



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGARUH SUHU TERHADAP DISTRIBUSI PRODUK
HIDROKARBON DAN PEMBENTUKAN KOKAS DARI
HASIL REAKSI ASETON MENGGUNAKAN KATALIS
HZSM-5 PADA RENTANG (275°C-350°C)**

SKRIPSI

EKA RAHMAWATI

0906604155

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM EKSTENSI TEKNIK KIMIA
DEPOK
JUNI 2012**



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGARUH SUHU TERHADAP DISTRIBUSI PRODUK
HIDROKARBON DAN PEMBENTUKAN KOKAS DARI
HASIL REAKSI ASETON MENGGUNAKAN KATALIS
HZSM-5 PADA RENTANG (275°C-350°C)**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana

EKA RAHMAWATI

0906604155

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM EKSTENSI TEKNIK KIMIA
DEPOK
JUNI 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 : Eka Rahmawati

NPM : 0906604155

Tanda Tangan : 

Tanggal : Juni 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Eka Rahmawati
NPM : 0906604155
Program Studi : Teknik Kimia
Judul Skripsi : Pengaruh Suhu terhadap Distribusi Produk Hidrokarbon dan Pembentukan Kokas dari hasil Reaksi Aseton Menggunakan Katalis HZSM-5 pada Rentang (275°C-350°C)

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 : Dr. Ir. Setiadi, M.Eng (*Setiadi*)
Penguji : Dr. Ir. Sukirno, M.Eng (*Sukirno*)
Penguji : M. Ibadurrohman, ST, MT, MSc. Eng (*Ibadurrohman*)
Penguji : Dr. Muhamad Sahlan, Ssi., M.Eng (*Muhamad Sahlan*)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : Juni 2012

KATA PENGANTAR

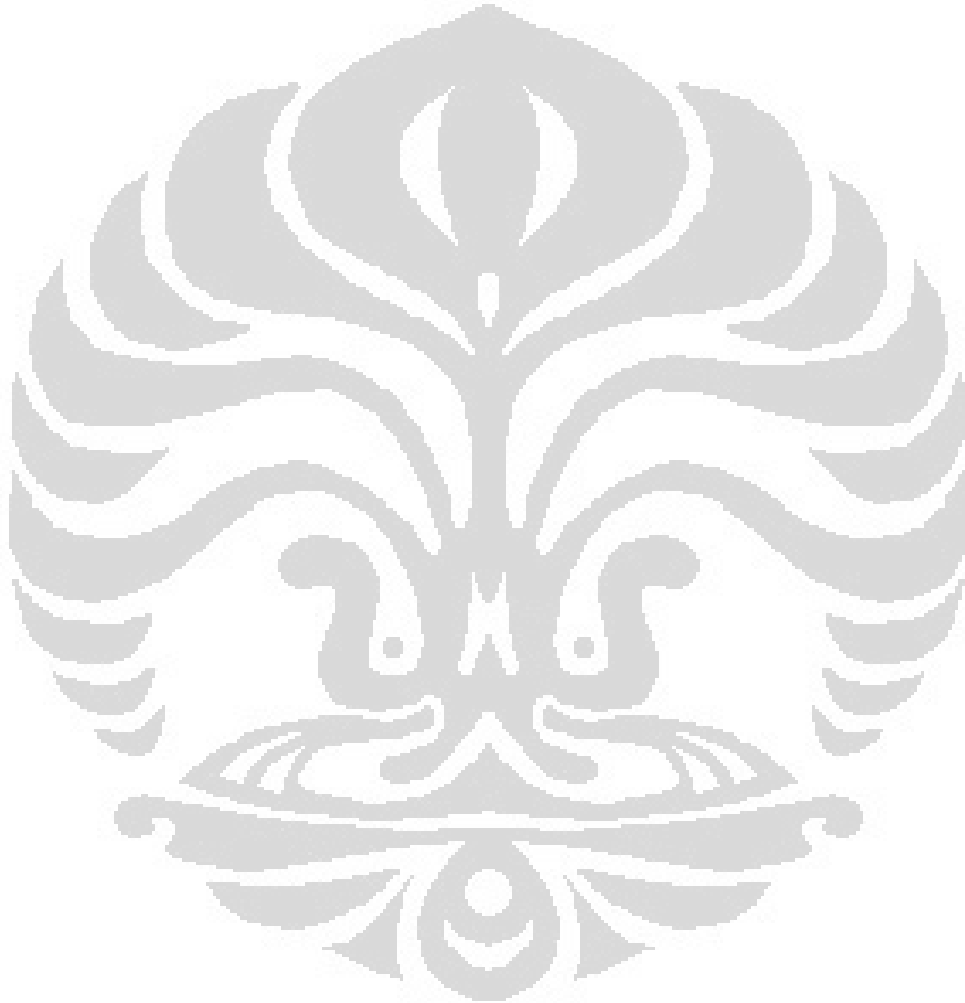
Alhamdulillah serta puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga skripsi yang **berjudul “Pengaruh Suhu Terhadap Distribusi Produk Hidrokarbon dan Pembentukan Kokas dari Hasil Reaksi Aseton Menggunakan Katalis HZSM-5 pada Rentang (275°C-350°C)”** ini dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Penulis menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Setiadi M.Eng selaku pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan skripsi ini.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Widodo W.Purwanto, DEA selaku Ketua Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
3. Bapak Bambang Heru Susanto, S.T.,M.T. selaku Pembimbing Akademik penulis.
4. Para dosen Departemen Teknik Kimia FTUI yang telah memberikan ilmu dan membagi wawasannya.
5. Kedua orang tua, adik dan kakak yang selalu tulus memberikan dukungan, doa dan semangat.
6. Syifa, Gefin, Gita dan Laili sebagai keluarga dan sahabat yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
7. Mas Eko, Kang Djajat, Mang Ijal sebagai penanggung jawab laboratorium yang selalu mendampingi selama penelitian ini.
8. Arief sebagai rekan satu tim atas kerjasamanya dalam pengerjaan skripsi ini.
9. Rekan-rekan mahasiswa Ekstensi Teknik Kimia 2009 atas semua kerjasamanya.
10. Semua pihak yang telah membantu penyusunan makalah skripsi ini secara langsung maupun tidak langsung.

Penulis berharap makalah ini dapat berguna suatu saat kelak bagi setiap orang yang membacanya. Kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk perbaikan makalah ini agar dapat memberikan manfaat yang lebih baik lagi.

Depok, Juni 2012

Penulis



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

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

Nama : Eka Rahmawati
NPM : 0906604155
Program studi : Teknik Kimia
Departemen : Teknik Kimia
Fakultas : Fakultas Teknik
Jenis Karya : Skripsi

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

**PENGARUH SUHU TERHADAP DISTRIBUSI PRODUK
HIDROKARBON DAN PEMBENTUKAN KOKAS DARI HASIL REAKSI
ASETON MENGGUNAKAN KATALIS HZSM-5 PADA RENTANG
(275°C-350°C)**

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

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : Juni 2012

Yang menyatakan



(Eka Rahmawati)

ABSTRAK

Nama : Eka Rahmawati
Program Studi : Teknik Kimia
Judul : Pengaruh Suhu Terhadap Distribusi Produk Hidrokarbon Dan Pembentukan Kokas Dari Hasil Reaksi Aseton Menggunakan Katalis HZSM-5 Pada Rentang (275°C-350°C)

Pengaruh suhu terhadap distribusi produk hidrokarbon dari hasil reaksi aseton khususnya hidrokarbon aromatik perlu diteliti secara detail. Penelitian ini dilakukan untuk mendeteksi keberlangsungan reaksi aseton menjadi hidrokarbon menggunakan katalis HZSM-5 terhadap distribusi produk serta mendeteksi terbentuknya kokas yang disebabkan oleh deaktivasi katalis pada rentang suhu 275°C-350°C. Produk yang terbentuk dianalisis menggunakan GC-MS (*Gas Chromatography-mass spectroscopy*). Terdapat keterkaitan antara pengaruh suhu terhadap distribusi produk dan kemampuan *shape selective catalyst* dan komponen pembentukan kokas yang menyebabkan katalis terdeaktivasi. Hasil uji reaksi aseton menunjukkan bahwa pengaruh suhu terhadap distribusi produk mekanisme reaksi dominan terbentuk isobutena, mesetil oksida dan diaseton alkohol. Sedangkan pembentukan kokas senyawa yang dominan yaitu jumlah rantai karbon C₂₁-C₃₀ sekitar 40-60% dan >C₄₀ sekitar 27-59%. Hasil uji keasaman semakin tinggi suhu maka tingkat keasaman katalis semakin tinggi

Kata Kunci : Distribusi Produk, Deaktivasi, HZSM-5, Kokas

ABSTRACT

Name : Eka Rahmawati
Study Program : Chemical Engineering
Title : Effect of Temperature on Product Distribution of Hydrocarbon
and The Coke Formation From Acetone Reactions Using
HZSM-5 Catalyst in Range (275°C-350°C)

Effect of temperature on the product distribution of hydrocarbon from the reaction of acetone especially aromatic hydrocarbons need to be studied in detail. This study was conducted to detect the continuity of the reaction of acetone into hydrocarbons using HZSM-5 catalyst on product distribution and detecting the formation of coke caused by the catalyst deactivation on the temperature range 275°C-350°C. The product was analyzed using GC-MS (Gas Chromatography-Mass Spectroscopy). There is a link between the effect of temperature on product distribution and the ability to shape selective catalysts and components of coke formation which causes the catalyst deactivation. Acetone reaction test results indicate that the effect of temperature on product distribution of the dominant reaction mechanism is formed isobutene, mesetil oxide and diacetone alcohol. While the formation of coke which is the dominant compound chain of carbon C21-C30 about 40-60% and > C40 approximately 27-59%. From the test result acidity the higher the temperature the higher the acidity of the catalyst.

Key Words : Product Distribution, Deactivation, HZSM-5, Coke

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB 1 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 Katalis.....	5
2.2 Zeolit.....	6
2.2.1 Definisi Zeolit.....	6
2.2.2 Jenis-Jenis Zeolit	6
2.2.3 Penggunaan Zeolit	7
2.2.3.1 Zeolit sebagai Katalisator	7
2.2.3.2 Zeolit sebagai Katalis Selektif Bentuk	8
2.2.3.3 Zeolit sebagai Katalis Asam	9
2.3 HZSM-5	11
2.4 Deaktivasi Katalis.....	12
2.4.1 <i>Poisoning</i>	14
2.4.2 <i>Sintering</i>	14
2.4.3 <i>Fouling</i>	14
2.5 State of The Art.....	15
2.6 Kerangka Konsep dan Kesimpulan Teoritis	17
BAB 3 METODE PENELITIAN.....	19
3.1 Tahapan Penelitian	19
3.1.1 Katalis Fresh.....	19
3.1.2 Tahap Uji Reaksi Katalis	19
3.1.3 Tahap Karakterisasi Katalis	19
3.1.4 Tahap Analisis Produk Hasil Reaksi	19
3.2 Uraian Terperinci Penelitian	21
3.2.1 Uji Reaksi Katalis	21

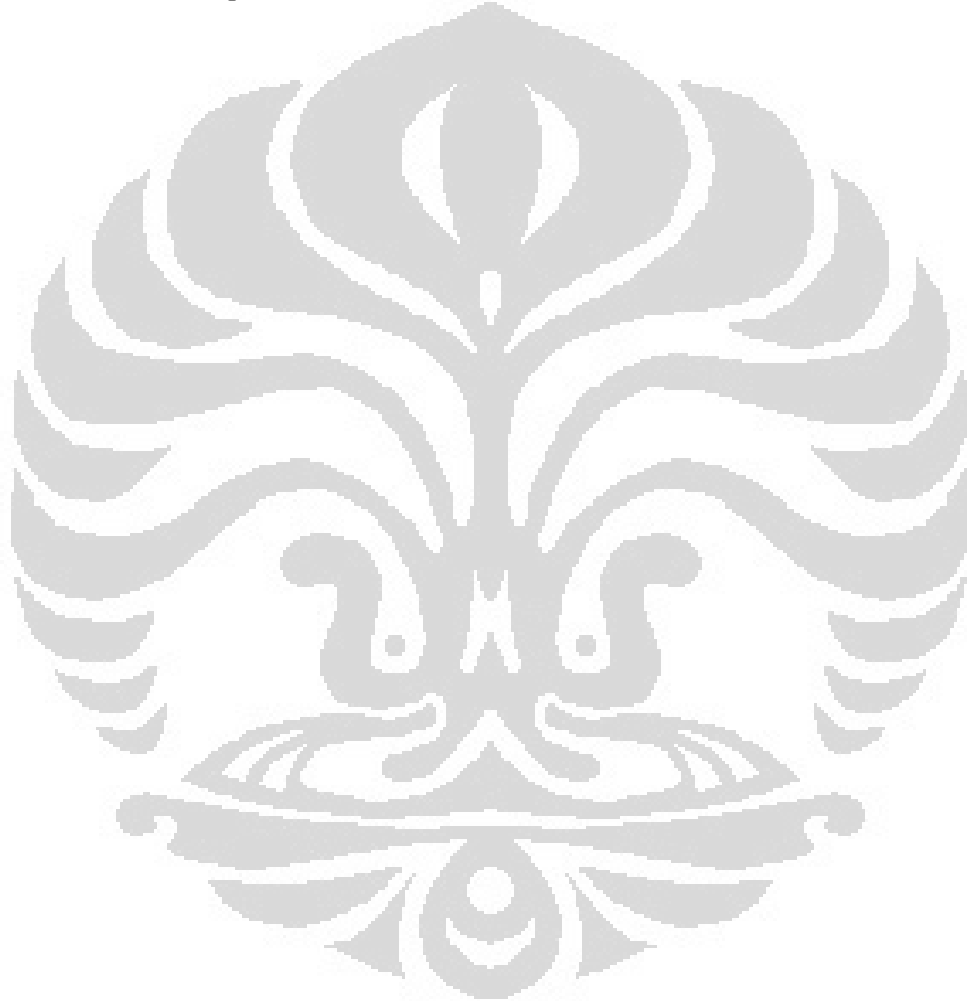
3.2.2 Analisis Produk Cair dengan Gas Chromatography/ Mass Spectroscopy	24
3.2.3 Karakterisasi Katalis	26
3.2.3.1 Analisa GC-MS Untuk Medeteksi Kokas	26
3.2.3.2 Uji Keasaman	26
3.3 Lokasi Penelitian	28
3.4 Variabel Penelitian	28
3.5 Teknik Pengumpulan Data dan Analisis Data	29
3.5.1 Karakterisasi Katalis	29
3.5.1.1 Analisis Kokas	29
3.5.1.2 Uji Keasaman	29
3.5.2 Analisis Produk Cair dengan Gas Chromatography/ Mass Spectroscopy	29
3.6 Hasil yang diharapkan dalam Metode Penelitian	30
3.6.1 Data-Data Hasil Karakterisasi Katalis	30
3.6.2 Data Hasil GC-MS.....	30
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	31
4.1 Hasil Uji Reaksi Aseton	31
4.1.1 Tahap Blank Test	32
4.1.2 Distribusi Produk Hasil Uji Reaksi	32
4.1.2.1 Pengaruh Suhu Reaksi Terhadap Distribusi Produk Hidrokarbon	32
4.2 Karakterisasi Katalis	40
4.2.1 Hasil Analisa Kokas	40
4.2.2 Uji Keasaman	43
4.3 Pengaruh Kemampuan <i>Shape Selective</i> Katalis	44
4.4 Katalis HZSM-5 Terdeaktivasi pada Berbagai Suhu	46
BAB 5 PENUTUP	51
5.1 Kesimpulan	51
5.2 Saran	51
DAFTAR PUSTAKA	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Rongga Selektif Katalis Bentuk	9
Gambar 2.2 Perubahan Keasaman Zeolit	10
Gambar 2.3 Perubahan aktivitas katalitik dari berbagai suhu pada HZSM-5 dengan rasio Si/Al=25	13
Gambar 2.4 Perubahan yield monoaromatik pada berbagai suhu pada HZSM-5 dengan rasio Si/Al=25	14
Gambar 2.5 Fenomena Deaktivasi Katalis	15
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	20
Gambar 3.2 Reaktor Uji	21
Gambar 3.3 Susunan Reaktor Uji Katalis <i>Fixed Bed Reaktor</i>	23
Gambar 3.4 Diagram Alir Kromatografi Gas	25
Gambar 3.5 Tahapan Uji Keasaman	28
Gambar 4.1 Distribusi Produk Hidrokarbon Suhu Reaksi 275°C Selama 2 Jam	33
Gambar 4.2 Distribusi Produk Hidrokarbon Suhu Reaksi 300°C Selama 2 Jam	34
Gambar 4.3 Distribusi Produk Hidrokarbon Suhu Reaksi 325°C Selama 2 Jam	35
Gambar 4.4 Distribusi Produk Hidrokarbon Suhu Reaksi 350°C Selama 2 Jam	36
Gambar 4.5 Pengaruh Suhu Terhadap Distribusi Produk Hidrokarbon	37
Gambar 4.6 Mekanisme Reaksi dari Konversi Aseton	38
Gambar 4.7 Perubahan konversi aseton dan selektivitas produk selama waktu reaksi dengan ukuran zeolit makro (a); ukuran zeolit nano (b)	39
Gambar 4.8 Kromatogram Pembentukan Kokas Suhu 275°C	40
Gambar 4.9 Kromatogram Pembentukan Kokas Suhu 300°C	41
Gambar 4.10 Kromatogram Pembentukan Kokas Suhu 325°C	41
Gambar 4.11 Kromatogram Pembentukan Kokas Suhu 350°C	42
Gambar 4.12 Komponen Pembentukan Kokas Suhu 275°C-350°C	43
Gambar 4.13 Komponen Pembentukan Kokas C ₂₁ -C _{>40} Suhu 275°C-350°C	44
Gambar 4.14 Uji Keasaman Katalis Baru dan Katalis Terdeaktivasi	45
Gambar 4.15 Hasil Uji Reaksi Suhu 275°C Waktu Reaksi 2 Jam (a); Waktu Reaksi 4 Jam (b)	47
Gambar 4.16 Hasil Uji Reaksi Suhu 325°C Waktu Reaksi 2 Jam (a); Waktu Reaksi 4 Jam (b)	47
Gambar 4.17 Selektivitas terhadap Hidrokarbon Aromatik	48
Gambar 4.18 Katalis Baru (a); Katalis Terdeaktivasi pada Suhu 350°C (b)	49
Gambar 4.19 Katalis Terdeaktivasi pada Suhu 325°C (a); Katalis Terdeaktivasi pada Suhu 300°C (b)	49
Gambar 4.20 Katalis Terdeaktivasi pada Suhu 275°C)	49

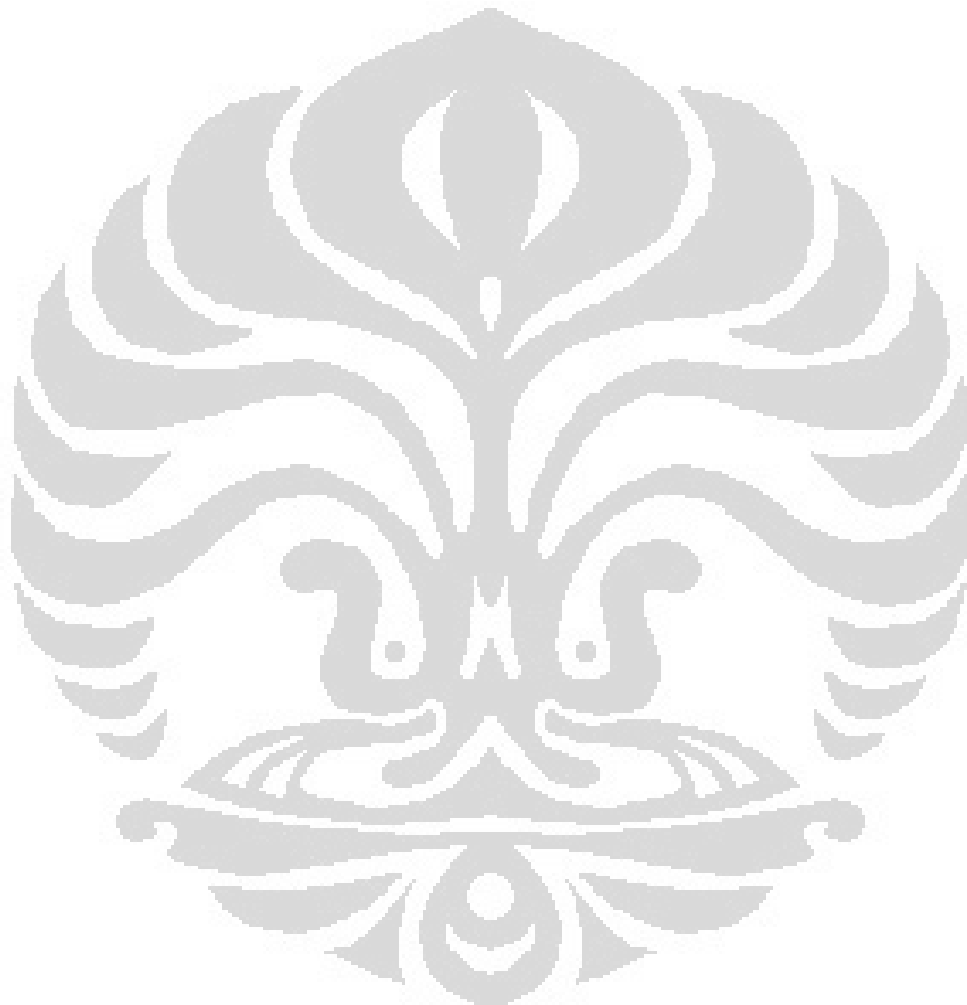
DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Rangkuman State of The Art deaktivasi katalis HZSM-5	17
Tabel 4.1 Distribusi Produk Hidrokarbon Suhu 275°C	32
Tabel 4.2 Distribusi Produk Hidrokarbon Suhu 300°C	33
Tabel 4.3 Distribusi Produk Hidrokarbon Suhu 325°C	34
Tabel 4.4 Distribusi Produk Hidrokarbon Suhu 350°C	35
Tabel 4.5 Hasil uji BET dan daerah permukaan luar dan volume mikropori zeolit	39



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Tabel Data dan Pengolahan Data Uji Keasaman	56
Lampiran B Pengolahan Data Distribusi Produk & Analisa Kokas	57
Lampiran C Data GC-MS.....	76
Lampiran D Skematik Proses <i>Bubbling</i>	90



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Hidrokarbon adalah senyawa karbon yang hanya tersusun atas unsur karbon dan unsur hidrogen dan dikelompokkan dalam dua golongan, yaitu hidrokarbon alifatik dan hidrokarbon aromatik. Hidrokarbon aromatik merupakan golongan khusus senyawa siklik yang biasanya digambarkan sebagai lingkaran enam dengan ikatan tunggal dan ikatan rangkap bersilih-ganti (Syukri, 1999).

Secara umum, rute reaksi senyawa aseton berlangsung melalui reaksi *aldol condensation* menjadi senyawa diaseton alkohol selanjutnya terjadi reaksi dehidrasi melepaskan H₂O menjadi senyawa mesetil oksida. Jika reaksi terjadi pada suhu tinggi atau laju reaksi tinggi maka rute reaksi akan mengarah terbentuknya hidrokarbon aromatik (Masuda *et al.*, 2011).

Suhu mempengaruhi kestabilan katalis dimana semakin rendahnya suhu reaksi maka deaktivasi katalis semakin cepat. Dengan suhu yang lebih rendah maka kestabilan katalisnya pun pendek sehingga langsung terjadi penurunan grafik konversi. Karena pada suhu rendah kokas lebih dominan terbentuk pada seputar pintu masuk mulut pori sehingga pori lebih mudah mengalami proses *plugging* (tertutup). Sehingga dengan terbentuknya kokas maka distribusi produk hidrokarbon akan mengalami pergeseran dimana akan menghasilkan selain produk hidrokarbon aromatik (Altha, 2011).

Pada penelitian ini akan dipelajari pengaruh suhu terhadap distribusi produk hidrokarbon dan pembentukan kokas dari hasil reaksi aseton dengan menggunakan katalis HZSM-5. Telah kita ketahui dari penelitian-penelitian sebelumnya zeolit HZSM-5 dikenal sebagai zeolit sintetik yang mempunyai permukaan inti asam dan stuktur jaringan pori yang luas serta homogen. Struktur kerangka jenis bahan alumina silika tersebut terbentuk dari bahan dasar pembangun berupa tetrahedron atom silikon atau alumunium. Kemampuan HZSM-5 untuk mempercepat berbagai jenis reaktan sangat berkaitan dengan rasio keasamannya dan parameter penting HZSM-5 yang bisa dikontrol dengan rasio Si/Al. Beragam variasi Si/Al sama sekali tidak akan mempengaruhi stuktur

kerangka HZSM-5, tetapi diharapkan menyebabkan pertukaran dalam asam dan distribusi kekuatan asam (Bhatia, 2000).

Menurut dari berbagai hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa HZSM-5 mempunyai kemampuan selektivitas yang tinggi berdasarkan bentuk dan ukuran pori (*shape selective catalyst*) kearah terbentuknya berbagai jenis molekul yang berdiameter kinetik maksimal sekitar 0.6 nm, dimana sangat sesuai dengan hidrokarbon aromatik (benzen, toluen, xilena, grup senyawa C9 aromatis, dll). Reaksi konversi aseton menjadi hidrokarbon telah terbukti dapat dilakukan dengan baik pada suhu 673 K dan space velocity sebesar 4h^{-1} pada tekanan atmosferik. Konversi aseton yang didapat mendekati 100%. Namun terjadi penurunan aktivitas (deaktivasi) setelah 17 jam karena penutupan pori katalis oleh kokas yang pembentukannya berasal dari reaksi konversi aseton tersebut (Setiadi, 2005). Pembentukan kokas ini dapat menyebabkan pori-pori dan pusat aktif katalis tersumbat atau tertutupi dan umumnya menurunkan aktivitas (deaktivasi) katalis sehingga katalis tidak dapat berfungsi lagi. (Gunawan *et al.*, 2004)

Dari berbagai penelitian yang telah dilakukan oleh Mondy (2010) dan Altha (2011) menunjukkan bahwa telah terjadi deaktivasi dan diperkirakan bahwa katalis terdeaktivasi akibat deposisi kokas pada sisi aktif katalis sehingga menurunkan luas permukaan yang dapat diakses, dan pori katalis akan tertutup (*blocked*). Dari hasil penelitian sebelumnya, pengaruh suhu reaksi terhadap deaktivasi adalah semakin rendah suhu reaksi, semakin cepat mengalami deaktivasi dan kestabilan dari katalis semakin pendek. Namun hasil penelitiannya belum mengamati pembentukan distribusi produk selama deaktivasi berlangsung. Oleh karena itu, penelitian ini akan mencoba mengidentifikasi produk hidrokarbon aromatik dari suhu rendah ke suhu tinggi dari tiap-tiap komponen dalam rentang waktu terdeaktivasi serta ingin membandingkan hasil distribusi produk dari hasil penelitian sebelumnya yang mempunyai rentang suhu tinggi.

Berdasarkan penjelasan diatas, maka akan dilakukan uji reaksi dari katalis HZSM-5 yang mengalami deaktivasi. Menganalisa reaksi aseton dan karakterisasi dari kokas dengan menggunakan *Gas Chromatography*, menganalisa kadar keasaman dari zeolit selama mengalami deaktivasi.

1.2 Perumusan Masalah

Secara umum pengaruh suhu rendah terhadap produk hidrokarbon dari hasil reaksi aseton digunakan katalis HZSM-5 maka perlu mengetahui karakteristik dari katalis dan perilaku deaktivasi dari katalis tersebut, hal-hal yang perlu diketahui dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimanakah pengaruh suhu terhadap distribusi produk dari senyawa hidrokarbon dan pembentukan kokas.
2. Bagaimanakah uji keasaman dari katalis selama mengalami deaktivasi.
3. Bagaimanakah karakteristik HZSM-5 pada kondisi belum terdeaktivasi dan sesudah digunakan sebagai katalis dalam reaksi mengalami perubahan.

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengidentifikasi produk-produk distribusi hasil reaksi menggunakan GC-MS.
2. Mempelajari pengaruh suhu reaksi terhadap distribusi produk dari senyawa hidrokarbon.
3. Mempelajari pembentukan kokas dari katalis zeolit HZSM-5 selama mengalami deaktivasi.
4. Mempelajari keasaman katalis selama katalis mengalami deaktivasi.

1.4 Batasan Masalah

1. Reaksi aseton dikaji pada suhu dibawah 400°C dan dipilih dengan berbagai variasi suhu yakni 275°C , 300°C , 325°C dan 350°C , karena reaksi aseton pada rentang suhu tersebut terbentuk hidrokarbon aromatik.
2. Pengkajian reaksi aseton menjadi hidrokarbon dibatasi dengan pendekatan tinjauan pembentukan kokas, keasaman katalis serta distribusi produk.
3. Berlangsungnya reaksi katalitik aseton dengan menggunakan HZSM-5 karena telah terbukti mempunyai *shape selective catalyst*.
4. Pengkajian eksperimental dari reaksi aseton dengan melakukan eksperimen dibatasi dengan kondisi-kondisi berikut yaitu menggunakan katalis HZSM-5 sintetis dengan rasio $\text{Si}/\text{Al}=27$ karena dari penelitian sebelumnya telah terbukti mempunyai stabilitas yang tinggi terhadap

aseton.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan terdiri dari :

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini menerangkan permasalahan secara umum, terutama yang menyangkut latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisikan informasi dan teori-teori yang melandasi dan mendukung penelitian tentang pengaruh bab ini mengemukakan tentang informasi dan teori-teori yang mendukung terhadap pengaruh suhu terhadap distribusi produk hidrokarbon dari hasil reaksi aseton menggunakan katalis HZMS-5.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Bab ini berisi tahapan-tahapan yang digunakan dalam penelitian yang mencakup metode pengumpulan data hingga pengolahan data, diagram alir penelitian, prosedur percobaan, jenis bahan dan alat yang dipakai, serta susunan dan fungsinya dalam percobaan.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan berisi perumusan hasil penelitian dan analisis yang berkaitan dengan fenomena deaktivasi katalis dan pembentukan kokas yang terjadi dalam reaksi aseton terhadap pengaruh suhu.

BAB 5 PENUTUP

Bab ini berisikan kesimpulan hasil penelitian dan saran.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Katalis

Katalis adalah suatu bahan kimia yang dapat meningkatkan laju suatu reaksi tanpa bahan tersebut menjadi ikut terpakai dan setelah reaksi berakhir, bahan tersebut akan kembali ke bentuk awal tanpa terjadi perubahan kimia. Berdasarkan cara reaksinya, katalis dapat dibagi menjadi dua tipe, yaitu heterogen dan homogen. Dalam reaksi heterogen, katalis memiliki fasa yang berbeda dengan reaktan (bahan yang bereaksi). Pada reaksi homogen, katalis memiliki fasa yang sama dengan reaktannya. Pada reaksi heterogen, pertama-tama reaktan akan terserap (adsorption) pada permukaan aktif katalis, selanjutnya akan terjadi interaksi baik berupa reaksi sebenarnya pada permukaan katalis, atau terjadi pelemahan ikatan dari molekul yang terserap. Setelah reaksi terjadi, molekul hasil reaksi (produk) dilepas dari permukaan katalis. Oleh karena itu, katalis yang baik perlu memiliki kemampuan menyerap dan melepaskan dengan baik. Pada reaksi homogen, biasanya proses terjadi dalam bentuk gas atau terjadi dalam satu fasa cair tunggal (Gary *et al.*, 2001).

