



UNIVERSITAS INDONESIA

**SINTESIS SENYAWA HIDROKARBON BER-ANGKA OKTAN
TINGGI DARI ETANOL DENGAN MENGGUNAKAN
KATALIS CAMPURAN Al_2O_3 DAN HZSM-5**

SKRIPSI

REZHI RAMADHIA PUTRA

0806456796

**DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
DEPOK
JUNI 2012**



UNIVERSITAS INDONESIA

**SINTESIS SENYAWA HIDROKARBON BER-ANGKA OKTAN
TINGGI DARI ETANOL DENGAN MENGGUNAKAN
KATALIS CAMPURAN Al_2O_3 DAN HZSM-5**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana

REZHI RAMADHIA PUTRA
0806456796

**DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
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 : Rezhi Ramadhia Putra

NPM : 0806456796

Tanda Tangan : 

Tanggal : 27 Juni 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Rezhi Ramadhia Putra
NPM : 0806456796
Program Studi : Teknik Kimia
Judul Skripsi : Sintesis Senyawa Hidrokarbon Ber-angka Oktan Tinggi Dari Etanol Dengan Menggunakan Katalis Campuran Al_2O_3 dan HZSM-5

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 ()

Penguji I : Dr. Ir. Sukirno, M.Eng ()

Penguji II : Bambang Heru S., ST. MT ()

Penguji III : Ir. Rita Arbianti M.Si ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 27 Juni 2012

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah membimbing penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini tepat pada waktunya. Berkat penyertaan-Nya, penulis dapat menyelesaikan makalah seminar dengan judul **“Sintesis Senyawa Hidrokarbon Ber-angka Oktan Tinggi Dari Etanol Dengan Menggunakan Katalis Campuran Al_2O_3 dan HZSM-5”** ini untuk memenuhi tugas skripsi, salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana Teknik Departemen Teknik Kimia pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

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, pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Dr. Ir Widodo W. Purwanto, DEA selaku Ketua Departemen Teknik Kimia FTUI;
- (2) Dr. Ir. Setiadi, M.Eng selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan seminar ini;
- (3) Eva Fathul Karamah S.T., M.T, selaku dosen pembimbing akademik yang telah menyediakan waktu dan membantu kehidupan akademik perkuliahan selama ini;
- (4) Para dosen Departemen Teknik Kimia FTUI yang telah memberikan ilmu dan membagi wawasannya;
- (5) Ibu, Ayah, kakak, serta keluarga yang selalu memberi dukungan dan semangat;
- (6) Arief, Danny, Desy, Eka, Eko, dan Pindonta atas kerjasama, bantuan, dan dukungannya selaku rekan kelompok research group selama ini;
- (7) Teman-teman departemen teknik kimia angkatan 2008 untuk bantuan dan dukungannya selama ini;
- (8) Seluruh karyawan departemen teknik kimia atas seluruh bantuan dan kemudahan yang telah diberikan;

(9) Pihak-pihak lainnya yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam makalah skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun sehingga dapat menyempurnakan skripsi ini dan melaksanakan perbaikan di masa yang akan datang. Semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan memberikan manfaat bagi dunia pendidikan dan ilmu pengetahuan. Akhir kata, penulis berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Depok, 27 Juni 2012

Rezhi Ramadhia Putra

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Rezhi Ramadhia Putra
NPM : 0806456796
Program Studi : Teknik Kimia
Departemen : Teknik Kimia
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :
Sintesis Senyawa Hidrokarbon Ber-angka Oktan Tinggi Dari Etanol Dengan Menggunakan Katalis Campuran Al_2O_3 dan HZSM-5

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 memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : 27 Juni 2012
Yang menyatakan



(Rezhi Ramadhia Putra)

ABSTRAK

Nama : Rezhi Ramadhia Putra
Program Studi : Teknik Kimia
Judul : Sintesis Senyawa Hidrokarbon Ber-angka Oktan Tinggi Dari Etanol Dengan Menggunakan Katalis Campuran Al_2O_3 dan HZSM-5

Kebutuhan manusia akan minyak bumi sekarang semakin besar. Karena itu diperlukan sumber energi lain sebagai alternatif, salah satunya adalah etanol. Peneliti-peneliti sebelumnya kebanyakan menggunakan bahan dari minyak sawit untuk memproduksi hidrokarbon, sedangkan pada penelitian ini digunakan etanol. Etanol merupakan senyawa dengan gugus oksigen dan dalam hal ini serupa dengan methanol. Reaksi dilakukan pada reaktor fixed bed pada kondisi atmosferik selama kurang lebih 3 jam. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa komposisi 15% HZSM-5 pada suhu reaksi $450\text{ }^\circ\text{C}$ merupakan kondisi optimum untuk mencapai angka oktan tertinggi yaitu 109.6, dimana pada kondisi ini terdapat sejumlah isoparafin, dan senyawa aromatis yang cukup besar.

Kata kunci:

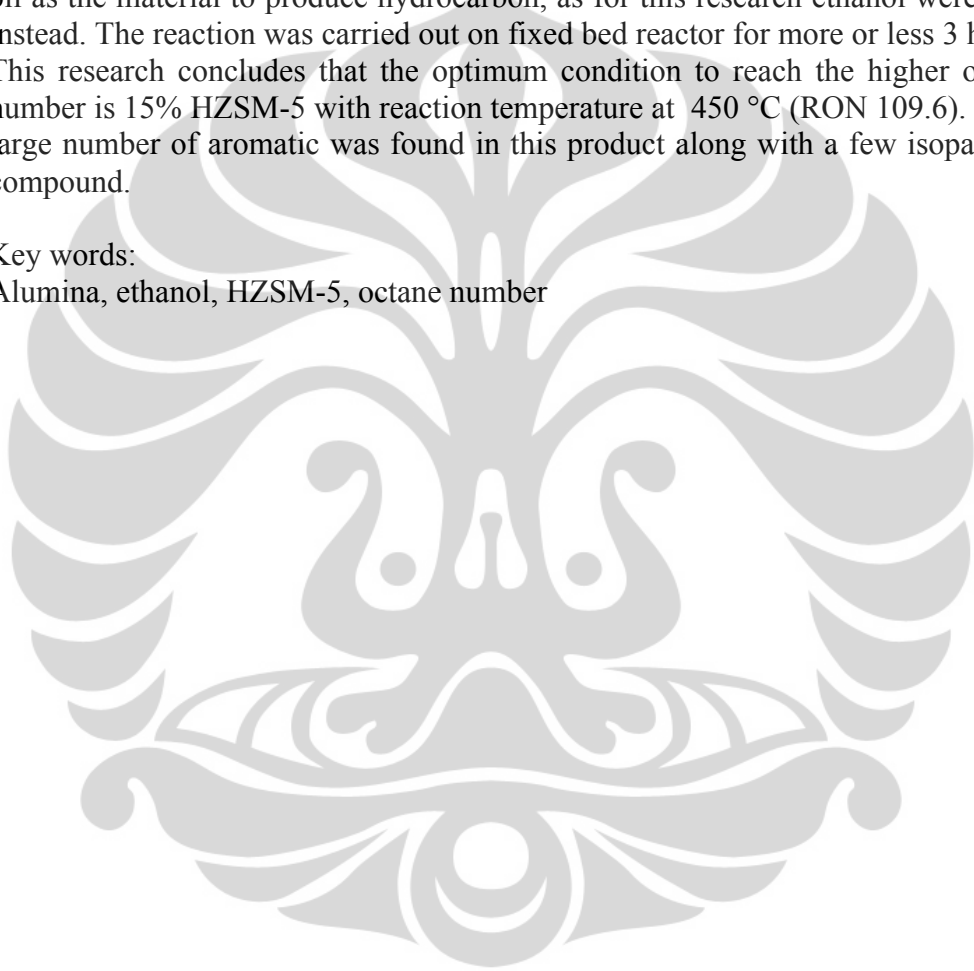
Alumina, angka oktan, etanol, HZSM-5

ABSTRACT

Name : Rezhi Ramadhia Putra
Study Program: Chemical Engineering
Title : Synthesis Of High Octane Hydrocarbon From Ethanol Over
Al₂O₃ and HZSM-5 Catalyst

Human needs of crude oil is getting bigger nowadays. Hence, we need a new source of energy, and one of them is ethanol. Previous research mostly used palm oil as the material to produce hydrocarbon, as for this research ethanol were used instead. The reaction was carried out on fixed bed reactor for more or less 3 hours. This research concludes that the optimum condition to reach the higher octane number is 15% HZSM-5 with reaction temperature at 450 °C (RON 109.6). Quite large number of aromatic was found in this product along with a few isoparaffin compound.

Key words:
Alumina, ethanol, HZSM-5, octane number

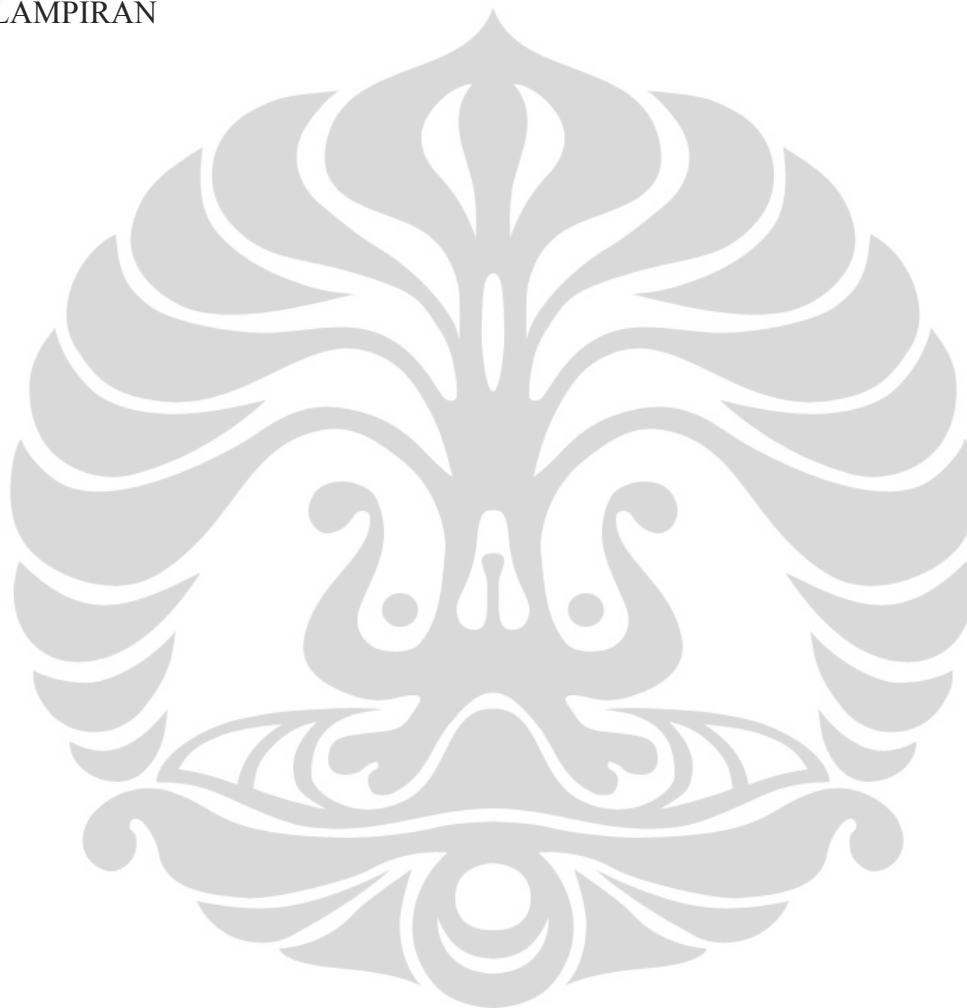


DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN SEMINAR.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	vi
ABSTRAK.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.1 Rumusan Masalah.....	4
1.1 Tujuan Penelitian.....	4
1.1 Batasan Masalah.....	4
1.1 Sistematika Penulisan.....	5
2. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Etanol.....	6
2.2 Katalis.....	8
2.2.1 Al ₂ O ₃	8
2.2.2 HZSM-5.....	9
2.3 Angka Oktan.....	12
2.4 Metode Analisis.....	14
2.4.1 Analisis GC/MS.....	14
3. METODE PENELITIAN.....	16
3.1 Rancangan Penelitian.....	16
3.2 Prosedur Penelitian.....	17
3.2.1 Pencampuran Katalis.....	17
3.2.2 Menyiapkan Umpan.....	18
3.2.3 Tahap Reaksi.....	18
3.2.4 Analisis Data.....	21
4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	22
4.1 Identifikasi Produk Hasil Reaksi.....	22
4.1.1 Identifikasi Produk Hasil Reaksi dengan 5% ZSM-5 pada 350 °C.....	22
4.1.2 Identifikasi Produk Hasil Reaksi dengan 5% ZSM-5 pada 400 °C.....	24
4.1.3 Identifikasi Produk Hasil Reaksi dengan 5% ZSM-5 pada 450 °C.....	25
4.1.4 Identifikasi Produk Hasil Reaksi dengan 10% ZSM-5 pada 350 °C.....	27
4.1.5 Identifikasi Produk Hasil Reaksi dengan 10% ZSM-5 pada 400 °C.....	29
4.1.6 Identifikasi Produk Hasil Reaksi dengan 10% ZSM-5 pada 450 °C.....	30
4.1.7 Identifikasi Produk Hasil Reaksi dengan 15% ZSM-5 pada 350 °C.....	31
4.1.8 Identifikasi Produk Hasil Reaksi dengan 15% ZSM-5 pada 400 °C.....	32
4.1.9 Identifikasi Produk Hasil Reaksi dengan 15% ZSM-5 pada 450 °C.....	34

4.1.10 Identifikasi Produk Hasil Reaksi dengan 20% ZSM-5 pada 350 °C .	35
4.1.11 Identifikasi Produk Hasil Reaksi dengan 20% ZSM-5 pada 400 °C .	37
4.1.12 Identifikasi Produk Hasil Reaksi dengan 20% ZSM-5 pada 450 °C .	38
4.2 Angka Oktan Produk.....	39
4.2.1 Pengolahan Data.....	40
4.2.2 Angka Oktan Produk Hasil Sintesis Hidrokarbon Dari Etanol.....	42
5. KESIMPULAN DAN SARAN	46
DAFTAR PUSTAKA	47

LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat fisik dan kimia alumina	8
Tabel 2.2 Angka oktan beberapa jenis hidrokarbon.....	13
Tabel 4.1 Pengelompokkan Senyawa dan Komposisi Produk dengan 5% HZSM-5 Pada Suhu 350 °C.....	23
Tabel 4.2 Pengelompokkan Senyawa dan Komposisi Produk dengan 5% HZSM-5 Pada Suhu 400 °C.....	25
Tabel 4.3 Pengelompokkan Senyawa dan Komposisi Produk dengan 5% HZSM-5 Pada Suhu 450 °C.....	27
Tabel 4.4 Pengelompokkan Senyawa dan Komposisi Produk dengan 10% HZSM-5 Pada Suhu 350 °C.....	28
Tabel 4.5 Pengelompokkan Senyawa dan Komposisi Produk dengan 10% HZSM-5 Pada Suhu 400 °C.....	30
Tabel 4.6 Pengelompokkan Senyawa dan Komposisi Produk dengan 10% HZSM-5 Pada Suhu 450 °C.....	31
Tabel 4.7 Pengelompokkan Senyawa dan Komposisi Produk dengan 15% HZSM-5 Pada Suhu 350 °C.....	32
Tabel 4.8 Pengelompokkan Senyawa dan Komposisi Produk dengan 15% HZSM-5 Pada Suhu 400 °C.....	33
Tabel 4.9 Pengelompokkan Senyawa dan Komposisi Produk dengan 15% HZSM-5 Pada Suhu 450 °C.....	35
Tabel 4.10 Pengelompokkan Senyawa dan Komposisi Produk dengan 20% HZSM-5 Pada Suhu 350 °C.....	36
Tabel 4.11 Pengelompokkan Senyawa dan Komposisi Produk dengan 20% HZSM-5 Pada Suhu 400 °C.....	38
Tabel 4.12 Pengelompokkan Senyawa dan Komposisi Produk dengan 20% HZSM-5 Pada Suhu 450 °C.....	39
Tabel 4.13 Tabel Pengolahan Data untuk Produk Dengan 15% HZSM-5 Pada Suhu Reaksi 450 °C.....	40
Tabel 4.14 Komposisi Produk Berdasarkan Pengelompokkan Senyawa Hidrokarbon untuk Produk dengan 15% HZSM-5 pada Suhu Reaksi 450 °C.....	41
Tabel 4.15 Standar Karakteristik Senyawa Pada Bensin	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pembentukan Ion Karbonium.....	7
Gambar 2.2 Pelepasan Proton	7
Gambar 2.3 Dehidrasi Alkohol	7
Gambar 2.4 Unit Pembentuk sekunder dari zeolit ZSM-5.....	10
Gambar 2.5 Bentuk polihedral simetris zeolit ZSM-5	10
Gambar 2.6 Sistem rongga zeolit ZSM-5	11
Gambar 2.7 Bentuk Saluran Dari ZSM-5	11
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	17
Gambar 3.2 Desain reaktor reaksi katalitik.....	20
Gambar 4.1 Spektrum kromatogram dengan 5% HZSM-5 pada suhu 350 °C	23
Gambar 4.2 Spektrum kromatogram dengan 5% HZSM-5 pada suhu 400 °C	24
Gambar 4.3 Spektrum kromatogram dengan 5% HZSM-5 pada suhu 450 °C	26
Gambar 4.4 Spektrum kromatogram dengan 10% HZSM-5 pada suhu 350 °C ...	28
Gambar 4.5 Spektrum kromatogram dengan 10% HZSM-5 pada suhu 400 °C ...	29
Gambar 4.6 Spektrum kromatogram dengan 10% HZSM-5 pada suhu 450 °C ...	30
Gambar 4.7 Spektrum kromatogram dengan 15% HZSM-5 pada suhu 350 °C ...	32
Gambar 4.8 Spektrum kromatogram dengan 15% HZSM-5 pada suhu 400 °C ...	33
Gambar 4.9 Spektrum kromatogram dengan 15% HZSM-5 pada suhu 450 °C ...	34
Gambar 4.10 Spektrum kromatogram dengan 20% HZSM-5 pada suhu 350 °C .	36
Gambar 4.11 Spektrum kromatogram dengan 20% HZSM-5 pada suhu 400 °C .	37
Gambar 4.12 Spektrum kromatogram dengan 20% HZSM-5 pada suhu 450 °C .	38
Gambar 4.13 Angka oktan produk hidrokarbon pada berbagai kondisi	42
Gambar 4.14 Distribusi Senyawa Hidrokarbon Pada Komposisi Katalis 15% HZSM-5	44

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan manusia akan minyak bumi saat ini semakin besar saja. Berbagai faktor mempengaruhi meningkatnya kebutuhan ini. Produk-produk dari hasil pengolahan minyak bumi yang paling banyak kebutuhannya adalah untuk bahan bakar. Apalagi perkembangan kendaraan bermotor yang semakin pesat artinya juga meningkatnya kebutuhan bahan bakar untuk kendaraan bermotor itu sendiri. Semakin besarnya kebutuhan bahan bakar dari minyak bumi ini, tidak dapat diimbangi dengan cadangan minyak bumi yang ada saat ini karena minyak bumi merupakan sumber energi non renewable.

Minyak bumi merupakan salah satu jenis sumber energi yang tidak dapat diperbaharui (non renewable). Ini disebabkan karena minyak bumi terbentuk di dalam bumi dalam tempo waktu yang sangat lama, hingga ribuan tahun bahkan lebih. Itu berarti, apabila suatu sumur minyak sudah tidak dapat mengeluarkan minyak lagi, diperlukan waktu yang sangat lama untuk mendapatkan sumber minyak yang baru. Indonesia sendiri dalam hal ini harus mengimpor minyak untuk memenuhi kebutuhan minyak bumi di dalam negeri. Produksi minyak Indonesia sampai akhir tahun 2009 mencapai 900.000 barel per hari, dan 50 persen dikirim keluar negeri mengingat 87 persen sektor migas dikuasai oleh asing. Kebutuhan minyak Indonesia sendiri pada saat itu mencapai 1,4 juta barel per hari, sehingga masih perlu impor 950.000 barel per hari (Cadangan minyak, 2010). Untuk mengatasi hal ini, perlu dibuat kilang-kilang minyak baru, akan tetapi kebutuhan minyak tersebut kemungkinan baru akan tercukupi pada tahun 2015 (Produksi minyak, 2009). Oleh karena itu diperlukan sumber energi alternatif yang cukup memadai untuk mengatasi terbatasnya minyak bumi ini.

Salah satu sumber energi baru yang diperlukan adalah sumber energi yang dapat terbarukan (renewable) karena etanol dapat dibuat dari fermentasi terutama tumbuh-tumbuhan, oleh karena itulah dipilih etanol sebagai bahan baku pembuatan hidrokarbon sebagai alternatif energi. Selain itu, etanol merupakan senyawa yang lebih ramah lingkungan. Pada gasohol misalnya, hasil pembakaran

yang dihasilkan etanol memiliki emisi karbon yang lebih rendah dibandingkan bahan bakar biasa. Akan tetapi, untuk mencampurkan etanol ke dalam bahan bakar diperlukan etanol dengan kemurnian yang sangat tinggi sehingga ini menjadi kendala. Oleh karena itu, dipilihlah etanol sebagai bahan baku pada penelitian ini untuk dikonversikan menjadi hidrokarbon agar dapat ditambahkan dalam bahan bakar dengan fungsi yang sama seperti pada gasohol yaitu sebagai peningkat angka oktan.

Dalam studi transformasi katalitik ethanol dengan katalis zeolit HZSM-5 memperlihatkan bahwa mekanisme yang terjadi serupa dengan reaksi yang terjadi pada proses MTG atau methanol to gasoline (Shah, 1996). Selain itu, range produk yang dihasilkan juga mirip (Schulz, 1994). Hal ini menunjukkan bahwa proses yang dilakukan pada MTG secara umum juga dapat diaplikasikan pada BTG. Studi mengenai pembuatan hidrokarbon dengan menggunakan katalis hybrid juga telah dilakukan sebelumnya, di mana katalis yang dipakai adalah B_2O_3 /Zeolit, dan bahan yang dipakai adalah campuran minyak sawit dan methanol dengan reaksi perengkahan katalitik (Mailisa, 2006).

Selama ini salah satu indikator kualitas bahan bakar dari minyak bumi adalah angka oktan. Misalnya dalam bahan bakar komersial yang diproduksi PT. Pertamina seperti premium yang memiliki angka oktan sekitar 88, sedangkan pertamax berangka oktana 92. Perbedaan angka oktan antara kedua produk bensin tersebut memang hanya sedikit, namun perbedaan yang sedikit ini sangat berpengaruh baik terhadap kinerja mesin maupun dari segi perbedaan harga. Pada dasarnya secara prinsip dari senyawa kimia, angka oktan sangat berkorelasi dengan jenis senyawa hidrokarbon. Biasanya senyawa hidrokarbon yang baik sebagai peningkat angka oktan adalah senyawa aromatik, naftena (rantai karbon siklik), atau rantai karbon bercabang. Oleh karenanya apabila dalam campuran bahan bakar banyak mengandung senyawa tersebut maka bahan bakar tersebut akan mempunyai nilai angka oktan yang tinggi. Senyawa beroktana tinggi tersebut umumnya berasal dari minyak bumi, dan baru dapat diperoleh setelah melalui serangkaian proses pengolahan terlebih dahulu. Dalam penelitian ini, senyawa tersebut diupayakan dapat disintesa dari etanol yang asal mulanya bukan

dari fraksi minyak bumi dan merupakan senyawa yang renewable yang didapat dari hasil fermentasi.

