



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENINGKATAN BILANGAN OKTANA PADA *GASOLINE*
MENGUNAKAN PRASEODIMIUM(III)-ETILEN DIAMIN
TETRA ASETAT/ZEOLIT KLINOPTILOLIT AKTIF**

SKRIPSI

VINO HASYIM

0806368206

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
DEPOK
Januari 2011**



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENINGKATAN BILANGAN OKTANA PADA *GASOLINE*
MENGUNAKAN PRASEODIMIUM(III)-ETILEN DIAMIN
TETRA ASETAT/ZEOLIT KLINOPTILOLIT AKTIF**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana

VINO HASYIM

0806368206

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
DEPOK
Januari 2011**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan benar.**

Nama : Vino Hasyim

NPM : 0806368206

Tanda Tangan :

Tanggal : 7 Januari 2011

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Vino Hasyim
NPM : 0806368206
Program Studi : Teknik Kimia
Judul Skripsi : Peningkatan Bilangan Oktana Pada
Gasoline Menggunakan Praseodimium(III)-
Etilenadiamintetraasetat/Zeolit Klinoptilolit Aktif

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

DEWAN PENGUJI

Pembimbing I	: Ir. Dewi Tristantini, MT., PhD.	()
Pembimbing II	: Dr. Eny Kusriani	()
Penguji 1	: Prof.Dr.Ir.M.Nasikin,M.Eng	()
Penguji 2	: Dr.Ir. Sukirno,M.Eng	()
Penguji 3	: Hestuti Eni, ST	()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 7 Januari 2011

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelas Sarjana Teknik Jurusan Teknik Kimia Pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan laporan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan laporan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada :

- (1) Orang tua dan keluarga besar saya yang telah memberikan bantuan dukungan materil dan moral.
- (2) Ibu Ir. Dewi Tristantini, MT., PhD dan Ibu Dr. Eny Kusriani selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan laporan skripsi ini.
- (3) Prof. Dr. Ir. Widodo Wahyu Purwanto, DEA selaku ketua Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- (4) Bapak Dr.Ir. Sukirno, M.Eng sebagai pembimbing akademis penulis.
- (5) Pihak Departemen Teknik Kimia dan Departemen Kimia yang telah banyak membantu dalam usaha memperoleh data yang diperlukan.
- (6) Sahabat yang telah banyak membantu dan semangat kepada saya dalam menyelesaikan skripsi ini.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga laporan skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 7 Januari 2011

Penulis

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

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

Nama : Vino Hasyim
NPM : 0806368206
Program Studi : Teknik Kimia
Departemen : Teknik Kimia
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

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 :

**PENINGKATAN BILANGAN OKTANA PADA GASOLINE
MENGUNAKAN PRASEODIMIUM(III)-ETILEN DIAMIN TETRA
ASETAT/ZEOLIT KLINOPTILOLIT AKTIF**

Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan 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 : 7 Januari 2011

Yang menyatakan

(Vino Hasyim)

ABSTRAK

Nama : Vino Hasyim
Program Studi : Teknik Kimia
Judul :

PENINGKATAN BILANGAN OKTANA PADA *GASOLINE* MENGUNAKAN PRASEODIMIUM(III)-ETILEN DIAMIN TETRA ASETAT/ZEOLIT KLINOPTILOLIT AKTIF

Dalam penelitian ini telah dilakukan fabrikasi nanopartikel kompleks praseodimium(III)-EDTA (etilenadiaminatetraasetat) dengan metode represipitasi dan penguapan. Kristal besar dan nanopartikel kompleks Pr(III)-EDTA sebanyak 2% (b/b) digunakan sebagai komponen minor aktif pada preparasi katalis Pr(III)-EDTA/Zeolit dengan metode impregnasi pada suhu 60°C. Zeolit yang digunakan adalah zeolit alam aktif klinoptilolit. Pr(III)-EDTA/Zeolit digunakan sebagai katalis untuk meningkatkan bilangan oktana pada *gasoline*. Nanopartikel Pr(III)-EDTA hasil fabrikasi dikarakterisasi dengan *Transmission Electron Microscopic* (TEM).

Data TEM menunjukkan nanopartikel yang diperoleh memiliki diameter antara 5,8 hingga 28,6 nm dan panjang 149,8 nm. Luas permukaan pada zeolit sebelum dimodifikasi adalah 30,9 m²/g. Setelah dimodifikasi dengan kristal besar Pr(III)-EDTA terjadi penurunan luas permukaan menjadi 24,1 m²/g sedangkan pada penambahan nanopartikel Pr(III)-EDTA menjadi 9,9 m²/g. Hal ini menunjukkan sebagian besar pori-pori zeolit banyak terisi oleh nanopartikel Pr(III)-EDTA dibanding dengan kristal besar Pr(III)-EDTA.

Analisis XRF menunjukkan bahwa di dalam katalis dengan komponen aktif kristal besar Pr(III)-EDTA dan komponen aktif nanopartikel Pr(III)-EDTA terdapat Pr(III) masing-masing sebanyak 0,4175 % dan 0,5236 %. Hasil ini membuktikan bahwa komponen aktif nano partikel lebih banyak masuk kedalam pori-pori zeolit klinoptilolit.

Pengukuran bilangan oktana dengan *octane meter* SHATOX SX-200 menunjukkan peningkatan bilangan oktana pada *gasoline* untuk katalis kristal besar Pr(III)-EDTA/Zeolit dan katalis nanopartikel Pr(III)-EDTA/Zeolit masing-masing dari 88, 2 menjadi 89,2 dan 89,6 atau terjadi kenaikan 1 dan 1,4. Sedangkan penambahan katalis zeolit tanpa modifikasi meningkatkan bilangan oktana dari 88, 2 menjadi 88,8 terjadi kenaikan 0,6.

Peningkatan bilangan oktana ini disebabkan adanya kenaikan % peak area isooktana dan penurunan % peak area n-oktana di dalam *gasoline* yang ditunjukkan melalui analisis menggunakan GC-MS. Kemungkinan besar hal inilah yang meningkatnya bilangan oktana pada *gasoline*. Dari penelitian ini bisa disimpulkan bahwa katalis Pr(III)-EDTA dapat digunakan untuk meningkatkan bilangan oktana *gasoline* dengan keaktifan berturut-turut adalah katalis nanopartikel Pr(III)-EDTA/Zeolit, katalis kristal besar Pr(III)-EDTA/zeolit dan katalis zeolit.

Kata Kunci : bilangan oktana *gasoline*; katalis zeolit; praseodimium(III)-etilen diamin tetra asetat

ABSTRACT

Name : Vino Hasyim
Study Program : Chemical Engineering
Title :

INCREASING THE OCTANE NUMBER OF GASOLINE USING PRASEODYMIUM(III)-ETHYLENE DIAMINE TETRA ACETATE /ACTIVATED CLINOPTILOLITE ZEOLITE

In this research Pr(III)-EDTA (ethylene diamine tetra acetate) complex has been fabricated using reprecipitation and vaporization method. Bulk crystal Pr(III)-EDTA complex and nanoparticle 2 % (wt/wt) used as the active minor component for Pr(III)-EDTA/Zeolite catalyst preparation through impregnation method at 60°C. Zeolite that used in this research is the natural active clinoptilolite zeolite. Pr(III)-EDTA/Zeolite use as catalyst for increasing the octane number of gasoline. The fabrication nanoparticle Pr(III)-EDTA result, characterized by *Transmission Electron Microscopic* (TEM).

TEM result indicate that the obtained nanoparticle have 5.8-28.6 nm in diameter and 149.8 in length. Initial surface area of zeolite is 30.9 m²/g and after modification with bulk crystal Pr(III)-EDTA the surface area is decreasing to 24.1 m²/g addition meanwhile with nanoparticle Pr(III)-EDTA has decrease the surface area to 9.9 m²/g, where this indicate that most of zeolite pores filled more by nanoparticle Pr(III)-EDTA than bulk crystal Pr(III)-EDTA.

XRF analysis shows that in catalyst with the active component nanoparticle Pr(III)-EDTA and bulk crystal Pr(III)-EDTA contain Pr(III) 0.4175% and 0.5236 % respectively. The result proved that clinoptilolite zeolite pores has filled more by nanoparticle active component.

The octane number measurement using octane meter SHATOX SX-200 give result the gasoline octane number increasing for bulk crystal Pr(III)-EDTA/zeolite catalyst and nanoparticle Pr(III)-EDTA/zeolite catalyst from 88.2 to 89.2 and 89.6 respectively or in the word it rise as much as 1 and 1.4. in another hand zeolite catalyst addition without modification increase octane number from 88.2 to 88.8 and rise as much as 0.6.

This octane number increasing cause of the raising percentage of iso-octane peak area and the reduction percentage of n-octane peak area in gasoline analyzed by GC-MS. It is likely being the causation of octane number increasing in gasoline. In conclusion, Pr(III)-EDTA catalyst can be used to increase octane number in gasoline with the activity in series nanoparticle Pr(III)-EDTA/zeolite catalyst, bulk crystal Pr(III)-EDTA/zeolite catalyst and zeolite catalyst.

Keywords : octane number gasoline; zeolite catalyst; praseodymium(III)-ethylene diamine tetra acetate

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	v
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
BAB 1 : PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Sistematika Penelitian.....	4
BAB 2 : TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Praseodimium.....	5
2.1.1 Kompleks Praseodimium(III)-EDTA.....	6
2.1.2 <i>Ethylene Diamine Tetra Acetic Acid</i> (EDTA).....	7
2.2 Nanopartikel.....	7
2.3 Fabrikasi Nanopartikel Lantanida Kompleks.....	7
2.4 Zeolit.....	8
2.4.1 Struktur Kerangka Zeolit.....	8
2.4.2 Jenis-jenis Zeolit.....	10
2.4.3 Sifat Zeolit.....	12
2.4.4 Zeolit Klinoptilolit.....	12
2.4.5 Pemanfaatan Zeolit.....	13
2.5 Katalis.....	13
2.5.1 Sifat-sifat Katalis.....	14
2.5.2 Penggolongan Katalis.....	14
2.6 Impregnasi Logam ke dalam Zeolit Sebagai Katalis.....	15
2.7 Karakterisasi Zeolit Sebelum dan Sesudah Impregnasi.....	16
2.8 <i>Gasoline</i> (Bensin).....	17
2.9 Bilangan Oktana (<i>Octane Number</i>).....	19
BAB 3 : METODOLOGI PENELITIAN.....	21
3.1 Tahapan Penelitian.....	21
3.2 Alat dan Bahan.....	23
3.3 Prosedur Penelitian.....	24

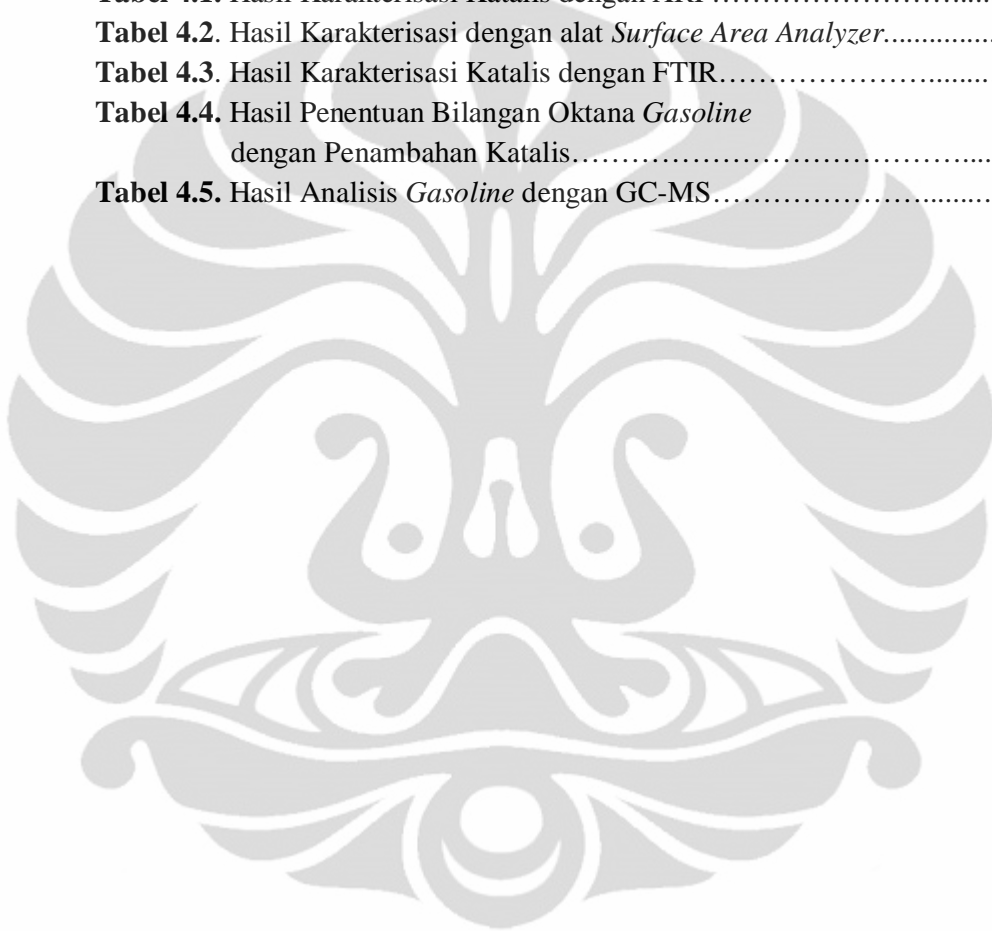
3.3.1 Fabrikasi Nanopartikel Kompleks Praseodimium(III)-EDTA.....	24
3.3.2 Aktivasi Zeolit Alam Klinoptilolit.....	26
3.3.3 Impregnasi Kristal Besar Kompleks Praseodimium(III)-EDTA ke dalam Zeolit	26
3.3.4 Impregnasi Nanopartikel Kompleks Praseodimium(III)-EDTA ke dalam Zeolit	28
3.3.5 Impregnasi Oksida Praseodimium (Pr_6O_{11}) ke dalam zeolit.....	30
3.3.6 Uji Aktivitas Peningkatan Bilangan Oktana Pada <i>Gasoline</i>	32
3.4 Rancangan Percobaan dan Pengambilan Data	33
BAB 4 : HASIL DAN PEMBAHASAN.....	34
4.1 Aktivasi Zeolit Alam.....	34
4.2 Karakterisasi Nanopartikel Pr(III)-EDTA dengan TEM.....	35
4.3 Karakterisasi Katalis	
4.3.1 Karakterisasi Katalis dengan XRF.....	36
4.3.2 Karakterisasi Katalis dengan <i>Surface Area analyzer</i> (BET).....	38
4.3.3 Karakterisasi Katalis dengan XRD.....	39
4.3.4 Karakterisasi Katalis dengan FTIR.....	41
4.4 Uji Aktivitas Peningkatan Bilangan Oktana Pada <i>Gasoline</i>	42
4.5 Analisis <i>Gasoline</i> Setelah Penambahan Katalis	
4.5.1 Analisis <i>Gasoline</i> dengan FTIR.....	44
4.5.2 Analisis <i>Gasoline</i> dengan GC-MS.....	45
BAB 5 : KESIMPULAN.....	48
DAFTAR REFERENSI	50
LAMPIRAN.....	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Struktur Molekul EDTA	7
Gambar 2.2. Unit Pembangun Primer Zeolit	9
Gambar 2.3. Unit-unit Pembangun Sekunder Zeolit	9
Gambar 2.4. Struktur Zeolit Klinoptilolit.....	13
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian	22
Gambar 3.2. Diagram Fabrikasi Nanopartikel Kompleks Pr(III)-EDTA.....	25
Gambar 3.3. Diagram Alir Cara Impregnasi Kristal Besar Kompleks Pr(III)-EDTA dan Karakterisasinya.....	27
Gambar 3.4. Diagram Alir Cara Impregnasi Nanopartikel Kompleks.....	29
Gambar 3.5. Diagram Alir Cara Impregnasi Oksida Praseodimium dan Karakterisasinya.....	31
Gambar 3.6. <i>Portable Octane Meter</i> SHATOX SX-200.....	32
Gambar 4.1. Foto TEM Diameter Nanopartikel Pr(III)-EDTA.....	35
Gambar 4.2. Foto TEM Panjang Nanopartikel Pr(III)-EDTA.....	36
Gambar 4.3. Ilustrasi Impregnasi Pr(III)-EDTA pada rongga zeolit klinoptilolit.....	38
Gambar 4.4. Spektrum FTIR Katalis Zeolit, Katalis Kristal Besar Pr(III)-EDTA, Katalis Nanopartikel Pr(III)-EDTA.....	40
Gambar 4.5. Difraktogram XRD Katalis Zeolit, Katalis Kristal Besar.....	42
Gambar 4.6. Spektrum FTIR <i>Gasoline</i> Sebelum Penambahan Katalis dan Sesudah Penambahan Katalis Kristal Besar.....	45
Gambar 4.7. Reaksi Konversi n-Oktana Menjadi Isooktana.....	46

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Aplikasi Logam Lantanida.....	6
Tabel 2.2. Klasifikasi Zeolit.....	20
Tabel 2.3. Spesifikasi <i>Gasoline</i> dengan Bilangan Oktana 88.....	20
Tabel 4.1. Hasil Karakterisasi Katalis dengan XRF.....	37
Tabel 4.2. Hasil Karakterisasi dengan alat <i>Surface Area Analyzer</i>	38
Tabel 4.3. Hasil Karakterisasi Katalis dengan FTIR.....	40
Tabel 4.4. Hasil Penentuan Bilangan Oktana <i>Gasoline</i> dengan Penambahan Katalis.....	43
Tabel 4.5. Hasil Analisis <i>Gasoline</i> dengan GC-MS.....	47



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Perhitungan.....	53
Lampiran 2. Hasil Karakterisasi Katalis Zeolit dengan Surface Area Analyzer (BET).....	54
Lampiran 3. Hasil Karakterisasi Katalis Kristal Besar Pr(III)-EDTA/Zeolit dengan Surface Area Analyzer (BET).....	55
Lampiran 4. Hasil Karakterisasi Katalis Nanopartikel Pr(III)-EDTA/Zeolit dengan Surface Area Analyzer (BET).....	56
Lampiran 5. Spektrum FT-IR Katalis Zeolit.....	57
Lampiran 6. Spektrum FT-IR Katalis Kristal Besar Pr(III)-EDTA/Zeolit.....	58
Lampiran 7. Spektrum FT-IR Katalis Nanopartikel Pr(III)-EDTA/Zeolit.....	59
Lampiran 8. Difraktogram XRD Katalis Zeolit.....	60
Lampiran 9. Difraktogram XRD Katalis Kristal Besar Pr(III)-EDTA/Zeolit.....	61
Lampiran 10. Difraktogram XRD Katalis Nanopartikel Pr(III)-EDTA/Zeolit.....	62
Lampiran 11. Spektrum FT-IR Gasoline Sebelum dan Sesudah Penambahan Katalis.....	63
Lampiran 12. Kromatogram GC-MS <i>Gasoline</i>	64
Lampiran 13. Kromatogram GC-MS <i>Gasoline</i> + Katalis Zeolit.....	67
Lampiran 14. Kromatogram GC-MS <i>Gasoline</i> + Katalis Kristal Besar Pr(III)-EDTA/Zeolit.....	70
Lampiran 15. Kromatogram GC-MS <i>Gasoline</i> + Katalis Nanopartikel Pr(III)-EDTA/Zeolit.....	73

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Penelitian dan pengembangan katalis sangat menarik untuk dilakukan mengingat semakin besarnya permintaan. Salah satu cara tersebut adalah dengan memilih komponen dan komposisi katalis yang tepat. Fungsi katalis sangat dipengaruhi oleh morfologi, komposisi, distribusi ukuran pori, volume pori, struktur, dan luas permukaannya.

Lantanida (elemen tanah jarang/*earth rare*) dalam bentuk oksida dan kompleksnya telah digunakan sebagai katalis sejak beberapa tahun yang lalu, misalnya untuk reaksi oksidasi dan atau pembakaran, isomerisasi, dehidrogenasi, dehidrasi, reaksi sintetik gas (CO-H₂), pengontrol sulfur oksida, metanasi karbon oksida, reaksi Diels-Alder dan polimerisasi olefin. [Kilbourn, 1986].

Praseodimium (Pr-III) termasuk dalam kelompok logam lantanida. Sifat yang menarik dari kompleks lantanida dapat dipelajari jika kita bisa membuat kompleks Ln(III) ke dalam bentuk nanopartikel dari kompleks lantanida yang mempunyai efisiensi lebih tinggi daripada dalam bentuk kristal besar (*bulk crystal*) seperti yang telah dilaporkan Kusriani dan Saleh [Kusriani *et al.*, 2009 ; Saleh *et al.*, 2005].

Pada penelitian ini akan dibuat katalis berbasis kompleks praseodimium dengan cara mengimpregnasikan kristal besar (*bulk crystal*) kompleks Pr(III)-EDTA dan nanopartikel kompleks Pr(III)-EDTA masing-masing ke dalam zeolit dan selanjutnya katalis tersebut dikarakterisasi untuk mengetahui sifat-sifatnya. Fabrikasi kompleks lantanida dalam bentuk Gd(III) dengan ligan EDTA dengan metode hidrotermal sudah dilaporkan sebelumnya [Kusriani *et al.*, 2010].

Gasoline yang dijual dipasaran merupakan campuran sejumlah produk yang dihasilkan dari berbagai proses. Melalui proses pencampuran (*blending*) tersebut maka sifat dari bahan bakar dapat diatur untuk memberikan karakteristik operasi seperti yang diinginkan. Salah satu sifat yang harus dipunyai dari *gasoline* adalah bilangan oktana (*Octane number*) dari bahan bakar tersebut.

Bilangan oktana *gasoline* dapat ditingkatkan dengan menambahkan TEL (*Tetra Ethyl Lead*) namun setelah beberapa waktu dipakai, para peneliti menemukan kelemahan TEL yaitu dapat menimbulkan emisi bahan bakar yang membahayakan kesehatan manusia. Banyak penelitian dilakukan untuk menemukan bahan yang dapat menaikkan bilangan oktana pada *gasoline* sebagai pengganti TEL [Khaeruddin *et al.*, 2007].

Setelah itu dikembangkan beberapa penelitian tentang bahan yang dapat meningkatkan bilangan oktana serta dapat memenuhi standar emisi. Bahan yang ditemukan adalah metanol dan etanol. Metanol dapat memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan etanol dalam hal bilangan oktana namun metanol tidak dapat dipakai karena sifatnya yang korosif sehingga berbahaya bagi mesin. Etanol adalah bahan yang ramah lingkungan karena tidak mengeluarkan emisi gas racun. Pembuatan etanol, atau yang lebih sering disebut alkohol dalam perdagangan, sebagai bahan yang ditambahkan untuk meningkatkan bilangan oktana pada bahan bakar tidak jarang disalahgunakan menjadi minuman. Penyebabnya, harga jual etanol sebagai minuman lebih tinggi dibandingkan harga jual etanol sebagai bahan tambahan untuk meningkatkan bilangan oktana pada *gasoline*.

Nanomaterial dapat bertindak sebagai katalis laju pembakaran karena ketika ditambahkan kedalam bahan bakar cair dapat mempercepat pembakaran. Sebagai contoh nanopartikel dari lantanida CeO_2 yang telah diuji ditambahkan pada bahan bakar untuk meningkatkan laju pembakaran [Guzman *et al.*, 2006].

Oleh karena itu, pada penelitian awal ini akan dibuat bahan yang dapat meningkatkan bilangan oktana pada *gasoline* yaitu dengan membuat katalis kristal besar dan nanopartikel Praseodimium(III)-EDTA yang diimpregnasikan ke dalam zeolit klinoptilolit yang kemudian ditambahkan ke dalam *gasoline* untuk meningkatkan bilangan oktana *gasoline*.

1.2. Rumusan Masalah

Pembentukan nanopartikel Praseodimium(III)-EDTA dan impregnasi nanopartikel dan kristal besar Praseodimium(III)-EDTA yang selanjutnya perbandingan hasil karakterisasi antara katalis kristal besar Praseodimium(III)-EDTA/zeolit dengan nanopartikel kompleks Praseodimium(III)-EDTA/zeolit serta uji aktivitasnya dalam meningkatkan bilangan oktana pada *gasoline*.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menghasilkan nanopartikel kompleks Pr(III)-EDTA dengan metode repesipitasi dan penguapan.
2. Memperoleh katalis kompleks praseodimium dalam bentuk kristal besar (*bulk crystal*) Pr(III)-EDTA dan katalis nanopartikel Pr(III)-EDTA ke dalam zeolit dengan metode impregnasi.
3. Mengetahui hasil karakterisasi dari katalis kompleks praseodimium dalam bentuk kristal besar (*bulk crystal*) Pr(III)-EDTA dan katalis nanopartikel Pr(III)-EDTA ke dalam zeolit.
4. Mengetahui hasil uji aktivitas kedua katalis diatas untuk meningkatkan bilangan oktana (*Octane Number*) pada *gasoline*.

1.4. Batasan Masalah

Ruang lingkup permasalahan dalam penelitian ini adalah :

1. Menfabrikasi nanopartikel kompleks Pr(III)-EDTA.
2. Karakterisasi nanopartikel kompleks Pr(III)-EDTA dianalisis dengan *Transmission Electron Microscopic* (TEM).
3. Impregnasi kristal besar Pr(III)-EDTA dan nanopartikel Pr(III)-EDTA ke dalam zeolit klinoptilolit.
4. Karakterisasi katalis kristal besar (*bulk crsytal*) kompleks Pr(III)-EDTA dan nanopartikel Pr(III)-EDTA yang telah diimpregnasikan ke dalam zeolit akan dianalisis dengan *Surface Area Analyzer* (BET) untuk mengetahui luas

permukaan, volume pori dan ukuran pori katalis, *X-Ray Fluoresen* (XRF) untuk mengetahui komposisi unsur katalis, *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk mengetahui struktur katalis, dan *Fourier Transform Infrared* (FTIR) untuk mengetahui gugus ikatan dari katalis.

5. Karakterisasi *gasoline* setelah penambahan katalis dengan *Fourier Transform Infrared* (FTIR) dan *Gas Chromatography-Mass Spectrometry* (GC-MS).

1.5. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan terdiri atas :

BAB 1 PENDAHULUAN

berisi pendahuluan yang terdiri atas latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah dan sistematika tulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

berisi tentang informasi dan teori-teori yang mendukung penelitian.

BAB 3 METODOLOGI

berisi tentang diagram alir penelitian, peralatan, bahan dan prosedur yang digunakan dalam penelitian.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

berisi tentang hasil penelitian dan analisis terhadap hasil penelitian tersebut.

BAB 5 KESIMPULAN

berisi tentang kesimpulan penelitian.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Praseodimium

Praseodimium Pr(III) termasuk dalam kelompok logam lantanida dengan nomor atom 59. Lantanida adalah kelompok unsur kimia yang terdiri atas 15 unsur, mulai lantanum (La) sampai lutetium (Lu) pada tabel periodik, dengan nomor atom 57 sampai 71. Dalam bahasa Yunani, lantanida mempunyai arti “saya bersembunyi” karena unsur-unsur yang termasuk lantanida ditemukan tidak berada sendiri melainkan melekat atau bersembunyi pada unsur lain. Misalnya Cerium (Ce) terdapat di kerak bumi dan Neodium (Nd) terdapat pada bongkahan emas.