Parameter yang harus diperhatikan untuk menilai kualitas suatu katalis adalah sebagai berikut:

1. Aktifitas, yaitu kemampuan katalis untuk mengkonversi reaktan menjadi produk yang diinginkan.
2. Selektivitas, yaitu kemampuan katalis untuk mempercepat suatu reaksi diantara beberapa reaksi yang terjadi sehingga produk yang diinginkan dapat diperoleh dengan produk samping seminimal mungkin.
3. Stabilitas, yaitu lamanya katalis memiliki aktifitas dan selektifitas seperti pada keadaan semula.
4. Yield, yaitu jumlah produk tertentu untuk setiap satuan reaktan yang dikonsumsi.
5. Kemudahan diregenerasi, yaitu proses pengembalian aktifitas dan selektifitas katalis pada keadaan semula.

2.2 Zeolit

2.2.1 Definisi Zeolit

Zeolit berasal dari kata “zeolithos” yang berarti batuan berbuih. Zeolit merupakan kristal alumina silikat dengan rumus empiris $Mx/n.(AlO_2)_x.(SiO_2)_y.xH_2O$. Terbentuk dari tetrahedral alumina dan silika dengan rongga-rongga didalam yang berisi ion-ion logam, biasanya golongan logam alkali, dan molekul air yang bergerak bebas. Zeolit merupakan suatu kelompok mineral yang dihasilkan dari proses hidrotermal pada batuan beku basa. Mineral ini biasanya dijumpai mengisi celah-celah ataupun rekahan dari batuan tersebut. Selain itu zeolit juga merupakan endapan dari aktivitas vulkanik yang banyak mengandung unsur silika. Di negara maju seperti Amerika Serikat, zeolit sudah benar-benar dimanfaatkan dalam industri (Sarno,H.1983)

2.2.2 Jenis-jenis Zeolit

Zeolit memiliki beraneka ragam bentuk dan jenis, tergantung pada cara perolehannya. Ada yang berasal dari alam dan ada yang sintesis. Untuk itu, berdasarkan cara perolehannya, zeolit dapat dikelompokkan menjadi 2 bagian, yaitu :

1. Zeolit alam, yang diperoleh dari alam.

Zeolit alam terbentuk melalui proses alam, zeolitisasi batuan vulkanik dengan air lingkungan (air hidrologi) pada sistem terbuka maupun tertutup. Kondisi batuan, tanah dan lingkungan tempat pembentukannya mempengaruhi sifat-sifat fisik, kimia dan struktur mineral zeolit alam sehingga muncul beragam spesies. Batuan yang sangat jenuh dengan silika misalnya, membentuk zeolit alam jenis *faujasit*, *habasit* dan *gmelinit*. Spesies yang banyak ditemukan pada batuan sedimen adalah *klonoptilolit*, *habasit*, *heulandit*, *mordenit*, *filipsit*, *analkim*, *laumontit* dan *wairakit*.

2. Zeolit sintesis, yang diperoleh melalui proses sintesa dan direkayasa oleh manusia. Zeolit sintesis diproduksi dengan cara hidrothermal. Pembuatan zeolit sintesis sangat tergantung pada pemanfaatannya. Sifat-sifatnya dimodifikasi, dengan memvariasikan kadar unsur aluminium (Al) dan

silika (Si). Biasanya zeolit sintesis terbagi menjadi empat kelompok, yaitu:

- a. Zeolit sintesis berkadar Si rendah ($\text{Si/Al} = 1$).
Kadar Si yang rendah menyebabkan harga rasio Si/Al mendekati 1. Kadar Si yang rendah menyebabkan daya penukaran kation dari zeolit maksimum. Contoh : Zeolit A dan X.
- b. Zeolit sintesis berkadar Si sedang ($\text{Si/Al} = 5$).
Jika dibandingkan dengan zeolit alam, zeolit sintesis ini termasuk jenis *klinoptilolit*, *mordenit* dan *erionit*.
- c. Zeolit sintesis berkadar Si tinggi ($\text{Si/Al} = 10-100$).
Mampu menyerap molekul-molekul non polar dan baik digunakan sebagai katalisator asam untuk hidrokarbon. Contoh : ZSM-5, ZSM-11 dan ZSM-21.
- d. Zeolit Si (100%).
Sama sekali tidak mengandung unsur Al, dapat mengeluarkan atau memisahkan suatu molekul organik dari suatu campuran air. Contoh : zeolit silikat (Linna, 2010).

2.2.3 Penggunaan Zeolit

2.2.3.1 Zeolit sebagai katalisator

Zeolit merupakan katalis yang cukup efektif untuk proses *hydrocarbon alkylation*, *isomerization* dan *perengkahan*. Tiga sifat zeolit yang berperan dalam fungsinya sebagai katalis adalah :

1. Penyaring molekul. Sifat ini menyeleksi pereaksi, hasil antara dan produk akhir yang terlibat dalam proses katalisis oleh zeolit katalis.
2. Pusat asam. Adanya pusat asam ini memberikan medium yang kondusif (lebih reaktif) untuk proses katalisis.
3. Si/Al yang tinggi menyebabkan keasaman tinggi. Setiap jenis zeolit mempunyai batas Si/Al yang optimum untuk bahan katalis.

Salah satu proses kimia yang menggunakan katalis adalah proses perengkahan hidrokarbon. Katalis yang digunakan adalah katalis yang bersifat

asam, yaitu sebuah katalis yang dapat menghasilkan karbokation pada permukaannya. Larutan asam dapat digunakan tetapi dalam operasi mengalami banyak masalah seperti korosi, pemisahan produk dan katalis ada yang hilang.

Zeolit dapat digunakan sebagai katalis untuk reaksi katalitik. Ciri paling khusus dari zeolit adalah adanya ruang kosong yang membentuk saluran didalamnya. Bila zeolit digunakan pada proses katalisis maka akan terjadi difusi molekul ke dalam ruang bebas antar kristal dan reaksi kimia juga terjadi di permukaan saluran tersebut (Altha,2011).

2.2.3.2 Zeolit sebagai katalis selektif bentuk

Zeolit dimanfaatkan sebagai katalis karena tersedianya pusat aktif dalam sistem pori katalis dan pori tersusun atas satu atau lebih ukuran yang seragam. Sistem pori ini berhubungan dengan sifat kristal dari zeolit. Ukuran pori yang sesungguhnya terbentuk dari struktur cincin pada prakteknya menjadi lebih kecil (bervariasi dengan adanya kation-kation pada permukaan zeolit). Katalis selektivitas dikelompokkan dalam beberapa kelompok berikut, yaitu :

1. Selektivitas reaktan.

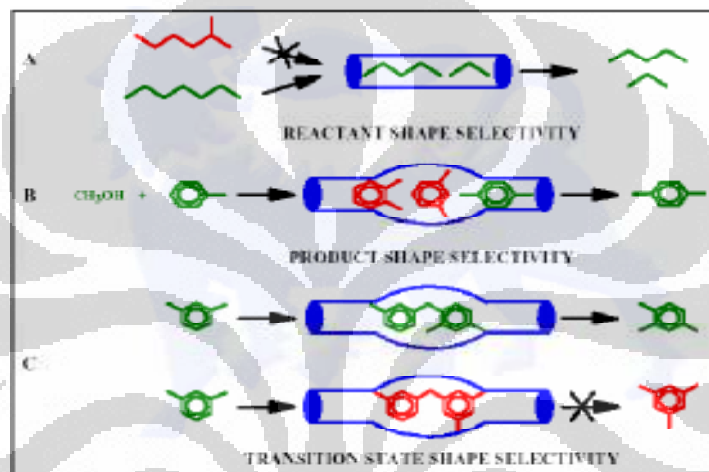
Hal ini berlaku pada umpan yang terdiri dari beberapa molekul, sementara sebagian saja yang selektif reaktan. Contoh yang paling populer adalah reaksi dari umpan yang berisi campuran karbon berantai lurus dan rantai bercabang. Dengan kemampuan selektivitas bentuk dari zeolit, maka hanya rantai lurus saja yang dapat dilewatkan sementara rantai bercabang tidak. Proses ini dapat dilihat pada Gambar 2.1 berikut (Wang, 2007)

2. Selektivitas Produk.

Fungsi ini bermanfaat manakala produk yang dihasilkan dari suatu reaksi di dalam sistem pori terlalu beragam ukuran molekulnya, sementara hanya molekul dengan ukuran tertentu yang bisa melewati mulut pori, molekul yang tidak dikehendaki akan tersaring. Selanjutnya molekul yang tidak bisa melewati mulut pori tadi akan bereaksi menjadi reaktan yang lebih kecil. Proses selektivitas produk dapat dilihat pada gambar 2.1 (Wang, 2007).

3. Selektivitas Transisi

Pada bentuk selektivitas ini terjadi ketika reaksi tertentu akan dicegah karena sesuai keadaan transisi akan memerlukan lebih banyak ruang dari yang tersedia dalam rongga. Baik reaktan maupun molekul produk dicegah dari difusi melalui pori-pori. Reaksi yang membutuhkan daerah transisi yang lebih kecil dilanjutkan tanpa hambatan. Seperti ditunjukkan pada Gambar 2.1 untuk trans alkilasi dari dialkylbenzenes (Csicsery,1984)



Gambar 2.1 Rongga Selektif Katalis Bentuk

Sumber : (Wang, 2007)

2.2.3.3 Zeolit sebagai katalis asam

Zeolit dapat berfungsi sebagai katalis asam, karena kationnya dapat dipertukarkan. Sebagai contoh zeolit alam, umumnya memiliki kation jenis alkali (misalnya Na^+), jika kation ini ditukarkan dengan NH_4^+ yang diikuti pemanasan, maka pada permukaan zeolit akan terdapat ion H^+ . Secara katalitik ion berfungsi sebagai pusat aktif (inti aktif).

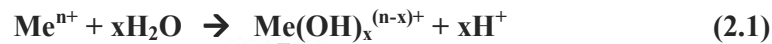
Kemampuan zeolit sebagai katalis dikarenakan zeolit memiliki sifat-sifat tertentu, diantaranya yaitu :

1. Keasaman zeolit

Keasaman pada kerangka zeolit dapat dibagi dalam dua kelompok yaitu **pusat asam Bronsted** dan **pusat asam Lewis**.

a. Asam Bronsted, yaitu spesies yang dapat memberikan proton H^+ . Bila AlO_4^- mengikat proton maka akan timbul suatu asam Bronsted. Proton ini menempel pada atom-atom oksigen *framework* yang berikatan dengan atom-atom silikon dan alumunium. Asam Bronsted dapat timbul melalui beberapa cara diantaranya adalah:

- Ionisasi air oleh kation-kation polivalen



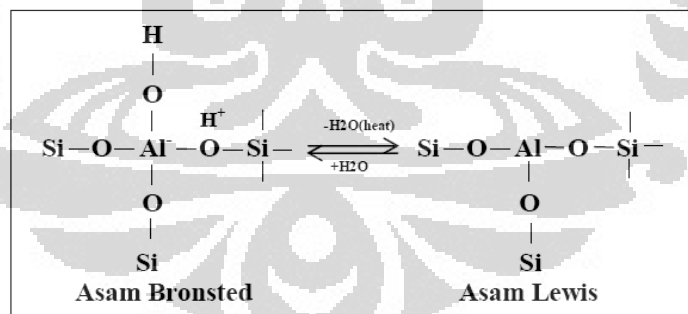
- Perlakuan dengan larutan asam



- Dekomposisi thermal dari zeolit hasil pertukaran ion dengan garam ammonium.
- Reduksi logam dengan hidrogen oleh kation-kation logam transisi dalam zeolit dengan tujuan untuk membentuk H-zeolit.



b. Asam Lewis, yaitu spesies yang dapat menerima sepasang elektron bebas yang dikombinasikan dengan zat kedua yang mempunyai sepasang elektron bebas. Keasaman Bronsted dapat diubah menjadi keasaman Lewis dengan memanaskan pada suhu tinggi (Bhatia, 2000).



Gambar 2.2 Perubahan Keasaman Zeolit

Sumber : (Bhatia, 2000)

Pada Gambar 2.2 terlihat bahwa Al mempunyai sisi yang dapat menerima sepasang elektron bebas sehingga dapat bertindak sebagai asam Lewis. Asam Lewis ini dapat berubah menjadi asam Bronsted dengan hadirnya H_2O pada zeolit

dengan disertai pemanasan. Zeolit yang telah melalui tahap pengasaman akan memiliki luas permukaan yang lebih tinggi sehingga perannya sebagai katalis ataupun penyangga dapat lebih baik.

2. Sifat pori mikronya dapat ditentukan

Zeolit yang berbentuk kristal memiliki banyak ruang kosong yang dapat memegang peranan penting dalam proses katalisis.

3. Ukuran kristal dan morfologinya yang dapat diubah-ubah

Secara umum aktivitas zeolit menurun dengan semakin meningkatnya ukuran kristal. Ukuran kristal yang besar menyebabkan distribusi Al pada kristal yang tidak merata terutama pada permukaannya sehingga keasaman dari katalis menurun.

4. Kestabilan termal

Kestabilan termal adalah kemampuan zeolit untuk berfungsi pada temperatur tinggi.

5. Kemampuan penggabungan dengan logam dan logam kompleks

Pertukaran ion logam atau logam kompleks yang diikuti prosedur reduksi yang sesuai dapat menghasilkan zeolit yang mengandung logam sebagai katalis bagi reaksi tertentu. Partikel logam kompleks yang berukuran kecil dan sesuai dengan ukuran pori atau saluran zeolit dapat dipertukarkan ke dalam zeolit dan memberikan sifat selektivitas tertentu pada zeolit.

2.3 HZSM-5

HZSM-5 (Zeolit Socony Mobil-5) merupakan salah satu dari beberapa jenis zeolit. Zeolit sintetis jenis HZSM-5 dikembangkan oleh peneliti-peneliti *Mobile Oil Corp* sekitar tahun 1960. Zeolit HZSM-5 dikenal sebagai jenis zeolit sintetik yang mempunyai permukaan inti asam dan struktur jaringan pori yang luas serta homogen. Struktur kerangka jenis bahan alumino silika tersebut terbentuk dari bahan dasar pembangun berupa tetrahedron atom silikon atau aluminium. Kemampuan HZSM-5 untuk mempercepat berbagai jenis reaksi sangat berkaitan dengan rasio keasamannya dan parameter penting HZSM-5 bisa dikontrol dengan rasio Si/Al. Namun beragamnya variasi Si/Al ini sama sekali tidak akan mempengaruhi struktur kerangka HZSM-5 tetapi diharapkan

menyebabkan pertukaran dalam asam dan distribusi kekuatan asam (Bhatia, 2000).

Zeolit HZSM-5 adalah suatu material dengan pori-pori yang sangat kecil yang mampu memuat molekul-molekul kecil yang disebut sebagai *molecular sieve*, zeolit ini didapatkan dari substansi alam seperti *clay* dan zeolit atau dapat diperoleh secara sintesis alumina silika. HZSM-5 memiliki fungsi sebagai katalis untuk mempengaruhi kecepatan reaksi tanpa mempengaruhi kesetimbangan karena mampu menaikkan perbedaan *path* molekuler dari reaksi katalis yang mempunyai luas pori-pori yang besar disebut katalis porous, pori-pori tersebut sangat kecil dimana mereka akan memuat molekul-molekul kecil tetapi mencegah molekul-molekul besar masuk. Umumnya katalis jenis zeolit mudah mengalami deaktivasi, tidak terkecuali untuk HZSM-5. Menurut Richardson kemampuan katalis dalam menahan aktivitas dan selektivitas dalam rentang waktu tertentu tergantung dari jenis reaksi, jenis zeolit dan kondisi reaksi. Oleh karenanya Loffer menyarankan agar *durability test* atau *time on stream reaction test* tetap diperhatikan dalam memilih dan menentukan jenis katalis sesuai dengan reaksi dan kondisi reaksi (Setiadi, 2005).

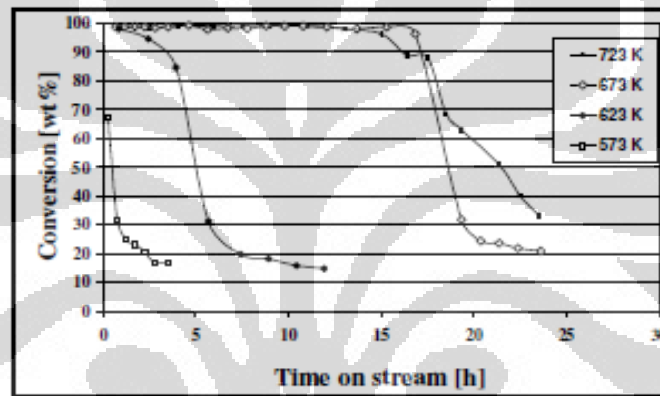
Zeolit HZSM-5 mempunyai sifat unik yaitu mempunyai ukuran pori 0,54 x 0,57 nm (\leq ukuran molekul hidrokarbon C_{11}), berstruktur dimensi tiga, bersifat organofil. Kombinasi ketiga sifat diatas menyebabkan HZSM-5 bersifat selektif terhadap pembentukan hidrokarbon $\leq C_{11}$, mempunyai umur katalis yang panjang serta tahan terhadap perlakuan asam dan panas (A.T Townsend, 1994).

2.4 Deaktivasi Katalis

Seiring berjalannya reaksi, katalis heterogen dapat mengalami deaktivasi yang mengakibatkan menurunnya aktivitas katalis. Hal ini dapat berakibat buruk karena akan menurunkan laju berjalannya reaksi. Idealnya, katalis seharusnya berfungsi selamanya. Tetapi pada kenyataannya katalis dapat mati setelah digunakan akibat berbagai macam hal yang dapat menghilangkan kemampuan mereka. Beberapa katalis bertahan hanya beberapa menit sedangkan yang lain bisa mencapai 10 tahun. Perancang katalis dapat membuat katalis berumur lebih

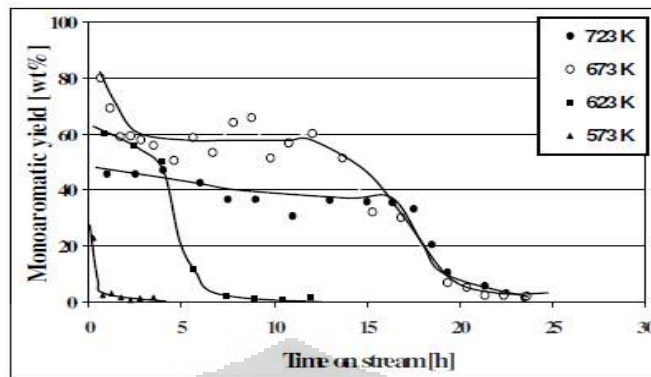
panjang, tetapi saat masalah ditemukan untuk memperpanjang umur, masalah lain muncul.

Dari beberapa penelitian pengaruh suhu terhadap deaktivasi katalis dimana terutama umumnya disebabkan oleh tingkat konversi aseton yang diperoleh dari reaksi pada suhu dilakukan. Dalam rangka untuk mencari suhu optimal untuk mendapatkan aktivitas tinggi dan stabilitas HZSM-5 untuk rasio Si/Al 25, reaksi konversi aseton dilakukan pada berbagai suhu 723 K, 673 K, 623 K dan 573 K. Sebagai ditampilkan di Gambar 2.3, aktivitas H-ZSM-5 katalis pada temperatur lebih rendah dari 673 K tidak bagus, konversi aseton itu menurun cepat pada waktu yang lebih pendek pada aliran reaksi (Setiadi *et al.*,2008)



Gambar 2.3 Perubahan Aktivitas Katalitik dari Berbagai Suhu pada HZSM-5 dengan Rasio Si/Al=25

Kondisi suhu dalam Gambar 2.4 hasil atau selektivitas produk aromatik yang ditemukan lebih rendah daripada suhu reaksi dilakukan pada 673 K. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa reaksi suhu 673 K adalah temperatur yang bagus untuk konversi aseton terhadap aromatik formasi. Seperti yang terlihat pada dan Gambar 2.4



Gambar 2.4 Perubahan Yield Monoaromatik pada Berbagai Suhu pada HZSM-5 dengan Rasio Si/Al=25

Deaktivasi katalis ini dapat terjadi disebabkan oleh 3 hal, yaitu *poisoning*, *sintering* dan *fouling*.

2.4.1 Poisoning

Peracunan katalis dapat terjadi bila sebuah katalis bereaksi atau berikatan dengan senyawa lain tetapi tidak saling melepaskan karena ikatan antara reaktan dan katalis tersebut tidak terlalu kuat. Poisoning juga dapat terjadi jika senyawa tersebut mengubah sifat-sifat katalis secara kimiawi. Hal ini dapat mengurangi efektivitas dari katalis (seperti mengurangi inti aktif) sehingga katalis tersebut tidak dapat bereaksi dengan semestinya. Contoh : peracunan katalis oleh sulfur pada katalis dalam reaksi pengolahan minyak bumi.

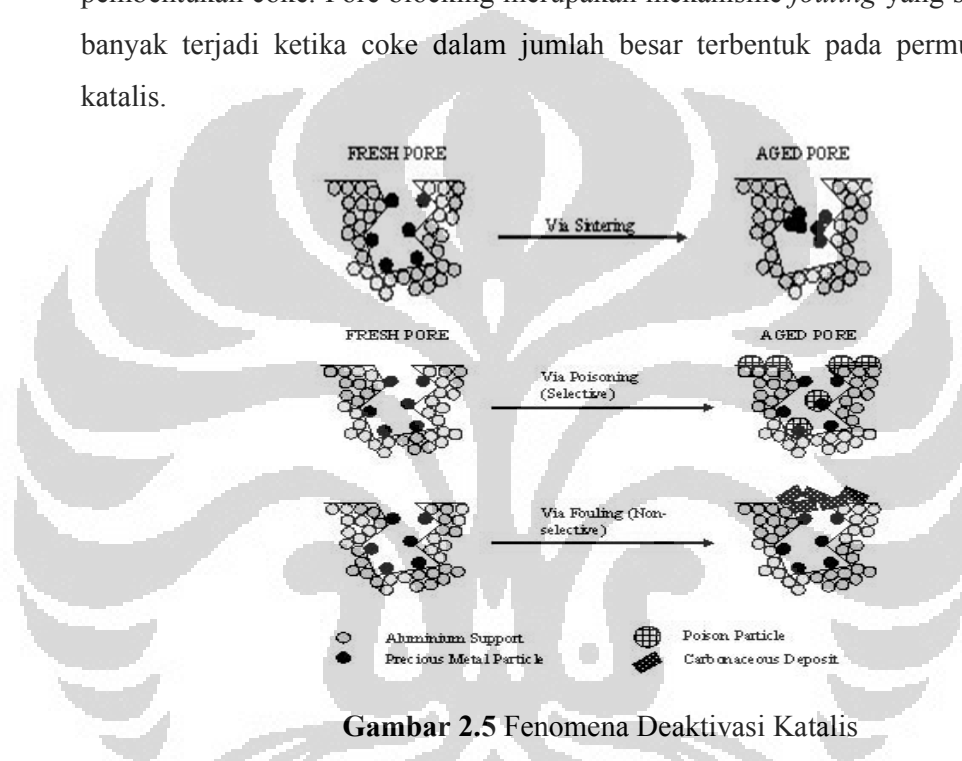
2.4.2 Sintering

Penggunaan katalis dalam reaksi pada suhu tinggi dapat menyebabkan terjadinya sintering. Sintering adalah fenomena penggabungan katalis yang diakibatkan karena suhu yang terlalu tinggi. Pada suhu yang tinggi, katalis dapat melebur menjadi satu. Hal ini mengakibatkan berkurangnya inti aktif dan permukaan katalis. Fenomena sintering ini sering terjadi pada reaksi-reaksi yang menggunakan suhu tinggi sehingga katalis perlu diganti lebih sering.

2.4.3 Fouling

Fouling mencakup semua fenomena dimana permukaan katalis ditutupi oleh deposit, misalkan oleh polimer atau sisa pembakaran seperti

debu. Pembentukan *coke* (coking) juga merupakan salah satu bentuk *fouling* yang paling sering terjadi. Dalam pembentukan *coke*, residu karbon menutup permukaan aktif dan mengurangi permukaannya. Pertama-tama, karbon ini menghambat reaktan untuk mencapai inisi aktif, dan kedua, jumlah *coke* yang banyak dapat menghambat pori-pori internal dari katalis. Dalam kebanyakan kasus, material hidrokarbon dan aromatik berperan besar dalam pembentukan *coke*. Pore blocking merupakan mekanisme *fouling* yang sangat banyak terjadi ketika *coke* dalam jumlah besar terbentuk pada permukaan katalis.



Gambar 2.5 Fenomena Deaktivasi Katalis

2.5 State of The Art

Penelitian Gunawan *et al.*, (2004). Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh kokas dan efek regenerasi, agar semua kokas tersingkir dibutuhkan waktu yang cukup untuk membakarnya. Katalis yang digunakan adalah katalis zeolit-Y komersial. Zeolit Y adalah katalis yang banyak digunakan pada proses perengkahan minyak bumi. Itu sebabnya, pada saat dipakai untuk mengkatalisis dehidrasi-n-butanol, zeolit-Y juga mengkatalisis reaksi perengkahan, sehingga terbentuk senyawa-senyawa C_1-C_3 dan kokas yang terdeposisi dipermukaan aktif katalis. Metodologi penelitian ini dehidrasi n-butanol dilangsungkan secara isothermal pada suhu 450°C dalam reactor pipa

dengan katalis -Y komersial sebagai unggun tetap, sebagai gas pembawa gas N₂. Produk reaksi dianalisis dengan metode Gas Chromatography (GC). Dari hasil pengamatan terhadap kinerja katalis selama 100 jam tampak bahwa konversi reaksi belum menunjukkan penurunan hingga *time on stream* (TOS) 100 jam dan konversi reaksi cenderung konstan pada kisaran 75,35 %. Dalam waktu kurang dari 5 menit, warna katalis berubah menjadi warna hitam dengan kandungan karbon ±1,12%. Hal ini disebabkan karena katalis -Y komersial memiliki keasaman yang cukup tinggi. Katalis dengan derajat keasaman tinggi mampu mempercepat pembentukan kokas. Katalis diregenerasi menggunakan furnace pada temperature 450°C dan dapat cukup dilakukan selama 6 jam untuk menghilangkan hampir semua kokas yang terbentuk.

Penelitian Kaarsholm *et al*, (2007). Distribusi produk dan deaktivasi dalam proses metanol menjadi olefin (MTO) melalui fosfor yang dimodifikasi yang mengandung 10% katalis HZSM-5 dipelajari dalam *fixed bed reactor* dalam diameter yang kecil. Katalis terbuat dari 10% CBV28014 (dari Zeolyst) dikalsinasi di udara pada 550 °C selama 4 jam. Konversi katalitik dengan fixed bed reactor, aliran gas produk yang dihasilkan dianalisis menggunakan GC-FID. Distribusi produk dan katalis kapasitas metanol (MeOH dikonversi kg per kg katalis) sangat tergantung pada komposisi umpan. Pada tekanan parsial MeOH berkurang (10% metanol dalam nitrogen), produksi olefin lebih tinggi dibandingkan dengan umpan metanol murni. Kokas utama adalah karena oksigenat dengan olefin dan reaksi intermediet. Mengikuti zona reaksi utama, laju kokas yang rendah karena hanya terjadi reaksi perengkahan sekunder dan karena air telah mencapai tingkat maksimum.

Penelitian Altha Marissa (2011). Katalis HZSM-5 biasa digunakan untuk mengkonversi aseton menjadi hidrokarbon. Katalis ini akan mengalami deaktivasi pada waktu tertentu dan hal tersebut dipengaruhi oleh kandungan rasio Si/Al. Pada penelitian ini, katalis diuji dengan menggunakan reaktor unggun tetap (*fixed bed*), dengan variasi Si/Al 27, 75 dan 140. Karakterisasi katalis menggunakan metode BET, FT-IR dan uji keasaman. Dari penelitian diperoleh hasil bahwa katalis dengan rasio Si/Al=75 memiliki stabilitas konversi aseton selama 7 jam dan memiliki tingkat keasaman paling tinggi. Penyebab deaktivasi katalis yaitu

terbentuknya kokas. Keberadaan kokas ini diamati dengan menggunakan FT-IR pada rentang 1540-1600 cm^{-1} dan metode BET yang menunjukkan penurunan luas permukaan sebesar 85-90%. Regenerasi katalis telah berhasil dilakukan dengan menggunakan udara. Luas permukaan katalis setelah regenerasi diperoleh sebesar 285,4 m^2/gram dan terdapat pita kokas pada spektrum serapan FT-IR dengan rentang bilangan gelombang 1540-1600 cm^{-1} .

Tabel 2.1 Rangkuman *state of the art* deaktivasi katalis HZSM-5

No	Penulis/Tahun	Umpam/Gas Pembawa/Katalis	Reaktor	% Pembentukan Kokas
1	Gunawan <i>et al.</i> , 2004	N-Butanol/ N_2 / Zeolit-Y komersial	Fixed-bed	70-71
2	Kaarsholm <i>et al.</i> , 2007	Metanol/ N_2 /HZSM-5	Fixed-bed	13,1
3	Altha Marissa, 2011	Aseton/ N_2 /HZSM-5	Fixed-bed	60-70
4	Penelitian ini	Aseton/ N_2 /HZSM-5	Fixed-bed	

2.6 Kerangka Konsep dan Kesimpulan Teoritis

Kerangka konsep pada tinjauan pustaka yang dibahas adalah mengenai pengaruh suhu dimana semakin rendahnya suhu reaksi maka deaktivasi katalis semakin cepat. Dengan suhu yang lebih rendah maka kestabilan katalisnya pun pendek sehingga langsung terjadi penurunan grafik konversi. Karena pada suhu rendah kokas lebih dominan terbentuk pada seputar pintu masuk mulut pori sehingga pori lebih mudah mengalami proses *plugging* (tertutup). Sehingga dengan terbentuknya kokas maka distribusi produk hidrokarbon akan mengalami pergeseran dimana akan menghasilkan selain produk hidrokarbon aromatik.

Pada katalis HZSM-5 itu mempunyai *shape selective catalyst* namun selektivitas ini bisa menurun karena terbentuknya kokas sehingga menyebabkan deaktivasi katalis yang dipengaruhi oleh sifat fisik dan keasaman katalis, sifat fisik yang dimaksud adalah ukuran pori katalis. Pada ukuran pori katalis apabila terjadinya penyempitan karena terbentuknya kokas maka dampaknya akan terjadi penumpukan kokas sehingga terjadi penurunan keasaman.

Sebagai indikator deaktivasi katalis terjadinya penurunan konversi reaksi seperti yang telah dilakukan oleh penelitian sebelumnya. Ada berbagai macam penyebab terbentuknya deaktivasi katalis seperti *Poisoning*, *Sintering*, *Fouling*. *Poisoning* atau peracunan katalis terjadi apabila katalis bereaksi dengan senyawa lain sehingga dapat mengurangi efektivitas dari katalis, sedangkan *sintering* yaitu dimana katalis akan bergabung karena suhu tinggi. *Fouling* adalah dimana permukaan katalis ditutupi oleh deposit. *Fouling* merupakan penyebab yang sering terjadi pada deaktivasi katalis karena akan menutupi *active site* katalis dan mengurangi permukaan aktifnya.

