 10%, (b) WO_3 , dan (c) TiO_2	35
Gambar 8. Diffaktogram XRD dari komposit (a) $\text{WO}_3\text{-TiO}_2$ 15%, (b) WO_3 , dan (c) TiO_2	36
Gambar 9. Diffaktogram XRD dari komposit (a) $\text{WO}_3\text{-TiO}_2$ 20%, (b) WO_3 , dan (c) TiO_2	38
Gambar10. Grafik Isoterm adsorpsi-desorpsi dari WO_3 , TiO_2 , dan komposit $\text{WO}_3\text{-TiO}_2$ pada beberapa variasi berat WO_3	40
Gambar 11. Luas permukaan spesifik dari WO_3 , TiO_2 , dan $\text{WO}_3\text{-TiO}_2$ pada beberapa variasi % berat.....	41
Gambar 12.VOLUME total pori dari WO_3 , TiO_2 , $\text{WO}_3\text{-TiO}_2$ pada beberapa variasi % berat	43

Gambar 13.Jari-jari pori rata-rata dari WO ₃ , TiO ₂ , WO ₃ -TiO ₂ pada beberapa variasi % berat	44
Gambar 14. Keasaman komposit WO ₃ -TiO ₂	46

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Gambar alat.....	50
Lampiran 2. Diagram alir prosedur kerja.....	51
Lampiran 3. Tabel dan Perhitungan Prosedur Kerja	52
Lampiran 4. Data Difraktogram XR-D.....	53
Lampiran 5. Data NOVA 1000 WO ₃	60
Lampiran 6. Data NOVA 1000 TiO ₂	63
Lampiran 7. Data N0VA 1000 WO ₃ -TiO ₂ 2,5%.....	66
Lampiran 8. Data N0VA 1000 WO ₃ -TiO ₂ 5%.....	69
Lampiran 9. Data N0VA 1000 WO ₃ -TiO ₂ 10%.....	72
Lampiran10. Data N0VA 1000 WO ₃ -TiO ₂ 15%.....	75
Lampiran11. Data N0VA 1000 WO ₃ -TiO ₂ 20%.....	78
Lampiran12. Tabel Luas Permukaan Spesifik, Volume Total Pori, Jari-jari Pori Rata-rata	81
Lampiran13. Perhitungan Keasaman Katalis WO ₃ -TiO ₂	83

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Katalis merupakan zat yang ditambahkan ke suatu reaksi kimia yang bertujuan untuk mempercepat reaksi tersebut. Suatu katalis dapat dipergunakan untuk mempercepat reaksi ke arah produk atau ke arah reaktan sehingga didapat keadaan setimbang. (Taherzadeh, 2007)

Komposit yang disintesis diharapkan dapat bekerja sebagai katalis heterogen. Oksida tungsten diimpregnasi dengan oksida titanium, sehingga didapat komposit $\text{WO}_3\text{-TiO}_2$ yang dapat bekerja optimum pada reaksi terkatalisis asam. Katalis yang mengandung oksida tungsten digunakan sebagai katalis asam heterogen sejak abad ke 20. Katalis tersebut menjadi fokus penelitian sejak 30 tahun yang lalu, dan mendapatkan hasil bahwa material ini aktif sebagai katalis hidrocracking, dehidrogenasi, isomerisasi, dan pembentukan alkohol. Oksida tungsten telah diteliti dan aktif sebagai katalis untuk beberapa reaksi, tetapi membutuhkan suhu yang tinggi karena oksida WO_3 memiliki permukaan yang kecil dan bersifat asam lemah. Densitas dan kekuatan sifat asam WO_3 dapat ditingkatkan dengan cara mendispersikan oksida WO_3 dengan material-material yang memiliki permukaan yang luas seperti SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , atau ZrO_2 . (Barton, *et al.* 1998)