Saat ini etanol mulai digunakan untuk dicampurkan langsung kedalam bahan bakar minyak yang disebut dengan gasohol dengan berbagai kandungan (misalnya E-95, E-90). Namun etanol yang digunakan pada gasohol memiliki persyaratan yang sangat ketat, yaitu kadar etanol harus 100 % (murni) sehingga tidak mengandung air dalam bahan bakar gasohol hasil campurannya. Dari segi proses operasi industri kemurnian tersebut sangat sulit diperoleh khususnya dalam industri etanol secara komersial. Hal ini karena pemisahan etanol-air mengalami titik azeotrop pada kadar sekitar 95%, sehingga teknologi distilasi tidak memungkinkan untuk memurnikan dengan tingkat kadar yang lebih tinggi. Disamping itu proses pemurnian dalam operasi industri membutuhkan energi yang sangat tinggi khususnya unit distilasi untuk pemurnian. Hal ini karena beban yang harus diatasi oleh unit tersebut untuk meningkatkan kadar etanol dari hasil fermentasi (sekitar 8-9 %) menjadi etanol 95% atau lebih mencapai sekitar 10 kalinya. Oleh karena itu untuk mengatasi tingginya beban energi yang dikonsumsi serta tingginya persyaratan kadar etanol untuk campuran gasohol, maka penelitian ini memberikan alternatif mengubah langsung etanol menjadi hidrokarbon beroktan tinggi dengan melalui reaksi katalitik. Reaksi katalitik dilangsungkan dengan mengumpukan etanol yang masih mengandung air dalam berbagai persentase (mencapai 60 % etanol) terkonversi menjadi hidrokarbon. Dan hasil konversi yang didapat berupa cairan 2 fasa yakni fasa air dan fasa hidrokarbon yang tidak larut, sehingga secara mudah dipisahkan. Hidrokarbon yang didapat diupayakan memiliki angka oktan tinggi dengan menggunakan rekayasa reaksi katalitik sehingga produk dapat langsung dicampurkan kedalam bahan bakar minyak. Penelitian ini sangat prospektif karena dapat membantu mengurangi beban energi untuk unit distilasi dimana unit distilasi tidak perlu memurnikan etanol sampai dengan 95% atau bahkan 100% untuk campuran gasohol.

Pada penelitian ini, etanol akan direaksikan secara katalitik untuk memperoleh hidrokarbon dengan menggunakan katalis $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Zeolit HZSM-5}$. Penggunaan katalis ini diharapkan dapat meningkatkan yield dari produk dan besarnya angka oktan yang diperoleh. Untuk mengetahui nilai angka oktan ada

beberapa metode yang dapat dilakukan, diantaranya adalah metode GC/MS untuk dapat melihat hidrokarbon apa saja yang terdapat pada produk dan menghitung angka oktannya berdasarkan hubungan antara komposisinya dengan angka oktan.

1.2 Rumusan Masalah

Seberapa besar pengaruh penggunaan katalis $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Zeolit HZSM-5}$ terhadap besar angka oktan yang dihasilkan pada produk hidrokarbon adalah salah satu masalah yang perlu dikaji. Selain itu, bagaimana kondisi operasi yang ideal untuk menghasilkan produk yang diinginkan dan juga masalah tentang bagaimana komposisi pada katalis yang digunakan untuk mencapai produk yang diinginkan juga perlu diselesaikan. Oleh karena itu, dilakukan variasi terutama pada komposisi katalis, dan kondisi operasi untuk mengetahui seberapa besar pengaruhnya terhadap angka oktan produk yang dihasilkan dari reaksi.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

- Menguji apakah sintesis senyawa hidrokarbon dari etanol dengan menggunakan Katalis $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Zeolit HZSM-5}$ dapat menghasilkan produk dengan angka oktan tinggi.
- Memperoleh variable penelitian yaitu komposisi katalis campuran, dan suhu reaksi yang optimum dalam penelitian ini.
- Untuk memperoleh produk hidrokarbon dengan angka oktan tinggi (diatas 88) dari hasil reaksi katalitik.

1.4 Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi dengan:

1. Analisis angka oktan menggunakan metode GC/MS untuk menghitung angka oktan berdasarkan formulasi persamaan yang ada.
2. Katalis yang digunakan bukan merupakan katalis yang dibuat sendiri pada penelitian ini.
3. Etanol yang dipakai merupakan etanol yang telah banyak dijual di pasaran.
4. Suhu operasi dibatasi pada suhu 350 – 450 °C

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan seminar ini adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Berisi latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penulisan, batasan masalah, serta sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Memberikan informasi mengenai hal-hal yang berkaitan dengan penelitian ini, seperti senyawa yang digunakan dalam penelitian, proses perengkahan yang dilakukan, serta katalis yang digunakan dalam reaksi.

BAB III METODE PENELITIAN

Menjelaskan tahapan-tahapan penelitian yang dilakukan dari awal sampai akhir.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Menjelaskan hasil yang diperoleh dari penelitian ini, terutama angka oktan yang diperoleh dan kondisi optimum untuk reaksi dalam penelitian ini.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Menjelaskan kesimpulan apa saja yang dapat diambil dari penelitian ini dan juga saran dari peneliti untuk penelitian selanjutnya.

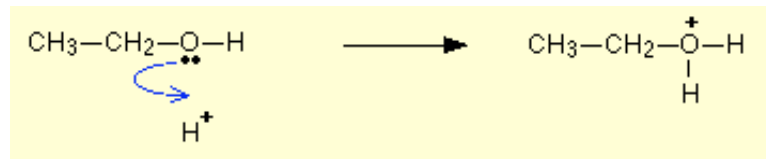
BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

Minyak bumi merupakan salah satu jenis sumber energi yang tidak dapat diperbaharui (non renewable). Ini disebabkan karena minyak bumi terbentuk di dalam bumi dalam tempo waktu yang sangat lama. Indonesia sendiri dalam hal ini harus mengimpor minyak untuk memenuhi kebutuhan minyak bumi di dalam negeri. Produksi minyak Indonesia sampai akhir tahun 2009 mencapai 900.000 barel per hari, dan 50 persen dikirim keluar negeri mengingat 87 persen sektor migas dikuasai oleh asing. Kebutuhan minyak Indonesia sendiri pada saat itu mencapai 1,4 juta barel per hari, sehingga masih perlu impor 950.000 barel per hari (2010b). Untuk mengatasi hal ini, perlu dibuat kilang-kilang minyak baru, akan tetapi kebutuhan minyak tersebut kemungkinan baru akan tercukupi pada tahun 2015(2009). Cadangan minyak Indonesia saat ini juga diperkirakan tersisa sekitar 4,2 miliar barrel atau 10 tahun. Sumur-sumur minyak di Indonesia mayoritas sudah tua, yaitu 70 persen diantaranya, dan kini minim eksplorasi baru (2010a). Oleh karena itu diperlukan sumber energi alternatif yang cukup memadai untuk mengatasi terbatasnya minyak bumi ini, salah satunya dengan memanfaatkan etanol sebagai bahan baku energi terbarukan.

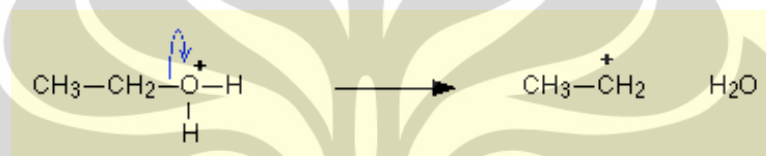
2.1 Etanol

Konversi etanol menjadi hidrokarbon diawali dengan proses dehidrasi etanol. Dehidrasi etanol menjadi olefin dan eter dapat dipengaruhi oleh katalis asam. Reaksi tersebut memerlukan katalis asam yang kuat untuk mengimbangi sifat kepolaran molekul tersebut pada gugus hidroksilnya, agar reaksi bisa berjalan lebih efektif. Tahap pertama dalam dehidrasi etanol adalah pembentukan ion karbonium. Secara umum, katalitik cracking yang terjadi pada zeolit diawali dengan pembentukan ion-ion karbonium pada permukaan zeolit. Asam bronsted dari katalis akan berikatan dengan gugus oksigen dari alkohol, sedangkan bagian basanya akan berikatan dengan hidrogen yang terdapat pada karbon α dari senyawa alkohol tersebut.



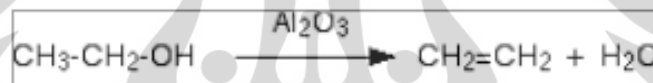
Gambar 2.1 Pembentukan ion karbonium(Clark, 2000)

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



Gambar 2.2 Pelepasan proton (Clark, 2000)

Reaksi akhir dehidrasi etanolnya adalah:



Gambar 2.3 Dehidrasi Alkohol

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

Etanol, merupakan senyawa dengan gugus oksigen dan dalam hal ini serupa dengan methanol. Konversi etanol menjadi hidrokarbon telah dilakukan oleh berbagai peneliti sebelumnya. Dengan katalis zeolit β , dapat diperoleh mayoritas fraksi $\text{C}_3\text{-C}_4$ dengan sangat sedikit C_{5+} , berbeda dengan hasil dari penggunaan katalis H-ZSM-5 yang lebih banyak memberikan fraksi C_{5+} (Hutchings et al., 1994).

2.2 Katalis

2.2.1 Al₂O₃

Aluminium oksida atau alumina adalah senyawa kimia dengan rumus molekul Al₂O₃ yang terdiri atas unsur aluminium dan oksigen. Katalis alumina merupakan katalis asam yang dapat diaplikasikan dalam reaksi perengkahan katalitik. Pada katalis ini, atom aluminium adalah sumber kekuatan utama dari sisi katalis. Aluminium dengan keasamaan yang tinggi, dikelilingi oleh atom oksigen yang memiliki keelektronegatifan yang relatif baik. Alumina terdiri dari alumina amorf dan alumina dengan struktur trigonal. Alumina dalam bentuk amorf memiliki kekuatan asam yang lebih rendah daripada alumina dengan struktur trigonal. Distribusi atom alumina yang tidak merata adalah penyebab lemahnya kekuatan asam alumina amorf. Tabel di bawah ini merupakan keterangan yang lebih rinci dari sifat fisik dan kimia dari alumina.

Tabel 2.1 Sifat fisik dan kimia alumina(Prasetya et al., 2006)

Rumus Molekul	Al ₂ O ₃
Bentuk	Bubuk kristal padat berwarna putih
Titik Leleh	2303 K
Titik Didih	3250 K
Massa Jenis	3.97x10 ³ kg/m ³
Berat Molekul	101.96

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

- Alumina Stabil

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

- Alumina Metastabil

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

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

- Kelompok γ

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

- Kelompok δ

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

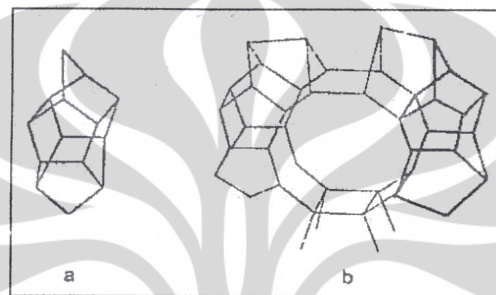
2.2.2 HZSM-5

Zeolit ZSM-5 ditemukan pertama kali oleh Robert J. Argauer dan Bob Landolt dari Applied Research and Development Division, Central Research Division Mobile pada tahun 1963(Haller, 1979). Selanjutnya pada tahun 1972, hasil penelitian tersebut dipatenkan dalam US Patent No. 3.702.886. Struktur dari zeolit ZSM-5 kemudian ditentukan oleh Kokotalio(Wijaya, 2005). ZSM-5 adalah zeolit berkadar silika tinggi yang memiliki bentuk ideal ortorombik dengan rumus empirisnya adalah $\text{Na}_n[\text{Al}_n\text{Si}_{196-n}\text{O}_{192}] \sim 16\text{H}_2\text{O}$ dengan $n < 27$ (biasanya 3).

ZSM-5 termasuk dalam keluarga zeolit pentasil, yang semula dimasukkan sebagai keluarga zeolit berkadar silika tinggi dengan anggota terakhir ZSM-5 dan ZSM-11, tetapi kemudian para peneliti dapat mensintesis zeolit dengan rasio Si/Al

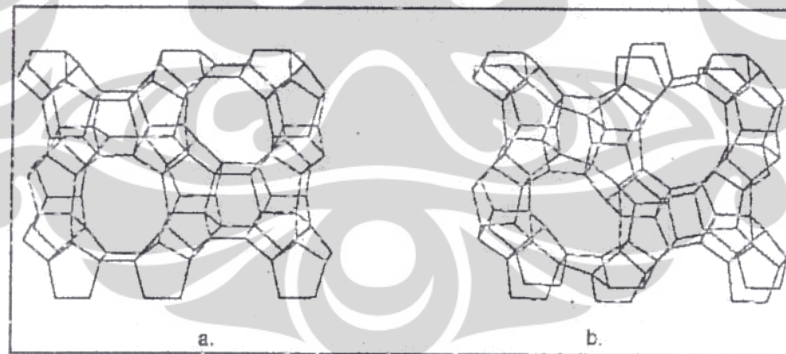
mendekati tak hingga yang disebut *silicate-1* analog ZSM-5 dan *silicate-2* analog ZSM-11. Oleh karena itu, zeolit ZSM-5 mempunyai kode tipe MFI, yang artinya ZSM-5 merupakan zeolit tipe silikat (Haller, 1979).

Unit pembentuk primer dari struktur zeolit ZSM-5 merupakan tetrahedral SiO_4^- dan AlO_4^- , sedangkan unit pembentuk sekundernya merupakan unit bangun kompleks cincin ganda 5-1, yang tersusun membentuk rongga ditengahnya. Struktur zeolit dapat dilihat pada Gambar 2.6:



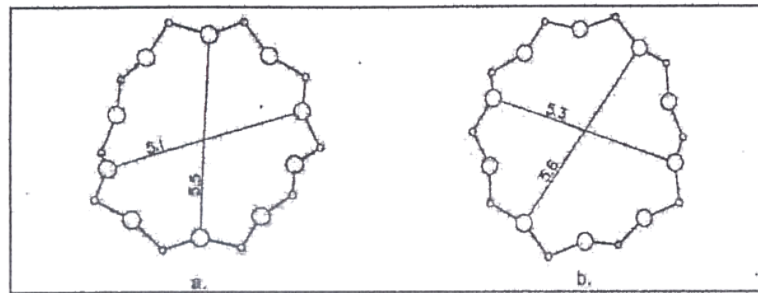
Gambar 2.4 Unit Pembentuk sekunder dari zeolit ZSM-5 (Wijaya, 2005)

Selanjutnya, unit pembentuk sekunder dari struktur zeolit ZSM-5 membentuk suatu polihedral simetris, seperti pada gambar berikut:



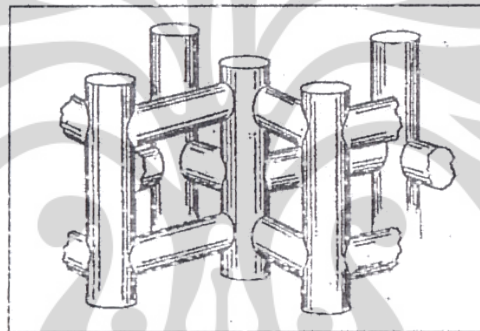
Gambar 2.5 Bentuk polihedral simetris zeolit ZSM-5 (Wijaya, 2005)

Sistem rongga pada unit pembentuk sekunder dibentuk dari 10 atom oksigen sehingga memberikan ukuran rongga yang seragam yang membentuk saluran dengan bentuk yang berbeda, seperti saluran yang lurus dan melingkar pada gambar di bawah ini:



Gambar 2.6 Sistem rongga zeolit ZSM-5(Wijaya, 2005)

Selanjutnya sistem rongga ini akan membentuk suatu pola saluran. Untuk zeolit ZSM-5 akan terbentuk perpotongan saluran 2 arah, seperti ditunjukkan pada gambar di bawah ini :



Gambar 2.7 Bentuk saluran dari zeolit ZSM-5(Wijaya, 2005)

Kedua perpotongan saluran tersebut dibentuk dari cincin oksigen yang sama, tetapi berbeda dalam hal ukuran rongganya. Saluran pertama berbentuk sinusoidal dengan ukuran rongga 5,1 x 5,5 Angstrom dan saluran kedua berbentuk lurus dengan ukuran rongga 5,3 x 5,6 Angstrom.

Pada penelitian sebelumnya, katalis Al_2O_3 telah terbukti mampu menghasilkan senyawa hidrokarbon setaraf fraksi gasoline, akan tetapi bahan baku yang dipakai adalah minyak sawit. Dalam penelitian tersebut diperoleh komposisi katalis Alumina/ZSM-5 dengan 5% berat ZSM-5, yang menghasilkan yield gasoline sebesar 63,1%. Bertambahnya persen berat ZSM-5 dalam komposisi katalis, membuat yield bensin dalam produk menurun dan yield gas meningkat(Wijaya, 2005).

2.3 Angka Oktan

Bilangan oktan adalah angka yang menunjukkan seberapa besar tekanan yang bisa diberikan sebelum bensin terbakar secara spontan. Di dalam mesin, campuran udara dan bensin (dalam bentuk gas) ditekan oleh piston sampai dengan volume yang sangat kecil dan kemudian dibakar oleh percikan api yang dihasilkan busi. Karena besarnya tekanan ini, campuran udara dan bensin juga bisa terbakar secara spontan sebelum percikan api dari busi keluar. Jika campuran gas ini terbakar karena tekanan yang tinggi (dan bukan karena percikan api dari busi), maka akan terjadi knocking atau ketukan di dalam mesin. Knocking ini akan menyebabkan mesin cepat rusak, sehingga sebisa mungkin harus dihindari.

Nama oktan berasal dari oktana (C₈), karena dari seluruh molekul penyusun bensin, oktana yang memiliki sifat kompresi paling bagus. Oktana dapat dikompres sampai volume kecil tanpa mengalami pembakaran spontan, tidak seperti yang terjadi pada heptana, misalnya, yang dapat terbakar spontan meskipun baru ditekan sedikit. Bensin dengan bilangan oktan 88, berarti bensin tersebut terdiri dari 88% oktana (iso-oktana memiliki angka oktan 100) dan 12% heptana atau campuran molekul lainnya (n-heptana memiliki angka oktan 0). Bensin ini akan terbakar secara spontan pada angka tingkat kompresi tertentu yang diberikan, sehingga hanya diperuntukkan untuk mesin kendaraan yang memiliki ratio kompresi yang tidak melebihi angka tersebut. Berikut daftar angka oktan beberapa jenis hidrokarbon.

Tabel 2.2 Angka oktan beberapa jenis hidrokarbon (Hobson, 1984)

Hydrocarbon	Actual		Blending	
	RON	MON	RON	MON
Paraffins				
n-butane	93		113	114
n-pentane	62	62	62	67
2-methylbutane	92	90	99	104
2,2-dimethylpropane	85	80	100	90
n-hexane	25	26	19	22
2,2-dimethylbutane	92	93	89	97
n-heptane	0	0	0	0
2,2-dimethylpentane	93	96	89	93
2,2,3-trimethylbutane	>100	>100	113	113
2,2,3-trimethylpentane	100	100	105	112
2,2,4-trimethylpentane	100	100	100	100
Olefins				
1-Pentane	91	77	152	135
2-methyl-2 butene	97	85	176	141
3-methyl-2 pentene	97	81	130	118
4-methyl-2 pentene	99	84	130	128
2,2,4-trimethyl-1 pentene	>100	86	164	153
2,2,4-trimethyl-2 pentene	>100	86	148	139
Aromatics				
Benzene	>100	>100	99	91
Toluene	>100	>100	124	112
O-Xylene	>100	>100	120	103
M-Xylene	>100	>100	145	124
P-Xylene	>100	>100	146	127
Ethylbenzene	>100	99	124	107
1,3,5-trimethylbenzene	>100	>100	171	137
propylbenzene	>100	98	127	129
isopropylbenzene	>100	99	132	124
Naphthenes				
Cyclopentane	101	85	141	141
Methylcyclopentane	91	80	107	99
Cyclohexane	83	77	110	97
Methylcyclohexane	75	71	104	84
O-Dimethylcyclohexane	81	79	85	83
M-Dimethylcyclohexane	67	64	67	65
P-Dimethylcyclohexane	68	65	66	62

Angka oktan bisa ditingkatkan dengan menambahkan zat aditif bensin. Menambahkan tetraethyl lead (TEL, $\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_5)_4$) pada bensin akan meningkatkan bilangan oktan bensin tersebut, sehingga bensin "murah" dapat digunakan dan aman untuk mesin dengan menambahkan timbal ini. Untuk mengubah Pb dari bentuk padat menjadi gas pada bensin yang mengandung TEL dibutuhkan etilen bromida ($\text{C}_2\text{H}_5\text{Br}$). Akan tetapi, lapisan tipis timbal terbentuk pada atmosfer dan dapat membahayakan makhluk hidup, termasuk manusia. Di negara-negara maju, timbal sudah dilarang untuk dipakai sebagai bahan campuran bensin.

Etanol yang berbilangan oktan 123 juga digunakan sebagai campuran. Etanol lebih unggul dari TEL dan MTBE karena tidak mencemari udara dengan timbal. Selain itu, etanol mudah diperoleh dari fermentasi tumbuh-tumbuhan sehingga bahan baku untuk pembuatannya cukup melimpah. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan digunakan etanol untuk menghasilkan hidrokarbon, yang bahkan mungkin bukan hanya berfungsi sebagai aditif, tapi dapat langsung digunakan sebagai bahan bakar.

2.4 Metode Analisis

2.4.1 Analisis GCMS

Kromatografi gas adalah metode analisis, dimana sampel terpisahkan secara fisik menjadi bentuk molekul-molekul yang lebih kecil (hasil pemisahan dapat dilihat dengan berupa kromatogram). Sedangkan Spektroskopi massa adalah metode analisis, dimana sampel yang dianalisis akan diubah menjadi ion-ion gasnya, dan massa dari ion-ion tersebut dapat diukur berdasarkan hasil deteksi berupa spektrum massa. Pada GC hanya terjadi pemisahan untuk mendapatkan komponen yang diinginkan, sedangkan bila dilengkapi dengan MS yang berfungsi sebagai detector, akan dapat mengidentifikasi komponen tersebut, karena bisa membaca spektrum bobot molekul pada suatu komponen, karena dilengkapi dengan Library (reference) yang ada pada software. Secara instrument, MS adalah detector GC. Sampel-sampel yang dapat dianalisis dengan menggunakan GCMS, harus memenuhi beberapa syarat diantaranya:

- Dapat diuapkan pada suhu 400 °C
- Secara termal stabil (tidak terdekomposisi pada suhu 400 °C)

- Sampel-sampel dapat dianalisis setelah melalui tahapan preparasi yang khusus.

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

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

Bagian-bagian dari instrument Kromatografi Gas adalah sebagai berikut:

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

Sedangkan bagian-bagian dari Spektrofotometer Massa adalah sebagai berikut:

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

Setelah data terdeteksi, lalu data dikirimkan ke sistem pengolah data pada komputer untuk diolah dan dianalisis. Pengaturan temperature kolom pemisahan sangat penting karena pemisahan komponen sangat dipengaruhi oleh kenaikan temperature dan laju alir gas pembawa. Kromatografi Gas Spektroskopi Massa dapat digunakan untuk analisis kualitatif dan analisis kuantitatif dengan cara membandingkan berdasarkan waktu retensi.