Adapun kesimpulan teoritis :

- Reaksi aseton berlangsung sangat sensitif terhadap suhu dalam perubahan suhu yang cukup kecil merubah konversi maupun produk hidrokarbon monoaromatik utama.
- Kemampuan *shape selective catalyst* HZSM-5 sangat dipengaruhi oleh struktur pori yang kearah terbentuknya jenis molekul yang berdiameter kinetik maksimal sekitar 0.6 nm, sehingga produk yang terbentuk terutama adalah dominan produk aromatik karena kemiripan ukuran dimensi dengan ukuran geometris molekul.
- Perubahan kemampuan *shape selective catalyst* mengalami perubahan dengan perubahan ukuran pori yang disebabkan oleh deaktivasi katalis terbentuk atau terdepositnya kokas dalam struktur pori.
- Deaktivasi katalis karena *coking* berpengaruh terhadap *shape selective catalyst* yang akhirnya berpengaruh terhadap produk distribusi khususnya aromatik.
- Reaksi aseton jelas mengalami deaktivasi yang didominasi penyebab karena terbentuknya kokas sesuai dengan hasil penelitian Altha (2011).
- Deaktivasi pada suhu rendah mudah mengalami deaktivasi diduga bahwa lokasi terdepositnya pada permukaan diperkirakan berbeda dari suhu rendah ke suhu tinggi. Oleh karenanya pada penelitian ini dilakukan dengan judul pengaruh suhu terhadap distribusi produk hidrokarbon dari hasil reaksi aseton menggunakan katalis HZSM-5.

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian

Secara umum tahapan penelitian ini adalah untuk melihat pengaruh suhu terhadap distribusi produk hidrokarbon dari reaksi aseton terhadap perilaku deaktivasi katalis HZSM-5. Pada penelitian ini terdapat beberapa tahapan, yaitu :

3.1.1 Katalis Fresh

Pada tahapan ini, katalis yang digunakan tidak perlu dilakukan preparasi karena menggunakan katalis baru yang telah disediakan. Katalis yang digunakan katalis HZSM-5 yaitu merupakan zeolit sintetis biasanya melalui proses sintesa dan direkayasa oleh manusia.

3.1.2 Tahap Uji Reaksi Katalis

Pada tahap ini, senyawa aseton yang dibawa oleh gas N₂ dikontakkan dengan katalis HZSM-5. Reaksi berlangsung dalam *Fixed Bed Reactor* dimana laju alir umpan dan temperaturnya diatur pada kondisi tertentu. Tujuan dari tahapan ini yaitu untuk mengetahui kinerja dari katalis HZSM-5.

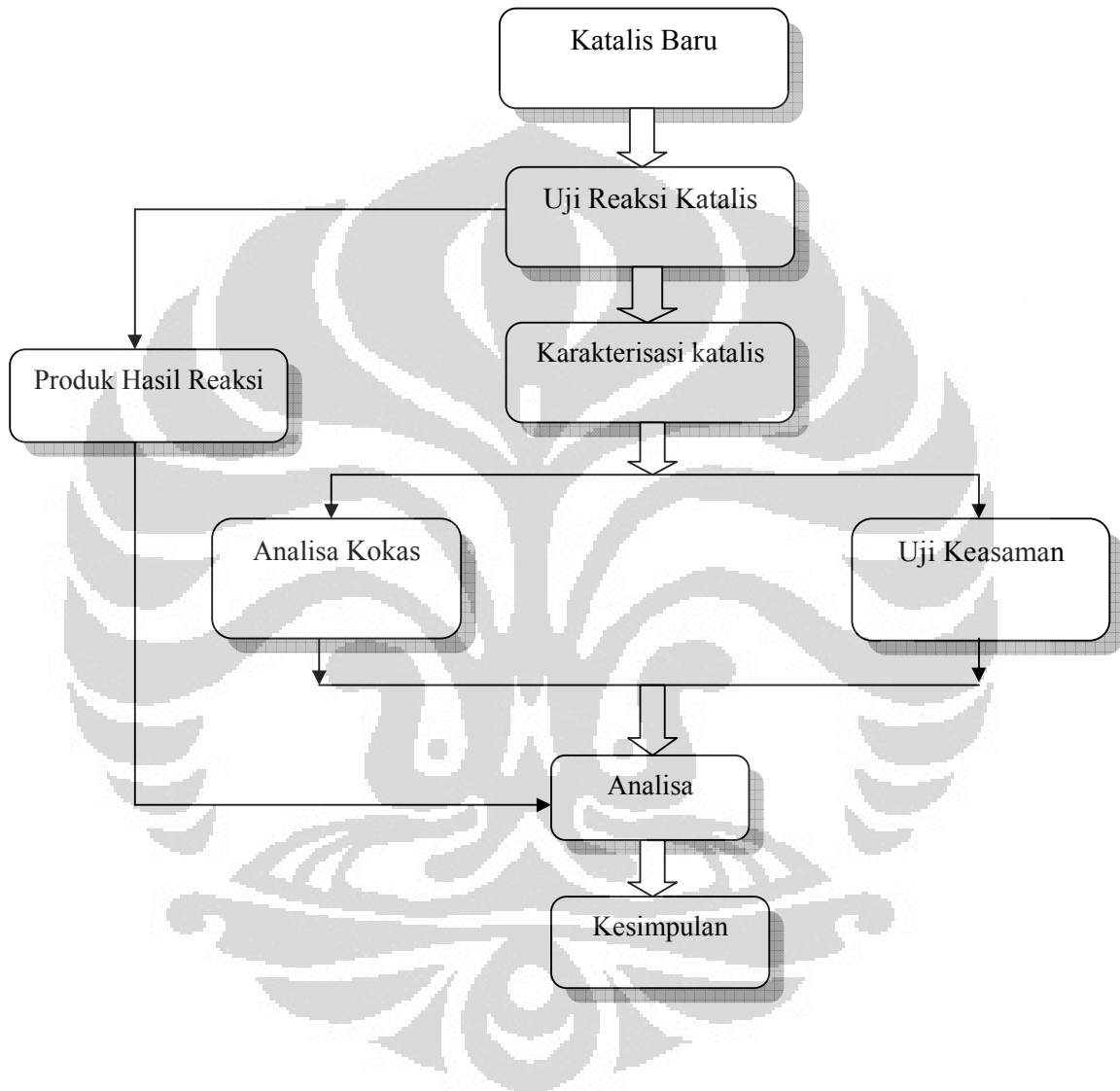
3.1.3 Tahap Karakterisasi Katalis

Pada tahap ini katalis dilakukan karakterisasi yaitu uji keasaman untuk mengetahui tingkat keasaman katalis serta pembentukan kokas.

3.1.4 Tahap Analisis Produk Hasil Reaksi

Pada tahap ini dilakukan identifikasi dan analisa terhadap reaksi yang dihasilkan. Selanjutnya dilakukan pengujian identifikasi produk dengan menggunakan metode GC-MS untuk mengetahui produk hidrokarbon apa saja yang dihasilkan dari reaksi aseton.

Dari tahapan penelitian tersebut dapat digambarkan melalui skema diagram alir secara umum dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Uraian Terperinci Penelitian

Pada uraian penelitian ini akan dijelaskan lebih lengkap mengenai analisa dan prosedur yang akan dilakukan dari penelitian sesuai dengan diagram alir penelitian tersebut. Pada penelitian ini akan dilakukan dua pengujian yaitu menguji karakteristik katalis menggunakan uji pembentukan kokas, uji keasaman. Sedangkan pengujian kedua yaitu mengidentifikasi produk dari hidrokarbon dengan menggunakan GC-MS.

3.2.1 Uji Reaksi Katalis

Pada tahap uji reaksi katalis (tahap konversi katalitik) ini, senyawa aseton yang dibawa oleh gas N_2 dikontakkan dengan katalis HZSM-5. Reaksi berlangsung dalam *fixed Bed* dimana laju alir umpan dan temperaturnya diatur pada kondisi tertentu. Tujuan dari tahapan ini yaitu untuk mengetahui kinerja dari katalis HZSM-5. Seperti yang terlihat pada gambar 3.2 merupakan gambar reaktor uji yang digunakan dalam penelitian ini.



Gambar 3.2 Reaktor Uji

1. Alat dan Bahan

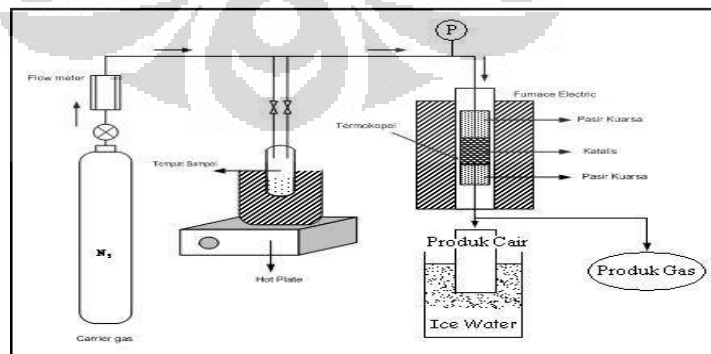
- Beaker glass 250 ml
- Spatula
- Kertas timbang
- Syringe gas tight
- Alat suntik 100 ml
- Reaktor fixed bed
- Timbangan
- Aseton murni : berfungsi sebagai reaktan
- Gas N₂ : untuk menghilangkan kemungkinan adanya kandungan air dalam katalis
- Katalis HZSM-5 : sebagai katalis dalam proses konversi aseton menjadi hidrokarbon aromatik
- Termokopel : sebagai monitoring suhu katalis selama reaksi
- Gas Bag
- Furnace Electric
- Pipet Volume
- *Bubble Soap*
- *Compressor*

2. Persiapan Sampel

- Siapkan aseton
- Ambil aseton yang akan direaksikan, dengan diambil menggunakan pipet volume, kemudian dimasukkan ke dalam wadah sampel.
- Timbang katalis HZSM-5 sebanyak 0,15 gram dan pasir kuarsa sebanyak 3 gram.
- Sampel diletakkan dalam sebuah *heater* yang di set 40°C dan pasang pipa penghubungnya (jika ingin memulai reaksi maka valve yang terletak antara aseton dan reaktor dibuka agar aseton dapat mengalir ke dalam reaktor).

3. Persiapan Alat

- Memasukkan katalis dan pasir kuarsa yang telah ditimbang ke dalam reaktor yang sudah disiapkan, pasir kuarsa untuk mencegah terjadinya *pressure drop* yang tinggi dan terjadinya *sintering* pada katalis.
 - *Furnace electric* dinyalakan dan diset pada temperatur reaksi yang diinginkan (misalnya: 400°C).
 - Untuk *start up*, N₂ dialirkan terlebih dahulu sedikitnya 1 jam untuk membersihkan reaktor sehingga bebas dari kemungkinan adanya kandungan komponen air akibat selama penyimpanan maupun selama penyusunan unggun katalis.
 - Pada saat temperatur reaktor telah tercapai, *valve* yang menghubungkan aseton dan reaktor dibuka agar sampel (Aseton) dapat mengalir ke reaktor dan berkontak dengan katalis dalam reaktor.
 - a. Sampel aseton yang menguap dalam ruang aseton akan dibawa oleh *carrier gas* ke dalam reaktor sehingga terjadi reaksi di dalam reaktor.
 - b. Produk yang diperoleh ditampung dalam sebuah wadah yang telah dicelupkan dalam nitrogen cair agar produk yang didapat langsung dapat terkondensasi.
 - c. Analisa produk cair yang diperoleh.
4. Prosedur 2-3 diulangi untuk variasi suhu reaktor 275⁰C, 300⁰C, 325⁰C, dan 350⁰C.
5. Model Penelitian



Gambar 3.3 Susunan Reaktor Uji Katalis *Fixed Bed Reaktor*

Susunan reaktor untuk tahap konversi katalitik adalah :

- Unggun katalis yang berupa katalis HZSM-5 ditahan dengan lapisan *quartz wool* (pasir kuarsa) agar ungun katalis berada pada posisi yang tetap.
- Unggun katalis dibuat dengan cara mencampurkan 0,15 gram katalis dengan 3 gram quartz sand.
- Tepat di sisi luar ungun katalis, disematkan pipa kecil untuk peletakan ujung termokopel sebagai monitoring suhu katalis selama reaksi.
- Reaktor yang telah disiapkan dengan susunan tersebut diatas kemudian ditempatkan pada sistem aliran uji reaksi seperti terlihat pada Gambar 3.3 di atas.
- Produk dianalisa dengan menggunakan GC-MS untuk mengetahui % konversi aseton yang didapat setelah dikontakan dengan katalis.

Kondisi reaksi pada reaktor :

1. Tekanan Operasi : atmosferik
2. Laju alir *carrier* gas : 30 ml /min
3. Katalis sampel ungun : 0,15 gram (variabel konstan)
4. Suhu reaksi : 275°C, 300°C, 325°C dan 350 °C.
5. Waktu Reaksi : 4 jam

3.2.2 Analisis Produk Cair dengan Gas Chromatography/Mass Spectroscopy (GC/MS)

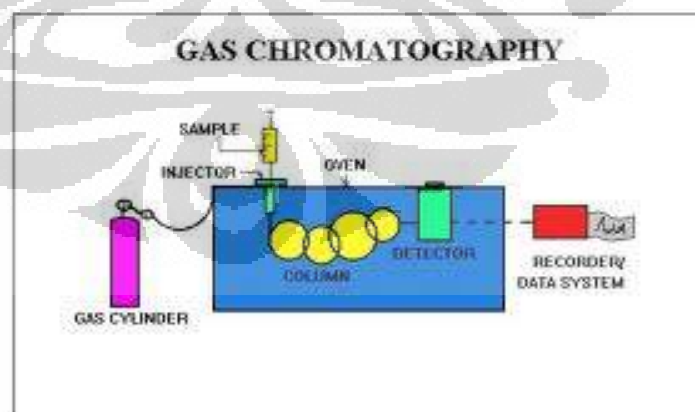
Kromatografi gas-cair (biasanya disebut kromatografi gas) merupakan analisis yang biasa digunakan untuk menganalisa kandungan sampel dalam wujud gas. Kromatografi gas merupakan metode yang tepat dan cepat untuk memisahkan campuran yang sangat rumit. Waktu yang dibutuhkan beragam, mulai dari beberapa detik untuk campuran sederhana sampai berjam-jam untuk campuran yang mengandung 500-1000 komponen. Komponen campuran dapat diidentifikasi dengan menggunakan waktu retensi yang khas pada kondisi yang tepat. Waktu retensi adalah waktu yang menunjukkan berapa lama suatu senyawa tertahan dalam kolom. Waktu retensi diukur dari jejak pencatat pada kromatogram. Gas

yang dipanaskan dibawa sepanjang kolom dengan menggunakan gas inert (misalnya helium, nitrogen, argon atau karbon dioksida, terkadang mengandung *molecular sieve* untuk menghilangkan air dan pengotor lain) sehingga terjadi pemisahan karena perbedaan daya pencampuran. Gas yang diinjeksikan ke dalam kolom kromatografi gas pembawa (*carrier gas*) lalu dianalisa berdasarkan laju migrasi gas tersebut.

Prosedur Kerja GS-MS

1. Menyalakan alat GC-MS dan perangkat komputer berikut softwarena
2. Menginjeksikan sampel pada suhu tertentu
3. Zat terlarut akan teradsorpsi kemudian akan merambat dengan laju rambatan masing-masing komponen
4. Detektor mencatat sederetan sinyal yang timbul akibat perubahan konsentrasi dan perbedaan laju elusi
5. Melihat hasil pada detektor

Peralatan GC dapat digunakan untuk mengetahui jenis gas yang diinjeksikan dari waktu retensinya dan volume gas tersebut melalui luas area peak yang muncul pada grafik. Oleh karena itu, produk gas pada penelitian ini akan dianalisa menggunakan gas GC. Berikut secara umum, peralatan GC terdiri dari: Injection System, Oven, Column, Control System, Detector, Data Acquisition. Dibawah ini merupakan diagram alir kromatografi gas.



Gambar 3.4 diagram alir kromatografi gas

3.2.3 Karakterisasi Katalis

Karakterisasi katalis yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah uji keasaman dan pembentukan kokas

3.2.3.1 Analisa GC-MS Untuk Medeteksi Kokas

Sampel katalis yang telah terdeaktivasi selama reaksi dilarutkan dengan larutan HF 40%. Kemudian diekstraksi dengan menggunakan larutan *dichloromethane*. Ditimbang katalis terdeaktivasi 0,15 gram kemudian dicampurkan ke dalam ekstrak *dichloromethane*. Diaduk selama 1 jam dengan menggunakan *magnetic stirrer* pada suhu 50°C. Kemudian untuk menyempurnakan terjadinya ekstraksi material senyawa yang ada di dalam kokas, dilakukan lebih lanjut dengan *treatment* ultrasonik selama 20 menit. Campuran tersebut kemudian didiamkan selama 24 jam. Setelah itu disaring untuk mendapatkan hasil ekstrak kokas yang terlarut di dalam *dichloromethane* dan cairan hasil penyaringan merupakan sampel yang akan diuji atau dianalisis dengan menggunakan GC-MS.

3.2.3.2 Uji Keasaman

Pada pengujian keasaman untuk penelitian ini dilakukan dengan metode yang menggunakan prinsip adsorpsi-desorpsi ammonia, yaitu metode TPD (Temperature Programmed Desorption). Prinsip kerja TPD adalah asam Bronsted akan mengadsorb NH_3 membentuk NH_4^+ . Semakin banyak NH_4^+ yang terserap oleh katalis berarti semakin kuat asam katalis HZSM-5 serta menunjukkan semakin tinggi pula kereaktifannya.

Uji keasaman pada penelitian ini dilakukan dengan metode adsorpsi desorpsi ammonia yaitu TPD (*Temperature Programmed Desorption*). Prosedur yang dilakukan dalam tahap uji keasaman, yaitu :

A. Persiapan larutan ammonia dan larutan asam klorida.

- Disiapkan larutan HNO_3 0,005 M sebanyak 200 ml dalam tabung reaksi dan ditambahkan 2 tetes indikator PP. Larutan HNO_3 ini berfungsi sebagai penangkap gas ammonia yang keluar dari reaktor.

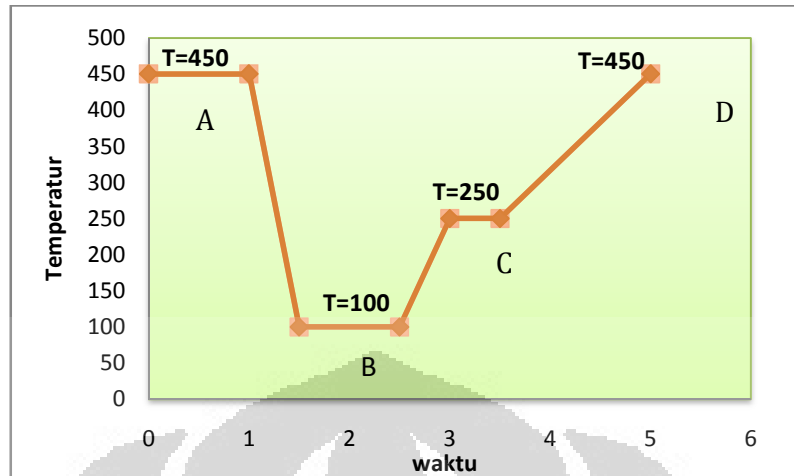
- Disiapkan larutan amonia 25 % yang akan diambil uapnya. Uap amonia ini diinjeksikan ke dalam reaktor.

B. Persiapan reaktor dan katalis HZSM-5.

- *Quartz wool* disusun pada bagian bawah unggun katalis untuk menjaga katalis dari kemungkinan *entrainment* akibat umpan gas yang masuk selama operasi pengujian.
- Disiapkan 0,15 gram katalis HZSM-5. Masukkan kedalam reaktor yang telah dilapisi *quartz wool* untuk menghindari terjadinya *pressure drop*.
- Reaktor dipasang dalam *furnace* elektrik dan pastikan semua sambungannya telah terpasang dengan baik.

C. Tahapan adsorpsi-desorpsi amonia.

- Katup gas N_2 dibuka dan atur laju alir gas yang keluar dari reaktor. Laju alir keluaran gas dari reaksi ini sebesar 60 ml/menit.
- *Furnace* dinyalakan, *setting* pada $T = 450^\circ C$, alirkan gas N_2 dan laju alirnya diatur. Setelah tercapai $T = 450^\circ C$ dan stabil, didiamkan selama 1 jam. Hal ini dilakukan untuk menghilangkan kemungkinan adanya kandungan komponen air selama penyimpanan maupun penyusunan unggun katalis. Tahapan ini disebut juga *Purging*.
- Setelah 1 jam, *setting* temperatur diturunkan pada $T = 100^\circ C$ dan ditunggu hingga stabil.
- Pada saat mencapai $T = 100^\circ C$ dan stabil, uap NH_3 diinjeksikan ke dalam reaktor. Dibiarkan selama 1 jam untuk proses adsorpsi.
- Setelah 1 jam temperatur dinaikkan menjadi $250^\circ C$ dan ditunggu hingga stabil, tahap ini merupakan proses desorpsi secara fisik.
- Setelah suhu stabil naikan temperatur menjadi $450^\circ C$. Gas yang keluar ditampung dengan menggunakan *gas bag*.



Gambar 3.5 Tahapan Uji Keasaman

D. Tahap *Bubbling*

- Dilakukan proses *bubbling*, dimana gas amoniak dalam *gas bag* direaksikan dengan HNO_3 dalam erlenmeyer.
- Diamati apakah ada perubahan warna.

3.3 Lokasi Penelitian

Penelitian untuk karakterisasi katalis seperti uji keasaman, proses perengkahan aseton menjadi senyawa hidrokarbon aromatik dilakukan di Laboratorium Dasar Proses Kimia (DPK), Departemen Teknik Kimia, Universitas Indonesia, Depok. Sedangkan untuk pengujian produk hidrokarbon dan pembentukan kokas dianalisa dengan GC-MS dilakukan di PT Mutu Agung Lestari.

3.4 Variabel Penelitian

Pada penelitian ini variabel yang akan dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Variabel bebas : suhu reaksi yang digunakan 275°C - 350°C ..
2. Variabel terikat :
 - produk hasil konversi aseton
 - laju alir carrier gas :
 - untuk uji reaksi 30 ml/menit
 - untuk uji keasaman 60 ml/menit

3.5 Teknik Pengumpulan Data dan Analisis Data

3.5.1 Karakterisasi Katalis

Pada karakterisasi katalis pada penelitian ini dilakukan karakterisasi katalis dengan Analisis Pembentukan kokas dan Uji Keasaman.

3.5.1.1 Analisis Kokas

Pada pengujian kokas ini dilakukan untuk mengetahui senyawa komponen apa saja yang terbentuk pada suhu 275°C, 300°C, 325°C dan 350°C yang menyebabkan katalis terdeaktivasi. Analisa dilakukan menggunakan Gas Chromatography/Mass Spectroscopy (GC-MS) sehingga dapat terlihat komponen-komponen apa saja yang terbentuk sebagai penyusun kokas.

3.5.1.2 Uji Keasaman

Pada pengujian keasaman untuk penelitian ini dilakukan dengan metode yang menggunakan prinsip adsorpsi-desorpsi ammonia, yaitu metode TPD (Temperature Programmed Desorption). Prinsip kerja TPD adalah asam Bronsted akan mengadsorb NH_3 membentuk NH_4^+ .

3.5.2 Analisis Produk Cair dengan Gas Chromatography/Mass Spectroscopy (GC-MS)

Pada tahap ini dilakukan identifikasi dan analisis terhadap hasil reaksi yang telah dilakukan. Analisis yang dilakukan adalah untuk mengetahui komposisi produk hidrokarbon aromatik. Hasil dari data-data produk yang didapat dari analisis *Gas Chromatography* dapat dilihat secara lebih detail dan jelas produk-produk apa saja yang muncul pada peak dengan suhu-suhu tertentu

3.6 Hasil yang Diharapkan dalam Metode Penelitian

3.6.1 Data-Data Hasil Karakterisasi Katalis

a) Data Analisa Kokas

Hasil dari pengujian kokas didapatkan senyawa apa saja penyusun kokas yang terlihat pada peak-peak yang muncul dari kromatogram GC-MS. Terlihat dari nilai % area dari senyawa tersebut.

b) Data Hasil Uji Keasaman

Uji keasaman ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar senyawa asam yang berada didalam katalis tersebut dan keasaman pada katalis dapat terdeteksi.

3.6.2 Data Hasil GC-MS

Analisa dengan menggunakan GC-MS ini bertujuan untuk mengidentifikasi distribusi produk dari pengaruh variasi suhu yang telah ditetapkan dan untuk melihat apa saja produk yang terbentuk pada proses konversi aseton sehingga dapat dilihat secara detail produk-produk apa saja yang dihasilkan sehingga rute reaksi dapat diprediksi. Khususnya mengamati produk kondensasi aldol reaksi aseton yakni diaseton alkohol dan mesetil oksida dan juga produk aromatik yakni (benzena, toluena dan xylene).

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada Bab ini akan dibahas mengenai hasil dari penelitian yang telah dilakukan yaitu uji reaksi katalis HZSM-5 dengan menggunakan *Fixed Bed Reactor* yang bertujuan untuk mengetahui kinerja dari katalis HZSM-5, tahap analisis produk hasil reaksi dengan menggunakan *Gas Chromatography - Mass Spectroscopy* (GC-MS) untuk mengetahui produk hidrokarbon apa saja yang dihasilkan dari reaksi aseton, uji pembentukan kokas bertujuan untuk mengetahui senyawa apa saja yang termasuk senyawa penyusun kokas dan pengujian karakterisasi katalis dengan uji keasaman.

4.1 Hasil Uji Reaksi Aseton

Pada tahap uji reaksi aseton dilakukan dengan menggunakan katalis HZSM-5. Senyawa aseton yang dibawa oleh gas N₂ dikontakkan dengan katalis HZSM-5 dengan variasi suhu 275°C, 300°C, 325°C dan 350°C dengan rasio Si/Al 27. Reaksi berlangsung dalam *fixed Bed Reactor* dimana laju alir *carrier gas* N₂ 30 ml/menit. Berat sampel katalis HZSM-5 yang digunakan sebesar 0,15 gram. Sampel aseton yang menguap dalam ruang aseton dibawa oleh *carrier gas* ke dalam reaktor sehingga terjadi reaksi di dalam reaktor. Produk cair yang diperoleh ditampung dalam sebuah wadah yang telah dilarutkan dengan aseton kemudian produk reaksi dalam fasa cair dianalisis dengan *Gas Chromatography - Mass Spectroscopy* (GC-MS) untuk mengetahui identifikasi produk yang dihasilkan dari reaksi aseton.

4.1.1 Tahap Blank Test

Pada tahap blank test ini bertujuan untuk mengetahui apakah pada saat tidak terdapat katalis tetap didapatkan aseton yang terkonversi menjadi hidrokarbon. Dimana didalam reaktor hanya berisi quartz wool sekitar 2 gram. Pada reaksi aseton tanpa katalis, didapat produk berupa 100% aseton. Hal ini

membuktikan bahwa, tanpa adanya katalis HZSM-5 tidak terjadi reaksi konversi aseton.

4.1.2 Distribusi Produk Hasil Uji Reaksi

Hasil uji reaksi dengan menggunakan katalis HZSM-5 menunjukkan terjadi reaksi aseton menjadi berbagai senyawa hidrokarbon. Uji reaksi dilakukan dengan variasi suhu 275°C sampai dengan 350°C selama 4 jam dengan nitrogen sebagai *carrier gas*. Kemudian dari hasil uji tersebut dihasilkan produk cair yang di larutkan dengan aseton lalu dianalisa menggunakan GC-MS untuk mengetahui distribusi produk hidrokarbon. Hasil percobaan akan dianalisa sebagai pengaruh suhu reaksi terhadap distribusi hidrokarbon yang selanjutnya akan dijelaskan sebagai berikut.


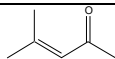
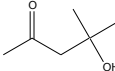
4.1.2.1 Pengaruh Suhu Reaksi Terhadap Distribusi Produk Hidrokarbon

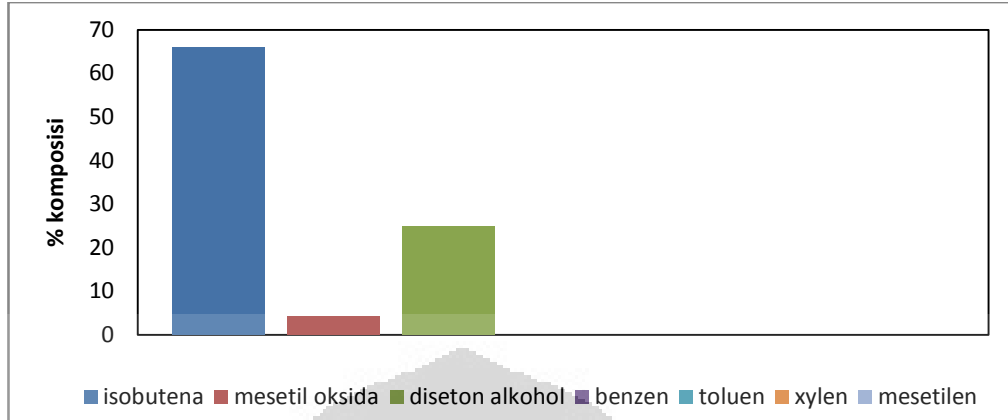
Suhu reaksi sangat berpengaruh terhadap distribusi produk hidrokarbon dimana pada suhu rendah dari mekanisme reaksi aseton berawal dari reaksi kondensasi aldol membentuk diaseton alkohol yang selanjutnya mengalami reaksi dehidrasi membentuk mesitil oksida dan seterusnya (Bakker *et al.*, 2001). Jika reaksi aseton dilakukan pada laju reaksi konversi yang tinggi atau dengan suhu yang tinggi maka distribusi produk hidrokarbon akan mengarah pada mekanisme pembentukan senyawa aromatik.