Tantangan untuk mendapatkan padatan dengan keasaman yang kuat dibandingkan dengan yang ada pada asam sulfat, halida dan oksihalida masih

dirasakan cukup berat; kecilnya selisih elektronegatifitas pada ikatan logam – oksida dibanding ikatan logam – halida membatasi kekuatan asam yang akan didapat. Asam padat yang berbasiskan oksida, menggunakan proton untuk menyeimbangkan muatan negatif bersih yang dihasilkan oleh pergantian kation valensi tinggi dengan yang lebih rendah atau dengan pengikatan anion di permukaan oksida pengembang yang netral. Muatan negatif bersih tersebut diseimbangkan oleh proton. Asam padat yang efektif mensyaratkan kluster kation logam atau oksida logam berinteraksi dengan pengembang oksida untuk membentuk struktur yang menstabilkan proton-proton yang bertanggung jawab atas keasaman Bronsted (Barton, *et al.* 1998). Keasaman katalis dapat diketahui dengan absorpsi ammoniak pada keadaan vakum. Pengikatan NH₃ ini menunjukkan seberapa banyak situs-situs asam yang berbeda pada katalis. (Trisunaryanti, 2001). Sifat keasaman padatan dapat diketahui dari besarnya mol NH₃ yang diserap oleh padatan.

Sifat padatan yang penting dalam fungsinya sebagai katalis adalah luas permukaan spesifik (*specific surface area*). Luas permukaan spesifik didefinisikan sebagai rasio antara luas permukaan yang dimiliki oleh padatan dengan berat. Tahapan penting dalam mekanisme reaksi katalisis padatan adalah adsorpsi molekul reaktan di permukaan katalis. Katalis harus memiliki luas permukaan yang besar agar dapat mengadsorpsi sebanyak mungkin molekul reaktan.

Oksida tungsten dipilih pada penelitian ini sebagai material yang didispersikan ke TiO₂. Pemilihan pengembang oksida logam Ti dikarenakan oksida logam Ti merupakan padatan yang baik berdasarkan keasaman, kestabilan serta

aktivitas. Laju reaksi dan spesifisitas produk dapat ditingkatkan melalui pengembangan pada padatan pendukung (*solid support*). TiO_2 tersusun atas ion Ti^{+4} terkoordinasi dengan enam ion O^{-2} , dengan demikian TiO_2 akan mengadsorpsi basa pada permukaan.

Berdasarkan uraian di atas dilakukan penelitian tentang dispersi WO_3 ke padatan TiO_2 dan bagaimana pengaruhnya terhadap karakter komposit yang didapat. Variabel yang divariasikan adalah rasio berat WO_3 terhadap TiO_2 . Komposit yang didapat dianalisis dengan mengukur porositas, pola difraktogram XRD, dan keasaman.

1.2. Rumusan Masalah

Reaksi kimia akan berlangsung lebih baik jika dibantu dengan adanya katalis yang bekerja pada reaksi tersebut. Penggunaan katalis heterogen lebih efektif dibandingkan katalis homogen karena katalis dapat digunakan kembali. Katalis heterogen yang bersifat asam ini dapat diperoleh dengan menggabungkan antara WO_3 dan TiO_2 . Mendapatkan komposit $\text{WO}_3\text{-TiO}_2$ diharapkan dapat bekerja sebagai katalis, sehingga berat WO_3 perlu divariasikan untuk mendapat komposit yang bekerja baik optimum sebagai katalis asam. Variasi berat WO_3 yang dikombinasikan dengan TiO_2 akan berpengaruh terhadap keasaman dan porositas komposit yang dihasilkan, dan berpengaruh juga terhadap kinerja katalis dalam reaksi terkatalisis asam.

1.3. Tujuan Penelitian

1. Mensintesis komposit $\text{WO}_3\text{-TiO}_2$ dari ammonium metatungsten dan TiO_2 ,
2. Mengetahui keasaman komposit $\text{WO}_3\text{-TiO}_2$ dengan pengaruh variasi berat oksida WO_3 dan TiO_2 ,
3. Mengetahui perubahan porositas pada perbedaan komposisi TiO_2 dan WO_3 .