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Metode penelitian dilakukan dengan target utama pembentukan hidrokarbon dengan angka oktan yang tinggi (88 atau lebih) dari reaksi katalitik dengan bahan etanol menggunakan katalis $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{HZSM-5}$. Penelitian ini terdiri dari 4 Tahapan utama sebagai berikut:

1. Tahap Pencampuran Katalis

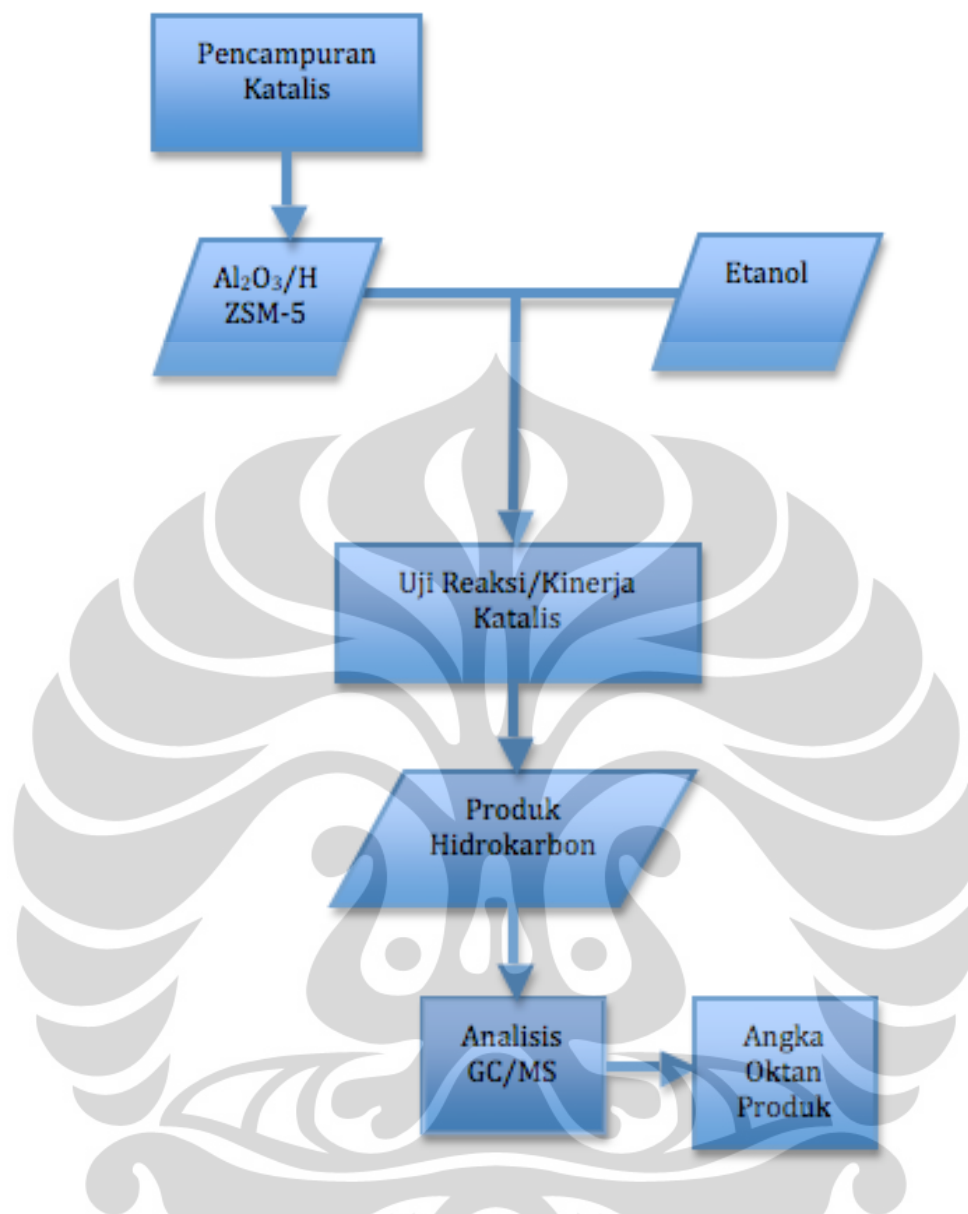
Dalam tahapan ini, katalis yang akan digunakan untuk reaksi dipersiapkan terlebih dahulu. Katalis hibrida $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{HZSM-5}$ adalah suatu kombinasi komponen katalis yang kinerja katalitiknya saling mendukung, dimana keduanya hanya dicampur secara fisik saja. Komposisi (rasio) HZSM-5 dalam katalis ini dibuat bervariasi dengan persentase beratnya dalam katalis sebesar 5%, 10%, 15%, dan 20% HZSM-5.

2. Tahap Uji Reaksi/Kinerja Katalis

Tahap ini merupakan tahap inti dalam penelitian. Bahan baku yang digunakan adalah etanol. Etanol tersebut akan direaksikan dengan katalis $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{HZSM-5}$ dalam reaktor *fixed bed*, sehingga etanol itu akan mengalami reaksi katalitik menjadi senyawa dengan molekul lebih kecil. Prosedur yang akan dilakukan adalah dengan langsung mengumpankan etanol ke dalam reaktor.

3. Tahap Analisis Produk Hasil Reaksi.

Pada tahap ini akan dilakukan analisa terhadap hasil reaksi katalitik yang telah dilakukan. Analisanya meliputi penggunaan GC/MS untuk produk cair yang dihasilkan. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

3.2 Prosedur Penelitian

3.2.1 Pencampuran Katalis

Alumina dan H-ZSM-5 ditimbang dengan berat tertentu, sesuai dengan komposisi yang akan diuji. Masing-masing katalis tersebut ditimbang agar memiliki total berat 0,5 gram. Maka untuk membuat katalis dengan komposisi Alumina/ZSM-5 sebesar 5%, dilakukan penimbangan terhadap Alumina seberat 0,475 gram dan katalis H-ZSM-5 seberat 0,25 gram. Begitu selanjutnya untuk komposisi katalis Al₂O₃/ZSM-5 10%, 15%, dan 20%. Setelah masing-masing

katalis ditimbang sesuai dengan beratnya masing-masing, maka keduanya dicampur dalam suatu wadah, kemudian diaduk-aduk sampai merata.

Alat dan bahan yang digunakan pada tahapan ini :

1. Timbangan.
2. Cawan.
3. Spatula.
4. Katalis ZSM-5.
5. Katalis Alumina.

3.2.2 Menyiapkan Umpan

Umpan yang akan dimasukkan ke dalam reaktor nantinya adalah etanol 96%. Alat yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Gelas beker
2. Corong.

Bahan yang digunakan sebagai berikut:

1. Etanol 96%

3.2.3 Tahap Reaksi

Alat yang digunakan dalam uji reaksi adalah:

1. Reaktor *fixed bed system*.
2. *Syringe* 5 ml.
3. Tabung reaksi.
4. *Glass beaker* 200 ml.
5. Cawan petri.
6. Timbangan.
7. Spatula.
8. Corong.

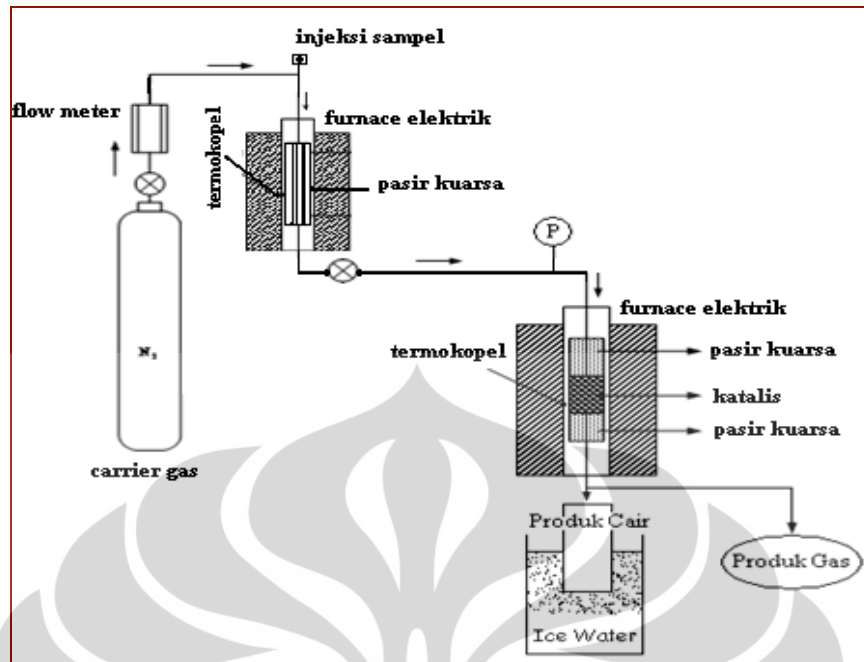
Bahan yang digunakan dalam uji reaksi adalah:

1. Katalis Alumina/HZSM-5.
2. Etanol
3. Air
4. N-Heptana

5. Es batu
6. Gas nitrogen.
7. *Quartz wool*.
8. *Quartz sand*.

Reaktor yang digunakan terbuat dari *stainless steel* dengan ukuran diameter 25 mm dan panjang 70 cm. Reaktor untuk melangsungkan reaksi katalitik disusun sebagai berikut:

1. Mengisi reaktor dengan prosedur sebagai berikut:
 - Masukkan *glass wool* secukupnya ke dalam reaktor dengan menggunakan *stick* panjang. Pastikan tidak ada lubang untuk mencegah katalis tumpah.
 - Masukkan katalis dengan diameter pori (ukuran partikel $< 32 \mu\text{m}$) yang akan digunakan sebanyak 0,5 gram dengan menggunakan corong.
 - Masukkan *quartz sand* sebanyak 1 gram untuk mencegah terjadinya *pressure drop* yang tinggi dan terjadinya *sintering* pada katalis.
2. Tutup reaktor lalu kencangkan baut-bautnya.
3. Pasang reaktor ke sistem atau pada tempatnya
4. Sambungkan pipa nitrogen reaktor. Pastikan sambungan telah pas sebelum dilakukan baut dikencangkan. Tes kebocoran dengan menggunakan sabun.
5. Pasang saluran pipa ke bawah untuk menampung produk
6. Pasang wadah kondensasi yang berisi air dan es batu dan lewatkan saluran pipa keluaran reaktor di wadah tersebut untuk mencairkan produk keluaran reaktor
7. Pasang tabung reaksi sebagai wadah untuk menampung produk cair reaksi
8. Pasang *gas bag* sebagai wadah untuk menampung gas hasil reaksi.



Gambar 3.2 Desain reaktor reaksi katalitik

Sebagai tambahan, di bagian sisi luar unggun katalis, disematkan pipa kecil untuk diletakkan ujung termokopel sebagai monitoring suhu katalis selama reaksi. Prosedur percobaan perengkahan katalitik dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Mempersiapkan alat dan bahan yang diperlukan.
2. Set suhu di reaktor pada $350\text{ }^{\circ}\text{C}$, kemudian tunggu ± 20 menit sampai suhu di reaktor stabil.
3. Selanjutnya, gas pembawa (nitrogen) dialirkan kedalam sistem rangkaian aliran dengan laju sekitar 10 ml/min pada tekanan 1.5 kgf/cm^2 .
4. Ketika suhu telah stabil, masukkan etanol ke dalam heater yang telah tersambung dengan aliran nitrogen menuju ke reaktor kemudian set pada suhu $78\text{ }^{\circ}\text{C}$.
5. Produk reaksi ditampung pada bagian bawah reaktor dengan menggunakan tabung reaksi berisi n-heptana sebanyak 7 ml yang berfungsi sebagai pelarut (dilakukan bubbling) untuk mengoptimalkan produk yang ditangkap, kemudian dihubungkan dengan reaktor. Sedangkan produk yang berupa fasa gas, di alirankan kedalam *gaseous bag* sebagai penampung produk gas.

6. Mengulangi prosedur (2) sampai (5) untuk tiap komposisi katalis dengan temperatur yang berbeda yaitu 400 °C, dan 450 °C

3.2.4 Analisis Data

Produk yang diperoleh nantinya akan dianalisis dengan menggunakan metode GCMS. Analisis GCMS dilakukan untuk melihat senyawa apa saja yang terdapat pada sampel yang dihasilkan dari proses konversi katalitik. Tujuannya untuk memperoleh nilai angka oktan dari produk akhir melalui kalkulasi dari formula yang telah ada berdasarkan data kuantitatif hasil dari GCMS. Senyawa-senyawa yang terdapat pada sampel nantinya akan dikelompokkan masing-masing berdasarkan struktur rantainya kemudian sesuai dengan jumlahnya pada sampel akan dihitung nilai angka oktan dari sampel tersebut (Losavic dkk., 1990). Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\text{RON} = 69.0306 - 1.0729Y_{NP} + 0.7875Y_{IP1} + 0.0976Y_{IP2} + 0.3395Y_{CP} + 0.4049Y_{AR} \quad (3.1)$$

di mana:

Y = Fraksi masing-masing kelompok

NP = N-Paraffin (tidak termasuk C5)

IP1 = Iso paraffin dari C5 hingga C7

IP2 = Iso paraffin selain C5 hingga C7

CP = Cycloparaffin

AR = Aromatis

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

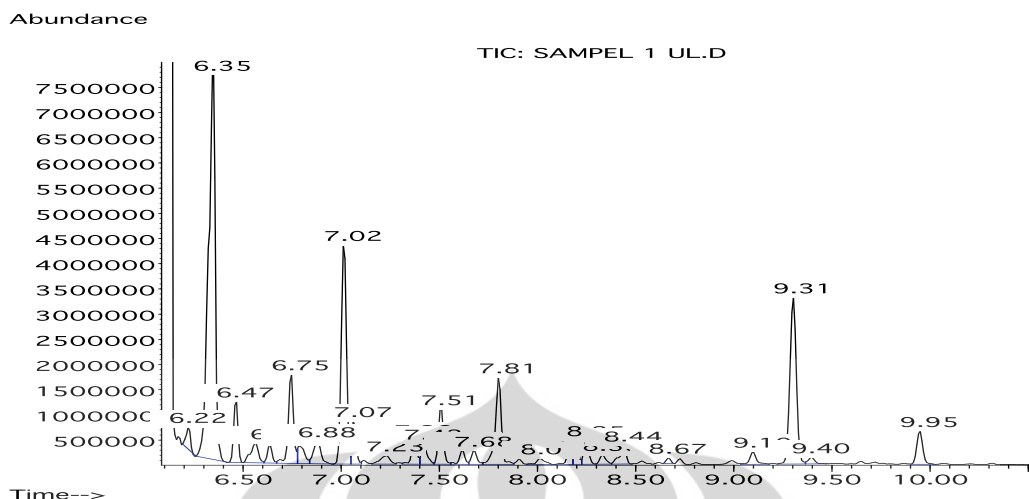
4.1 Identifikasi Produk Hasil Reaksi

Untuk mengetahui produk hasil reaksi yang diperoleh maka digunakan metode analisa dengan alat GC/MS atau *Gas Chromatography/Mass Spectroscopy*. Data yang diperoleh kemudian diolah dengan menggunakan software yang biasanya telah disediakan bersama dengan alat GC/MS yang terhubung pada komputer. Data yang diperoleh adalah berupa grafik dengan karakteristik *peak* tertentu. Dari *peak* inilah dapat teridentifikasi senyawa apa yang terdapat pada produk sesuai dengan kemiripan karakteristik *peak* dari produk yang dianalisis dengan *peak* yang terdapat pada library yang terdapat pada software atau biasa disebut *Match Quality*. Selain itu juga dapat dilihat waktu retensi dari masing-masing senyawa dan perbandingan %area yang merupakan acuan untuk memperoleh kuantifikasi masing-masing senyawa pada produk hasil reaksi yang dianalisis.

Pada subbab berikut akan dijelaskan identifikasi produk dari reaksi konversi etanol yang telah diperoleh menggunakan GC/MS pada berbagai komposisi katalis ZSM-5 dan suhu reaksi yang telah dilakukan pada penelitian ini.

4.1.1 Identifikasi Produk Hasil Reaksi dengan 5% HZSM-5 pada 350 °C

Berikut gambar spektrum kromatogram dari produk dengan komposisi katalis 5% ZSM-5 pada suhu 350 °C (Gambar 4.1).



Gambar 4.1 Spektrum kromatogram dengan 5% HZSM-5 pada suhu 350 °C

Dari gambar 4.1 dapat terlihat bahwa peak yang cukup tinggi ada pada saat waktu retensi 6.35, 7.02, dan 9.31. Dari hasil pengolahan GC/MS ternyata diperoleh bahwa pada karakteristik puncak pada waktu retensi 6.35 merupakan milik senyawa *methylcyclohexane*, pada waktu retensi 7.02 merupakan milik senyawa *Toluene*, sedangkan untuk waktu retensi 9.31 merupakan milik senyawa *1,3-Dimethylbenzene*. Tabel lengkap senyawa yang terdapat pada produk hasil reaksi dapat dilihat pada lampiran.

Berikut ini tabel pengelompokkan senyawa dan komposisi dari produk hasil reaksi pada kondisi ini (Tabel 4.1).

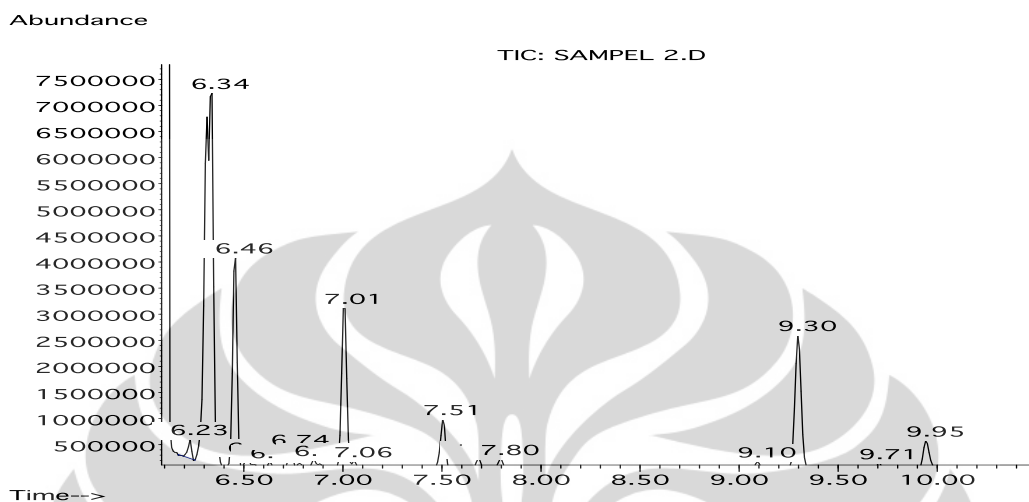
Tabel 4.1 Pengelompokkan senyawa dan komposisi produk dengan 5% HZSM-5 pada suhu 350 °C

Kelompok senyawa	%w
Olefin	32.39
Sikloparafin	38.59
Aromatis	29

Pada tabel 4.1 terlihat bahwa sebagian besar produk hasil reaksi masih didominasi oleh senyawa sikloparafin dengan senyawa yang paling mendominasi adalah *Methylcyclohexane* sebanyak 30.99%. Sedangkan senyawa aromatis yang merupakan produk yang diharapkan ada pada penggunaan katalis ZSM-5 pada kondisi ini masih belum terlalu banyak yaitu sebesar 29%, dengan yang terbesar ada pada senyawa *toluene* sebanyak 13.27%. Sedangkan senyawa lainnya kebanyakan adalah senyawa olefin sebesar 31.24%.

4.1.2 Identifikasi Produk Hasil Reaksi dengan 5% HZSM-5 pada 400 °C

Berikut gambar spektrum kromatogram dari produk dengan komposisi katalis 5% ZSM-5 pada suhu 400 °C (Gambar 4.2).



Gambar 4.2 Spektrum kromatogram dengan 5% HZSM-5 pada suhu 400 °C

Pada gambar 4.2 terlihat bahwa puncak tertinggi ada pada waktu retensi 6.34. Puncak ini mengindikasikan keberadaan senyawa *methylcyclohexane*, yang keberadaannya juga terdeteksi pada parameter sebelumnya. Puncak lainnya yang cukup tinggi ada pada waktu retensi 6.46, 7.01, dan 9.3. Pada waktu retensi 7.01 dan 9.3 menunjukkan keberadaan senyawa *toluene* dan *1,3-Dimethylbenzene* seperti yang terdapat pada parameter sebelumnya yaitu pada suhu 350 °C. Akan tetapi pada suhu 400 °C ini, terdeteksi puncak baru pada waktu retensi 6.46 yang juga cukup tinggi, yang merupakan milik senyawa *ethylcyclopentane*. Padahal sebelumnya senyawa ini tidak memiliki intensitas sebesar ini pada suhu yang lebih rendah. Hal ini menunjukkan, senyawa ini kini memiliki komposisi yang lebih besar dari sebelumnya. Ini dikarenakan tinggi puncak berpengaruh terhadap bertambahnya luas area puncak yang berkorelasi dengan kuantitas senyawa tersebut. Tabel lengkap senyawa yang terdapat pada produk hasil reaksi dapat dilihat pada lampiran.

Berikut ini tabel pengelompokkan senyawa dan komposisi dari produk hasil reaksi pada kondisi ini (Tabel 4.2).

Tabel 4.2 Pengelompokkan senyawa dan komposisi produk dengan 5% HZSM-5 pada suhu 400 °C

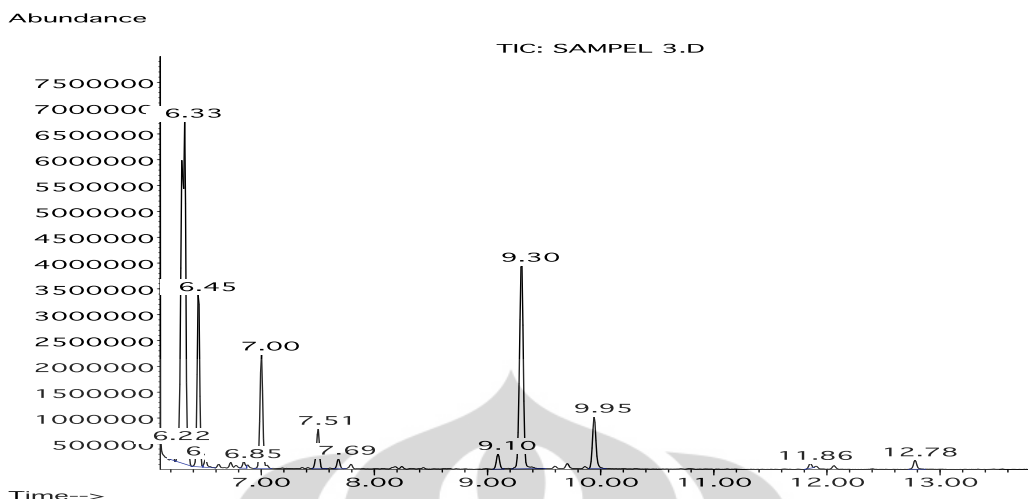
Kelompok senyawa	%w
Olefin	2.71
Sikloparafin	61.44
Aromatis	28.12
Isoparafin	2
Normal Parafin	3.88
Senyawa lain	1.44

Dari tabel 4.2 dapat dilihat bahwa produk pada kondisi komposisi katalis 5% ZSM-5 dan suhu 400 °C ini masih didominasi oleh senyawa sikloparafin dan bahkan jumlahnya semakin besar yaitu total sebanyak 61.44%. *Methylcyclohexane* bahkan meningkat jumlahnya menjadi 46.63% . Selain itu jumlah *Ethylcyclopentane* juga bertambah menjadi 13.43%. Sedangkan untuk senyawa aromatis terjadi sangat sedikit penurunan komposisinya pada produk. *Toluene* menurun menjadi 12.41 % sedangkan 1,3-Dimethylbenzene berkurang menjadi 12.32%. Ini menunjukkan pada komposisi ZSM-5 5% ini tidak terjadi perubahan jumlah senyawa hidrokarbon yang signifikan dengan meningkatnya suhu hingga 400 °C.

Penurunan yang paling signifikan dapat dilihat pada senyawa olefin. Pada kondisi sebelumnya (5% ZSM-5, 350 °C), senyawa olefin yang terbentuk secara keseluruhan adalah 29.35%, sedangkan pada suhu 400 °C ini keberadaan senyawa olefin berkurang hingga menjadi 2.71% saja. Ini menunjukkan bahwa kenaikan suhu ini mempengaruhi pembentukan olefin sehingga menjadi lebih sedikit. Selain itu terlihat bahwa pembentukan senyawa sikloparafin semakin banyak, ini menunjukkan terjadi pergeseran komposisi reaksi dari olefin ke sikloparafin.