Pengaruh suhu reaksi terhadap distribusi produk di tampilkan pada berbagai gambar dan tabel suhu dibawah ini :

a) Suhu Reaksi 275°C

Tabel 4.1 Distribusi Produk Hidrokarbon Suhu 275°C

No.	Nama Komponen	Nama Lain	Retention Time	% area	Struktur Kimia
1.	2-metil-1-Propena	Isobutena	1.453	66,09	
2.	4-metil,3-Penten-2-on	Mesitil oksida	7.093	4,30	
3.	4-hidroksi-4-metill-2-Pentanon	Diaseton alkohol	8.725	24,86	




Gambar 4.1 Distribusi Produk Hidrokarbon Suhu Reaksi 275°C Selama 2 Jam

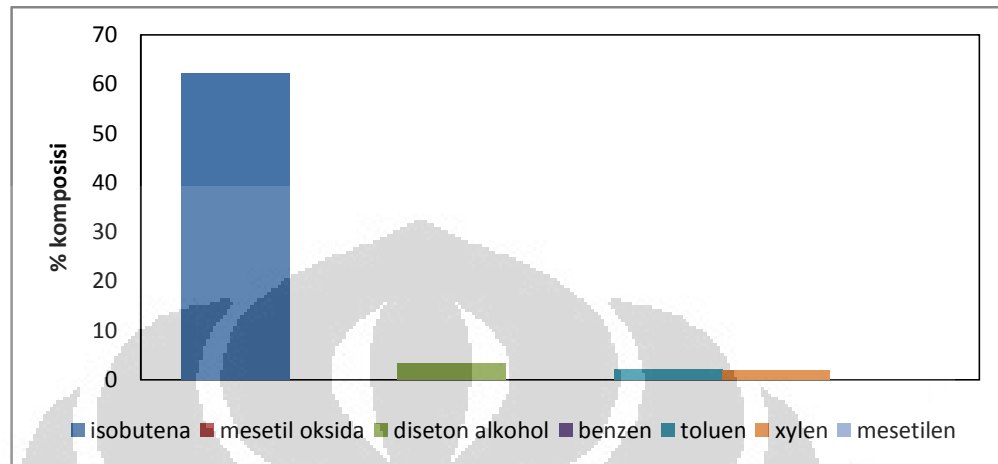
Berdasarkan gambar 4.1 pada suhu reaksi 275°C untuk waktu berlangsungnya reaksi selama 2 jam terlihat distribusi produk hidrokarbon yang terdiri dari isobutena sebesar 66,09 %, mesetil oksida sebesar 4,30 % dan diaseton alkohol sebesar 24,86 %. Sedangkan produk distribusi hidrokarbon seperti benzena, toluena, xylene dan mesetilen belum terdeteksi pada suhu 275°C. Senyawa aromatik belum terbentuk karena pada suhu tersebut dengan perbandingan antara berat katalis 0,15 gram dengan laju alir nitrogen 30 ml/menit kontak dengan unggun katalis hanya terbentuk isobutena, mesetil oksida dan diaseton alkohol. Hal itu menandakan pada suhu 275°C sudah terjadi reaksi kondensasi aldol yang menghasilkan diaseton alkohol dan mesetil oksida ternyata pada suhu tersebut cukup untuk terdekomposisinya kedua senyawa tersebut untuk menghasilkan senyawa isobutena.

b) Suhu Reaksi 300°C

Tabel 4.2 Distribusi Produk Hidrokarbon Suhu 300°C

No.	Nama Komponen	Nama Lain	Retention Time	% area	Struktur Kimia
1.	2-metil-1-Propena	Isobutena	1.466	62,21	
2.	Toluena	Metilbenzen	5.932	2,12	
3.	4-hidroksi-4-metil-2-Pentanon	Diaseton alkohol	8.800	3,37	

4.	p-Xylen	1,4-Dimetilbenzen	9.731	1,93	
----	---------	-------------------	-------	------	---


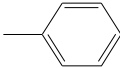
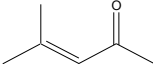


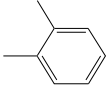
Gambar 4.2 Distribusi Produk Hidrokarbon Suhu Reaksi 300°C Selama 2 Jam

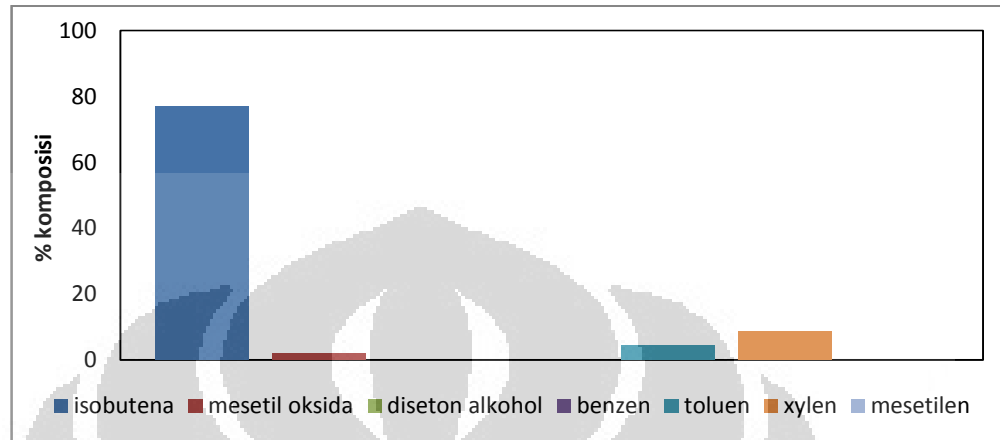
Berdasarkan gambar 4.2 pada suhu 300°C untuk waktu berlangsungnya reaksi selama 2 jam telah teridentifikasi produk hidrokarbon seperti isobutena sebesar 62,21 %, diaseton alkohol sebesar 3,37 %, toluena sebesar 2,12 %, xylena sebesar 1,93 %. Sedangkan untuk mesetil oksida, benzena dan mesetilen tidak teridentifikasi. Pada suhu 300°C ini mulai terbentuk hidrokarbon aromatik seperti toluena dan xylena sedangkan senyawa seperti mesetil oksida dan diaseton alkohol terjadi dekomposisi senyawa pada suhu 300°C sehingga mulai terbentuk senyawa aromatik.

c) Suhu Reaksi 325°C

Tabel 4.3 Distribusi Produk Hidrokarbon Suhu 325°C

No.	Nama Komponen	Nama Lain	Retention Time	% area	Struktur Kimia
1.	2-metil-1-Propena	Isobutena	1.462	76,93	
2.	Toluen	Metilbenzen	5.925	4,41	
3.	4-metil 3-Penten-2-on,	Mesitil oksida	7.125	1,96	

4.	1,2-dimetil-Benzen	o-Xylen	9.714	8,81	
----	--------------------	---------	-------	------	---

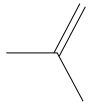
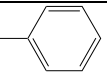
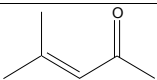


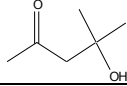
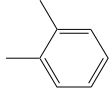
Gambar 4.3 Distribusi Produk Hidrokarbon Suhu Reaksi 325°C Selama 2 Jam

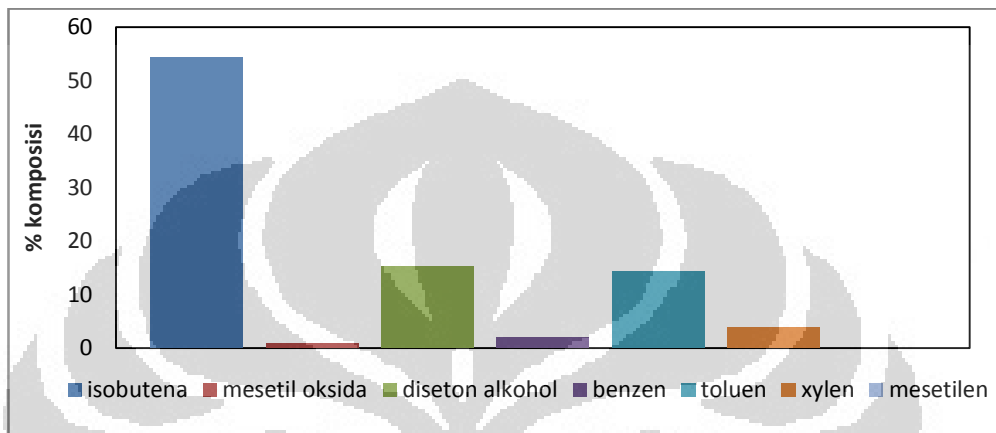
Berdasarkan gambar 4.3 pada suhu 325°C untuk waktu berlangsungnya reaksi selama 2 jam telah teridentifikasi produk hidrokarbon seperti isobutena sebesar 76,93 %, mesetil oksida 1,96 %, toluena sebesar 4,41 %, dan xylena sebesar 8,81 %. Sedangkan pada suhu reaksi ini diaseton alkohol, benzen, mesetilen tidak teridentifikasi. Senyawa mesetil oksida dan diaseton alkohol sudah tidak terlihat karena pada suhu 325°C sudah cukup untuk terbentuknya senyawa aromatik dikarenakan suhu reaksi nya tinggi sehingga dapat mencapai rute reaksi yang menghasilkan senyawa aromatik.

d) Suhu Reaksi 350°C

Tabel 4.4 Distribusi Produk Hidrokarbon Suhu 350°C

No.	Nama Komponen	Nama Lain	Retention Time	% area	Struktur Kimia
1.	2-metil-1-Propena	Isobutena	1.443	54,28	
2.	Toluen	Metil benzen	5.976	14,26	
3.	4-metil 3-Penten-2-on,	Mesetil oksida	7.167	0,85	

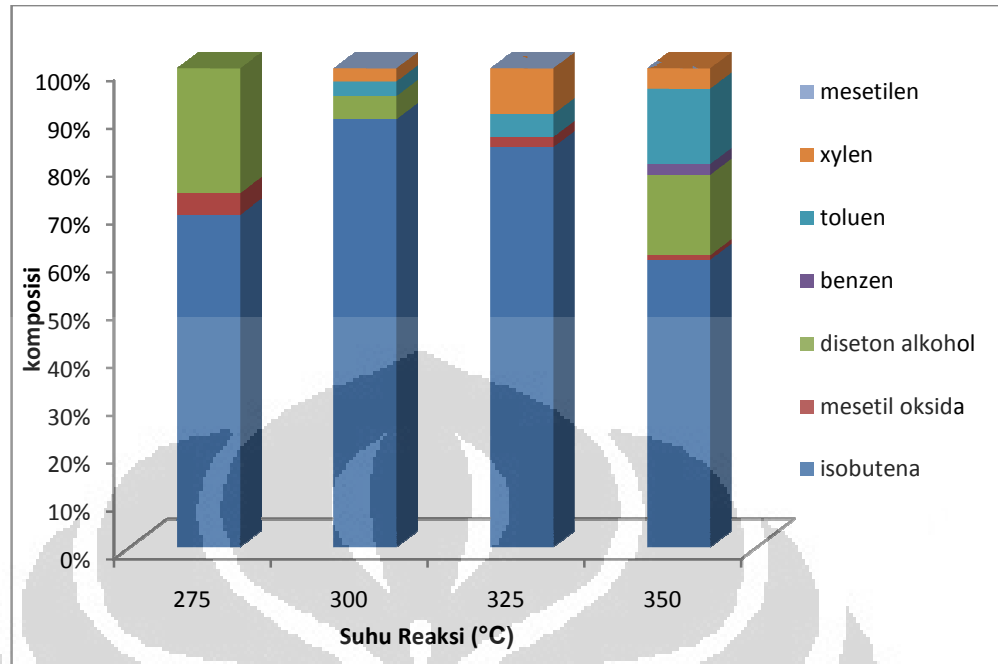
4.	4-hidroksi-4-metil-2-Pentanon	Diaseton alkohol	8.820	15,22	
5.	o-Xylen	1,2-dimetil-Benzen	9.744	3,84	



Gambar 4.4 Distribusi Produk Hidrokarbon Suhu Reaksi 350°C Selama 2 Jam

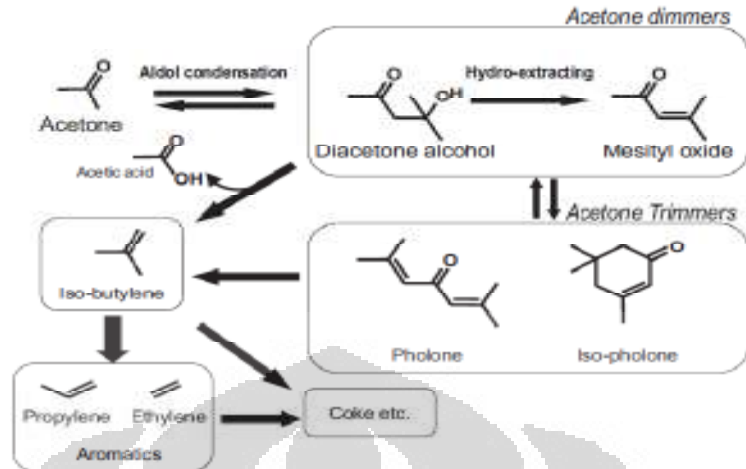
Berdasarkan gambar diagram 4.4 pada suhu reaksi 350°C untuk waktu berlangsungnya reaksi selama 2 jam teridentifikasi distribusi produk hidrokarbon yang terdiri dari isobutena sebesar 54,28 %, mesetil oksida sebesar 0,85 %, diaseton alkohol sebesar 15,22 %, benzen sebesar 2,03%, toluen 14,26%, xylene sebesar 3,84 %. Pada suhu 350°C sudah terbentuk hidrokarbon aromatik walaupun jumlahnya masih sedikit karena pada suhu tersebut mulai terjadinya cracking di dalam pori katalis sehingga terbentuk hidrokarbon aromatik.

Dari keempat gambar tersebut yaitu gambar 4.1, gambar 4.2, gambar 4.3 dan gambar 4.4 dapat disimpulkan bahwa pada suhu tersebut sudah teridentifikasi distribusi produk hidrokarbon dari produk cair dengan menggunakan analisa GC-MS seperti isobutena, mesetil oksida, diaseton alkohol, benzen, toluena, dan xylene. Hasilnya akan di ditampilkan pada gambar 4.5 di bawah ini.



Gambar 4.5 Pengaruh Suhu Terhadap Distribusi Produk Hidrokarbon

Berdasarkan gambar 4.5 pengaruh distribusi produk hidrokarbon pada suhu 275°C dominan terbentuk isobutena dan diaseton alkohol. Sedangkan pada suhu 300°C dan 325°C sudah mulai terbentuk senyawa aromatik seperti toluena dan xylene. Pada 350°C dominan sudah mulai terbentuk senyawa aromatik seperti benzena, toluena dan xylene. Hal itu dapat dianalisa dari mekanisme rute reaksi dari senyawa aseton terjadi reaksi kondensasi aldol terbentuk diaseton alkohol kemudian terjadi reaksi dehidrasi membentuk mesitil oksida. Selanjutnya dari reaksi dekomposisi mesitil oksida didapatkan produk isobutena dan jika terjadi laju reaksi yang tinggi atau suhu tinggi dapat terbentuk aromatik sehingga kokas juga terbentuk. Seperti yang diperlihatkan pada gambar rute reaksi di bawah ini.



Gambar 4.6 Mekanisme Reaksi dari Konversi Aseton

Sumber : Masuda *et al.*, (2011)

Rute reaksi menunjukkan dari aseton menjadi olefin selama katalis asam padat, di mana bentuk isobutylene membentuk aseton melalui serangkaian reaksi. Diaseton alkohol yang dihasilkan oleh kondensasi aldol dari dua molekul aseton yang merupakan reaksi kesetimbangan. Isobutylene diperoleh dengan dekomposisi mesityl oksida dihasilkan oleh dehidrasi diaseton alkohol (Masuda *et al.*, 2010)

Ukuran molekul senyawa olefin lebih kecil dari senyawa aromatik, ketika terjadi hasil reaksi atas situs asam terletak pada permukaan luar kristal zeolit. Zeolit memberikan efek yang kecil. Selain itu, ada kemungkinan bahwa konversi dari olefin yang dihasilkan menjadi aromatik mudah terjadi atas situs asam terletak pada permukaan eksternal, sehingga menyebabkan waktu hidup pendek untuk katalis karena terbentuk endapan kokas (Masuda *et al.*, 2011).

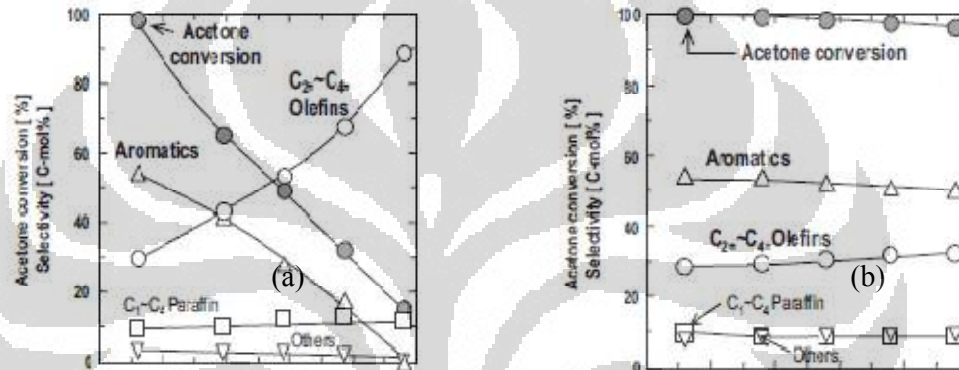
Berdasarkan penelitian Masuda *et al.*, (2011) untuk suhu reaksi 673 K katalis HZSM-5 ukuran makro dan nano katalis dianalisa menggunakan BET memiliki luas permukaan seperti pada tabel berikut ini.

Tabel 4.5 Hasil uji BET dan daerah permukaan luar dan volume mikropori zeolit

Sample	S_{BET} (m^2/g)	S_{ext} (m^2/g)	V_{m} (cm^3/g)
Macro-sized ZSM-5	371	12.6	0.17
Nano-sized ZSM-5 (prior to CCS)	370	78.2	0.13
Nano-sized ZSM-5 (after CCS)	345	85.4	0.12

S_{BET} , Surface area by BET method; S_{ext} , external surface area by t-method; V_{m} , micro-pore volume by t-method

Dari ukuran pori tersebut % konversi produk aromatik dapat dilihat dari gambar 4.7 berikut ini.



Gambar 4.7 Perubahan konversi aseton dan selektivitas produk selama waktu reaksi dengan ukuran zeolit makro (a); ukuran zeolit nano (b).

Sumber : Masuda *et al.*, (2011)

Beberapa penyebab katalis terdeaktivasi menurut penelitian Bakker *et al.*, (2001) menyebutkan katalis terdegradasi dari aseton atau produk reaksi yang menyebabkan pembentukan asam, yang menetralkan katalis, polimerisasi katalis (kondensasi aldol) dari produk reaksi seperti mesitil oksida menghambat situs aktif asam.

Oleh karena itu, dapat disimpulkan pada suhu rendah dominan terbentuknya diaseton dan mesitil oksida yang dihasilkan dari reaksi kondensasi aldol atas situs asam dari katalis sehingga katalis mengalami deaktivasi.

4.2 Karakterisasi Katalis

Karakterisasi katalis merupakan suatu hal yang penting dilakukan dalam suatu penelitian karena untuk mengetahui sifat dari suatu katalis HZSM-5 yang digunakan untuk reaksi. Karakterisasi yang dilakukan pada penelitian ini yaitu Analisis uji pembentukan kokas untuk mengetahui jenis komponen senyawa apa saja yang terdapat pada kokas tersebut yang menyebabkan katalis terdeaktivasi, uji keasaman dengan metode yang menggunakan prinsip adsorpsi-desorpsi ammonia, yaitu metode TPD (*Temperature Programmed Desorption*) untuk katalis yang masih baru maupun katalis yang sudah terdeaktivasi. Sehingga dapat diketahui tingkat keasaman dari katalis pada suhu yang berbeda-beda.

4.2.1 Hasil Analisa Kokas

Umumnya katalis yang terdeaktivasi karena pori-pori katalis nya tertutup oleh kokas. Dimana kokas tersebut akan dianalisa menggunakan metode GC-MS. Hasil analisa kokas ini bertujuan untuk mengetahui komponen senyawa apa saja yang terbentuk dari berbagai suhu reaksi sehingga katalis mengalami deaktivasi. Berikut ini adalah gambar kromatogram dari peak yang muncul pada tiap-tiap suhu.

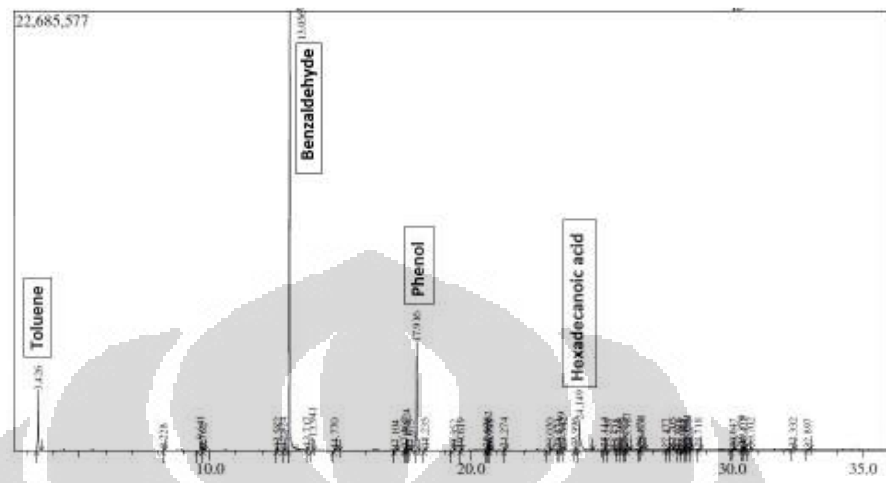
a) Suhu reaksi 275°C



Gambar 4.8 Kromatogram Pembentukan Kokas Suhu 275°C

Dilihat dari gambar 4.8 kromatogram peak yang terbentuk pada suhu 275°C sebanyak 35 peak dan teridentifikasi terdapat 35 komponen. Komponen komponen tersebut ditampilkan pada lampiran A tabel 10.

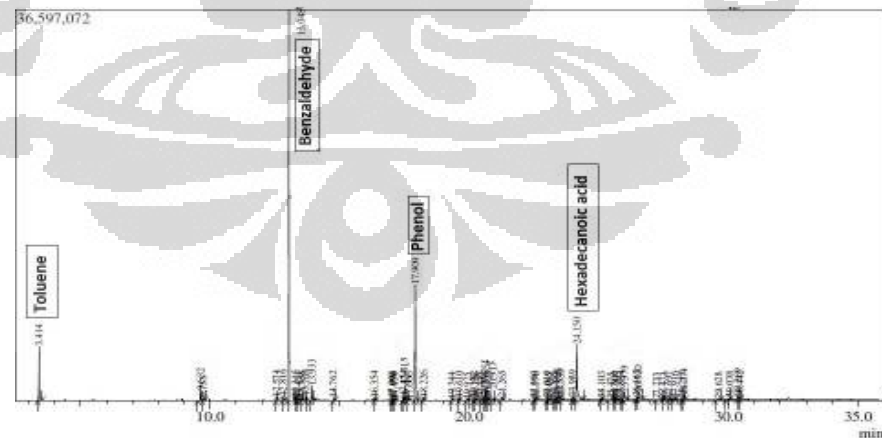
b) Suhu reaksi 300°C



Gambar 4.9 Kromatogram Pembentukan Kokas Suhu 300°C

Berdasarkan gambar 4.9 merupakan komponen yang terbentuk pada suhu 300°C. Komponen yang terbentuk tersebut ditandai dengan terbentuknya peak dimana peak yang terbentuk sebanyak 50 peak. Sehingga dari peak tersebut terbentuk 50 komponen. Komponen-komponen tersebut diperlihatkan pada lampiran A tabel 11.

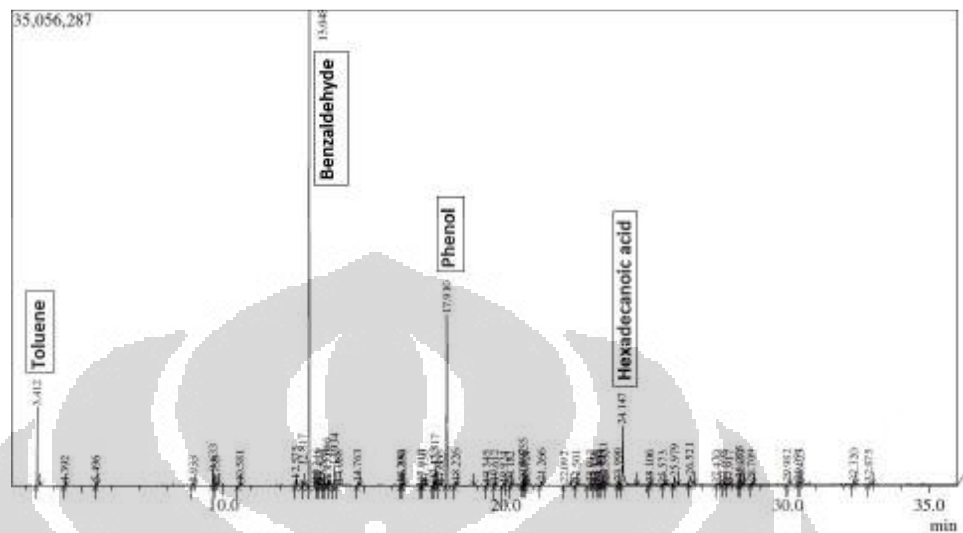
c) Suhu reaksi 325°C



Gambar 4.10 Kromatogram Pembentukan Kokas Suhu 325°C

Dilihat dari gambar 4.10 kromatogram peak yang terbentuk pada suhu 325°C sebanyak 60 peak dan teridentifikasi terdapat 60 komponen. Komponen komponen tersebut ditampilkan pada lampiran A tabel 12.

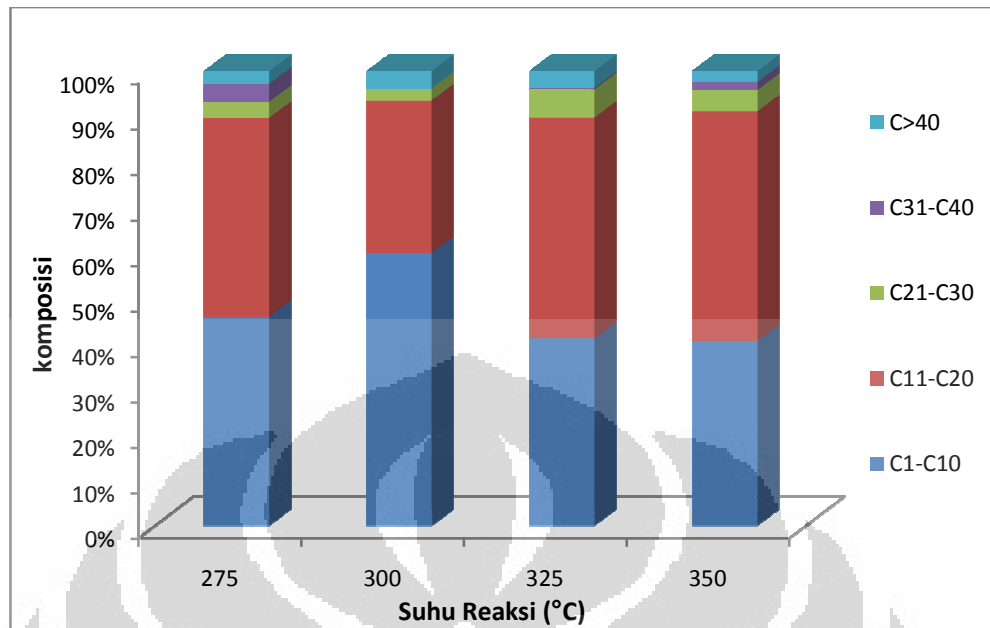
d) Suhu reaksi 350°C



Gambar 4.11 Kromatogram Pembentukan Kokas Suhu 350°C

Berdasarkan gambar 4.11 merupakan komponen yang terbentuk pada suhu 350°C. Komponen yang terbentuk tersebut ditandai dengan terbentuknya peak dimana peak yang terbentuk sebanyak 60 peak. Sehingga dari peak tersebut terbentuk 60 komponen. Komponen-komponen tersebut diperlihatkan pada lampiran A tabel 13.

Dari data tabel lampiran tersebut terlihat bahwa komposisi dan struktur senyawa yang membentuk kokas terlihat sangat kompleks sampai membentuk rantai karbon dengan jumlah C_{54} . Oleh karena itu dilakukan penyederhanaan berdasarkan rentang rantai karbon C_1-C_{10} , $C_{11}-C_{20}$, $C_{21}-C_{30}$, $C_{31}-C_{40}$ dan $C > 40$. Dari gambar 4.12 akan terlihat komponen yang lebih dominan pada pembentukan kokas. Berikut ini adalah gambar komponen pembentukan kokas yang ditampilkan pada gambar 4.12.



Gambar 4.12 Komponen Pembentukan Kokas Suhu 275°C-350°C

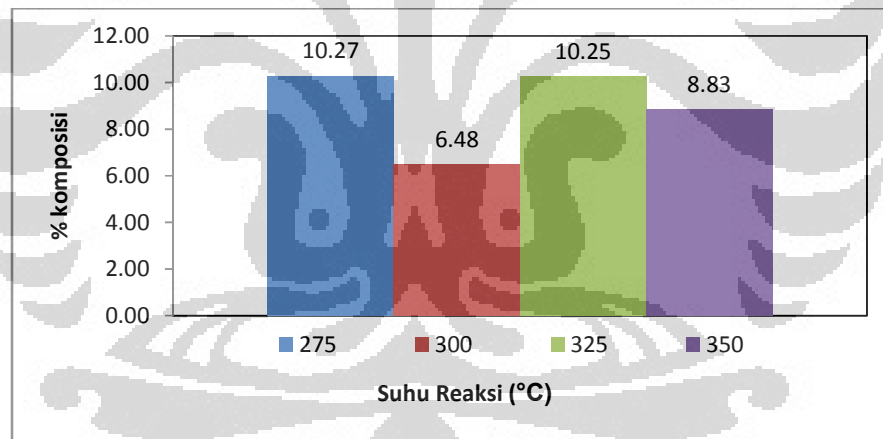
Berdasarkan gambar 4.12 terlihat komponen penyusun terbesar untuk pembentukan kokas terdapat pada jumlah rantai karbon C₁-C₁₀ dan C₁₁-C₂₀. Pada suhu 275°C komponen C₁-C₁₀ sebesar 45,91% , suhu 300°C sebesar 59,97%, suhu 325°C sebesar 41,13% dan suhu 350°C sebesar 40,64%. Pada suhu-suhu tersebut komponen pembentukan kokas yang dominan terbentuk diatas 5% adalah senyawa toluena sekitar 6-8% dan senyawa benzaldehid sekitar 31-53% . Sedangkan untuk jumlah rantai karbon C₁₁-C₂₀ terlihat pada suhu 275°C sebesar 43,82%, suhu 300°C sebesar 33,55 % , suhu 325°C sebesar 48,62 % dan suhu 350°C sebesar 50,53% Dari jumlah rantai karbon tersebut pada suhu 275°C sampai 350°C komponen yang dominan terbentuk adalah senyawa fenol sekitar 11-17% dan asam heksadekanoat sekitar 6-11%.

Dari data tersebut ternyata dominan terbentuk C₁-C₂₀ yang ternyata masih distribusi produk. Dari data tersebut ternyata pada suhu 275°C sudah terbentuk senyawa aromatik tetapi pada analisa GC-MS produk cair tidak terlihat adanya senyawa aromatik. Hal ini dapat dianalisis bahwa terbentuknya senyawa aromatik di dalam pori-pori katalis. Tetapi senyawa aromatik tersebut tidak dapat berdifusi keluar pori secara cepat karena pada suhu 275°C energi kinetik nya terlalu rendah sehingga senyawa aromatik tidak dapat keluar dari dalam pori-pori katalis. Oleh

karena sebab itu senyawa aromatik tersebut justru menutupi pori sehingga terjadi penyempitan pori terutama di mulut pori akibat terbentuknya kokas yang berada di *eksternal surface* dimana laju terbentuknya kokas yang berada di *eksternal surface* jauh lebih cepat dibandingkan laju aromatisasi. Sehingga khususnya senyawa toluena dan benzaldehid terjebak didalam pori katalis justru menjadi bagian penyusun pembentukan kokas. Kemudian mengalami kenaikan sampai C_{40} dan semakin membentuk senyawa yang besar melalui reaksi kondensasi.