1.4. Manfaat penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat dalam pengembangan katalis asam padat yang dapat digunakan untuk reaksi-reaksi terkatalisis asam.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, H., 1992, *Elektrokimia dan Kinetika Kimia*, PT. Citra Aditya Bakti, Bandung.
- Anderson, J. R., dan Boudart, M., 1981, *Catalysis*, Vol.1, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York.
- Augustine, R.L., 1996, *Heterogeneous Catalyst For The Sintetic Chemist*, Marcel Dekker, Inc., New York.
- Atkins, P. W., 1997, *Kimia Fisika*, Jilid 2, Edisi Keempat, Alih Bahasa Irma Kartohadiprodjo, Erlangga, Jakarta.
- Barton, David G., Soled, Stuart L., Iglesia, Enrique, 1998, Solid acid catalysts based on supported tungsten oxides, *Department of Chemical Engineering, University of California at Berkeley, Berkeley*.
- Castellan W, Gilbert, 1982, *Physical Chemistry*, Edisi Ketiga, Addison Wesley Publishing Company.
- Gunlazuardi, J., 2001, *Fotokatalis pada Permukaan TiO₂ : Aspek Fundamental dan Aplikasinya*, Seminar Nasional Kimia Fisika II, Jakarta, 14&15 Juni 2001.
- Harahap, H., 2008, *Optimasi Transesterifikasi Refinery Bleached Deodorized Palm Oil Menjadi Metil Ester Menggunakan Katalis Lithium Hidroksida*, Tesis USU, Medan.
- I.chorkendroff, J.W.2003. *Niemantsverdriet. Concepts of Modern Catalysis and Kinetics*. Wiley-VCH GmbH&Co. New York. Hal 143 -147.
- Ismail, S., 2000, *Kinetika Kimia*, Cetakan Kedua, Universitas Sriwijaya, Inderalaya.
- Istadi. 2004, *Fundamental dan Aplikasi Teknologi Katalis Untuk Konversi Energy*, Catal Today. 1-12.
- Keenan, C. W., Kleinfelter, D. C., and Wood, J. H., 1979, *Ilmu Kimia Untuk Universitas*, Alih Bahasa Aloysius Hadyana Pudjaatmaka, Ph.D. Edisi ke-VI, Jilid I, Erlangga, Jakarta.
- Kirk, R. E. and Othmer, D. F., 1992, *Encyclopedia of Chemical Technology*, The Interscience Encyclopedia Inc. New York.

- Leofanti, G., Tozzola, G., Padovan, M., Petrini, G., Bordiga, S. and Zecchina, A. 1997, *Catal. Today.* 34: 307-327.
- Leofanti, G., Tozzola, G., Padovan, M., Petrini, G., Bordiga, S. and Zecchina, A. 1997, *Catal. Today.* 34: 329-352.
- Lowell and Shield, 1984, *Powder Surface Area and Porosity*, Edisi II, Chapman and Hall, 2nd., New York.
- Oxtoby, D W., Gillis, H P., Nachtrieb Norman H., 1999, *Prinsip-prinsip Kimia Modern*, Edisi Keempat, Jilid I, Alih Bahasa Sumiar Setiati Achmadi, Ph.D, Erlangga, Jakarta.
- Taherzadeh, 2007, *Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology Biofuels*, Springer Science+Business Media : Dordrecht Heidelberg New York.
- Sukardjo, 1997, *Kimia Fisika*, PT.Bina Aksara, Jakarta.
- Suzuki, motoyuki, 1990, *Absorption Engineering*, Institute of Industrial Science, Japan.
- Syukri, S. 1999, *Kimia Dasar* 2. Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Trisunaryanti, 2001, *Selectivity of An Zolite in Catalytic Conversion Proses of Bangkirai, Kruing and Kamper Woods Biofuel to Gasoline Fraction*, Indonesia Journal of Chemistry, Vol. 1, No. 2.
- Vogel, 1985, *Buku Teks Analisis An Organik Makro dan Semimakro*, direvisi oleh G. Svehla, ed 5, kalman Media Pustaka, Jakarta.
- (<http://www.quantachrome.com/NOVAseries/NOVA1000>). Diakses pada 14 November 2012.