4.1.3 Identifikasi Produk Hasil Reaksi dengan 5% HZSM-5 pada 450 °C

Berikut gambar spektrum kromatogram dari produk dengan komposisi katalis 5% HZSM-5 pada suhu 450 °C (Gambar 4.3).



Gambar 4.3 Spektrum kromatogram dengan 5% HZSM-5 pada suhu 450 °C

Dari gambar 4.3 terlihat bahwa puncak tertinggi ada pada waktu retensi 6.33. Sama seperti pada saat suhu 350 °C dan 400 °C sebelumnya, puncak ini mengindikasikan keberadaan senyawa *methylcyclohexane*. Puncak lainnya yang cukup tinggi ada pada waktu retensi 6.45 dan 9.3 yang dimiliki masing-masing oleh senyawa *ethylcyclopentane* dan *1,3-Dimethylbenzene* seperti yang juga terdapat pada parameter sebelumnya pada suhu yang lebih rendah. Perbedaan yang paling terlihat pada suhu 450 °C ini adalah semakin tingginya intensitas peak dari senyawa-senyawa aromatis yang menunjukkan bahwa terjadinya peningkatan jumlah senyawa aromatis. terdeteksi puncak baru pada waktu retensi 6.46 yang juga cukup tinggi, yang merupakan milik senyawa *ethylcyclopentane*. Padahal sebelumnya senyawa ini tidak memiliki intensitas sebesar ini pada suhu yang lebih rendah. Hal ini menunjukkan, senyawa ini kini memiliki komposisi yang lebih besar dari sebelumnya. Ini dikarenakan tinggi puncak berpengaruh terhadap bertambahnya luas area puncak yang berkorelasi dengan kuantitas senyawa tersebut. Tabel lengkap senyawa yang terdapat pada produk hasil reaksi dapat dilihat pada lampiran.

Berikut ini tabel pengelompokkan senyawa dan komposisi dari produk hasil reaksi pada kondisi ini (Tabel 4.3).

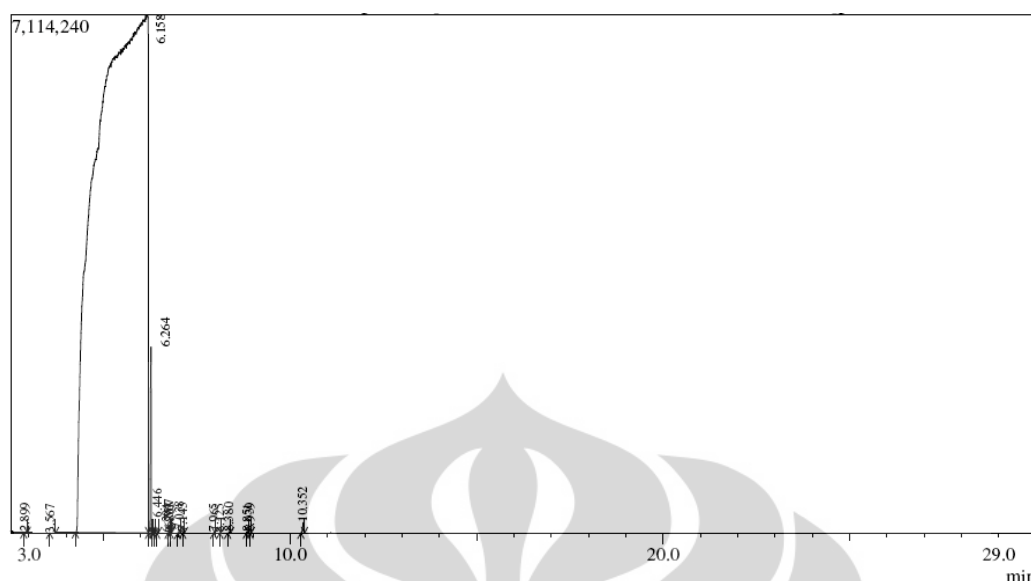
Tabel 4.3 Pengelompokan senyawa dan komposisi produk dengan 5% HZSM-5 pada suhu 450 °C

Kelompok senyawa	%w
Olefin	0.00
Sikloparafin	56.51
Aromatis	38.04
Isoparafin	1.34
Normal Parafin	3.33
Senyawa lain	0.79

Dari tabel 4.3 terlihat bahwa senyawa sikloparafin masih mendominasi produk secara keseluruhan dengan jumlah total sebesar 56.51%. Namun hal yang terlihat jelas pada kondisi suhu yang lebih tinggi ini, produk aromatis yang dihasilkan mengalami peningkatan yang cukup signifikan yaitu total menjadi sebesar 38.04% dengan senyawa aromatis terbanyak kuantitasnya ada pada 1,4-*Dimethylbenzene*. Ini menunjukkan bahwa pada suhu 450 °C konversi menjadi senyawa aromatis semakin besar, tidak seperti pada suhu sebelumnya yang lebih rendah yang tidak menunjukkan perubahan yang signifikan. Hal ini sejalan dengan penelitian yang pernah dilakukan juga sebelumnya. Selain itu, pada parameter ini, ternyata terdapat sebagian kecil senyawa n-parafin dan isoparafin (rantai cabang) yang tidak terdapat pada suhu yang lebih rendah sebelumnya, baik pada suhu 350 °C maupun 400 °C.

4.1.4 Identifikasi Produk Hasil Reaksi dengan 10% HZSM-5 pada 350 °C

Berikut gambar spektrum kromatogram dari produk dengan komposisi katalis 10% HZSM-5 pada suhu 350 °C (Gambar 4.4).



Gambar 4.4 Spektrum kromatogram dengan 10% HZSM-5 pada suhu 350 °C

Dari gambar 4.4 dapat dilihat bahwa puncak yang cukup tinggi (selain n-heptan) ada pada waktu retensi 6.264 yang merupakan puncak milik *methylcyclohexane* dan pada waktu retensi 7.038 yang merupakan puncak milik senyawa *toluene*. Akan tetapi, dari gambar 4.4 juga dapat dilihat bahwa ada beberapa senyawa lain selain hidrokarbon, antara lain *5-(1-methylethyliden) 1,3-Cyclopentadiene* (waktu retensi 10.35 menit) dan *2,3-dihydro furan*. Produk ini kemungkinan terjadi akibat dari reaksi samping yang terjadi pada kondisi ini. Tabel lengkap senyawa yang terdapat pada produk hasil reaksi dapat dilihat pada lampiran.

Berikut ini tabel pengelompokkan senyawa dan komposisi dari produk hasil reaksi pada kondisi ini (Tabel 4.4).

Tabel 4.4 Pengelompokkan senyawa dan komposisi produk dengan 10% HZSM-5 pada suhu 350 °C

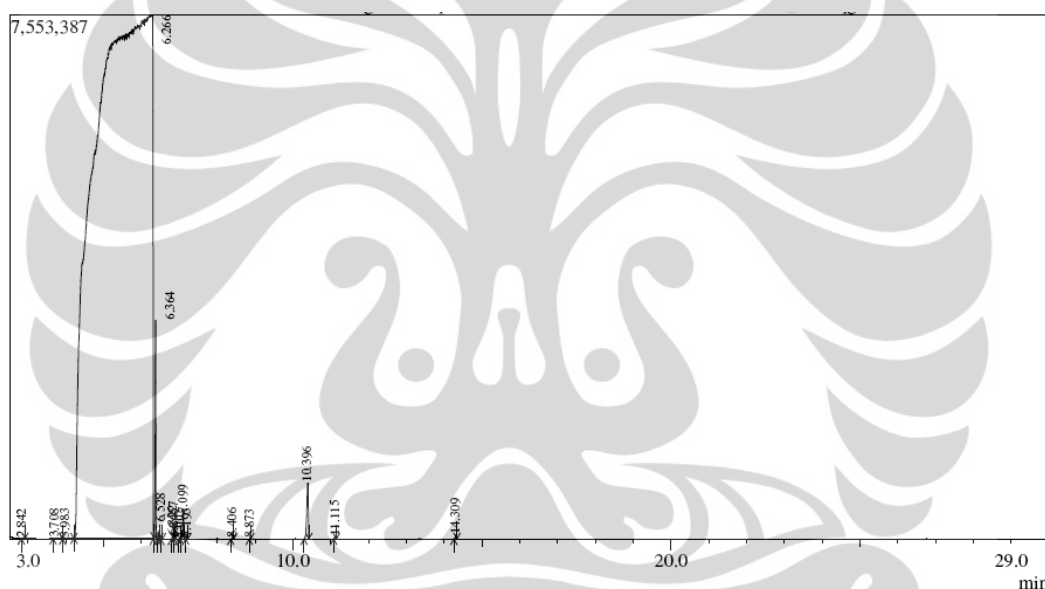
Kelompok senyawa	%w
Olefin	1.36
Sikloparafin	83.32
Aromatis	2.20
Senyawa lain	13.12

Dari tabel 4.4 dapat dilihat bahwa produk didominasi oleh senyawa sikloparafin sebesar 83.32%, sedangkan senyawa aromatis yang dihasilkan masih

sangat sedikit sekali. Jumlah senyawa olefin pada produk juga sangat sedikit. Ini menunjukkan bahwa pada kondisi ini pembentukan senyawa aromatis masih belum berlangsung secara optimal sehingga sebagian besar produk menghasilkan sikloparafin. Terlihat hanya *toluene* dalam jumlah kecil senyawa aromatis yang terdapat pada produk. Tanpa keberadaan senyawa n-parafin dan iso-parafin, senyawa aromatis sangat berpengaruh terhadap naiknya angka oktan dari produk.

4.1.5 Identifikasi Produk Hasil Reaksi dengan 10% HZSM-5 pada 400 °C

Berikut gambar spektrum kromatogram dari produk dengan komposisi katalis 10% HZSM-5 pada suhu 400 °C (Gambar 4.5).



Gambar 4.5 Spektrum kromatogram dengan 10% HZSM-5 pada suhu 400 °C

Pada gambar 4.5 terlihat bahwa sama seperti pada suhu sebelumnya yang lebih rendah, puncak yang cukup tinggi (selain n-heptan) ada pada waktu retensi 6.364 yang merupakan puncak milik *methylcyclohexane*. Akan tetapi kali ini ada senyawa aromatis lain yaitu o-xylene yang juga cukup tinggi puncaknya yakni pada waktu retensi 10.396 menit. Tabel lengkap senyawa yang terdapat pada produk hasil reaksi dapat dilihat pada lampiran.

Berikut ini tabel pengelompokkan senyawa dan komposisi dari produk hasil reaksi pada kondisi ini (Tabel 4.5).

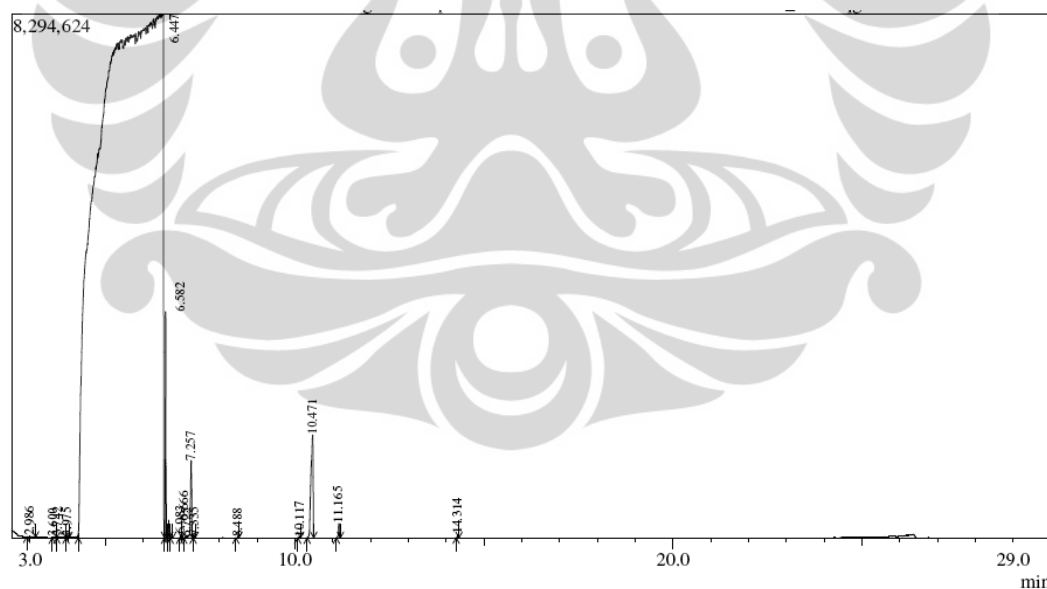
Tabel 4.5 Pengelompokan senyawa dan komposisi produk dengan 10% HZSM-5 pada suhu 400 °C

Kelompok senyawa	%w
Olefin	1.11
Sikloparafin	50.12
Aromatis	43.26
Senyawa lain	5.51

Dari tabel 4.5 dapat dilihat bahwa produk masih didominasi oleh senyawa sikloparafin yaitu sebesar 50.12%. Akan tetapi, pada suhu yang lebih tinggi ini, sudah mulai terjadi peningkatan jumlah senyawa hidrokarbon aromatis dengan jumlah total senyawa aromatis sebesar 43.26%, sedangkan sisanya adalah senyawa olefin dan senyawa lainnya. Senyawa sikloparafin yang jumlahnya besar masih senyawa *methylcyclohexane*, sedangkan senyawa aromatis yang jumlahnya besar adalah senyawa *o-xylene*.

4.1.6 Identifikasi Produk Hasil Reaksi dengan 10% HZSM-5 pada 450 °C

Berikut gambar spektrum kromatogram dari produk dengan komposisi katalis 10% ZSM-5 pada suhu 450 °C (Gambar 4.6).



Gambar 4.6 Spektrum kromatogram dengan 10% HZSM-5 pada suhu 450 °C

Dari gambar 4.6 terlihat bahwa puncak yang cukup tinggi (selain n-heptan) ada pada waktu retensi 6.582 menit yang menunjukkan keberadaan senyawa methylcyclohexane. Kemudian ada pada waktu retensi 7.257 yang menunjukkan keberadaan senyawa toluene. Sedangkan pada waktu retensi 10.471

menunjukkan keberadaan senyawa o-xylene. Tabel lengkap senyawa yang terdapat pada produk hasil reaksi dapat dilihat pada lampiran.

Berikut ini tabel pengelompokan senyawa dan komposisi dari produk hasil reaksi pada kondisi ini (Tabel 4.6).

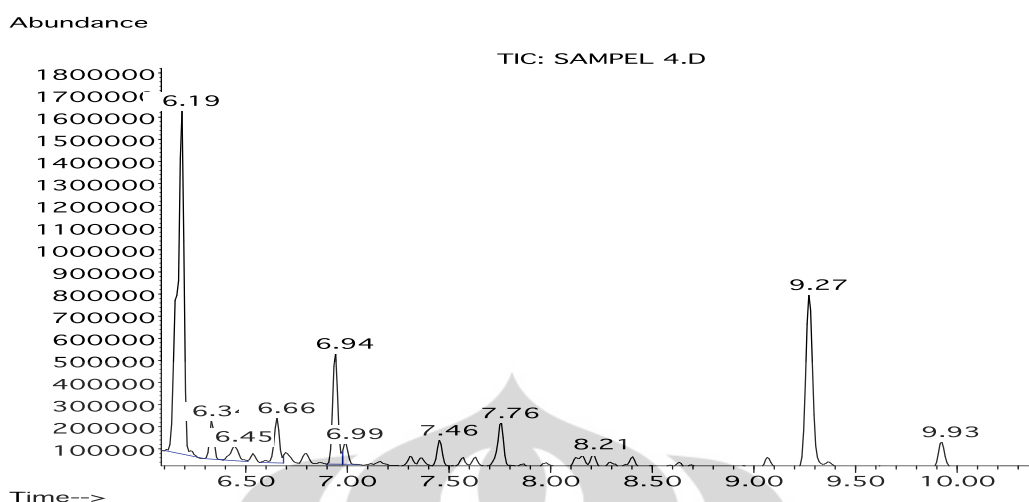
Tabel 4.6 Pengelompokan senyawa dan komposisi produk dengan 10% HZSM-5 pada suhu 450 °C

Kelompok senyawa	%w
Olefin	1.03
Sikloparafin	29.09
Aromatis	67.58
Senyawa lain	2.29

Dari tabel 4.6 dapat dilihat bahwa produk hasil reaksi pada kondisi ini sudah tidak lagi didominasi oleh senyawa sikloparafin seperti pada suhu 350 °C dan 400 °C sebelumnya. Terlihat jelas bahwa senyawa aromatis mendominasi komposisi dari produk hidrokarbon pada suhu 450 °C ini dengan total sejumlah 67.58%, dengan produk terbesarnya adalah o-xylene. Sedangkan produk sikloparafin turun hingga hanya menjadi sebanyak 29.09% dengan produk terbesarnya masih methylcyclohexane. Hal ini menunjukkan bahwa pada komposisi katalis 10% inipun, reaksi yang paling optimal terjadi pada suhu 450°C dengan melihat jumlah senyawa aromatis. Akan tetapi, jumlah senyawa aromatis yang besar inipun tidak menjamin menghasilkan senyawa campuran hidrokarbon dengan angka oktan tertinggi. Hal ini akan dibahas pada sub bab bilangan oktan berikutnya.

4.1.7 Identifikasi Produk Hasil Reaksi dengan 15% HZSM-5 pada 350 °C

Berikut gambar spektrum kromatogram dari produk dengan komposisi katalis 15% HZSM-5 pada suhu 350 °C (Gambar 4.7).



Gambar 4.7 Spektrum kromatogram dengan 15% HZSM-5 pada suhu 350 °C

Dari gambar 4.7 dapat dilihat bahwa puncak tertinggi ada pada waktu retensi 6.19 yang menunjukkan keberadaan senyawa *methylcyclohexane*. Dua puncak lainnya yang cukup tinggi ada pada waktu retensi 6.94 dan 9.27 yang dimiliki oleh senyawa *toluene* dan *1,3-dimethylbenzene*. Tabel lengkap senyawa yang terdapat pada produk hasil reaksi dapat dilihat pada lampiran.

Berikut ini tabel pengelompokan senyawa dan komposisi dari produk hasil reaksi pada kondisi ini (Tabel 4.7).

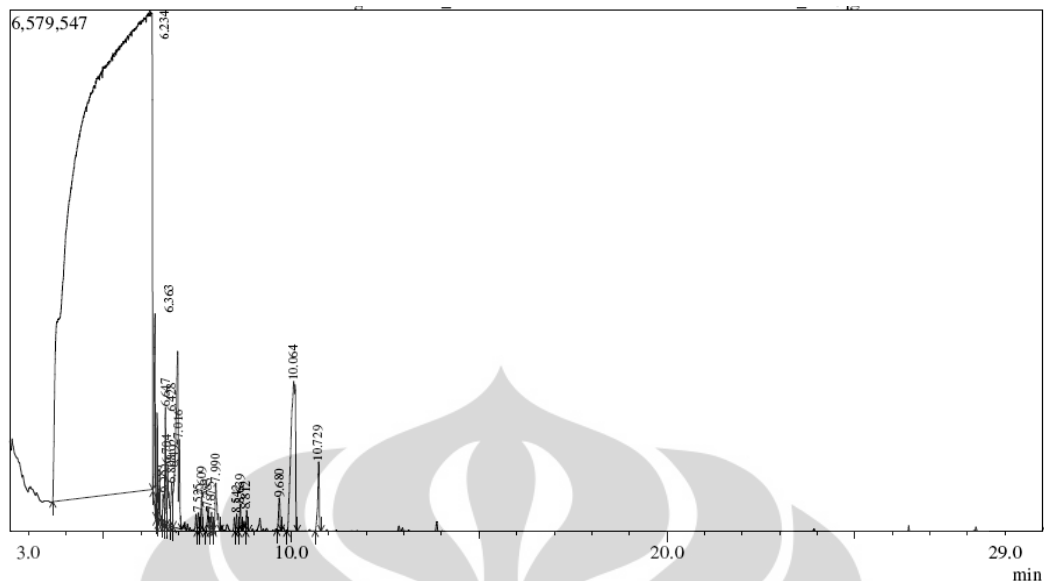
Tabel 4.7 Pengelompokan senyawa dan komposisi produk dengan 15% HZSM-5 pada suhu 350 °C

Kelompok senyawa	%w
Olefin	15.12
Sikloparafin	49.67
Aromatis	35.21

Dari tabel 4.7 secara keseluruhan terlihat bahwa kelompok senyawa sikloparafin mendominasi keseluruhan produk dengan 49.67%, sedangkan aromatis sekitar 35.21%, dengan senyawa sisanya didominasi oleh olefin. *Methylcyclohexane* menjadi senyawa yang paling dominan untuk parameter ini dengan 42.11%, sedangkan *1,3-dimethylbenzene* jumlahnya sebesar 21.32%.

4.1.8 Identifikasi Produk Hasil Reaksi dengan 15% HZSM-5 pada 400 °C

Berikut gambar spektrum kromatogram dari produk dengan komposisi katalis 15% HZSM-5 pada suhu 400 °C (Gambar 4.8).



Gambar 4.8 Spektrum kromatogram dengan 15% HZSM-5 pada suhu 400 °C

Pada gambar 4.8 ini terlihat puncak yang sangat tinggi dengan luas area yang sangat besar. Ini adalah puncak dari senyawa n-heptana yang merupakan pelarut yang digunakan dalam penelitian ini. Pada grafik sebelumnya, puncak ini dihilangkan untuk mempermudah dalam analisis senyawa lainnya. Dari grafik ini dapat dilihat bahwa puncak yang cukup tinggi ada pada waktu retensi 6.363, 6.647, dan 10.064, yang masing-masing menunjukkan keberadaan senyawa *methylcyclohexane*, *1,5-dimethylcyclopentene*, dan *1,3-dimethylbenzene* atau *o-xylene*. Tabel lengkap senyawa yang terdapat pada produk hasil reaksi dapat dilihat pada lampiran.

Berikut ini tabel pengelompokkan senyawa dan komposisi dari produk hasil reaksi pada kondisi ini (Tabel 4.8).

Tabel 4.8 Pengelompokkan senyawa dan komposisi produk dengan 15% HZSM-5 pada suhu 400 °C

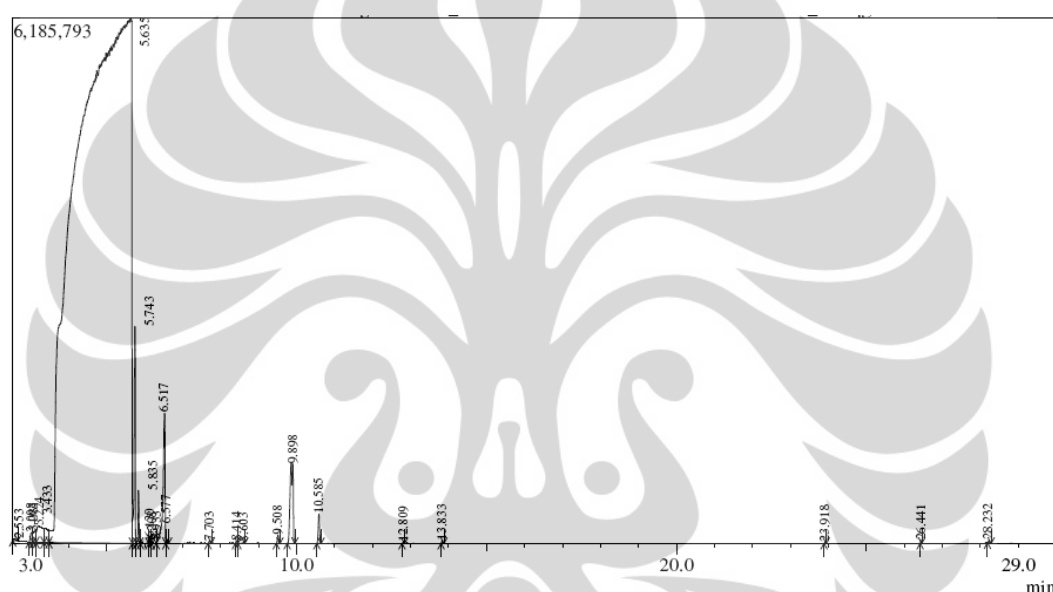
Kelompok senyawa	%w
Olefin	51.96
Sikloparafin	12.21
Aromatis	35.84

Dari tabel 4.8 dapat dilihat bahwa jumlah senyawa olefin mendominasi produk yang dihasilkan dari parameter ini dengan 51.96%. Jika dilihat dari komposisi pada suhu sebelumnya, dapat diambil kesimpulan bahwa terjadi

pergeseran konversi senyawa dari sikloparafin ke arah senyawa olefin yang signifikan, karena senyawa aromatis yang dihasilkan jumlahnya hampir sama dengan kondisi sebelumnya. Akan tetapi senyawa aromatis *o-xylene* merupakan senyawa yang paling dominan diantara senyawa lainnya yaitu sebesar 29.11%.