Molekul yang terlalu besar tidak akan dapat berdifusi ke dalam pori. Bahkan untuk molekul yang bereaksi terlebih dahulu akan memiliki difusivitas lebih kecil pada katalis selektif bentuk dibanding katalis dengan pori yang besar (Csicsery, 1984).

Pembentukan kokas kemungkinan terletak pada C_{21} sampai C_{54} . Oleh karena itu, pada jumlah rantai tersebut dibuat grafik untuk menunjukkan berapa besar komponen kokas yang akan di perlihatkan pada gambar 4.13 berikut ini.



Gambar 4.13 Komponen Pembentukan Kokas C_{21} - $C_{>40}$ Suhu 275°C-350°C

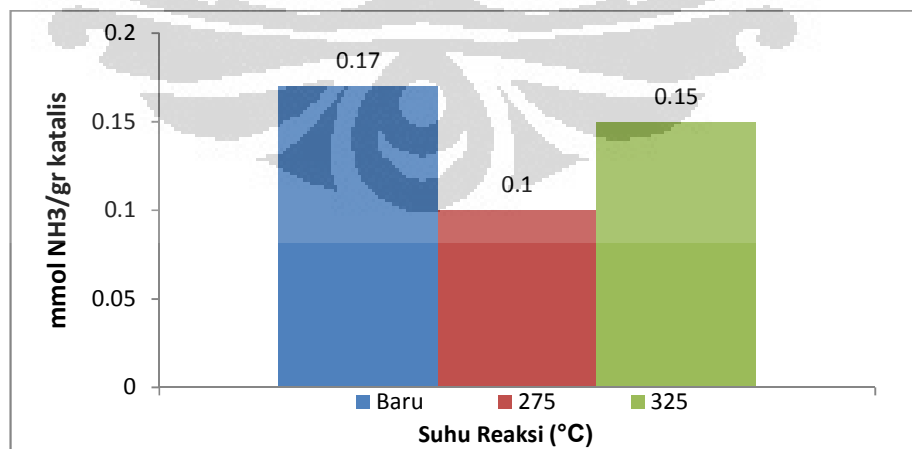
Dari gambar 4.13 merupakan jumlah senyawa kokas yang berasal dari jumlah rantai C_{21} - $C_{>40}$ terlihat bahwa pada suhu 275°C jumlah kokas sangat tinggi yaitu 10,27 %, suhu 325°C sebesar 10,25% dan pada suhu 350°C sebesar 8,83%. Berdasarkan hasil tersebut menunjukkan terjadi penurunan jumlah kokas yang terbentuk dari suhu rendah ke suhu tinggi dengan kata lain pada suhu rendah mudah terbentuk kokas dengan nilai % kokas yang sangat tinggi. Hal ini

memberikan alasan pada suhu rendah mudah mengalami deaktivasi karena terbentuk kokas yang memiliki kandungan kokas yang sangat tinggi.

Pembentukan kokas pada reaksi hidrokarbon atas zeolit katalis asam menghambat reaksi selanjutnya baik oleh menghilangkan persaingan situs asam atau dengan memblokir akses molekul reaktan ke situs asam jelas berpengaruh terhadap endapan kokas (de Lucas *et al.*, 1996).

4.2.2 Uji Keasaman

Karakterisasi katalis untuk uji keasaman bertujuan untuk mengetahui tingkat keasaman katalis pada rentang suhu yang digunakan pada proses konversi aseton ini. Uji keasaman dilakukan pada suhu 275°C, 300°C, 325°C dan 350°C. Keasaman suatu katalis berkaitan dengan kereaktifan suatu katalis asam. Prinsip uji keasaman dengan metode TPD adalah asam Bronsted, yaitu spesies yang dapat memberikan proton H^+ dimana asam Bronsted mengadsorb NH_3 membentuk NH_4^+ . Semakin banyak NH_4^+ yang terserap oleh katalis berarti semakin kuat asam katalis HZSM-5 serta menunjukkan semakin tinggi pula kereaktifannya. Oleh karena itu metode TPD ini digunakan untuk karakterisasi tingkat keasaman dan jumlah situs asam dari katalis dengan menggunakan gas NH_3 (ammonia) sebagai adsorbatnya. Jumlah situs asam dapat ditentukan dari jumlah molekul amonia yang teradsorpsi di situs asam. Berikut ini adalah uji keasaman dari beberapa suhu hasil percobaan selama berlangsungnya reaksi.



Gambar 4.14 Uji Keasaman Katalis Baru dan Katalis Terdeaktivasi

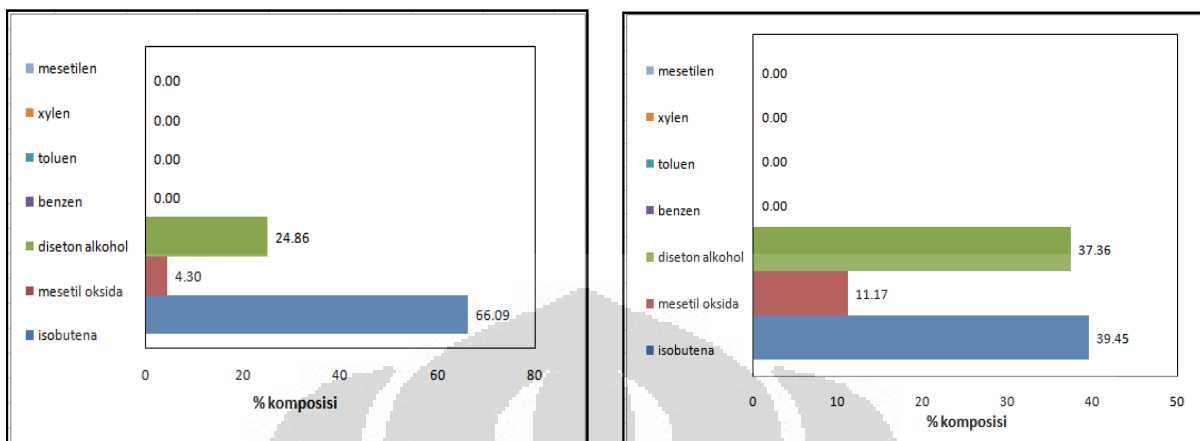
Dari gambar 4.14 terlihat bahwa dilakukan pengujian keasaman pada katalis baru maupun katalis yang terdeaktivasi dimana dari tiap-tiap katalis memiliki tingkat keasaman yang berbeda-beda. Pada katalis baru memiliki tingkat keasaman sebesar 0,17 mmol NH_3 /gram katalis. Katalis untuk suhu reaksi 275°C memiliki tingkat keasaman sebesar 0,1 mmol NH_3 /gram katalis, katalis pada suhu reaksi 325°C memiliki tingkat keasaman 0,15 mmol NH_3 /gram.

Seperti yang terlihat pada gambar 4.14 tingkat keasaman dari tiap-tiap suhu memiliki tingkat keasaman yang berbeda-beda. Pada suhu yang paling rendah 275°C memiliki tingkat keasaman yang paling rendah sedangkan pada suhu reaksi 325°C memiliki tingkat keasaman yang paling tinggi. Sesuai dengan teori pada suhu 275°C tingkat keasaman rendah karena pada suhu rendah lebih cepat mengalami deaktivasi katalis sehingga terjadi penurunan tingkat keasaman karena terjadi penutupan permukaan katalis yang mengandung inti aktif asam tertutup (*plugging*) sehingga ammonia tidak dapat terserap masuk ke dalam pori diakibatkan terbentuknya kokas disekitar mulut pori.

4.3 Pengaruh Kemampuan *Shape Selective* Katalis

Kemampuan *shape selective* katalis HZSM-5 adalah kemampuan katalis mengarahkan produk hidrokarbon pada senyawa tertentu yaitu senyawa aromatik berdasarkan bentuk dan ukuran pori. Oleh karenanya kemampuan *shape selective* akan mengalami perubahan apabila terjadi perubahan ukuran dimensi pori sebagai akibat dari terbentuknya kokas selama reaksi aseton. Perubahan tersebut karena terbentuknya kokas yang mengendap pada dinding-dinding pori katalis. Dibawah ini merupakan gambar dari distribusi produk sebagai kemampuan *shape selective* katalis dari berbagai suhu reaksi.

a) Suhu Reaksi 275°C



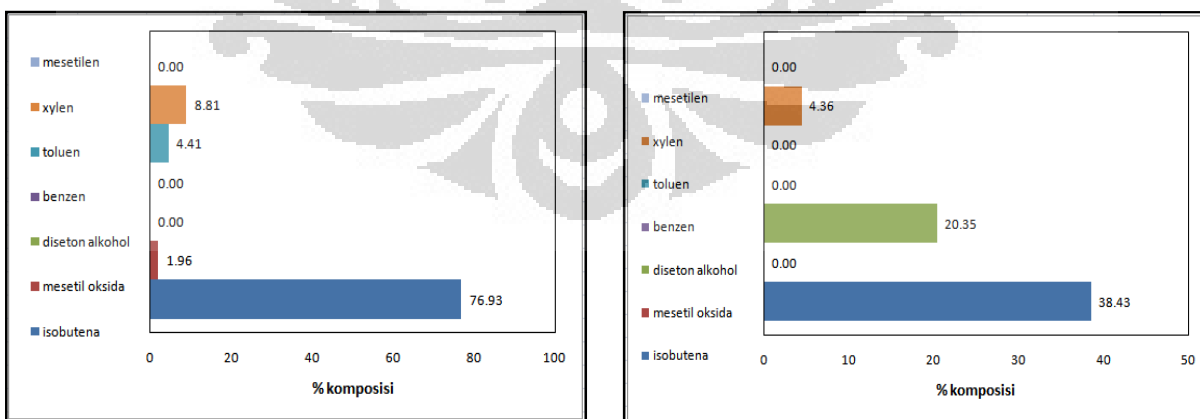
(a)

(b)

Gambar 4.15 Hasil Uji Reaksi Suhu 275°C Waktu Reaksi 2 Jam (a); Waktu Reaksi 4 Jam (b)

Berdasarkan gambar 4.15 terlihat bahwa senyawa yang terbentuk isobutena, mesetil oksida dan diaseton alkohol. Pada reaksi selama 2-4 jam jumlah diaseton meningkat menjadi sekitar 37 %. Namun pada kedua waktu reaksi tersebut belum terdapat hidrokarbon aromatik. Sehingga deaktivasi belum terjadi atau terbentuknya kokas belum mempengaruhi secara signifikan terhadap kemampuan *shape selective* katalis senyawa aromatik.

b) Suhu Reaksi 325°C

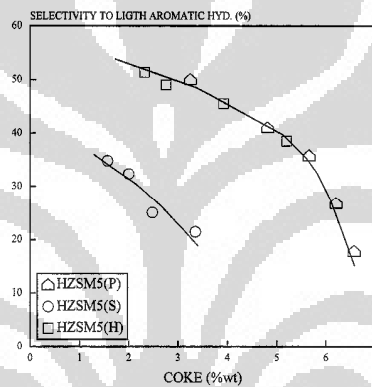


(a)

(b)

Gambar 4.16 Hasil Uji Reaksi Suhu 325°C Waktu Reaksi 2 Jam (a); Waktu Reaksi 4 Jam (b)

Dari gambar 4.16 (b) terlihat bahwa senyawa diaseton alkohol memiliki nilai yang tinggi dibandingkan dengan gambar 4.16 (a) dan jumlah senyawa aromatik pada gambar 4.16 (a) lebih banyak sebesar 13,22 % dari pada gambar 4.16 (b) sebesar 4,36 %. Hal ini menunjukkan lebih dominasi hidrokarbon alifatik yang berarti bahwa terjadi deaktivasi karena terbentuknya kokas mempengaruhi produk distribusi terhadap senyawa aromatik. Kemampuan *shape selective* katalis menjadi berkurang untuk mengarah terbentuknya senyawa aromatik karena terjadi penyempitan pori terutama di mulut pori akibat terbentuknya kokas yang berada di *eksternal surface*.



Gambar 4.17 Selektivitas terhadap Hidrokarbon Aromatik

Sumber : (de Lucas *et al.*, 1997)

Selektivitas terhadap hidrokarbon aromatik (benzena dan toluena) vs kokas terdeposit pada tiga katalis ditunjukkan pada gambar 4.17 sebagai peningkatan konten coke, jumlah situs asam kuat yang tersedia di mana dealkilasi dan dehidrosiklasi reaksi dari hidrokarbon aromatik berat (C_8-C_9) menurun, sehingga mengurangi nilai selektivitas terhadap hidrokarbon aromatik. Selektivitas dengan nilai yang lebih rendah terhadap hidrokarbon aromatik (de Lucas *et al.*, 1997).

4.4 Katalis HZSM-5 Terdeaktivasi pada Berbagai Suhu

Uji reaksi katalis HZSM-5 dilakukan pada berbagai suhu, dimana suhu yang divariasikan yaitu suhu 275°C, 300°C, 325°C dan 350°C. Seiring berjalannya uji reaksi, katalis HZSM-5 mengalami deaktivasi yang

mengakibatkan menurunnya aktivitas katalis pada berbagai suhu. Hal ini dapat berakibat buruk karena akan menurunkan laju berjalannya reaksi. Deaktivasi ditandai dengan berubahnya warna katalis, dimana perbedaannya sebelum terdeaktivasi katalis masih berwarna putih sedangkan setelah mengalami deaktivasi katalis berubah warna menjadi agak gelap (kehitaman). Dimana semakin rendahnya suhu reaksi maka deaktivasi katalis semakin cepat. Dengan suhu yang lebih rendah maka kestabilan katalisnya pun pendek karena pada suhu rendah kokas lebih dominan terbentuk pada seputar pintu masuk mulut pori sehingga pori lebih mudah mengalami proses *plugging* (tertutup) (Setiadi *et al.*,2008). Akan tetapi tiap beda suhu warna katalis yang terdeaktivasi berbeda-beda. Terlihat warna katalis pada suhu rendah berbeda dengan suhu yang tinggi. Seperti gambar dibawah ini.



Gambar 4.18 Katalis Baru (a); Katalis Terdeaktivasi pada Suhu 350°C (b)



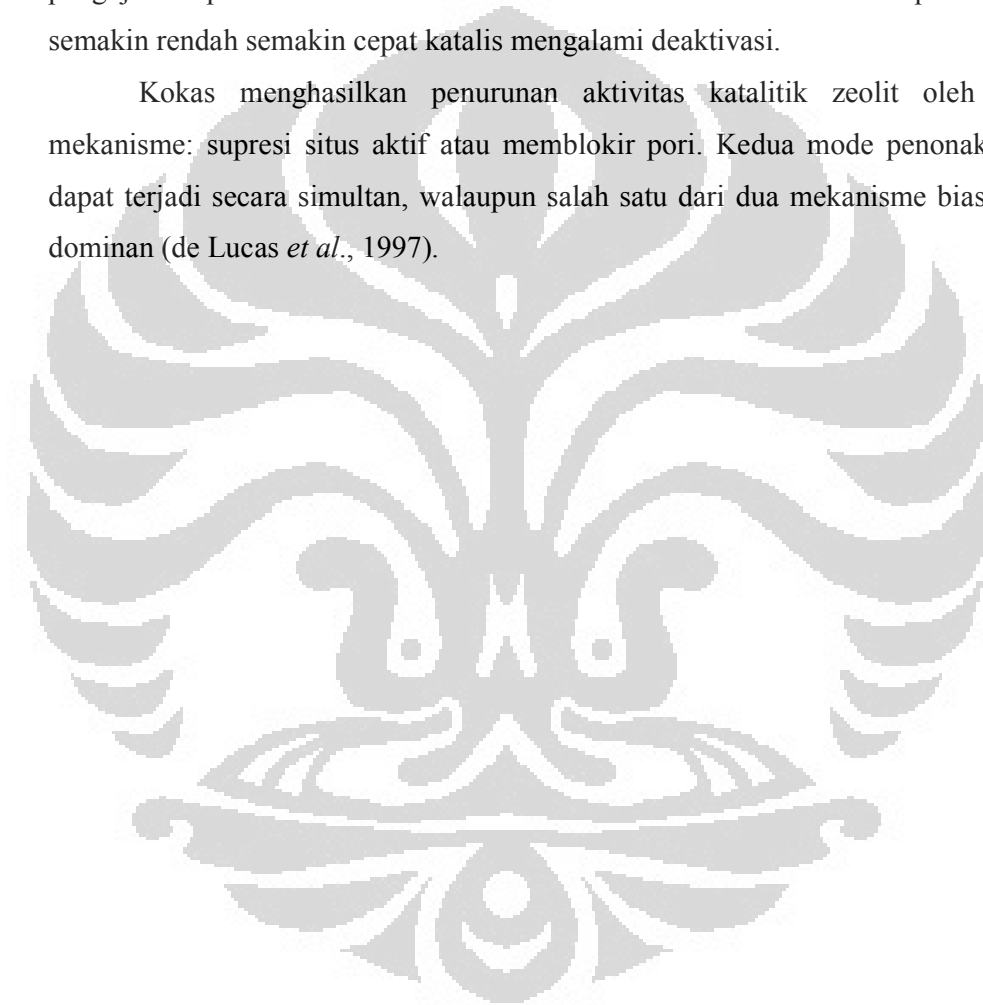
Gambar 4.19 Katalis Terdeaktivasi pada Suhu 325°C (a); Katalis Terdeaktivasi pada Suhu 300°C (b)



Gambar 4.20 Katalis Terdeaktivasi pada Suhu 275°C

Berdasarkan gambar diatas secara visual terlihat warna katalis pada suhu 275°C berubah menjadi warna agak kecoklatan dimana sebelumnya katalis berwarna putih. Perubahan warna katalis ini tetap menunjukkan katalis mengalami deaktivasi walaupun katalis tidak berwarna hitam. Seiring berjalannya reaksi dengan suhu yang lebih tinggi warna katalis berubah menjadi kehitaman. Untuk mengetahui deaktivasi katalis secara jelas harus didukung oleh data-data pengujian seperti karakterisasi katalis. Berdasarkan analisa GC-MS pada suhu semakin rendah semakin cepat katalis mengalami deaktivasi.

Kokas menghasilkan penurunan aktivitas katalitik zeolit oleh dua mekanisme: supresi situs aktif atau memblokir pori. Kedua mode penonaktifan dapat terjadi secara simultan, walaupun salah satu dari dua mekanisme biasanya dominan (de Lucas *et al.*, 1997).



BAB 5 PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Distribusi produk hidrokarbon dari hasil reaksi aseton menggunakan GC-MS terlihat pada suhu 275°C hanya terbentuk senyawa isobutena, diaseton alkohol dan mesetil oksida sedangkan senyawa aromatik belum terlihat pada suhu tersebut. Pada suhu 300°C, 325°C dan 350°C sudah terbentuk senyawa aromatik.
2. Pada suhu rendah distribusi produk dominan terbentuk isobutena, mesetil oksida dan diaseton alkohol. Sesuai dengan mekanisme reaksi aseton terjadi reaksi kondensasi aldol yang menghasilkan diaseton alkohol kemudian terjadi reaksi dehidrasi menghasilkan senyawa mesetil oksida. Karena terbentuk senyawa tersebut menutupi sisi aktif katalis sehingga katalis mengalami deaktivasi. Sehingga pada suhu rendah katalis mudah mengalami deaktivasi karena tertutup oleh kokas yang terletak di mulut pori katalis.
3. Uji pembentukan kokas dilakukan dengan menggunakan GC-MS dimana terlihat bahwa kokas memiliki senyawa yang kompleks dengan jumlah rantai karbon yang sangat panjang sampai C₅₄, dari hasil percobaan komponen senyawa pembentukan kokas dominan pada jumlah rantai karbon C₂₁-C₃₀ dan C_{>40}.
4. Keasaman katalis pada suhu 275°C sebesar 0.1 mmol NH₃/gram katalis sedangkan suhu 325°C sebesar 0.15 mmol NH₃/gram katalis, hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu maka tingkat keasaman katalis semakin tinggi.

5.2 Saran

1. Perlu dikaji lagi untuk uji keasaman dilakukan dengan teknik yang lebih baik sehingga hasil pengujian lebih akurat.
2. Perlu informasi yang tepat mengenai jenis plastik tempat larutan HF untuk

uji kokas karena HF merupakan asam kuat sehingga memungkinkan terjadi pelarutan sehingga hasil percobaan kemungkinan terdapat komponen penyusun plastik tersebut.

3. Perlu dilakukan analisa TGA (*Thermal Gravimetri analysis*) untuk mengetahui perubahan berat katalis dengan perubahan suhu, khususnya untuk katalis yang terdeaktivasi. Hal ini untuk mendukung mengapa pada analisis GC-MS kokas mengandung hidrokarbon sampai dengan C₂₀ dengan kandungan sampai 90%.



DAFTAR PUSTAKA

- Bakker, Remko., Hangx, Greert., Kwant, Gerard., Maessen, Harrie., Markusse, Peter. (2001). *Reaction and Catalyst Deactivation Kinetics of The Aldol Condensation of Acetone*. Intelligent Column Internals for Reative Separations (INTINT).
- Bhatia, S. (2000). *Zeolite Catalysis : Principles and Applications*. CRC Press, inc, Boca Raton : Florida.
- Csicsery, Sigmund M. (1984). *Shape-selective catalysis in zeolites*. Chevron Research Company, Richmond : California.
- De Lucas, Antonio., Canizares, P., Duran, A ., Carrero, A. (1996). *Dealumination of HZSM-5 Zeolites : Effect of Steaming on Acidity and Aromatization Activity*. Departement of Chemical Engineering, Faculty of Chemistry, University of Castilla-La mancha, Ciudad Real, Spain : Spain.
- De Lucas, Antonio., Canizares, P., Duran, A ., Carrero, A. (1997). *Coke Formation, Location, Nature and Regeneration on Dealuminated HZSM-5 Type Zeolites*. Departement of Chemical Engineering, Faculty of Chemistry, University of Castilla-La mancha, Universitario s/n, Ciudad Real, Spain : Spain.
- Fessenden. (1986). *Kimia Organik Jilid I Edisi Ketiga*. Jakarta : Erlangga.
- Gary, James H. (2001). *Petroleum Refinning : Technology and Economics*. Fourth Edition. Marcel Dekker, Inc : New York.
- Gritter, Roy J., Bobbitt, James M., Schwarting, Arthur R.(1991).*Pengantar Kromatografi*. Penerbit ITB : Bandung.
- Gunawan, M.L., Dewi, A.S., Geronica, F. (2004). *Uji Kinerja Katalis –Y Komersial Hasil Regenerasi Terhadap Reaksi Dehidrasi N-Butanol*. Jurnal Teknik Kimia Indonesia : Bandung
- Linna. (2010). Skripsi: *Pengaruh Kondisi Operasi Terhadap Konversi Aseton Menjadi Hidrokarbon Aromatik Menggunakan Katalis HZSM-5*. Jurusan Teknik Kimia UI: Depok.
- Mann, R. (1997). *Catalyst deactivation by coke deposition: Approaches based on interactions of coke laydown with pore structure*. Department of Chemical Engineering, Manchester, UK.

- Marissa, Altha. (2011). Skripsi : *Deaktivasi dan Regenerasi Katalis HZSM-5 Pada Rasio Si/Al Dalam Reaksi Aseton Menjadi Hidrokarbon*. Jurusan Teknik Kimia UI: Depok.
- Masuda, Takao., Tago, Teruoki., Konno, Hiroki., Ikeda, Syoko., Yamazaki, Seiji., Ninomiya, Wataru., Nakasaka, Yuta. (2010). *Selective Production of Isobutylene from Acetone over Alkali Metal Ion-exchange BEA zeolites*. Division of Chemical Process Engineering, Faculty of Engineering , Hokkaido University, Corporate Research Laboratories , Mitsubishi Rayon Co.Ltd : Japan.
- Masuda, Takao., Konno, Hiroki., Nakasaka, Yuta., Tago, Teruoki. (2011). *Selective synthesis for light olefins from Acetone over ZSM-5 zeolites with Nano-and Macro-Crystal Sizes*. Division of Chemical Process Engineering, Faculty of Engineering , Hokkaido University, Sapporo, Hokkaido : Japan.
- Ningrum, Alien O. (2011). *Proses Pembuatan Biooil dari Limbah Kelapa Sawit (Tandan, Cangkang dan Serat) untuk Bahan Bakar Alternatif dengan Metode Fast Pyrolysis*. Jurusan Teknik Kimia UI: Depok.
- Oudar, J. dan H. Wise. (1985). *Deactivation and Poisoning of Catalysts*. CRC Press.
- Panov, A.G., and Fipiat, J.J. *Acetone Condensation Reaction on Acid Catalysts*. (1998). Departement of Chemistry and Laboratory for Surface Studies, University of Wisconsin-Milwaukee, Milwaukee, Wisconsin : USA.
- Richardson, James T. (1982). *Principles of Catalyst Development*. Plenum Press, New York.
- Schulz, H., and Wei, M. (1999). *Deactivation and thermal regeneration of zeolite HZSM-5 for methanol conversion at low temperature (260°C–290°C)*. Journal Microporous and Mesoporous Materials, 29, (205-218).
- Setiadi, S., Tsutsui, T., Kojima, T. (2003). *Conversion of Acetone to Aromatik Compound with HZSM-5*. The journal of Japan Institute of Energy, 82 (12), (hal. 926-932).

- Setiadi. (2005). *Uji Kinerja Katalis ZSM-5 dalam Konversi Aseton menjadi Hidrokarbon Aromatik*. Prosiding Simposium dan Kongres Masyarakat Katalisis Indonesia, Gedung Widya Bhakti , Serpong.
- Setiadi., Selamat., Nasikin, M., Tsutsui, T., and Kojima, T. (2008). *Change in catalytic activity on acetone conversion to aromatic chemicals using HZSM-5*. Proceeding of the International Seminar on Chemistry. (464-468).
- Syahriandi, Mondy D. (2010). Skripsi: *Identifikasi Produk hasil Konversi Aseton Menggunakan Katalis HZSM-5 Serta Karakterisasi Katalisnya*. Jurusan Teknik Kimia UI: Depok.
- Syukri, S. (1999). *Kimia Dasar 3*. Bandung : Institut Teknologi Bandung.
- Tantono, Ellen. (2009). Skripsi : *Optimasi Sintesis Hidrokarbon Fraksi Butana dari Minyak Jarak Melalui Reaksi Perengkahan Katalitik dengan Katalis ZSM-5*. Jurusan Teknik Kimia UI: Depok.
- Toni. (2008). *Produksi Minyak 2009 Turun 17 Ribu Barel/ Hari* . [Online] Available from : <http://indonesiaenergywatch.com>
- Wang, Baodong. (2007). Thesis : *Zeolite Deactivation During Hydrocarbon Reactions : Characterisation of Coke Precursors and Acidity, Product Distribution*. Department of Chemical Engineering University College London : London.