Secara kimiawi, jari-jari atom unsur-unsur lantanida dari no 57 sampai dengan 71 mengalami penurunan, artinya semakin besar nomor atom maka semakin pendek jari-jari atom. Fenomena penurunan jari-jari atom ini sebetulnya terjadi pada semua unsur-unsur kimia dalam satu deret Periodik. Namun demikian, untuk golongan lantanida hal ini menjadi penting dan dinamakan *kontraksi lantanida*. Kontraksi lantanida ini bertanggung jawab terhadap sifat kekerasan, kerapatan dan titik lebur unsur-unsur lantanida. Artinya penurunan jari-jari atom menyebabkan atom menjadi lebih rapat, padat dan meningkat titik leburnya. Berdasarkan sifat-sifat lantanida tersebut maka lantanida dapat dimanfaatkan dalam beberapa aplikasi, seperti pada tabel 2.1 dibawah ini.

Tabel 2.1. Aplikasi Logam Lantanida

Unsur Lantanida	Aplikasi	Pertumbuhan Pemakaian (%)
Ce, La, Nd	Auto Katalis	45
La, Ce, Pr, Nd	Katalis Perengkahan	25
Nd, Pr, Dy, Tb, Sm	Magnet	12
Ce, La, Pr	Serbuk Pengkilap	7
Ce, La, Nd, Er, Gd, Yb	Metalurgi	7
Eu, Y, Tb, La, Dy, Ce, Pr, Gd	Posfor	3
Er, Ho	Lain-lain	1

[Aspinall, 2001]

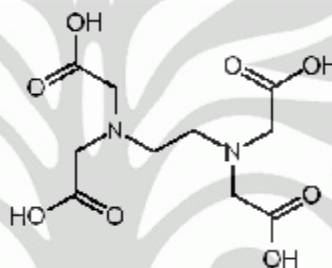
2.1.1. Kompleks Praseodimium(III)-EDTA

Ion kompleks pada umumnya terbentuk dari kation logam yang terikat langsung pada beberapa anion atau molekul netral. Ion logam disebut ion pusat, sedangkan anion atau molekul netral yang terikat dengan ion pusat disebut ligan. Dengan kata lain ion kompleks terdiri atas ion pusat dan dikelilingi oleh ligan [Rocky, 2007].

Pada kompleks praseodimium(III)-EDTA, $[\text{NaPr}(\text{EDTA})(\text{H}_2\text{O})_5]_n \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, ligan EDTA bertindak sebagai ligan heksadentat terhadap ion Pr(III) dan bidentat terhadap ion Na(I). Jumlah koordinasi Pr(III) ada sembilan dan koordinasinya dilengkapi dengan tiga molekul air, empat atom oksigen karboksilat, dan dua nitrogen amina dari satu ligan EDTA. Ligan EDTA (*Ethylene Diamine Tetra Acetate*) memiliki kemampuan untuk berkoordinasi dengan ion Ln(III) dalam bentuk heksadentat atau tetradentat. EDTA $[\text{CH}_2\text{N}(\text{CH}_2\text{COOH})_2]_2$ memiliki sepuluh atom yang berpotensi sebagai donor atom (delapan atom oksigen dan dua atom hidrogen) [Christopoulos, 1992]. Sintesis kompleks lantanida dalam bentuk Gd(III) dengan ligan EDTA $[\text{NaGd}(\text{EDTA})(\text{H}_2\text{O})_5]_n \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ dengan metode hidrotermal sudah dilaporkan sebelumnya [Kusrini *et al.*, 2010].

2.1.2. Ethylene Diamine Tetra Acetic Acid (EDTA)

EDTA merupakan asam poliprotik yang terdiri atas empat gugus asam karboksilat dan dua gugus amina dengan pasangan elektron bebas. Rumus molekul senyawa ini adalah $[\text{CH}_2\text{N}(\text{CH}_2\text{COOH})_2]_2$ [Roccky, 2007]. EDTA memiliki kemampuan untuk membentuk kompleks dengan ion logam. EDTA yang terdeprotonasi dapat mengikat ion logam. Berikut ini adalah gambar struktur molekul EDTA.



Gambar 2.1. Struktur molekul EDTA

Sumber : http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Edta_structure

2.2. Nanopartikel

Nanopartikel adalah sebuah partikel mikroskopis berukuran nanometer (ukuran 1 – 100 nm). Nanopartikel menarik perhatian dibidang ilmiah, karena peranannya sebagai jembatan antara material “*bulk*” dan struktur atomik (molekular).

2.3. Fabrikasi Nanopartikel Kompleks

Ada beberapa laporan tentang metode fabrikasi untuk membuat nanopartikel dan mikrokristal pada senyawa organik dan anorganik, termasuk repesipitasi (pengendapan kembali) yang didasarkan pada besarnya kecilnya kelarutan senyawa organik dalam pelarut yang berbeda [Oikawa *et al.*, 2000]. Namun demikian, metode fabrikasi untuk mempersiapkan nanopartikel dan mikrokristal dari kompleks logam berat kurang dipelajari, sehingga untuk itu diperlukan upaya-upaya ekstra. Permasalahan ini menjadi penting, karena kita

telah menemukan fabrikasi kompleks lantanida dengan satu reaksi pada tahun-tahun terakhir ini [Kusrini *et al.*, 2009 ; Saleh *et al.*, 2005]. Penemuan nanosains (*nano science*) dan nanoteknologi membuka pandangan baru untuk aplikasi nanopartikel atau mikrokristal dalam berbagai bidang.

2.4. Zeolit

Zeolit pertama kali ditemukan oleh Frieherr Axel Cronstedt, seorang ahli mineralogi dari Swedia tahun 1756. Istilah zeolit berasal dari bahasa Yunani “zein” yang berarti membuih dan “lithos” yang berarti batu. Nama ini sesuai dengan sifat zeolit yang membuih jika dipanaskan [Windsor, 1998].

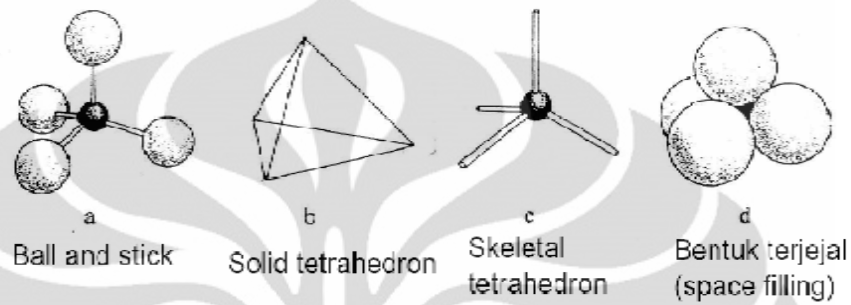
2.4.1. Struktur Kerangka Zeolit

Zeolit memiliki struktur alumina silikat yang memiliki rongga. Kerangka dari struktur zeolit terdiri atas unit-unit tetrahedral SiO_4 dan AlO_4 yang dihubungkan dengan penggunaan bersama atom oksigen dan atom oksigen ini berfungsi sebagai jembatan kedua tetrahedral SiO_4 dan AlO_4 . Muatan elektron antara SiO_4 dan AlO_4 berbeda satu muatan. Di dalam struktur zeolit, atom Si bervalensi empat, sedangkan atom Al bervalensi tiga atau muatan elektron SiO_4 berbeda satu muatan dengan muatan AlO_4 , sehingga untuk menyeimbangkan muatan tersebut masuklah kation-kation logam alkali tanah di dalam rongga-rongganya, seperti Na^+ , K^+ , Ca^+ , dan Ba^+ . Kation ini dapat bergerak bebas karena terikat kurang kuat di dalam pusat rongga dan tidak terikat pada posisi yang tetap, serta dapat ditukar dengan kation lain bermuatan sama.

Inti dari struktur zeolit adalah kerangka alumina silikat. Selain itu kerangka ini juga yang menentukan tipe struktur zeolit serta merupakan bagian yang paling stabil. Kerangka alumina silikat pada zeolit tersusun atas 3 unit pembangun, yaitu :

1. Unit pembangun primer

Unit ini merupakan tetrahedral dengan rumus SiO_4 dan AlO_4 , dengan atom Si/Al terletak pada pusat tetrahedral dan atom O pada ke empat sudut tetrahedralnya. Berikut ini adalah gambar unit-unit pembangun primer zeolit.



Gambar 2.2. Unit pembangun primer zeolit

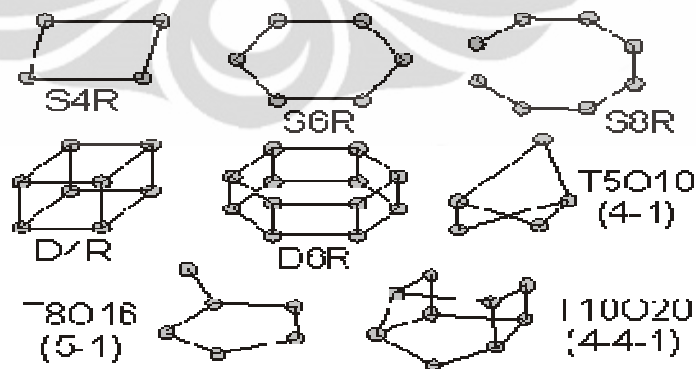
Sumber : <http://www.batan.go.id/ptlr/artikel/zeolit.html>

2. Unit pembangun sekunder

Unit ini merupakan struktur yang terbentuk bila unit pembangun primer tadi saling berhubungan. Ada dua jenis pembangun sekunder yaitu :

- Single ring, yaitu S4R, S6R, S8R, S10R, S12R
- Double ring, yaitu D4R, D6R, D8R
- Complex ring, yaitu 4-1, 5-1, 4-4-1

Berikut ini adalah gambar unit-unit pembangun sekunder zeolit.



Gambar 2.3. Unit-unit pembangun sekunder zeolit

(Sumber : <http://www.batan.go.id/ptlr/artikel/zeolit.html>)

3. Unit-unit polihedral simetris

Unit-unit pembangun sekunder saling berhubungan membentuk suatu polihedral yang merupakan struktur kristal zeolit. Di dalam struktur zeolit, beberapa Si^{4+} diganti dengan Al^{3+} sehingga keseluruhan bernilai negatif; untuk menetralkannya diperlukan kation alkali/alkali tanah yang terikat secara tidak kuat di dalam pusat rongga. Kation-kation tersebut tidak terikat pada posisi yang tetap melainkan dapat bergerak bebas dalam rongga zeolit sehingga kation tersebut dapat digantikan oleh kation lain tanpa merusak struktur zeolit. Karena molekul air juga dapat bergerak bebas dalam rongga, maka zeolit dapat menyerap air secara reversibel.

2.4.2. Jenis-jenis Zeolit

Berdasarkan proses pembentukannya zeolit diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu:

a. Zeolit Alam

Zeolit alam merupakan zeolit yang terbentuk karena proses alam, biasanya ditemukan dalam sedimen sebagai hasil alterasi debu-debu vulkanik yang mengandung Si. Dalam proses sedimentasi tersebut mineral-mineral lain, seperti felspar dan kuarsa juga ikut tercampur, sehingga membentuk kompleks zeolit yang tidak teratur dan tidak seragam. Karena ketidak teraturan inilah sampai awal tahun 1940 usaha untuk membuat zeolit dilakukan oleh ahli mineral yang tertarik dengan kestabilan zeolit dengan mineral lainnya. Union Carbide mengawali sintesis zeolit sebagai *molecular sieve*, dengan riset dalam bidang adsorpsi untuk pemurnian, pemisahan dan digunakan katalis [Krisnandi *et al.*, 2006].

Saat ini lebih dari 40 jenis zeolit alam telah ditemukan. Dari jumlah tersebut hanya 20 jenis yang terdapat dalam batuan sedimen, terutama sedimen piroklastik. Beberapa nama spesies tersebut diantaranya terdapat dalam Tabel 2.2 berikut.

Tabel 2.2. Klasifikasi zeolit

Zeolit	Rumus kimia
Grup Analsim	
Analsim	$\text{Na}_{16}[\text{Al}_{16}\text{Si}_{31}\text{O}_{96}]6\text{H}_2\text{O}$
Wairakit	$\text{Ca}_8[\text{Al}_{16}\text{Si}_{31}\text{O}_{96}] 6\text{H}_2\text{O}$
Grup Natrolit	
Natrolit	$\text{Na}_{16}[\text{Al}_{16}\text{Si}_{24}\text{O}_{80}]6 \text{H}_2\text{O}$
Thomsonit	$\text{Na}_{16}\text{Ca}_8[\text{Al}_{20}\text{Si}_{20}\text{O}_{80}]24 \text{H}_2\text{O}$
Grup Heulandit	
Heulandit	$\text{Ca}_4[\text{Al}_8\text{Si}_{28}\text{O}_{72}] 24\text{H}_2\text{O}$
Klinoptilolit	$\text{Na}_6[\text{Al}_6\text{Si}_{30}\text{O}_{72}]24 \text{H}_2\text{O}$
Grup Filipsit	
Filipsit	$\text{K}_2\text{Ca}_{1.5}[\text{Al}_{16}\text{Si}_{10}\text{O}_{32}]12\text{H}_2\text{O}$
Zeolit Na-P-1	$\text{Na}_8[\text{Al}_{31}\text{SiO}_{16}] 16\text{H}_2\text{O}$
Grup Mordernit	
Mordernit	$\text{Na}_8[\text{Al}_8\text{Si}_{40}\text{O}_{96}]24 \text{H}_2\text{O}$
Ferrierit	$\text{NaCa}_{0.5}\text{Mg}_2[\text{Al}_6\text{Si}_{30}\text{O}_{72}]24 \text{H}_2\text{O}$
Grup Kabazit	
Kabazit	$\text{Ca}_2[\text{Al}_4\text{Si}_8\text{O}_{24}] 13\text{H}_2\text{O}$
Zeolit L	$\text{K}_6\text{Na}_3[\text{Al}_9\text{Si}_{27}\text{O}_{72}] 21\text{H}_2\text{O}$
Grup Faujasit	
Faujasit	$\text{Na}_{12}\text{Ca}_{12}\text{Mg}_{11}[\text{Al}_{58}\text{Si}_{134}\text{O}_{384}]235\text{H}_2\text{O}$
Zeolit A	$\text{Na}_{12}[\text{Al}_{12}\text{Si}_{12}\text{O}_{48}] 27 \text{H}_2\text{O}$
Grup Laumontit	
Laumontit	$\text{Ca}_4[\text{Al}_8\text{Si}_{16}\text{O}_{46}] 16\text{H}_2\text{O}$
Grup Pentasil	
ZSM-5	$\text{Na}_n[\text{Al}_n\text{Si}_{96}\text{O}_{192}] 16 \text{H}_2\text{O}$

Sumber : <http://www.batan.go.id/ptlr/artikel/zeolit.html>

b. Zeolit Sintetik

Zeolit sintetik dapat dibuat pada kondisi hidrotermal. Sistem hidrotermal merupakan sistem tertutup dengan memakai air sebagai pelarut, sehingga menghasilkan tekanan uap air pada sistem tersebut. Zeolit merupakan mineral alumina silikat terhidrat yang dapat mengikat molekul air secara reversibel.

Kerangka dasar struktur zeolit dibentuk oleh satuan-satuan tetrahedral SiO_4^{4-} dan AlO_4^{5-} berstruktur tiga dimensi membentuk rongga dan saluran-saluran berdimensi molekular yang saling berhubungan satu sama lain melalui penggunaan bersama atom oksigen ujung [Krisnandi *et al.*, 2006].

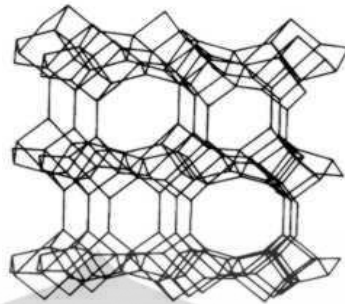
2.4.3. Sifat Zeolit

Struktur dan komposisi zeolit menjadikan zeolit sebagai padatan yang memiliki sifat-sifat yang sangat unik, diantaranya adalah :

- a. Sangat berpori, karena kristal zeolit sebenarnya merupakan kerangka yang terbentuk dari jaringan tetrahedral SiO_4 dan AlO_4 .
- b. Pori-porinya berukuran molekul, karena pori-pori zeolit terbentuk dari tumpukan cincin beranggotakan 6, 8, 10 atau 12 tetrahedral.
- c. Kationnya dapat dipertukarkan, karena perbedaan muatan Si^{4+} dan Al^{3+} menjadikan atom Al dalam kerangka kristal bermuatan negatif dan membutuhkan kation penetral. Kation penetral yang bukan bagian kerangka primer ini dapat diganti dengan kation lainnya.

2.4.4. Zeolit Klinoptilolit

Pada penelitian ini digunakan zeolit alam jenis klinoptilolit yang berasal dari Bayah, Banten dan diperoleh dari CV. Trasindo Utama. Zeolit klinoptilolit merupakan zeolit alam yang terbentuk karena sedimentasi vulkanik pada lingkungan danau dan perairan yang bersifat alkali selama jutaan tahun. Klinoptilolit termasuk jenis zeolit alam yang kaya akan silika dengan perbandingan komposisi Si/Al antara 7 sampai 18. Klinoptilolit mempunyai kerangka struktur unit tetrahedral $[\text{SiO}_4]^{4-}$ dan $[\text{AlO}_4]^{5-}$ dengan rumus molekul $\text{Na}_6[\text{Al}_6\text{Si}_{30}\text{O}_{72}]\cdot 24\text{H}_2\text{O}$. Penggunaan zeolit klinoptilolit sebagai bahan penyangga telah dilaporkan pada impregnasi nanopartikel Au pada zeolit klinoptilolit termodifikasi ligan sebagai absorben ion Pb(III) [Komalasari, 2009].



Clinoptilolite Structure

Gambar 2.4 Struktur Zeolit Klinoptilolit

Sumber : <http://www.batan.go.id/ptlr/artikel/zeolit.html>

2.4.5. Pemanfaatan Zeolit

Zeolit alam sebenarnya telah lama dikenal dan digunakan, namun hanya terbatas sebagai bahan bangunan. Sekitar 30 tahun terakhir, kegunaan zeolit dalam berbagai keperluan baru diketahui setelah kandungan mineralnya dapat di analisis secara rinci dengan menggunakan XRF.

Selain itu zeolit digunakan pula pada sektor pertanian, peternakan, perikanan, industri minyak, dan pengontrolan polusi. Sekitar 10 tahun terakhir kedudukan zeolit telah berubah dari yang hampir tidak memiliki nilai ekonomis menjadi bahan galian yang ekonomis untuk dikembangkan.

Selain itu penggunaan zeolit pada umumnya didasarkan pada sifat kimia dan fisiknya, seperti sebagai penyerap, penukar kation, dan katalis. Pada saat ini penggunaan zeolit adalah sebagai katalis baik di industri perminyakan maupun di industri kimia lainnya.

2.5. Katalis

Katalis adalah suatu zat yang mengakibatkan reaksi menjadi lebih cepat mencapai kesetimbangan. Katalis tidak akan mengubah nilai tetapan kesetimbangan dan tidak mengalami perubahan apapun tetapi katalis berperan dalam menurunkan energi aktivasi. Dengan penurunan energi aktivasi ini maka energi minimum yang dibutuhkan untuk terjadinya tumbukkan berkurang sehingga terjadinya reaksi dipercepat. [Cotton *et al.*, 1989].

2.5.1. Sifat-sifat Katalis

Katalis pada umumnya mempunyai sifat-sifat sebagai berikut [Leach, 1983].

a. Aktifitas

Keaktifan katalis didefinisikan sebagai kemampuan dari katalis untuk dapat mengubah bahan baku menjadi produk yang dikehendaki. Keaktifan katalis didapat dari kombinasi bahan kimia dan bahan mineralogi, sehingga dapat diketahui katalis tersebut aktif dalam melakukan proses katalis yang dibuktikan dengan dihasilkannya produk baru yang dikehendaki.

b. Stabilitas

Stabil dalam arti mempunyai kemampuan menghadapi racun-racun yang mungkin dapat merusak kinerja dan penampakan dari katalis itu sendiri.

c. Selektifitas

Selektifitas didefinisikan sebagai kemampuan katalis dalam menghasilkan produk yang sesuai dengan yang dikehendaki. Hal ini karena satu zat yang berperan dalam salah satu proses dapat juga menjadi penghambat pada proses lainnya, sehingga perlu diteliti setiap material yang akan digunakan sebagai katalis.

d. Umur

Umur katalis mempunyai pengertian rentang waktu bagi katalis untuk bertahan pada level yang mencukupi sesuai kinerja katalis yang diinginkan.

e. Regenerasi

Sifat mudah diregenerasi harus dimiliki oleh katalis sehingga pada saat katalis dioperasikan gangguan yang terjadi dapat diminimumkan.

f. Kekuatan mekanik

Kekuatan mekanik merupakan kondisi yang harus dimiliki katalis sehingga bila proses menghendaki tekanan dan temperatur tinggi, katalis itu dapat digunakan.

2.5.2. Penggolongan Katalis

Katalis dapat digolongkan berdasarkan fasa katalis, reaktan dan produk hasil reaksi, contohnya katalis homogen dan katalis heterogen. Penggolongan katalis berdasarkan fasa katalis adalah :

a. Katalis homogen yaitu,

katalis yang berfasa sama dengan reaktannya. Katalis ini memiliki aktivitas dan selektivitas yang tinggi karena setiap molekul katalis bersifat aktif sebagai katalis yang tidak mudah teracuni oleh adanya sedikit kotoran.

b. Katalis heterogen yaitu,

katalis yang berbeda fasa dengan reaktan dan produk reaksinya. Memiliki pusat aktif yang tidak seragam dan tidak semua bagian permukaannya berfungsi sebagai pusat aktif. Pusat aktif katalis heterogen berada pada permukaan pori-pori padatan.

Berdasarkan tipe reaksi, katalis digolongkan menjadi :

c. Katalis oksidasi-reduksi yaitu,

katalis yang membentuk “senyawa antara” dengan reaktan melalui proses pemutusan ikatan dua elektron reaktan dan penggabungan elektron yang tidak berpasangan di dalam katalis. Contoh katalis logam dan oksida.

d. Katalis asam-basa yaitu,

katalis yang senyawa antaranya terjadi akibat terbentuknya ikatan kovalen antara katalis dan reaktan. Contohnya adalah silika alumina dan zeolit. Katalis ini tidak mempunyai kemampuan memindahkan elektron karena itu tidak aktif secara redoks.

Zeolit termasuk dalam katalis heterogen. Zeolit merupakan katalisator yang baik karena mempunyai luas permukaan dan pori yang besar. Ciri khusus zeolit yaitu adanya ruang kosong yang membentuk saluran di dalam strukturnya. Bila zeolit digunakan sebagai katalis maka akan terjadi difusi molekul ke dalam ruang bebas antar kristal dan reaksi kimia terjadi di dalam permukaan saluran tersebut.

2.6. Impregnasi Logam ke dalam Zeolit

Impregnasi logam pada suatu katalis padat akan menambah sisi aktif katalis tersebut [Atkins, 1994]. Zeolit sebagai bahan penyangga yang kemudian diimpregnasi dengan komponen aktif berupa logam lantanida sudah dilaporkan sebelumnya yaitu impregnasi La dan Ce pada zeolit LZY-84 1/16” serta uji katalis pada perengkahan katalitik gas oil [Ardhyarini, 2003]

2.7. Karakterisasi Zeolit Sebelum dan Sesudah Impregnasi

Karakterisasi zeolit sebelum dan sesudah impregnasi dengan komponen aktif bertujuan untuk mengetahui apakah komponen aktif berupa logam tersebut terimpregnasi dengan baik ke dalam struktur zeolit dan juga untuk mengetahui pengaruhnya terhadap luas permukaan zeolit dengan cara membandingkannya dengan kondisi awal zeolit sebelum diimpregnasi [Ardhyarini, 2003].

Katalis yang telah dibuat perlu diuji apakah struktur katalis tersebut sudah sesuai dengan struktur yang diinginkan atau desain apa tidak. Struktur katalis ini secara ilmiah didesain berdasarkan kinerja yang diharapkan pada saat penggunaan katalis. Jika sudah sesuai maka proses pembuatan katalis disebut berhasil, namun sebaliknya jika tidak sesuai maka katalis tersebut perlu penanganan lebih lanjut atau dirubah teknik atau proses pembuatannya. Pengujian katalis ini biasa disebut karakterisasi. Bagian yang paling penting dalam karakterisasi katalis adalah pemilihan metode karakterisasi katalis yang tepat. Pada dasarnya semua metode karakterisasi katalis adalah bermanfaat. Metode karakterisasi katalis dipilih sedemikian rupa berpedoman pada beberapa hal berikut yang menjadi pertimbangan:

- Sesuai aplikasinya untuk katalis nyata
- Kemudahan akses bahan dan peralatan
- Luas cakupan pengaplikasiannya
- Lebih informatif untuk aspek-aspek katalis

Tentunya pemilihan metode karakterisasi katalis sangat tergantung pada keperluan atau kepentingannya secara ilmiah dan teknis, biaya karakterisasi, dan kemudahan akses peralatan.

Secara garis besar, teknik karakterisasi katalis dapat dibagi menjadi beberapa macam berdasarkan sifat-sifat yang akan diteliti, antara lain:

1. Sifat-sifat partikel, meliputi: luas permukaan (*surface area*), porositas atau distribusi ukuran pori (adsorpsi uap pada suhu rendah, Hg porosimetry, dan *incipient wetness*), densitas, ukuran partikel, sifat-sifat mekanis, dan difusifitas.
2. Sifat-sifat permukaan (*surface*), meliputi: struktur dan morfologi (SEM, TEM, XRD, EXAFS, XPS, FT-IR, Raman, UV-Vis), dispersi (chemisorption), dan keasaman.
3. Sifat-sifat bulk, meliputi: komposisi elemental (XRF, AAS), sifat-sifat senyawa atau struktur fasa (XRD, Raman, FT-IR, DTA, TPR, TPO, TEM), struktur molekul (IR, Raman, UV-Vis, XAFS, NMR, dan EPR).
(Richardson, 1989).

Alat-alat yang digunakan untuk karakterisasi katalis dalam penelitian ini, antara lain :

1. *Transmission Electron Microscopic* (TEM) untuk mengetahui ukuran partikel.
2. *Surface Area Analyzer* (BET) untuk mengetahui luas permukaan, volume pori dan distribusi ukuran pori katalis.
3. *X-Ray Fluoresen* (XRF) untuk mengetahui komposisi unsur yang terdapat dalam katalis.
4. *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk mengetahui keadaan struktur katalis, dan
5. *Fourier Transform Infrared* (FTIR) untuk mengetahui gugus ikatan dari katalis.

2.8. Gasoline (Bensin)

Gasoline atau bensin adalah campuran hidrokarbon kompleks dengan rentang titik didih 180-200°C. Kandungan hidrokarbon pada *gasoline* yaitu parafin, baik parafin bercabang maupun sikloparafin, olefin, dan aromatik. Struktur molekul hidrokarbon pada *gasoline* terdiri atas 5 hingga 10 atom karbon. Penggunaan *gasoline* dalam kehidupan sehari-hari adalah sebagai bahan bakar untuk kendaraan bermotor [Hatch *et al.*,1982]

Gasoline diperoleh dari fraksinasi minyak bumi, yaitu proses pemisahan hidrokarbon berdasarkan perbedaan titik didih komponen. Setelah fraksinasi, *gasoline* diproses lebih lanjut untuk menaikkan bilangan oktanya. Kualitas *gasoline* ditetapkan dengan spesifikasi standar tertentu dengan parameter seperti bilangan oktana. Diantaranya yaitu spesifikasi yang dikeluarkan oleh *American Petroleum Institute* (API) pada tahun 2005. Spesifikasi *gasoline* yang dibuat biasanya mencakup pertimbangan tentang kebutuhan ideal kendaraan bermotor di negara tersebut, kemampuan produksi dan ekonomi negara.