4.1.9 Identifikasi Produk Hasil Reaksi dengan 15% HZSM-5 pada 450 °C

Berikut gambar spektrum kromatogram dari produk dengan komposisi katalis 15% HZSM-5 pada suhu 450 °C (Gambar 4.9).



Gambar 4.9 Spektrum kromatogram dengan 15% HZSM-5 pada suhu 450 °C

Dari gambar 4.9 terlihat bahwa puncak tertinggi (selain n-heptan) ada pada waktu retensi 5.743 yang merupakan senyawa *methylcyclohexane*. Kemudian puncak lainnya yang cukup tinggi adalah pada waktu retensi 6.517 dan 9.898 yang masing-masing merupakan puncak dari senyawa *toluene* dan *o-xylene*. Intensitas yang tinggi dari kedua senyawa aromatis tersebut menunjukkan bahwa terdapat banyak kandungan senyawa hidrokarbon aromatis pada produk. Tabel lengkap senyawa yang terdapat pada produk hasil reaksi dapat dilihat pada lampiran.

Berikut ini tabel pengelompokkan senyawa dan komposisi dari produk hasil reaksi pada kondisi ini (Tabel 4.9).

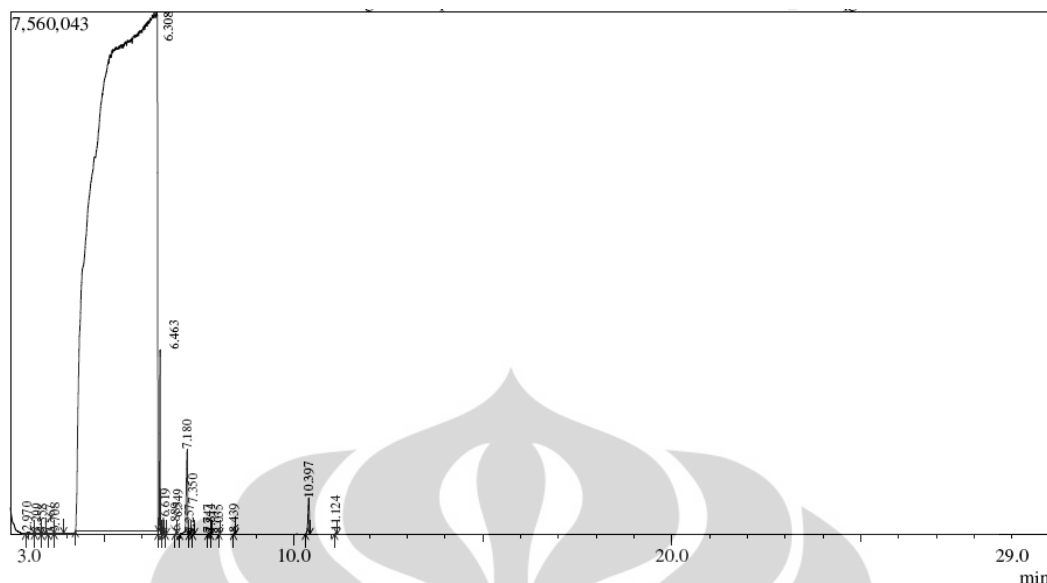
Tabel 4.9 Pengelompokan senyawa dan komposisi produk dengan 15% HZSM-5 pada suhu 450 °C

Kelompok senyawa	%w
Olefin	1.34
Sikloparafin	28.88
Aromatis	51.60
Isoparafin	17.21
Normal Parafin	0.53
Senyawa lain	0.80

Dari tabel 4.9 dapat terlihat bahwa kandungan senyawa hidrokarbon aromatis bertambah secara signifikan dibandingkan pada suhu yang lebih rendah sebelumnya. Jumlah kandungan aromatis pada parameter ini mencapai 51.6% dibandingkan pada suhu 400 °C yang hanya sebesar 35.84%. Hal lain yang teridentifikasi pada produk hasil reaksi ini adalah menurunnya secara drastis kandungan olefin hingga hanya 1.34%. Hal ini menunjukkan terjadi pergeseran konversi dari olefin ke senyawa lain, salah satunya adalah aromatis. Akan tetapi, hal lain yang teridentifikasi, adalah terdapat sejumlah kecil n-parafin (0.23%) dan cukup besar senyawa isoparafin (17.21%). Keberadaan senyawa isoparafin dan aromatis yang cukup besar ini akan menaikkan nilai angka oktan secara signifikan. Hal ini akan dijelaskan lebih lanjut pada sub bab berikutnya.

4.1.10 Identifikasi Produk Hasil Reaksi dengan 20% HZSM-5 pada 350 °C

Berikut gambar spektrum kromatogram dari produk dengan komposisi katalis 20% HZSM-5 pada suhu 350 °C (Gambar 4.10).



Gambar 4.10 Spektrum kromatogram dengan 20% HZSM-5 pada suhu 350 °C

Dari gambar 4.10 dapat dilihat puncak-puncak tertinggi antara lain terdapat pada waktu retensi 6.463, 7.18, dan 10.397, yang masing-masing menandakan keberadaan senyawa *methylcyclohexane*, *toluene*, dan *ethylbenzene*. Intensitas yang tinggi dari senyawa-senyawa ini menandakan dominasi dari ketiga senyawa ini dalam produk hidrokarbon. Tabel lengkap senyawa yang terdapat pada produk hasil reaksi dapat dilihat pada lampiran.

Berikut ini tabel pengelompokan senyawa dan komposisi dari produk hasil reaksi pada kondisi ini (Tabel 4.10).

Tabel 4.10 Pengelompokan senyawa dan komposisi produk dengan 20% HZSM-5 pada suhu 350 °C

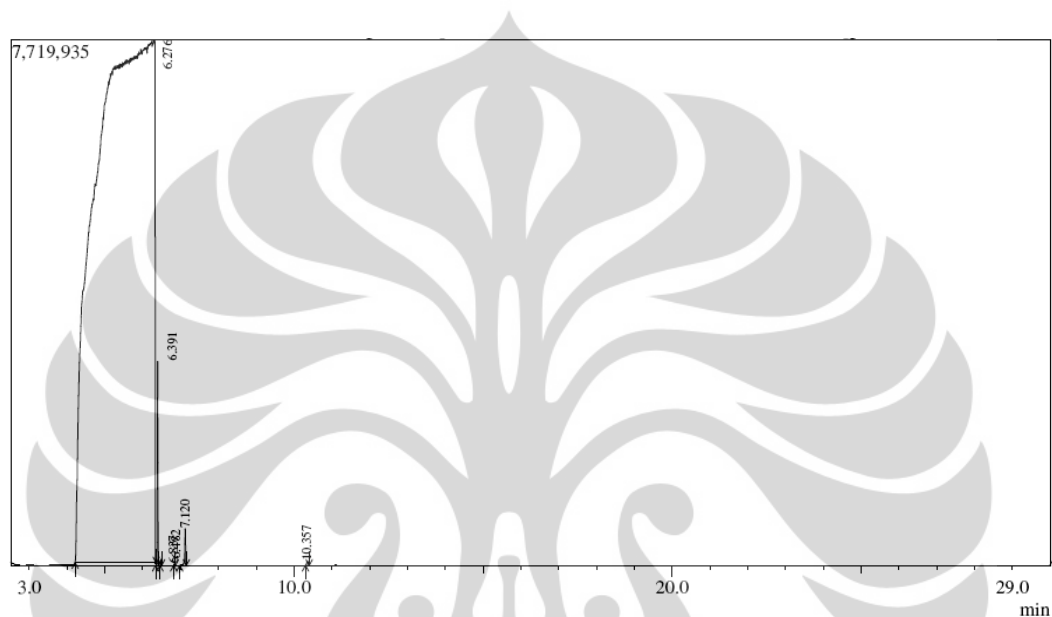
Kelompok senyawa	%w
Olefin	1.93
Sikloparafin	45.38
Aromatis	48.47
Isoparafin	0.61
Senyawa lain	3.60

Dari tabel 4.10 dapat dilihat bahwa secara keseluruhan, senyawa aromatis memiliki komposisi sebesar 48.47% , sedangkan senyawa sikloparafin memiliki komposisi sebesar 45,38% dan sisanya senyawa lain. Selain itu, pada kondisi ini terdapat sejumlah kecil isoparafin sebesar 0.61% pada *2-methylbutane* yang

merupakan senyawa dengan atom karbon C5. Keberadaan senyawa ini memiliki potensi peningkat angka oktan yang baik.

4.1.11 Identifikasi Produk Hasil Reaksi dengan 20% ZSM-5 pada 400 °C

Berikut gambar spektrum kromatogram dari produk dengan komposisi katalis 20% ZSM-5 pada suhu 400 °C (Gambar 4.11).



Gambar 4.11 Spektrum kromatogram dengan 20% HZSM-5 pada suhu 400 °C

Dari gambar 4.11 dapat dilihat puncak-puncak tertinggi antara lain terdapat pada waktu retensi 6.391, 6.482, dan 7.12, yang masing-masing menandakan keberadaan senyawa *methylcyclohexane*, *ethylcyclopentane*, dan *toluene*. Intensitas yang tinggi dari senyawa-senyawa ini menandakan dominasi dari ketiga senyawa ini dalam produk hidrokarbon. Tabel lengkap senyawa yang terdapat pada produk hasil reaksi dapat dilihat pada lampiran.

Berikut ini tabel pengelompokkan senyawa dan komposisi dari produk hasil reaksi pada kondisi ini (Tabel 4.11).

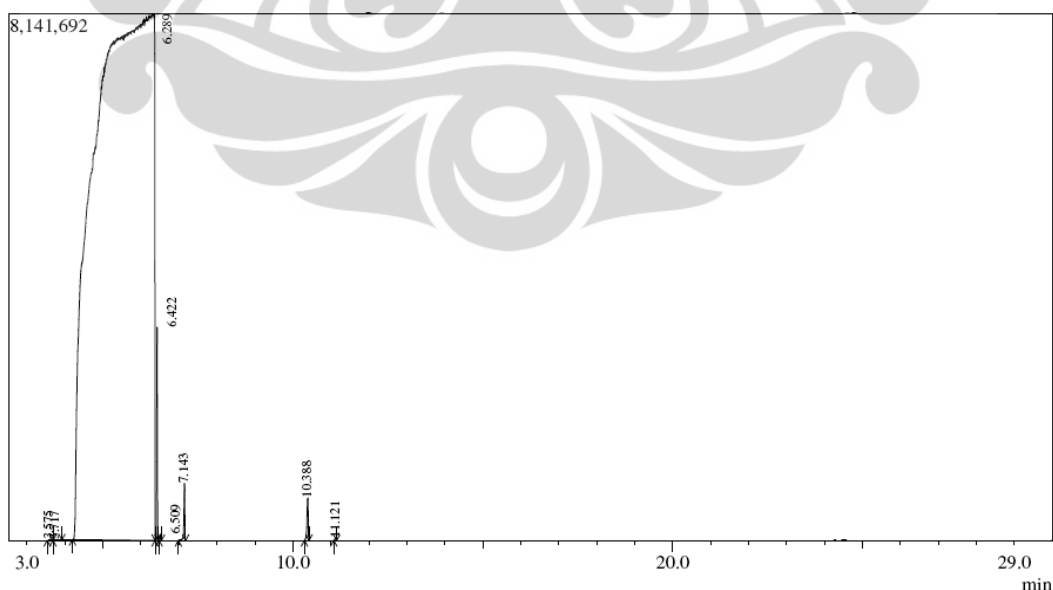
Tabel 4.11 Pengelompokkan senyawa dan komposisi produk dengan 20% HZSM-5 pada suhu 400 °C

Kelompok senyawa	%w
Olefin	0.00
Sikloparafin	77.74
Aromatis	22.10
Isoparafin	0.00
Senyawa lain	0.16

Dari tabel 4.11 dapat dilihat bahwa secara keseluruhan, senyawa aromatis memiliki komposisi sebesar 22.10% , sedangkan senyawa sikloparafin memiliki komposisi sebesar 77.4% dan sisanya senyawa lain. Senyawa *methylcyclohexane* memiliki komposisi terbesar yakni sebanyak 75.67%. Sementara itu senyawa lain yang cukup dominan adalah senyawa *toluene* sebanyak 18.83% dan *o-xylene* sebanyak 3.27%. Penurunan jumlah hidrokarbon aromatis dibandingkan dengan sikloparafin ini akan menyebabkan turunnya nilai angka oktan dikarenakan pengaruh hidrokarbon aromatis terhadap angka oktan lebih besar dibandingkan sikloparafin secara umumnya.

4.1.12 Identifikasi Produk Hasil Reaksi dengan 20% HZSM-5 pada 450 °C

Berikut gambar spektrum kromatogram dari produk dengan komposisi katalis 20% HZSM-5 pada suhu 450 °C (Gambar 4.12).



Gambar 4.12 Spektrum kromatogram dengan 20% HZSM-5 pada suhu 450 °C

Dari gambar 4.12 dapat dilihat puncak-puncak tertinggi antara lain terdapat pada waktu retensi 6.422, 6.482, dan 10.388 menit, yang masing-masing menandakan keberadaan senyawa *methylcyclohexane*, *toluene*, dan *ethylbenzene*. Intensitas yang tinggi dari senyawa-senyawa ini menandakan dominasi dari ketiga senyawa ini dalam produk hidrokarbon. Tabel lengkap senyawa yang terdapat pada produk hasil reaksi dapat dilihat pada lampiran.

Berikut ini tabel pengelompokkan senyawa dan komposisi dari produk hasil reaksi pada kondisi ini (Tabel 4.12).

Tabel 4.12 Pengelompokkan senyawa dan komposisi produk dengan 20% HZSM-5 pada suhu 450 °C

Kelompok senyawa	%w
Sikloparafin	53.96
Aromatis	45.34
Isoparafin	0.00
Senyawa lain	0.70

Dari tabel 4.12 dapat dilihat bahwa secara keseluruhan, senyawa aromatis memiliki komposisi sebesar 45.34% , sedangkan senyawa sikloparafin memiliki komposisi sebesar 53.96% dan sisanya senyawa lain. Senyawa *methylcyclohexane* memiliki komposisi terbesar yakni sebanyak 52.63%. Sementara itu senyawa lain yang cukup dominan adalah senyawa *toluene* sebanyak 21.94% dan *ethylbenzene* sebanyak 22.30%. Naiknya jumlah hidrokarbon aromatis dibandingkan dengan sikloparafin ini akan menyebabkan peningkatan nilai angka oktan dikarenakan pengaruh hidrokarbon aromatis terhadap angka oktan lebih besar dibandingkan sikloparafin secara umumnya. Hal ini juga dikarenakan tidak ditemukan senyawa isoparafin maupun n-parafin sehingga perhitungan angka oktan hanya dipengaruhi senyawa aromatis dan sikloparafin.

4.2 Angka Oktan Produk

Angka oktan merupakan salah satu parameter kualitas suatu bahan bakar. Angka oktan sendiri adalah angka yang menunjukkan seberapa besar yang bisa diberikan dalam mesin sebelum bensin terbakar secara spontan. Apabila bahan bakar terbakar secara spontan dan bukan karena percikan api dari busi, maka pada

mesin akan terjadi *knocking* yang dapat menyebabkan mesin cepat rusak. Dalam sub bab ini akan diidentifikasi bilangan oktan dari produk yang dihasilkan pada penelitian kali ini dari seluruh kondisi yang diuji.

4.2.1 Pengolahan Data

Pada bab 3 sebelumnya telah dijelaskan bahwa perhitungan angka oktan ini menggunakan persamaan yang telah diformulasikan oleh peneliti sebelumnya dengan persamaan sebagai berikut (Losavic dkk., 1990).

$$\text{RON} = 69.0306 - 1.0729Y_{NP} + 0.7875Y_{IP1} + 0.0976Y_{IP2} + 0.3395Y_{CP} + 0.4049Y_{AR} \quad (3.1)$$

di mana:

Y = Fraksi masing-masing kelompok

NP = *N-Paraffin* (tidak termasuk C5)

IP1 = *Iso paraffin* dari C5 hingga C7

IP2 = *Iso paraffin* selain C5 hingga C7

CP = *Cycloparaffin*

AR = *Aromatic*

Dari hasil analisis GC/MS sebelumnya, dapat diperoleh persen berat dari masing-masing komponen, oleh karena itu perlu dikelompokkan terlebih dahulu komponen-komponen tersebut berdasarkan kategori hidrokarbonnya. Dalam melakukan perhitungan, terlebih dahulu dilakukan normalisasi persen berat dengan menghilangkan komponen-komponen yang tidak dimasukkan dalam perhitungan misalnya n-heptan, senyawa oksigenat, dan lainnya. Berikut ini contoh tabel pengolahan data untuk normalisasi persen massa dalam perhitungan angka oktan dari produk dengan 15% HZSM-5 pada suhu reaksi 450 °C.

Tabel 4.13 Tabel Pengolahan Data untuk Produk dengan 15% HZSM-5 pada Suhu Reaksi 450 °C

no	name	RT	%w	%w normalisasi untuk kalkulasi RON
1	Cyclopentane, methyl-	2.553	0.27	0.27
2	Benzene	3.008	2.14	2.19
3	Pentane, 2,3-dimethyl-	3.083	2.41	2.46

Tabel 4.13 (Sambungan)

4	Hexane, 3-methyl-	3.224	9.09	9.29
5	Pentane, 2,3,4-trimethyl-	3.433	5.35	5.46
6	Cyclohexane, methyl	5.743	25.13	25.68
7	Cyclopentane, ethyl-	5.835	3.48	3.55
8	Cyclohexene, 4-methyl-	5.933	0.27	
9	3,5-Dimethylcyclopentene	6.13	0.53	
10	Cyclopentene, 3-ethyl-	6.208	0.27	
11	Toluene	6.517	22.99	23.50
12	Cyclohexene, 1-methyl-	6.577	0.27	
13	Ethyl ester of 1-Methyl-2-methylene	7.703	0.27	
14	Cyclohexane, 1-methyl-4-methylene	8.414	0.27	
15	3-Heptyne, 5-methyl-	8.603	0.27	
16	Benzene, ethyl-	9.508	0.80	0.82
17	o-Xylene	9.898	21.93	22.40
18	p-Xylene	10.585	3.48	3.55
19	2,3-Dimethyl-3-phenylbutan-2-ol	12.809	0.00	
20	Benzene, 1,2,3-trimethyl-	13.833	0.27	0.27
21	Hexadecane	23.918	0.00	0.00
22	Pentadecane	26.441	0.27	0.27
23	Hexadecane	28.232	0.27	0.27

Dari tabel 4.13 tersebut kemudian dikelompokkan berdasarkan kelompok senyawa hidrokarbonnya. Pengelompokan senyawanya dapat dilihat pada tabel 4.14 berikut.

Tabel 4.14 Komposisi Produk Berdasarkan Pengelompokkan Senyawa Hidrokarbon untuk Produk dengan 15% HZSM-5 pada Suhu Reaksi 450 °C

Jenis Senyawa	% Berat
NP	0.55
IP1	11.75
IP2	5.46
CP	29.51
AR	52.73
Total	100.00

Kemudian dari data pada tabel 4.14 inilah kemudian dihitung angka oktan dari produk. Perhitungannya adalah sebagai berikut.

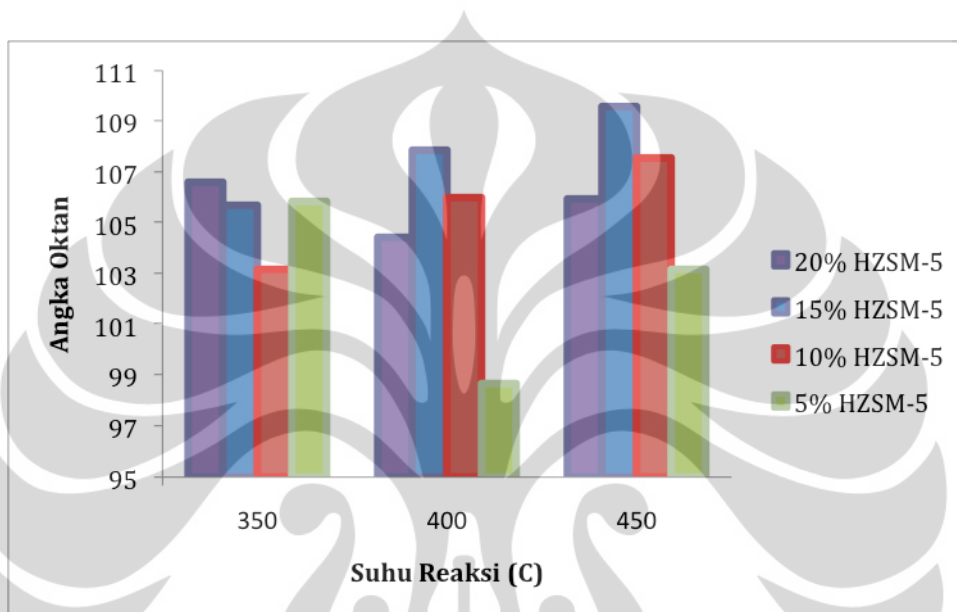
$$\text{RON} = 69.0306 - 1.0729Y_{NP} + 0.7875Y_{IP1} + 0.0976Y_{IP2} \\ + 0.3395Y_{CP} + 0.4049Y_{AR}$$

$$\text{RON} = 69.0306 - 1.0729(0.55) + 0.7875(11.75) + 0.0976(5.46) \\ + 0.3395(29.51) + 0.4049(52.73)$$

RON = 109.6

4.2.2 Angka Oktan Produk Hasil Sintesis Hidrokarbon dari Etanol

Hasil perhitungan angka oktan dari produk hasil reaksi sintesis hidrokarbon dari etanol menggunakan katalis $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{HZSM-5}$ dapat dilihat pada Gambar 4.13 berikut.