LAMPIRAN A

Tabel Data dan Pengolahan Data Uji Keasaman

- Katalis Fresh
Molaritas $\text{HNO}_3 = 0,005 \text{ M}$; Jumlah tabung = 3
Molaritas $\text{HNO}_3 = 0,0005 \text{ M}$; Jumlah tabung = 4
- $T = 275^\circ\text{C}$
Molaritas $\text{HNO}_3 = 0,005 \text{ M}$
Jumlah tabung = 2
- $T = 325^\circ\text{C}$
Molaritas $\text{HNO}_3 = 0,005 \text{ M}$
Jumlah tabung = 3

Sampel	Molaritas HNO_3	Jumlah tabung
Katalis Baru	0,005	3
	0,0005	4
275	0,005	2
325	0,005	3

Pengolahan data :

- Volume $\text{HNO}_3 = 10 \text{ ml}$

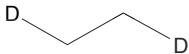
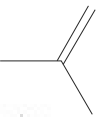
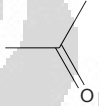
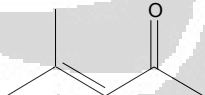
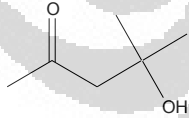
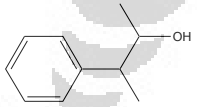
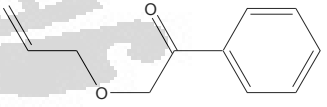
$$\text{Mol } \text{HNO}_3 = v \text{ HNO}_3 \times C \text{ HNO}_3$$

$$\text{Total keasaman} = \text{mol } \text{HNO}_3 \times \text{jumlah tabung}$$

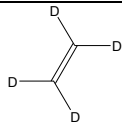
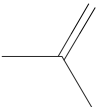
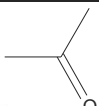

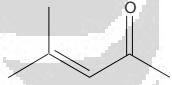
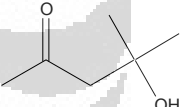
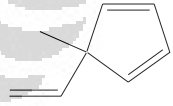
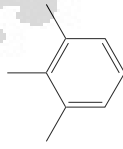
Sampel reaksi	Mmol NH_3/gram katalis
katalis Baru	0.17
275	0.1
325	0.15

LAMPIRAN B
PENGOLAHAN DATA DISTRIBUSI PRODUK & ANALISA KOKAS

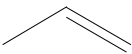
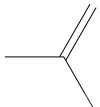
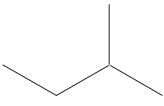
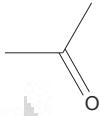
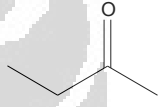
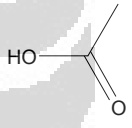
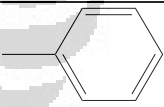
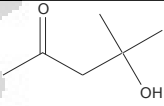
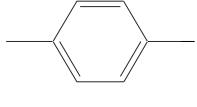
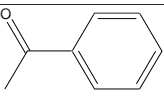
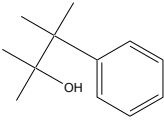
Tabel 1. Hasil Uji Reaksi Aseton Pada Suhu 275°C Reaksi (0-2 jam)

No.	Nama Komponen	Nama Lain	Retention Time	% area	Struktur Kimia
1.	Etana-1,2-D2	Etilena (CIS-1,2-D2)	1,356	2,61	
2.	2-metil-1-Propena	Isobutena	1,453	66,09	
3.	Aseton	2-Propanon	1,825	-	
4.	4-metil,3-Penten-2-on	Mesitil oksida	7,093	4,30	
5.	4-hidroksi-4-metil-2-Pentanon	Diaseton alkohol	8,725	24,86	
6.	3-Fenil-2 butanol	Benzene etanol	9,699	0,64	
7.	allil Fenasil eter		13,844	1,50	

Tabel 2. Hasil Uji Reaksi Aseton Pada Suhu 275°C Reaksi (2-4 jam)

No	Nama Komponen	Nama Lain	Retention Time	% area	Struktur Kimia
1.	Etilena-D4	Etena-d4, Tetradeuterioetena	1,319	4,93	
2.	2-metil-1-Propena	Isobutena	1,417	39,45	
3.	Aseton	2-Propanon	1,886	-	
4.	5-Heksen-2-on	Alil aseton	5,455	2,33	
5.	4-metil 3-Penten-2-on,	Mesitil oksida	7,142	11,17	
6.	4-hidroksi-4-metill-2-Pentanon	Diaseton alkohol	8,782	37,36	
7.	5-metil-5-vinil-1,3-siklopentadiena	5-metil-5-vinil-1,3-siklopentadiena	9,720	1,65	
8.	1,2,3-trimetil-Benzena	1,2,3-trimetil-Benzena	13,845	3,11	

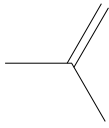

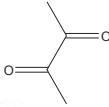

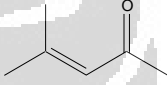
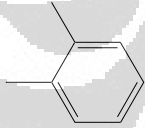
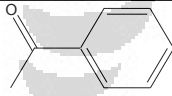
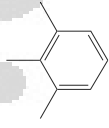
Tabel 3. Hasil Uji Reaksi Aseton Pada Suhu 300°C Reaksi (0-2 jam)

No.	Nama Komponen	Nama Lain	Retention Time	% area	Struktur Kimia
1.	Propena	Propilena; Metilietilena	1,400	3,47	
2.	1-Propene, 2-metil-	Isobutena	1,466	62,21	
3.	2-metil-Butana	Isopentana	1,608	0,10	
4.	Aseton	2-Propanon	1,820	-	
5.	2-Butanon	Etil Metil Keton	2,315	2,30	
6.	Asam asetat	Asam etanoat Metana asam karboksilat	2,596	20,98	
7.	Toluena	Metilbenzen	5,932	2,12	
8.	4-hidroksi-4-metil-2-Pentanon	Diaseton alkohol	8,800	3,37	
9.	p-Xylen	1,4-Dimetilbenzen	9,731	1,93	
10.	Asetofenon	Metil Fenil keton	12,828	1,15	
11.	2,3-Dimetil-3-Fenil 2-butanol	2,3-Dimetil-3-Fenil 2-butanol	13,879	2,37	




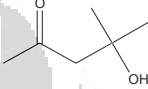



Tabel 4. Hasil Uji Reaksi Aseton Pada Suhu 300°C Reaksi (2-4 jam)

No.	Nama Komponen	Nama Lain	Retention Time	% area	Struktur Kimia
1.	2-metil-1-Propena	Isobutena	1,494	75,66	
2.	Diklorometan	Metilen klorida	1,864	-	
3.	Toluen	Metil benzen	5,881	1,21	
4.	nitro sikloheksan	1- nitro sikloheksan	7,102	0,38	
5.	4-hidroksi-4-metil-2-Pentanon	diaseton alkohol	8,775	5,97	
6.	o-Xylen	1,2-Dimetilbenzen, 2-Metil toluen	9,704	4,17	
7.	1,2,3-trimetil Benzen	1,2,3-trimetil-Benzena	13,877	7,96	
8.	1-etil-2,3-dimetil Benzen	2-etil-m-xylen	16,508	4,65	




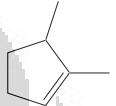

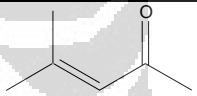
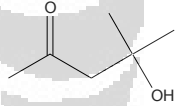
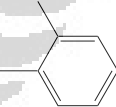
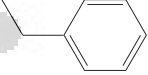
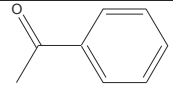
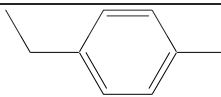
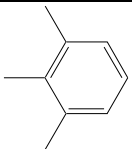
Tabel 5. Hasil Uji Reaksi Aseton Pada Suhu 325°C Reaksi (0-2 jam)

No.	Nama Komponen	Nama Lain	Retention Time	% area	Struktur Kimia
1.	2-metil-1-Propena	Isobutena	1,462	76,93	
2.	Aseton	2-Propanon	1,833	-	
3.	2,3-Butanedion	Biasetil Diasetil	2,308	0,48	
4.	Toluen	Metilbenzen	5,925	4,41	
5.	4-metil 3-Penten-2-on,	Mesitil oksida	7,125	1,96	
6.	1,2-dimetil-Benzen	o-Xylen	9,714	8,81	
7.	Asetofenon	Metil Fenil keton	12,809	2,25	
8.	1,2,3-trimetil Benzen	1,2,3-trimetil-Benzena	13,858	5,16	


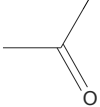
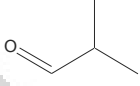

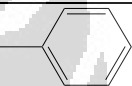
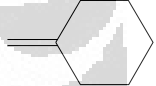

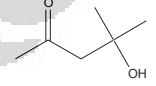
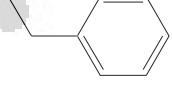
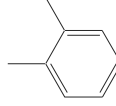
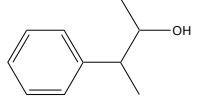
Tabel 6. Hasil Uji Reaksi Aseton Pada Suhu 325°C Reaksi (2-4 jam)

No	Nama Komponen	Nama Lain	Retention Time	% area	Struktur Kimia
1.	2-metil-1-Propena	Isobutena	1,467	38,43	
2.	Aseton	2-Propanon	1,738	-	
3.	Asam asetat	Asam etanoat Metana asam karboksilat	2,505	27,22	
4.	4-hidroksi-4-metil-2-Pentanon	Diaseton alkohol	8,750	20,35	
5.	, 1,3-dimetil-Benzen	m-Xylen	9,698	4,36	
7.	Asetofenon	Metil Fenil keton	12,805	2,59	
8.	1,2,3-trimetil-Benzen	1,2,3-trimetil-Benzena	13,858	7,04	

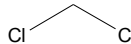

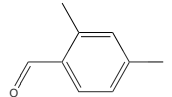


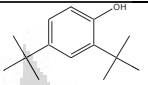
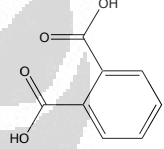




Tabel 7. Hasil Uji Reaksi Aseton Pada Suhu 350°C Reaksi (0-2 jam)

No	Nama Komponen	Nama Lain	Retention Time	% area	Struktur Kimia
1.	2-metil-1-Propena	Isobutena	1,443	54,28	
2.	Aseton	2-Propanon	1,792	-	
3.	Benzena	Benzol ; 1,3,5-sikloheksatriena	3,117	2,03	
4.	1,5-dimetil Siklopentena	1,2-Dimethyl-2-Siklopentena	3,842	4,58	
5.	Toluen	Metil benzen	5,976	14,26	
6.	4-metil 3-Penten-2-on,	Mesetil oksida	7,167	0,85	
7.	4-hidroksi-4-metil-2-Pentanon	Diaseton alkohol	8,820	15,22	
8.	o-Xylen	1,2-dimetil-Benzen	9,744	3,84	
9.	etil-benzen	Etil benzol, Fenil etana	10,533	0,72	
10.	Asetofenon	Metil Fenil keton	12,828	0,91	
11.	, 1-etil-4-metil-Benzen	p-Etil metil benzen	12,927	1,26	
12.	1,2,3-trimetil-Benzen	1,2,3-trimetil-Benzena	13,877	2,04	


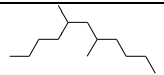

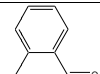
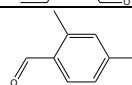
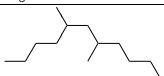
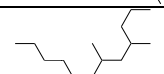
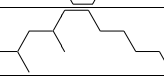

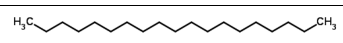
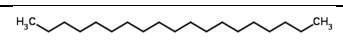
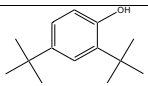
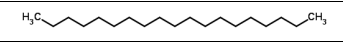

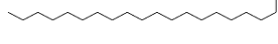
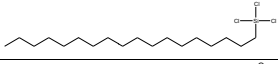
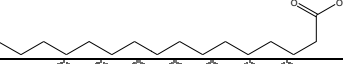

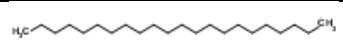
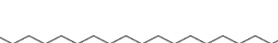
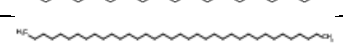
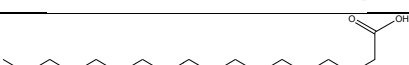

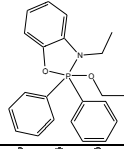

Tabel 8. Hasil Uji Reaksi Aseton Pada Suhu 350°C Reaksi (2-4 jam)



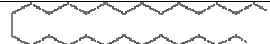


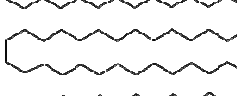
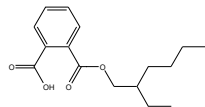
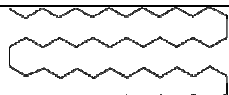
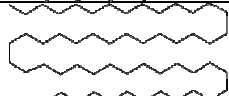
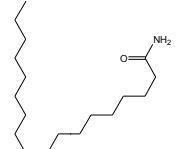
No .	Nama Komponen	Nama Lain	Retenti on Time	% mol	Struktur Kimia
1.	2-metil-1-Propena	Isobutena	1,448	58,75	
2.	Aseton	2-Propanon	1,826	-	
3.	2-metil-Propanal	isobutanal	2,339	0,45	
4.	Benzen	Benzol, 1,3,5-Sikloheksatriena	3,115	0,55	
5.	Toluen	Metil benzen	5,952	17,33	
6.	Metilen Sikloheksan	1- Metilen Siklohesan, metilidenesikloheksan	6,042	0,69	
7.	4-metil 3-Penten-2-on,	Mesitil oksida	7,138	0,55	
8.	4-hidroksi-4-metil-2-Pentanon	Diaseton alkohol	8,775	15,83	
9.	etil Benzen	Fenil ethane Etil benzol	9,389	0,80	
10.	o-Xylen	1,2-dimetil-benzen	9,721	4,36	
11.	3-Fenil-2 butanol	Benzen etanol	10,510	0,69	

Tabel 9. Hasil Uji Pembentukan Kokas Katalis Baru


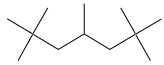
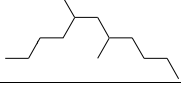


No.	Nama Komponen	Jumlah atom C	Retention Time GC-MS	% area	Struktur Molekul
1	Diklorometan	C ₁	1.857	-	
2	Pentadekana	C ₁₅	19.461	0.65	
3	2,4-dimetil-Benzaldehid	C ₉	20.092	72.16	
4	Heksadekana	C ₁₆	21.257	1.79	
5	Oktadekana	C ₁₈	25.148	2.34	
6	Fenol, 2,4-bis(1,1-dimetiletil)-	C ₁₄	25.471	15.12	
7	1,2-Benzenedicarboxylic acid	C ₈	26.398	0.64	
8	Pentadekana	C ₁₅	27.317	0.76	
9	Oktadekana	C ₁₈	27.36	2.38	
10	Heksadekana	C ₁₆	27.4	0.35	
11	5-metil-5-propil-nonana	C ₁₃	29.886	3.81	

Tabel 10. Hasil Uji Analisa Kokas Pada Suhu 275°C

No.	Nama Komponen	Jumlah atom C	Retention Time GC-MS	% area	Struktur Molekul
1	Toluena	C ₇	3.419	7.81	
2	5,7-dimetil Undekana	C ₁₃	9.639	1.16	
3	Dodekana	C ₁₂	12.581	0.47	
4	Etil -Benzaldehid	C ₉	12.824	0.62	
5	2,4-dimetil-Benzaldehid	C ₉	13.056	37.49	
6	5,7-dimetil-Undekana	C ₁₃	13.321	0.76	
7	4,6-dimetil-Dodekana	C ₁₄	13.545	0.46	
8	2,4-dimetil-Undekana	C ₁₃	13.716	0.54	
9	Heptadekana	C ₁₇	13.94	1.71	
10	Nonadekana	C ₁₉	17.461	0.55	
11	Nonadekana	C ₁₉	17.523	2.03	
12	Fenol, 2,4-bis(1,1-dimetiletil)-	C ₁₄	17.916	16.21	
13	Nonadekana	C ₁₉	18.233	0.53	
14	Heneikosana	C ₂₁	20.605	0.62	
15	Eikosana	C ₂₀	20.662	1.77	
16	Triklorooftadesil-Silane,	C ₁₈	23.541	1.20	
17	Asam heksadekanoat	C ₁₆	24.157	11.77	
18	Nonakosana	C ₂₉	25.111	0.44	
19	Dokosana	C ₂₂	25.608	0.42	
20	Eikosana	C ₂₀	25.873	0.42	
21	Hexatriacontane	C ₃₆	25.986	2.32	
22	Octadecanoic acid	C ₁₈	26.53	2.04	
23	Nonakosana	C ₂₉	27.481	0.46	
24	2-Ethoxy-3-ethyl-2,3-dihydro-2,2-diphenyl-1,3,2-benzoxazaphosphole	C ₂₂	27.706	0.52	
25	Tetrakosana	C ₂₄	27.924	0.62	

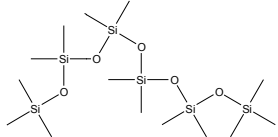

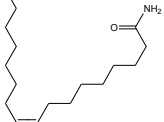
26	Oktadekana	C ₁₈	28,167	0.50	
27	Heksatriakontana	C ₃₆	28,282	1.66	
28	Nonakosana	C ₂₉	29.635	0.44	
29	Tetrapentakontana	C ₅₄	30.043	0.93	
30	Tetradekana	C ₁₄	30.125	0.43	
31	Tetrapentakontana	C ₅₄	30.378	0.83	
32	1,2-Benzenedicarboxylic acid, mono(2-ethylhexyl) ester	C ₁₆	30.427	0.78	
33	Tetrapentakontana	C ₅₄	32.083	0.42	
34	Tetrapentakontana	C ₅₄	32.328	0.61	
35	9-Oktadekenamida	C ₁₈	32.886	0.47	

Tabel 11. Hasil Uji Analisa Kokas Pada Suhu 300°C

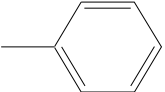
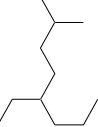
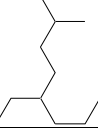

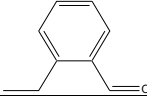
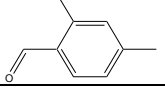

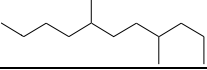
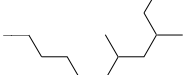
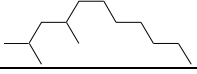

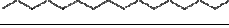
No.	Nama Komponen	Jumlah atom C	Retention Time GC-MS	% area	Struktur Molekul
1	Toluena	C ₇	3.426	6.87	
2	Heptana, 2,2,4,6,6-pentametil-	C ₁₂	8.228	0.24	
3	5,7-dimetil-Undekana	C ₁₃	9.641	1.07	
4	5-etil-2-metil-Oktana	C ₁₁	9.762	0.25	
5	Dodekana	C ₁₂	12.582	0.34	

6	1,3-Heksanedion, 1-fenyl- 2,5-dimetil-	C ₁₄	12.824	0.44	
7	2,4-dimetil Benzaldehid	C ₉	13.056	53.09	
8	2,4-dimetil Undekana	C ₁₃	13.717	0.35	
9	Heptadekana	C ₁₇	13.941	1.27	
10	5,7-dimetil-Undekana	C ₁₃	14.77	0.27	
11	,2-metil dekana	C ₁₁	17.104	0.42	
12	Heptadekana	C ₁₇	17.463	0.36	
13	Heptadekana	C ₁₇	17.524	1.44	
14	Oktadekana	C ₁₈	17.675	0.28	
15	Fenol, 2,4-bis(1,1- dimetiletil)	C ₁₄	17.916	11.17	
16	Dokosana	C ₂₂	18.235	0.36	
17	5,7-dimetil Undekana	C ₁₃	19.352	0.24	
18	5,7-dimetil Undekana	C ₁₃	19.619	0.23	
19	Heptadekana	C ₁₇	20.606	0.40	
20	Eikosana	C ₂₀	20.662	1.20	
21	Nonadekana	C ₁₉	20.733	0.28	
22	Eikosana	C ₂₀	21.274	0.32	
23	Nonadekana	C ₁₉	23.02	0.23	
24	Nonadekana	C ₁₉	23.371	0.27	
25	Eickosana	C ₂₀	23.459	1.02	
26	Trikosana	C ₂₃	23.542	0.68	

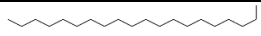
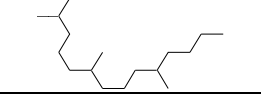
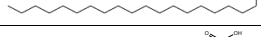
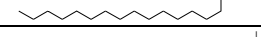

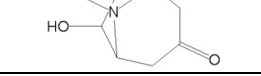
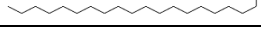

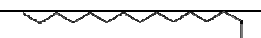
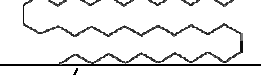
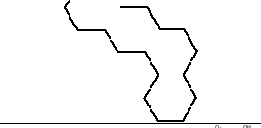
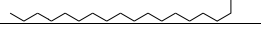

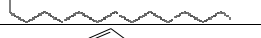
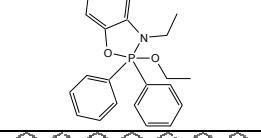

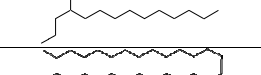
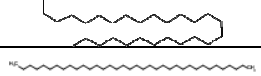

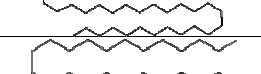


27	Eikosana	C ₂₀	23.996	0.29	
28	Hexadekanoic acid	C ₁₆	24.149	6.54	
29	Heneikosana	C ₂₁	25.114	0.28	
30	Hexadecane	C ₁₈	25.258	0.25	
31	Heneikosana	C ₂₁	25.578	0.47	
32	Heptadekana	C ₁₇	25.708	0.23	
33	Nonadekana	C ₁₉	25.873	0.26	
34	Tetrapentakontana	C ₅₄	25.987	1.58	
35	Tetradekana	C ₁₄	26.471	0.27	
36	Octadecanoic acid	C ₁₈	26.538	0.99	
37	Eikosana	C ₂₀	27.477	0.30	
38	N-Dimethylaminomethylidene-2-amino-octadecan-1,3-diol benzeneboronate	C ₂₇	27.705	0.48	
39	Nonadekana	C ₁₉	27.926	0.43	
40	2,4-dimethyl-Undekana	C ₁₃	28.058	0.25	
41	Octadekana	C ₁₈	28.167	0.32	
42	Tetrapentakontana	C ₅₄	28.284	1.06	
43	Eikosana	C ₂₀	28.373	0.34	
44	Tetrapentakontana	C ₅₄	28.718	0.25	
45	Nonakosana	C ₂₉	30.047	0.36	
46	Tetrapentakontana	C ₅₄	30.379	0.57	
47	Tetradekametil-Heksasiloksan,	C ₁₄	30.428	0.38	

48	Tetradekametil-Heksasiloksan	C ₁₄	30.702	0.25	
49	Tetrapentakontana	C ₅₄	32.332	0.40	
50	9-Octadecenamide	C ₁₈	32.897	0.35	

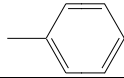
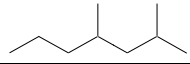

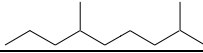
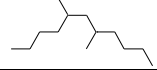

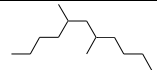

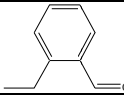
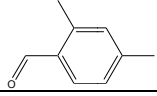
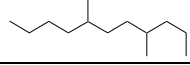
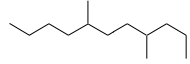
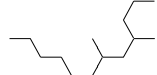
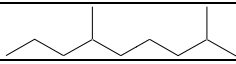
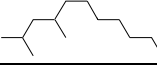



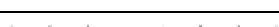

Tabel 12. Hasil Uji Analisa Kokas Pada Suhu 325°C

No.	Nama Komponen	Jumlah atom C	Retention Time GC-MS	% area	Struktur Molekul
1	Toluena	C ₇	3.414	8.22	
2	5-etil-2-metil-Oktana,	C ₁₁	9.632	1.34	
3	5-etil-2-metil-Oktana	C ₁₁	9.753	0.32	
4	Dodekana	C ₁₂	12.574	0.47	
5	etil-Benzaldehid	C ₉	12.816	0.63	
6	2,4-dimetil-Benzaldehid,	C ₉	13.048	31.96	
7	Tetradekana	C ₁₄	13.315	0.72	
8	4,7-dimetil-Undekana	C ₁₃	13.421	0.35	
9	4,6-dimetil Dodekana,	C ₁₄	13.538	0.47	
10	2,4-dimetil Undekana	C ₁₃	13.708	0.58	
11	Heksadekana	C ₁₆	13.933	1.86	
12	Heksadekana	C ₁₆	14.762	0.38	

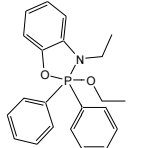
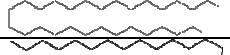
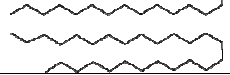
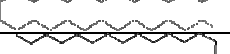
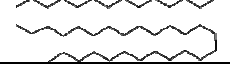
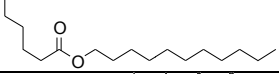

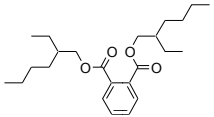
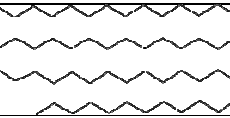
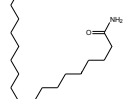
13	Oktadekana	C ₁₈	16.354	0.35	
14	Oktadekana	C ₁₈	17.008	0.35	
15	4-metil-dekana	C ₁₁	17.094	0.39	
16	Eikosana, 2,4-dimetil	C ₂₂	17.13	0.34	
17	Heptadekana	C ₁₇	17.454	0.60	
18	Heptadekana	C ₁₇	17.515	2.21	
19	Nonadekana	C ₁₉	17.666	0.48	
20	Fenol, 2,4-bis(1,1-dimetil)-	C ₁₄	17.909	14.31	
21	Heksadekana	C ₁₆	18.226	0.59	
22	Heneikosana	C ₂₁	19.344	0.33	
23	Heptadekana	C ₁₇	19.61	0.42	
24	Pentadekana, 2,6,10-trimetil	C ₁₈	19.925	0.38	
25	Heptadekana	C ₁₇	20.182	0.43	
26	Octadekana	C ₁₈	20.256	0.31	
27	2,6,10,14-tetrametil Heksadekana,	C ₂₀	20.44	0.32	
28	Heneikosana	C ₂₁	20.597	0.74	
29	Eikosana	C ₂₀	20.654	2.04	
30	Eikosana	C ₂₀	20.725	0.49	
31	2,6,10,14-tetrametil Heksadekana,	C ₂₀	20.917	0.32	
32	Eikosana	C ₂₀	21.265	0.87	
33	Heptadekana	C ₁₇	22.5	0.37	
34	Octadekana	C ₁₈	22.576	0.36	
35	Heneikosana	C ₂₁	23.01	0.33	
36	Heneikosana	C ₂₁	23.065	0.32	
37	Heneikosana	C ₂₁	23.265	0.39	
38	Heneikosana	C ₂₁	23.364	0.47	

39	Eikosana	C ₂₀	23.451	1.60	
40	2,6,10-trimetil-Tetradekana	C ₁₇	23.533	1.14	
41	Eikosana	C ₂₀	23.989	0.41	
42	Asam heksadekanoat	C ₁₆	24.15	9.46	
43	Eikosana	C ₂₀	25.103	0.40	
44	6-Hidroksitropinon	C ₈	25.475	0.32	
45	Eikosana	C ₂₀	25.6	0.36	
46	Heneikosana	C ₂₁	25.705	0.33	
47	Eikosana	C ₂₀	25.864	0.36	
48	Tetrapentakontana	C ₅₄	25.979	2.10	
49	Oktadekana	C ₁₈	26.462	0.38	
50	Asam oktadekanoat	C ₁₈	26.52	2.00	
51	Dokosana	C ₂₂	27.233	0.33	
52	Nonakosana	C ₂₉	27.471	0.45	
53	2-Ethoxy-3-ethyl-2,3-dihydro-2,2-diphenyl-1,3,2-benzoxazaphosphole	C ₂₂	27.697	0.51	
54	Nonakosana	C ₂₉	27.916	0.65	
55	Tetradekana, 4-ethyl-	C ₁₆	28.217	0.44	
56	Tetrapentakontana	C ₅₄	28.274	1.12	
57	Heksatriakontana	C ₃₆	29.628	0.34	
58	Tetrapentakontana	C ₅₄	30.038	0.49	
59	Tetrakosana	C ₂₄	30.369	0.69	
60	Tetrakosana	C ₂₄	30.442	0.32	

Tabel 13. Hasil Uji Analisa Kokas Pada Suhu 350°C

No.	Nama Komponen	Jumlah atom C	Retention Time GC-MS	% area	Struktur Molekul
1	Toluena	C ₇	3.412	8.65	
2	2,4-dimetil-Heptana	C ₉	4.392	0.30	
3	6-bromo-1-Heksena	C ₁₃	5.496	0.34	
4	2,6-dimetil-Nonana	C ₁₁	8.933	0.34	
5	5,7-dimetil-Undekana	C ₁₃	9.633	1.48	
6	5-etil-2-metil-Oktana	C ₁₁	9.755	0.36	
7	5,7-dimetil-Undekana	C ₁₃	10.581	0.34	
8	Dodekana	C ₁₂	12.575	0.59	
9	etil-Benzaldehid	C ₉	12.817	0.66	
10	2,4-dimetil-Benzaldehid	C ₉	13.048	31.02	
11	4,7-dimetil-Undekana	C ₁₃	13.316	0.98	
12	4,7-dimetil-Undekana	C ₁₃	13.422	0.38	
13	4,6-dimetil-Dodekana	C ₂₄	13.539	0.60	
14	2,6-dimetil-Nonana	C ₁₁	13.666	0.28	
15	2,4-dimetil Undekana	C ₁₃	13.71	0.72	
16	Heptadekana	C ₁₇	13.934	2.05	
17	5-etil-2-metil-Oktana	C ₁₁	14.088	0.31	
18	Heptadekana	C ₁₇	14.763	0.42	
19	Pentadekana	C ₁₅	16.29	0.29	
20	Oktadekana	C ₁₈	16.356	0.38	

21	Oktadekana	C ₁₈	17.01	0.36	
22	2,4-dimetil-Undekana	C ₁₃	17.13	0.70	
23	Heptadekana	C ₁₇	17.455	0.58	
24	Heptadekana	C ₁₇	17.517	2.19	
25	Nonadekana	C ₁₉	17.666	0.49	
26	Phenol, 2,4-bis(1,1-dimethylethyl)- (CAS) 2,4-Di-tert-butylphenol	C ₁₄	17.91	17.27	
27	Heptadekana	C ₁₇	18.226	0.57	
28	Pentadekana	C ₁₅	19.345	0.28	
29	Heptadekana	C ₁₇	19.612	0.35	
30	2,6,10-Trimetilpentadekana	C ₁₈	19.924	0.29	
31	Heptadekana	C ₁₇	20.182	0.35	
32	Heneikosana	C ₂₁	20.597	0.64	
33	Eikosana	C ₂₀	20.655	1.63	
34	Heptadekana	C ₁₇	20.724	0.40	
35	Eikosana	C ₂₀	21.266	0.59	
36	Tridekana	C ₁₃	22.092	0.31	
37	Heneikosana	C ₂₁	22.501	0.30	
38	Oktadekana	C ₁₈	23.012	0.36	
39	Nonadekana	C ₁₉	23.158	0.28	
40	Eikosana	C ₂₀	23.266	0.30	
41	Heneikosana	C ₂₁	23.364	0.36	
42	Eikosana	C ₂₀	23.451	1.30	
43	Trikosana	C ₂₃	23.535	0.91	
44	Eikosana	C ₂₀	23.99	0.34	
45	asam heksadekanoat	C ₁₆	24.147	9.04	
46	Eikosana	C ₂₀	25.106	0.33	
47	Heneikosana	C ₂₁	25.573	0.44	
48	Heksatriakontana	C ₃₆	25.979	1.76	
49	Oktadecanoic acid	C ₁₈	26.521	1.74	
50	Eikosana	C ₂₀	27.47	0.34	

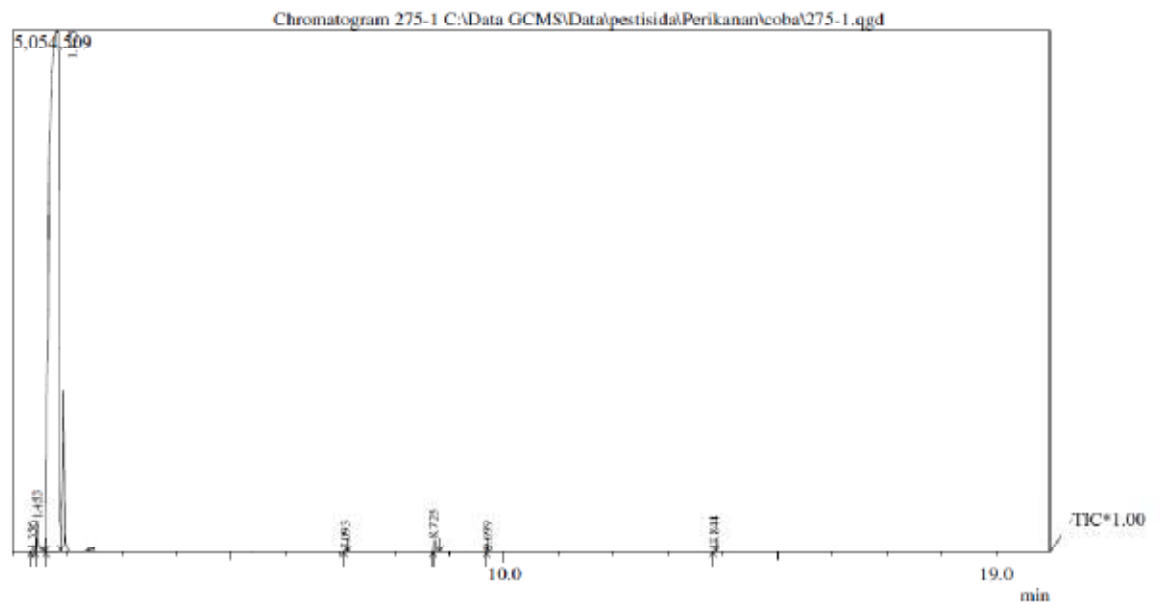
51	2-Ethoxy-3-ethyl-2,3-dihydro-2,2-diphenyl-1,3,2-benzoxazaphosphole	C ₂₂	27.698	0.35	
52	Nonakosana	C ₂₉	27.917	0.44	
53	Tetrapentakontana	C ₅₄	28.275	1.03	
54	Nonakosana	C ₂₉	28.359	0.31	
55	Tetrapentakontana	C ₅₄	28.709	0.28	
56	asam heksanoat, undesil ester	C ₁₇	29.982	0.44	
57	Tetrapentakontana	C ₅₄	30.371	0.60	
58	1,2-Benzenedicarboxylic acid, bis(2-ethylhexyl) ester	C ₂₄	30.425	0.32	
59	Tetrapentakontana	C ₅₄	32.32	0.49	
60	9-Oktadecenamide	C ₁₈	32.875	0.45	

