

**PENGARUH SUHU TERHADAP PERILAKU DEAKTIVASI
KATALIS CAMPURAN Al_2O_3 DAN HZSM-5 DALAM
REAKSI ETANOL MENJADI HIDROKARBON**

SKRIPSI

**DESSY
0806456455**



**UNIVERSITAS INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
DEPOK
JULI 2012**

**PENGARUH SUHU TERHADAP PERILAKU DEAKTIVASI
KATALIS CAMPURAN Al_2O_3 DAN HZSM-5 DALAM
REAKSI ETANOL MENJADI HIDROKARBON**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

**DESSY
0806456455**



**UNIVERSITAS INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
DEPOK
JULI 2012**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Dessy

NPM : 0806456455

Tanda Tangan : 

Tanggal : 3 Juli 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh

Nama : Dessy
NPM : 0806456455
Program Studi : Teknik Kimia
Judul Skripsi : Pengaruh Suhu Terhadap Perilaku Deaktivasi Katalis Campuran Al_2O_3 dan HZSM-5 Dalam Reaksi Etanol Menjadi Hidrokarbon

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

DEWAN PENGUJI

Pembimbing I: Dr. Ir. Setiadi, M.Eng

()

Penguji : Dr. Ir. Sukimo, M.Eng.

()

Penguji: Bambang Heru S., ST. MT.

()

Penguji: Ir. Rita Arbianti, MSi.

()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 3 Juli 2012

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan, karena berkat rahmat dan hikmat-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Skripsi dengan judul **“Pengaruh Suhu Terhadap Perilaku Deaktivasi Katalis Campuran Al₂O₃ dan HZSM-5 Dalam Reaksi Etanol Menjadi Hidrokarbon”** ini dibuat sebagai syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia. Dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada Dr. Ir. Setiadi, M.Eng selaku pembimbing yang telah banyak membantu dalam memberikan ilmu, arahan serta hal-hal lain baik dalam penelitian maupun pembuatan skripsi. Selain itu juga, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir Widodo W. Purwanto, DEA selaku Ketua Departemen Teknik Kimia FTUI
2. Mama, Papa, dan Kakak-kakakku yang turut membantu baik secara moril maupun materi.
3. Prof. Dr. Ir. Mohammad Nasikin, M.Eng selaku dosen mata kuliah Metode Penelitian, yang telah membuka wawasan Penulis mengenai bagaimana menyusun sebuah karya tulis yang baik.
4. Matius Wisnu, Intan Afridawaty, Arief, Eka, Eko dan Rezhi atas bantuan dan tenaga selama penelitian berlangsung.
5. Teman-teman satu kelompok penelitian yang selama penyusunan seminar saling mengingatkan dan memberi semangat.
6. Kang Jajat, Mang Ijal, dan Mas Ekoserta pihak-pihak yang tidak disebutkan, yang sangat membantu selama penelitian

Penulis sadar jika terdapat banyak kekurangan dalam makalah ini. Penulis berharap agar makalah ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca.

Depok, 3 Juli 2012

Dessy

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

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

Nama : Dessy
NPM : 0806456455
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 Noneklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**“Pengaruh Suhu Terhadap Perilaku Deaktivasi Katalis Campuran Al_2O_3
dan HZSM-5 Dalam Reaksi Etanol Menjadi Hidrokarbon”**

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

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : 3 Juli 2012
Yang menyatakan,



(Dessy)

ABSTRAK

Nama : Dessy
Program Studi : Teknik Kimia
Judul : Pengaruh Suhu Terhadap Perilaku Deaktivasi Katalis Campuran Al_2O_3 dan HZSM-5 Dalam Reaksi Etanol Menjadi Hidrokarbon

Material biomassa etanol memiliki susunan molekul yang mengandung persenyawaan organik dengan rasio H/C diantara 1~2, mendekati persenyawaan dalam minyak bumi. Transformasi katalitik etanol menjadi hidrokarbon menggunakan katalis campuran Al_2O_3 dan ZSM-5, katalis tersebut mengalami deaktivasi yang disebabkan oleh pembentukan *coke* pada permukaan katalis Al_2O_3 dan ZSM-5 yang memblokir struktur saluran pori sehingga proses difusi dari molekul reaktan ke inti situs asam semakin lama mengalami hambatan yang semakin besar. Dari penelitian ini ditemukan bahwa semakin tinggi suhu, reaksi berlangsung semakin stabil dan didapatkan kondisi operasi yang paling baik untuk katalis tersebut adalah pada katalis campuran 5% ZSM-5 95% Al_2O_3 suhu $450^\circ C$ dengan rentang aktivitas katalis stabil sampai 400 menit.

Kata kunci : Deaktivasi, etanol, katalis Al_2O_3 and ZSM-5.

ABSTRACT

Name : Dessy
Study Programme : Chemical Engineering
Title : Temperature Effect to the Deactivation of Mixture Catalyst Al_2O_3 and ZSM-5 in Conversion of Ethanol to Hydrocarbon.

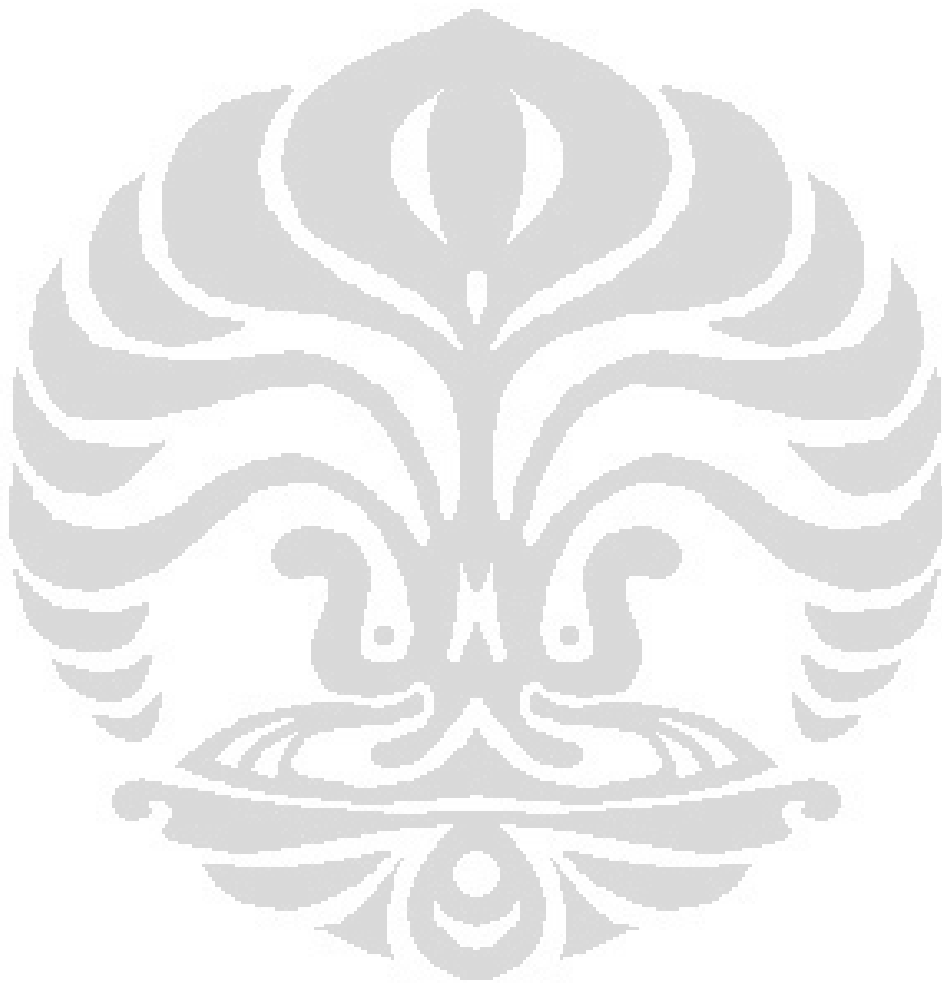
An alternative energy, biomass, ethanol, has the similar molecules formation with fuel, that the ratio of H/C between 1-2. In this research, the conversion reaction was carried out with mixture catalyst Al_2O_3 and ZSM-5, in which the catalyst got the deactivation because of the pore blockage of coke formation in the Al_2O_3 /ZSM-5 that cause the diffusion of ethanol to the acid site of the catalyst decrease progressively. The deactivation depends on the operation conditions (temperature, catalyst composition and structure, and the reactan). This research results a condition in which the catalyst has the most stable activity, it was in the 5% of ZSM-5 and 450°C and has the time on stream for 400 minutes.

Keywords: Deactivation, Ethanol, catalyst Al_2O_3 and ZSM-5.

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	v
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Etanol (Etil Alkohol)	5
2.1.1 Reaksi Konversi Etanol Menjadi Hidrokarbon	5
2.2 Katalis	7
2.2.1 Zeolit ZSM-5.....	7
2.2.1.1 Struktur Zeolit ZSM-5	8
2.2.2 Alumina Al ₂ O ₃	10
2.2.2.1 Alumina Stabil	11
2.3 Deaktivasi Katalis ZSM-5 dan Al ₂ O ₃	12
2.4 Pembentukan Kokas (<i>Coking</i>)	13
2.5 Metode Analisis	15
BAB 3 METODE PENELITIAN	19
3.1 Rancangan Penelitian	19
3.1.1 Tahap Preparasi Katalis dan Karakterisasi.....	19
3.1.2 Tahap Preparasi Etanol	19
3.1.3 Tahap Uji Reaksi/Kinerja Katalis	19
3.1.4 Tahap Analisis Produk Hasil Reaksi.....	19

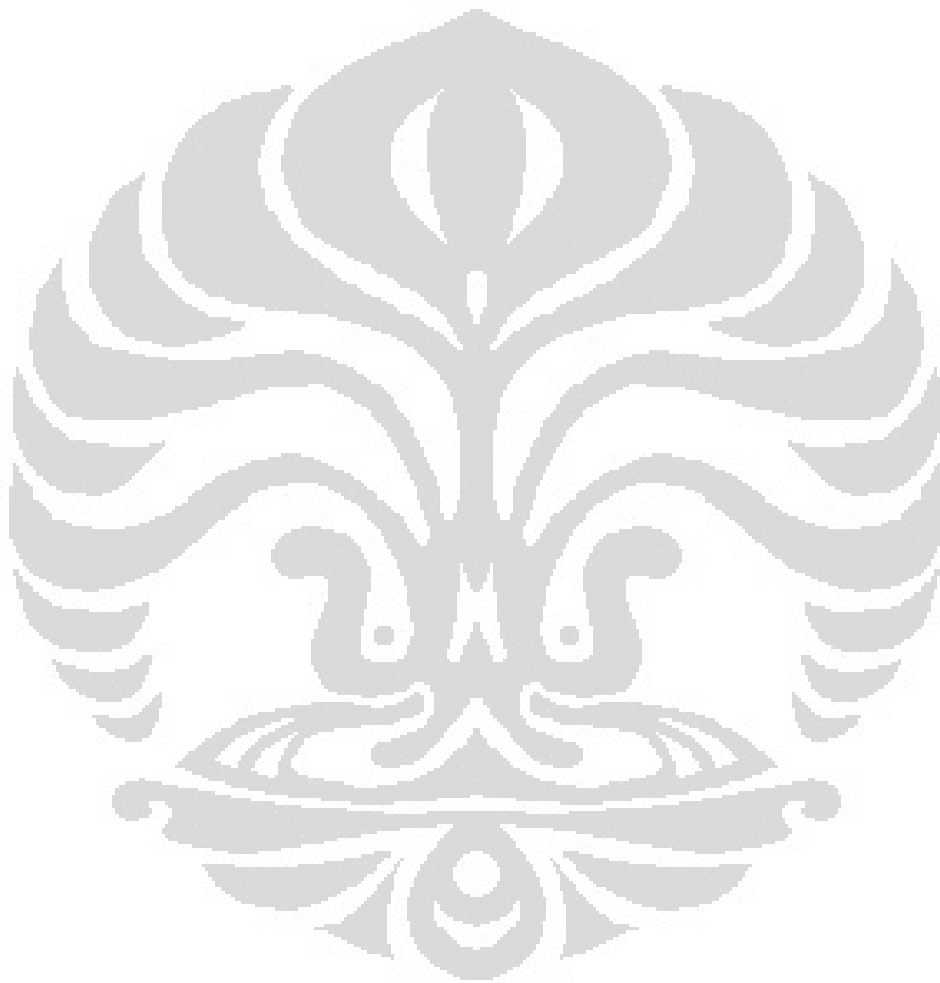
3.2 Bahan Dan Alat	20
3.3 Variabel Penelitian	21
3.4 Tahap Percobaan.....	21
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1 Hasil Uji Konversi Katalitik	23
4.1.1 Tahap <i>Blank Test</i>	23
4.1.2 Deaktivasi Katalis Al ₂ O ₃ /HZSM-5 pada Berbagai Suhu.....	24
4.1.2.1 Konversi Etanol pada Campuran dengan Komposisi 5% HZSM-5, 95% Al ₂ O ₃	25
4.1.2.2 Konversi etanol pada campuran dengan komposisi 10% HZSM-5, 90% Al ₂ O ₃	25
4.1.2.3 Konversi Etanol Pada Campuran Dengan Komposisi 15% HZSM-5, 85% Al ₂ O ₃	27
4.2 Distribusi Produk.....	28
4.2.1 Distribusi Produk pada Katalis HZSM-5 Murni dan Al ₂ O ₃ Murni	28
4.2.2 Distribusi Produk pada Campuran Katalis HZSM-5 dan Al ₂ O ₃	31
4.2.2.1 Identifikasi produk hasil reaksi dengan 5% ZSM-5 pada 350 °C	31
4.2.2.2 Identifikasi produk hasil reaksi dengan 5% ZSM-5 pada 400 °C	32
4.2.2.3 Identifikasi produk hasil reaksi dengan 5% ZSM-5 pada 450 °C	33
4.2.2.4 Identifikasi produk hasil reaksi dengan 10% ZSM-5 pada 350 °C	34
4.2.2.5 Identifikasi produk hasil reaksi dengan 10% ZSM-5 pada 400 °C	34
4.2.2.6 Identifikasi produk hasil reaksi dengan 10% ZSM-5 pada 450 °C	35
4.2.2.7 Identifikasi produk hasil reaksi dengan 15% ZSM-5 pada 350 °C	36
4.2.2.8 Identifikasi produk hasil reaksi dengan 15% ZSM-5 pada 400 °C	37
4.2.2.9 Identifikasi produk hasil reaksi dengan 15% ZSM-5 pada 400 °C	38
BAB 5 KESIMPULAN.....	41
DAFTAR PUSTAKA	42



DAFTAR GAMBAR

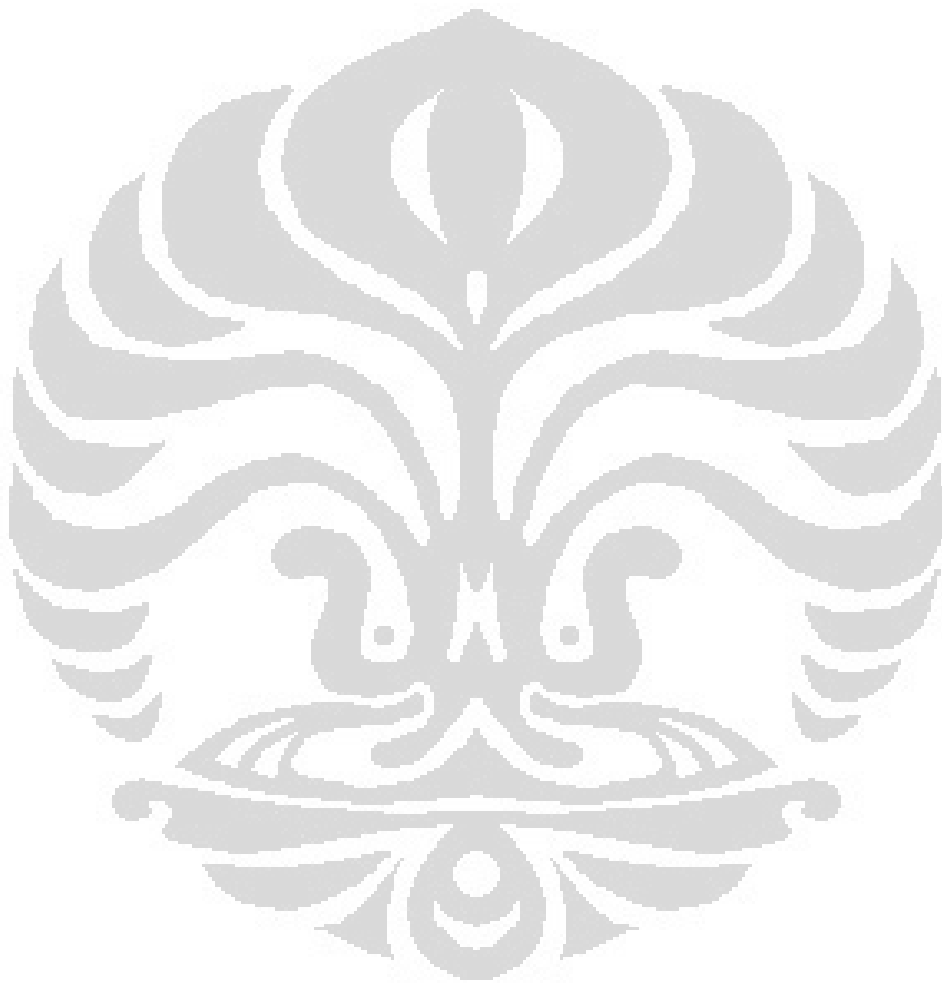
Gambar 2. 1 Senyawa Etanol	5
Gambar 2. 2 Pembentukan Ion Karbonium(Clark, 2000)	6
Gambar 2. 3 Pelepasan Proton (Clark, 2000).....	6
Gambar 2. 4 Dehidrasi Alkohol	6
Gambar 2. 5 Zeolit	7
Gambar 2. 6 Struktur Dasar Zeolit Secara Umum	7
Gambar 2. 7 Struktur Primer ZSM-5 (Bhatia, 2000)	9
Gambar 2. 8 Pembentuk Sekunder Dari Zeolit ZSM-5 (Bhatia, 2000)	9
Gambar 2. 9 Sistem Rongga Zeolit ZSM-5(Wijaya, 2005)	9
Gambar 2. 10 Bentuk Saluran Dari Zeolit ZSM-5(Bhatia, 2000).....	10
Gambar 2. 11 Grafik Penurunan Aktivasi Katalis Terhadap Waktu (Linna, 2009)	13
Gambar 2. 12 Lokasi Kokas pada <i>Channel</i> Katalis Zeolit HZSM-5 (Benito, 1996). 14	
Gambar 2. 13 Model Deaktivasi Zeolit HZSM-5.(A) Kadar <i>Coke</i> Rendah; (B) Kadar <i>Coke</i> Tinggi (Bhatia, 1990)	14
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	20
Gambar 4. 1 Analisis GC FID dari Etanol pada Tahap Blank Test	24
Gambar 4. 2 Grafik Konversi Etanol Terhadap Waktu oleh Katalis Campuran dengan Komposisi 5% HZSM-5, 95% Al ₂ O ₃ Pada Suhu 350 °C, 400°C Dan 450°C.....	25
Gambar 4. 3 Grafik Konversi Etanol Terhadap Waktu Oleh Katalis Campuran Dengan Komposisi 10% HZSM-5, 90% Al ₂ O ₃ Pada Suhu 350 °C, 400°C Dan 450°C.....	26
Gambar 4. 4 Grafik Konversi Etanol Terhadap Waktu Oleh Katalis Campuran Dengan Komposisi 15% HZSM-5, 85% Al ₂ O ₃ Pada Suhu 350 °C, 400°C Dan 450°C.....	27
Gambar 4. 5 Skema Alur Reaksi Konversi Etanol Menjadi Hidrokarbon (Inaba, 2006).	29
Gambar 4. 6 Tahap Reaksi Konversi Etanol Menjadi Hidrokarbon dengan Katalis Alumina (Adjaye, 1995).....	30
Gambar 4. 7 Distribusi Produk dari Konversi Etanol dengan Katalis Campuran 5% HZSM-5, 95% Al ₂ O ₃ pada Suhu 350°C.	32
Gambar 4. 8 Distribusi Produk dari Konversi Etanol dengan Katalis Campuran 5% HZSM-5, 95% Al ₂ O ₃ pada Suhu 400°C.	33
Gambar 4. 9 Distribusi Produk dari Konversi Etanol dengan Katalis Campuran 5% HZSM-5, 95% Al ₂ O ₃ pada Suhu 450°C.	33
Gambar 4. 10 Distribusi Produk dari Konversi Etanol dengan Katalis Campuran 10% HZSM-5, 90% Al ₂ O ₃ pada Suhu 350°C.	34
Gambar 4. 11 Distribusi Produk dari Konversi Etanol dengan Katalis Campuran 10% HZSM-5, 90% Al ₂ O ₃ pada Suhu 400°C.	35
Gambar 4. 12 Distribusi Produk dari Konversi Etanol dengan Katalis Campuran	

15% HZSM-5, 85% Al ₂ O ₃ pada Suhu 350°C.....	37
Gambar 4. 13 Distribusi Produk dari Konversi Etanol dengan Katalis Campuran 15% HZSM-5, 85% Al ₂ O ₃ pada Suhu 400°C.....	38
Gambar 4. 14 Distribusi Produk dari Konversi Etanol dengan Katalis Campuran 15% HZSM-5, 85% Al ₂ O ₃ pada Suhu 450°C.....	39



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat Fisik Dan Kimia Alumina (Prasetya et al., 2006)	11
---	----



BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Potensi senyawa hidrokarbon, disamping sebagai salah satu sumber energi yang penting, juga berperan penting sebagai bahan baku di berbagai bidang industri petrokimia (Peng, 2009). Bahan dalam industri petrokimia tersebut dapat digolongkan menjadi industri plastik, serat sintetis, pestisida, deterjen, pelarut, pupuk, dan berbagai industri polimer.

Sumber hidrokarbon tersebut sebagian besar berasal dari gas dan minyak bumi. Sumber tersebut merupakan sumber yang tidak dapat diperbaharui dan semakin lama cadangan minyak bumi diperkirakan semakin menipis. Salah satu alternatif sumber bahan baku hidrokarbon yang mendekati minyak bumi adalah berasal dari biomassa karena susunan molekulnya mengandung persenyawaan organik dengan rasio H/C diantara 1~ 2. Namun, kelemahan biomassa adalah terdapat kandungan oksigen yang tidak dijumpai pada persenyawaan yang terkandung dalam minyak bumi. Untuk itulah perlu dilakukan reaksi deoksigenasi agar mirip dengan senyawa hidrokarbon minyak bumi. Salah satu senyawa yang berasal dari turunan biomassa adalah etanol, yang merupakan hasil fermentasi. Etanol dikonversi menjadi hidrokarbon dan merupakan suatu sumber energi yang dapat diperbaharui. (Fatticianita, 2006).