Gambar 4.13 Angka Oktan Produk Hidrokarbon pada Berbagai Kondisi

Pada gambar 4.13 di atas dapat dilihat angka oktan dari berbagai variasi produk mulai dari variasi komposisi rasio katalis $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{HZSM-5}$ (5% hingga 20% HZSM-5) dan juga variasi suhu reaksi (350 °C, 400 °C, dan 450 °C). Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa kondisi paling optimum untuk memperoleh angka oktan yang tertinggi pada reaksi ini adalah pada komposisi 15% katalis HZSM-5 dan pada suhu tertinggi yaitu 450 °C. yaitu dengan nilai angka oktan sebesar 109.6. Pada kondisi ini, memang senyawa aromatis yang dihasilkan bukanlah yang terbesar diantara variasi lainnya yaitu sebesar 51.6%. Bahkan pada kondisi suhu reaksi yang sama pada komposisi katalis 10% HZSM-5, terdapat lebih banyak senyawa aromatis yaitu sebesar 67.58%. Akan tetapi, angka oktannya lebih rendah yaitu hanya 106.6. Hal ini menunjukkan bahwa keberadaan senyawa aromatis bukanlah satu-satunya yang berpengaruh besar pada angka oktan. Pada variable 15% katalis HZSM-5 dengan suhu reaksi 450 °C, terdapat juga senyawa

isoparafin yang cukup besar jumlahnya yaitu 17%, bahkan terbesar jumlahnya diantara variasi kondisi lainnya. Keberadaan senyawa isoparafin ini mempengaruhi kenaikan angka oktan yang signifikan, meskipun jumlahnya sedikit. Ini yang menyebabkan angka oktan pada kondisi ini menjadi yang terbesar diantara kondisi yang lain sehingga kondisi dengan komposisi 15% katalis HZSM-5 dan suhu reaksi 450 °C menjadi kondisi operasi optimum untuk memperoleh angka oktan yang tinggi. Hal ini juga dipertegas oleh grafik yang menunjukkan bahwa pada suhu yang lebih tinggi (450 °C) terjadi kecenderungan naiknya angka oktan. Selain itu secara keseluruhan dari rentang suhu 350 °C hingga 450 °C, katalis dengan komposisi 15% katalis HZSM-5 memiliki rata-rata angka oktan terbaik diantara kondisi lainnya yaitu dengan angka oktan rata-rata 107.7.

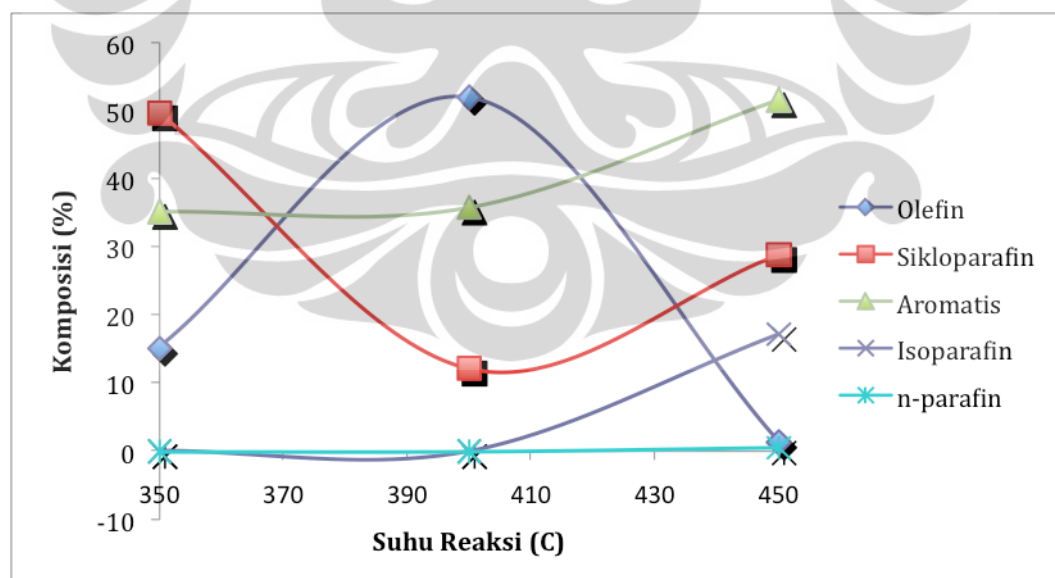
Angka oktan, mungkin merupakan salah satu indikator utama dalam sebuah bahan bakar, akan tetapi seperti telah dijelaskan sebelumnya, masih banyak lagi indikator yang menjadi acuan kualitas bahan bakar. Salah satunya adalah kandungan senyawa apa yang terdapat pada bahan bakar. Oleh karena pada penelitian kali ini digunakan analisis GC/MS maka dapat diketahui senyawa apa saja yang terdapat pada produk hasil reaksi. Sebagai pendukung analisis angka oktan di atas, maka hal ini cukup perlu untuk ditinjau.

Dari kondisi optimal yang telah dijelaskan sebelumnya, angka oktan yang dihasilkan cukup tinggi yaitu 109.6. Namun apakah kualitas bahan bakar pada kondisi ini sudah cukup baik bila ditinjau dari kandungan senyawanya masih perlu ditinjau terlebih dahulu. Pada umumnya, bahan bakar seperti bensin merupakan suatu campuran hidrokarbon (*blending*) yang terdiri atas senyawa parafin, olefin, nafta, dan aromatis. Di antara senyawa-senyawa ini, senyawa olefin dan aromatis menjadi perhatian lebih karena sifatnya yang tidak ramah pada lingkungan. Batasan senyawa yang diperbolehkan pada bahan bakar khususnya bensin dapat dilihat pada tabel 4.15 berikut.

Tabel 4.15 Standar Karakteristik Senyawa Pada Bensin (Adb, 2012)

Senyawa	Batas maksimal
Benzene	1.00%
Sulfur	10 mg/kg
Oksigen	2.70%
Aromatis	35%
Olefin	18%

Berdasarkan tabel 4.15 di atas dapat disimpulkan bahwa produk hasil reaksi pada kondisi suhu 450 °C dengan komposisi katalis 15% HZSM-5 belum memenuhi standar kandungan senyawa pada bensin. Standar tersebut merupakan standar untuk kualitas bahan bakar di negara-negara Eropa dan Asia pada umumnya. Dengan mengacu pada standar tersebut maka produk hidrokarbon hasil sintesis pada kondisi ini tidak dapat memenuhi standar maksimum untuk keberadaan senyawa aromatis, dimana dalam produk pada kondisi ini, terdapat kandungan senyawa hidrokarbon sebesar 51.6%. Sedangkan untuk senyawa olefin, hanya terdapat sebesar 1.34% sehingga memenuhi standar. Distribusi pergeseran senyawa hidrokarbon pada produk hasil reaksi dengan komposisi katalis 15% HZSM-5 dapat dilihat pada Gambar 4.14 berikut.

**Gambar 4.14** Distribusi Senyawa Hidrokarbon Pada Komposisi Katalis 15% HZSM-5

Dari gambar 4.14 dapat dilihat bahwa terjadi pergeseran senyawa yang signifikan dari senyawa sikloparafin menjadi olefin pada suhu 400 C. Hal ini

dapat terjadi dikarenakan rangkaian reaksi yang dilewati dalam reaksi sintesis senyawa hidrokarbon dari etanol. Rangkaian reaksi ini sesuai dengan yang telah pernah diteliti oleh peneliti sebelumnya. Dalam reaksi sintesis senyawa hidrokarbon dari etanol, rangkaian reaksi yang harus dilewati dari awal hingga menjadi senyawa aromatis secara berurutan diawali oleh pembentukan senyawa etilen. Kemudian, terbentuklah senyawa oligomer. Dari senyawa oligomer ini terbagi dua jalur reaksi yaitu langsung menjadi senyawa siklik ataupun jalur untuk menjadi senyawa olefin barulah kemudian menjadi senyawa siklik. Dari senyawa siklik, kemudian barulah mengalami konversi menjadi senyawa aromatis (Viswanadham dkk, 2012). Pergeseran senyawa sikloparafin menjadi olefin secara signifikan ini dimungkinkan karena sejumlah senyawa oligomer lebih banyak terkonversi menjadi senyawa olefin terlebih dahulu daripada melalui jalur langsung menjadi senyawa siklik. Ini menyebabkan pembentukan senyawa sikloparafin menjadi berkurang pada kondisi ini, sementara karena senyawa olefin yang terbentuk semakin besar, maka senyawa siklo olefin yang terbentuk juga semakin besar.

Jika mempertimbangkan angka oktan dan kandungan yang paling memenuhi standar bahan bakar tersebut, maka kondisi operasi pada suhu reaksi 400 °C dengan komposisi katalis 20% HZSM-5 merupakan kondisi yang paling optimal. Angka oktan dari produk yang dihasilkan cukup tinggi yaitu 104.4, sedangkan kandungan aromatis hanya 22.1% dan juga tidak ditemukan adanya senyawa olefin. Selain itu, senyawa oksigenat yang ditemukan pada produk hanya sebesar 0.16%. Sedikitnya kandungan senyawa lainnya pada kondisi ini dimungkinkan karena tingginya jumlah HZSM-5 sebagai katalis yang digunakan, sehingga selektivitas produk lebih baik dan tidak ditemukan banyak senyawa hasil dari produk sampingan yang sedikit.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

- Proses sintesis senyawa hidrokarbon dari etanol dengan menggunakan katalis $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{HZSM-5}$ telah berhasil memperoleh produk hidrokarbon dengan angka oktan yang cukup tinggi yaitu diatas 88.
- Temperatur reaksi yang optimum untuk mendapatkan senyawa hidrokarbon dengan angka oktan yang tinggi adalah $450\text{ }^\circ\text{C}$.
- Komposisi katalis yang optimum untuk memperoleh senyawa hidrokarbon dengan angka oktan yang tinggi adalah 15% HZSM-5.

Saran

- Dalam penelitian ini, sistem pencairan produk hasil reaksi dilakukan hanya dengan melakukan kondensasi produk keluaran dengan menggunakan air dan es, hal ini menyebabkan produk cair keluaran hanya sedikit. Lebih baik untuk peneliti selanjutnya, rangkaian pendinginan produk diperbaiki untuk memperoleh produk cair yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim (2009). *Produksi Minyak Baru Cukupi Kebutuhan Tahun 2015*.
<http://sains.kompas.com/read/2009/03/04/22153496/Produksi.Minyak.Baru.Cukupi.Kebutuhan.Tahun.2015> [diakses 26 Februari 2011].
- Anonim (2010). *Cadangan Minyak Indonesia Tinggal 10 Tahun*.
<http://www.kompas.com/lipsus052009/antasariread/2010/02/01/2001197/Cadangan.Minyak.Indonesia.Tinggal.10.Tahun> [diakses 12 Maret 2011].
- Anonim (2010). *impor minyak 2010 mencapai satu miliar barel*.
<http://www.antaraneews.com/berita/1260891821/impor-minyak-2010-mencapai-satu-miliar-barel> [diakses 26 Februari 2011].
- Anonim. (n.d.). Vehicle Emissions.
http://www2.adb.org/Documents/Guidelines/Vehicle_Emissions/cf_ch03.pdf [diakses 17 Juni 2012]
- Clark, J. (2000). *Explaining the Dehydration Of Alcohols* <http://www.chemguide.co.uk/mechanisms/elim/dhethanoltt.html> [diakses 12 Maret 2011].
- Haller, G. L. (1979). *Chemistry of catalytic processes* : By . McGraw-Hill, New York. 464 pp, 60, 343-343.
- Hobson, G. (Ed.). (1984). *Modern Petroleum Technology* (5th Ed part II). Wiley.
- Hutchings, G. J., Johnston, P., Lee, D. F., Warwick, A., Williams, C. D. & Wilkinson, M. 1994. The Conversion of Methanol and Other O-Compounds to Hydrocarbons over Zeolite [beta]. *J. Catal*, 147, 177-185.
- Losavic, G., Jambrec, N., Deur-Siftar, D., & V. Prostenik, M. (1990).
Determination of catalytic reformed gasoline octane number by high resolution gas chromatography. *Fuel* (69), 525-528.
- Mailisa, R. F. (2006). *Konversi Katalitik Dalam Sintesa Senyawa Hidrokarbon Setaraf Fraksi Gasolin dengan Katalis B₂O₃/Zeolit Skripsi..* Departemen Teknik Gas dan Petrokimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Depok.

- Prasetya, B., Sudijono & Kasinoputro, P. (2006). Pemanfaatan Lumpur Minyak untuk Pembuatan Komposit Berserat Lignoselulosa. *Science & Technology*, 4.
- Schulz, J. B., F (1994). Conversion of Ethanol over Zeolite H-ZSM-5. *Chemical Engineering & Technology*. 17, 179-186..
- Shah, R. G., J. D.; Payne, M. C. (1996). Methanol Adsorption in Zeolites. A First-Principles Study. *J. Phys. Chem*, 100 (28), 11688–11697
- Viswanadham, N., Saxena, S. K., Kumar, J., Sreenivasulu, P., & Nandan, D. (2012). Catalytic performance of nano crystalline H-ZSM-5 in ethanol to gasoline (ETG) reaction. *Fuel* (95), 298-304.
- Wijaya, B. A. (2005). Pembuatan Hidrokarbon Setaraf Fraksi Gasoline dari Minyak Kelapa Sawit melalui Proses Perengkahan Katalitik dengan Menggunakan Katalis Alumina/ZSM-5. Skripsi, Departemen Teknik Gas dan Petrokimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Depok.

LAMPIRAN

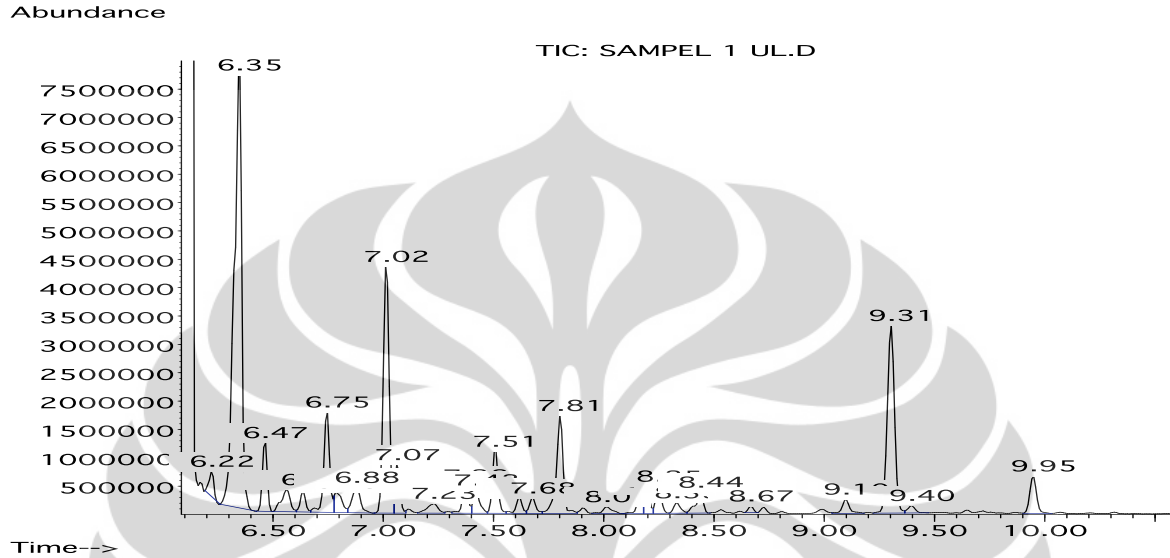
- Lampiran A: Hasil Kromatogram dan Data GC/MS
- Lampiran B: Tabulasi Hasil Pengolahan Data
- Lampiran C: Identifikasi Senyawa Pada Produk (berdasarkan GC/MS)



LAMPIRAN A

HASIL KROMATOGRAM DAN DATA GC/MS

1. Komposisi Katalis 5% HZSM-5, Suhu Reaksi 350 °C



Library Search Report

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

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

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

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

			ylcyclohexane \$\$ Sextone B \$\$ Hexa			
			hydrotoluene \$\$ Cyclohexylmethane			
			\$\$ Toluene hexahydride \$\$ 1-Methyl			
			cyclohexane \$\$ Hexahydroxytoluene			
			\$\$ Metylocykloheksan \$\$ Toluene, h			
			exahydro- \$\$ UN 2296			
			Cyclohexane, methyl-	7468	000108-87-2	94
			Cyclohexane, methyl- (CAS) \$\$ Meth	7472	000108-87-2	94
			ylcyclohexane \$\$ Sextone B \$\$ Hexa			
			hydrotoluene \$\$ Cyclohexylmethane			
			\$\$ Toluene hexahydride \$\$ 1-Methyl			
			cyclohexane \$\$ Hexahydroxytoluene			
			\$\$ Metylocykloheksan \$\$ Toluene, h			
			exahydro- \$\$ UN 2296			
3	6.47	3.07	C:\Database\wiley7n.1			
			Cyclopentane, ethyl- (CAS) \$\$ Ethy	7450	001640-89-7	96
			lcyclopentane			
			Cyclopentane, ethyl-	7451	001640-89-7	96
			Cyclopentane, ethyl-	7447	001640-89-7	94
4	6.57	1.78	C:\Database\wiley7n.1			
			Cyclohexene, 4-methyl- \$\$ 4-Methyl	6472	000591-47-9	94
			-1-cyclohexene \$\$ 4-Methylcyclohex			
			ene \$\$ 4-Methyl-1-cyclohexane \$\$ 4			
			-Methylcyclohexene-1 \$\$ 4-Methylcy			
			clohex-1-ene			
			Cyclohexene, 4-methyl-	6467	000591-47-9	91
			Cyclohexene, 4-methyl-	6468	000591-47-9	91
5	6.64	1.01	C:\Database\wiley7n.1			
			Cyclopentene, 1,2,3-trimethyl- \$\$	12576	000473-91-6	91
			1,2,3-Trimethylcyclopentene			
			1,3-Dimethyl-1-cyclohexene	12494	002808-76-6	91
			1,4-Pentadiene, 2,3,3-trimethyl-	12447	000756-02-5	90
6	6.75	5.34	C:\Database\wiley7n.1			
			Cyclobutane, (1-methylethylidene)-	6431	001528-22-9	87
			Cyclopentene, 1,5-dimethyl- \$\$ 1,2	6443	016491-15-9	86
			-Dimethyl-2-cyclopentene \$\$ 1,5-Di			
			methylcyclopentene \$\$ 2,3-Dimethyl			
			cyclopentene			
			Cyclopentane, 1-methyl-2-methylene	6450	041158-41-2	86
			- \$\$ 1-Methylene-2-methylcyclopent			
			ane \$\$ 2-Methyl methylenecyclopent			
			ane			
7	6.79	1.43	C:\Database\wiley7n.1			
			Cyclopentene, 1-ethyl-	6434	002146-38-5	80
			Cyclopentene, 1-ethyl-	6435	002146-38-5	80
			Cyclopentane, ethylidene-	6449	002146-37-4	72
8	6.88	1.98	C:\Database\wiley7n.1			
			Cyclopentene, 1,2,3-trimethyl- \$\$	12576	000473-91-6	91
			1,2,3-Trimethylcyclopentene			
			1,3-Dimethyl-1-cyclohexene	12494	002808-76-6	91

			Bicyclo[3.1.0]hexane, 1,5-dimethyl	12588	000000-00-0	90
9	7.02	13.27	C:\Database\wiley7n.1 Benzene, methyl- (CAS) \$\$ Toluene \$\$ CP 25 \$\$ Methylbenzene \$\$ Toluo l \$\$ Methacide \$\$ Antisal 1a \$\$ Me thylbenzol \$\$ Phenylmethane \$\$ MET HYLBENZENE(TOLUENE) \$\$ Benzene, me thyl \$\$ Methane, phenyl- \$\$ NCI-CO 7272 \$\$ Tolueen \$\$ Toluen \$\$ Toluo lo \$\$ Rcra waste Toluene Benzene, methyl- (CAS) \$\$ Toluene \$\$ CP 25 \$\$ Methylbenzene \$\$ Toluo l \$\$ Methacide \$\$ Antisal 1a \$\$ Me thylbenzol \$\$ Phenylmethane \$\$ MET HYLBENZENE(TOLUENE) \$\$ Benzene, me thyl \$\$ Methane, phenyl- \$\$ NCI-CO 7272 \$\$ Tolueen \$\$ Toluen \$\$ Toluo lo \$\$ Rcra waste	5536	000108-88-3	91
				5537	000108-88-3	91
				5539	000108-88-3	91
10	7.07	2.33	C:\Database\wiley7n.1 Cyclohexene, 1-methyl- \$\$.alpha.- Methylcyclohexene \$\$ 1-Methylcyclo hexene \$\$ 1-Methyl-1-cyclohexene \$ \$ 1-Methylcyclohex-1-ene Cyclohexene, 1-methyl- Cyclohexene, 1-methyl- (CAS) \$\$ 1- Methylcyclohexene \$\$ 1-METHYL-CYCL OHEXENE \$\$.alpha.-Methylcyclohexe ne \$\$ 1-Methylcyclohex-1-ene \$\$ 1- Methyl-1-cyclohexene	6454	000591-49-1	94
				6453	000591-49-1	91
				6451	000591-49-1	91
11	7.23	0.96	C:\Database\wiley7n.1 Cyclohexane, 1,4-dimethyl- \$\$ p-Di methylcyclohexane \$\$ 1,4-Dimethylc yclohexane \$\$ 1,4-Dimethylcyclohex ane,c&t \$\$ cis-trans-1,4-Dimethylc yclohexane \$\$ Hexahydroxylene \$\$ U N 2263 \$\$ 1,4-Dimethylcyclohexane(c,t) Cyclohexane, 1,4-dimethyl-, trans- Cyclohexane, 1,3-dimethyl-, trans- \$\$ trans-1,3-Dimethylcyclohexane \$\$ 1,trans-3-Dimethylcyclohexane \$ \$ Cyclohexane, 1,3-dimethyl-	14052	000589-90-2	70
				14039	002207-04-7	64
				14032	002207-03-6	64
12	7.38	1.55	C:\Database\wiley7n.1 Cyclopentane, 1-ethyl-3-methyl- \$\$ 1-Methyl-3-ethylcyclopentane Cyclopentane, 1-ethyl-3-methyl-, c is- \$\$ cis-1-Ethyl-3-Methylcyclope ntane Cyclopentane, 1-ethyl-3-methyl-, t rans- \$\$ trans-1-Ethyl-3-Methylcyc lopentane	13932	003726-47-4	95
				13931	002613-66-3	95
				13934	002613-65-2	95

13	7.43	1.37	C:\Database\wiley7n.1 Cyclopentane, 1-ethyl-3-methyl- 1-Methyl-3-ethylcyclopentane Cyclopentane, 1-ethyl-3-methyl-, t rans- Cyclopentane, 1-ethyl-3-methyl- (C AS) e	\$\$ \$\$ \$\$	13932 13934 13933	003726-47-4 002613-65-2 003726-47-4	76 76 76
14	7.51	3.31	C:\Database\wiley7n.1 Cyclopentene, 1,2,3-trimethyl- 1,2,3-Trimethylcyclopentene 1,3-Dimethyl-1-cyclohexene Bicyclo[3.1.0]hexane, 1,5-dimethyl	\$\$ 	12576 12494 12588	000473-91-6 002808-76-6 000000-00-0	91 91 90
15	7.62	0.90	C:\Database\wiley7n.1 2,4-Hexadiene, 2,5-dimethyl- isobutenyl crotyl ne 4-Methyl-1,3-heptadiene (c,t) 2,2-Dimethyl-3-hexyne	\$\$ Bi \$\$ Biisocrotyl \$\$ Diiso crotyl \$\$ 2,5-Dimethyl-2,4-hexadie ne \$\$ (CH3)2C=CHCH=C(CH3)2 \$\$ 2,5- Dimethylhexa-2,4-diene 	12435 12586 12617	000764-13-6 017603-57-5 000000-00-0	55 55 45
16	7.68	0.89	C:\Database\wiley7n.1 1,4-Hexadiene, 3-ethyl- -1,4-hexadiene 2-Cyclohexen-1-one, 4-ethyl-4-meth yl- Cyclohexene, 3-ethyl-	\$\$ 3-Ethyl \$ 	12414 33804 12488	002080-89-9 017429-32-2 002808-71-1	74 72 59
17	7.81	6.02	C:\Database\wiley7n.1 Cyclobutene, 1,2,3,4-tetramethyl-, cis- (CAS) thylcyclobutene Cyclopentene, 1,2,3-trimethyl- 1,2,3-Trimethylcyclopentene 1,3-Dimethyl-1-cyclohexene Dimethyl cyclohexene e, 1,3-dimethyl-	\$\$ cis-1,2,3,4-Tetrame thylcyclobutene \$\$ cis-1,2,3,4-Tet ramethyl-1-cyclobutene \$\$ \$ \$ \$	12463 12576 12495	002417-87-0 000473-91-6 002808-76-6	91 90 87
18	8.02	0.56	C:\Database\wiley7n.1 3,5-Octadiene, (Z,Z)- 3-Heptyne, 5-methyl- (CAS) 3-Heptyne, 5-methyl-	 	12594 12379 12380	007348-80-3 061228-09-9 061228-09-9	80 80 64
19	8.17	0.90	C:\Database\wiley7n.1 1,3-Dimethyl-1-cyclohexene Dimethyl cyclohexene e, 1,3-dimethyl- Bicyclo[3.1.0]hexane, 1,5-dimethyl 1,3-Dimethyl-1-cyclohexene	\$\$ 1,3- \$ \$ 	12495 12588 12494	002808-76-6 000000-00-0 002808-76-6	91 91 90