Bahan bakar jenis *gasoline* yang selama ini mendominasi sektor transportasi di Indonesia adalah *gasoline* premium dengan bilangan oktana 88, dengan pangsa penjualan pada tahun 2004 sebesar 50 %. Spesifikasi *gasoline* premium di Indonesia terus berkembang menuju peningkatan kualitas *gasoline* terutama berkaitan dengan bilangan oktana dan kandungan timbel serta kandungan olefin. Beberapa hal yang dipertimbangkan dalam setiap perubahan spesifikasi *gasoline* antara lain:

Tabel 2.3 : Spesifikasi Bensin dengan Bilangan Oktana 88

No	Karakteristik	Satuan	Batasan				
			Tanpa Timbal		Bertimbal		
			Min.	Maks.	Min.	Maks.	
1	Bilangan Oktana						
	- Angka Oktana Riset - (RON)	RON	88.0	-	88.0	-	
	- Angka Oktana Motor - (MON)		dilaporkan		dilaporkan		
2	Stabilitas Oksidasi (Periode Induksi)	menit	360	-	360	-	
3	Kandungan Sulfur	% m/m	-	0,05 ¹⁾	-	0,05 ¹⁾	
4	Kandungan Timbal (Pb)	g/l	-	0.013	-	0.3	
5	Distilasi :						
	10% vol. penguapan	°C	-	74	-	74	
	50% vol. penguapan	°C	88	125	88	125	
	90% vol. penguapan	°C		180		180	
	Titik didih akhir	°C	-	215	-	205	
	Residu	% vol	-	2.0	-	2.0	
6	Kandungan Oksigen	% m/m	-	2,7 ²⁾	-	2,7 ²⁾	
7	Washed gum	mg/100 ml	-	5	-	5	
8	Tekanan Uap	kPa	-	62	-	62	
9	Berat Jenis (pada suhu 15 °C)	kg/m ³	715	780	715	780	
10	Korosi bilah tembaga	merit	kelas I		kelas I		
11	Uji Doctor		Negatif		Negatif		
12	Sulfur Mercaptan	% massa	-	0.002	-	0.002	
13	Penampilan visual		Jernih dan terang		Jernih dan terang		
14	Warna		Merah		Merah		
15	Kandungan pewarna	g/100 l	0.13		0.13		
16	Bau		Dapat Dipasarkan		Dapat Dipasarkan		

Sumber: Keputusan Direktur Minyak dan Gas Bumi No 3674 K/24/DJM/2006 ,17 Maret 2006

2.9. Bilangan Oktana (*Octane Number*)

Bilangan oktana merupakan acuan untuk mengukur kualitas suatu *gasoline* yang digunakan sebagai bahan bakar. Makin tinggi bilangan oktana maka makin rendah kecenderungan *gasoline* untuk menimbulkan ketukan (*knocking*). *Gasoline* merupakan bahan bakar transportasi yang masih memegang peranan penting sampai saat ini. *Gasoline* mengandung lebih dari 500 jenis hidrokarbon yang memiliki rantai C₅-C₁₀. Kadarnya bervariasi tergantung komposisi minyak mentah dan kualitas yang diinginkan. Pembakaran *gasoline* yang diinginkan adalah yang menghasilkan dorongan yang mulus terhadap penurunan piston. Hal ini tergantung pada ketepatan waktu pembakaran agar jumlah energi yang

ditransfer ke piston menjadi maksimum. Ketepatan waktu pembakaran tergantung pada jenis rantai hidrokarbon yang selanjutnya akan menentukan kualitas *gasoline*.

Bilangan oktana (*octane number*) merupakan ukuran dari kemampuan bahan bakar untuk mengatasi ketukan sewaktu terbakar dalam mesin. Nilai bilangan oktana 0 ditetapkan untuk n-heptana yang mudah terbakar, dan nilai 100 untuk isooktana yang tidak mudah terbakar. Untuk menaikkan bilangan oktana salah satu cara yang dapat dilakukan adalah mengubah hidrokarbon rantai lurus dalam fraksi bensin menjadi hidrokarbon rantai bercabang, seperti mengubah n-oktana menjadi isooktana.

Suatu campuran 30% n-heptana dan 70% isooktana akan mempunyai bilangan oktana :

$$\begin{aligned} &= (30/100 \times 0) + (70/100 \times 100) \\ &= 70 \end{aligned}$$

Ada dua jenis bilangan oktana *gasoline*, yaitu :

1. *Research Octane Number* (RON)

RON adalah bilangan oktana pada *gasoline* yang diukur saat keadaan mesin beroperasi sedang dan merupakan kecenderungan *gasoline* untuk mengalami *knocking* pada pengendaraan biasa.

2. *Motor Octane Number* (MON)

MON adalah bilangan oktana *gasoline* yang diukur dalam kondisi mesin yang beroperasi lebih berat dan merupakan kecenderungan *gasoline* untuk mengalami *knocking* pada kecepatan tinggi.

Bilangan Oktana (*Octane Number*) yang biasa disebut secara umum merupakan nilai yang diperoleh dari persamaan berikut :

$$\text{Bilangan Oktana} = \frac{\text{RON} + \text{MON}}{2}$$

Nanopartikel lantanida yang telah digunakan sebagai katalis untuk meningkatkan bilangan oktana pada bahan bakar adalah nanopartikel CeO₂ [Guzman *et al.*,2006].

BAB 3

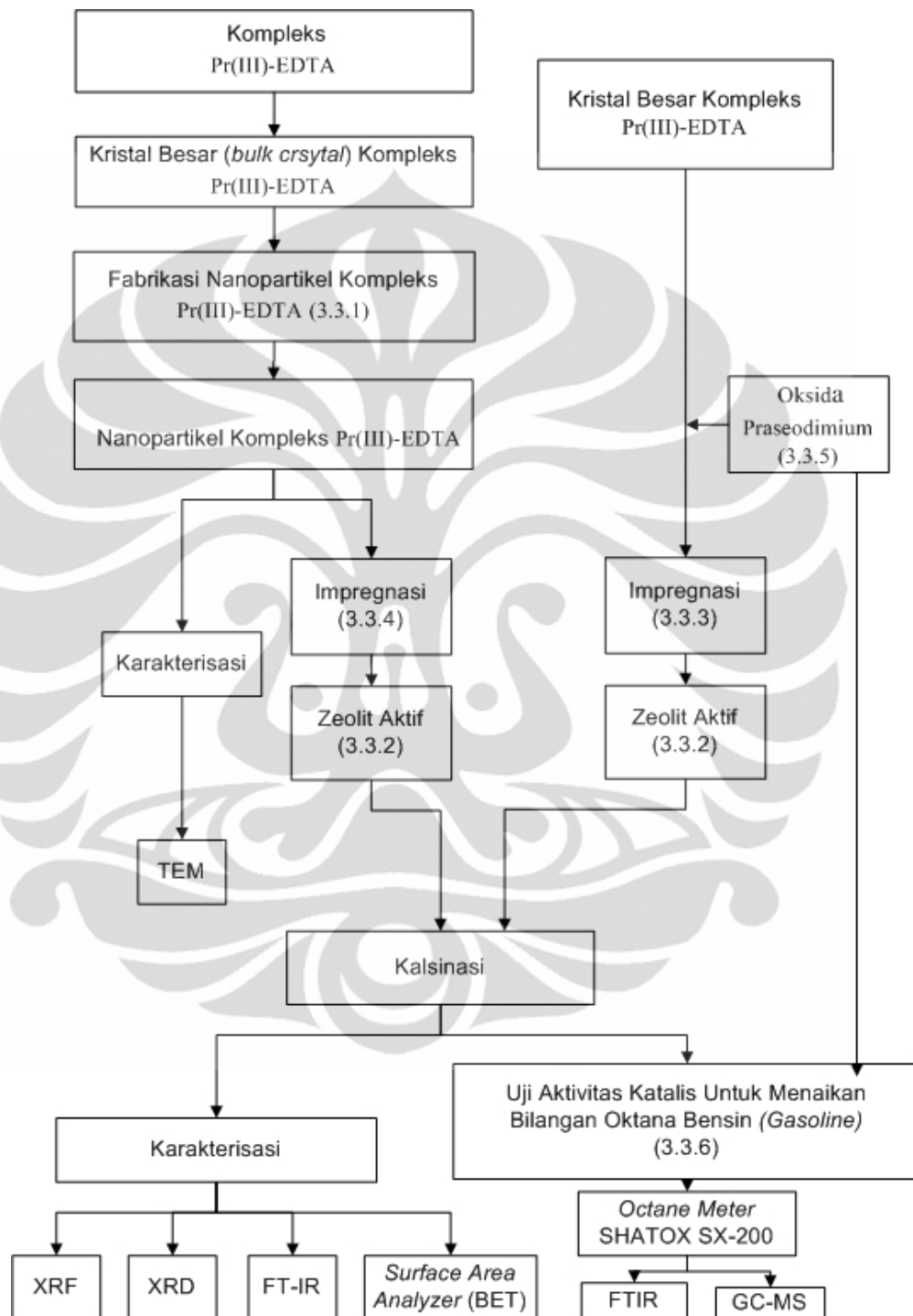
METODE PENELITIAN

3.1. Tahapan penelitian

Secara garis besar prosedur penelitian yang dilakukan terdiri atas beberapa tahap, yaitu :

1. Fabrikasi nanopartikel kompleks praseodimium(III)-EDTA. (Kompleks Pr(III)-EDTA sudah difabrikasi dan tersedia dari penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Dr. Eny Kusrini)
2. Aktivasi zeolit klinoptilolit.
3. Impregnasi kristal besar (*bulk crystal*) Pr(III)-EDTA.
4. Impregnasi nanopartikel Pr(III)-EDTA ke dalam zeolit
5. Karakterisasi Nanopartikel kompleks Pr(III)-EDTA dengan TEM.
6. Karakterisasi zeolit yang telah diimpregnasi kristal besar (*bulk crystal*) dan nanopartikel kompleks praseodimium-EDTA dengan *surface area analyzer* (BET) , XRF, XRD dan FT-IR.

Adapun untuk jelasnya, tahapan penelitian ditunjukkan pada diagram alir berikut:



Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian

3.2. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Timbangan analitik
2. *Glass slide*
3. *Ultrasonic cleaner*
4. Mikropipet (10-1000 μL)
5. Tabung reaksi 10 mL
6. Mortar
7. Desikator
8. Hot plate
9. Oven
10. *Furnace* (tanur)
11. *Vortex*
12. Termometer
13. Magnetic stirer
14. Tabung sentrifuge
15. Alat Sentrifuge
16. TEM
17. FT-IR
18. *Surface Area Analyzer*
19. XRF
20. XRD
21. GC-MS
22. *Octane Meter SHATOX SX200*

Bahan-bahan yang digunakan antara lain :

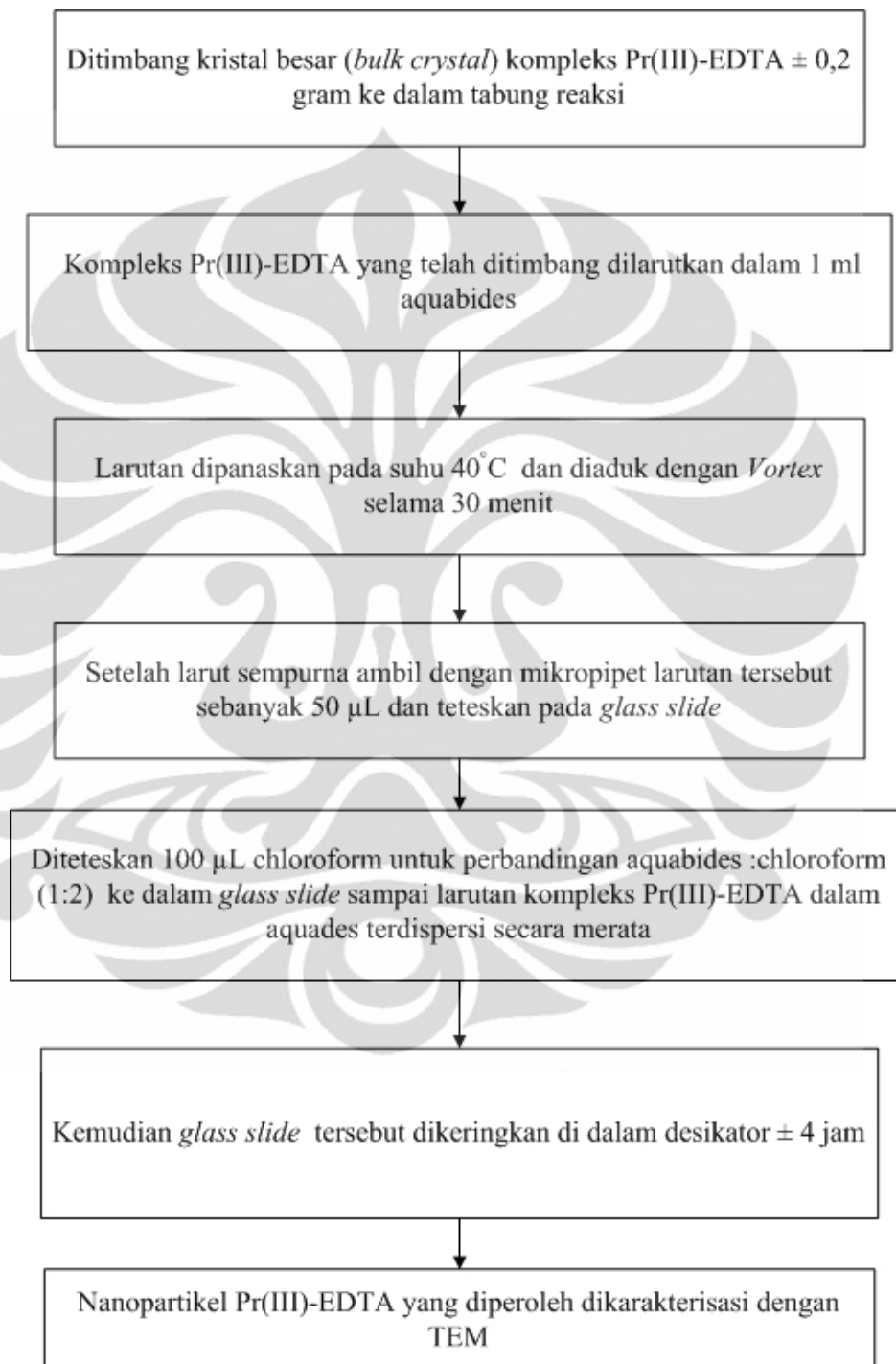
1. Kompleks Pr(III)-EDTA
2. Praseodimium Oksida (Pr_6O_{11}) (Sigma)
3. Larutan NaOH (Merck)
4. Chloroform GR for Analysis, CHCl_3 (Merck)
5. Larutan NH_4OH 0,05 M (Merck)
6. Asam klorida, HCl (Merck)
7. Kertas saring No.41 (Whatman)
8. Zeolit klinoptilolit
9. Aquabides
10. Bensin (*gasoline*) Premium PT. PERTAMINA

3.3. Prosedur Penelitian

3.3.1. Fabrikasi nanopartikel Kompleks Pr(III)-EDTA

- a. Ditimbang kristal besar (*bulk crystal*) kompleks Pr(III)-EDTA $\pm 0,2$ gram ke dalam tabung reaksi.
- b. Ditambahkan 1 mL aquabides ke dalam tabung reaksi yang berisi kompleks Pr(III)-EDTA yang telah ditimbang.
- c. Larutan tersebut dipanaskan pada suhu 40°C dan aduk dengan menggunakan *Vortex* selama 30 menit sampai seluruh padatan kompleks Pr(III)-EDTA larut sempurna.
- d. Setelah larut sempurna ambil dengan mikropipet larutan tersebut sebanyak $50\ \mu\text{L}$ dan teteskan pada *glass slide*, sebelumnya *glass slide* dibersihkan dan dimasukkan ke dalam alat *ultrasonic cleaner* untuk menghilangkan pengotor yang ada pada *glass slide*.
- e. Pada *glass slide* diteteskan $100\ \mu\text{L}$ chloroform untuk perbandingan aquabides :chloroform (1:2) ke dalam *glass slide* sampai larutan kompleks Pr(III)-EDTA dalam aquades terdispersi secara merata.
- f. Kemudian *glass slide* tersebut dikeringkan di dalam desikator ± 4 jam.
- g. Diperoleh nanopartikel Pr(III)-EDTA.
 - h. Nanopartikel Pr(III)-EDTA selanjutnya dikarakterisasi dengan menggunakan TEM.

Berikut ini diagram alir fabrikasi nanopartikel kompleks Pr(III)-EDTA:



Gambar 3.2. Diagram Fabrikasi Nanopartikel Kompleks Pr(III)-EDTA

3.3.2. Aktivasi Zeolit Klinoptilolit

Aktivasi zeolit klinoptilolit berdasarkan (Komalasari, 2009)

a. Secara fisika

Zeolit klinoptilolit ditambahkan aquabides dengan perbandingan 1 : 3. Kemudian distirer selama 1 jam pada temperatur 80°C. Koloid yang terbentuk diambil, lalu didekantasi untuk memisahkan pelarutnya. Lalu koloid dicuci dengan aquabides. Setelah itu dikeringkan pada temperatur 105°C selama 1 jam.

b. Secara kimia, dilakukan dalam dua tahap, yaitu :

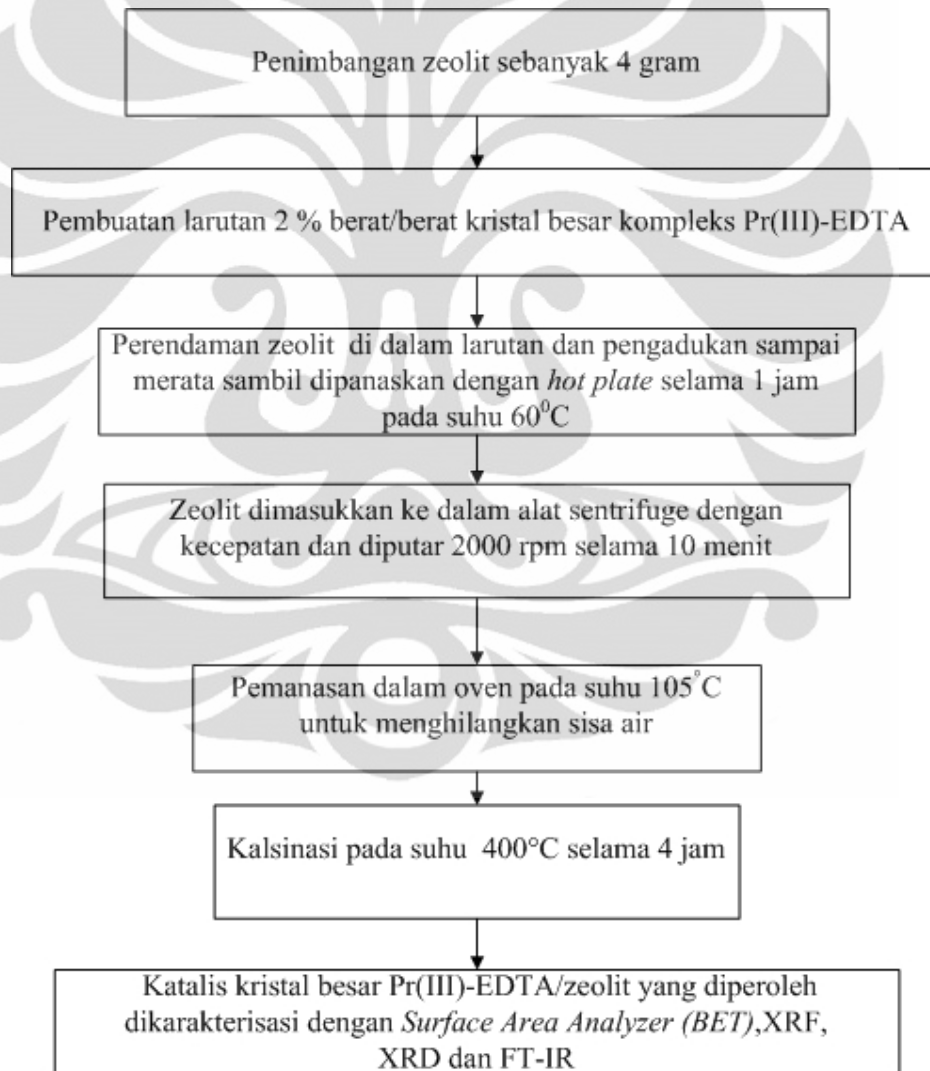
- Zeolit yang sudah diaktivasi secara fisika ditambahkan aquabides dan HCl 0,05 M dengan perbandingan 3 : 1. Kemudian distirer selama 1 jam pada temperatur 50°C. Setelah itu zeolit didekantasi dan dikeringkan pada temperatur 70°C.
- Kemudian zeolit ditambahkan aquabides dan NH₄OH 0,05 M dengan perbandingan 3 : 1. Distirer selama 1 jam pada temperatur 50°C. Zeolit didekantasi lalu dikeringkan pada temperatur 70°C.

3.3.3. Impregnasi Kristal Besar Kompleks Praseodimium(III)-EDTA ke dalam zeolit klinoptilolit

- a. Ditimbang zeolit 4 gram.
- b. Dibuat larutan 2 % berat/berat kristal besar kompleks Pr-EDTA.
- c. Zeolit direndam di dalam larutan dan aduk sampai merata selama 1 jam sambil dipanaskan dengan *hot plate* pada suhu 60°C.
- d. Kemudian zeolit dimasukkan ke dalam alat sentrifuge dengan kecepatan 2000 rpm dan putar pada selama 10 menit.

- e. Zeolit dimasukkan ke dalam oven 105°C untuk menghilangkan sisa air.
- f. Kemudian dikalsinasi pada suhu 400°C selama 4 jam.
- g. Diperoleh katalis Kristal besar Pr(III)-EDTA/zeolit (2)
- h. Katalis Kristal besar Pr(III)-EDTA/zeolit dikarakterisasi dengan menggunakan *Surface Area Analyzer*, XRD, XRF dan FTIR

Berikut ini diagram alir cara impregnasi kristal besar kompleks Pr(III)-EDTA ke dalam zeolit klinoptilolit :

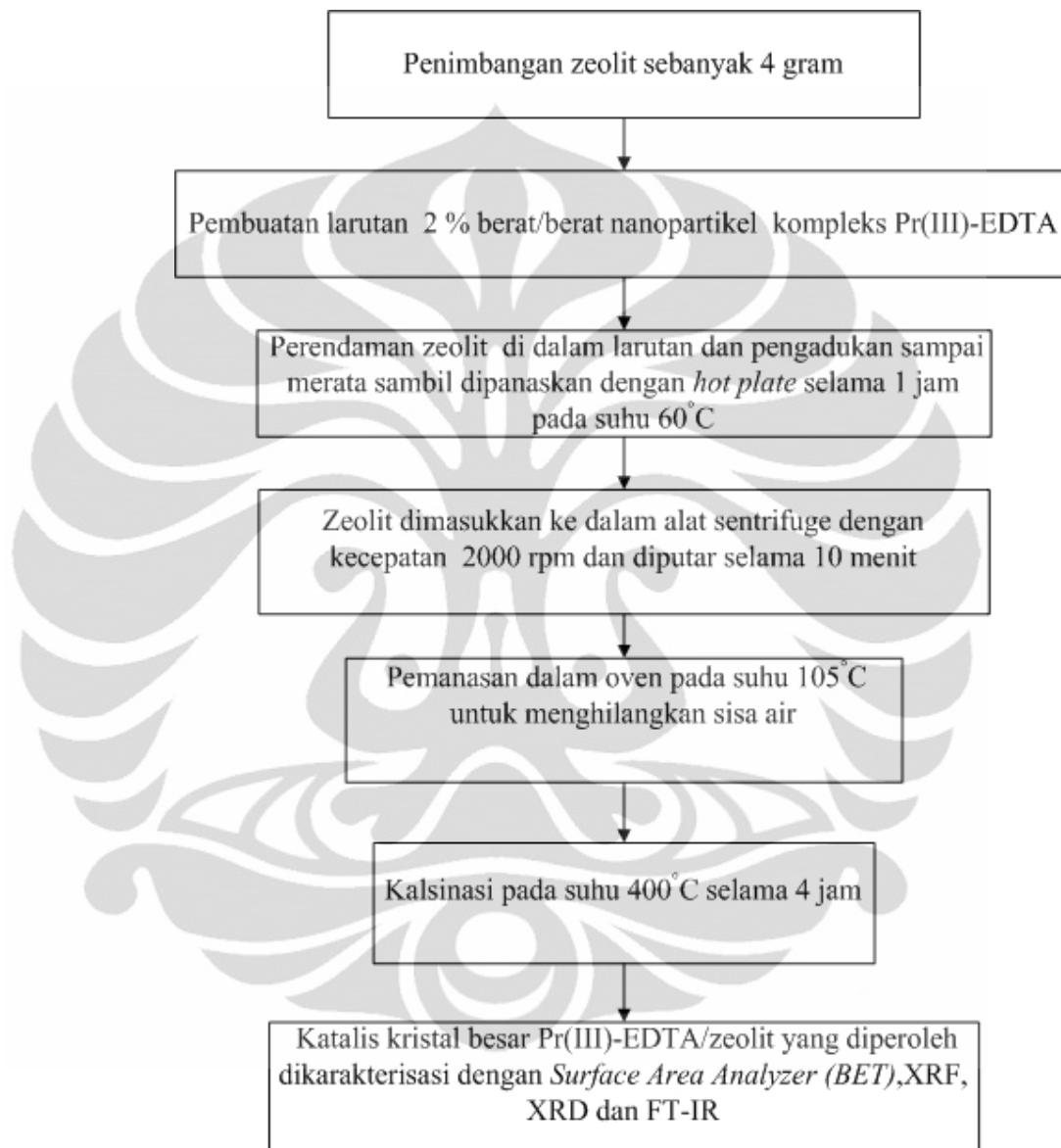


Gambar 3.3. Diagram Alir Cara Impregnasi Kristal Besar Kompleks Pr(III)-EDTA dan Karakterisasinya

3.3.4. Impregnasi Nanopartikel Kompleks Pr-EDTA ke dalam Zeolit

- a. Ditimbang zeolit 4 gram.
- b. Dibuat larutan 2 % berat/berat nanopartikel kompleks Pr-EDTA.
- c. Zeolit direndam di dalam larutan dan aduk sampai merata selama 1 jam sambil dipanaskan dengan *hot plate* pada suhu 60°C .
- d. Kemudian zeolit dimasukkan ke dalam alat sentrifuge dengan kecepatan 2000 rpm dan putar selama 10 menit.
- e. Zeolit dimasukkan ke dalam oven 105°C untuk menghilangkan sisa air.
- f. Kemudian dikalsinasi pada variasi suhu 400°C selama 4 jam.
- g. Diperoleh katalis nanopartikel Pr(III)-EDTA/zeolit (3)
- h. Katalis Kristal besar Pr(III)-EDTA/zeolit dikarakterisasi dengan menggunakan *Surface Area Analyzer*, XRD, XRF dan FTIR.