Pada proses konversi etanol menjadi hidrokarbon, diperlukan katalis untuk mempercepat jalannya reaksi. Katalis yang umum digunakan adalah material zeolit. Dalam penelitian ini, katalis yang digunakan adalah katalis *hybrid*, yaitu merupakan campuran katalis zeolit sintetis jenis ZSM-5 dengan katalis alumina Al_2O_3 . Dalam studi transformasi katalitik etanol dengan katalis zeolit HZSM-5/ Al_2O_3 , terlihat bahwa mekanisme yang terjadi serupa dengan reaksi yang terjadi pada proses MTG atau *methanol to gasoline* (Shah, 1996). Selain itu, range produk yang dihasilkan juga mirip (Schulz, 1994). Baru-baru ini juga ditemukan konversi *biofuel* dengan katalis alumina dan HZSM-5. Alumina memproduksi fraksi produk larutan organik (OLP) yang pada dasarnya tersusun dari

hidrokarbon alifatik dan OLP dari HZSM-5 tersusun dari hidrokarbon aromatik. Berdasarkan literature [6.7] dijelaskan bahwa dalam kasus *Fluid Catalytic Cracking Proses*(FCC), ketika katalis ZSM-5 ditambahkan sedikit ke dalam katalis alumina, dihasilkan jumlah gasolin yang lebih tinggi dengan angka oktan yang lebih tinggi juga dibandingkan dengan kasus dimana hanya digunakan katalis alumina. Peran ZSM-5 dalam meningkatkan angka oktan disebabkan oleh bentuk selektivitasnya, yaitu dengan ukuran bukaan pori 0.55 nm. Selain itu, Katalis ZSM-5 mempunyai permukaan inti asam dan struktur jaringan pori yang luas serta homogen. Struktur kerangka jenis bahan alumino-silikat tersebut terbentuk dari bahan dasar pembangun berupa tetrahedron atom silikon atau aluminium (Bhatia, 1990). Dengan ukuran bukaan pori ZSM-5 yang kecil ini, maka hidrokarbon yang memiliki banyak cabang dan hidrokarbon yang berbentuk siklik tidak dapat masuk ke dalam pori dimana terdapat inti aktifnya, tetapi pori ini dapat dilewati oleh hidrokarbon dengan rantai lurus dan paraffin monometil dan terputus menjadi produk yang lebih ringan. Paraffin beroktan tinggi dengan cabang yang banyak, olefin, dan aromatic diteruskan ke range fraksi *gasoline boiling*. Peningkatan kandungan zeolite menghasilkan peningkatan aktivitas katalitik. Dan juga, peningkatan fraksi zeolite, menyebabkan peningkatan jumlah gasolin sedangkan hidrogen, rasio olefin C3/C4 dan jumlah kokas menurun.

Masalah yang paling sering dijumpai dalam reaksi katalitik untuk konversi hidrokarbon maupun senyawa organik adalah katalis mengalami deaktivasi dalam rentang waktu tertentu tergantung pada kondisi operasinya (suhu, struktur dan komposisi zeolit, komposisi maupun laju umpan) (Richardson, 1989). Deaktivasi adalah suatu keadaan dimana katalis mengalami penurunan kemampuan kinerjanya dalam mempercepat reaksi. Terjadinya penurunan kinerja katalis (deaktivasi) disebabkan karena terjadinya penutupan pori oleh kokas (*coke*) yang merupakan produk samping dari reaksi konversi etanol tersebut, yakni reaksi *multiple condensation* yang terjadi pada permukaan eksternal ZSM-5 (Setiadi, 2005). Molekul-molekul *coke* ini memblokir struktur saluran pori sehingga proses difusi dari molekul reaktan ke inti situs asam semakin lama mengalami hambatan yang semakin besar. Efek deaktivasi yang sangat serius adalah terbentuknya material jenis karbon (kokas) pada mulut pori (atau *shell*)

sehingga terjadi penyumbatan dan katalis akan sangat cepat mengalami deaktivasi.

Berdasarkan uraian diatas, penelitian ini bermaksud mempelajari pengaruh suhu terhadap perilaku deaktivasi katalis ZSM-5 dan Al_2O_3 dalam reaksi konversi etanol menjadi hidrokarbon. Hasil yang diharapkan adalah dapat diketahuinya kondisi operasi yang optimal untuk katalis ZSM-5 dan Al_2O_3 , khususnya didapat rentang waktu atau stabilitas reaksi yang cukup lama. Perilaku deaktivasi tersebut dapat diketahui dari produk hidrokarbon yang dihasilkan dengan menggunakan uji *Gas Chromatography* (GC).

1.2 Perumusan Masalah

Dalam reaksi katalitik etanol menjadi hidrokarbon ini, digunakan katalis campuran yaitu ZSM-5 dan Al_2O_3 , katalis ini dapat mengalami deaktivasi setelah digunakan dalam reaksi, ini dikarenakan terbentuknya kokas (*coke*) di permukaan katalis sehingga menutupi pori-pori katalis ZSM-5 dan Al_2O_3 . Untuk mengetahui pengaruh suhu reaksi terhadap perilaku deaktivasi katalis ZSM-5 dan Al_2O_3 dalam reaksi etanol menjadi hidrokarbon ini, maka masalah-masalah dirumuskan sebagai berikut:

- a. Bagaimanakah pengaruh suhu terhadap perilaku deaktivasi katalis ZSM-5 dan Al_2O_3 yang digunakan dalam reaksi konversi etanol menjadi hidrokarbon tersebut?
- b. Bagaimanakah distribusi produk hasil reaksi konversi etanol menjadi hidrokarbon tersebut?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mengamati pengaruh suhu reaksi terhadap perilaku deaktivasi katalis ZSM-5 dan Al_2O_3 dalam reaksi konversi etanol menjadi hidrokarbon.
2. Mendapatkan suatu kondisi operasi yang dapat memberi rentang waktu kinerja katalis ZSM-5 dan Al_2O_3 yang paling optimal dari konversi etanol menjadi hidrokarbon.
3. Mengamati pengaruh komposisi katalis terhadap distribusi produknya.

1.4 Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi dengan :

1. Bahan baku yang digunakan adalah etanol 96% teknis yang umum dijual di pasaran.
2. Katalis yang digunakan bukan katalis sintesis sendiri.
3. Katalis yang digunakan adalah campuran ZSM-5 dan Al_2O_3 (dicampur secara fisik).
4. Reaksi konversi katalitik etanol dilakukan di dalam reaktor unggun (*Fixed Bed Reactor*).
5. Analisis produk menggunakan GC-FID (*Gas Chromatography Flame Ionization Detector*) dan GC-MS untuk identifikasi produk konversi etanol.
6. Deaktivasi disebabkan karena pembentukan *coke* pada katalis.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan terdiri dari :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang permasalahan secara umum yang mencakup latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisikan tentang informasi dan teori-teori yang mendukung penelitian, seperti senyawa yang digunakan dalam penelitian, proses perengkahan yang dilakukan, katalis yang digunakan dalam reaksi, dan kondisi operasi.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini berisi metodologi yang dipakai dalam penelitian yang mencakup tahapan-tahapan penelitian yaitu mulai dari metode pengumpulan data hingga pengolahan data. Bagian ini juga menjelaskan diagram alir penelitian, prosedur percobaan, jenis bahan dan alat yang dipakai serta susunan dan fungsinya dalam percobaan

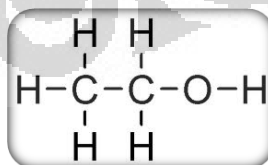
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Hidrokarbon merupakan salah satu sumber energi yang penting terutama dalam bidang industri petrokimia. Bahan dalam industri petrokimia tersebut dapat digolongkan menjadi plastik, serat sintesis, pestisida, deterjen, pelarut, pupuk, dan senyawa polimer. Dimasa sekarang ini, sangat dibutuhkan sumber hidrokarbon yang dapat diperbaharui karena seperti yang kita ketahui minyak bumi dan gas alam, yang merupakan salah satu bahan dasar hidrokarbon, merupakan sumber energi yang tidak dapat diperbaharui dan semakin tipis persediaannya didalam perut bumi. Oleh karena itu, diperlukan sumber energi alternatif, salah satunya adalah etanol yang dikonversi menjadi hidrokarbon dan merupakan suatu sumber energi yang dapat diperbaharui. (Fatticianita, 2006).

Penelitian ini membahas hal utama yaitu pengaruh suhu terhadap perilaku deaktivasi katalis ZSM-5 dan Al₂O₃ dalam reaksi konversi etanol menjadi hidrokarbon. Untuk mendapatkan hasilnya, maka perlu diketahui beberapa hal yang berkaitan dengan penelitian tersebut.

2.1 Etanol (Etil Alkohol)

Secara umum, etanol merupakan jenis alkohol yang berwujud cair, tak berwarna, mudah menguap dengan aroma yang khas. Sifat fisika etanol dipengaruhi oleh keberadaan gugus hidroksil dan pendeknya rantai karbon etanol. Gugus hidroksil dapat berpartisipasi ke dalam ikatan hidrogen sehingga membuatnya cair dan lebih sulit menguap dari pada senyawa organik lainnya dengan massa molekul yang sama.



Gambar 2. 1 Senyawa Etanol

2.1.1 Reaksi Konversi Etanol Menjadi Hidrokarbon

Reaksi konversi etanol menjadi hidrokarbon merupakan suatu proses perengkahan katalitik. Perengkahan katalitik adalah pengaplikasian katalis yang dapat menciptakan reaksi kimia dan memproduksi lebih banyak gasoline. Perengkahan

katalitik ditemukan oleh Eugene Houdry pada tahun 1937 [Ahmad, 2009]. Proses pertama yang terjadi adalah dehidrasi etanol menjadi olefin dan eter., dimana reaksi tersebut memerlukan katalis asam yang kuat untuk mengimbangi sifat kepolaran molekul tersebut pada gugus hidroksilnya, agar reaksi bisa berjalan lebih efektif. Tahap pertama dalam dehidrasi etanol adalah pembentukan ion karbonium. Secara umum, katalitik *cracking* yang terjadi pada zeolit diawali dengan pembentukan ion-ion karbonium pada permukaan zeolit. Asam bronsted dari katalis akan berikatan dengan gugus oksigen dari alkohol, sedangkan bagian biasanya akan berikatan dengan hidrogen yang terdapat pada karbon α dari senyawa alkohol tersebut.



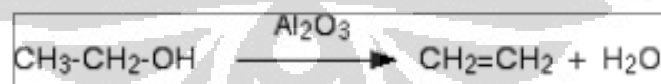
Gambar 2. 2 Pembentukan Ion Karbonium(Clark, 2000)

Tahapan selanjutnya ion karbonium akan berikatan dengan alkohol membentuk suatu eter. Eter yang terbentuk dalam kondisi asam akan langsung terkonversi menjadi olefin dan suatu senyawa alkohol.



Gambar 2. 3 Pelepasan Proton (Clark, 2000)

Reaksi akhir dehidrasi etanolnya adalah:



Gambar 2. 4 Dehidrasi Alkohol

Tahap akhir adalah pembentukan hidrokarbon paraffin, aromatik, sikloparafin serta C_6 dan olefin rantai panjang. Proses ini terjadi karena ion karbonium bereaksi dengan olefin dan mengalami penataan ulang. Selain itu, beberapa ion radikal akan melakukan polimerisasi sehingga menghasilkan molekul yang berukuran lebih besar.

Etanol, merupakan senyawa dengan gugus oksigen dan dalam hal ini serupa dengan methanol. Konversi etanol menjadi hidrokarbon telah dilakukan

oleh berbagai peneliti sebelumnya. Dengan katalis zeolit β , dapat diperoleh mayoritas fraksi C_3 - C_4 dengan sangat sedikit C_{5+} , berbeda dengan hasil dari penggunaan katalis H-ZSM-5 yang lebih banyak memberikan fraksi C_{5+} (Hutchings et al., 1994).

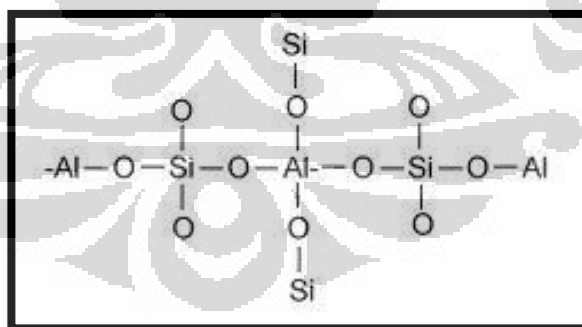
2.2 Katalis

2.2.1 Zeolit ZSM-5

Pada Gambar 5 diperlihatkan bentuk katalis ZSM-5 yang merupakan zeolit sintetik berbentuk serbuk kristal berwarna putih. ZSM-5 mempunyai permukaan inti asam dan struktur jaringan pori yang luas serta homogen. Kemampuan ZSM-5 untuk mempercepat reaksi sangat terkait dengan sifat keasamannya dan parameter penting ZSM-5 dapat dikontrol dengan rasio Si/Al. (Bhatia 2009).



Gambar 2. 5 Zeolit



Gambar 2. 6 Struktur Dasar Zeolit Secara Umum

Pada Gambar 2.6 diperlihatkan bahwa zeolit merupakan aluminosilikat, dan mempunyai struktur yang sangat berpori yang terdiri dari rongga dan saluran. Struktur ZSM-5 memiliki kerangka tiga dimensi, dengan unit pembentuk primer dari struktur zeolit ZSM-5 merupakan tetrahedral SiO_4^- dan AlO_4^- , sedangkan unit pembentuk sekundernya merupakan unit bangun kompleks cincin ganda 5-1, yang

tersusun membentuk rongga ditengahnya. Sifat unik ZSM-5 adalah sifat asam Bronsted yang terdapat didalamnya, dimana atom aluminium menggantikan atom silikon dalam kerangka zeolit, dibutuhkan kation penetral untuk menjaga kestabilan secara keseluruhan. Bila kation adalah sebuah proton, maka zeolit dapat menjadi donor proton atau sebagai asam Bronsted dan kemudian dapat mengkatalisis berbagai reaksi. Proses transfer proton adalah langkah penting dalam semua reaksi katalisis bersifat asam, namun hal ini kurang dipahami dalam tingkat atom.

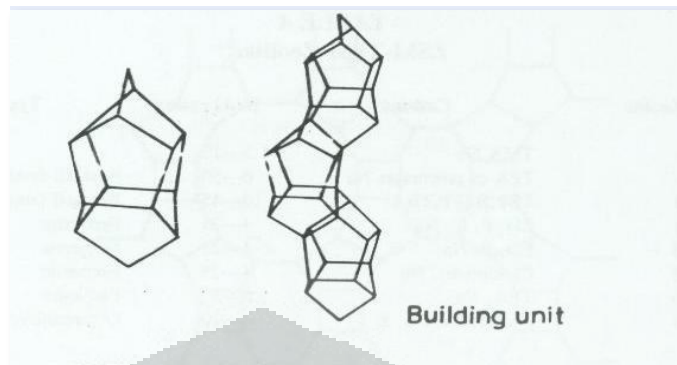
Berdasarkan literature, dijelaskan bahwa dalam kasus Fluid Catalytic Cracking Proses (FCC), ketika katalis ZSM-5 ditambahkan sedikit ke katalis alumina, dihasilkan jumlah gasolin yang lebih tinggi dengan angka oktan yang lebih tinggi juga dibandingkan dengan kasus dimana hanya digunakan katalis alumina. Peran ZSM-5 dalam meningkatkan angka oktan disebabkan oleh bentuk selektivitasnya, yaitu dengan ukuran bukaan pori 0.55 nm. Dengan ukuran bukaan pori ZSM-5 yang kecil ini, maka hidrokarbon yang memiliki banyak cabang dan hidrokarbon yang berbentuk siklik tidak dapat masuk ke dalam pori dimana terdapat inti aktifnya, tetapi pori ini dapat dilewati oleh hidrokarbon dengan rantai lurus dan paraffin monometil dan tercrack menjadi produk yang lebih ringan. Paraffin beroktan tinggi dengan cabang yang banyak, olefin, dan aromatic diteruskan ke range fraksi gasoline boiling. Peningkatan kandungan zeolite menghasilkan peningkatan aktivitas katalitik. Dan juga, peningkatan fraksi zeolite, menyebabkan peningkatan jumlah gasoline sedangkan hidrogen, rasio olefin C3/C4 dan jumlah kokas menurun.

2.2.1.1 Struktur Zeolit ZSM-5

Katalis ZSM-5 memiliki struktur poros yang seragam, inilah yang menyebabkan selektivitas dalam konversi etanol menjadi hidrokarbon (Benito, L). Penyebab utama dari deaktivasi adalah deposit dari residu karbon, kokas, yang menyebabkan pemblokiran sisi aktif dan juga pemblokiran pori-pori. Ketahanan terhadap dealuminisasi dari zeolit H-ZSM5 pada laju alir suhu tinggi memberi gambaran yang bagus dari kegunaannya dalam mengkonversi etanol menjadi hidrokarbon. Di bawah ini adalah gambar rangka struktur zeolit ZSM-5.

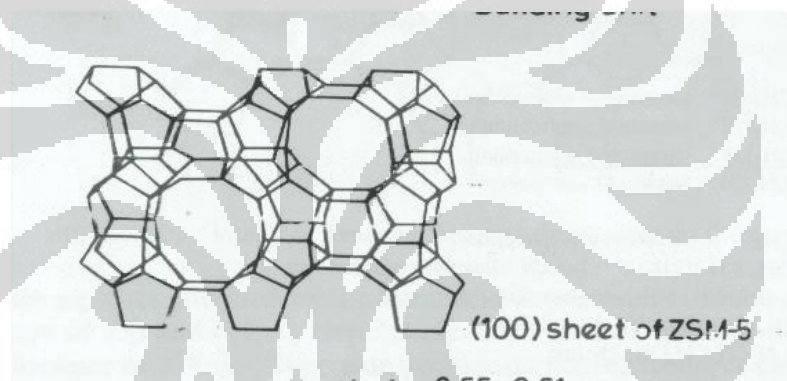
a. Gambar 7 menunjukkan unit pembentuk primer dari struktur zeolit ZSM-5

yang merupakan atom tetrahedral silicon atau aluminium (SiO_4^- dan AlO_4) dan garis yang membentuk segilima merupakan hubungan Si-O-Si atau Si-O-Al.



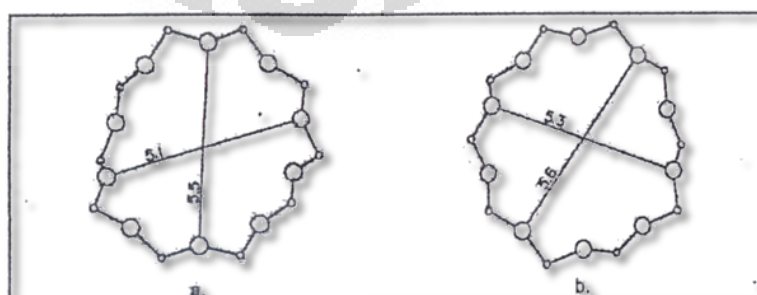
Gambar 2. 7 Struktur Primer ZSM-5 (Bhatia, 2000)

- b. Gambar 8 menunjukkan unit pembentuk sekunder dari struktur zeolit ZSM-5 membentuk suatu polihedral simetris.



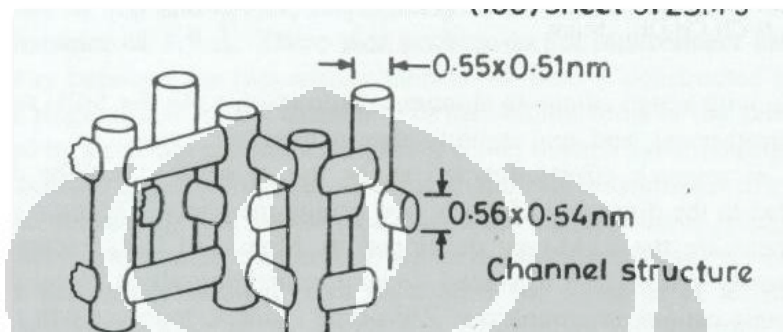
Gambar 2. 8 Pembentuk Sekunder Dari Zeolit ZSM-5 (Bhatia, 2000)

- c. Gambar 9 merupakan sistem rongga pada unit pembentuk sekunder dibentuk dari 10 atom oksigen sehingga memberikan ukuran rongga yang seragam yang membentuk saluran dengan bentuk yang berbeda, seperti saluran yang lurus dan melingkar.



Gambar 2. 9 Sistem Rongga Zeolit ZSM-5(Wijaya, 2005)

- d. Gambar 10 merupakan kelanjutan dari sistem rongga yang akan membentuk suatu pola saluran. Untuk zeolit ZSM-5 akan terbentuk perpotongan saluran 2 arah. Kedua perpotongan saluran tersebut dibentuk dari cincin oksigen yang sama, tetapi berbeda dalam hal ukuran rongganya. Saluran pertama berbentuk sinusoidal dengan ukuran rongga 5,1 x 5,5 Angstrom dan saluran kedua berbentuk lurus dengan ukuran rongga 5,4 x 5,6 Angstrom.



Gambar 2. 10 Bentuk Saluran Dari Zeolit ZSM-5(Bhatia, 2000)

2.2.2 Alumina Al_2O_3

Aluminium oksida atau alumina adalah senyawa kimia dengan rumus molekul Al_2O_3 yang terdiri atas unsur aluminium dan oksigen. Katalis alumina merupakan katalis asam yang dapat diaplikasikan dalam reaksi perengkahan katalitik. Pada katalis ini, atom aluminium adalah sumber kekuatan utama dari sisi katalis. Aluminium dengan keasamaan yang tinggi, dikelilingi oleh atom oksigen yang memiliki keelektronegatifan yang relatif baik. Alumina terdiri dari alumina amorf dan alumina dengan struktur trigonal. Alumina dalam bentuk amorf memiliki kekuatan asam yang lebih rendah daripada alumina dengan struktur trigonal. Distribusi atom alumina yang tidak merata adalah penyebab lemahnya kekuatan asam alumina amorf. Tabel di bawah ini merupakan keterangan yang lebih rinci dari sifat fisik dan kimia dari alumina.

Tabel 2.1 Sifat Fisik Dan Kimia Alumina (Prasetya et al., 2006)

Rumus Molekul	Al_2O_3
Bentuk	Bubuk kristal padat berwarna putih
Titik Leleh	2303 K
Titik Didih	3250 K
Massa Jenis	$3.97 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$
Berat Molekul	101.96

Berdasarkan strukturnya, maka alumina juga dapat dibedakan menjadi 2, yaitu :

2.2.2.1 Alumina Stabil

Jika alumina termasuk dalam struktur stabil, maka alumina ini adalah α -alumina. Struktur dari kristal ini dikenal sebagai *gibbsite* atau *hidrargillite* yang merupakan komponen utama dalam bauksit. Dalam industri, α -alumina dihasilkan melalui pemanasan *bayerit*, *boehmite*, *gibbsite*, dan *disapore* pada suhu diatas 1100 °C. Kristal α -alumina ini banyak digunakan sebagai bahan keramik, ampelas, dan bahan lain yang tahan api, karena sifat dari kristak ini yang memiliki titik leleh tinggi (2100 °C), inert terhadap zat kimia, keras, dan kuat.