20	8.20	1.18	C:\Database\wiley7n.1 Cyclohexene, 3,5-dimethyl- Cyclohexene, 3,5-dimethyl- CYCLOPENTANE, 1,2-DIMETHYL-3-METHY LENE-, CIS	12598 12597 12480	000823-17-6 000823-17-6 000000-00-0	91 90 87
21	8.25	1.44	C:\Database\wiley7n.1 Cyclohexane, 1-methyl-4-methylene- Cyclobutene, 1,2,3,4-tetramethyl-, cis- (CAS) \$\$ cis-1,2,3,4-Tetrame thylcyclobutene \$\$ cis-1,2,3,4-Tet ramethyl-1-cyclobutene 1-Methylbicyclo[4.1.0]heptane (1-M ethylnorcarane) \$\$ Bicyclo[4.1.0]h eptane, 1-methyl- (CAS) \$\$ Norcara ne, 1-methyl- (CAS) \$\$ 1-Methylbic yclo[4.1.0]heptane \$\$ 1-Methylnorc arane	12507 12464 12545	002808-80-2 002417-87-0 002439-79-4	93 90 90
22	8.34	0.65	C:\Database\wiley7n.1 Cyclopentane, propyl- Cyclopentane, propyl- Cyclopentane, propyl- \$\$ n-Propylc yclopentane \$\$ Propylcyclopentane \$\$ 1-Cyclopentylpropane	13921 13919 13920	002040-96-2 002040-96-2 002040-96-2	93 93 90
23	8.45	1.38	C:\Database\wiley7n.1 Methyl ethyl cyclopentene \$\$ 1-Eth yl-2-methylcyclopentene \$\$ Cyclope ntene, 1-ethyl-2-methyl- 1-Methylbicyclo[4.1.0]heptane (1-M ethylnorcarane) \$\$ Bicyclo[4.1.0]h eptane, 1-methyl- (CAS) \$\$ Norcara ne, 1-methyl- (CAS) \$\$ 1-Methylbic yclo[4.1.0]heptane \$\$ 1-Methylnorc arane Cyclobutene, 1,2,3,4-tetramethyl-, trans- (CAS) \$\$ trans-1,2,3,4-Tet ramethylcyclobutene \$\$ trans-1,2,3 ,4-Tetramethyl-1-cyclobutene	12583 12545 12466	019780-56-4 002439-79-4 003200-65-5	95 83 83
24	8.67	0.29	C:\Database\wiley7n.1 1,3-Dimethyl-1-cyclohexene Cycloheptene, methyl- Cyclohexene, 1,2-dimethyl-	12494 12582 12493	002808-76-6 055308-20-8 001674-10-8	91 87 81
25	9.10	0.95	C:\Database\wiley7n.1 Ethylbenzene Ethylbenzene Benzene, ethyl- (CAS) \$\$ EB \$\$ Eth ylbenzene \$\$ Phenylethane \$\$ Ethyl benzol \$\$.alpha.-Methyltoluene \$\$ Aethylbenzol \$\$ Ethylbenzeen \$\$ E tilbenzene \$\$ Etylobenzen \$\$ NCI-C 56393 \$\$ UN 1175	10711 10712 10713	000100-41-4 000100-41-4 000100-41-4	90 87 87

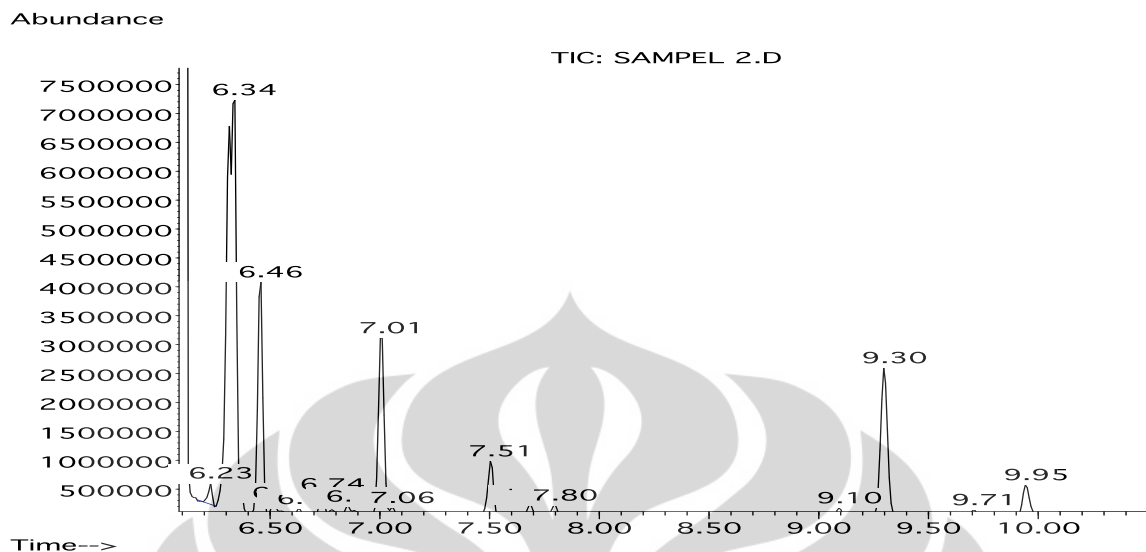
26 9.30 12.50 C:\Database\wiley7n.1
 p-Xylene 10753 000106-42-3 97
 Benzene, 1,3-dimethyl- 10741 000108-38-3 97
 p-Xylene \$\$ Benzene, 1,4-dimethyl- 10754 000106-42-3 97
 \$\$ p-Dimethylbenzene \$\$ p-Xylol \$
 \$ 1,4-Dimethylbenzene \$\$ 1,4-Xylen
 e \$\$ p-Methyltoluene \$\$ para-Xylen
 e \$\$ Chromar \$\$ Scintillar \$\$ UN 1
 307 \$\$ 4-Methyltoluene

27 9.40 0.50 C:\Database\wiley7n.1
 2,4-Hexadiene, 2,5-dimethyl- (CAS) 12432 000764-13-6 70
 \$\$ 2,5-Dimethyl-2,4-hexadiene \$\$
 1,3-BUTADIENE, 1,1,4,4-TETRAMETHYL
 -, \$\$ Biisocrotyl \$\$ Diisocrotyl \$
 \$ Biisobutenyl
 5,5-Dimethyl-1,3-hexadiene 12568 001515-79-3 70
 4-Methyl-1,3-heptadiene (c,t) 12586 017603-57-5 64

28 9.95 2.28 C:\Database\wiley7n.1
 p-Xylene 10753 000106-42-3 97
 Benzene, 1,3-dimethyl- 10741 000108-38-3 97
 Benzene, 1,2-dimethyl- (CAS) \$\$ o- 10724 000095-47-6 95
 Xylene \$\$ o-Xylol \$\$ 3,4-Xylene \$\$
 1,2-Xylene \$\$ o-Methyltoluene \$\$
 o-Dimethylbenzene \$\$ 1,2-Dimethylb
 enzene \$\$ ortho-Xylene \$\$ 1,2-Dime
 thyl-benzene \$\$ o-Xylene \$\$ 1,2-DI
 METHYLBENZENE (O-XYLENE) \$\$ 1,2-DI
 METHYLBENZENE (O-X

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

2. Komposisi Katalis 5% HZSM-5, Suhu Reaksi 400 °C



Library Search Report

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

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

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

Pk#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
1	6.23	1.00	C:\Database\wiley7n.1 Hexane, 2,2,5-trimethyl- Hexane, 2,2-dimethyl- Heptane, 2,5-dimethyl- thylheptane	25219 15663 25189	003522-94-9 000590-73-8 002216-30-0	64 64 64
2	6.34	46.63	C:\Database\wiley7n.1 Cyclohexane, methyl- (CAS) \$\$ Meth ylcyclohexane \$\$ Sextone B \$\$ Hexa hydrotoluene \$\$ Cyclohexylmethane \$\$ Toluene hexahydride \$\$ 1-Methyl cyclohexane \$\$ Hexahydroxytoluene \$\$ Metylocykloheksan \$\$ Toluene, h exahydro- \$\$ UN 2296 Cyclohexane, methyl- Cyclohexane, methyl-	7467 7468 7466	000108-87-2	96 94 94

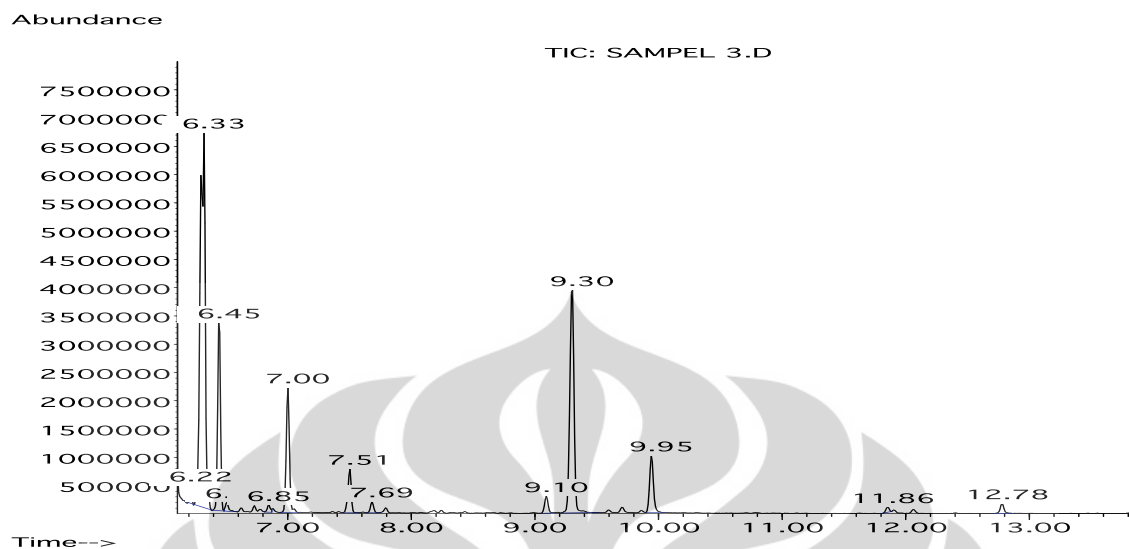
3	6.46	13.83	C:\Database\wiley7n.1 Cyclopentane, ethyl- (CAS) \$\$ Ethylcyclopentane Cyclopentane, ethyl- Cyclopentane, ethyl-	7450 7447 7451	001640-89-7 001640-89-7 001640-89-7	96 94 91
4	6.52	1.00	C:\Database\wiley7n.1 1,2,4-Trimethylcyclopentane Cyclopentane, 1,2,4-trimethyl- Cyclopentane, 1,2,4-trimethyl-	13970 13984 13983	000000-00-0 002815-58-9 002815-58-9	91 91 90
5	6.64	0.38	C:\Database\wiley7n.1 Cyclopentane, 1,2,3-trimethyl-, (1.alpha.,2.alpha.,3.beta.)- \$\$ Cyclopentane, 1,2,3-trimethyl-, cis-1,2,trans-1,3- \$\$ trans,cis-1,2,3-Trimethylcyclopentane CYCLOPENTANE, 1,2,3-TRIMETHYL-, CIS,TRANS 1,2,3-Trimethylcyclopentane	13945 13947 13971	015890-40-1 015890-40-1 000000-00-0	46 38 38
6	6.74	1.32	C:\Database\wiley7n.1 Cyclopentene, 1,5-dimethyl- \$\$ 1,2-Dimethyl-2-cyclopentene \$\$ 1,5-Dimethylcyclopentene \$\$ 2,3-Dimethylcyclopentene Cyclobutane, (1-methylethylidene)- Cyclopentane, 1-methyl-2-methylene- \$\$ 1-Methylene-2-methylcyclopentane \$\$ 2-Methyl methylenecyclopentane	6443 6431 6450	016491-15-9 001528-22-9 041158-41-2	87 87 80
7	6.86	1.00	C:\Database\wiley7n.1 Heptane, 2-methyl- Heptane, 2-methyl- Heptane, 2-methyl- \$\$ 2-Methylheptane \$\$ (CH ₃) ₂ CH(CH ₂) ₄ CH ₃ \$\$ Methylheptane	15643 15640 15642	000592-27-8 000592-27-8 000592-27-8	76 70 62
8	7.01	12.41	C:\Database\wiley7n.1 Benzene, methyl- (CAS) \$\$ Toluene \$\$ CP 25 \$\$ Methylbenzene \$\$ Toluene \$\$ Methacide \$\$ Antisal 1a \$\$ Methylbenzol \$\$ Phenylmethane \$\$ METHYLBENZENE(TOLUENE) \$\$ Benzene, methyl \$\$ Methane, phenyl- \$\$ NCI-C07272 \$\$ Tolueen \$\$ Toluen \$\$ Toluolo \$\$ Rcra waste Benzene, methyl- (CAS) \$\$ Toluene \$\$ CP 25 \$\$ Methylbenzene \$\$ Toluene \$\$ Methacide \$\$ Antisal 1a \$\$ Methylbenzol \$\$ Phenylmethane \$\$ METHYLBENZENE(TOLUENE) \$\$ Benzene, methyl \$\$ Methane, phenyl- \$\$ NCI-C07272 \$\$ Tolueen \$\$ Toluen \$\$ Toluolo	5536 5539	000108-88-3 000108-88-3	91 91

			lo \$\$ Rcra waste				
			Toluene	5537	000108-88-3	91	
9	7.06	0.45	C:\Database\wiley7n.1				
			Cyclohexene, 4-methyl- (CAS) \$\$ 4-	6466	000591-47-9	91	
			Methylcyclohexene \$\$ 4-Methyl-1-cy				
			clohexene \$\$ 4-Methylcyclohex-1-en				
			e \$\$ 4-Methyl-1-cyclohexane \$\$ 4-M				
			ethylcyclohexene-1				
			Cyclohexene, 1-methyl-	6453	000591-49-1	91	
			Cyclohexene, 1-methyl-	6456	000591-49-1	91	
10	7.51	3.88	C:\Database\wiley7n.1				
			Octane	15630	000111-65-9	93	
			Octane	15633	000111-65-9	93	
			Octane (CAS) \$\$ n-Octane \$\$ Octane	15629	000111-65-9	91	
			(DOT) \$\$ Isooctane \$\$ n-C8H18 \$\$				
			Oktan \$\$ Oktanen \$\$ Ottani \$\$ UN 1				
			262				
11	7.69	0.86	C:\Database\wiley7n.1				
			4-ETHYLBUTAN-4-OLIDE	15007	000000-00-0	64	
			2-[1-Nitro-2-(tetrahydro-pyran-2-y	217022	000000-00-0	59	
			loxy)-ethyl]-cyclohexanol				
			2(3H)-Furanone, dihydro-5-propyl-	24401	000105-21-5	53	
			(CAS) \$\$ 5-N-PROPYL-.GAMMA.-BUTYRO				
			LACTONE \$\$.gamma.-Heptalactone \$\$				
			.gamma.-Heptanolactone \$\$.gamma.				
			-Propiobutyrolactone \$\$ 4-Hydroxyh				
			eptanoic acid lactone \$\$.gamma.-P				
			ropyl-.gamma.-butyrolactone \$\$ 4-p				
			ropylbutanolide \$				
12	7.80	0.94	C:\Database\wiley7n.1				
			1,3-Dimethyl-1-cyclohexene	12494	002808-76-6	90	
			2-Isopropylfuran	12169	000000-00-0	87	
			Cyclobutene, 1,2,3,4-tetramethyl-,	12463	002417-87-0	87	
			cis- (CAS) \$\$ cis-1,2,3,4-Tetrame				
			thylcyclobutene \$\$ cis-1,2,3,4-Tet				
			ramethyl-1-cyclobutene				
13	9.10	0.62	C:\Database\wiley7n.1				
			Ethylbenzene \$\$ Benzene, ethyl- \$\$	10714	000100-41-4	87	
			Ethylbenzol \$\$ EB \$\$ Phenylethane				
			\$\$ Aethylbenzol \$\$ Ethylbenzeen \$				
			\$ Etilbenzene \$\$ Etylobenzen \$\$ NC				
			I-C56393 \$\$ UN 1175 \$\$.alpha.-Met				
			hyltoluene				
			Benzene, ethyl- (CAS) \$\$ EB \$\$ Eth	10710	000100-41-4	87	
			ylbenzene \$\$ Phenylethane \$\$ Ethyl				
			benzol \$\$.alpha.-Methyltoluene \$\$				
			Aethylbenzol \$\$ Ethylbenzeen \$\$ E				
			tilbenzene \$\$ Etylobenzen \$\$ NCI-C				
			56393 \$\$ UN 1175				
			Ethylbenzene	10712	000100-41-4	87	

14	9.30	12.32	C:\Database\wiley7n.1			
			Benzene, 1,3-dimethyl-	10741	000108-38-3	97
			p-Xylene \$\$ Benzene, 1,4-dimethyl-	10754	000106-42-3	97
			\$\$ p-Dimethylbenzene \$\$ p-Xylol \$			
			\$ 1,4-Dimethylbenzene \$\$ 1,4-Xylen			
			e \$\$ p-Methyltoluene \$\$ para-Xylen			
			e \$\$ Chromar \$\$ Scintillar \$\$ UN 1			
			307 \$\$ 4-Methyltoluene			
			p-Xylene	10756	000106-42-3	95
15	9.71	0.58	C:\Database\wiley7n.1			
			2-HEPTANONE	15523	000110-43-0	64
			2-Heptanone	15235	000110-43-0	59
			2-Heptanone (CAS) \$\$ Heptan-2-one	15242	000110-43-0	58
			\$\$ Butylacetone \$\$ Methyl amyl ket			
			one \$\$ Amyl methyl ketone \$\$ Methy			
			l n-amyl ketone \$\$ n-Amyl methyl k			
			etone \$\$ Pentyl methyl ketone \$\$ M			
			ethyl pentyl ketone \$\$ n-Pentyl me			
			thyl ketone \$\$ Methyl n-pentyl ket			
			one \$\$ 1-Methylhe			
16	9.95	2.77	C:\Database\wiley7n.1			
			p-Xylene	10753	000106-42-3	97
			Benzene, 1,3-dimethyl-	10741	000108-38-3	97
			Benzene, 1,2-dimethyl- (CAS) \$\$ o-	10724	000095-47-6	95
			Xylene \$\$ o-Xylol \$\$ 3,4-Xylene \$\$			
			1,2-Xylene \$\$ o-Methyltoluene \$\$			
			o-Dimethylbenzene \$\$ 1,2-Dimethylb			
			enzene \$\$ ortho-Xylene \$\$ 1,2-Dime			
			thyl-benzene \$\$ 0-Xylene \$\$ 1,2-DI			
			METHYLBENZENE (O-XYLENE) \$\$ 1,2-DI			
			METHYLBENZENE (O-X			

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

3. Komposisi Katalis 5% HZSM-5, Suhu Reaksi 450 °C



Library Search Report

Data Path : C:\MSDCHEM\1\data\
 Data File : SAMPEL 3.D
 Acq On : 1 Jun 2012 11:23
 Operator : REZHI
 Sample : SAMPEL 3
 Misc : S1 TEHNIK KIMIA UI
 ALS Vial : 1 Sample Multiplier: 1

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

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

Pk#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
1	6.22	0.85	C:\Database\wiley7n.1 Heptane, 2,2,4-trimethyl- -Trimethylheptane	38873	014720-74-2	59
			Heptane, 2,2-dimethyl- thylheptane	25179	001071-26-7	59
			Heptane, 3,5-dimethyl- thylheptane	25200	000926-82-9	59
2	6.32	43.58	C:\Database\wiley7n.1 Cyclohexane, methyl- (CAS) ylcyclohexane hydrotoluene Cyclohexylmethane Toluene hexahydride 1-Methyl cyclohexane Hexahydroxytoluene Metylocykloheksan Toluene, h exahydro- UN 2296	7467	000108-87-2	96

			Cyclohexane, methyl- (CAS) \$\$ Meth	7471	000108-87-2	94
			ylcyclohexane \$\$ Sextone B \$\$ Hexa			
			hydrotoluene \$\$ Cyclohexylmethane			
			\$\$ Toluene hexahydride \$\$ 1-Methyl			
			cyclohexane \$\$ Hexahydroxytoluene			
			\$\$ Metylocykloheksan \$\$ Toluene, h			
			exahydro- \$\$ UN 2296			
			Cyclohexane, methyl- (CAS) \$\$ Meth	7464	000108-87-2	91
			ylcyclohexane \$\$ Sextone B \$\$ Hexa			
			hydrotoluene \$\$ Cyclohexylmethane			
			\$\$ Toluene hexahydride \$\$ 1-Methyl			
			cyclohexane \$\$ Hexahydroxytoluene			
			\$\$ Metylocykloheksan \$\$ Toluene, h			
			exahydro- \$\$ UN 2296			
3	6.45	12.26	C:\Database\wiley7n.1			
			Cyclopentane, ethyl- (CAS) \$\$ Ethy	7450	001640-89-7	96
			lcyclopentane			
			Cyclopentane, ethyl- \$\$ Ethylcyclo	7448	001640-89-7	94
			pentane			
			Cyclopentane, ethyl-	7451	001640-89-7	94
4	6.51	0.67	C:\Database\wiley7n.1			
			Cyclopentane, 1,2,4-trimethyl-	13984	002815-58-9	94
			1,2,4-Trimethylcyclopentane	13970	000000-00-0	94
			1,2,4-TRIMETHYL-CYCLOPENTANE	13950	004850-28-6	90
5	6.85	0.49	C:\Database\wiley7n.1			
			Heptane, 2-methyl-	15643	000592-27-8	93
			Heptane, 2-methyl- (CAS) \$\$ 2-Meth	15641	000592-27-8	91
			ylheptane \$\$ Methylheptane \$\$ (CH3			
)2CH(CH2)4CH3			
			Heptane, 2-methyl- \$\$ 2-Methylhept	15642	000592-27-8	90
			ane \$\$ (CH3)2CH(CH2)4CH3 \$\$ Methyl			
			heptane			
6	7.00	9.05	C:\Database\wiley7n.1			
			Benzene, methyl- (CAS) \$\$ Toluene	5539	000108-88-3	91
			\$\$ CP 25 \$\$ Methylbenzene \$\$ Toluo			
			l \$\$ Methacide \$\$ Antisal 1a \$\$ Me			
			thylbenzol \$\$ Phenylmethane \$\$ MET			
			HYLBENZENE(TOLUENE) \$\$ Benzene, me			
			thyl \$\$ Methane, phenyl- \$\$ NCI-C0			
			7272 \$\$ Tolueen \$\$ Toluen \$\$ Toluo			
			lo \$\$ Rcra waste			
			Toluene	5537	000108-88-3	90
			Benzene, methyl- (CAS) \$\$ Toluene	5536	000108-88-3	90
			\$\$ CP 25 \$\$ Methylbenzene \$\$ Toluo			
			l \$\$ Methacide \$\$ Antisal 1a \$\$ Me			
			thylbenzol \$\$ Phenylmethane \$\$ MET			
			HYLBENZENE(TOLUENE) \$\$ Benzene, me			
			thyl \$\$ Methane, phenyl- \$\$ NCI-C0			
			7272 \$\$ Tolueen \$\$ Toluen \$\$ Toluo			
			lo \$\$ Rcra waste			