Berikut ini diagram alir cara impregnasi nanopartikel kompleks Pr(III)-EDTA ke dalam zeolit klinoptilolit :

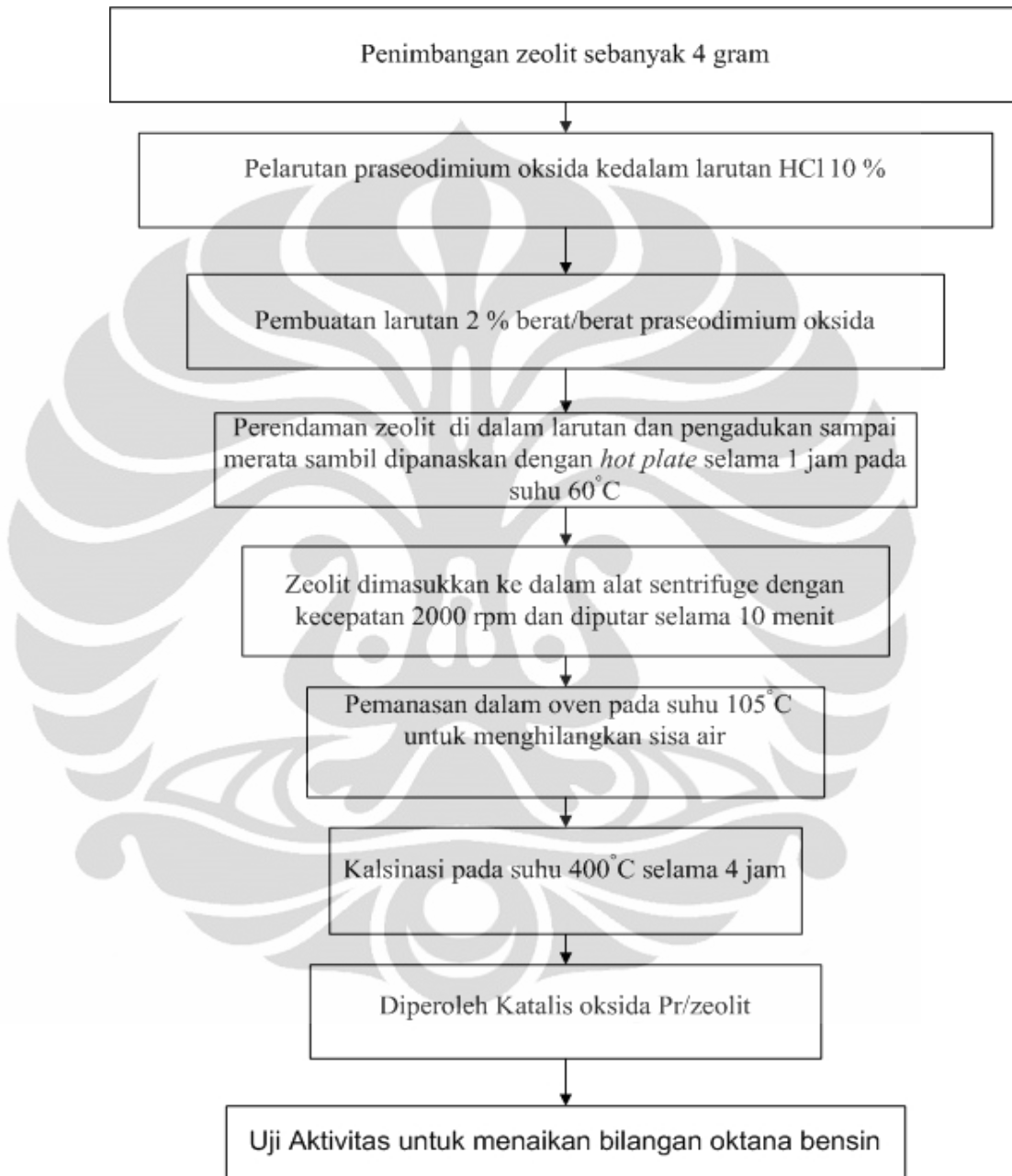


Gambar 3.4. Diagram Alir Cara Impregnasi Nanopartikel Kompleks Pr(III)-EDTA dan Karakterisasinya

3.3.5. Impregnasi Oksida Praseodimium (Pr_6O_{11}) ke dalam zeolit.

- a. Timbang zeolit 4 gram.
- b. Dilarutkan sebanyak 1 gram oksida Praseodimium ke dalam 10 mL larutan HCl 10 %.
- c. Dibuat variasi larutan 2 % berat/berat oksida Praseodimium.
- d. Zeolit direndam di dalam larutan dan aduk sampai merata selama 1 jam sambil dipanaskan dengan *hot plate* pada suhu 60°C .
- e. Kemudian zeolit dimasukkan ke dalam alat sentrifuge dengan kecepatan 2000 rpm dan putar selama 10 menit.
- f. Zeolit dimasukkan ke dalam oven 105°C untuk menghilangkan sisa air.
- g. Kemudian dikalsinasi pada variasi suhu 400°C selama 4 jam.
- h. Diperoleh katalis oksida Pr/zeolit.
- i. Katalis oksida Pr/zeolit di uji aktivitas untuk meningkatkan bilangan oktana pada *gasoline*.

Berikut ini diagram alir cara impregnasi oksida praseodimium ke dalam zeolit klinoptilolit :



Gambar 3.5. Diagram Alir Cara Impregnasi Oksida Praseodimium dan Karakterisasinya

3.3.6. Uji Aktivitas Peningkatan Bilangan Oktana Pada Bensin

- a. Ditimbang 3 gram katalis.
- b. Dimasukkan masing-masing katalis zeolit tanpa impregnasi, kristal besar Pr(III)-EDTA/Zeolit, nanopartikel Pr(III)-EDTA/Zeolit ke dalam 60 ml *gasoline*.
- c. Kemudian diaduk dengan strirer selama 2 menit.
- d. Kemudian endapan disaring dengan menggunakan kertas saring whatman No.41.
- e. Filtrat yang telah disaring dimasukkan ke dalam alat pengukur bilangan oktana *Octane Meter SHATOX SX-200*.
- f. Tunggu hasil pembacaan bilangan oktana dari alat tersebut.
- g. Sebagai pembanding dilakukan pengukuran bilangan oktana untuk oksida Praseodimium dan oksida Praseodimium yang diimpregnasikan ke dalam zeolit dengan cara seperti diatas.
- h. Bensin hasil penyaringan di analisis dengan menggunakan GC-MS.

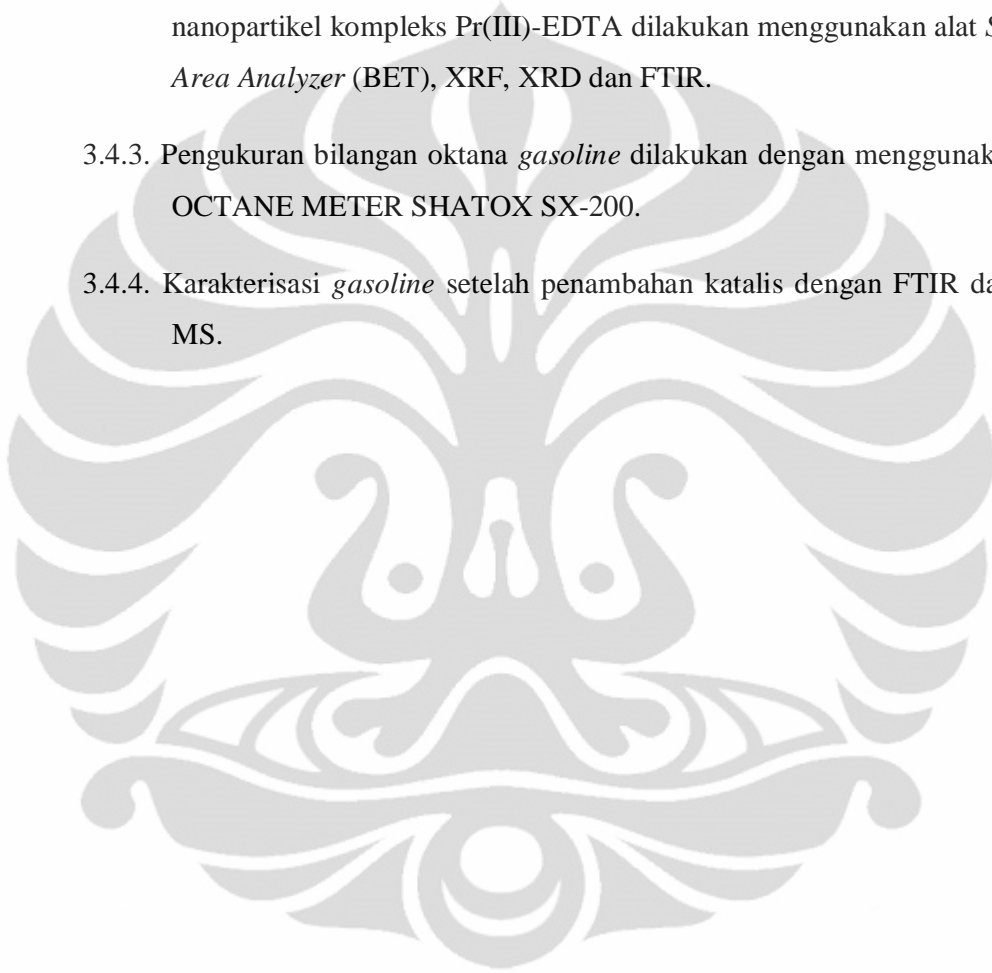
Dibawah ini adalah gambar alat pengukur bilangan oktana yang digunakan:



Gambar 3.6. *Portable Octane Meter SHATOX SX-200*

3.4. Rancangan Percobaan dan Pengambilan Data

- 3.4.1. Karakterisasi nanopartikel kompleks praseodimium(III)-EDTA dilakukan dengan menggunakan alat TEM.
- 3.4.2. Karakterisasi katalis sebelum dan sesudah diimpregnasi kristal besar dan nanopartikel kompleks Pr(III)-EDTA dilakukan menggunakan alat *Surface Area Analyzer* (BET), XRF, XRD dan FTIR.
- 3.4.3. Pengukuran bilangan oktana *gasoline* dilakukan dengan menggunakan alat OCTANE METER SHATOX SX-200.
- 3.4.4. Karakterisasi *gasoline* setelah penambahan katalis dengan FTIR dan GC-MS.



BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

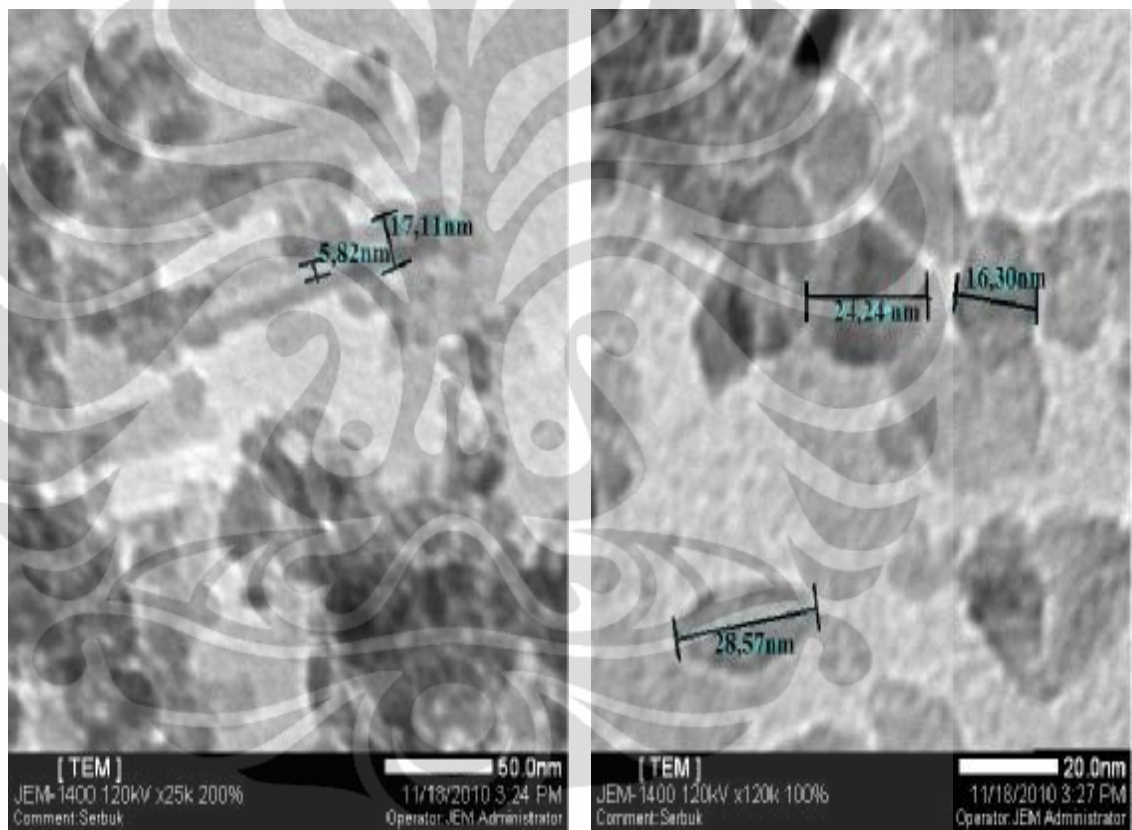
Pada bab ini akan disajikan data-data hasil penelitian beserta pembahasannya yang meliputi hasil fabrikasi nanopartikel Pr(III)-EDTA, karakteristik katalis zeolit, katalis kristal besar Pr(III)-EDTA/zeolit dan nanopartikel Pr(III)-EDTA/zeolit dan juga hasil uji aktivitas katalis dalam meningkatkan bilangan oktana *gasoline*.

4.1. Aktivasi Zeolit Alam Klinoptilolit

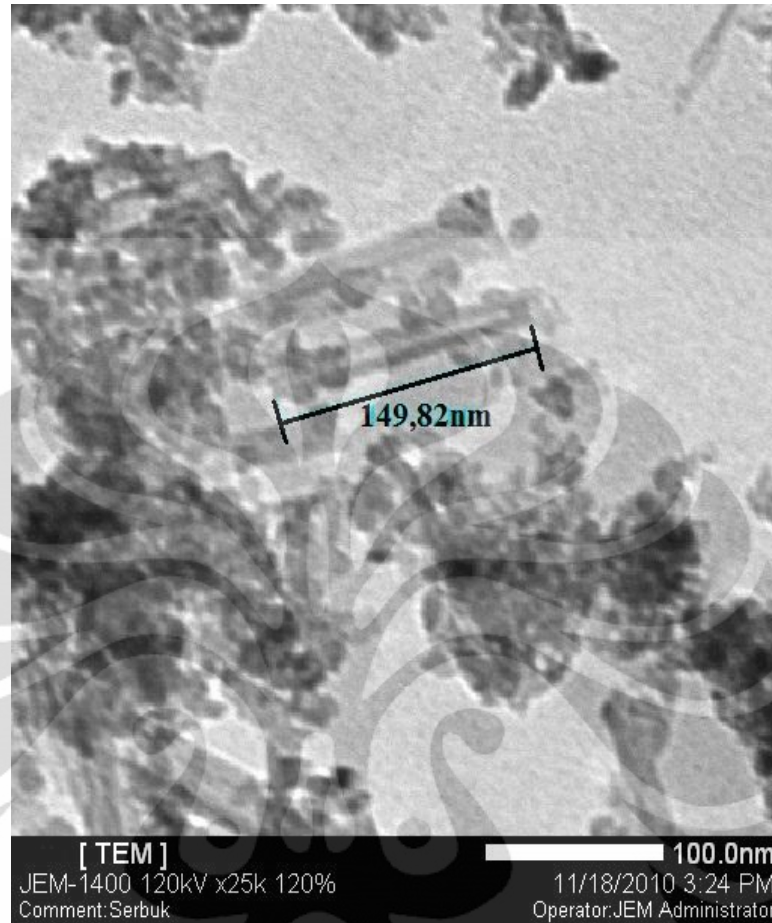
Oleh karena zeolit berasal dari alam, maka zeolit masih banyak mengandung pengotor, ion-ion logam ataupun molekul air di dalam rongga-rongganya sehingga perlu dibersihkan sebelum digunakan sebagai bahan penyangga katalis (Komalasari, 2009).. Aktivasi zeolit klinoptilolit dilakukan dengan dua cara yaitu secara fisika dan secara kimia. Zeolit ini diaktivasi dengan menggunakan larutan asam HCl 0,05 M dan larutan basa NH₄OH 0,05 M dan aquabides (Komalasari, 2009). Aktivasi secara kimia dilakukan dengan menggunakan aquabides pada suhu 80°C. Hal ini dimaksudkan untuk menghilangkan pengotor-pengotor kasar atau debu yang terdapat dalam zeolit. Sedangkan aktivasi secara kimia dilakukan dengan dua cara yaitu dengan basa encer dan asam encer. Tujuan penggunaan basa encer adalah untuk menghilangkan pengotor yang bersifat asam dalam zeolit. Sebaliknya pencucian dengan asam untuk menghilangkan pengotor yang bersifat basa dalam zeolit. Selanjutnya zeolit dikalsinasi pada suhu 400°C. Kalsinasi bertujuan untuk menghilangkan air yang terjebak dalam pori-pori zeolit serta menghilangkan senyawa-senyawa organik yang mungkin terkandung dalam zeolit. Zeolit yang telah aktif selanjutnya dikarakterisasi dengan menggunakan *surface area analyzer* (BET), FT-IR, XRD, XRF dan nilai keasamannya.

4.2. Karakterisasi Nanopartikel Pr(III)-EDTA dengan TEM

Hasil fabrikasi nanopartikel Pr(III)-EDTA dengan metode reprecipitasi dan penguapan dikarakterisasi dengan menggunakan *Transmission Electron Microscopic* (TEM) untuk mengetahui apakah fabrikasi nanopartikel Pr(III)-EDTA berhasil memperoleh partikel Pr(III)-EDTA dalam ukuran nanometer. Hasil karakterisasi dapat dilihat pada foto TEM dari Pr(III)-EDTA dibawah ini :



Gambar 4.1. Foto TEM Diameter Nanopartikel Pr(III)-EDTA



Gambar 4.2. Foto TEM Panjang Nanopartikel Pr(III)-EDTA

Dari foto TEM gambar 4.1 dan 4.2 dapat dilihat bahwa Pr(III)-EDTA memiliki ukuran antara 5,8-28,6 nm dan panjang 149,8 nm. Jadi, dalam percobaan ini telah berhasil diperoleh nanopartikel Pr(III)-EDTA.

4.3. Karakterisasi Katalis

4.3.1. Karakterisasi Katalis dengan XRF

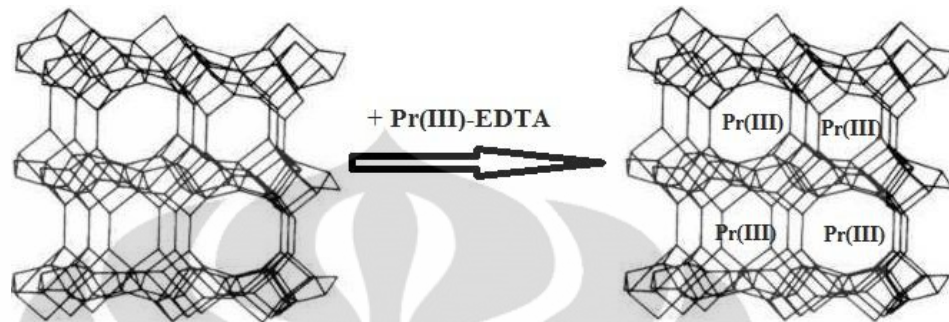
Karakterisasi dengan menggunakan XRF bertujuan untuk mengetahui unsur-unsur yang terdapat dalam katalis baik sebelum diimpregnasi maupun setelah proses impregnasi. Dengan menggunakan XRF dapat diketahui pula unsur-unsur secara kuantitatif.

Tabel 4.1. Hasil karakterisasi Katalis dengan XRF

Katalis Zeolit		Katalis Kristal Besar Pr(III)-EDTA/zeolit		Katalis Nanopartikel Pr(III)-EDTA/zeolit	
Atom	% Berat	Atom	% Berat	Atom	% Berat
Si	51,6220	Si	46,9410	Si	46,7193
K	12,4560	Fe	13,4034	Fe	13,7671
Fe	11,5237	Ca	12,9731	K	12,5645
Ca	10,6522	K	12,5400	Ca	13,0349
Al	10,3557	Al	10,2383	Al	10,0148
Ti	1,0843	Ti	1,1682	Ti	1,1951
Ba	0,5131	Ba	0,5185	Ba	0,5347
Mg	0,4056	Pr	0,4175	Pr	0,5236
Sr	0,3174	Sr	0,4083	Sr	0,4169
Cl	0,2996	Cl	0,3374	Mn	0,3404
Na	0,2761	Na	0,2849	Mg	0,2511
Mn	0,2655	Mg	0,2554	Cl	0,2155
Zr	0,1323	Mn	0,2529	Zr	0,1737
Rb	0,0730	Zr	0,1438	Na	0,1362
Y	0,0236	Rb	0,0907	Rb	0,0874
		Y	0,0264	Y	0,0248

Berdasarkan tabel, diatas terdapat kandungan Pr dalam katalis kristal besar Pr(III)-EDTA/zeolit sebesar 0,4175 % pada katalis dan 0,5236 % pada katalis nanopartikel Pr(III)-EDTA/zeolit, hal ini menunjukkan bahwa Pr berhasil diimpregnasikan ke dalam zeolit walaupun tidak seluruhnya dari jumlah sebenarnya yang diimpregnasikan sebesar 2 %. Kecilnya kadar Pr yang terdapat dalam zeolit dimungkinkan karena hanya sedikit saja Pr(III) yang berinteraksi dengan zeolit. Hal ini juga dapat disebabkan oleh masih banyaknya kation-kation logam yang terkandung dalam pori-pori zeolit sehingga agak sulit untuk menyisipkan kompleks Pr(III)-EDTA ke dalam pori zeolit [Komalasari, 2009].

Dibawah ini adalah ilustrasi masuknya Pr(III)-EDTA kedalam rongga zeolit klinoptilolit :



Gambar 4.3. Ilustrasi Impregnasi Pr(III)-EDTA pada rongga zeolit klinoptilolit

4.3.2. Karakterisasi Katalis dengan *Surface Area Analyzer*

Karakterisasi luas permukaan, volume pori dan ukuran pori katalis dengan metode BET dilakukan terhadap zeolit yang diimpregnasikan kristal besar Pr(III)-EDTA dan nanopartikel Pr(III)-EDTA yang dibandingkan dengan zeolit tanpa impregnasi.

Tabel 4.2. Hasil Karakterisasi dengan alat *Surface Area Analyzer* (BET)

Katalis	Luas permukaan (m ² /g)	Volume Pori (cc/g)	Ukuran Pori (nm)
Zeolit Aktif	30,86	0,09	11,34
Kristal Besar Pr(III)-EDTA/Zeolit	24,09	0,11	18,29
Nanopartikel Pr(III)-EDTA/Zeolit	9,91	0,76	30,76

Pengujian luas permukaan pada katalis sebelum diimpregnasi kristal besar dan nanopartikel Pr(III)-EDTA adalah 30,86 m²/g setelah impregnasi dengan kristal besar Pr(III)-EDTA terjadi penurunan luas permukaannya menjadi 24,09 m²/g sedangkan setelah impregnasi dengan nanopartikel Pr(III)-EDTA luas permukaannya menjadi 9,91 m²/g. Hal ini menunjukkan sebagian besar pori-pori

zeolit lebih efektif dan banyak terisi oleh nanopartikel dibandingkan dengan kristal besar Pr(III)-EDTA.

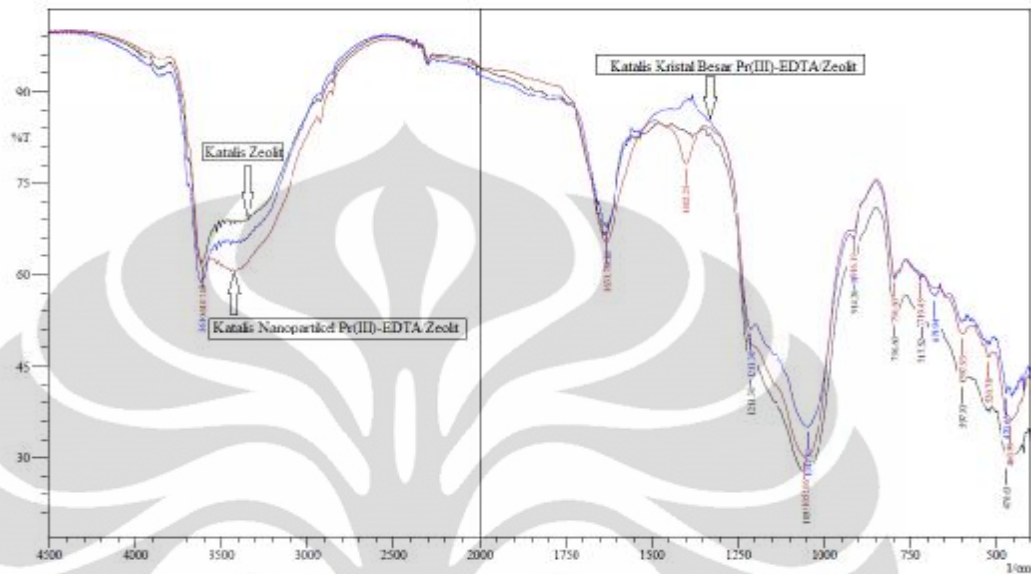
Katalis sebelum diimpregnasi dengan nanopartikel dan Kristal besar Pr(III)-EDTA memiliki volume pori sebesar 0,09 cc/g setelah diimpregnasi dengan kristal besar Pr(III)-EDTA terjadi peningkatan volume pori menjadi 0,11 cc/g dan 0,76 cc/g setelah penambahan nanopartikel Pr(III)-EDTA.

Dari hasil karakterisasi diperoleh ukuran pori katalis sebelum diimpregnasi dengan nanopartikel dan kristal besar Pr(III)-EDTA adalah 11,34 nm. Dari hasil ini dapat dikatakan bahwa ukuran pori zeolit klinoptilolit termasuk ukuran mesopori yaitu ukuran pori berkisar antara mikropori dan makropori, yaitu 3-50 nm. Setelah diimpregnasi kristal besar Pr(III)-EDTA ukuran porinya bertambah menjadi 18,29 nm dan 30,76 nm setelah diimpregnasi dengan nanopartikel Pr(III)-EDTA.

4.3.3. Karakterisasi Katalis dengan FTIR

Karakterisasi zeolit dengan FTIR dilakukan terhadap zeolit yang diimpregnasikan kompleks Pr (III)-EDTA yang dibandingkan dengan zeolit tanpa impregnasi. Pengukuran menggunakan FTIR ini bertujuan untuk penentuan kualitatif gugus-gugus fungsi dan ikatan dari sebuah struktur kimia. Bila suatu molekul menyerap sinar infra merah, maka dalam molekul tersebut akan terjadi perubahan tingkat tista vibrasi dan rotasi, tetapi hanya tista transisi vibrasi atau rotasi yang dapat menyebabkan momen tista yang aktif mengadsorbsi sinar infra merah. Disamping itu, frekuensi sinar yang tista harus sama dengan salah satu frekuensi vibrasi atau rotasi molekulnya. Struktur dasar dari zeolit memiliki ikatan Si-O-Si dan Si-O-Al yang khas pada setiap tipe zeolit. Katalis yang dikarakterisasi adalah katalis kompleks kristal Pr(III)-EDTA dalam bentuk kristal besar dan dalam bentuk nanopartikel yang diimpregnasikan ke dalam zeolit klinoptilolit dan juga dikarakterisasi katalis zeolit klinoptilolit tanpa impregnasi.