2.2.2.1 Alumina Metastabil

Alumina metastabil juga dapat disebut sebagai alumina transisi. Hal ini disebabkan karena alumina ini dapat membentuk alumina dengan fase α -alumina jika dilakukan pemanasan lebih lanjut. Alumina metastabil ini merupakan bentuk kristal alumina anhidrat yang tidak ditemukan secara alami, tetapi dapat dihasilkan dengan dehidrasi *gibbsite* atau *boehmite* pada suhu rendah untuk menghilangkan kandungan airnya, atau dehidrasi ammonium alum pada suhu sekitar 800-1000 °C .

Klasifikasi alumina transisi secara sistematis pertama kali diusulkan oleh Ginsberg dan dilanjutkan oleh Lippens (1961). Mereka mengklasifikasikan alumina transisi menjadi dua kelompok berdasarkan kisaran temperatur pemanasannya, yaitu:

a. Kelompok γ

Kelompok ini berbentuk $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot x \cdot \text{H}_2\text{O}$ ($x = 0$ sampai dengan $x = 0.6$), yang diperoleh dengan pemanasan *boehmite* dibawah temperatur 600 °C. Hasilnya meliputi alumunium oksida berstruktur χ -alumina, η -alumina, dan γ -alumina.

b. Kelompok δ

Kelompok ini berbentuk alumina anhidrat, diperoleh dengan pemanasan pada temperatur 900 °C sampai 1000 °C. Kelompok ini meliputi alumunium oksida berstruktur κ -alumina, θ -alumina, dan δ -alumina.

2.3 Deaktivasi Katalis ZSM-5/ Al₂O₃

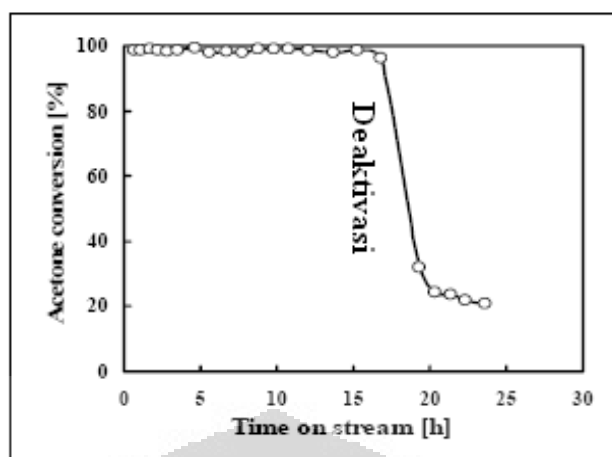
Deaktivasi adalah suatu keadaan dimana katalis mengalami penurunan kinerja setelah bekerja dalam suatu rentang waktu tertentu, tergantung pada kondisi operasinya (suhu, struktur dan komposisi katalis, komposisi maupun laju umpan), (Richardson, 1989).

Idealnya katalis dapat berfungsi terus menerus. Tapi pada kenyataannya katalis dapat terdeaktivasi setelah digunakan akibat berbagai macam hal yang dapat menghilangkan kemampuan katalis zeolit tersebut, yaitu :

- Peracunan situs aktif baik oleh komponen umpan, pengotor atau oleh produk berat (*coke*).
- Penyumbatan akses reaktan ke situs aktif (atau dari adsorbat ke pori) oleh kokas.
- Perubahan struktur.

Suatu permukaan katalis yang masih bersih akan mulai terdeaktivasi setelah katalis bertemu dengan molekul reaktan. Beberapa katalis hanya bertahan beberapa menit setelah terjadi reaksi sedangkan katalis yang lain bisa mencapai waktu bertahun-tahun baru terdeaktivasi. Kecepatan deaktivasi merupakan faktor yang berpengaruh dalam suatu reaksi. Berbagai alasan yang dapat menyebabkan katalis kehilangan keaktifannya adalah keracunan atau penghambatan katalis oleh kotoran di *feed* atau dari hasil reaksi produk samping, yang berupa residu karbon, dikenal sebagai *coke*, pengendapan material polimer, hilangnya komponen aktif oleh *leaching* (penguapan) dan perubahan tekstur pori. Perubahan tekstur pori dapat mempengaruhi kinerja suatu katalis dengan hilangnya luas permukaan spesifik melalui *sintering carrier* atau hilangnya permeabilitas melalui *plugging* dari pori-pori.

Pada katalis Zeolit ZSM-5 dalam reaksi konversi etanol menjadi hidrokarbon, salah satu penyebab deaktivasi adalah penutupan pori oleh deposit karbon (*coke*) di pori-pori katalis yang merupakan produk samping dari reaksi konversi etanol tersebut, yakni reaksi *multiple condensation* yang terjadi pada permukaan external ZSM-5 (Setiadi, 2005).



Gambar 2. 11 Grafik Penurunan Aktivasi Katalis Terhadap Waktu (Linna, 2009)

Molekul-molekul *coke* ini memblokir struktur saluran pori sehingga proses difusi dari molekul reaktan ke inti situs asam semakin lama mengalami hambatan yang semakin besar.(Guisnet, 1997). Efek deaktivasi yang sangat serius adalah terbentuknya material jenis karbon (kokas) pada mulut pori sehingga terjadi penyumbatan dan katalis akan sangat cepat mengalami deaktivasi.

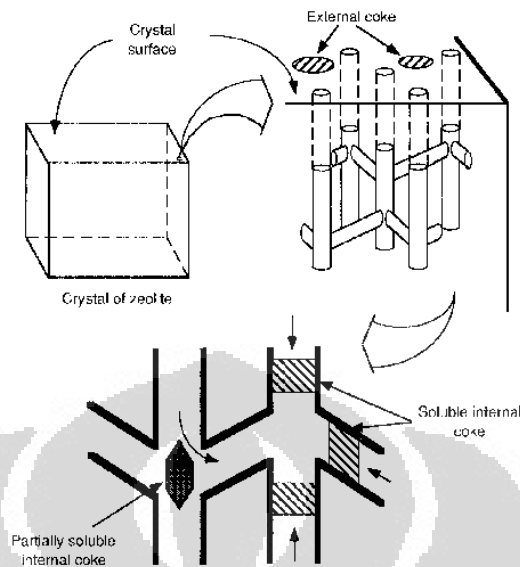
Deaktivasi pada HZSM-5 lebih rendah daripada katalis amorf alumina dan katalis zeolit lain yang memiliki ukuran pori lebih besar, seperti zeolit jenis faujasit, mordenit dan zeolit X dan Y (Bathia et al., 1990).

2.4 Pembentukan Kokas (*Coking*)

Coke adalah residu karbon yang terbentuk dan berada dipermukaan katalis. *Coke* merupakan produk *non-desorbed* karena molekul-molekul *coke* tidak cukup mudah menguap untuk dihilangkan dari zeolit dan ukurannya yang lebih besar dari lubang pori-pori katalis sehingga terjebak dan tertahan dalam rongga atau di persimpangan saluran.

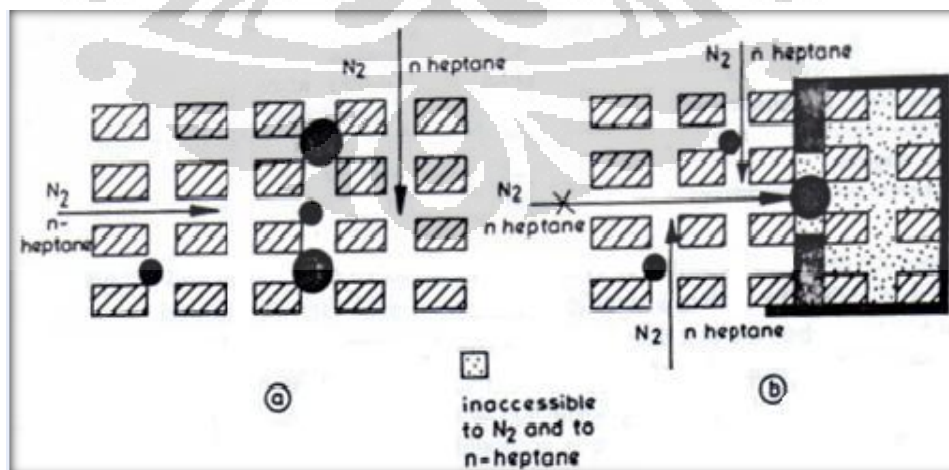
Coking biasanya menjadi penyebab utama penonaktifan katalis zeolit. Pada dasarnya, semua jenis katalis mengalami peristiwa *coking* ini. Berdasarkan penelitian yang pernah dilakukan oleh peneliti sebelumnya, deposit *coke* pada katalis dapat mencapai jumlah 20% dari berat katalis. Permukaan katalis yang tertutupi oleh lapisan deposit *coke* mengalami penurunan luas permukaan yang dapat diakses oleh etanol sebagai reaktan, komponen aktif akan terbungkus dalam karbon dan pori katalis akan tertutup (*blocked*). Ketika pengaruh ini sangat signifikan terhadap reaksi dimana katalis ini bekerja, maka katalis harus

segera diganti atau diregenerasi.



Gambar 2. 12 Lokasi Kokas pada *Channel* Katalis Zeolit HZSM-5 (Benito, 1996).

Laju *coking* sangat berpengaruh pada rentang waktu aktivitas katalis zeolit. Semakin kecil laju *coking* dalam katalis maka semakin panjang waktu kinerja katalis. Laju *coking* akan lebih besar jika ruang kosong yang besar berada didekat bagian asam dari katalis tersebut. Pada semua zeolit, pembentukan *coke* terjadi melalui oligomerisasi dari produk cracking olefin yang diikuti oleh siklisasi dari oligomer, transformasi melalui transfer hidrogen menjadi senyawa monoaromatik, alkilasi dari monoaromatik tersebut, dan siklisasi dan transfer hidrogen untuk menghasilkan bi-aromatik, tri-aromatik



Gambar 2. 13 Model Deaktivasi Zeolit HZSM-5.(A) Kadar *Coke* Rendah; (B) Kadar *Coke* Tinggi (Bhatia, 1990)

Dalam penelitian ini, yang dibahas sebagai penyebab utama deaktivasi

pada katalis adalah *coking*, ini terjadi melalui tiga hal berikut :

- a. Pembatasan akses etanol ke situs aktif
- b. Penyumbatan akses etanol ke situs-situs rongga (persimpangan saluran) karena keberadaan molekul kokas (*coke*).
- c. Penyumbatan akses ke situs-situs pori-pori dimana tidak ada molekul kokas (*coke*).

Kesimpulannya adalah laju *coking* tergantung pada parameter yang biasanya mempengaruhi laju reaksi katalitik, yaitu:

- a. Karakteristik dari reaktan hidrokarbon-pasangan situs aktif,
- b. Karakteristik dari struktur pori katalis, khususnya ukuran dan bentuk rongga (atau saluran persimpangan) yang terletak di situs asam.
- c. Kondisi operasi: suhu, komposisi, konsentrasi dan jenis katalis.

2.5 Metode Analisis

Untuk mengetahui pengaruh suhu terhadap perilaku deaktivasi katalis ZSM-5 dalam reaksi konversi etanol menjadi hidrokarbon maka perlu diketahui perbedaan sifat fisis dan kimia katalis sebelum dan sesudah katalis terdeaktivasi, dengan cara karakterisasi katalis ZSM-5 dengan metode FTIR. Katalis ZSM-5 yang digunakan dikarakterisasi dengan metode FTIR.

- a. Karakterisasi FTIR

Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) adalah metode spektroskopi inframerah yang dilengkapi dengan teknik transformasi Fourier untuk deteksi dan analisis hasil spektrumnya. Dalam hal ini metode spektroskopi yang digunakan adalah metode spektroskopi absorpsi, yaitu metode spektroskopi yang didasarkan atas perbedaan penyerapan radiasi inframerah oleh molekul suatu materi. Absorpsi inframerah oleh suatu materi dapat terjadi jika dipenuhi dua syarat, yakni kesesuaian antara frekuensi radiasi inframerah dengan *frekuensi vibrasional* molekul sampel dan perubahan momen dipol selama bervibrasi (Chatwall, 1985).

Metode FTIR digunakan untuk menganalisis secara kualitatif ikatan-ikatan yang terdapat pada katalis yang bertujuan untuk mengidentifikasi kandungan dari sampel, yaitu katalis ZSM-5. Grafik hasil FTIR yang terbentuk ini kemudian dianalisis dengan memperkirakan ikatan apa yang terbentuk pada suatu *peak*

yang mengacu pada referensi. Kemudian dibandingkan ikatan apa saja yang ada pada katalis sebelum dan setelah operasi.

Kelebihan dari metode FTIR ini adalah informasi struktur molekul dapat diperoleh secara tepat dan akurat (memiliki resolusi yang tinggi) dan dapat digunakan untuk mengidentifikasi sampel dalam berbagai fase (gas, padat atau cair).

b. Karakterisasi GC FID (*Gas Chromatography Flame Ionization Detector*)

Kromatografi merupakan metode pemisahan yang berkaitan dengan perbedaan dalam keseimbangan distribusi dari komponen-komponen sampel diantara dua fase yang berbeda, yaitu fase bergerak dan fase diam. berlangsung didalam kolom berdasarkan pada interaksi komponen produk dan fasa diam.

Interaksi antara produk dan fasa diam (cair) sangat menentukan berapa lama komponen-komponen akan ditahan. Komponen-komponen yang mempunyai afinitas lebih rendah (tidak suka) terhadap fasa diam, akan keluar dari kolom terlebih dahulu. Sedangkan komponen-komponen dengan afinitas lebih besar (larut dengan baik) terhadap fasa diam akan keluar lebih lama dari kolom. Komponen contoh hanya dapat berpindah tempat di dalam fase gerak. Dalam kromatografi gas, dikenal istilah waktu retensi (t_r) yaitu waktu komponen sampel ditahan oleh kolom.

Karakterisasi produk gas dengan metode GC menggunakan detektor FID ini, merupakan deteksi yang dilakukan berdasarkan sumber ionisasi yaitu pembakaran yang berasal dari hidrogen dan udara atau oksigen. FID akan memberi respon hanya terhadap senyawa organik, tidak pada udara atau air atau gas ringan yang telah ditetapkan.

c. Analisis GC MS

Kromatografi gas adalah metode analisis, dimana sampel terpisahkan secara fisik menjadi bentuk molekul-molekul yang lebih kecil (hasil pemisahan dapat dilihat dengan berupa kromatogram). Sedangkan Spektroskopi massa adalah metode analisis, dimana sampel yang dianalisis akan diubah menjadi ion-ion gas-nya, dan massa dari ion-ion tersebut dapat diukur berdasarkan hasil deteksi berupa spektrum massa. Pada GC hanya terjadi pemisahan untuk mendapatkan komponen

yang diinginkan, sedangkan bila dilengkapi dengan MS yang berfungsi sebagai detector, akan dapat mengidentifikasi komponen tersebut, karena bisa membaca spektrum bobot molekul pada suatu komponen, karena dilengkapi dengan Library (reference) yang ada pada software. Secara instrument, MS adalah detector GC. Sampel-sampel yang dapat dianalisis dengan menggunakan GCMS, harus memenuhi beberapa syarat diantaranya:

- Dapat diuapkan pada suhu 400 °C
- Secara termal stabil (tidak terdekomposisi pada suhu 400 °C)
- Sampel-sampel dapat dianalisis setelah melalui tahapan preparasi yang khusus.

Proses pemisahan dapat terjadi karena terdapat perbedaan kecepatan alir dari tiap molekul di dalam kolom. Perbedaan tersebut dapat disebabkan oleh perbedaan afinitas antar molekul dengan fase diam yang ada di dalam kolom.

Pemisahan komponen senyawa dalam GC terjadi di dalam kolom (kapiler) dengan melibatkan dua fase, yaitu fase diam dan fase gerak. Fase diam adalah zat yang ada di dalam kolom, sedangkan fase gerak adalah gas pembawa (Helium ataupun hidrogen dengan kemurnian tinggi, yaitu 99,995 %).

Bagian-bagian dari instrument Kromatografi Gas adalah sebagai berikut:

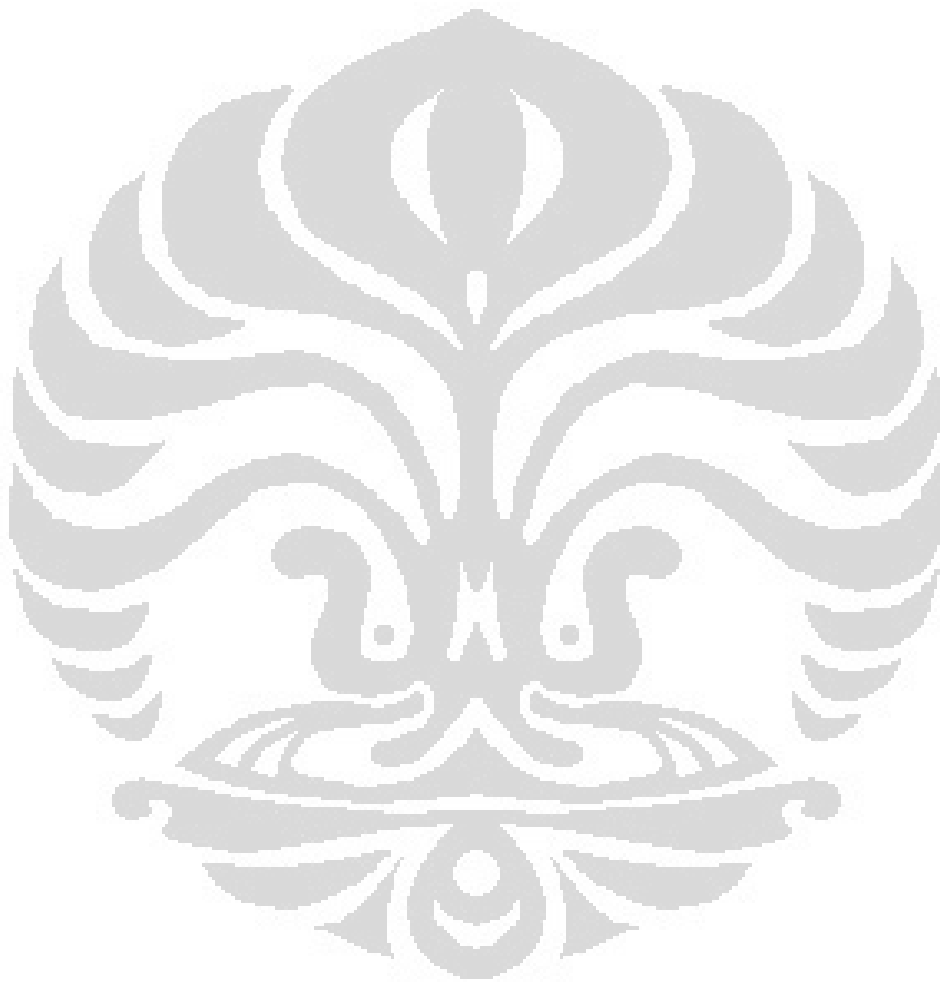
- Pengatur aliran gas (Gas Flow Controller)
- Tempat injeksi sampel (Injector)
- Kolom (tempat terjadinya pemisahan)
- Lalu dihubungkan pada interface (fungsi interface adalah sebagai penghubung antara GC dan MS)

Sedangkan bagian-bagian dari Spektrofotometer Massa adalah sebagai berikut:

- Tempat masuk sampel (melalui interface)
- Sumber Ion (Ion Source)
- Pompa Vakum (Vacuum Pump)
- Penganalisis Massa (Mass Analyzer)
- Detektor (Electron Multiplier Detector)

Setelah data terdeteksi, lalu data dikirimkan ke sistem pengolah data pada komputer untuk diolah dan dianalisis. Pengaturan temperature kolom pemisahan sangat penting karena pemisahan komponen sangat dipengaruhi oleh kenaikan

temperature dan laju alir gas pembawa. Kromatografi Gas Spektroskopi Massa dapat digunakan untuk analisis kualitatif dan analisis kuantitatif dengan cara membandingkan berdasarkan waktu retensi.



BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Metode penelitian dilakukan dengan tujuan utama mengetahui pengaruh suhu dari reaksi konversi etanol menjadi hidrokarbon terhadap perilaku deaktivasi katalis campuran ZSM-5 dan Al₂O₃. Penelitian ini terdiri dari 4 tahapan utama sebagai berikut:

3.1.1 Tahap Preparasi Katalis dan Karakterisasi.

Dalam tahapan ini, katalis yang akan digunakan untuk reaksi dipersiapkan terlebih dahulu. Katalis campuran Al₂O₃ dan HZSM-5 adalah suatu kombinasi komponen katalis yang kinerja katalitiknya saling mendukung, dimana keduanya hanya dicampur secara fisik saja. Komposisi HZSM-5 dalam katalis ini dibuat bervariasi dengan persentase massanya dalam campuran katalis sebesar 5%, 10%, dan 15%.

3.1.2 Tahap Preparasi Etanol

Pada tahap ini etanol yang digunakan adalah etanol teknis 96% yang umum ada di pasaran.