LAMPIRAN C

DATA GC-MS

Sample Information

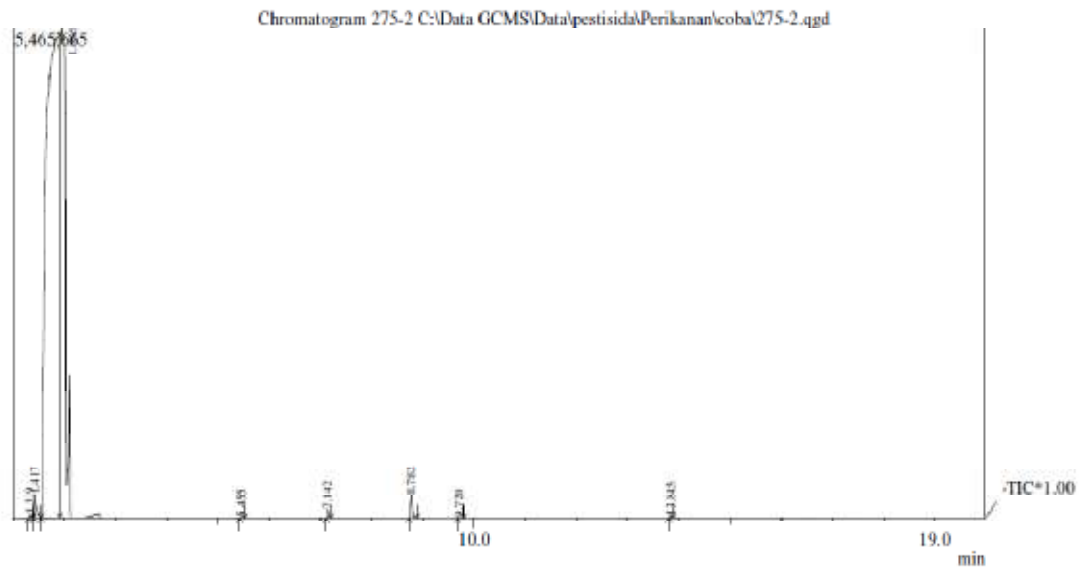
Analyzed by : Admin
 Sample Type : Unknown
 Level # : 1
 IS Amount : [1]=1
 Sample Amount : 1
 Dilution Factor : 1
 Vial # : 1
 Injection Volume : 10
 Data File : C:\Data GCMS\Data\pestisida\Perikanan\coba\275-1.qgd
 Org Data File : C:\Data GCMS\Data\pestisida\Perikanan\coba\275-1.qgd
 Method File : C:\Data GCMS\Data\pestisida\Std\150310\HC_Test.qgm
 Org Method File : C:\Data GCMS\Data\pestisida\Std\150310\HC_Test.qgm
 Report File :
 Tuning File : C:\GCMSsolution\System\Tune1\21112011.qgt
 \$If\$(sample!=[Comment]) sample



Peak Report TIC										
Peak#	R.Time	I.Time	F.Time	Area	Area%	Height	Height%	A/H	Mark	Name
1	1.356	1.333	1.417	27596	0.05	13729	0.25	2.01		ETHANE-1,2-D2
2	1.453	1.417	1.608	698484	1.19	311176	5.63	2.24	V	1-Propene, 2-methyl-
3	1.825	1.608	1.883	57774478	98.20	5051298	91.37	11.43	V	Acetone
4	7.093	7.067	7.142	45346	0.08	20821	0.38	2.17		3-Pentan-2-one, 4-methyl-
5	8.725	8.700	8.825	262737	0.45	119904	2.17	2.19		2-Pentanone, 4-hydroxy-4-methyl-
6	9.699	9.675	9.725	6792	0.01	3892	0.07	1.74		3-Phenylbutan-2-ol
7	13.844	13.817	13.875	15845	0.03	7827	0.14	2.02		allyl phenacyl ether
				58831278	100.00	5528647	100.00			

Sample Information

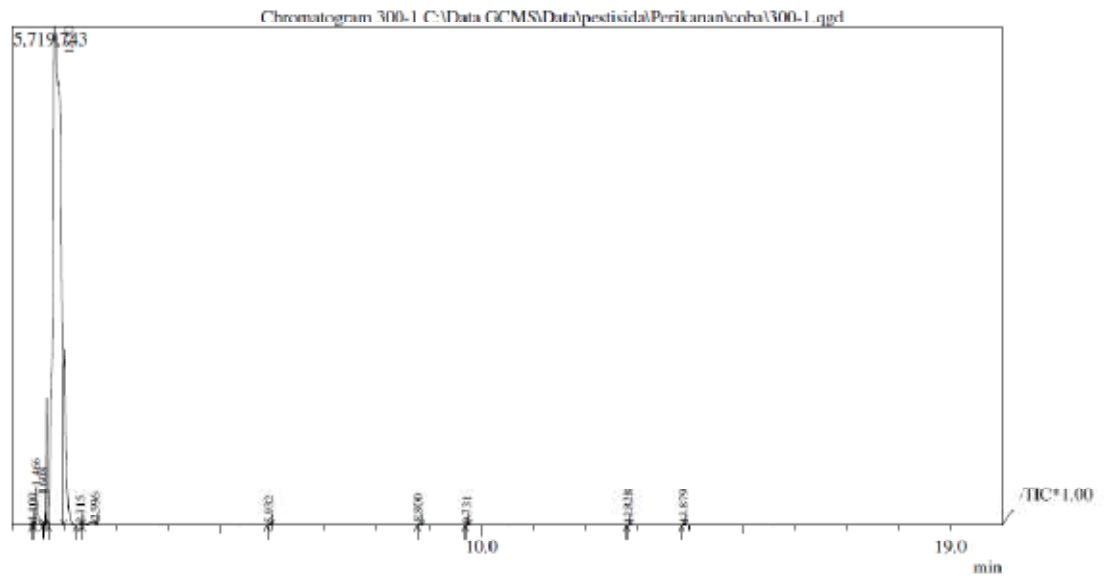
Analyzed by : Admin
 Sample Type : Unknown
 Level # : 1
 IS Amount : [1]=1
 Sample Amount : 1
 Dilution Factor : 1
 Vial # : 1
 Injection Volume : 10
 Data File : C:\Data GCMS\Data\pestisida\Perikanan\coba\275-2.qgd
 Org Data File : C:\Data GCMS\Data\pestisida\Perikanan\coba\275-2.qgd
 Method File : C:\Data GCMS\Data\pestisida\Std\150310\HC_Test.qgm
 Org Method File : C:\Data GCMS\Data\pestisida\Std\150310\HC_Test.qgm
 Report File :
 Tuning File : C:\GCMSsolution\System\Tune1\21112011.qgt
 \$If\$(sample!=[Comment]) sample



Peak Report TIC										
Peak#	R.Time	I.Time	F.Time	Area	Area%	Height	Height%	A/H	Mark	Name
1	1.319	1.292	1.383	91379	0.09	40086	0.65	2.27		ETHYLENE-D4
2	1.417	1.383	1.542	731945	0.76	268650	4.38	2.72	V	1-Propene, 2-methyl-
3	1.886	1.542	1.908	94809867	98.08	5417093	88.34	17.50	V	Acetone
4	5.455	5.425	5.517	43306	0.04	18929	0.31	2.28		5-Hexen-2-one
5	7.142	7.108	7.208	207235	0.21	93126	1.52	2.22		3-Pentan-2-one, 4-methyl-
6	8.782	8.733	8.875	693084	0.72	255274	4.16	2.71		2-Pentanone, 4-hydroxy-4-methyl-
7	9.720	9.683	9.792	30673	0.03	11183	0.18	2.74		5-methyl-5-vinyl-1,3-cyclopentadiene
8	13.845	13.808	13.883	57742	0.06	27943	0.46	2.06		Benzene, 1,2,3-trimethyl-
				96665231	100.00	6132284	100.00			

Sample Information

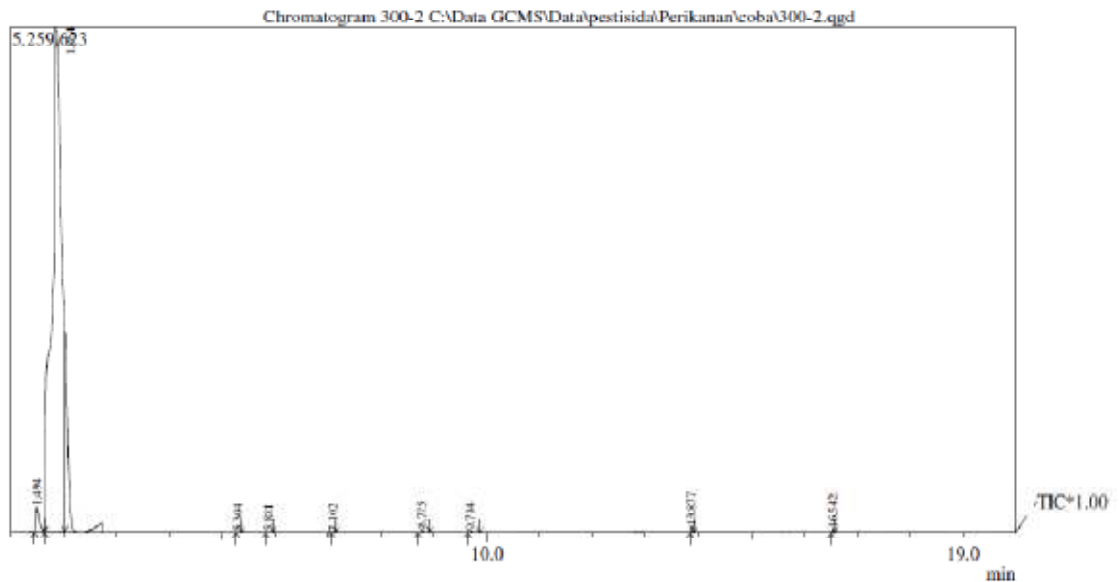
Analyzed by : Admin
 Sample Type : Unknown
 Level # : 1
 IS Amount : [1]=1
 Sample Amount : 1
 Dilution Factor : 1
 Vial # : 1
 Injection Volume : 10
 Data File : C:\Data GCMS\Data\pestisida\Perikanan\coba\300-1.qgd
 Org Data File : C:\Data GCMS\Data\pestisida\Perikanan\coba\300-1.qgd
 Method File : C:\Data GCMS\Data\pestisida\Std\150310\HC_Test.qgm
 Org Method File : C:\Data GCMS\Data\pestisida\Std\150310\HC_Test.qgm
 Report File :
 Tuning File : C:\GCMSsolution\System\Tune1\21112011.qgt
 \$If\$(sample!=[Comment]) sample



Peak#	R.Time	I.Time	F.Time	Area	Area%	Height	Height%	A/H	Mark	Name
1	1.400	1.383	1.425	59634	0.10	35586	0.56	1.67	V	Propene
2	1.466	1.425	1.633	1067841	1.77	452679	7.10	2.35	SV	1-Propene, 2-methyl-
3	1.608	1.600	1.625	1795	0.00	5641	0.09	0.31	T	Butane, 2-methyl-
4	1.820	1.700	1.992	58481244	97.15	5719743	89.76	10.22	V	Acetone
5	2.315	2.225	2.350	39411	0.07	17359	0.27	2.27	V	2-Butanone
6	2.596	2.350	2.617	360118	0.60	53481	0.84	6.73	V	Acetic acid
7	5.932	5.892	5.975	36320	0.06	15569	0.24	2.33		Toluene
8	8.800	8.775	8.867	57828	0.10	25606	0.40	2.25		2-Pentanone, 4-hydroxy-4-methyl-
9	9.731	9.692	9.758	33122	0.06	16580	0.26	1.99		p-Xylene
10	12.828	12.792	12.858	19734	0.03	9547	0.15	2.06		Acetophenone
11	13.879	13.842	13.917	40688	0.07	20279	0.32	2.00		2,3-Dimethyl-3-phenylbutan-2-ol
				60197735	100.00	6372070	100.00			

Sample Information

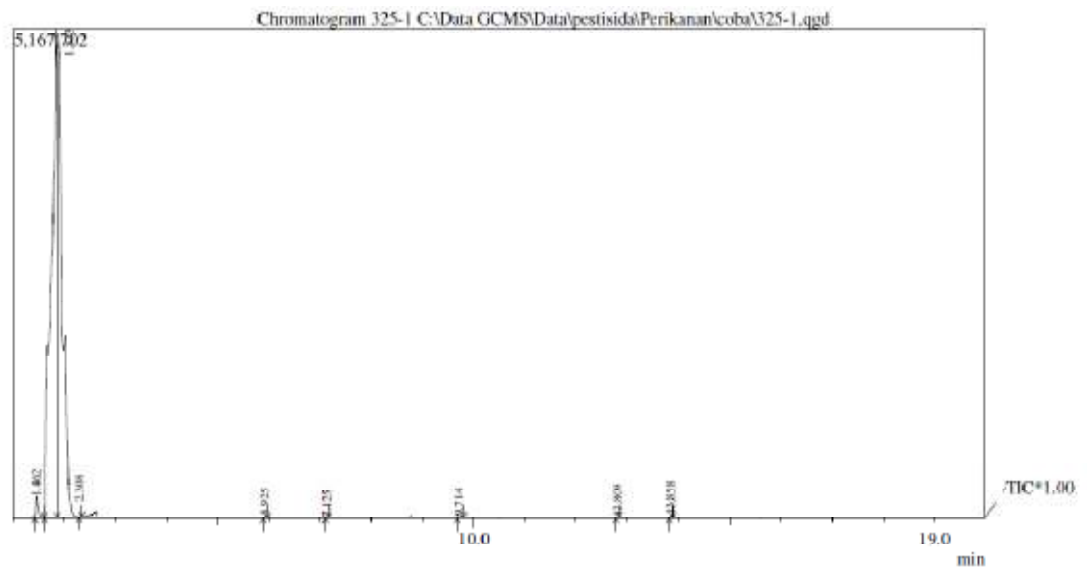
Analyzed by : Admin
 Sample Type : Unknown
 Level # : 1
 IS Amount : [1]=1
 Sample Amount : 1
 Dilution Factor : 1
 Vial # : 1
 Injection Volume : 10
 Data File : C:\Data GCMS\Data\pestisida\Perikanan\coba\300-2.qgd
 Org Data File : C:\Data GCMS\Data\pestisida\Perikanan\coba\300-2.qgd
 Method File : C:\Data GCMS\Data\pestisida\Std\150310\HC_Test.qgm
 Org Method File : C:\Data GCMS\Data\pestisida\Std\150310\HC_Test.qgm
 Report File :
 Tuning File : C:\GCMSsolution\System\Tune\1\21112011.qgt
 \$If\$(sample!=[Comment]) sample



Peak Report TIC										
Peak#	R.Time	I.Time	F.Time	Area	Area%	Height	Height%	A/H	Mark	Name
1	1.494	1.450	1.642	1164435	1.71	266729	4.71	4.36		1-Propene, 2-methyl-
2	1.864	1.642	2.025	66460040	97.73	5220756	92.26	12.72		Methane, dichloro-
3	5.304	5.258	5.358	4670	0.01	1584	0.03	2.94	MI	
4	5.881	5.817	5.958	18685	0.03	6151	0.11	3.03	MI	Toluene
5	7.102	7.058	7.142	5803	0.01	3314	0.06	1.75	MI	Cyclohexane, nitro-
6	8.775	8.700	8.925	91910	0.14	39705	0.70	2.31	MI	2-Pentanone, 4-hydroxy-4-methyl-
7	9.704	9.642	9.867	64125	0.09	19075	0.34	3.36	MI	o-Xylene
8	13.877	13.842	13.917	122438	0.18	62972	1.11	1.94		Benzene, 1,2,3-trimethyl-
9	16.542	16.508	16.583	71578	0.11	38634	0.68	1.85		Benzene, 1-ethyl-2,3-dimethyl
				68003684	100.00	5658920	100.00			

Sample Information

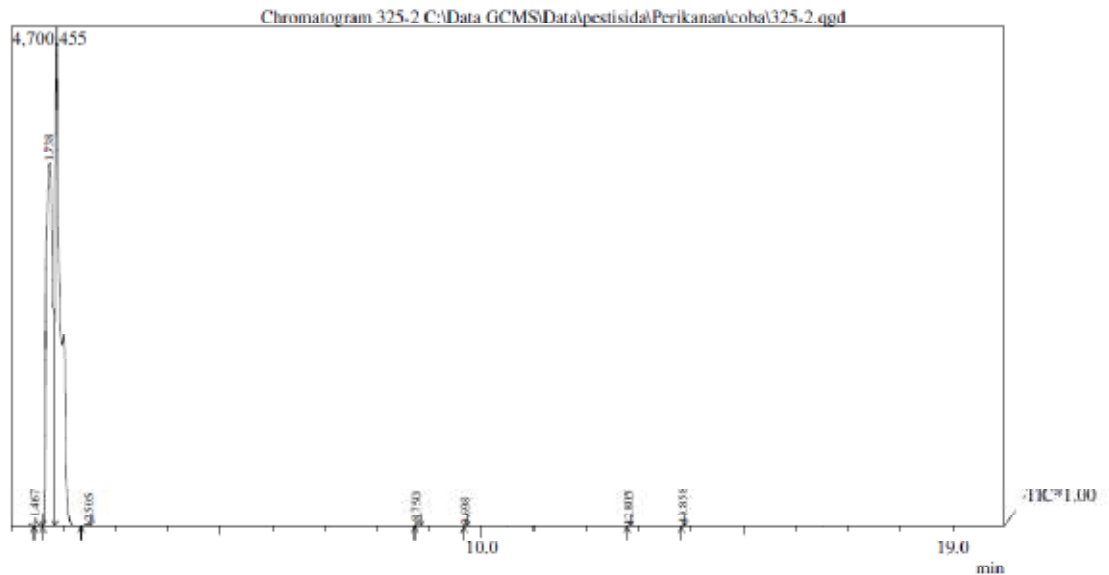
Analyzed by : Admin
 Sample Type : Unknown
 Level # : 1
 IS Amount : [1]=1
 Sample Amount : 1
 Dilution Factor : 1
 Vial # : 1
 Injection Volume : 10
 Data File : C:\Data GCMS\Data\pestisida\Perikanan\coba\325-1.qgd
 Org Data File : C:\Data GCMS\Data\pestisida\Perikanan\coba\325-1.qgd
 Method File : C:\Data GCMS\Data\pestisida\Std\150310\HC_Test.qgm
 Org Method File : C:\Data GCMS\Data\pestisida\Std\150310\HC_Test.qgm
 Report File :
 Tuning File : C:\GCMSsolution\System\Tune1\21112011.qgt
 Comment] sample



Peak Report TIC										
Peak#	R.Time	L.Time	F.Time	Area	Area%	Height	Height%	A/H	Mark	Name
1	1.462	1.425	1.617	579865	1.44	221574	4.06	2.61	V	1-Propene, 2-methyl-
2	1.833	1.617	1.858	39428200	98.12	5165224	94.64	7.63	V	Acetone
3	2.308	2.292	2.350	3628	0.01	3099	0.06	1.17	T	2,3-Butanedione
4	5.925	5.883	5.975	33256	0.08	13598	0.25	2.44		Toluene
5	7.125	7.100	7.158	14770	0.04	8054	0.15	1.83		3-Penten-2-one, 4-methyl-
6	9.714	9.675	9.800	66367	0.17	17358	0.32	3.82		Benzene, 1,2-dimethyl-
7	12.809	12.775	12.842	16928	0.04	8297	0.15	2.04		Acetophenone
8	13.858	13.825	13.892	38895	0.10	20751	0.38	1.87		Benzene, 1,2,3-trimethyl
				40181909	100.00	5457955	100.00			

Sample Information

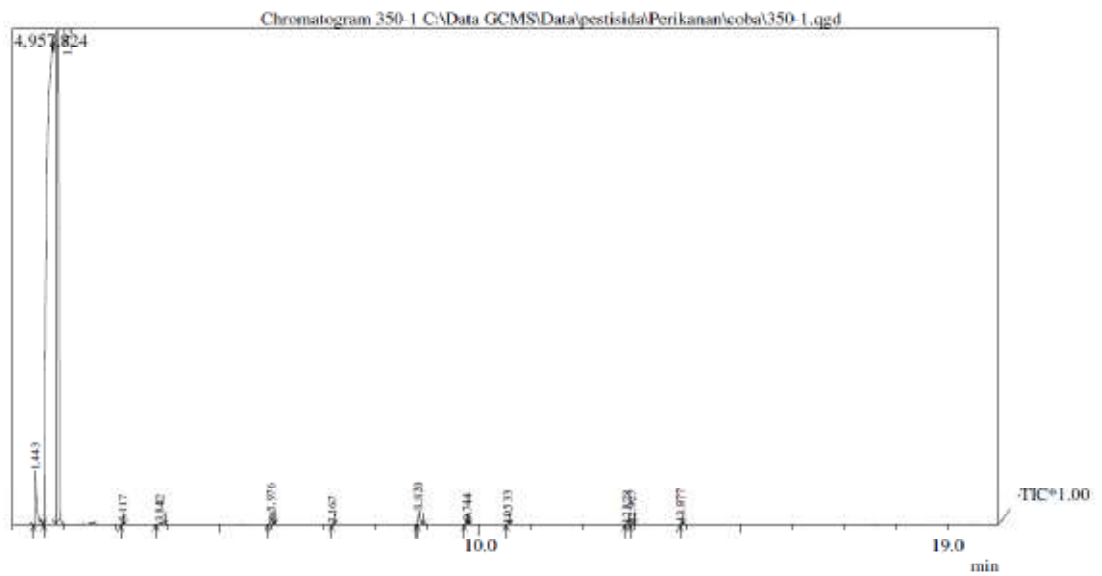
Analyzed by : Admin
 Sample Type : Unknown
 Level # : 1
 IS Amount : [1]=1
 Sample Amount : 1
 Dilution Factor : 1
 Vial # : 1
 Injection Volume : 10
 Data File : C:\Data GCMS\Data\pestisida\Perikanan\coba\325-2.qgd
 Org Data File : C:\Data GCMS\Data\pestisida\Perikanan\coba\325-2.qgd
 Method File : C:\Data GCMS\Data\pestisida\Std\150310\HC_Test.qgm
 Org Method File : C:\Data GCMS\Data\pestisida\Std\150310\HC_Test.qgm
 Report File :
 Tuning File : C:\GCMSolution\System\Tune\1\21112011.qgt
 Comment] sample



Peak Report TIC										
Peak#	R.Time	I.Time	F.Time	Area	Area%	Height	Height%	A/H	Mark	Name
1	1.467	1.442	1.608	221352	0.69	76208	2.11	2.90	V	1-Propene, 2-methyl-
2	1.738	1.608	1.842	31351113	98.20	3421202	94.66	9.16	V	Acetone
3	2.505	2.342	2.533	156758	0.49	30380	0.84	5.15		Acetic acid
4	8.750	8.725	8.842	117219	0.37	48152	1.33	2.43		2-Pentanone, 4-hydroxy-4-methyl-
5	9.698	9.658	9.725	25129	0.08	9703	0.27	2.58		Benzene, 1,3-dimethyl-
6	12.805	12.775	12.842	14897	0.05	7133	0.20	2.08		Acetophenone
7	13.858	13.817	13.892	40571	0.13	21457	0.59	1.89		Benzene, 1,2,3-trimethyl
				31927039	100.00	3614235	100.00			

Sample Information

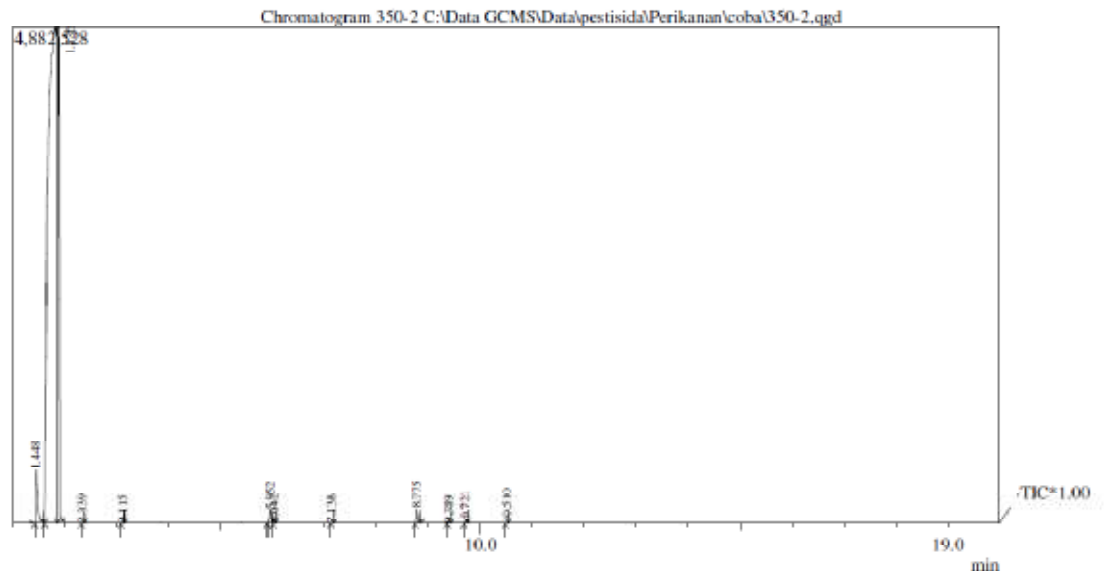
Analyzed by : Admin
 Sample Type : Unknown
 Level # : 1
 IS Amount : [1]=1
 Sample Amount : 1
 Dilution Factor : 1
 Vial # : 1
 Injection Volume : 10
 Data File : C:\Data GCMS\Data\pestisida\Perikanan\coba\350-1.qgd
 Org Data File : C:\Data GCMS\Data\pestisida\Perikanan\coba\350-1.qgd
 Method File : C:\Data GCMS\Data\pestisida\Std\150310\HC_Test.qgm
 Org Method File : C:\Data GCMS\Data\pestisida\Std\150310\HC_Test.qgm
 Report File :
 Tuning File : C:\GCMSolution\System\Tune1\21112011.qgt
 Comment] sample



Peak Report TIC											
Peak#	R.Time	I.Time	F.Time	Area	Area%	Height	Height%	A/H	Mark	Name	
1	1.443	1.400	1.592	1310029	2.36	542384	9.32	2.41	V	1-Propene, 2-methyl-	
2	1.792	1.592	1.825	53102238	95.65	4831847	83.00	10.99	V	Acetone	
3	3.117	3.075	3.150	49090	0.09	28089	0.48	1.74		Benzene	
4	3.842	3.758	3.933	110646	0.20	21226	0.36	5.21		Cyclopentene, 1,5-dimethyl	
5	5.976	5.908	6.033	344235	0.62	135741	2.33	2.53		Toluene	
6	7.167	7.142	7.208	20508	0.04	10993	0.19	1.86		3-Penten-2-one, 4-methyl-	
7	8.820	8.783	8.917	367354	0.66	146740	2.52	2.50		2-Pentanone, 4-hydroxy-4-methyl-	
8	9.744	9.700	9.767	92643	0.17	43601	0.75	2.12		o-Xylene	
9	10.533	10.500	10.567	17417	0.03	8351	0.14	2.08		Benzene, ethyl-	
10	12.828	12.792	12.858	21902	0.04	10651	0.18	2.05		Acetophenone	
11	12.927	12.892	12.967	30413	0.05	16575	0.28	1.83		Benzene, 1-ethyl-4-methyl-	
12	13.877	13.842	13.917	49344	0.09	25582	0.44	1.92		Benzene, 1,2,3-trimethyl-	
				55515819	100.00	5821780	100.00				

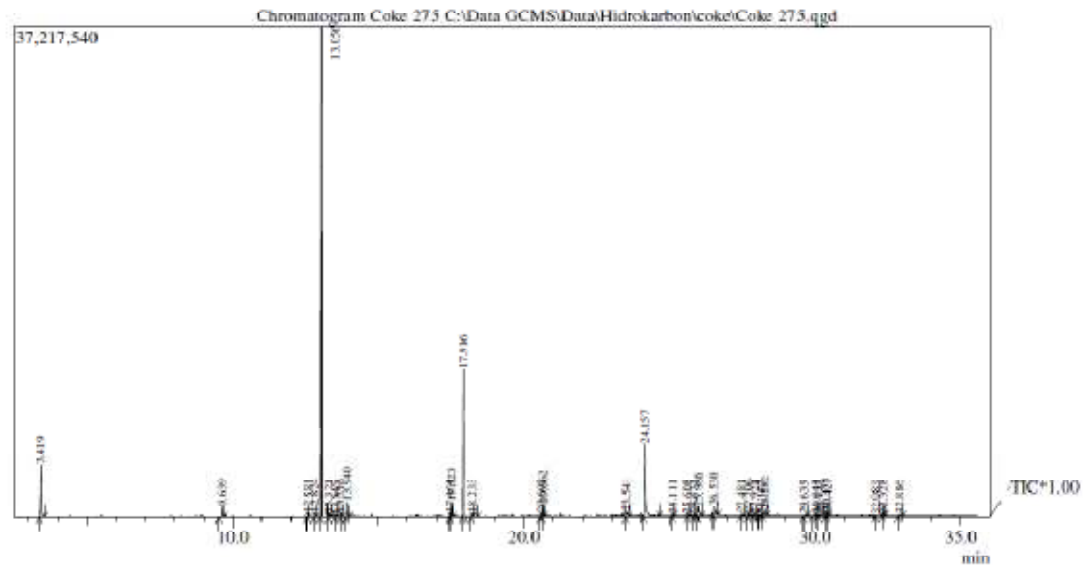
Sample Information

Analyzed by : Admin
 Sample Type : Unknown
 Level # : 1
 IS Amount : [1]=1
 Sample Amount : 1
 Dilution Factor : 1
 Vial # : 1
 Injection Volume : 10
 Data File : C:\Data GCMS\Data\pestisida\Perikanan\coba\350-2.qgd
 Org Data File : C:\Data GCMS\Data\pestisida\Perikanan\coba\350-2.qgd
 Method File : C:\Data GCMS\Data\pestisida\Std\150310\HC_Test.qgm
 Org Method File : C:\Data GCMS\Data\pestisida\Std\150310\HC_Test.qgm
 Report File :
 Tuning File : C:\GCMSsolution\System\Tune1\21112011.qgt
 Comment] sample