Hasil karakterisasi katalis dengan menggunakan FTIR dapat dilihat pada spektrum FTIR dibawah ini :



Gambar 4.4. Spektrum FTIR Katalis Zeolit, Katalis Kristal Besar Pr(III)-EDTA, Katalis Nanopartikel Pr(III)-EDTA

Dibawah ini adalah tabel hasil analisa katalis dengan FTIR hasil penelitian dibandingkan dengan literatur :

Tabel 4.3. Hasil Karakterisasi Katalis dengan FTIR Hasil penelitian dan Literatur

Bilangan Gelombang (cm^{-1})				
Literatur	Zeolit	Kristal Besar Pr(III)-EDTA/Zeolit	Nanopartikel Pr(III)-EDTA/Zeolit	Keterangan
420-500	470,63	470,63	468,70	Pori Bukaakn
750-820	914,26	796,6	796,60	Uluran Simetri (Si/Al) O_4
1050-1150	1139,93	1139,93	1145,72	Uluran Simetri (Si/Al) O_4
1650	1629,85	1629,85	1637,56	Gugus OH yang terjadi dari interaksi ion dengan air
3000-3450	3226,91	3242,34	3259,70	Gugus OH pada permukaan zeolit

[Ardhyarini, 2003]

Berdasarkan hasil analisis FTIR di atas terlihat spektrum yang hampir sama antara katalis tanpa impregnasi dengan katalis yang diimpregnasi dengan kristal besar Pr(III)-EDTA maupun nanopartikel Pr(III)-EDTA. Hal ini disebabkan Pr(III)-EDTA hanya berinteraksi secara fisika dengan zeolit tanpa merubah struktur kristal zeolit. Dengan demikian intensitas spektrumnya saja yang berbeda yang menandakan bahwa adanya interaksi dengan Pr(III)-EDTA. Intensitas (%T) spektrum katalis nanopartikel Pr(III)-EDTA/Zeolit didapatkan lebih rendah dibandingkan intensitas (%T) katalis kristal besar Pr(III)-EDTA/Zeolit, hal ini disebabkan karena jumlah Pr(III) yang terdapat pada rongga zeolit klinoptilolit dalam katalis nanopartikel Pr(III)-EDTA/Zeolit berdasarkan data XRF lebih besar dibandingkan pada katalis kristal besar Pr(III)-EDTA/Zeolit sehingga menyebabkan frekuensi tingkat rotasi dan vibrasi gugus dasar lebih rendah dibandingkan sebelum perlakuan impregnasi.

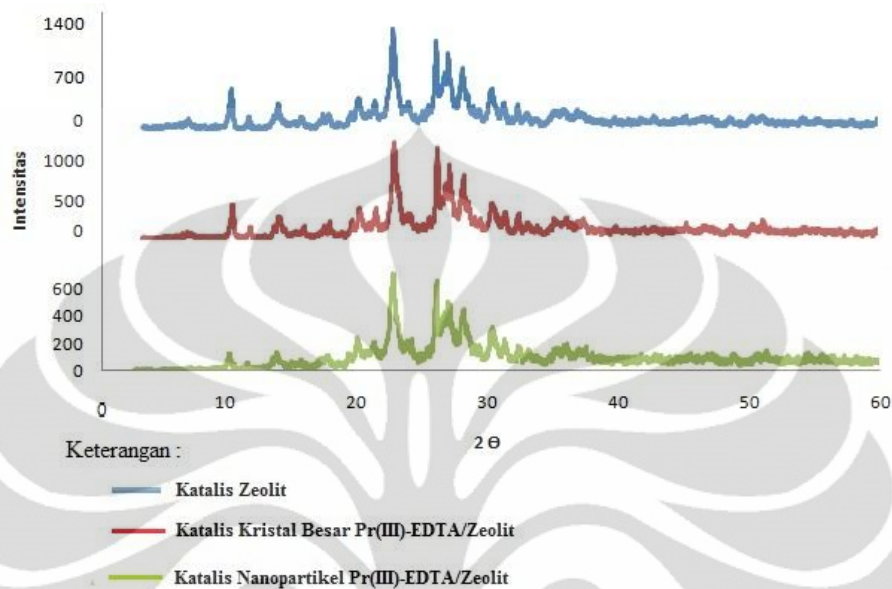
Unit pembentuk primer berupa tetrahedral AlO_4 dan SiO_4 ditunjukkan dengan terdapatnya puncak pada bilangan gelombang $470,63 \text{ cm}^{-1}$ dan $1139,93 \text{ cm}^{-1}$ untuk zeolit klinoptilolit. Unit pembentuk primer ini tidak berubah dengan impregnasi kompleks Praseodimium(III)-EDTA ke dalamnya. Hal ini ditunjukkan pada $470,63 \text{ cm}^{-1}$ dan $1139,93 \text{ cm}^{-1}$ pada kristal besar Pr(III)-EDTA/zeolit dan nanopartikel Pr(III)-EDTA/zeolit pada $468,7 \text{ cm}^{-1}$ dan $1145,72 \text{ cm}^{-1}$.

Di dalam spektrum FTIR hasil karakterisasi ditunjukkan pula adanya kation yang terperangkap dalam katalis zeolit, yaitu pada puncak $1629,85 \text{ cm}^{-1}$ dan $3226,91 \text{ cm}^{-1}$, pada katalis kristal besar Pr(III)-EDTA/zeolit terdapat pada $1629,85 \text{ cm}^{-1}$ dan $3242,34 \text{ cm}^{-1}$, dan pada katalis nanopartikel Pr(III)-EDTA/zeolit terdapat pada $1637,56 \text{ cm}^{-1}$ dan $3259,7 \text{ cm}^{-1}$. Dari analisis FTIR ini diperoleh informasi tentang ikatan Si atau Al dengan atom O, uluran SiO_4 dan AlO_4 serta terlihat adanya gugus OH pada permukaan zeolit.

4.3.4. Karakterisasi Katalis dengan XRD

Analisis difraksi sinar X dapat digunakan untuk mengkarakterisasi zat padat seperti katalis. Tujuan karakterisasi ini adalah untuk mengetahui perubahan yang terjadi pada struktur kristal zeolit setelah mengalami impregnasi dan

kalsinasi. Dibawah ini adalah hasil karakterisasi katalis dengan menggunakan XRD :



Gambar 4.5. Difraktogram XRD Katalis Zeolit, Katalis Kristal Besar Pr(III)-EDTA, Katalis Nanopartikel Pr(III)-EDTA

Katalis zeolit yang mengalami impregnasi dengan kristal besar Pr(III)-EDTA atau nanopartikel Pr(III)-EDTA memiliki puncak yang sama dengan katalis zeolit tanpa impregnasi. Tidak terbentuknya puncak-puncak baru menandakan bahwa tidak terbentuk fasa atau senyawa baru yang mempunyai kristalinitas yang tinggi. Hal ini menyatakan bahwa struktur kristal katalis zeolit tidak mengalami perubahan.

4.4. Uji Aktivitas Peningkatan Bilangan Oktana Pada *Gasoline*

Katalis yang telah dikarakterisasi selanjutnya di uji aktivitasnya sebagai katalis untuk meningkatkan bilangan oktana (*octane number*) pada *gasoline* (bensin). Sebagai pembanding diukur bilangan oktana pada *gasoline* murni (tanpa penambahan katalis). *Gasoline* yang digunakan adalah produk PT PERTAMINA

jenis premium. Dibawah ini adalah hasil uji aktivitas katalis untuk meningkatkan bilangan oktana *gasoline*:

Tabel 4.4. Hasil Penentuan Bilangan Oktana *Gasoline* dengan Penambahan Katalis

Nama	Bilangan Oktana
<i>Gasoline</i>	88,2
<i>Gasoline</i> + Katalis Zeolit	88,8
<i>Gasoline</i> + Katalis Kristal besar Pr(III)-EDTA/ Zeolit	89,2
<i>Gasoline</i> + Katalis Nanopartikel Pr(III)-EDTA/Zeolit	89,6
<i>Gasoline</i> + Oksida Pr	88,4
<i>Gasoline</i> + Oksida Pr/Zeolit	88,4

Dari hasil uji aktivitas yang tertera pada tabel diatas dapat dilihat bahwa bilangan oktana pada *gasoline* premium tanpa penambahan katalis sebesar 88,2, setelah ditambahkan zeolit saja naik menjadi 88,8 dan setelah ditambahkan katalis kristal besar Pr(III)-EDTA/ Zeolit memiliki bilangan oktana 89,2 tetapi setelah penambahan katalis nanopartikel Pr(III)-EDTA/Zeolit diperoleh bilangan oktana yang lebih besar yaitu sebesar 89,6, hal ini dapat disebabkan oleh jumlah Pr yang terdapat dalam katalis nanopartikel Pr(III)-EDTA/Zeolit lebih banyak dibandingkan pada katalis kristal besar Pr(III)-EDTA/Zeolit berdasarkan hasil karakterisasi dengan menggunakan XRF. Pada uji aktivitas untuk meningkatkan bilangan oktana pada *gasoline* ini juga digunakan praseodimium dalam bentuk oksida dan praseodimium oksida yang diimpregnasikan ke dalam zeolit klinoptilolit sebagai pembanding, dan hasil bilangan oktana yang diperoleh setelah penambahan oksida praseodimium dan Oksida Pr/Zeolit masing-masing 88,4, hasil ini menandakan bahwa penambahan praseodimium dalam bentuk oksidanya tidak memberikan pengaruh yang besar terhadap bilangan oktana *gasoline* dibandingkan dalam bentuk kompleks Pr(III)-EDTA.

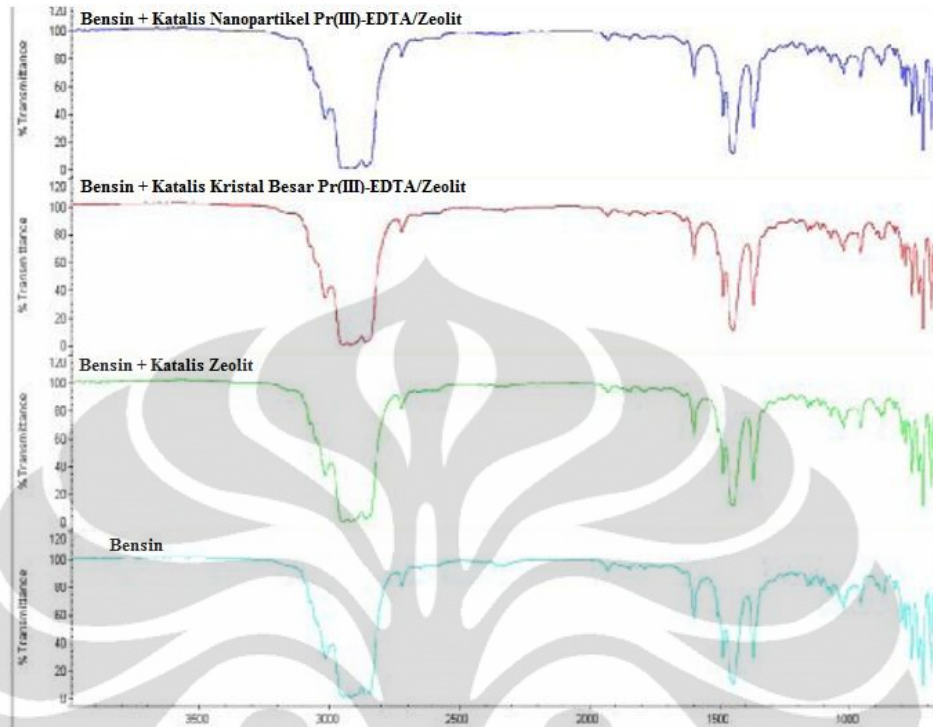
4.5. Analisis *Gasoline* Setelah Penambahan Katalis

4.5.1. Analisis FTIR *Gasoline* Setelah Penambahan Katalis

Gasoline merupakan senyawa yang tersusun dari rantai hidrokarbon mulai dari C₅ sampai dengan C₁₀ yang dapat mempunyai susunan rantai lurus maupun bercabang. Dari rumus rantai lurus kemungkinan-kemungkinan vibrasi yang dapat terjadi adalah uluran dan tekukan C-H dari gugus alkil atau alkana, sedangkan dari rumus aromatik memberikan kemungkinan uluran C=C cincin aromatik dan vibrasi dari gugus lain yang mungkin timbul. Dalam menganalisa spektrum inframerah dari sampel *gasoline* sebelum dan sesudah penambahan katalis kristal besar Pr(III)-EDTA dan katalis nanopartikel Pr(III)-EDTA, pembahasan yang pertama kali dilakukan adalah pada kerangka karbon. Karena *gasoline* tersusun atas rantai hidrokarbon sehingga dalam spektrum inframerah *gasoline* akan muncul berbagai macam penyerapan yang ditimbulkan oleh adanya ikatan karbon.

Dari hasil karakterisasi dengan FTIR diperoleh spektrum yang sama antara *gasoline* tanpa penambahan katalis dengan spektrum FTIR *gasoline* dengan penambahan katalis kristal besar Pr(III)-EDTA dan katalis nanopartikel Pr(III)-EDTA. Hal ini disebabkan karena katalis Kristal besar dan nanopartikel Pr(III)-EDTA hanya berinteraksi dengan *gasoline* tanpa merubah struktur *gasoline*. Hanya intensitasnya saja yang berbeda yang menandakan bahwa adanya interaksi dengan katalis kristal besar dan nanopartikel Pr(III)-EDTA.

Dibawah ini adalah spektrum hasil analisa *gasoline* sebelum dan sesudah penambahan katalis dengan menggunakan FTIR :



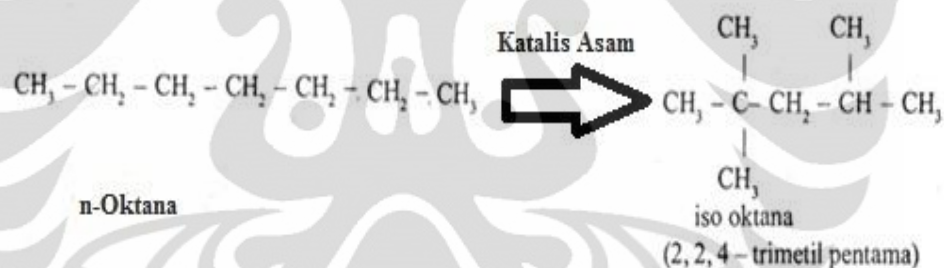
Gambar 4.6. Spektrum FTIR Bensin Sebelum dan setelah Penambahan Katalis

4.5.2. Analisis *Gasoline* Setelah Penambahan Katalis dengan GC-MS

Gasoline setelah di tambahkan katalis kemudian dianalisis dengan menggunakan *Gas Chromatography-Mass Spectrometry* (GC-MS). Analisis ini perlu dilakukan untuk mengetahui perubahan komposisi yang terjadi pada *gasoline* sebelum dan sesudah penambahan katalis zeolit, katalis kristal besar Pr(III)-EDTA/Zeolit dan katalis nanopartikel Pr(III)-EDTA/Zeolit yang telah berhasil menaikkan bilangan oktana pada *Gasoline*.

Dari hasil analisis dengan GC-MS terlihat terjadi peningkatan % *peak area* komponen isooktana (C_8H_{18}) setelah penambahan katalis zeolit, katalis kristal besar Pr(III)-EDTA/Zeolit dan katalis nanopartikel Pr(III)-EDTA/Zeolit. Dari data GC-MS juga diperoleh terjadi penurunan % *peak area* pada komponen n-Oktana (C_8H_{18}) yang merupakan alkana rantai lurus pada penambahan katalis nanopartikel Pr(III)-EDTA/Zeolit. Hal ini menandakan bahwa terjadi konversi

dari alkana rantai lurus menjadi alkana rantai bercabang. Meningkatnya jumlah alkana rantai lurus yang terkonversi secara katalitik menjadi alkana rantai bercabang ini sesuai dengan pernyataan bahwa *gasoline* dengan kualitas yang baik harus mengandung lebih banyak alkana rantai bercabang/alisiklik/aromatik dibandingkan alkana rantai lurus, kualitas *gasoline* ini dinyatakan oleh bilangan oktana [Chen *et al.*, 2007]. Terjadinya proses konversi katalitik alkana rantai lurus menjadi alkana rantai bercabang ini kemungkinan dipengaruhi oleh keasaman katalis dimana keasaman katalis zeolit dapat ditingkatkan dengan cara impregnasi logam-logam transisi dan logam lantanida [Trisunaryanti *et al.*, 1996]. Peningkatan konversi katalitik n-Oktana menjadi isooktana berkaitan dengan peningkatan keasaman katalis dan efek dari sisi asam lewis dan asam bronsted dalam katalis [Chen *et al.*, 2007]. Reaksi yang terjadi dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 4.7. Reaksi Konversi n-Oktana Menjadi Isooktana

Dibawah ini adalah tabel hasil analisis *Gasoline* setelah penambahan katalis dengan GC-MS :

Tabel 4.5. Hasil Analisis *Gasoline* dengan GC-MS

Komponen	<i>Gasoline</i>		<i>Gasoline</i> + Katalis Zeolit		<i>Gasoline</i> +Katalis Kristal Besar Pr(III)-EDTA/Zeolit		<i>Gasoline</i> +Katalis Nanopartikel Pr(III)-EDTA/Zeolit	
	Waktu	% Peak	Waktu	% Peak	Waktu	% Peak	Waktu	% Peak
	Retensi (menit)	Area	Retensi (menit)	Area	Retensi (menit)	Area	Retensi (menit)	Area
Butane	4.56	3.0540	4.56	2.9990	4.55	2.9260	4.56	3.4940
2-Butene	4.71	1.7740	4.71	1.6610	4.71	1.7060	4.72	2.0660
Pentane	4.93	3.5340	4.93	3.4710	4.93	3.4520	4.95	3.8960
Hexane	5.11	2.3830	5.11	2.4020	5.11	2.4000	5.14	2.5590
2-Pentene	5.16	1.3230	5.16	1.4360	5.15	1.2620	5.18	1.5210
Cyclopentane	5.36	2.4180	5.36	2.3960	5.35	2.4210	5.38	2.3910
Cyclopentene	5.54	1.4650	5.54	1.4290	5.53	1.5040	5.57	1.5280
Heptane	5.91	2.0670	5.91	2.0770	5.91	2.0880	5.95	1.9330
3-Hexene	5.97	1.6570	5.97	1.6370	5.97	1.6660	5.99	1.8720
2-Hexene	6.04	0.3650	6.04	0.3580	6.03	0.3740	6.06	0.4250
Cyclohexane	6.22	2.5020	6.22	2.4920	6.22	2.5110	6.26	2.6900
Benzene	6.72	6.7340	6.72	6.6810	6.72	6.4170	6.74	5.7290
n-Octane	6.98	2.1720	6.98	2.6040	6.97	2.6200	7.01	2.1510
Iso-Octane	7.75	0.8300	7.75	0.8510	7.74	0.8610	7.77	0.9550
Nonane	8.16	0.8630	8.15	0.8820	8.15	0.8920	8.19	1.0010
Dodecane	11.49	0.0860	11.48	0.1020	11.48	0.0900	11.52	0.0910
Naphtalene	11.68	0.7800	11.68	0.8120	11.68	0.7950	11.70	0.7440

BAB 5

KESIMPULAN

Dari penelitian tentang Peningkatan Bilangan Oktana Pada *Gasoline* Menggunakan Katalis Praseodimium(III)-EDTA/Zeolit diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Fabrikasi nanopartikel kompleks Praseodimium(III)-EDTA berhasil memperoleh ukuran kompleks Praseodimium(III)-EDTA dalam bentuk nanometer berdasarkan foto TEM, yaitu diameter 5,8-28,6 nm dan panjang 149,8 nm.
2. Impregnasi kristal besar dan nanopartikel kompleks Praseodimium(III)-EDTA ke dalam zeolit klinoptilolit berhasil dilakukan. Hal ini dibuktikan dari hasil karakterisasi katalis dengan menggunakan XRF dengan adanya kandungan Pr dalam katalis kristal besar Pr(III)-EDTA/zeolit dan katalis nanopartikel Pr(III)-EDTA/zeolit masing-masing sebesar 0,4175 % dan 0,5236 %.
3. Terjadi penurunan luas permukaan katalis yang awalnya sebesar 30,86 m²/g setelah penambahan kristal besar Pr(III)-EDTA menjadi sebesar 24,09 m²/g dan setelah penambahan nanopartikel Pr(III)-EDTA menjadi 9,91 m²/g. Hal ini disebabkan logam Pr(III) yang terimpregnasi menutupi permukaan pori dari zeolit.
4. Berdasarkan hasil analisis FTIR terlihat spektrum yang hampir sama antara katalis tanpa impregnasi dengan katalis yang diimpregnasi dengan kristal besar Pr(III)-EDTA maupun nanopartikel Pr(III)-EDTA. Hal ini disebabkan Pr(III)-EDTA hanya berinteraksi secara fisika dengan zeolit tanpa merubah struktur kristal zeolit.

5. Dari hasil karakterisasi katalis menggunakan XRD diperoleh katalis zeolit yang diimpregnasi dengan kristal besar Pr(III)-EDTA dan nanopartikel Pr(III)-EDTA memiliki puncak yang sama dengan katalis zeolit tanpa impregnasi. Tidak terbentuknya puncak-puncak baru menandakan bahwa tidak terbentuk fasa atau senyawa baru yang mempunyai kristalinitas yang tinggi. Hal ini membuktikan bahwa struktur kristal katalis zeolit tidak mengalami perubahan.
6. Pengukuran bilangan oktana dengan *octane meter* SHATOX SX-200 menunjukkan peningkatan bilangan oktana pada *gasoline* untuk katalis kristal besar Pr(III)-EDTA/Zeolit dan katalis nanopartikel Pr(III)-EDTA/Zeolit masing-masing dari 88, 2 menjadi 89,2 dan 89,6 atau terjadi kenaikan 1 dan 1,4. Sedangkan penambahan katalis zeolit tanpa modifikasi meningkatkan bilangan oktana dari 88, 2 menjadi 88,8 terjadi kenaikan 0,6.
7. Dari hasil karakterisasi dengan FTIR diperoleh spektrum yang sama antara *gasoline* tanpa penambahan katalis dengan spektrum FTIR *gasoline* dengan penambahan katalis kristal besar Pr(III)-EDTA dan katalis nanopartikel Pr(III)-EDTA. Hal ini disebabkan karena katalis kristal besar dan nanopartikel Pr(III)-EDTA hanya berinteraksi dengan *gasoline* tanpa merubah struktur *gasoline*. Hanya intensitasnya saja yang berbeda yang menandakan bahwa adanya interaksi dengan katalis kristal besar dan nanopartikel Pr(III)-EDTA.
8. Peningkatan bilangan oktana pada *gasoline* dapat terjadi akibat terjadi konversi katalitik dari alkana rantai lurus menjadi alkana rantai bercabang. Hal ini dibuktikan dari hasil analisis *gasoline* setelah penambahan katalis menggunakan GC-MS dimana terjadi penurunan % *peak area* untuk komponen n-Oktana yang merupakan alkana rantai lurus pada penambahan katalis nanopartikel Pr(III)-EDTA/Zeolit dan terjadi kenaikan % *peak area* komponen isooktana yang merupakan alkana rantai bercabang yang menunjukkan terjadinya konversi dari alkana rantai lurus menjadi alkana rantai bercabang.

DAFTAR REFERENSI

- Abdelsayed, V., Saoud, K.M., Samy, M.(2005). *Vapor phase synthesis and characterization of bimetallic alloy and supported nanoparticle catalysts*. Department of Chemistry, Virginia Commonwealth University, Richmond, VA, 23284-2006, USA
- Acid Picric*.. <http://en.wikipedia.org/wiki/Picric-acid.html>, accessed : April 14, 2010
- Ardhyarini. 2003. *Impregnasi La dan Ce Pada zeolit LZY-84 1/16” serta uji katalis pada perengkahan katalitik gas oil*. Karya utama sarjana kimia FMIPA UI.
- Aspinall, H.C.(2001). *Chemistry of the f-block elements*. CRC Press. p. 8.
- Cotton, Wilkinson.(1989). *Kimia Anorganik Dasar*, Peberbit Universitas Indonesia (UI Press).
- Chen L, Wang X *, Guo H, Guo X, Wang Y, Liu H, Li G. 2007. *Hydroconversion of n-octane over nanoscale HZSM-5 zeolites promoted by 12-molybdophosphoric acid and Ni*. *Catalysis Communications* 8 ,pp 416–423.
- Gasoline*.<http://en.wikipedia.org/wiki/gasoline.html>.accessed:October 10,2010.
- Guzman D. K.A., Taylor M.R., Banfield J.F. (2006). *Environmental Risks Of Nanotechnology*. National nanotechnology initiative funding, Environ. Sci. Technol.
- Hatch, Lewis F, Sami M,From.(1982). *Hydrocarbon To Petrochemicals*. Gulf Publishing Company, Houston
- Huang,P.X., Wu, F. Zhu, B. L., Li, Y., Wang, X. P., Gao, H. Y., Zhu, T. Y., Yan, W. P., Huang, S., Zhang, M., Song, D.Y. (2006). *Praseodymium*

Hydroxide and Oxide Nanorods and Au/Pr₆O₁₁ Nanorod Catalysts for CO Oxidation. J. Phys. Chem. B , 110 (4), pp 1614–1620.

Khaerudin, J.M, Cathaputra E, winoto, H.P. (2007). *Produksi Isopropil Alkohol Murni Untuk Aditif Bensin yang Ramah Lingkungan Sebagai Wujud Pemanfaatan Produk Samping Pada Industri Gas Alam*. Lomba karya ilmiah mahasiswa ITB bidang energy.

Kilbourn, B.T.(1986). *The Role Of Lantanida*. J. Less-Common Metals, 126, pp 101-106.

Komalasari, S.(2009). *Potensi Nanopartikel Au Pada Zeolit Klinoptilolit Termodifikasi Ligan L-Sistein Sebagai Adsorben Ion Pb(III)*. Karya utama sarjana kimia FMIPA UI.

Kusrini, E., Saleh,M.I. (2009). *Luminescence and structural studies of yttrium and heavier lanthanide-picrate complexes with pentaethylene glycol*, *Inorg. Chim. Acta*, 362, 4025.

Kusrini, E., Saleh,M.I., Adnan, R., Rohanizah, Rahim, Fun,H.K.(2010). *Tiga Dimensi Struktur Polimer dan Studi Magnetik Heterometalik Na (I)-Gd (III) kompleks dengan etilendiaminatetraasetat*, *Inorg. Chim. Acta*.

Krisnandi, Krisyuningsih,Y.(2006). *Diktat Kuliah Material Aluminosilika*. Dept. Kimia FMIPA UI, Depok.

Lantanida. <http://id.wikipedia.org/wiki/Lantanida.html>, accessed : April 9, 2010.