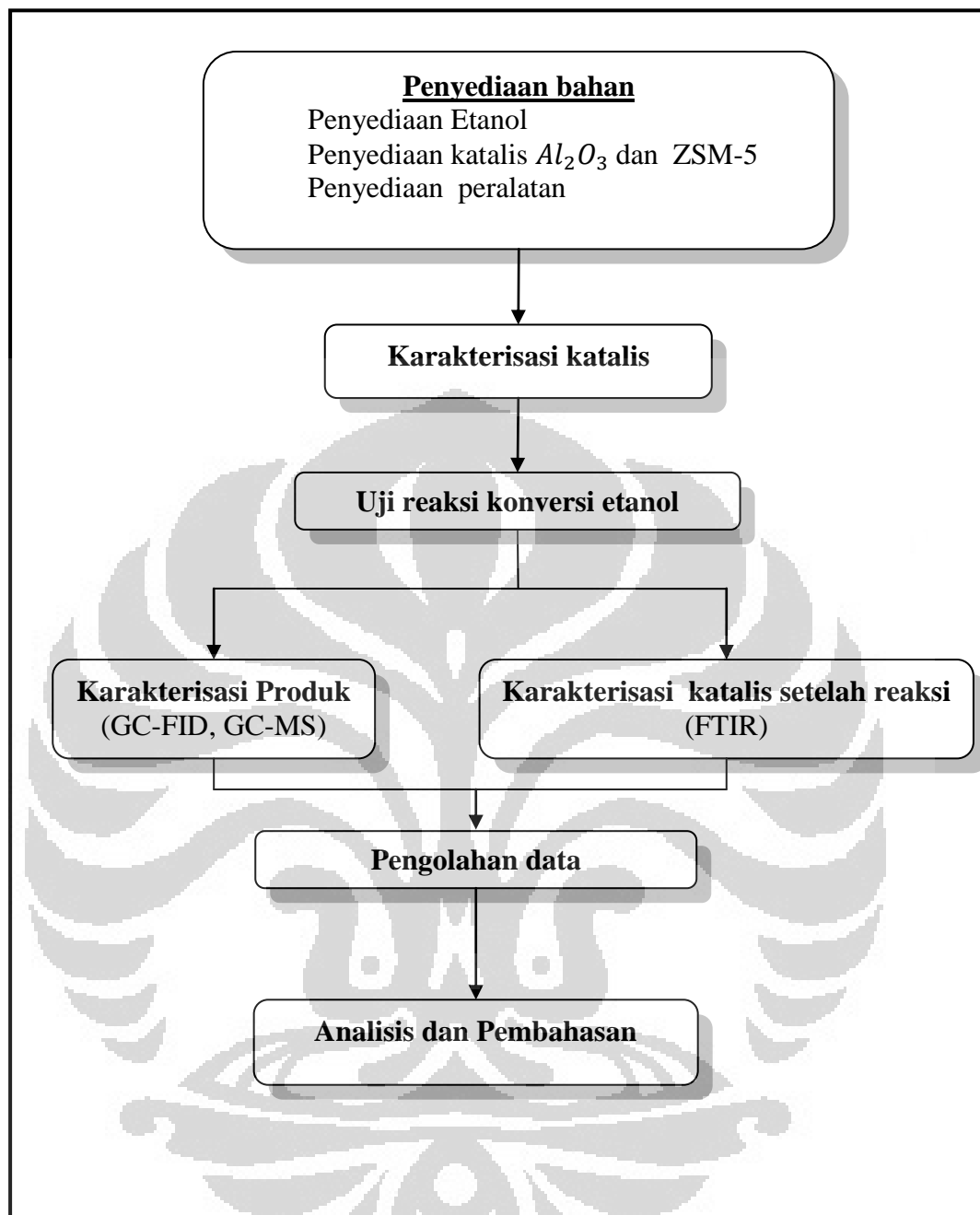
3.1.3 Tahap Uji Reaksi/Kinerja Katalis

Pada tahap ini, etanol akan direaksikan dengan katalis Al₂O₃ dan HZSM-5 dalam reaktor *fixed bed* sehingga etanol akan mengalami reaksi katalitik menjadi senyawa dengan molekul lebih kecil. Prosedur yang akan dilakukan adalah mengumpulkan etanol ke dalam reaktor.

3.1.4 Tahap Analisis Produk Hasil Reaksi.

Pada tahap ini akan dilakukan analisis terhadap hasil reaksi katalitik yang telah dilakukan. Analisisnya meliputi penggunaan metode FTIR dan GC-FID untuk produk cair yang dihasilkan. Penggunaan FTIR terutama digunakan untuk menentukan ikatan-ikatan yang ada didalam katalis sebelum dan sesudah mengalami deaktivasi. Penggunaan GC-FID untuk mengetahui kandungan dalam produk yang dihasilkan.

Secara sistematis, penelitian yang dilakukan dapat digambarkan dalam diagram alir sebagai berikut :



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Bahan Dan Alat

Dalam penelitian ini, secara garis besar bahan-bahan yang digunakan adalah :

- Etanol 96%,
- Katalis zeolite ZSM-5,
- Katalis alumina
- Gas nitrogen, untuk menghilangkan kemungkinan adanya kandungan komponen air dalam katalis.

Peralatan yang digunakan dalam percobaan ini adalah :

- *Termokopel* sebagai monitoring suhu katalis selama reaksi.
- Tabung carrier gas.
- Timbangan.
- Cawan 2 buah.
- Spatula.

3.3 Variabel Penelitian

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah : lama waktu reaksi.

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah : persentase konversi etanol menjadi hidrokarbon.

3.4 Tahap Percobaan

Penelitian ini bermaksud untuk mengetahui pengaruh suhu reaksi pada konversi etanol menjadi hidrokarbon terhadap deaktivasi dari katalis ZSM-5 dan mencari tahu kondisi operasi yang optimum untuk katalis ZSM-5. Tahap-tahap yang dilakukan untuk mencapai hal tersebut adalah :

1. Melaksanakan reaksi konversi etanol menjadi hidrokarbon, mencatat waktu kinerja katalis hingga mengalami deaktivasi.
2. Melakukan variasi kondisi reaksi, salah satunya suhu reaksi. Karakterisasi katalis
3. Karakterisasi katalis sebelum reaksi cukup dilakukan satu kali dan dapat dijadikan data karakterisasi untuk setiap katalis yang digunakan karena katalis yang digunakan adalah sama. Katalis yang digunakan dikarakterisasi dengan metode FTIR.
4. Karakteristik FTIR

Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) digunakan untuk menganalisa secara kualitatif ikatan-ikatan yang terdapat pada katalis yang bertujuan untuk mengidentifikasi kandungan dari sampel, dalam hal ini katalis campuran alumina ZSM-5. Grafik hasil FTIR yang terbentuk ini kemudian dianalisa dengan memperkirakan ikatan apa yang terbentuk pada suatu *peak* yang mengacu pada referensi. Kemudian dibandingkan ikatan apa saja yang ada pada katalis sebelum dan setelah operasi.

5. Karakterisasi GC FID

Proses pemisahan komponen-komponen produk dalam kromatografi gas berlangsung didalam kolom berdasarkan pada interaksi komponen produk dan fasa diam. Proses pemisahannya dapat dipandang sebagai serangkaian peristiwa partisi, dimana produk masuk ke dalam fasa cair dan selang beberapa waktu akan teruapkan. Interaksi antara produk dan fasa diam (cair) sangat menentukan berapa lama komponen-komponen akan ditahan. Dalam kromatografi gas, dikenal istilah waktu retensi (t_r) yaitu komponen sampel ditahan oleh kolom. Produk gas dianalisis dengan GC jenis FID (*Flame Ionization Detector*).



BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini akan dibahas hasil penelitian yang telah dilakukan, meliputi pengujian katalis Al_2O_3 dan HZSM-5 pada konversi katalitik senyawa etanol untuk menghasilkan senyawa hidrokarbon, yang dilanjutkan dengan karakterisasi katalis menggunakan FT-IR. Variasi komposisi katalis dan suhu digunakan sehingga katalis direaksikan dan menunjukkan tanda-tanda terdeaktivasi atau penurunan aktivitas. Hasil reaksi konversi etanol berupa produk hidrokarbon dikarakterisasi dengan menggunakan *gas chromatografi mass spectrometer* (GC-MS) serta *flame ionization detector* (FID).

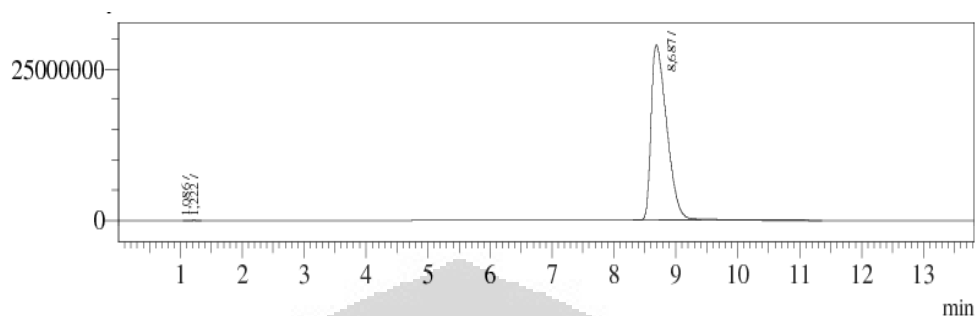
4.1 Hasil Uji Konversi Katalitik

Sesuai dengan prosedur penelitian yang telah diuraikan pada Bab 3, maka percobaan uji konversi katalitik dilakukan pada etanol dengan menggunakan katalis $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{HZSM-5}$ dengan variasi komposisi dan suhu sebagai variabel bebas. Variasi rasio katalis yang digunakan adalah 5%, 10% dan 15%, pada suhu 350°C, 400 °C dan 450°C, dengan laju alir *carrier gas* N_2 100 mL/menit. Variasi komposisi dan suhu akan mempengaruhi waktu terjadinya deaktivasi katalis. Langkah awal yang dilakukan adalah menyalakan heater etanol hingga 75°C, mengalirkan *carrier gas* N_2 yang akan membawa gas etanol ke dalam reaktor sehingga terjadi reaksi oleh katalis dan terjadi perengkahan yaitu etanol menjadi hidrokarbon. Massa katalis yang digunakan bernilai tetap yaitu 0,5 gram. Produk reaksi dalam fasa gas dianalisis dengan *Gas Chromatography* (GC) untuk mengetahui konversi reaksi yang terjadi dengan katalis $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{HZSM-5}$.

4.1.1 Tahap *Blank Test*

Pada tahap ini dilakukan reaksi etanol tanpa katalis di dalam reaktor *fixed bed*. Di dalam reaktor hanya diisi dengan *quartz sand* sebesar 5,0000 gram. Tujuannya adalah untuk mengetahui ada atau tidaknya etanol yang terkonversi menjadi hidrokarbon jika tidak terdapat katalis di dalam reaktor. Gambar 4.1 menunjukkan gas hasil dari tahap blank test yang dianalisis dengan *Gas Chromatography Flame Ionization Detector* (GC-FID) dan menunjukkan peak etanol pada *retention time* 8.687 dan luas area etanol sebesar 515.063.867. Pada

reaksi etanol tanpa katalis, didapat produk berupa 100% etanol. Hal ini membuktikan bahwa tanpa adanya katalis $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{HZSM-5}$ tidak terjadi reaksi konversi dari etanol.



Gambar 4. 1 Analisis GC FID dari Etanol pada Tahap Blank Test

4.1.2 Deaktivasi Katalis $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{HZSM-5}$ pada Berbagai Suhu.

Hal yang mendukung penjelasan deaktivasi katalis sebagai suatu kehilangan sisi aktif katalis adalah perubahan karakteristik dalam distribusi produk dari reaksi etanol menjadi hidrokarbon dengan katalis $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{HZSM-5}$ terhadap waktu. Sesuai dengan literatur, katalis akan mengalami penurunan aktivitas setelah dipakai dalam jangka waktu tertentu. Dalam penelitian ini akan dibahas tentang pengaruh suhu terhadap penurunan aktivitas (deaktivasi) katalis $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{HZSM-5}$ ini, yang diketahui dari hasil analisis *Gas Chromatography Flame Ionization Detector* (GC-FID) terhadap produk gas, yang menunjukkan hasil konversi dari etanol menjadi hidrokarbon. Uji reaksi dilakukan dalam pada suhu 350°C , 400°C dan 450°C dengan komposisi katalis pada masing-masing suhu adalah 5%, 10% dan 15 %, dan laju alir N_2 untuk semua reaksi adalah 100 ml/menit.

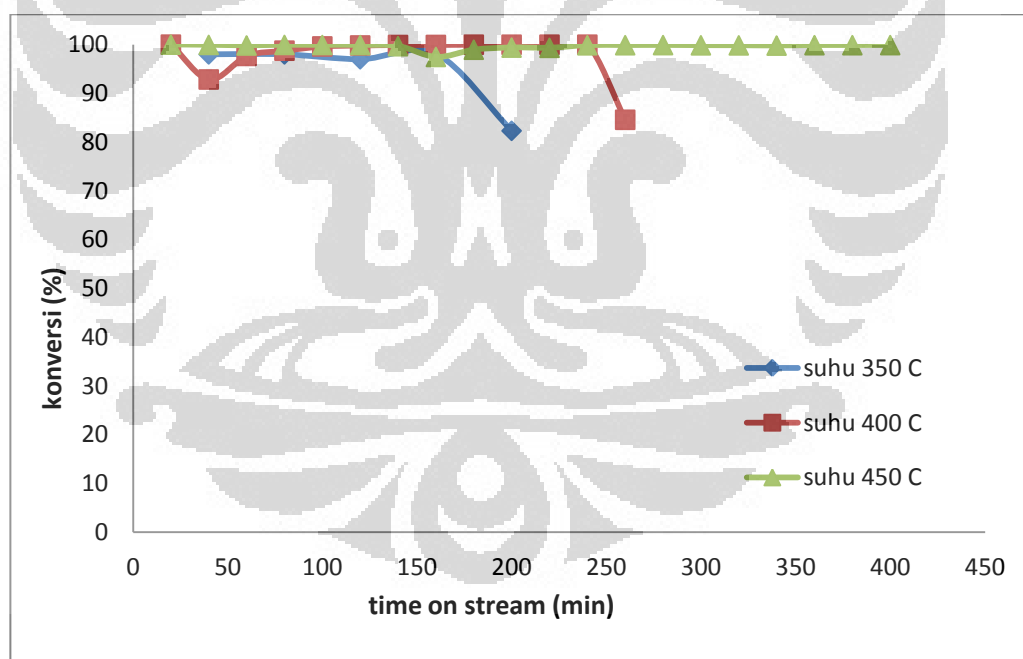
Konversi etanol menjadi hidrokarbon dari hasil analisis *Gas Chromatography Flame Ionization Detector* (GC-FID) ini dihitung dengan rumus berikut:

$$\% \text{konversi} = \frac{\text{Luas area etanol blank test} - \text{Luas area etanol setelah reaksi}}{\text{Luas area etanol pada blank test}} \times 100\% \quad (4.1)$$

Hasil konversi dari etanol untuk semua variasi suhu dan komposisi akan dibahas masing-masing pada subbab berikut.

4.1.2.1 Konversi Etanol pada Campuran dengan Komposisi 5% HZSM-5, 95% Al₂O₃

Pada Gambar 4.2 disajikan grafik dari konversi etanol (distribusi produk) terhadap waktu reaksi dari katalis campuran berkomposisi 5% HZSM-5, 95% Al₂O₃ dengan umpan etanol yang dibawa oleh gas nitrogen. Dari grafik tersebut terlihat bahwa untuk hasil uji reaksi etanol pada suhu 450°C menunjukkan aktivitas katalis yang paling stabil karena masih bertahan sampai pada 400 menit reaksi dengan konversi tetap stabil yaitu 100%. Sedangkan, uji reaksi etanol pada suhu 400°C menunjukkan penurunan aktivitas dari katalis mulai terjadi pada menit ke-240 dan untuk uji reaksi etanol pada suhu 350°C menunjukkan penurunan aktivitas dari katalis mulai terjadi pada menit ke-160. Dari hasil percobaan ini dapat disimpulkan bahwa uji reaksi dengan campuran katalis berkomposisi 5% HZSM-5, 95% Al₂O₃ pada suhu 450°C katalis memiliki aktivitas yang paling stabil dan paling lama dibandingkan dengan uji reaksi yang dioperasikan pada suhu 350°C dan 400°C.

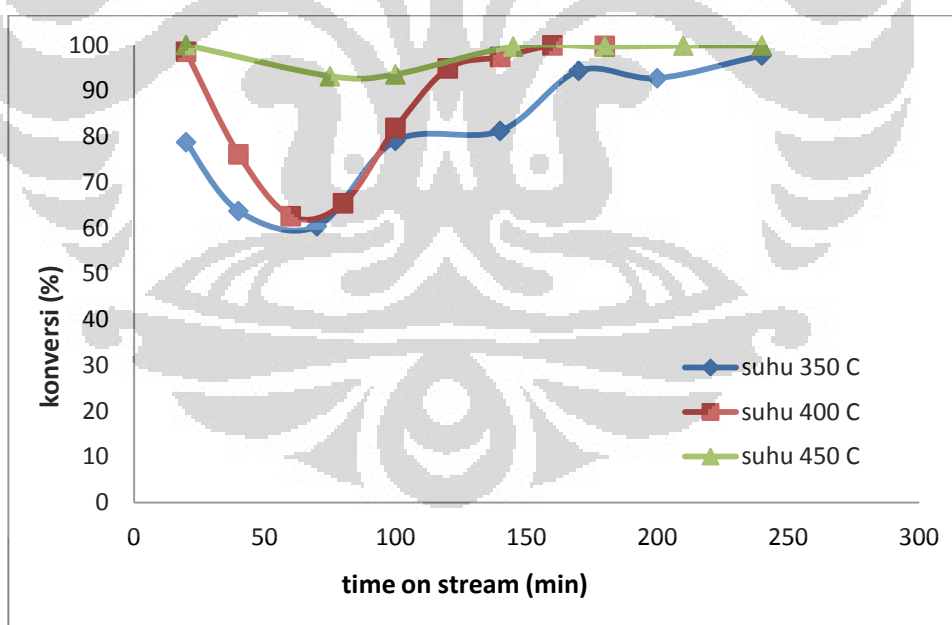


Gambar 4. 2 Grafik Konversi Etanol Terhadap Waktu oleh Katalis Campuran dengan Komposisi 5% HZSM-5, 95% Al₂O₃ Pada Suhu 350 °C, 400°C Dan 450°C.

4.1.2.2 Konversi etanol pada campuran dengan komposisi 10% HZSM-5, 90% Al₂O₃

Pada Gambar 4.3 disajikan grafik dari konversi etanol terhadap waktu reaksi dari katalis campuran berkomposisi 10% HZSM-5, 90% Al₂O₃. Dari grafik

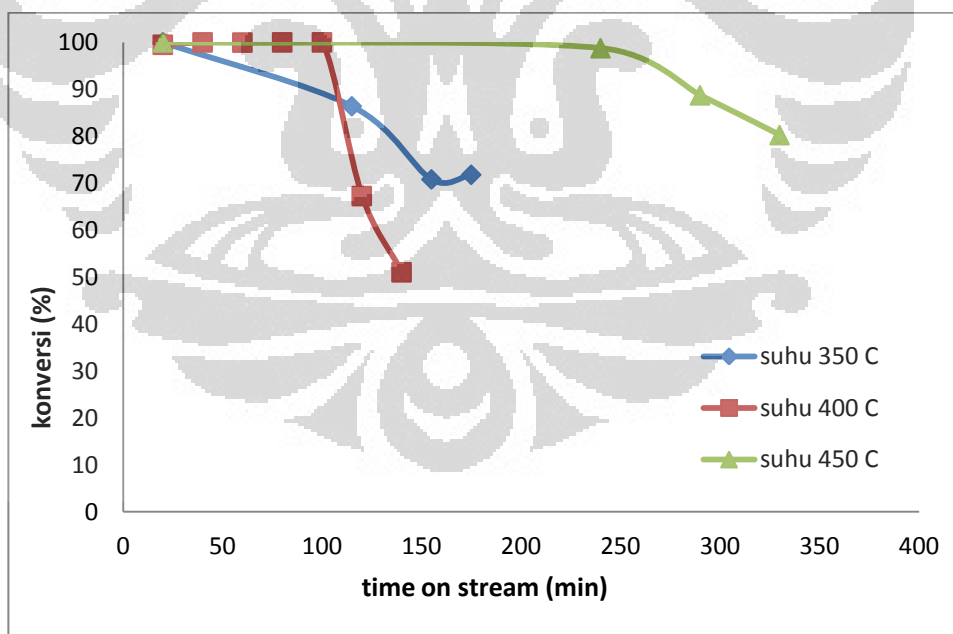
tersebut terlihat bahwa untuk hasil uji reaksi etanol pada suhu 450°C menunjukkan aktivitas katalis yang paling stabil karena masih bertahan sampai pada 250 menit reaksi dengan konversi tetap stabil yaitu 100%. Sedangkan, uji reaksi etanol pada suhu 400°C menunjukkan penurunan aktivitas dari katalis mulai terjadi pada menit ke-40 dan untuk uji reaksi etanol pada suhu 350°C menunjukkan penurunan aktivitas dari katalis mulai terjadi dari awal reaksi dilakukan. Uji reaksi pada suhu 400°C dan 350°C ini cenderung tidak stabil. Hal ini dapat dianalisis sebagai suatu ketidakakuratan saat melakukan penelitian. Kemungkinan yang menyebabkan ketidakstabilan ini adalah saat pengambilan produk gas dengan sirings, pengambilan gas dilakukan terlalu cepat dibandingkan dengan flow gas yang mengalir dari reaktor, sehingga gas yang masuk dalam sirings tidak 100% adalah produk gas hidrokarbon hasil reaksi, melainkan tercampur dengan udara luar. Tetapi, dari hasil percobaan ini dapat disimpulkan bahwa uji reaksi dengan campuran katalis berkomposisi 10% HZSM-5, 90% Al₂O₃ pada suhu 450°C katalis memiliki aktivitas yang paling stabil dan paling lama dibandingkan dengan uji reaksi yang dioperasikan pada suhu 350°C dan 400°C.



Gambar 4. 3 Grafik Konversi Etanol Terhadap Waktu Oleh Katalis Campuran Dengan Komposisi 10% HZSM-5, 90% Al₂O₃ Pada Suhu 350 °C, 400°C Dan 450°C.

4.1.2.3 Konversi Etanol Pada Campuran Dengan Komposisi 15% HZSM-5, 85% Al₂O₃

Pada Gambar 4.4 disajikan grafik dari konversi etanol terhadap waktu reaksi dari katalis campuran berkomposisi 15% HZSM-5, 85% Al₂O₃. Dari grafik tersebut terlihat bahwa untuk hasil uji reaksi etanol pada suhu 450°C menunjukkan aktivitas katalis yang paling stabil karena masih bertahan sampai pada 250 menit reaksi dengan konversi tetap stabil yaitu 100%. Katalis mulai mengalami penurunan aktivitas setelah melewati menit ke-250. Sedangkan, uji reaksi etanol pada suhu 400°C menunjukkan kestabilan aktivitas katalis hingga 100 menit dengan konversi 100%, penurunan aktivitas dari katalis mulai terjadi setelah menit ke-100 dan kemudian mengalami penurunan aktivitas yang cukup drastis. Untuk uji reaksi etanol pada suhu 350°C menunjukkan penurunan aktivitas dari katalis mulai terjadi dari awal reaksi dengan penurunan aktivitas yang tidak terlalu drastis. Dari hasil percobaan ini dapat disimpulkan bahwa uji reaksi dengan campuran katalis berkomposisi 15% HZSM-5, 85% Al₂O₃ pada suhu 450°C katalis memiliki aktivitas yang paling stabil dan paling lama dibandingkan dengan uji reaksi yang dioperasikan pada suhu 350°C dan 400°C.



Gambar 4. 4 Grafik Konversi Etanol Terhadap Waktu Oleh Katalis Campuran Dengan Komposisi 15% HZSM-5, 85% Al₂O₃ Pada Suhu 350 °C, 400°C Dan 450°C.