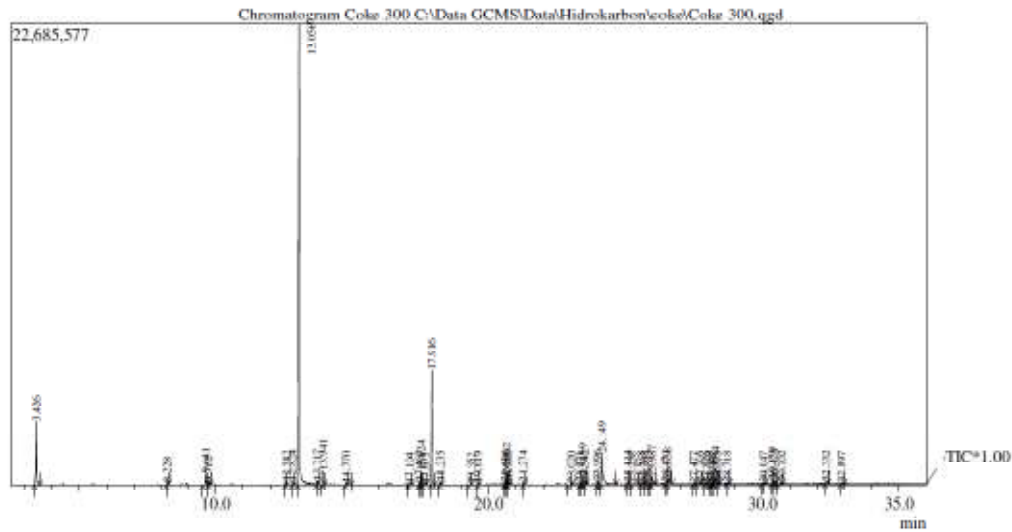
Peak Report TIC										
Peak#	R.Time	I.Time	F.Time	Area	Area%	Height	Height%	A/H	Mark	Name
1	1.448	1.417	1.608	1246203	2.01	524880	9.11	2.37	V	1-Propene, 2-methyl-
2	1.826	1.608	1.858	60001918	96.59	4873812	84.56	12.31	V	Acetone
3	2.339	2.317	2.367	9564	0.02	7612	0.13	1.25		Propanal, 2-methyl-
4	3.115	3.083	3.142	11632	0.02	8063	0.14	1.44		Benzene
5	5.952	5.892	6.008	367684	0.59	137763	2.39	2.66		Toluene
6	6.042	6.008	6.067	14643	0.02	6171	0.11	2.37	V	Cyclohexane, methylene-
7	7.138	7.117	7.175	11603	0.02	6127	0.11	1.89		3-Penten-2-one, 4-methyl-
8	8.775	8.742	8.858	335713	0.54	143992	2.50	2.33		2-Pentanone, 4-hydroxy-4-methyl-
9	9.389	9.358	9.425	17019	0.03	8184	0.14	2.07		Benzene, ethyl
10	9.721	9.683	9.750	92591	0.15	40315	0.70	2.29		o-Xylene
11	10.510	10.475	10.542	14669	0.02	6887	0.12	2.12		3-Phenylbutan-2-o
				62123239	100.00	5763806	100.00			

Sample Information



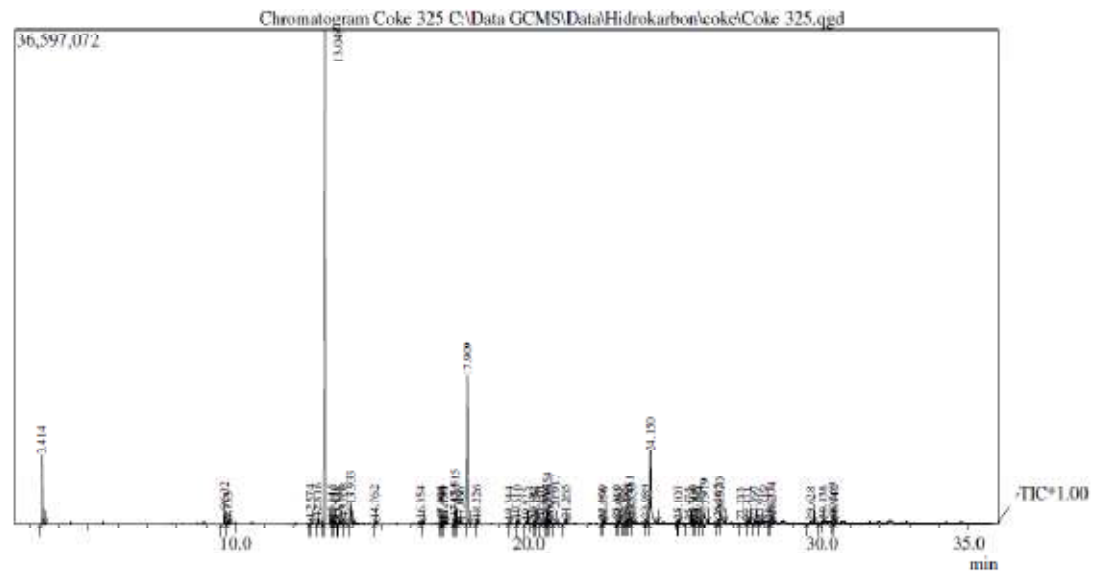
Peak#	R. Time	I. Time	F. Time	Area	Area%	Height	Height%	A/H	Mark	Name
1	3.419	3.350	3.542	9445236	7.81	3978154	5.72	2.37		Toluene
2	9.639	9.525	9.717	1406773	1.16	786342	1.13	1.78	V	Undecane, 5,7-dimethyl
3	12.581	12.550	12.625	569692	0.47	355649	0.51	1.60	V	Dodecane
4	12.824	12.783	12.875	752117	0.62	334430	0.48	2.24	V	Benzaldehyde, ethyl-
5	13.056	13.000	13.283	45346286	37.49	37212366	53.48	1.21	V	Benzaldehyde, 2,4-dimethyl-
6	13.321	13.283	13.392	924094	0.76	264652	0.38	3.49	V	Undecane, 5,7-dimethyl-
7	13.545	13.508	13.592	560083	0.46	206675	0.30	2.70	V	Dodecane, 4,6-dimethyl-
8	13.716	13.692	13.758	657065	0.54	362441	0.52	1.81	V	Undecane, 2,4-dimethyl-
9	13.940	13.875	14.008	2073627	1.71	1179208	1.69	1.75	V	Heptadecane
10	17.461	17.425	17.483	663521	0.55	363428	0.52	1.82	V	Nonadecane
11	17.523	17.483	17.583	2451065	2.03	1211780	1.74	2.02	V	Nonadecane
12	17.916	17.875	18.433	19611107	16.21	11229587	16.14	1.74	SV	Phenol, 2,4-bis(1,1-dimethylethyl)-
13	18.233	18.192	18.267	645318	0.53	299373	0.43	2.15	TV	Nonadecane
14	20.605	20.550	20.625	751124	0.62	334401	0.48	2.24	V	Heneicosane
15	20.662	20.625	20.700	2143868	1.77	1049496	1.51	2.04	V	Eicosane
16	23.541	23.492	23.600	1446918	1.20	370389	0.53	3.90	V	Silane, trichlorooctadecyl-
17	24.157	24.108	24.658	14240144	11.77	5509042	7.92	2.58	SV	Hexadecanoic acid
18	25.111	25.083	25.150	527829	0.44	211410	0.30	2.49	V	Nonacosane
19	25.608	25.592	25.667	502321	0.42	161385	0.23	3.11	V	Docosane
20	25.873	25.825	25.900	502557	0.42	214711	0.31	2.34	V	Eicosane
21	25.986	25.942	26.100	2802148	2.32	738822	1.06	3.79	V	Hexatriacontane
22	26.530	26.492	26.675	2468259	2.04	680581	0.98	3.62	V	Octadecanoic acid
23	27.481	27.433	27.567	556268	0.46	134682	0.19	4.13	V	Nonacosane
24	27.706	27.667	27.775	625946	0.52	230217	0.33	2.71	V	2-Ethoxy-3-ethyl-2,3-dihydro-2,2-diphenyl-
25	27.924	27.850	27.975	746775	0.62	145753	0.21	5.12	V	Tetracosane
26	28.167	28.042	28.183	602622	0.50	129850	0.19	4.64	V	Octadecane
27	28.282	28.183	28.342	2004031	1.66	482387	0.69	4.15	V	Hexatriacontane
28	29.635	29.583	29.725	529172	0.44	125742	0.18	4.20	V	Nonacosane
29	30.043	29.883	30.100	1129946	0.93	160082	0.23	7.05	V	Tetrapentacontane
30	30.125	30.100	30.242	523218	0.43	74487	0.11	7.02	V	Tetradecane
31	30.378	30.325	30.400	1000707	0.83	349978	0.50	2.85	V	Tetrapentacontane
32	30.427	30.400	30.483	944013	0.78	328804	0.47	2.87	V	1,2-Benzenedicarboxylic acid, mono(2-eth
33	32.083	32.050	32.292	505316	0.42	44852	0.06	11.26	V	Tetrapentacontane
34	32.328	32.292	32.408	741594	0.61	184284	0.26	4.02	V	Tetrapentacontane
35	32.886	32.833	33.017	570212	0.47	135631	0.19	4.20		9-Octadecenamide
				120970972	100.00	69581071	100.00			

Sample Information



Peak Report TIC										
Peak#	R. Time	I. Time	F. Time	Area	Area%	Height	Height%	A/H	Mark	Name
1	3.426	3.350	3.567	6045946	6.87	3117292	7.69	1.93		Toluene
2	8.228	8.192	8.275	212292	0.24	123996	0.31	1.71		Heptane, 2,2,4,6,6-pentamethyl-
3	9.641	9.525	9.725	942938	1.07	522527	1.29	1.80	V	Undecane, 5,7-dimethyl-
4	9.762	9.725	9.817	220487	0.25	122064	0.30	1.80	V	Octane, 5-ethyl-2-methyl-
5	12.582	12.550	12.625	295858	0.34	181407	0.45	1.63	V	Dodecane
6	12.824	12.792	12.875	385168	0.44	158773	0.39	2.42	V	1,3-Hexanedione, 1-phenyl-2,5-dimethyl-
7	13.056	13.000	14.975	46709472	53.09	22682934	55.99	2.05	SV	Benzaldehyde, 2,4-dimethyl
8	13.717	13.692	13.758	310065	0.35	191700	0.47	1.61	TV	Undecane, 2,4-dimethyl
9	13.941	13.883	13.992	1118642	1.27	683618	1.69	1.63	T	Heptadecane
10	14.770	14.733	14.817	235101	0.27	128921	0.32	1.82	T	Undecane, 5,7-dimethyl-
11	17.104	17.050	17.192	367699	0.42	78295	0.19	4.69	V	Decane, 2-methyl-
12	17.463	17.425	17.483	316351	0.36	165963	0.41	1.90	V	Heptadecane
13	17.524	17.483	17.583	1264070	1.44	636573	1.57	1.98	V	Heptadecane
14	17.675	17.583	17.708	247889	0.28	75372	0.19	3.28	V	Octadecane
15	17.916	17.875	18.033	9828563	11.17	5583083	13.78	1.76	V	Phenol, 2,4-bis(1,1-dimethylethyl)
16	18.235	18.192	18.275	319340	0.36	144888	0.36	2.20	V	Docosane
17	19.352	19.242	19.383	214004	0.24	61009	0.15	3.50	V	Undecane, 5,7-dimethyl
18	19.619	19.592	19.658	205844	0.23	96897	0.24	2.12	V	Undecane, 5,7-dimethyl
19	20.606	20.550	20.625	348660	0.40	156850	0.39	2.22	V	Heptadecane
20	20.662	20.625	20.700	1059445	1.20	505107	1.25	2.09	V	Eicosane
21	20.733	20.700	20.767	248006	0.28	120462	0.30	2.05	V	Nonadecane
22	21.274	21.250	21.325	281394	0.32	130489	0.32	2.15	V	Eicosane
23	23.020	22.892	23.050	201123	0.23	72407	0.18	2.77	V	Nonadecane
24	23.371	23.325	23.408	233361	0.27	99400	0.25	2.34	V	Nonadecane
25	23.459	23.408	23.492	899785	1.02	420775	1.04	2.13	V	Eicosane
26	23.542	23.492	23.592	596727	0.68	150912	0.37	3.95	V	Tricosane
27	23.996	23.958	24.033	250979	0.29	132992	0.33	1.88	V	Eicosane
28	24.149	24.108	24.658	5755705	6.54	1550689	3.83	3.71	SV	Hexadecanoic acid
29	25.114	25.083	25.150	247280	0.28	106619	0.26	2.31	V	Heneicosane
30	25.258	25.225	25.508	224209	0.25	28981	0.07	7.73		Hexadecane
31	25.578	25.550	25.667	409175	0.47	85785	0.21	4.76	V	Heneicosane
32	25.708	25.667	25.742	203633	0.23	70972	0.18	2.86	V	Heptadecane
33	25.873	25.825	25.900	228120	0.26	106140	0.26	2.14	V	Nonadecane
34	25.987	25.942	26.100	1391734	1.58	374670	0.92	3.71	V	Tetrapentacontane
35	26.471	26.433	26.500	233386	0.27	92028	0.23	2.53		Tetradecane
36	26.538	26.500	26.683	874608	0.99	199418	0.49	4.38	V	Octadecanoic acid
37	27.477	27.433	27.567	267583	0.30	68138	0.17	3.92		Eicosane
38	27.705	27.567	27.775	424807	0.48	112718	0.28	3.76	V	N-Dimethylaminomethylidene-2-amino-o
39	27.926	27.850	27.975	376660	0.43	74277	0.18	5.07	V	Nonadecane
40	28.058	28.042	28.142	221703	0.25	36926	0.09	6.00	V	Undecane, 2,4-dimethyl-
41	28.167	28.142	28.217	284594	0.32	70980	0.18	4.00	V	Octadecane
42	28.284	28.217	28.342	931099	1.06	261619	0.65	3.55	V	Tetrapentacontane
43	28.373	28.342	28.442	296930	0.34	72989	0.18	4.06	V	Eicosane
44	28.718	28.683	28.783	217333	0.25	70016	0.17	3.10	V	Tetrapentacontane
45	30.047	29.950	30.100	318754	0.36	57714	0.14	5.52		Nonacosane
46	30.379	30.325	30.408	499554	0.57	169139	0.42	2.95	V	Tetrapentacontane
47	30.428	30.408	30.492	334081	0.38	123589	0.31	2.70	V	Hexasiloxane, tetradecamethyl-
48	30.702	30.550	30.733	218937	0.25	77568	0.19	2.82	V	Hexasiloxane, tetradecamethyl-
49	32.332	32.275	32.400	348372	0.40	93585	0.23	3.72		Tetrapentacontane
50	32.897	32.850	32.992	307828	0.35	65995	0.16	4.66	V	9-Octadecenamide
				87975294	100.00	40515261	100.00			

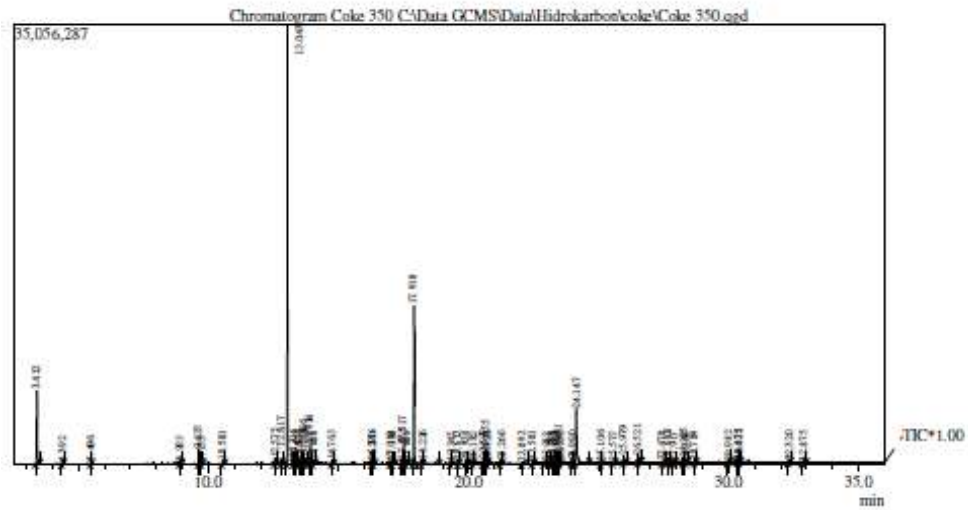
Sample Information



Peak Report TIC										
Peak#	R.Time	I.Time	F.Time	Area	Area%	Height	Height%	A/H	Mark	Name
1	3.414	3.358	3.525	10837933	8.22	5057582	6.62	2.14		Toluene
2	9.632	9.517	9.708	1765685	1.34	992874	1.30	1.77	V	Octane, 5-ethyl-2-methyl-
3	9.753	9.708	9.817	419496	0.32	235519	0.31	1.78	V	Octane, 5-ethyl-2-methyl-
4	12.574	12.533	12.625	614288	0.47	362115	0.47	1.69	V	Dodecane
5	12.816	12.783	12.867	832870	0.63	391917	0.51	2.12	V	Benzaldehyde, ethyl-
6	13.048	12.992	13.275	42139332	31.96	36591775	47.88	1.15	V	Benzaldehyde, 2,4-dimethyl-
7	13.315	13.275	13.383	955552	0.72	301387	0.39	3.17	V	Tetradecane
8	13.421	13.383	13.458	466628	0.35	162843	0.21	2.86	V	Undecane, 4,7-dimethyl-
9	13.538	13.500	13.583	613973	0.47	236781	0.31	2.59	V	Dodecane, 4,6-dimethyl-
10	13.708	13.683	13.750	770876	0.58	429589	0.56	1.79	V	Undecane, 2,4-dimethyl-
11	13.933	13.867	14.017	2453200	1.86	1432045	1.87	1.71	V	Hexadecane
12	14.762	14.733	14.825	497462	0.38	270875	0.35	1.83	V	Hexadecane
13	16.354	16.325	16.408	456564	0.35	237085	0.31	1.92	V	Octadecane
14	17.008	16.975	17.042	459673	0.35	224737	0.29	2.04	V	Octadecane
15	17.094	17.042	17.108	509368	0.39	200903	0.26	2.53	V	Decane, 4-methyl-
16	17.130	17.108	17.183	452436	0.34	203519	0.27	2.22	V	Eicosane, 2,4-dimethyl-
17	17.454	17.417	17.475	795092	0.60	418196	0.55	1.90	V	Heptadecane
18	17.515	17.475	17.575	2909345	2.21	1436268	1.88	2.02	V	Heptadecane
19	17.666	17.575	17.692	627931	0.48	180820	0.24	3.47	V	Nonadecane
20	17.909	17.867	18.017	18870835	14.31	10905848	14.27	1.73	V	Phenol, 2,4-bis(1,1-dimethylethyl)- (CAS)
21	18.226	18.183	18.267	784463	0.59	348636	0.46	2.25	V	Hexadecane
22	19.344	19.300	19.383	430010	0.33	167366	0.22	2.56	V	Heneicosane
23	19.610	19.583	19.650	551612	0.42	257963	0.34	2.13	V	Heptadecane
24	19.925	19.858	19.958	504827	0.38	151701	0.20	3.32	V	Pentadecane, 2,6,10-trimethyl-
25	20.182	20.142	20.217	570549	0.43	215850	0.28	2.64	V	Heptadecane
26	20.256	20.217	20.300	409032	0.31	141278	0.18	2.89	V	Octadecane (
27	20.440	20.400	20.483	425942	0.32	122408	0.16	3.47	V	Hexadecane, 2,6,10,14-tetramethyl-
28	20.597	20.542	20.617	969463	0.74	432933	0.57	2.23	V	Heneicosane
29	20.654	20.617	20.692	2692330	2.04	1277286	1.67	2.10	V	Eicosane
30	20.725	20.692	20.750	640240	0.49	311718	0.41	2.05	V	Eicosane
31	20.917	20.842	20.950	417157	0.32	80016	0.10	5.21	V	Hexadecane, 2,6,10,14-tetramethyl-
32	21.265	21.158	21.308	1152229	0.87	342454	0.45	3.36	V	Eicosane
33	22.500	22.467	22.525	489546	0.37	271852	0.36	1.80	V	Heptadecane
34	22.576	22.525	22.633	480294	0.36	118384	0.15	4.05	V	Octadecane
35	23.010	22.975	23.042	435773	0.33	206715	0.27	2.10	V	Heneicosane
36	23.065	23.042	23.100	419333	0.32	178923	0.23	2.34	V	Heneicosane
37	23.265	23.233	23.325	516424	0.39	165843	0.22	3.11	V	Heneicosane
38	23.364	23.325	23.400	615162	0.47	271593	0.36	2.26	V	Heneicosane
39	23.451	23.400	23.483	2109834	1.60	948269	1.24	2.22	V	Eicosane
40	23.533	23.483	23.583	1498692	1.14	385373	0.50	3.88	V	Tetradecane, 2,6,10-trimethyl-
41	23.989	23.950	24.025	545171	0.41	297166	0.39	1.83	V	Eicosane
42	24.150	24.100	24.408	12472219	9.46	5246997	6.87	2.37	V	Hexadecanoic acid
43	25.103	25.075	25.142	522424	0.40	212895	0.28	2.45	V	Eicosane
44	25.475	25.317	25.542	422263	0.32	46258	0.06	9.12	V	6-Hydroxytryptinone
45	25.600	25.583	25.658	477167	0.36	152872	0.20	3.12	V	Eicosane
46	25.705	25.658	25.733	439203	0.33	145806	0.19	3.01	V	Heneicosane
47	25.864	25.825	25.892	469183	0.36	207082	0.27	2.26	V	Eicosane

48	25.979	25.933	26.092	2775663	2.10	745596	0.98	3.72	V	Tetrapentacontane
49	26.462	26.400	26.483	497334	0.38	206822	0.27	2.40	V	Octadecane
50	26.520	26.483	26.717	2635985	2.00	652307	0.85	4.04	V	Octadecanoic acid
51	27.233	27.158	27.433	439886	0.33	37333	0.05	11.78	V	Docosane (
52	27.471	27.433	27.558	588276	0.45	139964	0.18	4.20	V	Nonacosane
53	27.697	27.658	27.767	678935	0.51	220171	0.29	3.08	V	2-Ethoxy-3-ethyl-2,3-dihydro-2,2-dipheny
54	27.916	27.833	27.967	855738	0.65	148917	0.19	5.74	V	Nonacosane
55	28.217	28.175	28.242	579449	0.44	157847	0.21	3.67	V	Tetradecane, 4-ethyl-
56	28.274	28.242	28.333	1482474	1.12	472063	0.62	3.14	V	Tetrapentacontane
57	29.628	29.467	29.717	450357	0.34	108684	0.14	4.14	V	Hexatriacontane
58	30.038	29.883	30.092	640069	0.49	102697	0.13	6.23		Tetrapentacontane
59	30.369	30.317	30.400	912502	0.69	344489	0.45	2.64		Tetracosane
60	30.442	30.400	30.475	415863	0.32	105985	0.14	3.92	V	Tetracosane
				131861612		76421190	100.0			

Sample Information

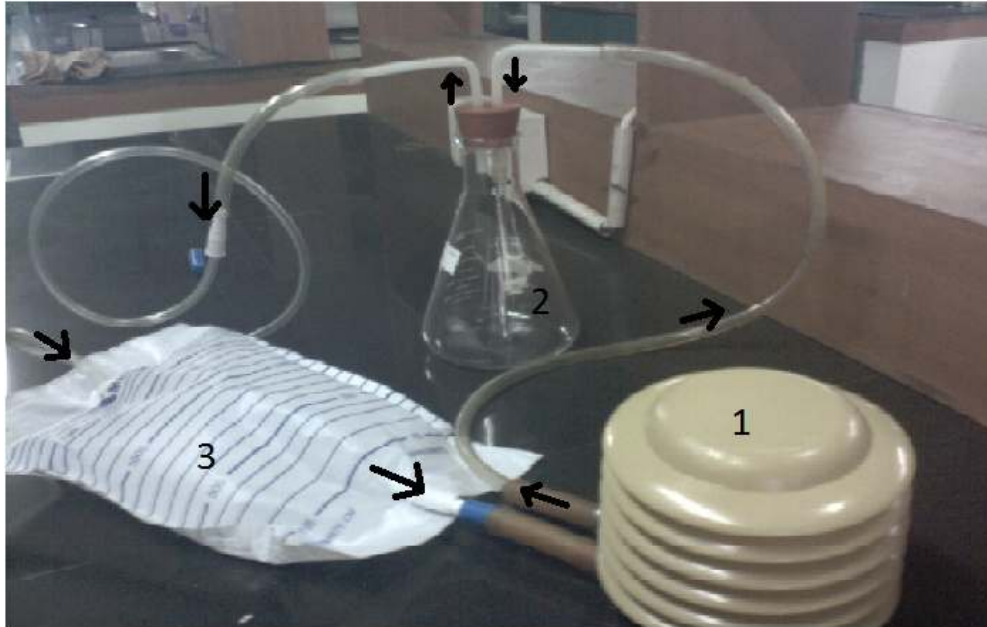


Peak Report TIC										
Peak#	R.Time	I.Time	F.Time	Area	Area%	Height	Height%	A/H	Mark	Name
1	3.412	3.358	3.525	11055727	8.65	5803768	7.68	1.90		Toluene
2	4.392	4.350	4.442	383530	0.30	222265	0.29	1.72		Heptane, 2,4-dimethyl-
3	5.496	5.458	5.525	438505	0.34	246167	0.33	1.78		1-Hexene, 6-bromo-
4	8.933	8.883	8.992	440795	0.34	246929	0.33	1.78		Nonane, 2,6-dimethyl-
5	9.633	9.600	9.717	1895950	1.48	1119320	1.48	1.69	V	Undecane, 5,7-dimethyl-
6	9.755	9.717	9.808	459227	0.36	254338	0.34	1.80	V	Octane, 5-ethyl-2-methyl-
7	10.581	10.508	10.650	428114	0.34	213958	0.28	2.00		Undecane, 5,7-dimethyl-
8	12.575	12.542	12.625	748146	0.59	456891	0.60	1.63	V	Dodecane
9	12.817	12.783	12.858	849329	0.66	397420	0.53	2.13	V	Benzaldehyde, ethyl-
10	13.048	13.000	13.258	39637474	31.02	35054527	46.41	1.13	V	Benzaldehyde, 2,4-dimethyl-
11	13.316	13.258	13.392	1247816	0.98	332936	0.44	3.74	V	Undecane, 4,7-dimethyl-
12	13.422	13.392	13.458	482744	0.38	182826	0.24	2.64	V	Undecane, 4,7-dimethyl-
13	13.539	13.500	13.608	770521	0.60	264360	0.35	2.91	V	Dodecane, 4,6-dimethyl-
14	13.666	13.608	13.683	351621	0.28	118033	0.16	2.97	V	Nonane, 2,6-dimethyl-
15	13.710	13.683	13.792	924415	0.72	455388	0.60	2.02	V	Undecane, 2,4-dimethyl
16	13.934	13.867	14.000	2625665	2.05	1495826	1.98	1.75	V	Heptadecane
17	14.088	14.000	14.117	394091	0.31	171488	0.23	2.29	V	Octane, 5-ethyl-2-methyl-
18	14.763	14.725	14.833	531897	0.42	273853	0.36	1.94	V	Heptadecane
19	16.290	16.267	16.325	374174	0.29	169330	0.22	2.20	V	Pentadecane
20	16.356	16.325	16.425	489609	0.38	255601	0.34	1.91	V	Octadecane
21	17.010	16.975	17.050	457542	0.36	209056	0.28	2.18	V	Octadecane
22	17.130	17.050	17.192	897816	0.70	192098	0.25	4.67	V	Undecane, 2,4-dimethyl-
23	17.455	17.417	17.475	737799	0.58	403442	0.53	1.82	V	Heptadecane
24	17.517	17.475	17.575	2800694	2.19	1414744	1.87	1.97	V	Heptadecane
25	17.666	17.575	17.700	627810	0.49	168300	0.22	3.73	V	Nonadecane
26	17.910	17.867	18.892	22067563	17.27	12606723	16.69	1.75	SV	Phenol, 2,4-bis(1,1-dimethylethyl)- (CAS)
27	18.226	18.183	18.267	730047	0.57	331863	0.44	2.19	TV	Heptadecane
28	19.345	19.300	19.383	358368	0.28	139917	0.19	2.56	V	Pentadecane
29	19.612	19.583	19.650	452178	0.35	206989	0.27	2.18	V	Heptadecane
30	19.924	19.867	19.967	365264	0.29	119679	0.16	3.05	V	Pentadecane, 2,6,10-trimethyl- S\$ 2,6,10-T
31	20.182	20.142	20.217	442086	0.35	174316	0.23	2.53	V	Heptadecane
32	20.597	20.542	20.625	817065	0.64	331831	0.44	2.46	V	Heneicosane
33	20.655	20.625	20.692	2081630	1.63	1028978	1.36	2.02	V	Eicosane
34	20.724	20.692	20.758	505066	0.40	237993	0.32	2.12	V	Heptadecane
35	21.266	21.200	21.308	756452	0.59	274790	0.36	2.75	V	Eicosane
36	22.092	22.042	22.292	400068	0.31	57906	0.08	6.90	V	Tridecane
37	22.501	22.433	22.533	387895	0.30	203444	0.27	1.90		Heneicosane
38	23.012	22.892	23.042	458158	0.36	145278	0.19	3.15	V	Octadecane
39	23.158	23.100	23.183	354625	0.28	107088	0.14	3.31	V	Nonadecane
40	23.266	23.233	23.325	377648	0.30	121096	0.16	3.11	V	Eicosane
41	23.364	23.325	23.400	462677	0.36	196876	0.26	2.35	V	Heneicosane
42	23.451	23.400	23.483	1658372	1.30	760465	1.01	2.18	V	Eicosane
43	23.535	23.483	23.583	1161917	0.91	296767	0.39	3.91	V	Tricosane
44	23.990	23.950	24.025	429132	0.34	243758	0.32	1.76	V	Eicosane

45	24.147	24.100	24.650	11555593	9.04	4389272	5.81	2.63	SV	Hexadecanoic acid
46	25.106	25.075	25.142	415654	0.33	182042	0.24	2.28	V	Eicosane
47	25.573	25.542	25.658	566552	0.44	125635	0.17	4.50	V	Heneicosane
48	25.979	25.933	26.092	2253277	1.76	617898	0.82	3.64	V	Hexatriacontane
49	26.521	26.483	26.667	2227829	1.74	611658	0.81	3.64	V	Octadecanoic acid
50	27.470	27.425	27.567	434265	0.34	115205	0.15	3.76		Eicosane
51	27.698	27.658	27.767	448329	0.35	178015	0.24	2.51		2-Ethoxy-3-ethyl-2,3-dihydro-2,2-dipheny
52	27.917	27.842	27.967	561974	0.44	111056	0.15	5.06	V	Nonacosane
53	28.275	28.233	28.333	1314777	1.03	435777	0.58	3.01	V	Tetrapentacontane
54	28.359	28.333	28.433	397719	0.31	108671	0.14	3.65	V	Nonacosane
55	28.709	28.667	28.775	352522	0.28	111300	0.15	3.16	V	Tetrapentacontane
56	29.982	29.950	29.092	561633	0.44	107574	0.14	5.22	V	Hexanoic acid, undecyl ester
57	30.371	30.317	30.400	761188	0.60	275232	0.36	2.67	V	Tetrapentacontane
58	30.425	30.400	30.483	402838	0.32	128966	0.17	3.12		1,2-Benzenedicarboxylic acid, bis(2-ethylhexyl) ester
59	32.320	32.283	32.400	629339	0.49	166414	0.22	3.78		Tetrapentacontane
60	32.875	32.825	32.992	572926	0.45	156108	0.21	3.67	V	9-Octadecenamide
				127773637	100.0	75529444	100.0			

LAMPIRAN D

SKEMATIK PROSES *BUBBLING*



Keterangan :

1. Pompa udara/kompresor untuk mengalirkan fluida gas. Terdapat aliran masuk dan aliran keluar.
2. Tabung Erlenmeyer merupakan tempat untuk proses bubling. Didalam Erlenmeyer berupa larutan HNO_3 dan indikator PP
3. Urine bag merupakan tempat menampung gas amonia dari reactor.