Leach, Bruce, E. (1983). *Applied Industrial and Catalysis vol 1*. Academic Press.

Microstruktural Analysis. <http://www.nims.go.jp/hm21/MA/index.html>, accessed :14 April, 2010.

Nanoparticle.<http://en.wikipedia.org/wiki/Nanoparticle.html>.accessed:April 9,2010.

Octane Rating. http://en.wikipedia.org/wiki/octane_rating.html. accessed:October 18,2010.

Oikawa, H., Oshikiri, T., Kasai, H., Okada, S., Tripathy, S.K., Nakanishi, H. (2000). *Various Types of Polydiacetylene Microcrystals Fabricated by Reprecipitation Technique and Some Applications*, *Polym. Adv. Technol.* 11 783.

Ralph F.J., Joan F. S.(1997). *Dasar-Dasar Kimia Organik*. Bina Rupa Aksara, Jakarta

Richardson, J.T. (1989). *Principles of Catalyst Development*. New York: Plenum Press.

Roccky. (2007). *Studi nanopartikel emas termodifikasi dithizone sebagai sensor ion logam*. Karya utama sarjana kimia FMIPA UI.

Saleh, M.I., Kusriani, E., Adnan, R., Rahman, I.A., Saad, B., Usman, A., Fun, H.K., Yamin, B.M.(2005). *The crystal structure and thermal stability of [bis-picrate (pentaethylene glycol)] praseodymium(III) picrate complex*, *J. Chem. Crystallograp.* 35, 469.

Scholes, G.D., Rumbles, G.(2006). *Excitons in Nanoscale Systems*, *Nat. Mater.* 5 683.

Spesifikasi Bahan Bakar Minyak Jenis Bensin 88. www.migas.esdm.go.id. accessed:October 15,2010.

Struktur EDTA. http://en.wikipedia.org/wiki/File:Edta_structure.html. Accessed : April 3, 2010.

Trisunaryanti, W., Shiba, R., Miura, M., Nomura, M., Nishiyama, N., Matsukata, M. (1996). *Characterization and Modification of Indonesian Natural Zeolite and Their Properties for Hydrocracking of parafin*, *Journal of The Japan Petroleum Institute*, Vol.39, No.1, 20-25.

Windsor, C.M. (1998). *Computational Studies of Zeolit Catalysis*. Rev. Maret.

LAMPIRAN

Lampiran 1

Data Perhitungan

1. Impregnasi kristal besar Pr(III)-EDTA ke dalam zeolit klinoptilolit dengan perbandingan 2 % berat/berat (zeolit yang digunakan 4 gram)

$$\frac{x \text{ gram}}{4 \text{ gram} + X \text{ gram}} \times 100 \% = 2 \%$$

$$100 x = 8 + 2x$$

$$98 x = 8$$

$$x = 0,0816 \text{ gram}$$

2. Impregnasi nanopartikel Pr(III)-EDTA ke dalam zeolit klinoptilolit dengan perbandingan 2 % berat/berat (zeolit yang digunakan 4 gram)

$$\frac{x \text{ gram}}{4 \text{ gram} + X \text{ gram}} \times 100 \% = 2 \%$$

$$100 x = 8 + 2x$$

$$98 x = 8$$

$$x = 0,0816 \text{ gram}$$

Lampiran 2

Hasil Karakterisasi Katalis Zeolit dengan *Surface Area Analyzer* (BET)

KEMENTERIAN KEUANGAN REPUBLIK INDONESIA
BALAI PENGUJIAN DAN IDENTIFIKASI BARANG JAKARTA
Quantachrome NovaWin ©1994-2007, Quantachrome Instruments v10.01



Analysis
Operator:nureffe
Sample ID: contoh Zeolit

Date:2010/10/13
Filename:

Report
Operator:nureffe
C:\QC\data\Physisorb\mf_contoh 2.qps

Date:10/14/2010

Isotherm

Relative Pressure	Volume @ STP	Relative Pressure	Volume @ STP	Relative Pressure	Volume @ STP
	[cc/g]		[cc/g]		[cc/g]
5.36610e-02	9.3918	5.51473e-01	11.5146	8.00070e-01	18.2949
7.98200e-02	9.6126	6.01508e-01	11.7587	7.53895e-01	16.8176
1.02618e-01	9.7985	6.49524e-01	12.0453	7.00489e-01	15.7593
1.28054e-01	9.9654	7.01382e-01	12.4827	6.50384e-01	14.9873
1.53246e-01	10.1022	7.49616e-01	12.9994	5.97781e-01	14.4059
1.78096e-01	10.2219	7.96671e-01	13.8536	5.46538e-01	14.0006
2.03441e-01	10.3240	8.48626e-01	15.2586	4.98102e-01	13.4797
2.28927e-01	10.4170	8.98367e-01	18.1107	4.30386e-01	11.8566
2.53365e-01	10.4893	9.48667e-01	24.2751	3.95274e-01	11.6653
2.77803e-01	10.5715	9.82221e-01	37.0106	3.48723e-01	11.5438
3.02743e-01	10.6517	9.93020e-01	56.5700	2.96552e-01	11.3874
3.63166e-01	10.8122	9.80037e-01	53.4389	2.46719e-01	11.2674
4.05584e-01	10.9585	9.52248e-01	40.7213	1.96538e-01	11.1426
4.51976e-01	11.1196	8.99575e-01	27.4434	1.47040e-01	10.9676
5.01417e-01	11.3034	8.43502e-01	20.4645	9.70400e-02	10.7643

Multi-Point BET

Relative Pressure	Volume @ STP	$1 / [W((P_0/P) - 1)]$	Relative Pressure	Volume @ STP	$1 / [W((P_0/P) - 1)]$
[P/P ₀]	[cc/g]		[P/P ₀]	[cc/g]	
1.02618e-01	9.7985	9.3377e+00	2.53365e-01	10.4993	2.5860e+01
1.53246e-01	10.1022	1.4334e+01	3.02743e-01	10.6517	3.2615e+01
2.03441e-01	10.3240	1.9794e+01			

MBET summary

Slope = 116.040
Intercept = -3.178e+00
Correlation coefficient, r = 0.997905
C constant = -35.518

Surface Area = 30.856 m²/g

Total Pore Volume data

Total Pore Volume

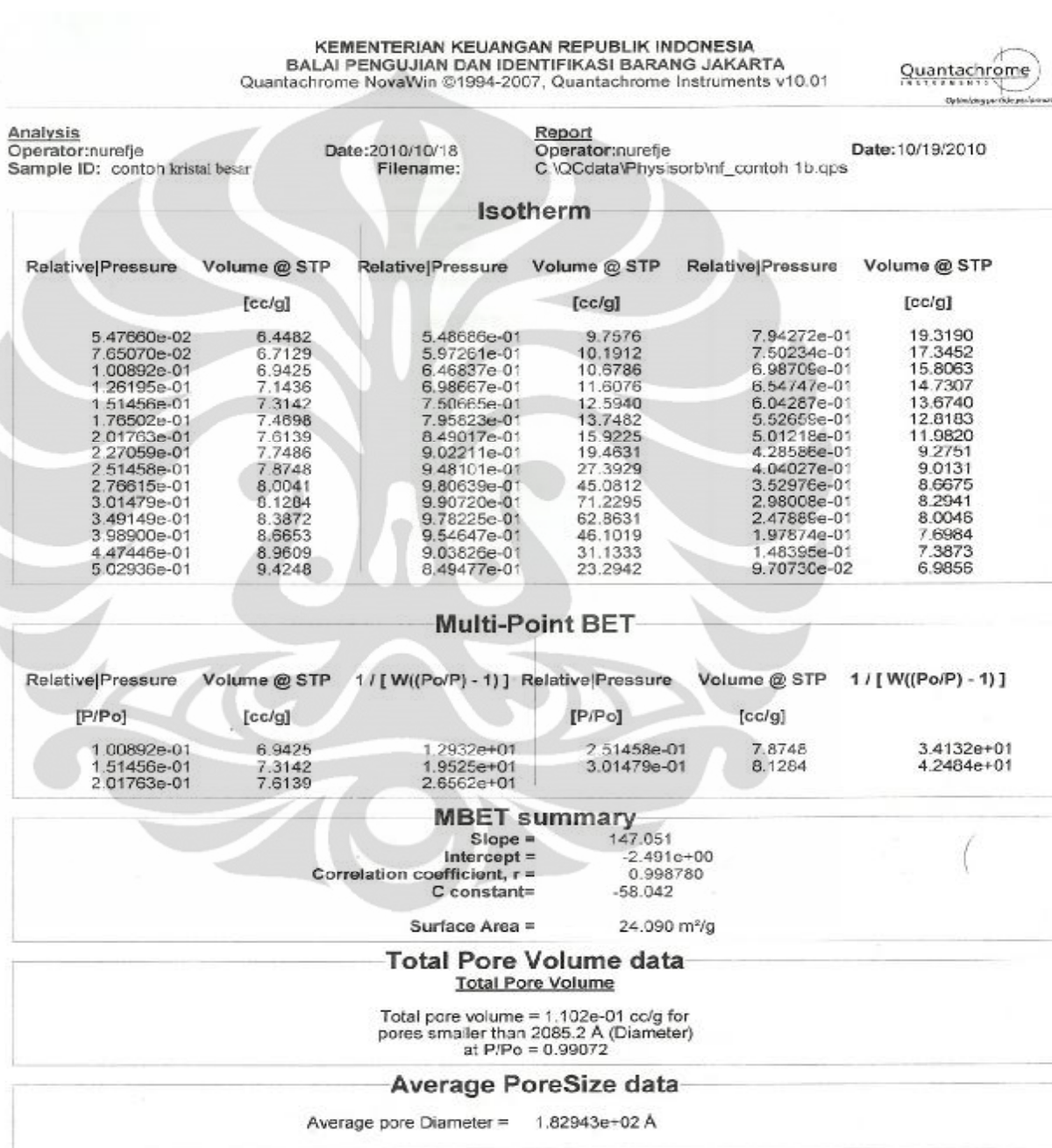
Total pore volume = 8.750e-02 cc/g for
pores smaller than 2763.4 Å (Diameter)
at P/P₀ = 0.99302

Average Pore Size data

Average pore Diameter = 1.13433e+02 Å

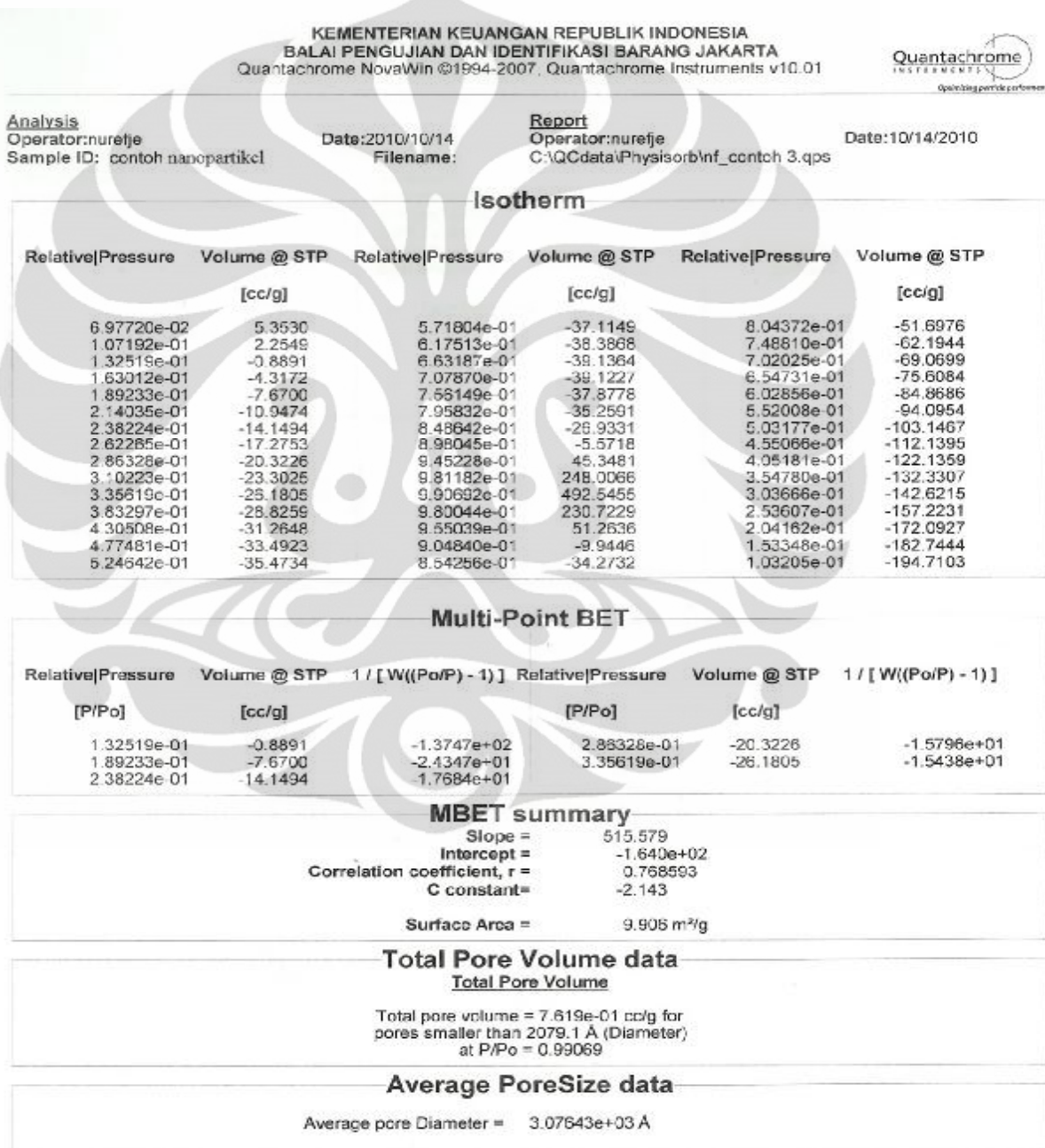
Lampiran 3

Hasil Karakterisasi Katalis Kristal Besar Pr(III)-EDTA/Zeolit dengan *Surface Area Analyzer* (BET)

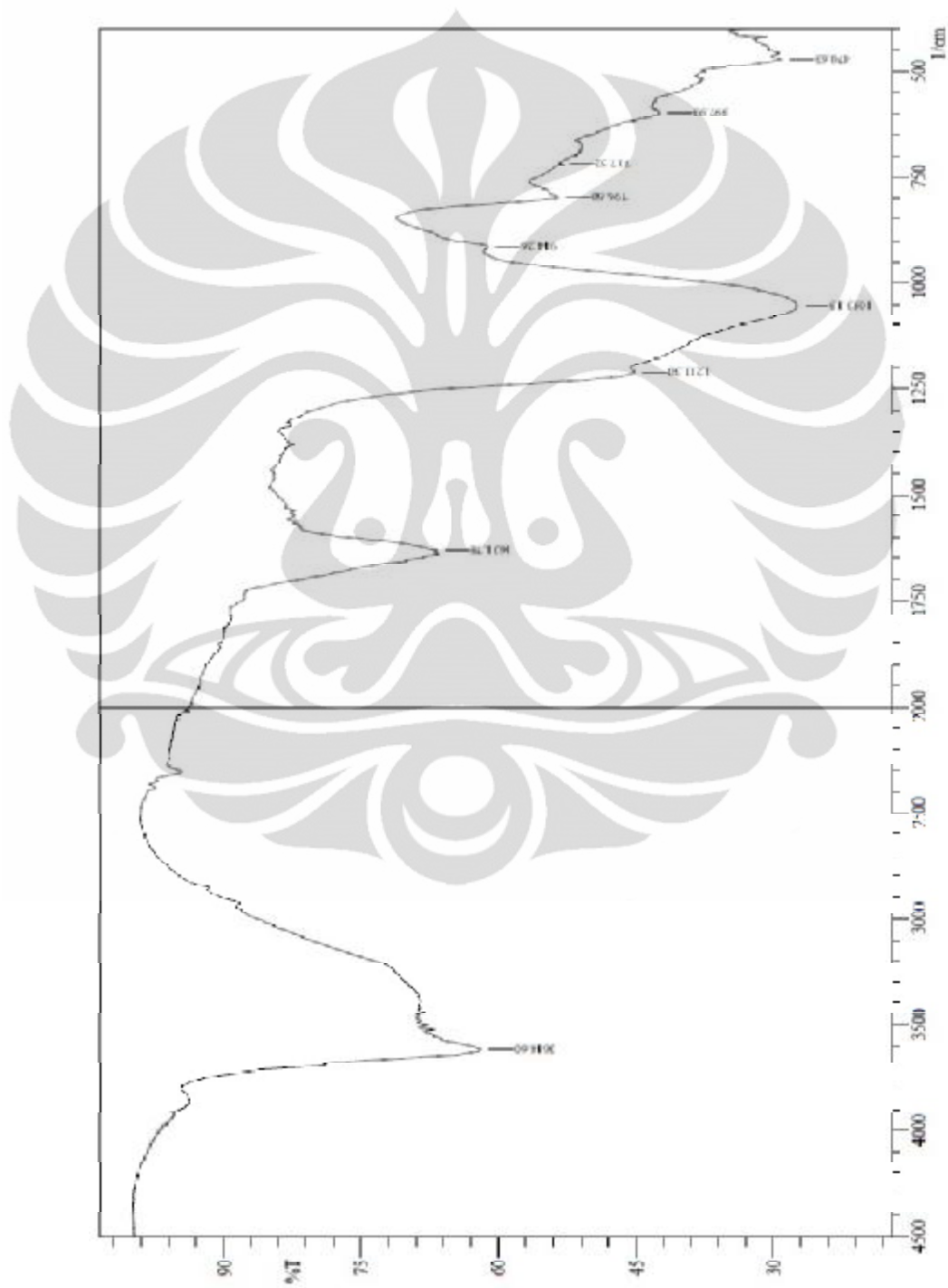


Lampiran 4

Hasil Karakterisasi Katalis Nanopartikel Pr(III)-EDTA/Zeolit dengan *Surface Area Analyzer (BET)*