Deaktivasi katalis diikuti dengan perubahan fisik yaitu warna, yang terjadi pada katalis. Katalis baru Al₂O₃/HZSM-5 memiliki warna putih bersih, sedangkan

katalis yang mengalami deaktivasi akan berubah warna menjadi hitam pekat. Warna hitam pada katalis yang terdeaktivasi diakibatkan terbentuknya kokas yang menempel pada sisi aktif katalis. Sisi aktif katalis yang tertutupi mengakibatkan menurunnya luas permukaan pada katalis. Terbentuknya kokas tidak langsung menutupi pintu pori tetapi melapisi dinding pori terlebih dahulu sehingga deaktivasi terjadi secara bertahap. Dalam penelitian ini, deaktivasi ditinjau dalam kondisi flow yang konstan. Tidak ada katalis yang dipindahkan keluar dari reaktor sehingga deaktivasi dianggap sebagai suatu penurunan sisi aktif katalis, bukan karena penurunan jumlah katalis. Penurunan sisi aktif dari katalis ini disebabkan oleh pembentukan kokas yang menempel pada sisi aktif katalis dan kokas yang menutupi pintu pori sehingga etanol tidak bisa bereaksi dengan sisi aktif katalis tersebut [Andres T.]. Kandungan kokas dalam katalis tergantung dari keadaan reaksi, waktu reaksi, suhu dan komposisi umpan.

4.2 Distribusi Produk

Dari pembelajaran literatur, telah diteliti bahwa ada kemungkinan untuk memproduksi berbagai variasi cairan hidrokarbon dan mengubah susunan hidrokarbon dari aromatik menjadi alifatik dengan mencampurkan katalis alumina dan HZSM-5 dalam berbagai komposisi. Alumina memproduksi fraksi produk larutan organik (OLP) yang pada dasarnya tersusun dari hidrokarbon alifatik, dan fraksi produk larutan organik (OLP) dari HZSM-5 tersusun dari hidrokarbon aromatik.

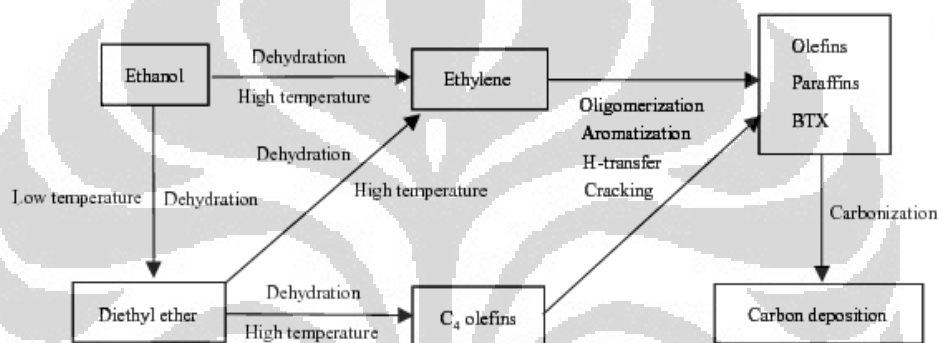
4.2.1 Distribusi Produk pada Katalis HZSM-5 Murni dan Al_2O_3 Murni

Pada bagian ini akan dibahas tentang bagaimana distribusi produk dalam reaksi konversi etanol menjadi hidrokarbon dengan bantuan katalis campuran dalam berbagai komposisi dan suhu operasi. Dalam penelitian ini tidak dilakukan uji reaksi etanol dengan katalis murni alumina Al_2O_3 saja dan uji reaksi etanol dengan katalis murni ZSM-5 saja. Oleh karena itu, untuk mendukung data-data dan teori tersebut, maka akan digunakan literatur sebagai acuan untuk membantu.

Reaksi yang menggunakan katalis murni HZSM-5, menghasilkan *organic liquid product* (OLP) yang meningkat seiring dengan peningkatan *space velocity*. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh John D. Adjaye (1996), ia mendapatkan bahwa produk OLP meningkat seiring dengan peningkatan suhu,

dan mencapai jumlah maksimumnya pada suhu 370°C dan kemudian menurun jika suhu terus meningkat. Produk OLP paling optimum tersebut didapatkan pada kondisi operasi 370°C dan berada pada kisaran 27,1 dan 34,8 % massa dari umpan *biofuel*. Dengan menggunakan katalis alumina, produk OLP meningkat seiring dengan peningkatan *space velocity*, tetapi jika suhu meningkat produk OLP nya semakin menurun. Produk OLP paling optimum didapat pada kondisi operasi 330°C dan berada pada kisaran 19.1 dan 26.1 % massa. Ini menunjukkan bahwa HZSM-5 menghasilkan produk fraksi OLP lebih tinggi daripada katalis alumina.

Pada Gambar berikut, disajikan skema alur reaksi konversi dari etanol menjadi senyawa hidrokarbon.

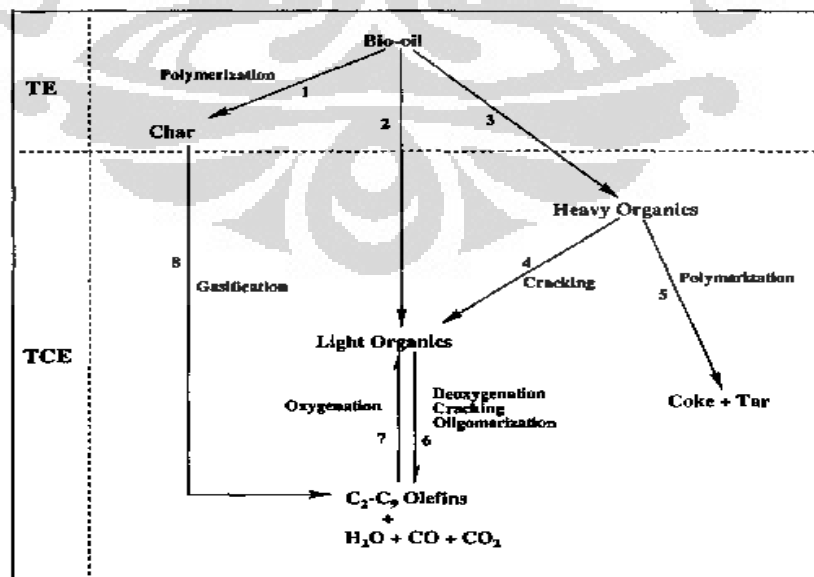


Gambar 4. 5 Skema Alur Reaksi Konversi Etanol Menjadi Hidrokarbon (Inaba, 2006).

Pada Gambar 4.5 terlihat reaksi konversi etanol, pada suhu rendah muncul formasi dietileter melalui proses dehidrasi intermolekular antara dua molekul etanol. Pada reaksi dengan suhu tinggi, reaksi lebih mengarah kepada pembentukan formasi etilen melalui dehidrasi intramolekuler dari etanol atau dietileter. Terlihat bahwa dietileter dapat dikonversi menjadi senyawa olefin C4 begitu juga menjadi etilen melalui dehidrasi, karena telah dilaporkan bahwa dimetileter (DME) dapat didehidrasi menjadi etilen. Etilen dan olefin C4 yang terbentuk dari proses dehidrasi, dapat mengalami reaksi lebih lanjut seperti oligomerisasi, aromatisasi, perengkahan untuk menghasilkan hidrokarbon yang lebih tinggi seperti olefin, paraffin dan BTX (benzene, toluene, dan xylene). Reaksi ini meningkat seiring dengan peningkatan derajat keasaman katalis, dan beberapa kandungan logam yang terdapat dalam katalis zeolit juga dapat meningkatkan formasi BTX. Beberapa senyawa hidrokarbon dapat bertransformasi menjadi karbon yang terdeposito akibat reaksi yang karbonisasi (Inaba, 2006).

Katalis alumina memproduksi fraksi kokas yang relative lebih tinggi dibandingkan dengan katalis HZSM-5. Fraksi kokas semakin meningkat seiring dengan peningkatan suhu pada katalis alumina, sedangkan dengan katalis HZSM-5 fraksi kokas meningkat hingga titik maksimum kemudian menurun secara perlahan. Hasil produk gas meningkat dengan peningkatan suhu dan menurun ketika *space velocity* meningkat. Secara keseluruhan, HZSM-5 memproduksi gas lebih banyak daripada katalis alumina.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan John D. Adjaye (1996), OLP memiliki komposisi utama berupa hidrokarbon alifatik, hidrokarbon aromatic, alkohol, keton dan fenol. Reaksi dengan menggunakan katalis alumina menghasilkan produk hidrokarbon alifatik antara 43,5 dan 55,8% massa, dan hidrokarbon aromatic antara 2,1 dan 7,3 % massa. Ini menunjukkan bahwa fraksi hidrokarbon didominasi oleh hidrokarbon alifatik. 3-metilpentan, 3-metilhexane dan 2,2,4-trimetilpentan(isooktan) merupakan produk terbanyak dalam fraksi hidrokarbon alifatik. Jumlah isooktan dalam OLP sebesar 43% massa. Isooktan merupakan bahan bakul standar yang dikenal dengan angka oktan 100. Jumlah hasil produk hidrokarbon alifatik ini berhubungan dengan suhu dan *space velocity*. Tahap reaksi yang terjadi pada reaksi konversi etanol menjadi hidrokarbon dengan menggunakan katalis alumina murni diperlihatkan pada Gambar berikut.



Gambar 4. 6 Tahap Reaksi Konversi Etanol Menjadi Hidrokarbon dengan Katalis Alumina (Adjaye, 1995)

Pada Gambar terlihat bahwa beberapa senyawa organik berat, yang sebagian besar mengandung senyawa makromolekular teroksidasi, mengalami perengkahan menjadi senyawa organik ringan (terlihat pada step 4). Di sisi lain, sebagian dari senyawa organik berat ini terdeposit di permukaan katalis dan mengalami polimerisasi membentuk kokas (terlihat pada step 5).

Senyawa organik ringan mengalami beberapa tahap reaksi dalam katalis (step 6) yaitu deoksigenasi, perengkahan dan oligomerisasi yang menghasilkan air, karbon dioksida dan olefin C₂-C₉. Terlihat bahwa sebagian dari senyawa olefin yang dihasilkan dari step 6 mengalami re-oksidasi menjadi senyawa organik ringan (step 7).

Pada reaksi dengan katalis murni HZSM-5, didapatkan produk hidrokarbon aromatik antara 28,2 dan 88,8% dan hidrokarbon alifatik antara 0,8 dan 19,6%, ini menunjukkan bahwa kandungan hidrokarbon dalam produk OLP nya didominasi oleh hidrokarbon aromatik. Toluene dan xylene terdapat paling banyak dalam fraksi hidrokarbon aromatik ini.

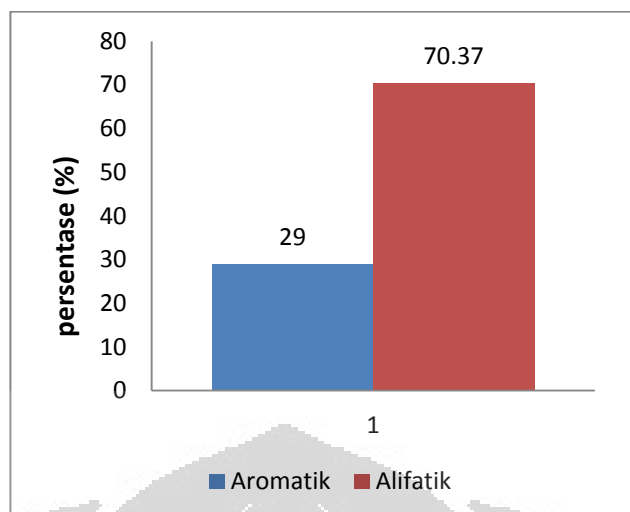
4.2.2 Distribusi Produk pada Campuran Katalis HZSM-5 dan Al₂O₃

Pada komposisi HZSM-5 yang rendah (dibawah 10% massa), pengaruh utama dari HZSM-5 adalah memperpanjang masa *cracking* dan dengan demikian produk hidrokarbon alifatik juga meningkat [John D.]. Ini diperlihatkan dari hasil percobaan yang menunjukkan katalis dengan komposisi 5% HZSM-5 memiliki lama waktu uji reaksi yang lebih besar daripada katalis dengan komposisi 10% dan 15% HZSM-5. Jumlah hasil hidrokarbon alifatik ini paling dipengaruhi oleh space velocity dan keasaman katalis, dan hidrokarbon aromatik secara signifikan dipengaruhi oleh suhu dan derajat keasaman.

Berikut ini akan dibahas tentang produk distribusi dari masing-masing komposisi katalis.

4.2.2.1 Identifikasi produk hasil reaksi dengan 5% ZSM-5 pada 350 °C

Berdasarkan hasil karakterisasi produk cair dengan alat GC-MS, maka didapatkan komponen-komponen yang terkandung didalam produk tersebut. Pada Gambar 4.7 berikut, disajikan hasil pengolahan data dari distribusi produk hasil konversi etanol dengan katalis campuran 5% HZSM-5, 95% Al₂O₃ pada suhu 350°C.



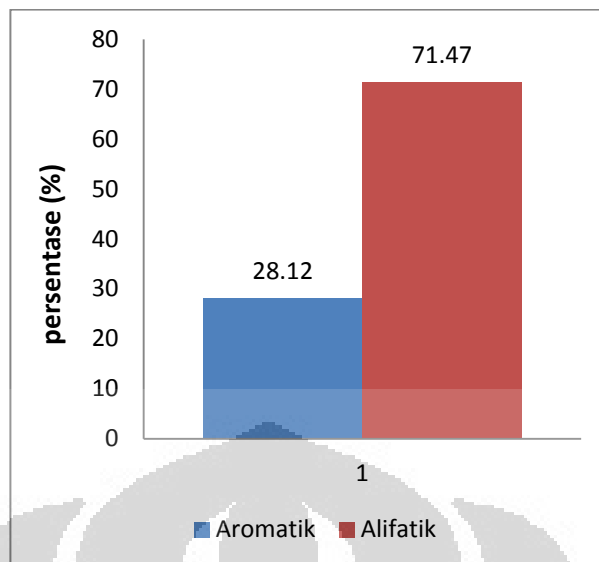
Gambar 4. 7 Distribusi Produk dari Konversi Etanol dengan Katalis Campuran 5% HZSM-5, 95% Al₂O₃ pada Suhu 350°C.

Dari Gambar 4.7 terlihat bahwa sebagian besar produk masih didominasi oleh senyawa hidrokarbon alifatik sebesar 70,37% yang dominan adalah sikloparafin sebesar 38,9%, dengan senyawa yang paling banyak adalah *Methylcyclohexane* sebesar 30,99%, sedangkan senyawa aromatik yang merupakan produk dari penggunaan katalis ZSM-5 pada kondisi ini masih belum terlalu banyak yaitu 29%, dengan komponen terbesar adalah senyawa *toluene* sebanyak 13,27%. Senyawa olefin yang terbentuk adalah sebesar 31,78%.

4.2.2.2 Identifikasi produk hasil reaksi dengan 5% ZSM-5 pada 400 °C

Berdasarkan hasil karakterisasi produk cair dengan alat GC-MS, maka didapatkan komponen-komponen yang terkandung didalam produk tersebut. Pada Gambar 4.6 berikut, disajikan hasil pengolahan data dari distribusi produk hasil konversi etanol dengan katalis campuran 5% HZSM-5, 95% Al₂O₃ pada suhu 400°C.

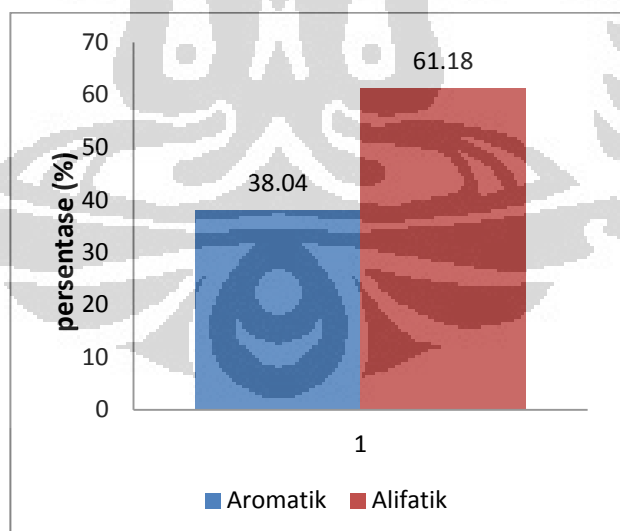
Dari Gambar 4.8 terlihat bahwa sebagian besar produk masih didominasi oleh senyawa hidrokarbon alifatik sebesar 71,47% dengan dominan senyawa sikloparafin sebesar 61,44%, dengan senyawa yang paling banyak adalah *Methylcyclohexane* sebesar 46,63%, sedangkan senyawa aromatik yang merupakan produk dari penggunaan katalis ZSM-5 pada kondisi ini yaitu 28,2%, dengan komponen terbesar adalah senyawa *toluene* sebanyak 12,41% dan 1,3-*dimethylbenzene* sebesar 12,32%. Senyawa olefin yang terbentuk sebesar 2,7%.



Gambar 4. 8 Distribusi Produk dari Konversi Etanol dengan Katalis Campuran 5% HZSM-5, 95% Al₂O₃ pada Suhu 400°C.

4.2.2.3 Identifikasi produk hasil reaksi dengan 5% ZSM-5 pada 450 °C

Berdasarkan hasil karakterisasi produk cair dengan alat GC-MS, maka didapatkan komponen-komponen yang terkandung didalam produk tersebut. Pada Gambar 4.9 berikut, disajikan hasil pengolahan data dari distribusi produk hasil konversi etanol dengan katalis campuran 5% HZSM-5, 95% Al₂O₃ pada suhu 450°C.



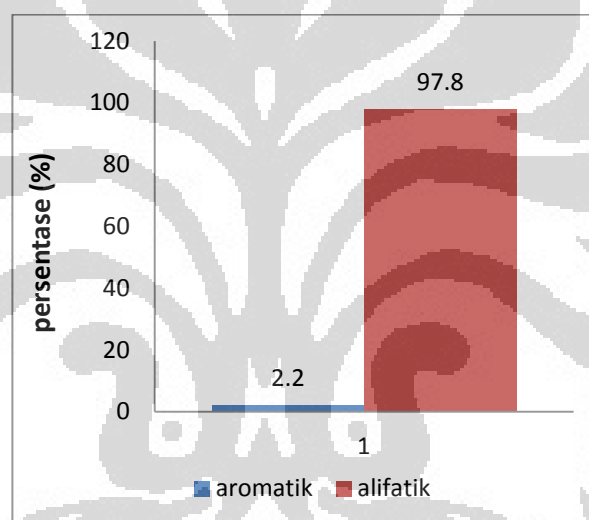
Gambar 4. 9 Distribusi Produk dari Konversi Etanol dengan Katalis Campuran 5% HZSM-5, 95% Al₂O₃ pada Suhu 450°C.

Dari Gambar 4.9 terlihat bahwa sebagian besar produk masih didominasi oleh hidrokarbon alifatik sebesar 61.18% dengan komponen paling banyak

senyawa sikloparafin sebesar 56.51%, dengan senyawa yang paling banyak adalah *Methylcyclohexane* sebesar 43.58%, sedangkan senyawa aromatik yang merupakan produk dari penggunaan katalis ZSM-5 pada kondisi ini yaitu 38,04%, dengan komponen terbesar adalah senyawa 1,4-*Dimethylbenzene* sebanyak 21,5%. Senyawa olefin yang terbentuk adalah sebesar 2.7%.

4.2.2.4 Identifikasi produk hasil reaksi dengan 10% ZSM-5 pada 350 °C

Berdasarkan hasil karakterisasi produk cair dengan alat GC-MS, maka didapatkan komponen-komponen yang terkandung didalam produk tersebut. Pada Gambar 4.12 berikut, disajikan hasil pengolahan data dari distribusi produk hasil konversi etanol dengan katalis campuran 10% HZSM-5, 90% Al₂O₃ pada suhu 350°C.



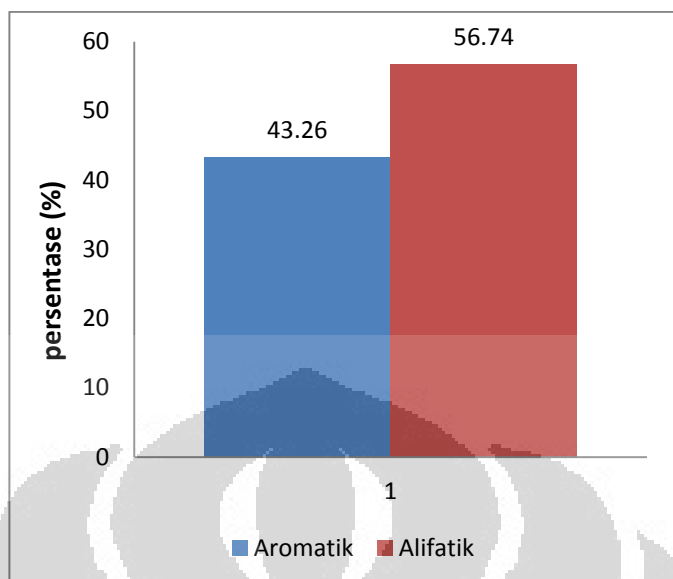
Gambar 4. 10 Distribusi Produk dari Konversi Etanol dengan Katalis Campuran 10% HZSM-5, 90% Al₂O₃ pada Suhu 350°C.

Dari Gambar 4.10 terlihat bahwa sebagian besar produk terdiri atas hidrokarbon alifatik sebesar 97.8%, yang dominan merupakan senyawa sikloparafin sebesar 83.32%, sedangkan senyawa aromatik yang merupakan produk dari penggunaan katalis ZSM-5 pada kondisi ini hanya 2.2%, dengan komponen yaitu senyawa toluena.

4.2.2.5 Identifikasi produk hasil reaksi dengan 10% ZSM-5 pada 400 °C

Berdasarkan hasil karakterisasi produk cair dengan alat GC-MS, maka didapatkan komponen-komponen yang terkandung didalam produk tersebut. Pada Gambar 4.11 berikut, disajikan hasil pengolahan data dari distribusi produk hasil konversi etanol dengan katalis campuran 10% HZSM-5, 90% Al₂O₃ pada suhu

400°C.

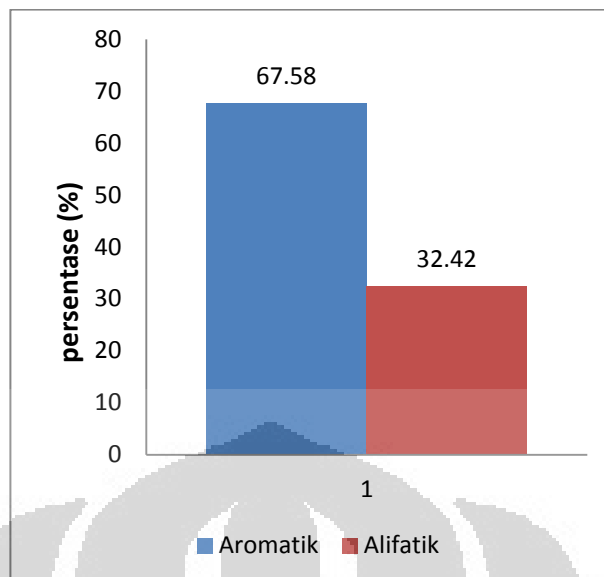


Gambar 4. 11 Distribusi Produk dari Konversi Etanol dengan Katalis Campuran 10% HZSM-5, 90% Al₂O₃ pada Suhu 400°C.