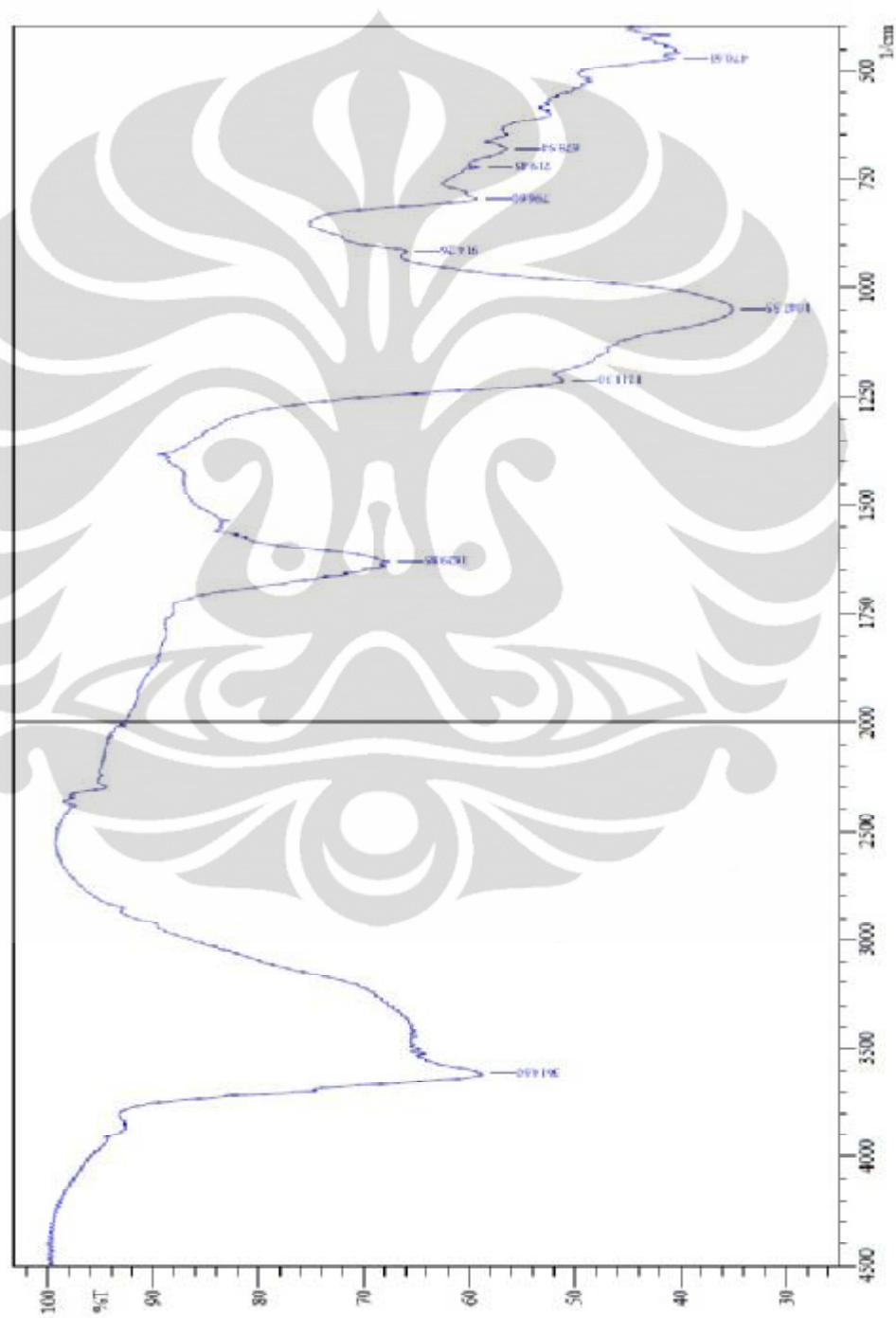


Lampiran 5
Spektrum FT-IR Katalis Zeolit



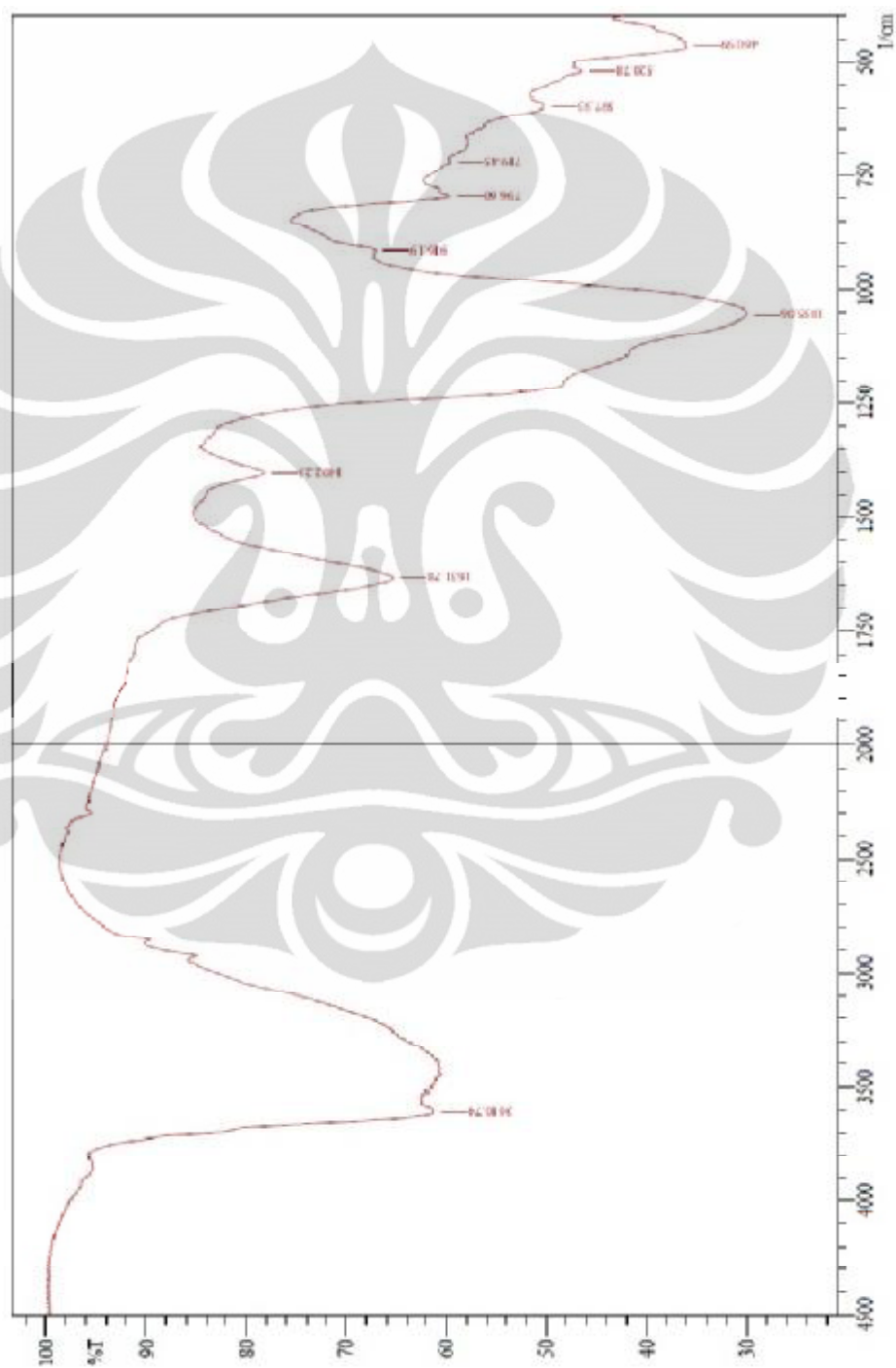
Lampiran 6

Spektrum FT-IR Katalis Kristal Besar Pr(III)-EDTA/Zeolit

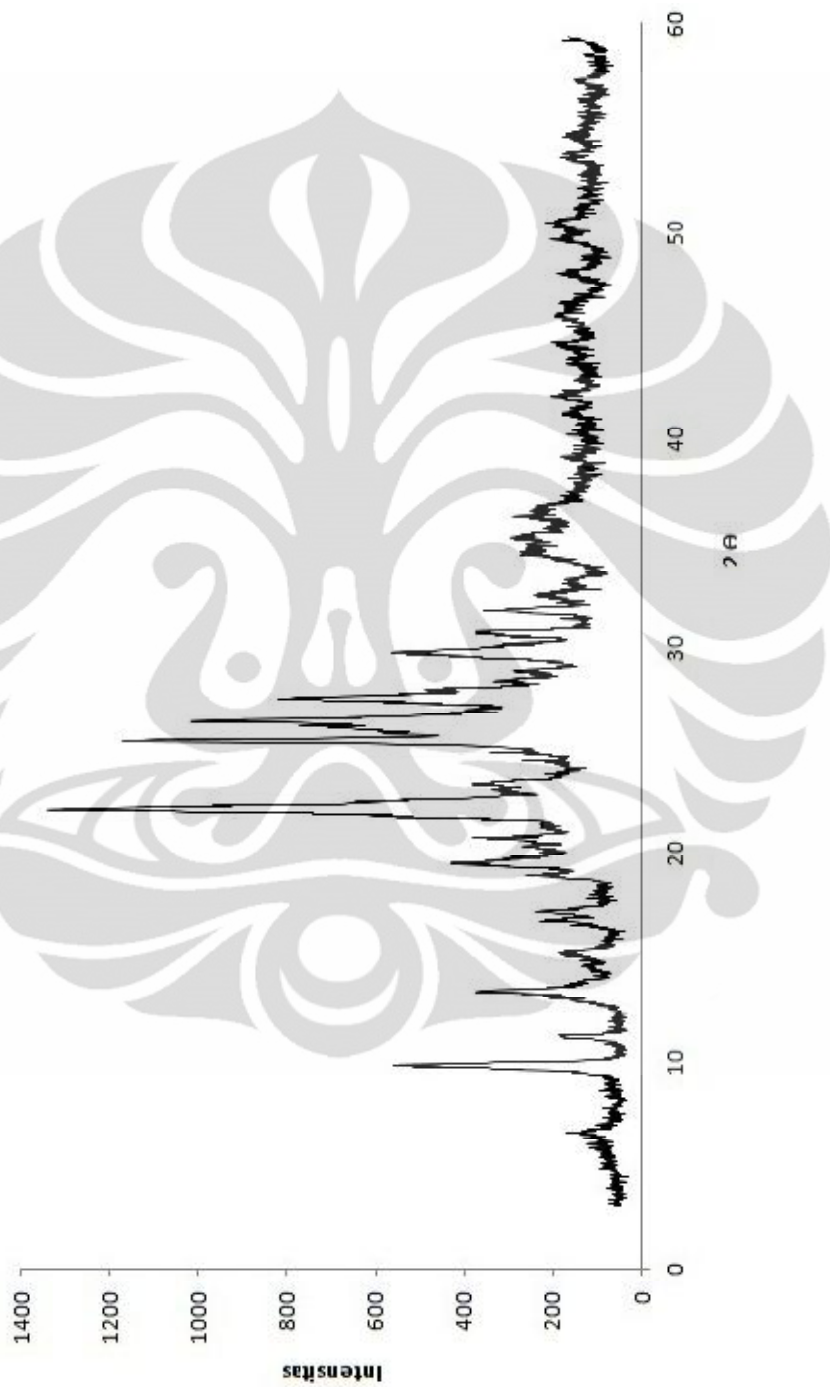


Lampiran 7

Spektrum FT-IR Katalis Nanopartikel Pr(III)-EDTA/Zeolit

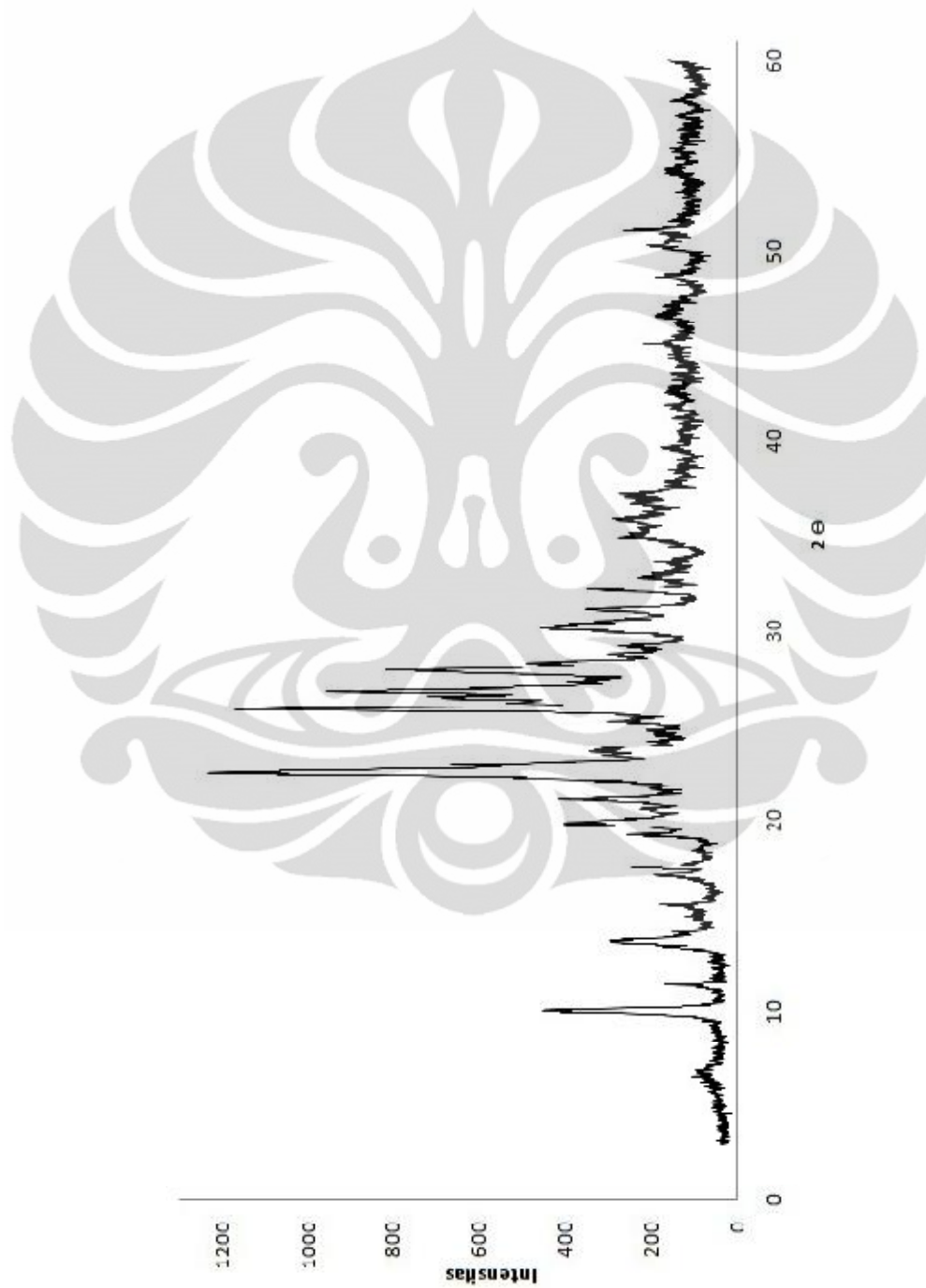


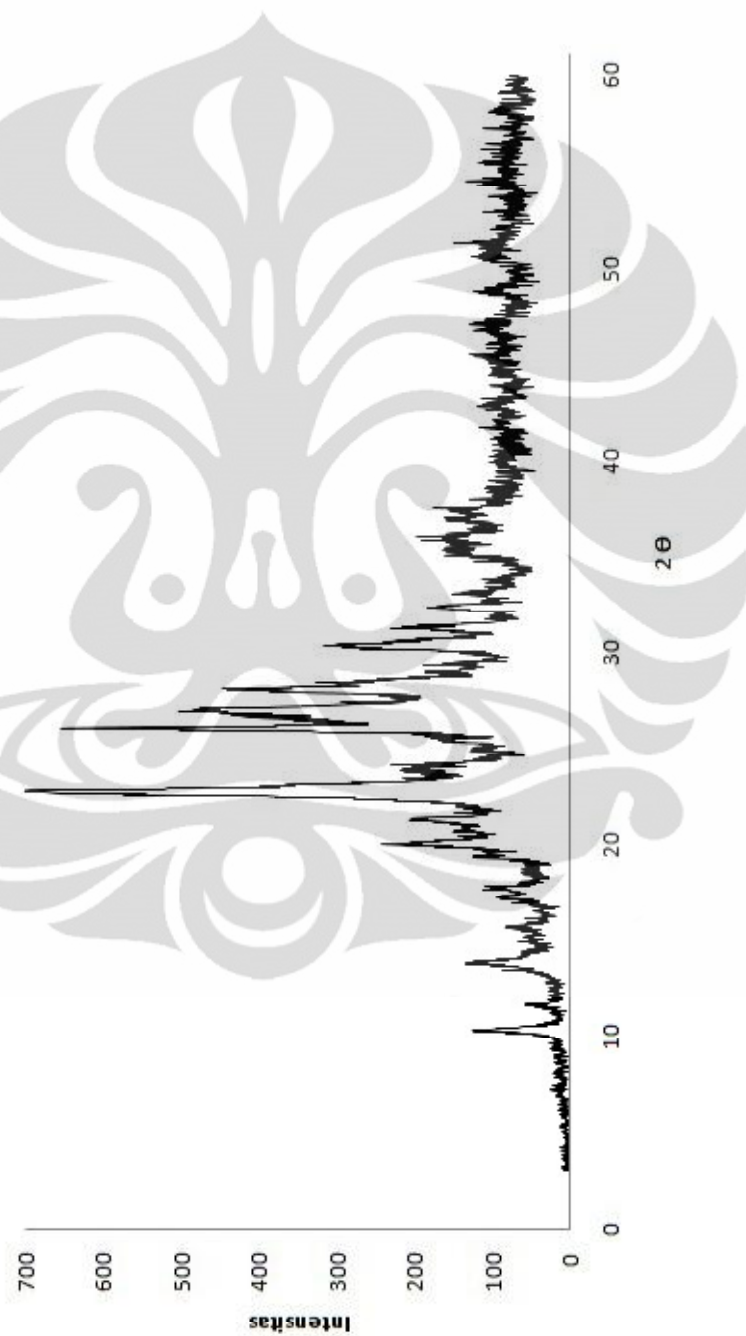
Lampiran 8
Difraktogram XRD Katalis Zeolit



Lampiran 9

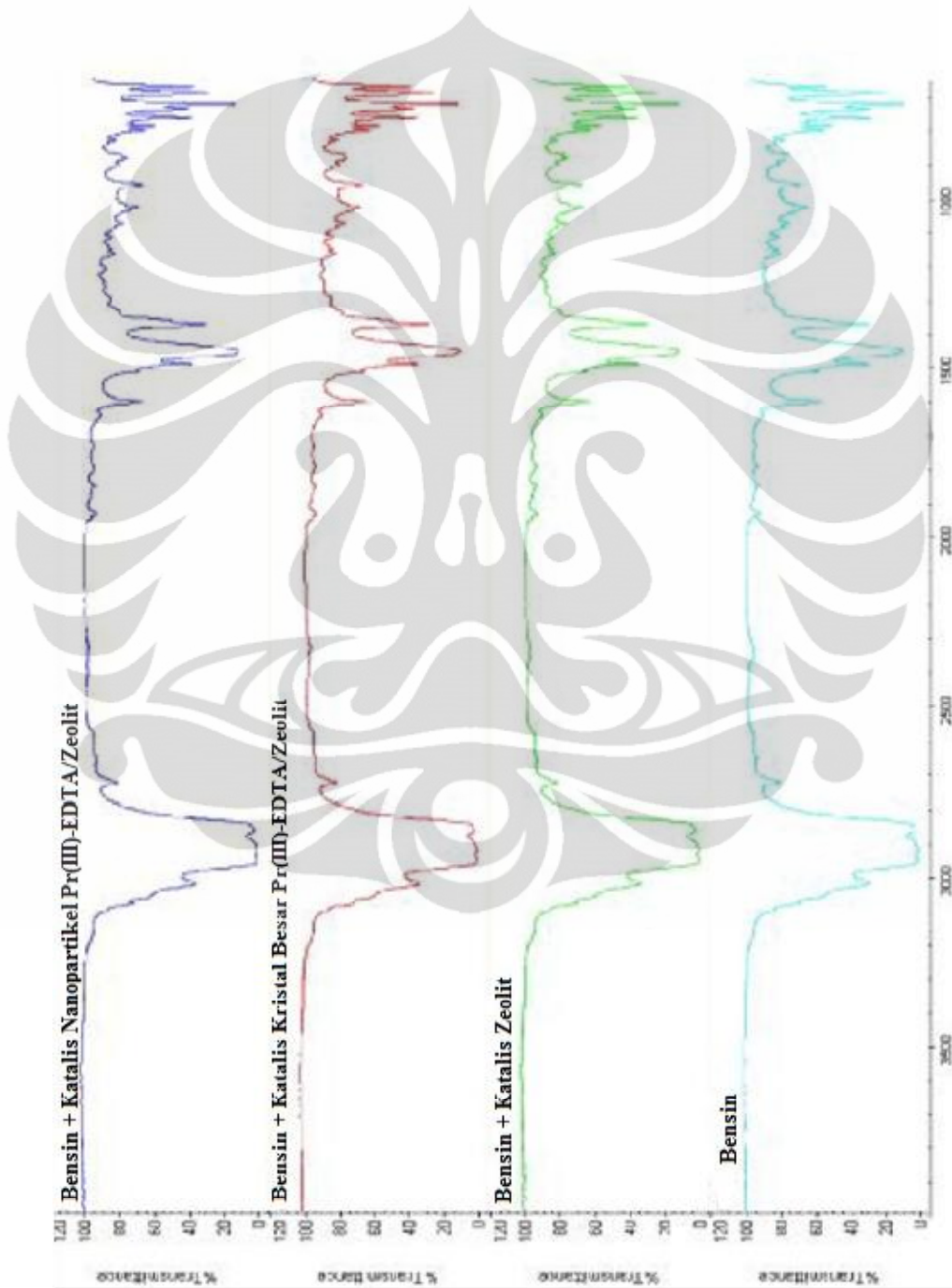
Difraktogram XRD Katalis Kristal Besar Pr(III)-EDTA/Zeolit



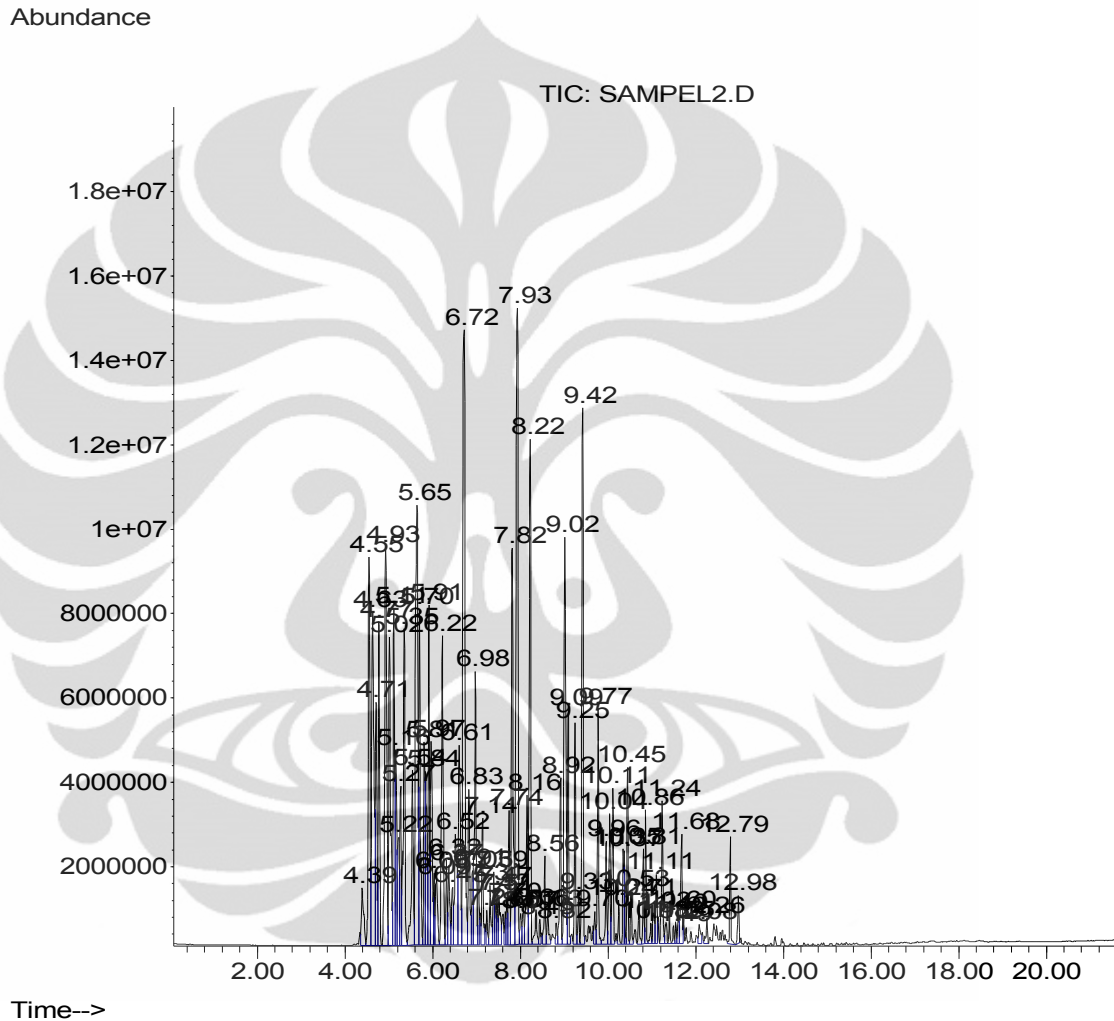
Lampiran 10**Difraktogram XRD Katalis Nanopartikel Pr(III)-EDTA/Zeolit**

Lampiran 11

Spektrum FT-IR Gasoline Sebelum dan Sesudah Penambahan Katalis



Lampiran 12
Kromatogram GC-MS Gasoline



Area Percent Report

Data Path : F:\DATA INJEK START FROM 5 MART 2010\MAHASISWA\VINO\
 Data File : SAMPEL2.D
 Acq On : 16 Dec 2010 10:01
 Operator : VINO HASYIM
 Sample : SAMPEL BENSIN
 Misc :
 ALS Vial : 1 Sample Multiplier: 1

Integration Parameters: VINO.E
 Integrator: ChemStation

Method : C:\MSDCHEM\1\METHODS\BBM LGS.M

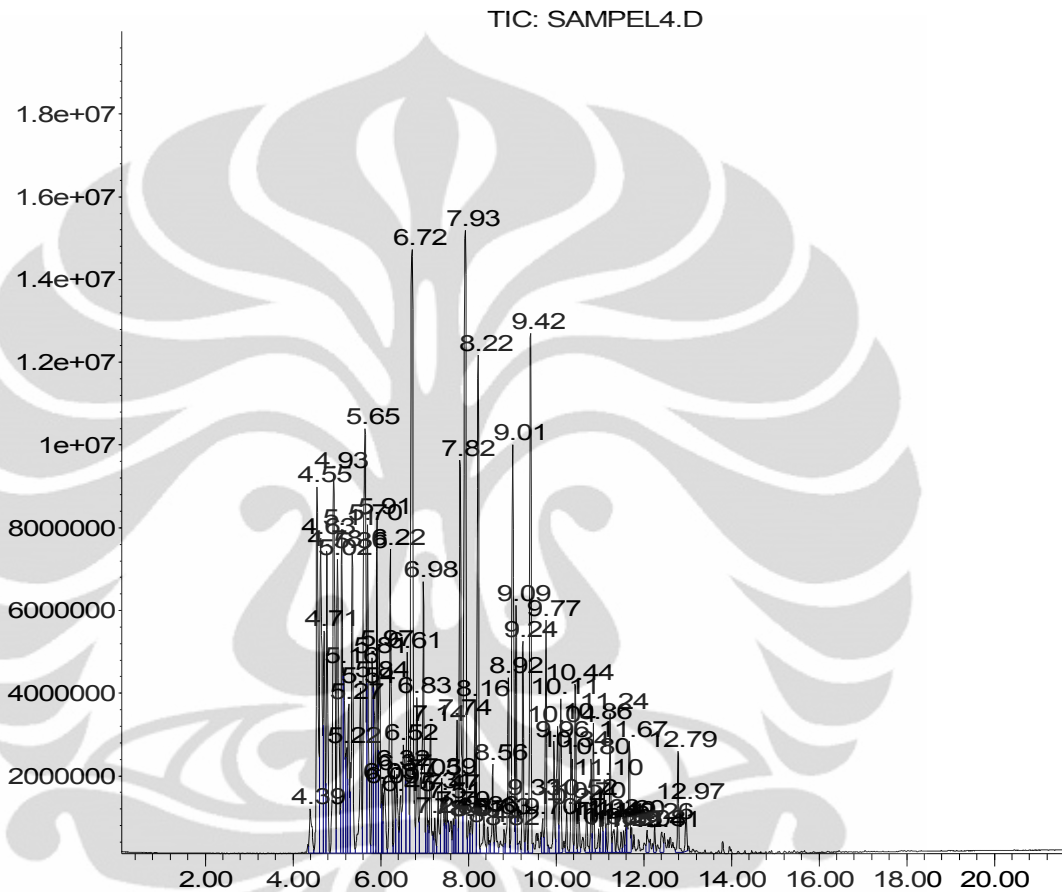
(Lanjutan)

peak #	R.T. min	first scan	max scan	last scan	PK TY	peak height	corr. area	corr. % max.	% of total
1	4.396	485	490	499	VV 3	1351954	50713030	9.11%	0.613%
2	4.555	499	508	512	VV	9024388	252574963	45.35%	3.054%
3	4.625	512	516	523	VV 2	7815790	275552945	49.48%	3.332%
4	4.714	523	526	530	VV	5790760	146718219	26.35%	1.774%
5	4.775	530	533	541	VV	7685193	175781537	31.56%	2.125%
6	4.934	541	551	557	PV 4	9344378	292281058	52.48%	3.534%
7	5.013	557	560	568	VV 2	7163631	202215382	36.31%	2.445%
8	5.110	568	571	575	VV	7881063	197130220	35.40%	2.383%
9	5.163	575	577	581	VV 2	4669769	109462390	19.66%	1.323%
10	5.225	581	584	586	VV 2	2562573	70245019	12.61%	0.849%
11	5.269	586	589	592	VV 2	3732531	81908679	14.71%	0.990%
12	5.357	592	599	606	VV 2	7379928	200019635	35.92%	2.418%
13	5.542	606	620	624	VV 2	4063951	121202377	21.76%	1.465%
14	5.648	624	632	635	VV 3	10383003	381917369	68.58%	4.618%
15	5.701	635	638	646	VV 2	7968112	190732585	34.25%	2.306%
16	5.816	646	651	652	VV 2	4715007	97383526	17.49%	1.177%
17	5.833	652	653	659	VV 3	4072427	106534475	19.13%	1.288%
18	5.912	659	662	665	VV	7936906	170942634	30.70%	2.067%
19	5.965	665	668	673	VV 3	4824023	137077995	24.61%	1.657%
20	6.036	673	676	678	VV	1649822	30200858	5.42%	0.365%
21	6.089	678	682	689	VV 4	1538315	53679204	9.64%	0.649%
22	6.221	689	697	704	VV 3	7209775	206897670	37.15%	2.502%
23	6.318	704	708	711	VV	1924878	35597023	6.39%	0.430%
24	6.371	711	714	720	VV 4	1808713	52653998	9.45%	0.637%
25	6.450	720	723	726	VV 3	1364062	33322689	5.98%	0.403%
26	6.521	726	731	736	VV 3	2659513	102858257	18.47%	1.244%
27	6.609	736	741	747	VV 2	4763750	160433019	28.81%	1.940%
28	6.715	747	753	762	VV	14555772	556906954	100.00%	6.734%
29	6.829	762	766	771	VV 2	3589575	88221905	15.84%	1.067%
30	6.909	771	775	776	VV 2	1753845	34317690	6.16%	0.415%
31	6.979	776	783	788	VV 3	6315169	179614730	32.25%	2.172%
32	7.050	788	791	794	VV 2	1685097	35869284	6.44%	0.434%
33	7.138	797	801	806	VV	2991955	63079575	11.33%	0.763%
34	7.235	810	812	817	VV 3	793108	16162713	2.90%	0.195%
35	7.305	817	820	826	VV 3	1359802	34629223	6.22%	0.419%
36	7.393	826	830	832	VV	1729335	35255287	6.33%	0.426%
37	7.429	832	834	836	VV 3	1153376	21163522	3.80%	0.256%
38	7.473	836	839	841	VV	1328943	24924225	4.48%	0.301%
39	7.517	841	844	850	VV 5	1116721	36002590	6.46%	0.435%
40	7.658	857	860	862	VV	801119	14909855	2.68%	0.180%
41	7.693	862	864	866	VV 3	938150	17699146	3.18%	0.214%

Lampiran 13

Kromatogram GC-MS *Gasoline* + Katalis Zeolit

Abundance



Time-->

Area Percent Report

Data Path : F:\DATA INJEK START FROM 5 MART 2010\MAHASISWA\VINO\
 Data File : SAMPEL4.D
 Acq On : 16 Dec 2010 11:26
 Operator : VINO HASYIM
 Sample : SAMPEL BENSIN+KATALIS ZEOLIT
 Misc :
 ALS Vial : 1 Sample Multiplier: 1

Integration Parameters: VINO.E
 Integrator: ChemStation

Method : C:\MSDCHEM\1\METHODS\BBM LGS.M

(Lanjutan)

peak #	R.T. min	first scan	max scan	last scan	PK TY	peak height	corr. area	corr. % max.	% of total
1	4.396	485	490	499	VV 3	1068345	42185078	7.47%	0.499%
2	4.555	499	508	513	VV	8641546	253513428	44.88%	2.999%
3	4.626	513	516	523	VV 2	7508902	261899665	46.37%	3.098%
4	4.714	523	526	530	VV	5421726	140449469	24.87%	1.661%
5	4.776	530	533	541	VV	7320268	177690755	31.46%	2.102%
6	4.934	541	551	557	PV 4	9107447	293499159	51.96%	3.471%
7	5.022	557	561	568	VV 2	6955653	199568836	35.33%	2.360%
8	5.110	568	571	575	VV	7711938	203090480	35.96%	2.402%
9	5.163	575	577	582	VV 2	4540494	121381670	21.49%	1.436%
10	5.225	582	584	586	VV 2	2502739	48984057	8.67%	0.579%
11	5.269	586	589	592	VV 2	3564996	81498717	14.43%	0.964%
12	5.357	592	599	606	VV 2	7184908	202572464	35.86%	2.396%
13	5.542	606	620	625	VV 3	3917092	120816073	21.39%	1.429%
14	5.648	625	632	635	VV 3	10238996	380853775	67.43%	4.505%
15	5.701	635	638	646	VV 2	7938773	195641346	34.64%	2.314%
16	5.816	646	651	652	VV 2	4643922	94469016	16.73%	1.117%
17	5.833	652	653	659	VV 3	4098851	109219918	19.34%	1.292%
18	5.913	659	662	665	VV	7929073	175581740	31.09%	2.077%
19	5.966	665	668	674	VV 4	4847925	138434337	24.51%	1.637%
20	6.036	674	676	678	VV	1643614	30308596	5.37%	0.358%
21	6.089	678	682	689	VV 4	1563052	55206464	9.77%	0.653%
22	6.221	689	697	704	VV 3	7202104	210721327	37.31%	2.492%
23	6.318	704	708	711	VV	1902934	36193355	6.41%	0.428%
24	6.371	711	714	720	VV 4	1838914	54520417	9.65%	0.645%
25	6.450	720	723	726	VV 3	1375621	34913712	6.18%	0.413%
26	6.521	726	731	736	VV 3	2659839	104909907	18.57%	1.241%
27	6.609	736	741	747	VV 2	4851884	164866236	29.19%	1.950%
28	6.715	747	753	762	VV	14569592	564822369	100.00%	6.681%
29	6.829	762	766	771	VV	3682727	90754191	16.07%	1.073%
30	6.979	771	783	788	VV 3	6400727	220162681	38.98%	2.604%
31	7.050	788	791	794	VV 2	1728487	37295892	6.60%	0.441%
32	7.138	797	801	806	VV	3081857	65383272	11.58%	0.773%
33	7.235	810	812	817	VV 3	834070	17386770	3.08%	0.206%
34	7.306	817	820	826	VV 3	1413278	36447363	6.45%	0.431%
35	7.394	826	830	836	VV 2	1782659	59155615	10.47%	0.700%
36	7.473	836	839	841	VV	1377040	26023305	4.61%	0.308%
37	7.508	841	843	846	VV 2	1167794	23184442	4.10%	0.274%
38	7.658	857	860	862	VV 2	845321	15939834	2.82%	0.189%
39	7.693	862	864	866	VV 3	976528	18446227	3.27%	0.218%
40	7.746	866	870	873	VV	3177174	71959045	12.74%	0.851%
41	7.817	873	878	884	VV 2	9550560	257196511	45.54%	3.042%
42	7.931	884	891	896	VV	15058871	520270540	92.11%	6.154%
43	8.011	896	900	903	VV 3	789211	19673833	3.48%	0.233%

(Lanjutan)

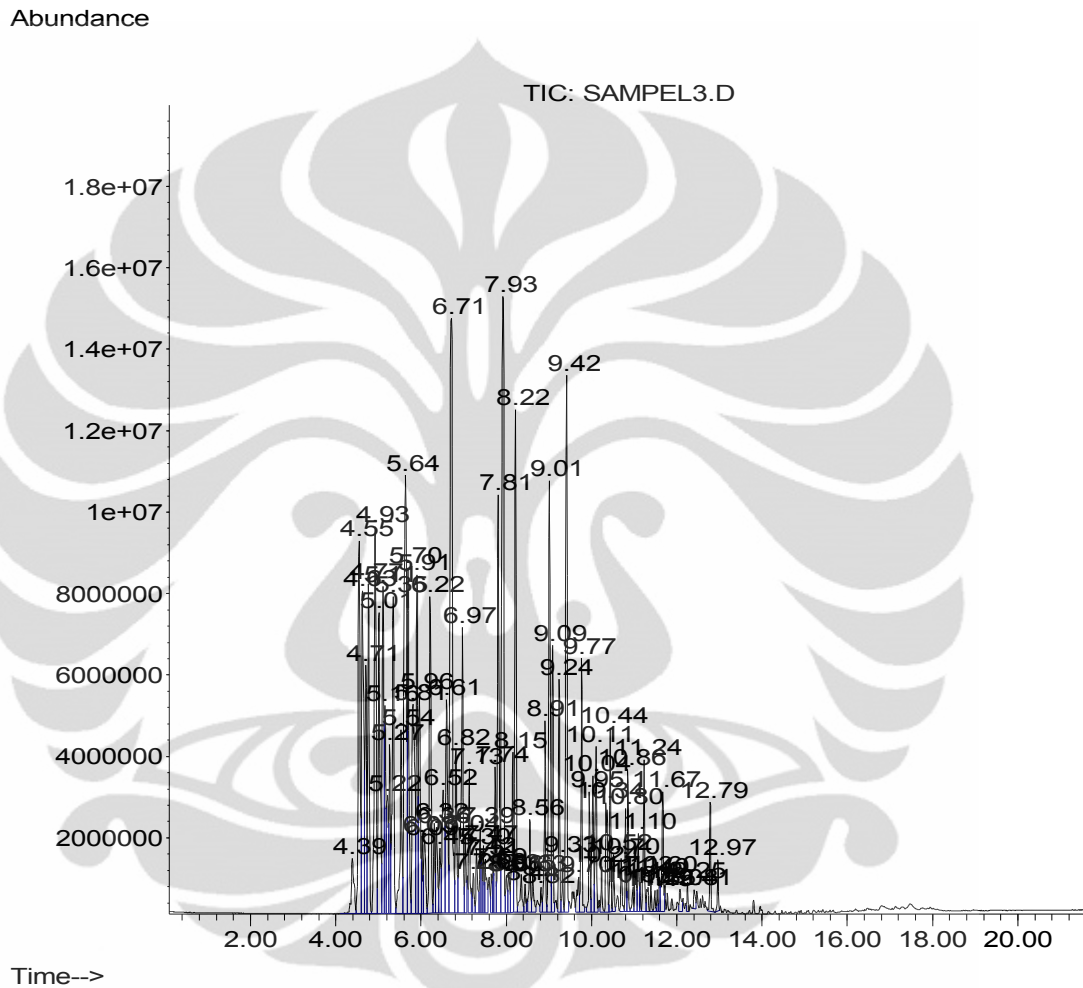
44	8.072	903	907	910	VV	6	792623	24202820	4.29%	0.286%
45	8.152	910	916	919	VV	2	3495419	74548344	13.20%	0.882%
46	8.222	919	924	929	VV		11882895	285265062	50.51%	3.374%
47	8.355	929	939	946	VV	2	828839	27918127	4.94%	0.330%
48	8.443	946	949	952	VV		617220	12626863	2.24%	0.149%
49	8.557	956	962	966	VV	2	2091125	44293534	7.84%	0.524%
50	8.628	966	970	977	VV	2	810146	23662646	4.19%	0.280%
51	8.822	988	992	995	VV	2	553037	11417171	2.02%	0.135%
52	8.919	995	1003	1007	VV		4106224	90590020	16.04%	1.071%
53	9.016	1007	1014	1019	VV		9737142	294107267	52.07%	3.479%
54	9.095	1019	1023	1027	VV		5822578	103292882	18.29%	1.222%
55	9.245	1035	1040	1045	VV		5108626	95027629	16.82%	1.124%
56	9.324	1045	1049	1053	VV		1186478	22130557	3.92%	0.262%
57	9.421	1053	1060	1065	VV		12593756	302599196	53.57%	3.579%
58	9.694	1089	1091	1094	VV		790542	15337841	2.72%	0.181%
59	9.774	1094	1100	1104	VV		5561035	109990446	19.47%	1.301%
60	9.959	1108	1121	1124	VV		2572080	55163705	9.77%	0.652%
61	10.038	1124	1130	1133	VV	2	3039988	78062606	13.82%	0.923%
62	10.109	1133	1138	1143	VV	2	3767377	88289242	15.63%	1.044%
63	10.241	1149	1153	1160	VV		1039951	19793794	3.50%	0.234%
64	10.347	1160	1165	1172	VV	2	2281131	75132829	13.30%	0.889%
65	10.444	1172	1176	1181	VV		4122496	74432742	13.18%	0.880%
66	10.523	1181	1185	1190	VV	2	1267396	26417259	4.68%	0.312%
67	10.699	1200	1205	1212	VV		1126498	24112212	4.27%	0.285%
68	10.805	1212	1217	1220	VV		2256284	39254643	6.95%	0.464%
69	10.858	1220	1223	1228	VV		3138691	54187619	9.59%	0.641%
70	10.973	1228	1236	1239	VV	2	550208	13274024	2.35%	0.157%
71	11.034	1239	1243	1247	VV	3	785795	25309413	4.48%	0.299%
72	11.105	1247	1251	1254	VV	2	1694063	35344997	6.26%	0.418%
73	11.140	1254	1255	1259	VV		670386	10367440	1.84%	0.123%
74	11.237	1259	1266	1271	VV	3	3349932	75524853	13.37%	0.893%
75	11.325	1271	1276	1280	VV	3	528506	17494076	3.10%	0.207%
76	11.396	1280	1284	1289	VV		721226	13807847	2.44%	0.163%
77	11.484	1289	1294	1297	VV		463105	8651601	1.53%	0.102%
78	11.546	1297	1301	1304	VV	2	519382	10131101	1.79%	0.120%
79	11.599	1304	1307	1309	VV		773359	14222077	2.52%	0.168%
80	11.678	1309	1316	1319	VV	2	2608461	68682870	12.16%	0.812%
81	12.083	1358	1362	1367	VV	4	516504	15744815	2.79%	0.186%
82	12.251	1378	1381	1385	VV		652851	13053384	2.31%	0.154%
83	12.410	1395	1399	1404	VV	2	493267	15560133	2.75%	0.184%
84	12.789	1434	1442	1454	VV		2477545	47184447	8.35%	0.558%
85	12.974	1454	1463	1467	PV		1129782	21260313	3.76%	0.251%

Sum of corrected areas: 8454562334

BBM LGS.M Th Area Percent Report

Lampiran 14

Kromatogram GC-MS *Gasoline* + Katalis Kristal Besar Pr(III)-EDTA/Zeolit



Area Percent Report

Data Path : F:\DATA INJEK START FROM 5 MART 2010\MAHASISWA\VINO\
 Data File : SAMPEL3.D
 Acq On : 16 Dec 2010 10:56
 Operator : VINO HASYIM
 Sample : SAMPEL BENSIN+KATALIS KRISTAL BESAR Pr(III)-
 EDTA/ZEOLIT
 Misc :
 ALS Vial : 1 Sample Multiplier: 1

Integration Parameters: VINO.E
 Integrator: ChemStation

Method : C:\MSDCHEM\1\METHODS\BBM LGS.M

(Lanjutan)

peak #	R.T. min	first scan	max scan	last scan	PK TY	peak height	corr. area	corr. % max.	% of total
1	4.396	457	490	499	BV 3	1337276	57044304	9.57%	0.614%
2	4.546	499	507	512	VV	9066912	271679197	45.60%	2.926%
3	4.625	512	516	522	VV 2	7914679	294878283	49.49%	3.176%
4	4.705	522	525	529	VV	6011790	158410480	26.59%	1.706%
5	4.775	529	533	540	VV	7946556	198006824	33.23%	2.132%
6	4.925	540	550	556	VV 4	9447697	320543007	53.80%	3.452%
7	5.013	556	560	567	VV 2	7429614	225188043	37.79%	2.425%
8	5.110	567	571	575	VV	8082799	222863162	37.40%	2.400%
9	5.154	575	576	580	VV 2	5055941	117202428	19.67%	1.262%
10	5.216	580	583	586	VV 3	2860254	79595109	13.36%	0.857%
11	5.269	586	589	592	VV 2	4040217	94032862	15.78%	1.013%
12	5.348	592	598	605	VV 2	7636788	224789943	37.73%	2.421%
13	5.533	605	619	624	VV 3	4407961	139700210	23.45%	1.504%
14	5.639	624	631	635	VV 3	10714034	413764113	69.44%	4.456%
15	5.692	635	637	645	VV 2	8290192	214203189	35.95%	2.307%
16	5.807	645	650	658	VV 6	5172425	228099314	38.28%	2.456%
17	5.913	658	662	665	VV	8219776	193931246	32.55%	2.088%
18	5.965	665	668	673	VV 4	5310173	154729237	25.97%	1.666%
19	6.027	673	675	678	VV	1853095	34705141	5.82%	0.374%
20	6.089	678	682	689	VV 5	1804836	63700511	10.69%	0.686%
21	6.221	689	697	704	VV 3	7700387	233190023	39.14%	2.511%
22	6.318	704	708	710	VV	2146539	42146470	7.07%	0.454%
23	6.362	710	713	719	VV 4	2078742	61441953	10.31%	0.662%
24	6.450	719	723	726	VV 4	1567025	40628108	6.82%	0.438%
25	6.521	726	731	736	VV 3	2978133	115098520	19.32%	1.239%
26	6.609	736	741	746	VV 3	5176934	184991179	31.05%	1.992%
27	6.715	746	753	762	VV	14604496	595840140	100.00%	6.417%
28	6.821	762	765	771	VV 2	4019725	102675778	17.23%	1.106%
29	6.970	771	782	787	VV 4	6887101	243294917	40.83%	2.620%
30	7.041	787	790	794	VV 3	1905492	42856826	7.19%	0.462%
31	7.138	797	801	806	VV	3405184	73044873	12.26%	0.787%
32	7.235	809	812	816	VV 3	949910	19724009	3.31%	0.212%
33	7.305	816	820	826	VV 4	1582765	40536835	6.80%	0.437%
34	7.385	826	829	832	VV	1960132	41099572	6.90%	0.443%
35	7.420	832	833	836	VV 2	1353251	25545617	4.29%	0.275%
36	7.464	836	838	841	VV	1550785	29028090	4.87%	0.313%
37	7.508	841	843	850	VV 5	1300515	42651410	7.16%	0.459%
38	7.658	857	860	861	VV	928439	17982301	3.02%	0.194%
39	7.693	861	864	865	VV 2	1071285	20062875	3.37%	0.216%
40	7.737	865	869	873	VV	3446210	79939051	13.42%	0.861%
41	7.817	873	878	884	VV 2	10084967	278519940	46.74%	2.999%

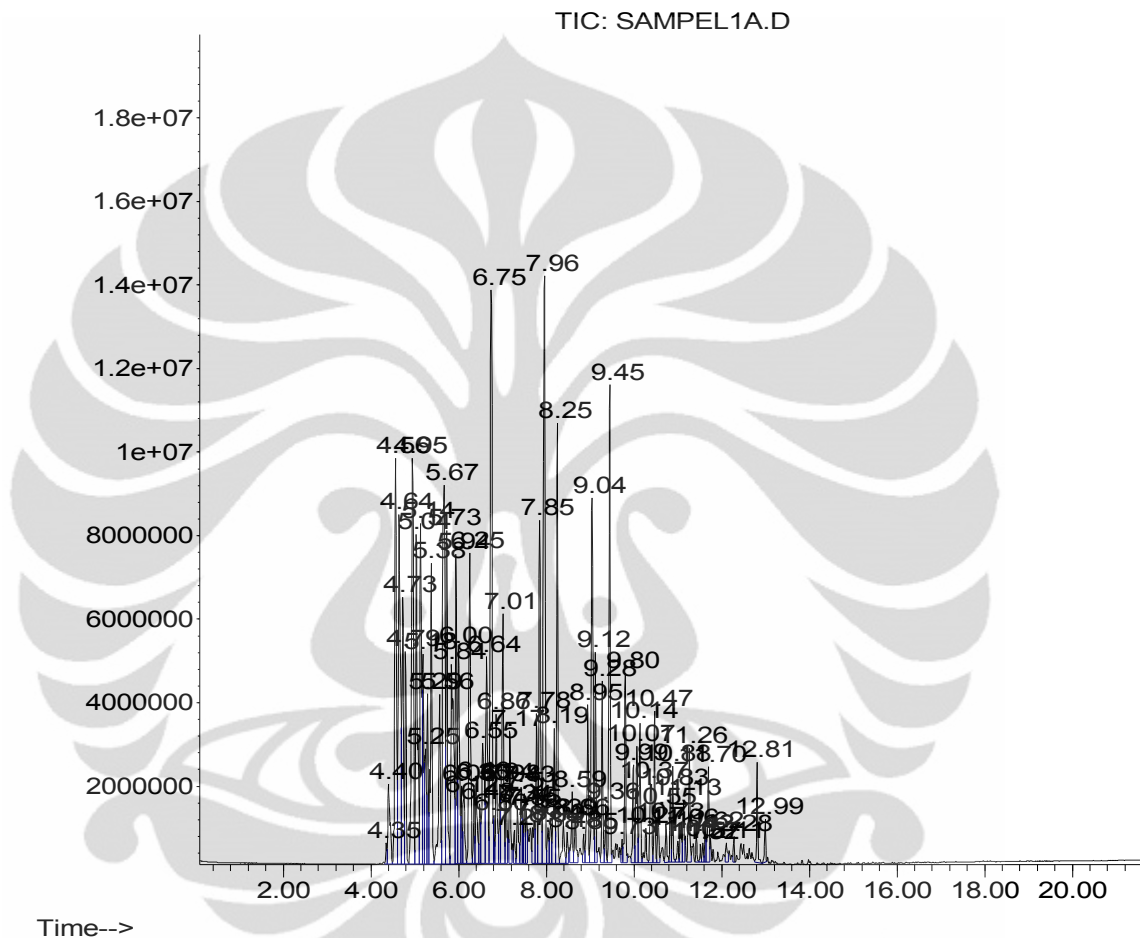
42	7.931	884	891	896	VV	15133809	546250319	91.68%	5.883%
43	8.011	896	900	902	VV 3	905213	23248133	3.90%	0.250%
(Lanjutan)									
44	8.063	902	906	909	VV 5	910673	27456483	4.61%	0.296%
45	8.152	909	916	919	VV 2	3805690	82816167	13.90%	0.892%
46	8.222	919	924	929	VV	12384170	304631160	51.13%	3.281%
47	8.354	929	939	945	VV 2	928343	31865418	5.35%	0.343%
48	8.443	945	949	952	VV	676160	14063522	2.36%	0.151%
49	8.557	956	962	966	VV 2	2305472	48957202	8.22%	0.527%
50	8.628	966	970	977	VV 2	896807	25778371	4.33%	0.278%
51	8.813	988	991	994	VV	600399	12337183	2.07%	0.133%
52	8.910	994	1002	1007	VV	4516851	99380698	16.68%	1.070%
53	9.016	1007	1014	1019	VV	10421873	316960335	53.20%	3.413%
54	9.086	1019	1022	1027	VV	6301496	112892831	18.95%	1.216%
55	9.245	1035	1040	1045	VV	5580115	104168363	17.48%	1.122%
56	9.324	1045	1049	1053	VV	1294970	24148892	4.05%	0.260%
57	9.421	1053	1060	1065	VV	13179862	323886393	54.36%	3.488%
58	9.694	1083	1091	1094	VV 2	841074	27414108	4.60%	0.295%
59	9.774	1094	1100	1108	VV	6012581	122323772	20.53%	1.317%
60	9.950	1113	1120	1124	VV	2780530	56348746	9.46%	0.607%
61	10.038	1124	1130	1133	VV 2	3329151	85575014	14.36%	0.922%
62	10.109	1133	1138	1143	VV 2	4063269	96313764	16.16%	1.037%
63	10.241	1149	1153	1160	VV	1125626	20759190	3.48%	0.224%
64	10.347	1160	1165	1172	VV 2	2486780	81670340	13.71%	0.880%
65	10.444	1172	1176	1181	VV	4470822	80863588	13.57%	0.871%
66	10.523	1181	1185	1190	VV 2	1367138	28362669	4.76%	0.305%
67	10.699	1200	1205	1212	VV	1219615	25406049	4.26%	0.274%
68	10.805	1212	1217	1220	VV	2481726	42240244	7.09%	0.455%
69	10.858	1220	1223	1228	VV	3447721	58563730	9.83%	0.631%
70	10.973	1228	1236	1239	VV 2	580521	13265398	2.23%	0.143%
71	11.025	1239	1242	1247	VV 3	843573	26879428	4.51%	0.289%
72	11.105	1247	1251	1254	VV 2	1830278	38011955	6.38%	0.409%
73	11.140	1254	1255	1259	VV	711048	10736740	1.80%	0.116%
74	11.237	1259	1266	1271	VV 3	3659786	81218832	13.63%	0.875%
75	11.325	1271	1276	1280	VV 3	562043	17966081	3.02%	0.193%
76	11.396	1280	1284	1289	VV	763295	13933311	2.34%	0.150%
77	11.484	1289	1294	1297	VV	482133	8375149	1.41%	0.090%
78	11.546	1297	1301	1304	VV 2	545190	10378478	1.74%	0.112%
79	11.598	1304	1307	1309	VV	836095	14914740	2.50%	0.161%
80	11.678	1309	1316	1319	VV 2	2817454	73785189	12.38%	0.795%
81	12.074	1358	1361	1367	VV 4	530064	15834866	2.66%	0.171%
82	12.251	1377	1381	1385	VV 2	680349	13006630	2.18%	0.140%
83	12.409	1393	1399	1404	BV 2	456456	12385756	2.08%	0.133%
84	12.788	1434	1442	1454	VV	2703772	50126384	8.41%	0.540%
85	12.974	1454	1463	1467	PV	1225763	23090920	3.88%	0.249%

Sum of corrected areas: 9285957630

Lampiran 15

Kromatogram GC-MS *Gasoline* + Katalis Nanopartikel Pr(III)-EDTA/Zeolit

Abundance



Area Percent Report

Data Path : F:\DATA INJEK START FROM 5 MART 2010\MAHASISWA\VINO\
 Data File : SAMPEL1A.D
 Acq On : 16 Dec 2010 12:44
 Operator : VINO HASYIM
 Sample : SAMPEL BENSIN+KATALIS NANOPARTIKEL Pr(III)-EDTA/ZEOLIT
 Misc :
 ALS Vial : 1 Sample Multiplier: 1

Integration Parameters: VINO.E
 Integrator: ChemStation

Method : C:\MSDCHEM\1\METHODS\BBM LGS.M

(Lanjutan)

peak #	R.T. min	first scan	max scan	last scan	PK TY	peak height	corr. area	corr. % max.	% of total
1	4.353	481	485	487	VV	505182	8444007	1.91%	0.109%
2	4.405	487	491	501	VV 3	1888998	69316477	15.65%	0.897%
3	4.564	501	509	514	VV	9615167	270053932	60.98%	3.494%
4	4.643	514	518	524	VV 2	8276324	299423992	67.62%	3.874%
5	4.723	524	527	532	VV	6234095	159715252	36.07%	2.066%
6	4.793	532	535	543	VV	4991189	100780648	22.76%	1.304%
7	4.952	543	553	559	VV 4	9535073	301089595	67.99%	3.896%
8	5.040	559	563	570	VV 2	7735404	219023966	49.46%	2.834%
9	5.137	570	574	577	VV	8074475	197784341	44.66%	2.559%
10	5.181	577	579	583	VV 3	4958386	117541831	26.54%	1.521%
11	5.243	583	586	589	VV 3	2717729	76247878	17.22%	0.987%
12	5.296	589	592	595	VV 2	3994313	84125512	19.00%	1.088%
13	5.375	595	601	609	VV 2	7015399	184807281	41.73%	2.391%
14	5.569	609	623	628	VV 3	3924564	118114449	26.67%	1.528%
15	5.675	628	635	638	VV 4	9043856	339667139	76.70%	4.395%
16	5.728	638	641	649	VV	7961770	150677919	34.03%	1.950%
17	5.842	649	654	662	VV 5	4641965	193290850	43.65%	2.501%
18	5.948	662	666	668	VV	7222107	149420752	33.74%	1.933%
19	5.992	668	671	677	VV 3	5084912	144714579	32.68%	1.872%
20	6.063	677	679	682	VV	1770689	32841841	7.42%	0.425%
21	6.124	682	686	693	VV 4	1600239	53168649	12.01%	0.688%
22	6.257	693	701	708	VV 3	7394869	207917786	46.95%	2.690%
23	6.354	708	712	714	VV	1876556	33812048	7.64%	0.437%
24	6.398	714	717	723	VV 3	1861998	51295976	11.58%	0.664%
25	6.486	723	727	729	VV 3	1410836	33414987	7.55%	0.432%
26	6.556	729	735	740	VV 3	2798877	106246356	23.99%	1.375%
27	6.636	740	744	750	VV 2	4833285	149122291	33.68%	1.929%
28	6.742	750	756	762	VV	13674838	442823267	100.00%	5.729%
29	6.803	762	763	765	VV 2	1173489	17832550	4.03%	0.231%
30	6.856	765	769	775	VV 2	3557396	90878633	20.52%	1.176%
31	6.944	775	779	780	VV	1874046	38972292	8.80%	0.504%
32	7.006	780	786	792	VV 3	5790246	166218534	37.54%	2.151%
33	7.085	792	795	798	VV 2	1763364	37250854	8.41%	0.482%
34	7.173	801	805	810	VV 2	3173611	67220694	15.18%	0.870%
35	7.270	814	816	821	VV 3	776429	16040442	3.62%	0.208%
36	7.341	821	824	830	VV 3	1313262	34337026	7.75%	0.444%
37	7.429	830	834	836	VV	1769902	34868616	7.87%	0.451%
38	7.464	836	838	840	VV 2	1283620	23719382	5.36%	0.307%
39	7.508	840	843	845	VV	1639643	30414780	6.87%	0.394%
40	7.544	845	847	850	VV 2	1222392	23916743	5.40%	0.309%
41	7.729	861	868	870	VV 4	1028838	33636323	7.60%	0.435%
42	7.773	870	873	877	VV	3451599	73839053	16.67%	0.955%
43	7.843	877	881	888	VV 2	8007637	207193856	46.79%	2.681%

(Lanjutan)

44	7.958	888	894	900	VV	13966880	417014953	94.17%	5.396%
45	8.037	900	903	906	VV 3	841700	21681378	4.90%	0.281%
46	8.099	906	910	913	VV 5	893999	27144425	6.13%	0.351%
47	8.187	913	920	923	VV 2	3199119	77360479	17.47%	1.001%
48	8.249	923	927	933	VV	10312292	225202580	50.86%	2.914%
49	8.390	933	943	949	VV 2	996151	32105669	7.25%	0.415%
50	8.478	949	953	956	VV 2	732278	14863257	3.36%	0.192%
51	8.593	960	966	970	VV 2	1736002	40217728	9.08%	0.520%
52	8.663	970	974	981	VV 2	1012445	28727986	6.49%	0.372%
53	8.857	992	996	998	VV	663866	13471143	3.04%	0.174%
54	8.945	998	1006	1010	VV	3627449	85806941	19.38%	1.110%
55	9.042	1010	1017	1023	VV	8693713	248700726	56.16%	3.218%
56	9.122	1023	1026	1030	VV	4857756	85824029	19.38%	1.110%
57	9.271	1039	1043	1048	VV	4143690	77551921	17.51%	1.003%
58	9.351	1048	1052	1056	VV 2	1340156	25343079	5.72%	0.328%
59	9.448	1056	1063	1068	VV	11425436	248842872	56.19%	3.220%
60	9.730	1092	1095	1097	VV	536251	9665019	2.18%	0.125%
61	9.800	1097	1103	1108	VV	4473692	88744817	20.04%	1.148%
62	9.986	1117	1124	1128	VV	2331941	49502177	11.18%	0.640%
63	10.065	1128	1133	1137	VV 2	2682242	71155394	16.07%	0.921%
64	10.135	1137	1141	1147	VV 2	3220605	77286636	17.45%	1.000%
65	10.268	1147	1156	1163	VV	782752	21159125	4.78%	0.274%
66	10.373	1163	1168	1175	VV 2	1869746	61562617	13.90%	0.797%
67	10.470	1175	1179	1184	VV 2	3514635	63927087	14.44%	0.827%
68	10.550	1184	1188	1193	VV 2	1241589	24919264	5.63%	0.322%
69	10.735	1203	1209	1216	VV	905238	20793965	4.70%	0.269%
70	10.832	1216	1220	1223	VV	1684517	29645886	6.69%	0.384%
71	10.885	1223	1226	1231	VV	2280129	38991548	8.81%	0.504%
72	10.999	1231	1239	1242	VV 2	480968	11496171	2.60%	0.149%
73	11.061	1242	1246	1250	VV 3	740141	23364451	5.28%	0.302%
74	11.132	1250	1254	1257	VV 2	1512598	32353713	7.31%	0.419%
75	11.264	1262	1269	1274	VV 3	2736026	61882793	13.97%	0.801%
76	11.422	1283	1287	1293	VV 2	593519	10916841	2.47%	0.141%
77	11.519	1293	1298	1301	VV	412313	7002038	1.58%	0.091%
78	11.572	1301	1304	1307	VV	454484	8253775	1.86%	0.107%
79	11.625	1307	1310	1312	VV	688077	12977235	2.93%	0.168%
80	11.705	1312	1319	1322	VV 2	2229006	57502474	12.99%	0.744%
81	12.101	1361	1364	1370	VV 4	438592	13031375	2.94%	0.169%
82	12.278	1380	1384	1388	VV 2	580366	10854159	2.45%	0.140%
83	12.815	1437	1445	1458	VV	2289745	42214483	9.53%	0.546%
84	12.992	1458	1465	1469	PV	964303	18635952	4.21%	0.241%

Sum of corrected areas: 7728921542

BBM LGS.M Thu Dec 16 13:39:50 2010