Dari Gambar 4.11 terlihat bahwa produk mengandung fraksi hidrokarbon alifatik dan hidrokarbon aromatik yang hampir sama besarnya, masing-masing 56.74% dan 43.26%. Pada fraksi hidrokarbon alifatik, senyawa yang paling dominan adalah senyawa sikloparafin sebesar 50.12% dan senyawa yang paling dominan dalam fraksi hidrokarbon aromatik adalah senyawa *o-xylene*. Produk hidrokarbon aromatik meningkat drastis dalam kondisi ini karena kandungan katalis ZSM-5 yang meningkat dan juga suhu reaksi. Suhu reaksi yang meningkat member energi tambahan untuk melangsungkan reaksi dari senyawa olefin dan paraffin mengalami reaksi aromatisasi sehingga membentuk fraksi hidrokarbon aromatic yang semakin tinggi.

4.2.2.6 Identifikasi produk hasil reaksi dengan 10% ZSM-5 pada 450 °C

Berdasarkan hasil karakterisasi produk cair dengan alat GC-MS, maka didapatkan komponen-komponen yang terkandung didalam produk tersebut. Pada Gambar 4.12 berikut, disajikan hasil pengolahan data dari distribusi produk hasil konversi etanol dengan katalis campuran 10% HZSM-5, 90% Al₂O₃ pada suhu 450°C.

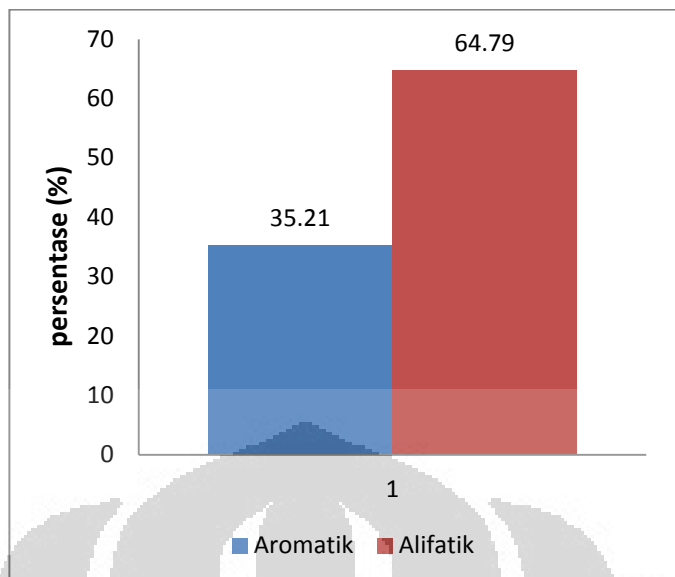


Gambar 4. 12 Distribusi Produk dari Konversi Etanol dengan Katalis Campuran 10% HZSM-5, 90% Al₂O₃ pada Suhu 450°C.

Dari Gambar 4.12 terlihat bahwa produk OLP memiliki komposisi dominan fraksi hidrokarbon aromatik yaitu sebesar 67,58%, dan fraksi hidrokarbon alifatik sebesar 32.42%. Pada fraksi hidrokarbon alifatik, senyawa yang paling dominan adalah senyawa sikloparafin sebesar 29.02% dan senyawa yang paling dominan dalam fraksi hidrokarbon aromatik adalah senyawa toluene dan *o-xylene* yang masing-masing memiliki komposisi sebesar 16.76% dan 47.5%. Produk hidrokarbon aromatik meningkat drastis dalam kondisi ini karena kandungan katalis ZSM-5 yang meningkat dan juga suhu reaksi. Suhu reaksi yang meningkat member energi tambahan untuk melangsungkan reaksi dari senyawa olefin dan paraffin mengalami reaksi aromatisasi sehingga membentuk fraksi hidrokarbon aromatic yang semakin tinggi.

4.2.2.7 Identifikasi produk hasil reaksi dengan 15% ZSM-5 pada 350 °C

Berdasarkan hasil karakterisasi produk cair dengan alat GC-MS, maka didapatkan komponen-komponen yang terkandung didalam produk tersebut. Pada Gambar 4.13 berikut, disajikan hasil pengolahan data dari distribusi produk hasil konversi etanol dengan katalis campuran 15% HZSM-5, 85% Al₂O₃ pada suhu 350°C.

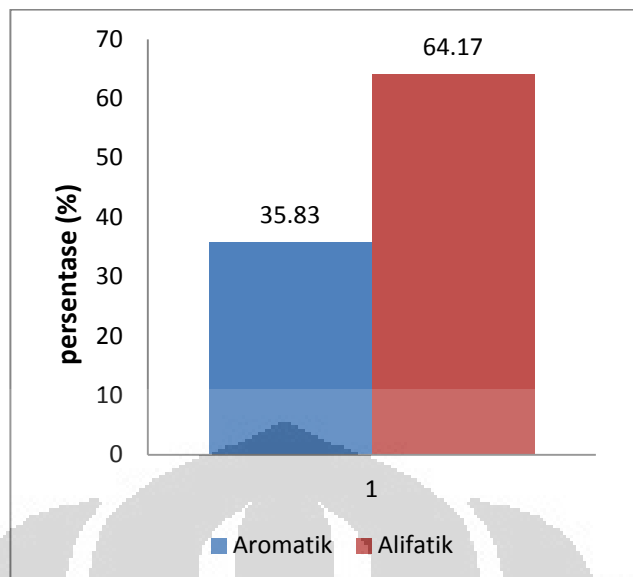


Gambar 4. 12 Distribusi Produk dari Konversi Etanol dengan Katalis Campuran 15% HZSM-5, 85% Al₂O₃ pada Suhu 350°C.

Dari Gambar 4.13 terlihat bahwa produk OLP memiliki komposisi fraksi hidrokarbon aromatik yaitu sebesar 35.21%, dan fraksi hidrokarbon alifatik sebesar 64.79%. Pada fraksi hidrokarbon alifatik, senyawa yang paling dominan adalah senyawa sikloparafin sebesar 52% dan senyawa yang paling dominan dalam fraksi hidrokarbon aromatik adalah senyawa toluene dan *1,3-dimethylbenzene*.

4.2.2.8 Identifikasi produk hasil reaksi dengan 15% ZSM-5 pada 400 °C

Berdasarkan hasil karakterisasi produk cair dengan alat GC-MS, maka didapatkan komponen-komponen yang terkandung didalam produk tersebut. Pada Gambar 4.14 berikut, disajikan hasil pengolahan data dari distribusi produk hasil konversi etanol dengan katalis campuran 15% HZSM-5, 85% Al₂O₃ pada suhu 400°C.

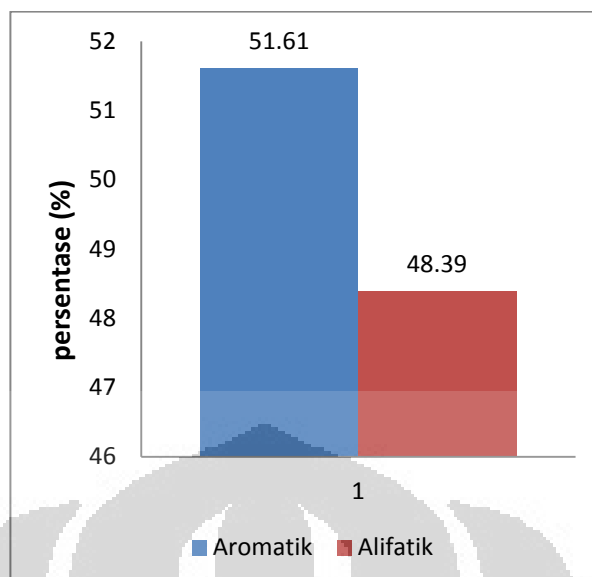


Gambar 4. 13 Distribusi Produk dari Konversi Etanol dengan Katalis Campuran 15% HZSM-5, 85% Al₂O₃ pada Suhu 400°C.

Dari Gambar 4.14 terlihat bahwa produk OLP memiliki komposisi fraksi hidrokarbon aromatik yaitu sebesar 35.83%, dan fraksi hidrokarbon alifatik sebesar 64.17%. Pada fraksi hidrokarbon alifatik, senyawa yang paling dominan adalah senyawa olefin dan senyawa yang paling dominan dalam fraksi hidrokarbon aromatik adalah senyawa *o-xylene*.

4.2.2.9 Identifikasi produk hasil reaksi dengan 15% ZSM-5 pada 400 °C

Berdasarkan hasil karakterisasi produk cair dengan alat GC-MS, maka didapatkan komponen-komponen yang terkandung didalam produk tersebut. Pada Gambar 4.15 berikut, disajikan hasil pengolahan data dari distribusi produk hasil konversi etanol dengan katalis campuran 15% HZSM-5, 85% Al₂O₃ pada suhu 400°C.



Gambar 4. 14 Distribusi Produk dari Konversi Etanol dengan Katalis Campuran 15% HZSM-5, 85% Al₂O₃ pada Suhu 450°C.

Dari Gambar 4.15 terlihat bahwa produk OLP memiliki komposisi fraksi hidrokarbon aromatik yang lebih besar daripada fraksi hidrokarbon alifatik, yaitu sebesar 51.61%, dan fraksi hidrokarbon alifatik sebesar 48.39%. Jika dibandingkan dengan hasil sebelumnya, terjadi penurunan secara drastis kandungan olefin hingga hanya 1.34%. Hal ini menunjukkan terjadi pergeseran konversi dari olefin ke senyawa lain, salah satunya adalah aromatis. Akan tetapi, hal lain yang teridentifikasi, adalah terdapat sejumlah kecil n-parafin (0.23%) dan cukup besar senyawa isoparafin (17.21%). Keberadaan senyawa isoparafin dan aromatis yang cukup besar ini akan menaikkan nilai angka oktan secara signifikan. Produk hidrokarbon aromatik meningkat drastis dalam kondisi ini karena kandungan katalis ZSM-5 yang meningkat dan juga suhu reaksi. Suhu reaksi yang meningkat member energi tambahan untuk melangsungkan reaksi dari senyawa olefin dan parafin mengalami reaksi aromatisasi sehingga membentuk fraksi hidrokarbon aromatic yang semakin tinggi.

Berdasarkan literatur, dijelaskan bahwa dalam kasus Fluid Catalytic Cracking Proses (FCC), ketika katalis HZSM-5 ditambahkan sedikit ke katalis alumina, dihasilkan jumlah gasoline yang lebih tinggi dengan angka oktan yang lebih tinggi juga dibandingkan dengan kasus dimana hanya digunakan katalis alumina. Peran HZSM-5 dalam meningkatkan angka oktan disebabkan oleh bentuk selektivitasnya, yaitu dengan ukuran bukaan pori sekitar 0.55 nm. Dengan ukuran bukaan pori ZSM-5 yang kecil ini, maka hidrokarbon yang memiliki banyak cabang dan hidrokarbon yang berbentuk siklik tidak dapat masuk ke dalam pori dimana terdapat inti aktifnya, tetapi pori ini dapat dilewati oleh hidrokarbon dengan rantai lurus dan paraffin monometil dan terputus menjadi produk yang lebih ringan. Paraffin beroktan tinggi dengan cabang yang banyak, olefin, dan aromatik diteruskan ke range fraksi *gasoline boiling* [Gary J.H.].

Alumina bersifat amorf, tetapi memiliki sisi asam Bronsted dan Lewis, yang muncul melalui proses pemanasan. Keaktifan katalisnya berhubungan dengan sisi asamnya. Sisi ini kebanyakan tersimpan dalam lokasi yang tidak dapat diakses sehingga menyebabkan keasaman yang rendah dan keaktifan yang rendah dibandingkan dengan katalis zeolit. Walaupun begitu, alumina mampu memulai perengkahan utama etanol. Perengkahan katalitik ini menghasilkan produk olefin dan paraffin. Dikarenakan sifat amorf nya, alumina hanya bisa mengkonversi olefin dan paraffin menjadi senyawa hidrokarbon alifatik. Di sisi lain, HZSM-5 memiliki sisi asam yang kuat dan sistem channel tiga dimensi dan sisi asamnya terletak di permukaan dan dapat diakses reaktan, oleh sebab itu katalis HZSM-5 berperan untuk meningkatkan produk aromatik. Produk aromatik semakin meningkat dengan bertambahnya jumlah katalis HZSM-5 yang dimasukkan dalam campuran katalis yang digunakan untuk reaksi konversi etanol. Produk olefin yang tadinya terbentuk kemudian dikonversi melalui reaksi aromatisasi dengan HZSM-5 menjadi hidrokarbon aromatik.

BAB 5 KESIMPULAN

Berdasarkan dari penelitian yang telah dilakukan ini, maka dapat disimpulkan bahwa suhu paling optimal untuk kinerja katalis paling stabil dalam penelitian ini adalah pada suhu 450°C. Seiring dengan kenaikan suhu, kinerja katalis juga semakin meningkat. Kinerja katalis paling stabil didapatkan pada katalis campuran dengan komposisi 5% ZSM-5 , 95% Al₂O₃ pada suhu 450 °C dimana katalis bekerja stabil hingga 400 menit. Distribusi produk hidrokarbon bergantung pada komposisi katalis yang digunakan, semakin banyak katalis ZSM-5 yang digunakan semakin tinggi produk hidrokarbon aromatiknya.



DAFTAR PUSTAKA

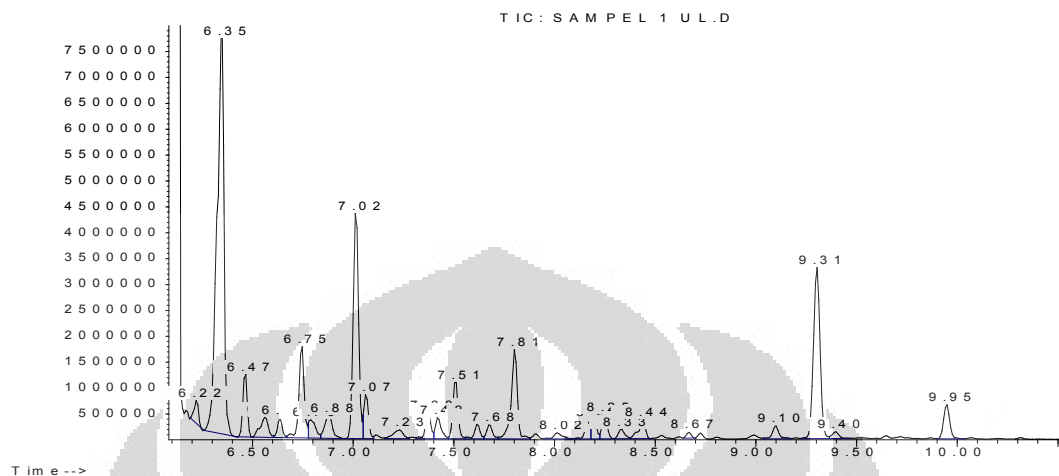
- Adjaye, J. D. 1996. *Catalytic Conversion of a Biofuel to Hydrocarbons: Effect of Mixtures of HZSM-5 and Silica-Alumina Catalysts on Product Distribution*. Fuel Processing Technology 48:115-143.
- Aguayo T. A, et al. 2002. *Catalyst Deactivation by Coke in the Transformation of Aqueous Ethanol into Hydrocarbons. Kinetic Modeling and Acidity Deterioration of the Catalyst*.
- Ahmad, M. Q. 2009. *Catalytic Conversions of RBD Palm Oil to Fuel : The Effect of Silica-Alumina Ratio in ZSM-5*. Universiti Malaysia Pahang, Malaysia.
- Benito, P. L. 1996. *Deposition and Characteristics of Coke over a H-ZSM5 Zeolite-Based Catalyst in the MTG Process*. Ind, Eng. Chem. Res, 1996, 35, 3991-3998.
- Bhatia, S. 2000. *Zeolite Catalysis : Principles and Applications*. Florida: CRC Press,inc,Boca Raton.
- Calsavara, V. 2007. *Transformation of Ethanol into Hydrocarbons on ZSM-5 Zeolites Modified with Iron in Different Ways*.
- Chatwall, G. 1985. *Spectroscopy Atomic and Molecule*. Bombay: Himalaya Publishing House.
- Campbell, M. Ian 1988. "*Catalysis at Surfaces*". Chapman and Hall : New York.
- Fatticianita, P. 2006. "Skripsi : Konversi Katalitik Senyawa Aseton-Butanol-Etanol (ABE) Menjadi Hidrokarbon Menggunakan Katalis HZSM-5 Dengan Variasi Rasio Si/Al". Jurusan Teknik Gas dan Petrokimia UI : Depok
- Gayubo, G. A., et al. 2001. *Kinetic Modelling of the Transformation of Aqueous Ethanol into Hydrocarbons on a HZSM-5 Zeolite*. Ind. Eng. Chem. Res., Vol. 40, No. 16.
- Guisnet, M., Magnoux, P. 1997. "*Deactivation by Coking of Zeolite Catalysts. Prevention of Deactivation. Optimal Condition for Regeneration*". Journal of Catalysis Today. Elsevier : France. Hal. 477-483.

- Hutchings, G. J., Johnston, P., Lee, D. F., Warwick, A., Williams, C. D. & Wilkinson, M. 1994. *The Conversion of Methanol and Other O-Compounds to Hydrocarbons over Zeolite*. Journal of Catalysis, 147, 177-185.
- Inaba, M., et al. 2005. *Ethanol Conversion to Aromatic Hydrocarbons Over Several Zeolite Catalysts*. National Institute of Advance Industrial Science and Technology (AIST). Japan.
- Linna 1997. "Skripsi : Pengaruh Kondisi Operasi Terhadap Konversi Aseton Menjadi Hidrokarbon Aromatik Menggunakan Katalis HZSM-5". Jurusan Teknik Gas dan Petrokimia UI : Depok.
- Peng Li *et al.* 2009. *Conversion of Methanol to Hydrocarbons Over Phosphorus-Modified ZSM-5/ZSM-11 Intergrowth Zeolites*. Catal Lett 134:124-130
- Prasetya, B., Sudijono & Kasinoputro, P. 2006. Pemanfaatan Lumpur Minyak untuk Pembuatan Komposit Berserat Lignoselulosa. *Science & Technology*, 4.
- Schulz, J. B., F 1994. *Conversion of Ethanol over Zeolite H-ZSM-5*.
- Setiadi 2005. "Konversi Katalitik Aseton menjadi Hidrokarbon C1-C10 Menggunakan Katalis ZSM-5". Seminar Nasional Teknologi Proses Kimia : Jakarta.
- Shah, R. G. 1996. *Methanol Adsorption in Zeolites. A First-Principles Study*.
- Wijaya, B. A. 2005. Pembuatan Hidrokarbon Setaraf Fraksi Gasoline dari Minyak Kelapa Sawit melalui Proses Perengkahan Katalitik dengan Menggunakan Katalis Alumina/ZSM-5. *In: Skripsi, 2005 Jurusan Gas dan Petrokimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Depok.*

LAMPIRAN

1.5%, 350 °C

Abundance



Library Search Report

Data Path : C:\MSDCHEM\1\data\
 Data File : SAMPEL 1 UL.D
 Acq On : 1 Jun 2012 11:05
 Operator : REZHI
 Sample : SAMPEL 1
 Misc : S1 TEHNIK KIMIA UI
 ALS Vial : 1 Sample Multiplier: 1

Search Libraries: C:\Database\wiley7n.1
 Minimum Quality: 0

Unknown Spectrum: Apex
 Integration Events: Chemstation Integrator - EJI.E

Pk#	RT	Area%	Library/ID	Ref#
CAS#	Qual			
1	6.23	1.15	C:\Database\wiley7n.1 Cyclopentene, 1,5-dimethyl- 016491-15-9 74	6443
			-Dimethyl-2-cyclopentene methylcyclopentene cyclopentene	
			3,5-Dimethylcyclopentene	6509
007459-71-4	72		1,4-Pentadiene, 3,3-dimethyl-	6425
001112-35-2	59			
2	6.35	30.99	C:\Database\wiley7n.1 Cyclohexane, methyl- (CAS) 000108-87-2 96	7467
			ylcyclohexane Sextone B Hexa	

			hydrotoluene \$\$ Cyclohexylmethane \$\$ Toluene hexahydride \$\$ 1-Methyl cyclohexane \$\$ Hexahydroxytoluene \$\$ Metylocykloheksan \$\$ Toluene, h exahydro- \$\$ UN 2296	
000108-87-2	94		Cyclohexane, methyl-	7468
000108-87-2	94		Cyclohexane, methyl- (CAS) \$\$ Meth	7472
			ylcyclohexane \$\$ Sextone B \$\$ Hexa hydrotoluene \$\$ Cyclohexylmethane \$\$ Toluene hexahydride \$\$ 1-Methyl cyclohexane \$\$ Hexahydroxytoluene \$\$ Metylocykloheksan \$\$ Toluene, h exahydro- \$\$ UN 2296	
3	6.47	3.07	C:\Database\wiley7n.1 Cyclopentane, ethyl- (CAS) \$\$ Ethy	7450
001640-89-7	96		lcyclopentane Cyclopentane, ethyl-	7451
001640-89-7	96		Cyclopentane, ethyl-	7447
001640-89-7	94			
4	6.57	1.78	C:\Database\wiley7n.1 Cyclohexene, 4-methyl- \$\$ 4-Methyl	6472
000591-47-9	94		-1-cyclohexene \$\$ 4-Methylcyclohex ene \$\$ 4-Methyl-1-cyclohexane \$\$ 4 -Methylcyclohexene-1 \$\$ 4-Methylcy clohex-1-ene	
000591-47-9	91		Cyclohexene, 4-methyl-	6467
000591-47-9	91		Cyclohexene, 4-methyl-	6468
5	6.64	1.01	C:\Database\wiley7n.1 Cyclopentene, 1,2,3-trimethyl- \$\$	12576
000473-91-6	91		1,2,3-Trimethylcyclopentene 1,3-Dimethyl-1-cyclohexene	12494
002808-76-6	91		1,4-Pentadiene, 2,3,3-trimethyl-	12447
000756-02-5	90			
6	6.75	5.34	C:\Database\wiley7n.1 Cyclobutane, (1-methylethylidene)-	6431
001528-22-9	87		Cyclopentene, 1,5-dimethyl- \$\$ 1,2	6443
016491-15-9	86		-Dimethyl-2-cyclopentene \$\$ 1,5-Di methylcyclopentene \$\$ 2,3-Dimethyl cyclopentene	
041158-41-2	86		Cyclopentane, 1-methyl-2-methylene	6450

			- \$\$ 1-Methylene-2-methylcyclopentane	
			ane \$\$ 2-Methyl methylenecyclopentane	
7	6.79	1.43	C:\Database\wiley7n.1	
			Cyclopentene, 1-ethyl-	6434
002146-38-5	80			
			Cyclopentene, 1-ethyl-	6435
002146-38-5	80			
			Cyclopentane, ethylidene-	6449
002146-37-4	72			
8	6.88	1.98	C:\Database\wiley7n.1	
			Cyclopentene, 1,2,3-trimethyl-	\$\$ 12576
000473-91-6	91			
			1,2,3-Trimethylcyclopentene	
			1,3-Dimethyl-1-cyclohexene	12494
002808-76-6	91			
			Bicyclo[3.1.0]hexane, 1,5-dimethyl	12588
000000-00-0	90			
9	7.02	13.27	C:\Database\wiley7n.1	
			Benzene, methyl- (CAS) \$\$ Toluene	5536
000108-88-3	91			
			\$\$ CP 25 \$\$ Methylbenzene \$\$ Toluo	
			l \$\$ Methacide \$\$ Antisal 1a \$\$ Me	
			thylbenzol \$\$ Phenylmethane \$\$ MET	
			HYLBENZENE(TOLUENE) \$\$ Benzene, me	
			thyl \$\$ Methane, phenyl- \$\$ NCI-C0	
			7272 \$\$ Tolueen \$\$ Toluen \$\$ Toluo	
			lo \$\$ Rcra waste	
			Toluene	5537
000108-88-3	91			
			Benzene, methyl- (CAS) \$\$ Toluene	5539
000108-88-3	91			
			\$\$ CP 25 \$\$ Methylbenzene \$\$ Toluo	
			l \$\$ Methacide \$\$ Antisal 1a \$\$ Me	
			thylbenzol \$\$ Phenylmethane \$\$ MET	
			HYLBENZENE(TOLUENE) \$\$ Benzene, me	
			thyl \$\$ Methane, phenyl- \$\$ NCI-C0	
			7272 \$\$ Tolueen \$\$ Toluen \$\$ Toluo	
			lo \$\$ Rcra waste	
10	7.07	2.33	C:\Database\wiley7n.1	
			Cyclohexene, 1-methyl- \$\$.alpha.-	6454
000591-49-1	94			
			Methylcyclohexene \$\$ 1-Methylcyclo	
			hexene \$\$ 1-Methyl-1-cyclohexene \$	
			\$ 1-Methylcyclohex-1-ene	
			Cyclohexene, 1-methyl-	6453
000591-49-1	91			
			Cyclohexene, 1-methyl- (CAS) \$\$ 1-	6451
000591-49-1	91			
			Methylcyclohexene \$\$ 1-METHYL-CYCL	
			OHXENE \$\$.alpha.-Methylcyclohexe	
			ne \$\$ 1-Methylcyclohex-1-ene \$\$ 1-	

Methyl-1-cyclohexene

11	7.23	0.96	C:\Database\wiley7n.1	
000589-90-2	70		Cyclohexane, 1,4-dimethyl- \$\$ p-Di	14052
			methylcyclohexane \$\$ 1,4-Dimethylcyclohexane \$\$ 1,4-Dimethylcyclohexane,c&t \$\$ cis-trans-1,4-Dimethylcyclohexane \$\$ Hexahydroxylene \$\$ UN 2263 \$\$ 1,4-Dimethylcyclohexane(c,t)	
002207-04-7	64		Cyclohexane, 1,4-dimethyl-, trans-	14039
002207-03-6	64		Cyclohexane, 1,3-dimethyl-, trans-	14032
			\$\$ trans-1,3-Dimethylcyclohexane \$\$ 1,trans-3-Dimethylcyclohexane \$ \$ Cyclohexane, 1,3-dimethyl-	
12	7.38	1.55	C:\Database\wiley7n.1	
003726-47-4	95		Cyclopentane, 1-ethyl-3-methyl- \$\$	13932
002613-66-3	95		1-Methyl-3-ethylcyclopentane Cyclopentane, 1-ethyl-3-methyl-, c	13931
002613-65-2	95		is- \$\$ cis-1-Ethyl-3-Methylcyclopentane Cyclopentane, 1-ethyl-3-methyl-, t	13934
			rans- \$\$ trans-1-Ethyl-3-Methylcyclopentane	
13	7.43	1.37	C:\Database\wiley7n.1	
003726-47-4	76		Cyclopentane, 1-ethyl-3-methyl- \$\$	13932
002613-65-2	76		1-Methyl-3-ethylcyclopentane Cyclopentane, 1-ethyl-3-methyl-, t	13934
003726-47-4	76		rans- \$\$ trans-1-Ethyl-3-Methylcyclopentane Cyclopentane, 1-ethyl-3-methyl- (C	13933
			AS) \$\$ 1-Methyl-3-ethylcyclopentane e \$\$ 1-Ethyl-3-methylcyclopentane	
14	7.51	3.31	C:\Database\wiley7n.1	
000473-91-6	91		Cyclopentene, 1,2,3-trimethyl- \$\$	12576
002808-76-6	91		1,2,3-Trimethylcyclopentene 1,3-Dimethyl-1-cyclohexene	12494
000000-00-0	90		Bicyclo[3.1.0]hexane, 1,5-dimethyl	12588
15	7.62	0.90	C:\Database\wiley7n.1	

000764-13-6	55		2,4-Hexadiene, 2,5-dimethyl- \$\$ Bi	12435
			isobutenyl \$\$ Biisocrotyl \$\$ Diisocrotyl \$\$ 2,5-Dimethyl-2,4-hexadiene \$\$ (CH ₃) ₂ C=CHCH=C(CH ₃) ₂ \$\$ 2,5-Dimethylhexa-2,4-diene	
017603-57-5	55		4-Methyl-1,3-heptadiene (c,t)	12586
000000-00-0	45		2,2-Dimethyl-3-hexyne	12617
16	7.68	0.89	C:\Database\wiley7n.1	
002080-89-9	74		1,4-Hexadiene, 3-ethyl- \$\$ 3-Ethyl-1,4-hexadiene	12414
017429-32-2	72		2-Cyclohexen-1-one, 4-ethyl-4-methyl- \$\$ 4-Ethyl-4-methylcyclohex-2-enone	33804
002808-71-1	59		Cyclohexene, 3-ethyl-	12488
17	7.81	6.02	C:\Database\wiley7n.1	
002417-87-0	91		Cyclobutene, 1,2,3,4-tetramethyl-, cis- (CAS) \$\$ cis-1,2,3,4-Tetramethylcyclobutene \$\$ cis-1,2,3,4-Tetramethyl-1-cyclobutene	12463
000473-91-6	90		Cyclopentene, 1,2,3-trimethyl- \$\$ 1,2,3-Trimethylcyclopentene	12576
002808-76-6	87		1,3-Dimethyl-1-cyclohexene \$\$ 1,3-Dimethyl cyclohexene \$\$ Cyclohexene, 1,3-dimethyl-	12495
18	8.02	0.56	C:\Database\wiley7n.1	
007348-80-3	80		3,5-Octadiene, (Z,Z)-	12594
061228-09-9	80		3-Heptyne, 5-methyl- (CAS)	12379
061228-09-9	64		3-Heptyne, 5-methyl-	12380
19	8.17	0.90	C:\Database\wiley7n.1	
002808-76-6	91		1,3-Dimethyl-1-cyclohexene \$\$ 1,3-Dimethyl cyclohexene \$\$ Cyclohexene, 1,3-dimethyl-	12495
000000-00-0	91		Bicyclo[3.1.0]hexane, 1,5-dimethyl	12588
002808-76-6	90		1,3-Dimethyl-1-cyclohexene	12494
20	8.20	1.18	C:\Database\wiley7n.1	

			Cyclohexene, 3,5-dimethyl-	12598
000823-17-6	91		Cyclohexene, 3,5-dimethyl-	12597
000823-17-6	90		CYCLOPENTANE, 1,2-DIMETHYL-3-METHY	12480
000000-00-0	87		LENE-, CIS	
21	8.25	1.44	C:\Database\wiley7n.1	
			Cyclohexane, 1-methyl-4-methylene-	12507
002808-80-2	93		Cyclobutene, 1,2,3,4-tetramethyl-,	12464
002417-87-0	90		cis- (CAS) \$\$ cis-1,2,3,4-Tetrame	
			thylcyclobutene \$\$ cis-1,2,3,4-Tet	
			ramethyl-1-cyclobutene	
			1-Methylbicyclo[4.1.0]heptane (1-M	12545
002439-79-4	90		ethylnorcarane) \$\$ Bicyclo[4.1.0]h	
			eptane, 1-methyl- (CAS) \$\$ Norcara	
			ne, 1-methyl- (CAS) \$\$ 1-Methylbic	
			yclo[4.1.0]heptane \$\$ 1-Methylnorc	
			arane	
22	8.34	0.65	C:\Database\wiley7n.1	
			Cyclopentane, propyl-	13921
002040-96-2	93		Cyclopentane, propyl-	13919
002040-96-2	93		Cyclopentane, propyl- \$\$ n-Propylc	13920
002040-96-2	90		yclopentane \$\$ Propylcyclopentane	
			\$\$ 1-Cyclopentylpropane	
23	8.45	1.38	C:\Database\wiley7n.1	
			Methyl ethyl cyclopentene \$\$ 1-Eth	12583
019780-56-4	95		yl-2-methylcyclopentene \$\$ Cyclope	
			ntene, 1-ethyl-2-methyl-	
			1-Methylbicyclo[4.1.0]heptane (1-M	12545
002439-79-4	83		ethylnorcarane) \$\$ Bicyclo[4.1.0]h	
			eptane, 1-methyl- (CAS) \$\$ Norcara	
			ne, 1-methyl- (CAS) \$\$ 1-Methylbic	
			yclo[4.1.0]heptane \$\$ 1-Methylnorc	
			arane	
			Cyclobutene, 1,2,3,4-tetramethyl-,	12466
003200-65-5	83		trans- (CAS) \$\$ trans-1,2,3,4-Tet	
			ramethylcyclobutene \$\$ trans-1,2,3	
			,4-Tetramethyl-1-cyclobutene	
24	8.67	0.29	C:\Database\wiley7n.1	
			1,3-Dimethyl-1-cyclohexene	12494
002808-76-6	91			

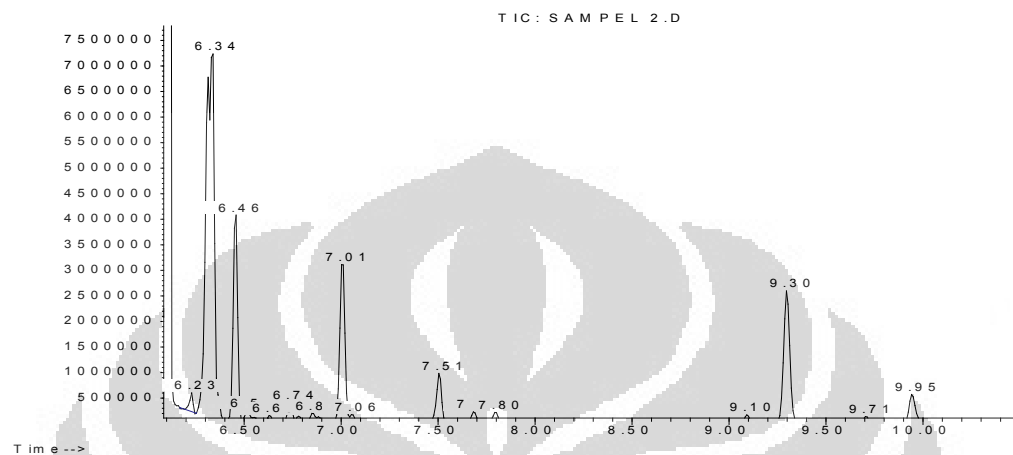
			Cycloheptene, methyl-	12582
055308-20-8	87			
			Cyclohexene, 1,2-dimethyl-	12493
001674-10-8	81			
25	9.10	0.95	C:\Database\wiley7n.1	
			Ethylbenzene	10711
000100-41-4	90			
			Ethylbenzene	10712
000100-41-4	87			
			Benzene, ethyl- (CAS) \$\$ EB \$\$ Eth	10713
000100-41-4	87			
			ylbenzene \$\$ Phenylethane \$\$ Ethyl benzol \$\$.alpha.-Methyltoluene \$\$ Aethylbenzol \$\$ Ethylbenzeen \$\$ E tilbenzene \$\$ Etylobenzen \$\$ NCI-C 56393 \$\$ UN 1175	
26	9.30	12.50	C:\Database\wiley7n.1	
			p-Xylene	10753
000106-42-3	97			
			Benzene, 1,3-dimethyl-	10741
000108-38-3	97			
			p-Xylene \$\$ Benzene, 1,4-dimethyl-	10754
000106-42-3	97			
			\$\$ p-Dimethylbenzene \$\$ p-Xylol \$ \$ 1,4-Dimethylbenzene \$\$ 1,4-Xylen e \$\$ p-Methyltoluene \$\$ para-Xylen e \$\$ Chromar \$\$ Scintillar \$\$ UN 1 307 \$\$ 4-Methyltoluene	
27	9.40	0.50	C:\Database\wiley7n.1	
			2,4-Hexadiene, 2,5-dimethyl- (CAS)	12432
000764-13-6	70			
			\$\$ 2,5-Dimethyl-2,4-hexadiene \$\$ 1,3-BUTADIENE, 1,1,4,4-TETRAMETHYL -, \$\$ Biisocrotyl \$\$ Diisocrotyl \$ \$ Biisobutenyl	
			5,5-Dimethyl-1,3-hexadiene	12568
001515-79-3	70			
			4-Methyl-1,3-heptadiene (c,t)	12586
017603-57-5	64			
28	9.95	2.28	C:\Database\wiley7n.1	
			p-Xylene	10753
000106-42-3	97			
			Benzene, 1,3-dimethyl-	10741
000108-38-3	97			
			Benzene, 1,2-dimethyl- (CAS) \$\$ o-	10724
000095-47-6	95			
			Xylene \$\$ o-Xylol \$\$ 3,4-Xylene \$\$ 1,2-Xylene \$\$ o-Methyltoluene \$\$ o-Dimethylbenzene \$\$ 1,2-Dimethylb enzene \$\$ ortho-Xylene \$\$ 1,2-Dime thyl-benzene \$\$ O-Xylene \$\$ 1,2-DI METHYLBENZENE (O-XYLENE) \$\$ 1,2-DI	

METHYLBENZENE (O-X)

UMUM.M Mon Jun 04 18:38:38 2012

2.5%, 400 °C

Abundance



Library Search Report

Data Path : C:\MSDCHEM\1\data\
 Data File : SAMPEL 2.D
 Acq On : 1 Jun 2012 10:45
 Operator : REZHI
 Sample : SAMPEL 2
 Misc : S1 TEHNIK KIMIA UI
 ALS Vial : 1 Sample Multiplier: 1

Search Libraries: C:\Database\wiley7n.1
 Minimum Quality: 0

Unknown Spectrum: Apex
 Integration Events: Chemstation Integrator - EJI.E

Pk#	RT	Area%	Library/ID	Ref#
CAS#	Qual			
1	6.23	1.00	C:\Database\wiley7n.1	
003522-94-9	64		Hexane, 2,2,5-trimethyl-	25219
000590-73-8	64		Hexane, 2,2-dimethyl-	15663
002216-30-0	64		Heptane, 2,5-dimethyl- \$\$ 2,5-Dime	25189
			thylheptane	
2	6.34	46.63	C:\Database\wiley7n.1	
000108-87-2	96		Cyclohexane, methyl- (CAS) \$\$ Meth	7467

			ylcyclohexane \$\$ Sextone B \$\$ Hexa	
			hydrotoluene \$\$ Cyclohexylmethane	
			\$\$ Toluene hexahydride \$\$ 1-Methyl	
			cyclohexane \$\$ Hexahydroxytoluene	
			\$\$ Metylocykloheksan \$\$ Toluene, h	
			exahydro- \$\$ UN 2296	
			Cyclohexane, methyl-	7468
000108-87-2	94			
			Cyclohexane, methyl-	7466
000108-87-2	94			
3	6.46	13.83	C:\Database\wiley7n.1	
			Cyclopentane, ethyl- (CAS) \$\$ Ethy	7450
001640-89-7	96			
			lcyclopentane	
			Cyclopentane, ethyl-	7447
001640-89-7	94			
			Cyclopentane, ethyl-	7451
001640-89-7	91			
4	6.52	1.00	C:\Database\wiley7n.1	
			1,2,4-Trimethylcyclopentane	13970
000000-00-0	91			
			Cyclopentane, 1,2,4-trimethyl-	13984
002815-58-9	91			
			Cyclopentane, 1,2,4-trimethyl-	13983
002815-58-9	90			
5	6.64	0.38	C:\Database\wiley7n.1	
			Cyclopentane, 1,2,3-trimethyl-, (1	13945
015890-40-1	46			
			.alpha.,2.alpha.,3.beta.)- \$\$ Cycl	
			opentane, 1,2,3-trimethyl-, cis-1,	
			2,trans-1,3- \$\$ trans,cis-1,2,3-Tr	
			imethylcyclopentane	
			CYCLOPENTANE, 1,2,3-TRIMETHYL-, CI	13947
015890-40-1	38			
			S, CIS, TRANS	
			1,2,3-Trimethylcyclopentane	13971
000000-00-0	38			
6	6.74	1.32	C:\Database\wiley7n.1	
			Cyclopentene, 1,5-dimethyl- \$\$ 1,2	6443
016491-15-9	87			
			-Dimethyl-2-cyclopentene \$\$ 1,5-Di	
			methylcyclopentene \$\$ 2,3-Dimethyl	
			cyclopentene	
			Cyclobutane, (1-methylethylidene)-	6431
001528-22-9	87			
			Cyclopentane, 1-methyl-2-methylene	6450
041158-41-2	80			
			- \$\$ 1-Methylene-2-methylcyclopent	
			ane \$\$ 2-Methyl methylenecyclopent	
			ane	
7	6.86	1.00	C:\Database\wiley7n.1	

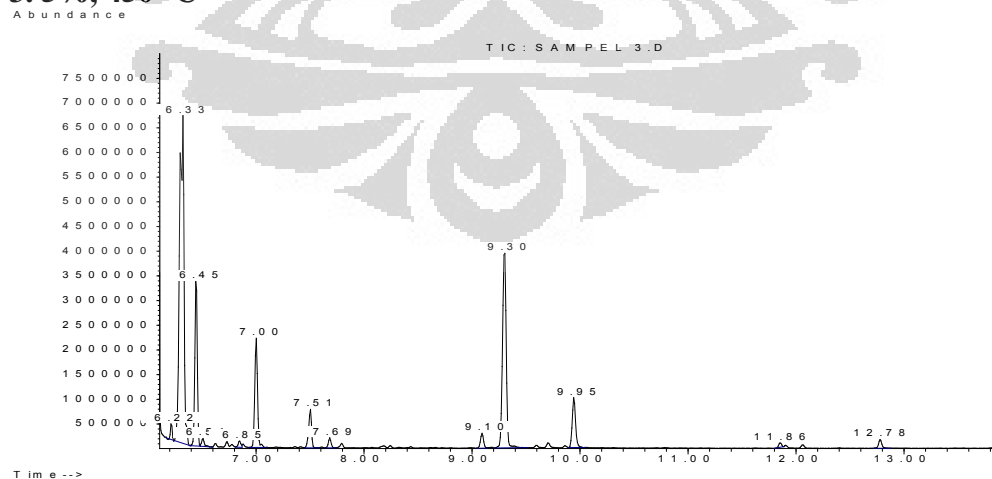
			Heptane, 2-methyl-	15643
000592-27-8	76		Heptane, 2-methyl-	15640
000592-27-8	70		Heptane, 2-methyl- \$\$ 2-Methylhept	15642
000592-27-8	62		ane \$\$ (CH ₃) ₂ CH(CH ₂) ₄ CH ₃ \$\$ Methyl heptane	
8	7.01	12.41	C:\Database\wiley7n.1	
			Benzene, methyl- (CAS) \$\$ Toluene	5536
000108-88-3	91		\$\$ CP 25 \$\$ Methylbenzene \$\$ Toluo l \$\$ Methacide \$\$ Antisal 1a \$\$ Me thylbenzol \$\$ Phenylmethane \$\$ MET HYLBENZENE(TOLUENE) \$\$ Benzene, me thyl \$\$ Methane, phenyl- \$\$ NCI-C0 7272 \$\$ Tolueen \$\$ Toluen \$\$ Toluo lo \$\$ Rcra waste	
			Benzene, methyl- (CAS) \$\$ Toluene	5539
000108-88-3	91		\$\$ CP 25 \$\$ Methylbenzene \$\$ Toluo l \$\$ Methacide \$\$ Antisal 1a \$\$ Me thylbenzol \$\$ Phenylmethane \$\$ MET HYLBENZENE(TOLUENE) \$\$ Benzene, me thyl \$\$ Methane, phenyl- \$\$ NCI-C0 7272 \$\$ Tolueen \$\$ Toluen \$\$ Toluo lo \$\$ Rcra waste	
			Toluene	5537
000108-88-3	91			
9	7.06	0.45	C:\Database\wiley7n.1	
			Cyclohexene, 4-methyl- (CAS) \$\$ 4-	6466
000591-47-9	91		Methylcyclohexene \$\$ 4-Methyl-1-cy clohexene \$\$ 4-Methylcyclohex-1-en e \$\$ 4-Methyl-1-cyclohexane \$\$ 4-M ethylcyclohexene-1	
			Cyclohexene, 1-methyl-	6453
000591-49-1	91		Cyclohexene, 1-methyl-	6456
000591-49-1	91			
10	7.51	3.88	C:\Database\wiley7n.1	
			Octane	15630
000111-65-9	93		Octane	15633
000111-65-9	93		Octane (CAS) \$\$ n-Octane \$\$ Octane	15629
000111-65-9	91		(DOT) \$\$ Isooctane \$\$ n-C ₈ H ₁₈ \$\$ Oktan \$\$ Oktanen \$\$ Ottani \$\$ UN 1 262	
11	7.69	0.86	C:\Database\wiley7n.1	

			4-ETHYLBUTAN-4-OLIDE	15007
000000-00-0	64			
			2-[1-Nitro-2-(tetrahydro-pyran-2-y	217022
000000-00-0	59		loxy)-ethyl]-cyclohexanol	
			2(3H)-Furanone, dihydro-5-propyl-	24401
000105-21-5	53		(CAS) \$\$ 5-N-PROPYL-.GAMMA.-BUTYRO LACTONE \$\$.gamma.-Heptalactone \$\$.gamma.-Heptanolactone \$\$.gamma. -Propiobutyrolactone \$\$ 4-Hydroxyh eptanoic acid lactone \$\$.gamma.-P ropyl-.gamma.-butyrolactone \$\$ 4-p ropylbutanolide \$	
12	7.80	0.94	C:\Database\wiley7n.1	
			1,3-Dimethyl-1-cyclohexene	12494
002808-76-6	90			
			2-Isopropylfuran	12169
000000-00-0	87			
			Cyclobutene, 1,2,3,4-tetramethyl-,	12463
002417-87-0	87		cis- (CAS) \$\$ cis-1,2,3,4-Tetrame thylcyclobutene \$\$ cis-1,2,3,4-Tet ramethyl-1-cyclobutene	
13	9.10	0.62	C:\Database\wiley7n.1	
			Ethylbenzene \$\$ Benzene, ethyl- \$\$	10714
000100-41-4	87		Ethylbenzol \$\$ EB \$\$ Phenylethane \$\$ Aethylbenzol \$\$ Ethylbenzeen \$ \$ Etilbenzene \$\$ Etylobenzen \$\$ NC I-C56393 \$\$ UN 1175 \$\$.alpha.-Met hyltoluene	
			Benzene, ethyl- (CAS) \$\$ EB \$\$ Eth	10710
000100-41-4	87		ylbenzene \$\$ Phenylethane \$\$ Ethyl benzol \$\$.alpha.-Methyltoluene \$\$ Aethylbenzol \$\$ Ethylbenzeen \$\$ E tilbenzene \$\$ Etylobenzen \$\$ NCI-C 56393 \$\$ UN 1175	
			Ethylbenzene	10712
000100-41-4	87			
14	9.30	12.32	C:\Database\wiley7n.1	
			Benzene, 1,3-dimethyl-	10741
000108-38-3	97			
			p-Xylene \$\$ Benzene, 1,4-dimethyl-	10754
000106-42-3	97		\$\$ p-Dimethylbenzene \$\$ p-Xylol \$ \$ 1,4-Dimethylbenzene \$\$ 1,4-Xylen e \$\$ p-Methyltoluene \$\$ para-Xylen e \$\$ Chromar \$\$ Scintillar \$\$ UN 1 307 \$\$ 4-Methyltoluene	
			p-Xylene	10756
000106-42-3	95			

15	9.71	0.58	C:\Database\wiley7n.1 2-HEPTANONE	15523
000110-43-0	64		2-Heptanone	15235
000110-43-0	59		2-Heptanone (CAS) \$\$ Heptan-2-one	15242
000110-43-0	58		\$\$ Butylacetone \$\$ Methyl amyl ketone one \$\$ Amyl methyl ketone \$\$ Methyl n-amyl ketone \$\$ n-Amyl methyl ketone one \$\$ Pentyl methyl ketone \$\$ Methyl pentyl ketone \$\$ n-Pentyl methyl ketone one \$\$ Methyl n-pentyl ketone one \$\$ 1-Methylhe	
16	9.95	2.77	C:\Database\wiley7n.1 p-Xylene	10753
000106-42-3	97		Benzene, 1,3-dimethyl-	10741
000108-38-3	97		Benzene, 1,2-dimethyl- (CAS) \$\$ o-	10724
000095-47-6	95		Xylene \$\$ o-Xylol \$\$ 3,4-Xylene \$\$ 1,2-Xylene \$\$ o-Methyltoluene \$\$ o-Dimethylbenzene \$\$ 1,2-Dimethylb enzene \$\$ ortho-Xylene \$\$ 1,2-Dime thyl-benzene \$\$ O-Xylene \$\$ 1,2-DI METHYLBENZENE (O-XYLENE) \$\$ 1,2-DI METHYLBENZENE (O-X	

UMUM.M Mon Jun 04 18:25:38 2012

3.5%, 450 °C



Library Search Report

Data Path : C:\MSDCHEM\1\data\
Data File : SAMPEL 3.D

Acq On : 1 Jun 2012 11:23
 Operator : REZHI
 Sample : SAMPEL 3
 Misc : S1 TEHNIK KIMIA UI
 ALS Vial : 1 Sample Multiplier: 1

Search Libraries: C:\Database\wiley7n.1
 Minimum Quality: 0

Unknown Spectrum: Apex
 Integration Events: Chemstation Integrator - EJI.E

Pk#	RT	Area%	Library/ID	Ref#
CAS#	Qual			
1	6.22	0.85	C:\Database\wiley7n.1 Heptane, 2,2,4-trimethyl- \$\$ 2,2,4	38873
014720-74-2	59		-Trimethylheptane	
			Heptane, 2,2-dimethyl- \$\$ 2,2-Dime	25179
001071-26-7	59		thylheptane	
			Heptane, 3,5-dimethyl- \$\$ 3,5-Dime	25200
000926-82-9	59		thylheptane	
2	6.32	43.58	C:\Database\wiley7n.1 Cyclohexane, methyl- (CAS) \$\$ Meth	7467
000108-87-2	96		ylcyclohexane \$\$ Sextone B \$\$ Hexa hydrotoluene \$\$ Cyclohexylmethane \$\$ Toluene hexahydride \$\$ 1-Methyl cyclohexane \$\$ Hexahydroxytoluene \$\$ Metylocykloheksan \$\$ Toluene, h exahydro- \$\$ UN 2296	
			Cyclohexane, methyl- (CAS) \$\$ Meth	7471
000108-87-2	94		ylcyclohexane \$\$ Sextone B \$\$ Hexa hydrotoluene \$\$ Cyclohexylmethane \$\$ Toluene hexahydride \$\$ 1-Methyl cyclohexane \$\$ Hexahydroxytoluene \$\$ Metylocykloheksan \$\$ Toluene, h exahydro- \$\$ UN 2296	
			Cyclohexane, methyl- (CAS) \$\$ Meth	7464
000108-87-2	91		ylcyclohexane \$\$ Sextone B \$\$ Hexa hydrotoluene \$\$ Cyclohexylmethane \$\$ Toluene hexahydride \$\$ 1-Methyl cyclohexane \$\$ Hexahydroxytoluene \$\$ Metylocykloheksan \$\$ Toluene, h exahydro- \$\$ UN 2296	
3	6.45	12.26	C:\Database\wiley7n.1 Cyclopentane, ethyl- (CAS) \$\$ Ethy	7450
001640-89-7	96			

			lcyclopentane		
001640-89-7	94		Cyclopentane, ethyl- \$\$ Ethylcyclo	7448	
			pentane		
001640-89-7	94		Cyclopentane, ethyl-	7451	
	4	6.51	0.67 C:\Database\wiley7n.1		
002815-58-9	94		Cyclopentane, 1,2,4-trimethyl-	13984	
			1,2,4-Trimethylcyclopentane	13970	
000000-00-0	94		1,2,4-TRIMETHYL-CYCLOPENTANE	13950	
004850-28-6	90				
	5	6.85	0.49 C:\Database\wiley7n.1		
000592-27-8	93		Heptane, 2-methyl-	15643	
000592-27-8	91		Heptane, 2-methyl- (CAS) \$\$ 2-Meth	15641	
			ylheptane \$\$ Methylheptane \$\$ (CH3		
)2CH(CH2)4CH3		
000592-27-8	90		Heptane, 2-methyl- \$\$ 2-Methylhept	15642	
			ane \$\$ (CH3)2CH(CH2)4CH3 \$\$ Methyl		
			heptane		
	6	7.00	9.05 C:\Database\wiley7n.1		
000108-88-3	91		Benzene, methyl- (CAS) \$\$ Toluene	5539	
			\$\$ CP 25 \$\$ Methylbenzene \$\$ Toluo		
			l \$\$ Methacide \$\$ Antisal 1a \$\$ Me		
			thylbenzol \$\$ Phenylmethane \$\$ MET		
			HYLBENZENE(TOLUENE) \$\$ Benzene, me		
			thyl \$\$ Methane, phenyl- \$\$ NCI-C0		
			7272 \$\$ Tolueen \$\$ Toluen \$\$ Toluo		
			lo \$\$ Rcra waste		
			Toluene	5537	
000108-88-3	90				
000108-88-3	90		Benzene, methyl- (CAS) \$\$ Toluene	5536	
			\$\$ CP 25 \$\$ Methylbenzene \$\$ Toluo		
			l \$\$ Methacide \$\$ Antisal 1a \$\$ Me		
			thylbenzol \$\$ Phenylmethane \$\$ MET		
			HYLBENZENE(TOLUENE) \$\$ Benzene, me		
			thyl \$\$ Methane, phenyl- \$\$ NCI-C0		
			7272 \$\$ Tolueen \$\$ Toluen \$\$ Toluo		
			lo \$\$ Rcra waste		
	7	7.50	3.33 C:\Database\wiley7n.1		
000111-65-9	93		Octane \$\$ n-Octane \$\$ n-C8H18 \$\$ O	15631	
			ktan \$\$ Oktanen \$\$ Ottani \$\$ UN 12		
			62 \$\$ Isooctane		
000111-65-9	93		Octane (CAS) \$\$ n-Octane \$\$ Octane	15629	

(DOT) \$\$ Isooctane \$\$ n-C₈H₁₈ \$\$
 Oktan \$\$ Oktanen \$\$ Ottani \$\$ UN 1
 262
 Octane 15630
 000111-65-9 90

8 7.68 0.79 C:\Database\wiley7n.1
 2-Propyltetrahydropyran 25065
 003857-17-8 59
 2H-Pyran-2-methanol, tetrahydro- \$ 16711
 000100-72-1 59
 \$ Tetrahydropyran-2-carbinol \$\$ Te
 trahydropyran-2-methanol \$\$ Tetrah
 ydropyranyl-2-methanol \$\$ 2-(Hydro
 xymethyl)tetrahydropyran \$\$ 2-Hydr
 oxymethyltetrahydropyrane \$\$ Pyran
 -2-methanol, tetrahydro- \$\$ 2-Meth
 anol, tetrahydrop
 .GAMMA. HEXALACTONE \$\$.GAMMA. ETH 14984
 000695-06-7 58
 YL-N-BUTYROLACTONE

9 9.09 1.34 C:\Database\wiley7n.1
 Benzene, ethyl- (CAS) \$\$ EB \$\$ Eth 10713
 000100-41-4 91
 ylbenzene \$\$ Phenylethane \$\$ Ethyl
 benzol \$\$.alpha.-Methyltoluene \$\$
 Aethylbenzol \$\$ Ethylbenzeen \$\$ E
 tilbenzene \$\$ Etylobenzen \$\$ NCI-C
 56393 \$\$ UN 1175
 Ethylbenzene 10711
 000100-41-4 91
 Ethylbenzene 10712
 000100-41-4 91

10 9.30 21.49 C:\Database\wiley7n.1
 p-Xylene \$\$ Benzene, 1,4-dimethyl- 10754
 000106-42-3 97
 \$\$ p-Dimethylbenzene \$\$ p-Xylol \$
 \$ 1,4-Dimethylbenzene \$\$ 1,4-Xylen
 e \$\$ p-Methyltoluene \$\$ para-Xylen
 e \$\$ Chromar \$\$ Scintillar \$\$ UN 1
 307 \$\$ 4-Methyltoluene
 Benzene, 1,3-dimethyl- 10741
 000108-38-3 97
 p-Xylene 10756
 000106-42-3 95

11 9.95 4.94 C:\Database\wiley7n.1
 Benzene, 1,3-dimethyl- 10741
 000108-38-3 97
 p-Xylene \$\$ Benzene, 1,4-dimethyl- 10754
 000106-42-3 95
 \$\$ p-Dimethylbenzene \$\$ p-Xylol \$
 \$ 1,4-Dimethylbenzene \$\$ 1,4-Xylen
 e \$\$ p-Methyltoluene \$\$ para-Xylen

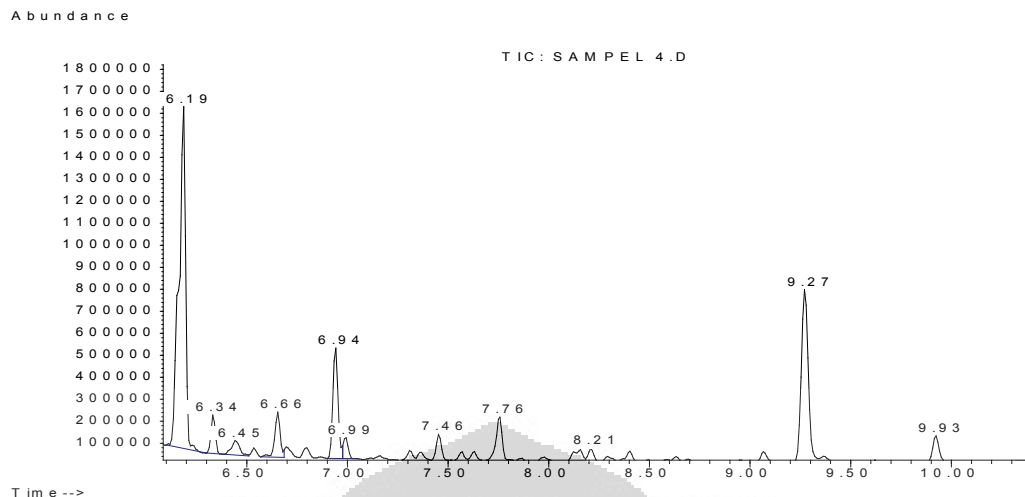
e \$\$ Chromar \$\$ Scintillar \$\$ UN 1
 307 \$\$ 4-Methyltoluene
 Benzene, 1,3-dimethyl- (CAS) \$\$ m- 10748
 000108-38-3 94
 Xylene \$\$ m-Xylol \$\$ 1,3-Xylene \$\$
 2,4-Xylene \$\$ m-Dimethylbenzene \$
 \$ 1,3-Dimethylbenzene \$\$ m-Methylt
 oluene \$\$ 1,3-Dimethyl-benzene \$\$
 1,3-DIMETHYLBENZENE (M-XYLENE) \$\$ 1
 ,3-DIMETHYLBENZENE (M-XYLENE) \$\$ m
 eta-Xylene \$\$ UN

12 11.86 0.35 C:\Database\wiley7n.1
 Benzene, 1-ethyl-3-methyl- \$\$ Tolu 18929
 000620-14-4 91
 ene, m-ethyl- \$\$ m-Ethylmethylbenz
 ene \$\$ m-Ethyltoluene \$\$ m-Methyle
 thylbenzene \$\$ 1-Ethyl-3-methylben
 zene \$\$ 1-Methyl-3-ethylbenzene \$\$
 3-Ethyltoluene \$\$ meta-Ethyltolue
 ne
 Benzene, 1,2,3-trimethyl- 18949
 000526-73-8 90
 Benzene, 1-ethyl-4-methyl- \$\$ Tolu 18937
 000622-96-8 90
 ene, p-ethyl- \$\$ p-Ethylmethylbenz
 ene \$\$ p-Ethyltoluene \$\$ p-Methyle
 thylbenzene \$\$ 1-Ethyl-4-methylben
 zene \$\$ 1-Methyl-4-ethylbenzene \$\$
 4-Ethyltoluene \$\$ 4-Methylethylbe
 nzene \$\$ para-Ethyltoluene

13 12.78 0.87 C:\Database\wiley7n.1
 Benzene, 1,2,4-trimethyl- (CAS) \$\$ 18965
 000095-63-6 95
 1,2,4-Trimethylbenzene \$\$ 1,2,4 T
 RIMETHYLBENZENE \$\$ Pseudocumol \$\$
 Pseudocumene \$\$.psi.-Cumene \$\$ 1,
 3,4-Trimethylbenzene \$\$ 1,2,5-Trim
 ethylbenzene \$\$ Asymmetrical trime
 thylbenzene \$\$ As-Trimethylbenzene
 \$\$ Psi-cumene \$\$
 Benzene, 1,3,5-trimethyl- 18972
 000108-67-8 95
 Benzene, 1,3,5-trimethyl- 18976
 000108-67-8 94

UMUM.M Mon Jun 04 18:43:22 2012

4. 15%, 350 °C



Library Search Report

Data Path : C:\MSDCHEM\1\data\
 Data File : SAMPEL 4.D
 Acq On : 1 Jun 2012 11:02
 Operator : REZHI
 Sample : SAMPEL 4
 Misc : S1 TEHNIK KIMIA UI
 ALS Vial : 1 Sample Multiplier: 1

Search Libraries: C:\Database\wiley7n.1
 Minimum Quality: 0

Unknown Spectrum: Apex
 Integration Events: Chemstation Integrator - EJI.E

Pk#	RT	Area%	Library/ID	Ref#
CAS#	Qual			
1	6.19	42.11	C:\Database\wiley7n.1 Cyclohexane, methyl- (CAS) \$\$ Meth	7467
000108-87-2	96		ylcyclohexane \$\$ Sextone B \$\$ Hexa hydrotoluene \$\$ Cyclohexylmethane \$\$ Toluene hexahydride \$\$ 1-Methyl cyclohexane \$\$ Hexahydroxytoluene \$\$ Metylocykloheksan \$\$ Toluene, h exahydro- \$\$ UN 2296	
000108-87-2	94		Cyclohexane, methyl- \$\$ Cyclohexyl	7470
000108-87-2	94		methane \$\$ Hexahydrotoluene \$\$ Met hylcyclohexane \$\$ Sextone B \$\$ Tol uene hexahydride \$\$ Hexahydroxytol uene \$\$ Metylocykloheksan \$\$ Tolue ne, hexahydro- \$\$ UN 2296	
000108-87-2	94		Cyclohexane, methyl-	7465
2	6.34	3.12	C:\Database\wiley7n.1	

001640-89-7	94		Cyclopentane, ethyl- \$\$ Ethylcyclo	7448
			pentane	
001640-89-7	94		Cyclopentane, ethyl- (CAS) \$\$ Ethy	7450
			lcyclopentane	
001640-89-7	94		Cyclopentane, ethyl-	7449
3	6.45	2.22	C:\Database\wiley7n.1	
000591-47-9	60		Cyclohexene, 4-methyl-	6468
000591-47-9	60		Cyclohexene, 4-methyl- (CAS) \$\$ 4-	6466
			Methylcyclohexene \$\$ 4-Methyl-1-cy	
			clohexene \$\$ 4-Methylcyclohex-1-en	
			e \$\$ 4-Methyl-1-cyclohexane \$\$ 4-M	
			ethylcyclohexene-1	
001192-37-6	55		Cyclohexane, methylene- (CAS) \$\$ M	6480
			ethylenecyclohexane \$\$ METHYLENE-C	
			YCLOHEXANE \$\$ 1-Methylenecyclohexa	
			ne \$\$ CYCLOHEXAN, METHYLEN-	
4	6.65	4.44	C:\Database\wiley7n.1	
034462-28-7	90		Cyclopropane, trimethylmethylene-	6429
001528-22-9	87		Cyclobutane, (1-methylethylidene)-	6431
007459-71-4	78		3,5-Dimethylcyclopentene	6509
5	6.94	10.55	C:\Database\wiley7n.1	
000108-88-3	91		Benzene, methyl- (CAS) \$\$ Toluene	5539
			\$\$ CP 25 \$\$ Methylbenzene \$\$ Toluo	
			l \$\$ Methacide \$\$ Antisal 1a \$\$ Me	
			thylbenzol \$\$ Phenylmethane \$\$ MET	
			HYLBENZENE(TOLUENE) \$\$ Benzene, me	
			thyl \$\$ Methane, phenyl- \$\$ NCI-C0	
			7272 \$\$ Tolueen \$\$ Toluen \$\$ Toluo	
			lo \$\$ Rcra waste	
000108-88-3	91		Benzene, methyl- (CAS) \$\$ Toluene	5536
			\$\$ CP 25 \$\$ Methylbenzene \$\$ Toluo	
			l \$\$ Methacide \$\$ Antisal 1a \$\$ Me	
			thylbenzol \$\$ Phenylmethane \$\$ MET	
			HYLBENZENE(TOLUENE) \$\$ Benzene, me	
			thyl \$\$ Methane, phenyl- \$\$ NCI-C0	
			7272 \$\$ Tolueen \$\$ Toluen \$\$ Toluo	
			lo \$\$ Rcra waste	
000108-88-3	91		Toluene	5537
6	6.99	1.92	C:\Database\wiley7n.1	

			Cyclohexene, 1-methyl-	6453
000591-49-1	91		Cyclohexene, 1-methyl-	6456
000591-49-1	91		Cyclohexene, 1-methyl-	6452
000591-49-1	91			
7	7.46	2.50	C:\Database\wiley7n.1	
			Cyclopentene, 1,2,3-trimethyl- \$\$	12576
000473-91-6	90		1,2,3-Trimethylcyclopentene	
			1,4-Pentadiene, 2,3,3-trimethyl-	12447
000756-02-5	87		5,5-Dimethyl-1,3-hexadiene	12569
001515-79-3	83			
8	7.76	5.05	C:\Database\wiley7n.1	
			Cyclopentene, 1,2,3-trimethyl- \$\$	12576
000473-91-6	90		1,2,3-Trimethylcyclopentene	
			5,5-Dimethyl-1,3-hexadiene	12570
001515-79-3	87		2-Isopropylfuran	12169
000000-00-0	87			
9	8.16	2.11	C:\Database\wiley7n.1	
			trans-3,5-Dimethylcyclohexene	12578
056021-63-7	94		Cyclohexene, 3,5-dimethyl-	12598
000823-17-6	91		Cyclohexene, 3,5-dimethyl-	12597
000823-17-6	91			
10	8.21	1.32	C:\Database\wiley7n.1	
			1,4-Dimethyl-1-cyclohexene \$\$ 1,4-	12584
070688-47-0	91		Dimethyl cyclohexene	
			Cyclohexane, 1-methyl-4-methylene-	12507
002808-80-2	87		Cyclohexane, 1-methyl-4-methylene-	12508
002808-80-2	81		\$\$ 1-Methylene-4-methylcyclohexane \$\$ 4-Methyl-1-methylenecyclohexane \$\$ 4-Methylmethylenecyclohexane	
11	9.28	21.32	C:\Database\wiley7n.1	
			p-Xylene	10753
000106-42-3	97		Benzene, 1,3-dimethyl-	10741
000108-38-3	97		p-Xylene \$\$ Benzene, 1,4-dimethyl-	10754
000106-42-3	95		\$\$ p-Dimethylbenzene \$\$ p-Xylol \$ \$ 1,4-Dimethylbenzene \$\$ 1,4-Xylene \$\$ p-Methyltoluene \$\$ para-Xylene \$\$ Chromar \$\$ Scintillar \$\$ UN 1	

307 \$\$ 4-Methyltoluene

12 9.92 3.34 C:\Database\wiley7n.1
 p-Xylene \$\$ Benzene, 1,4-dimethyl- 10754
 000106-42-3 95
 \$\$ p-Dimethylbenzene \$\$ p-Xylol \$
 \$ 1,4-Dimethylbenzene \$\$ 1,4-Xylen
 e \$\$ p-Methyltoluene \$\$ para-Xylen
 e \$\$ Chromar \$\$ Scintillar \$\$ UN 1
 307 \$\$ 4-Methyltoluene
 p-Xylene 10756
 000106-42-3 95 Benzene, 1,3-dimethyl- 10741
 000108-38-3 95

UMUM.M Mon Jun 04 18:49:10 2012