7	7.50	3.33	C:\Database\wiley7n.1				
			Octane \$\$ n-Octane \$\$ n-C8H18 \$\$ Oktan \$\$ Oktanen \$\$ Ottani \$\$ UN 1262 \$\$ Isooctane	15631	000111-65-9	93	
			Octane (CAS) \$\$ n-Octane \$\$ Octane (DOT) \$\$ Isooctane \$\$ n-C8H18 \$\$ Oktan \$\$ Oktanen \$\$ Ottani \$\$ UN 1262	15629	000111-65-9	93	
			Octane	15630	000111-65-9	90	
8	7.68	0.79	C:\Database\wiley7n.1				
			2-Propyltetrahydropyran	25065	003857-17-8	59	
			2H-Pyran-2-methanol, tetrahydro- \$ \$ Tetrahydropyran-2-carbinol \$ \$ Tetrahydropyran-2-methanol \$ \$ Tetrahydropyranyl-2-methanol \$ \$ 2-(Hydroxymethyl)tetrahydropyran \$ \$ 2-Hydroxymethyltetrahydropyrane \$ \$ Pyran-2-methanol, tetrahydro- \$ \$ 2-Methanol, tetrahydrop	16711	000100-72-1	59	
			.GAMMA. HEXALACTONE \$ \$.GAMMA. ETHYL-N-BUTYROLACTONE	14984	000695-06-7	58	
9	9.09	1.34	C:\Database\wiley7n.1				
			Benzene, ethyl- (CAS) \$ \$ EB \$ \$ Ethylbenzene \$ \$ Phenylethane \$ \$ Ethylbenzol \$ \$.alpha.-Methyltoluene \$ \$ Aethylbenzol \$ \$ Ethylbenzeen \$ \$ Ethylbenzene \$ \$ Etylobenzen \$ \$ NCI-C56393 \$ \$ UN 1175	10713	000100-41-4	91	
			Ethylbenzene	10711	000100-41-4	91	
			Ethylbenzene	10712	000100-41-4	91	
10	9.30	21.49	C:\Database\wiley7n.1				
			p-Xylene \$ \$ Benzene, 1,4-dimethyl- \$ \$ p-Dimethylbenzene \$ \$ p-Xylol \$ \$ 1,4-Dimethylbenzene \$ \$ 1,4-Xylene \$ \$ p-Methyltoluene \$ \$ para-Xylene \$ \$ Chromar \$ \$ Scintillar \$ \$ UN 1307 \$ \$ 4-Methyltoluene	10754	000106-42-3	97	
			Benzene, 1,3-dimethyl-p-Xylene	10741	000108-38-3	97	
				10756	000106-42-3	95	
11	9.95	4.94	C:\Database\wiley7n.1				
			Benzene, 1,3-dimethyl-p-Xylene \$ \$ Benzene, 1,4-dimethyl- \$ \$ p-Dimethylbenzene \$ \$ p-Xylol \$ \$ 1,4-Dimethylbenzene \$ \$ 1,4-Xylene \$ \$ p-Methyltoluene \$ \$ para-Xylene \$ \$ Chromar \$ \$ Scintillar \$ \$ UN 1307 \$ \$ 4-Methyltoluene	10741	000108-38-3	97	
				10754	000106-42-3	95	
			Benzene, 1,3-dimethyl- (CAS) \$ \$ m-Xylene \$ \$ m-Xylol \$ \$ 1,3-Xylene \$ \$ 2,4-Xylene \$ \$ m-Dimethylbenzene \$ \$ 1,3-Dimethylbenzene \$ \$ m-Methyltoluene \$ \$ 1,3-Dimethylbenzene \$ \$	10748	000108-38-3	94	

1,3-DIMETHYLBENZENE (M-XYLENE) \$\$ 1
 ,3-DIMETHYLBENZENE (M-XYLENE) \$\$ m
 eta-Xylene \$\$ UN

12 11.86 0.35 C:\Database\wiley7n.1
 Benzene, 1-ethyl-3-methyl- \$\$ Toluene, m-ethyl- \$\$ m-Ethylmethylbenzene \$\$ m-Ethyltoluene \$\$ m-Methylmethylbenzene \$\$ 1-Ethyl-3-methylbenzene \$\$ 1-Methyl-3-ethylbenzene \$\$ 3-Ethyltoluene \$\$ meta-Ethyltoluene
 Benzene, 1,2,3-trimethyl- 18949 000526-73-8 90
 Benzene, 1-ethyl-4-methyl- \$\$ Toluene, p-ethyl- \$\$ p-Ethylmethylbenzene \$\$ p-Ethyltoluene \$\$ p-Methylmethylbenzene \$\$ 1-Ethyl-4-methylbenzene \$\$ 1-Methyl-4-ethylbenzene \$\$ 4-Ethyltoluene \$\$ 4-Methylethylbenzene \$\$ para-Ethyltoluene 18937 000622-96-8 90

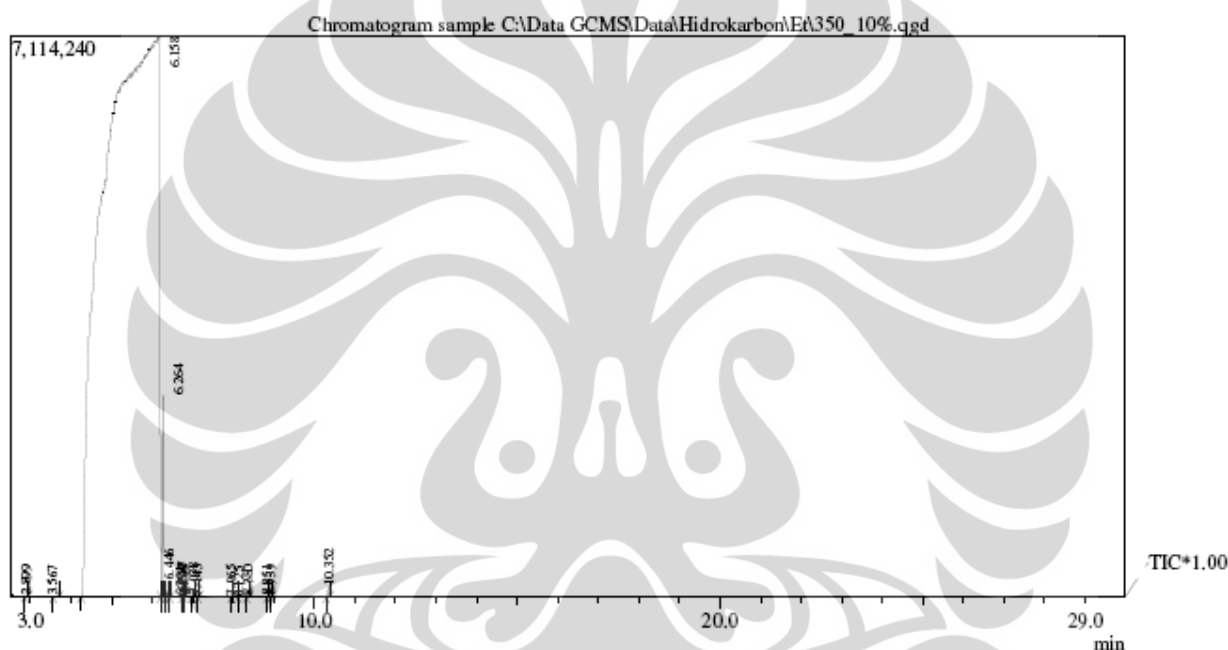
13 12.78 0.87 C:\Database\wiley7n.1
 Benzene, 1,2,4-trimethyl- (CAS) \$\$ 1,2,4-Trimethylbenzene \$\$ 1,2,4 TRIMETHYLBENZENE \$\$ Pseudocumol \$\$ Pseudocumene \$\$.psi.-Cumene \$\$ 1,3,4-Trimethylbenzene \$\$ 1,2,5-Trimethylbenzene \$\$ Asymmetrical trimethylbenzene \$\$ As-Trimethylbenzene \$\$ Psi-cumene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

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

4. Komposisi Katalis 10% HZSM-5, Suhu Reaksi 350 °C

Sample Information

Analyzed by : Admin
 Sample Type : Standard
 Level# : 5
 IS Amount : [1]=1
 Sample Amount : 1
 Dilution Factor : 1
 Vial# : 1
 Injection Volume : 1
 Data File : C:\Data GCMS\Data\Hidrokarbon\EA350_10%.qgd
 Org Data File : C:\Data GCMS\Data\Hidrokarbon\EA350_10%.qgd
 Method File : C:\Data GCMS\Data\pestisida\Std150310HC_Test.qgm
 Org Method File : C:\Data GCMS\Data\pestisida\Std150310HC_Test.qgm
 Report File : C:\Data GCMS\format report\Cyphenotrin.qgr
 Tuning File : C:\GCMS\solution\System\Tune\121112011.qqt
 \$If\$(Sample!)=(Comment)
 Sample

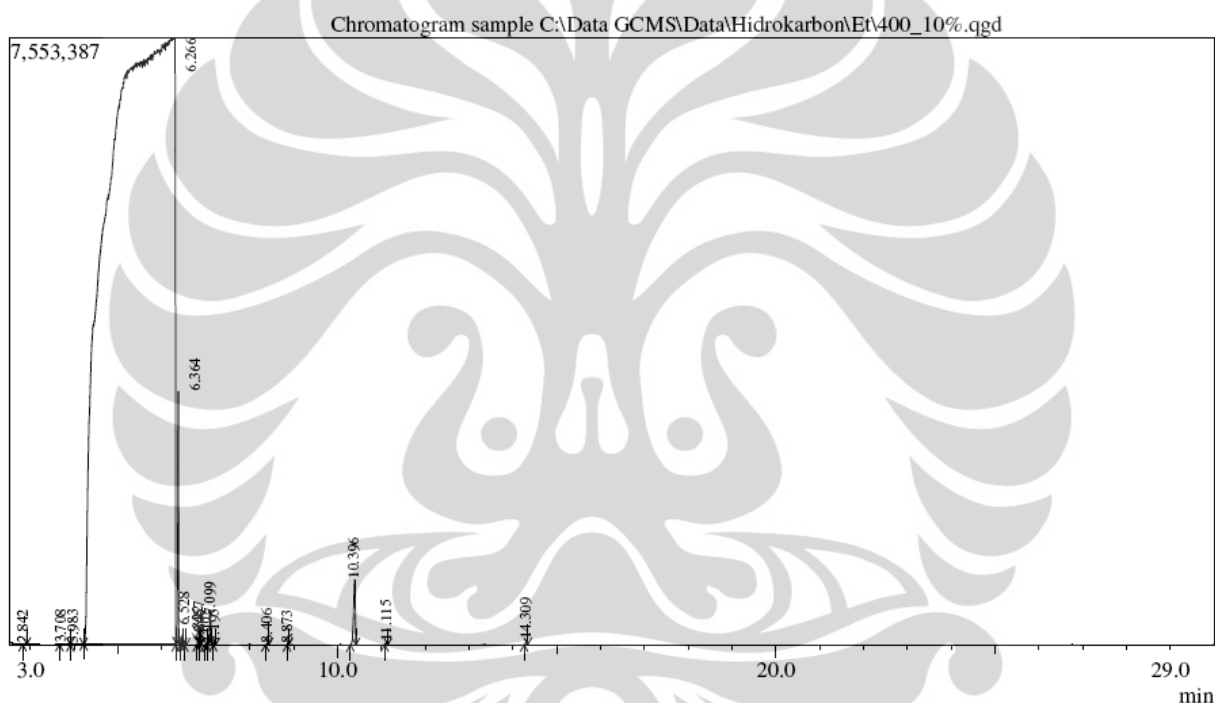


Peak#	R.Time	L.Time	F.Time	Area	Area%	Height	Height%	A/H	Mark	Name
1	2.899	2.850	2.950	7427	0.00	2773	0.03	2.67		4-Allyl-1,6-heptadien-4-ol
2	3.567	3.550	3.708	10516	0.00	1953	0.02	5.38		Acetonitrile
3	6.158	4.242	6.200	660794478	99.50	7113680	71.17	92.89	MI	Heptane
4	6.264	6.200	6.283	2762133	0.42	2553004	25.54	1.08	V	Cyclohexane, methyl
5	6.301	6.292	6.325	4147	0.00	3893	0.04	1.06		2H-Pyran-2-one, 6-chloro
6	6.367	6.342	6.392	67882	0.01	65183	0.65	1.04		Furan, 2,3-dihydro-
7	6.446	6.425	6.467	6376	0.00	4539	0.05	1.40		2-Propenoic acid, 2-methyl-, 2-propenyle-
8	6.757	6.725	6.783	30615	0.00	21207	0.21	1.44		2-Methyl-3-hexyne
9	6.803	6.783	6.825	7080	0.00	5258	0.05	1.34		Methyl 2-butyrate
10	7.038	6.983	7.067	72833	0.01	36790	0.37	1.97		Toluene
11	7.143	7.117	7.167	13784	0.00	8526	0.09	1.61		2,4-Nonadienal
12	7.965	7.942	7.983	11818	0.00	7839	0.08	1.50		1-(1-methyl-3-pentenyl)cyclopentan
13	8.125	8.108	8.142	2381	0.00	2444	0.02	0.97		2,4-Hexadienal (
14	8.380	8.325	8.408	33171	0.00	14789	0.15	2.24		1-(1-methyl-3-pentenyl)cyclopentane
15	8.851	8.825	8.875	9656	0.00	5676	0.06	1.70		3-(2-Furanyl)-4-methylpentanal
16	8.939	8.925	8.958	5006	0.00	5086	0.05	0.98		Furan
17	10.352	10.283	10.383	270094	0.04	143101	1.43	1.88		1,3-Cyclopentadiene, 5-(1-methylethylidene)
				664109397	100.00	9995741	100.00			

5. Komposisi Katalis 10% HZSM-5, Suhu Reaksi 400 °C

Sample Information

Analyzed by : Admin
 Sample Type : Standard
 Level # : 5
 IS Amount : [1]=1
 Sample Amount : 1
 Dilution Factor : 1
 Vial # : 1
 Injection Volume : 1
 Data File : C:\Data GCMS\Data\Hidrokarbon\Et\400_10%.qgd
 Org Data File : C:\Data GCMS\Data\Hidrokarbon\Et\400_10%.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 : C:\Data GCMS\format report\Cyphenotrin.qgr
 Tuning File : C:\GCMSsolution\System\Tune\1\21112011.qgt
 \$If\$(Sample!=[Comment])
 Sample

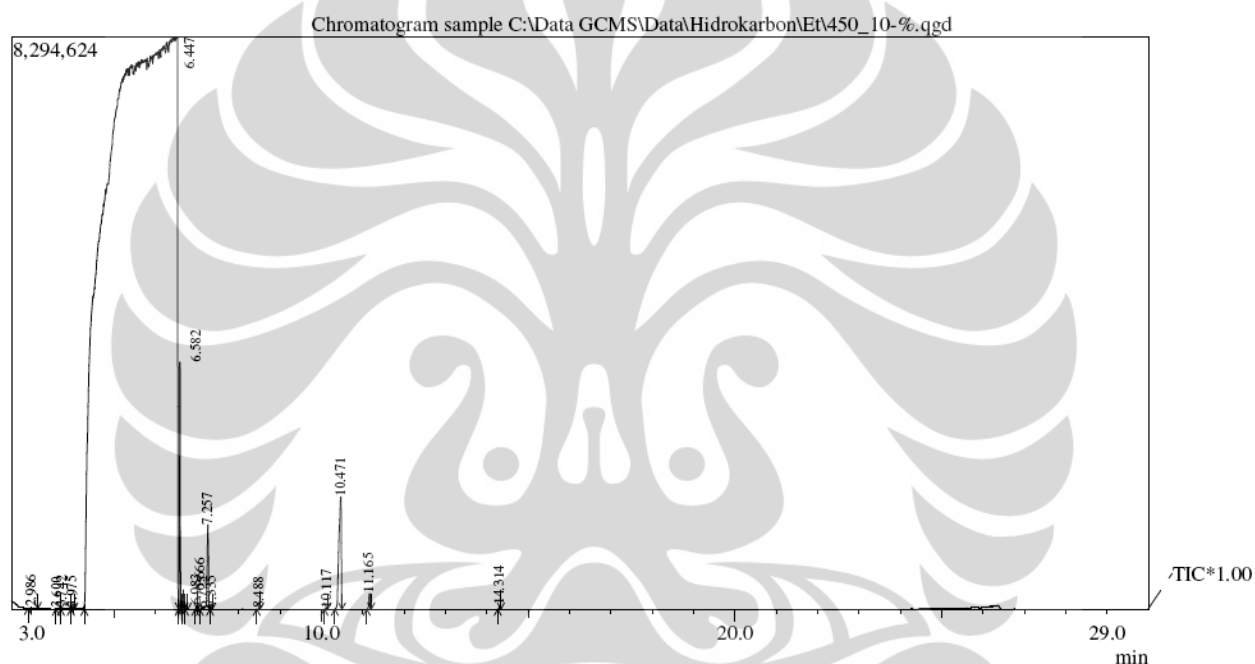


Peak Report TIC										
Peak#	R.Time	I.Time	F.Time	Area	Area%	Height	Height%	A/H	Mark	Name
1	2.842	2.817	2.917	6854	0.00	2806	0.02	2.44		1,2-Dicyclopropylethanone
2	3.708	3.658	3.908	71456	0.01	5239	0.04	13.63		Propane, 1-nitro
3	3.983	3.908	4.208	173545	0.02	9487	0.08	18.29	V	1-Butanol
4	6.266	4.208	6.325	777701771	99.12	7539081	61.72	103.15	MI	Heptane
5	6.364	6.308	6.383	3329182	0.42	3149904	25.79	1.05	V	Cyclohexane, methyl-
6	6.457	6.425	6.483	125077	0.02	121072	0.99	1.03		Cyclopentane, ethyl-
7	6.528	6.508	6.550	12968	0.00	10814	0.09	1.19		1,1-Dinitro-cyclohexane
8	6.822	6.783	6.850	76733	0.01	46894	0.38	1.63		2,3-Dimethyl-1,4-pentadiene
9	6.866	6.850	6.892	12592	0.00	9004	0.07	1.39	V	Pyrrrole
10	7.002	6.967	7.017	14399	0.00	7889	0.06	1.82		Ethane dione, di-2-furanyl-
11	7.099	7.017	7.133	500738	0.06	362061	2.96	1.38	V	Toluene
12	7.195	7.167	7.225	35487	0.00	21618	0.18	1.64		2-Methyl-3-hexyne
13	8.406	8.350	8.433	42735	0.01	19506	0.16	2.19		2,2-Dimethyl-3-hexyne
14	8.873	8.850	8.892	9825	0.00	5714	0.05	1.71		2,4-Dimethylfuran
15	10.396	10.292	10.425	2299743	0.29	806641	6.60	2.85		o-Xylene
16	11.115	11.075	11.150	70510	0.01	37950	0.31	1.85		Ethylbenzene
17	14.309	14.258	14.342	110157	0.01	58561	0.48	1.88		Benzene, 1,2,3-trimethyl-
				784593772	100.00	12214241	100.00			

6. Komposisi Katalis 10% HZSM-5, Suhu Reaksi 450 °C

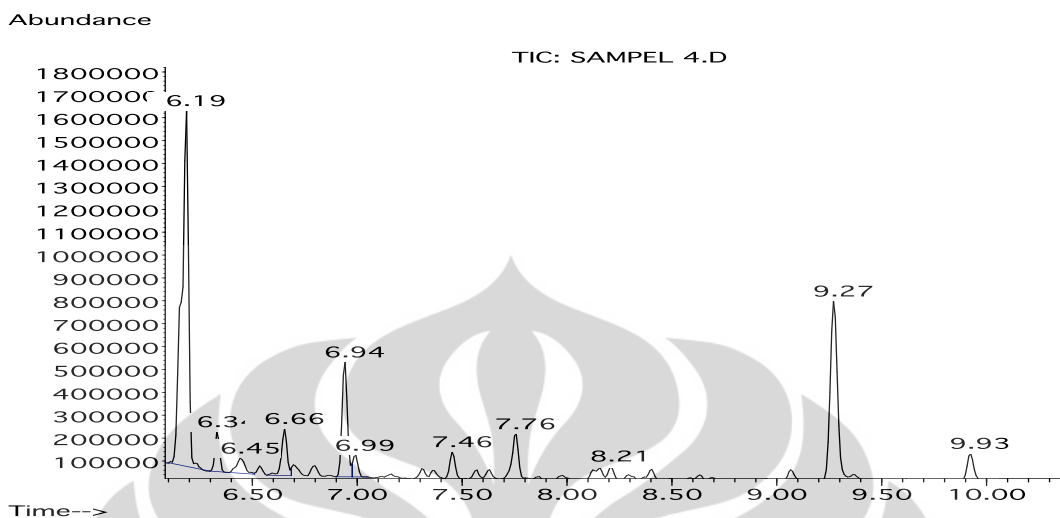
Sample Information

Analyzed by : Admin
 Sample Type : Standard
 Level # : 5
 IS Amount : [1]=1
 Sample Amount : 1
 Dilution Factor : 1
 Vial # : 1
 Injection Volume : 1
 Data File : C:\Data GCMS\Data\Hidrokarbon\Et450_10-.qgd
 Org Data File : C:\Data GCMS\Data\Hidrokarbon\Et450_10-.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 : C:\Data GCMS\format report\Cyphenotrin.qgr
 Tuning File : C:\GCMSsolution\System1\Tune1\21112011.qgt
 Sample



Peak#	R.Time	I.Time	F.Time	Area	Area%	Height	Height%	A/H	Mark	Name
1	2.986	2.908	3.142	53110	0.01	10027	0.06	5.29	V	Cyclopropane, propyl
2	3.600	3.583	3.700	31858	0.00	5011	0.03	6.35	V	
3	3.742	3.700	3.942	176783	0.02	13434	0.09	13.15	V	Butane, 2-methyl-
4	3.975	3.942	4.025	82605	0.01	16902	0.11	4.88	V	Butanoic acid, 3-methylbutyl ester
5	6.447	4.267	6.550	942356032	98.55	8294440	53.74	113.61	MI	Heptane
6	6.582	6.550	6.617	3794910	0.40	3579740	23.19	1.06	V	Cyclohexane, methyl-
7	6.666	6.617	6.683	234366	0.02	277290	1.80	0.84	V	3-Hexenal,
8	6.725	6.700	6.767	19515	0.00	13441	0.09	1.45		1,5-Hexadiene, 2-methyl
9	6.983	6.950	7.008	68818	0.01	47270	0.31	1.45		1,4-Hexadiene, 4-methyl-
10	7.257	7.058	7.283	2317983	0.24	1222878	7.92	1.89	V	Toluene
11	7.335	7.308	7.358	34099	0.00	23440	0.15	1.45		Cyclohexane, methylene
12	8.488	8.433	8.517	20692	0.00	8957	0.06	2.31		1-(1-methyl-3-pentenyl)cyclopentane
13	10.117	10.075	10.150	30783	0.00	16172	0.10	1.90		Ethylbenzene
14	10.471	10.325	10.500	6571453	0.69	1629034	10.55	4.03		o-Xylene
15	11.165	11.100	11.200	337600	0.04	224495	1.45	1.50		p-Xylene
16	14.314	14.267	14.342	91790	0.01	52229	0.34	1.75		Benzene, 1,2,3-trimethyl-
				95622397	100.00	15434760	100.00			

7. Komposisi Katalis 15% HZSM-5, Suhu Reaksi 350 °C



Library Search Report

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

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

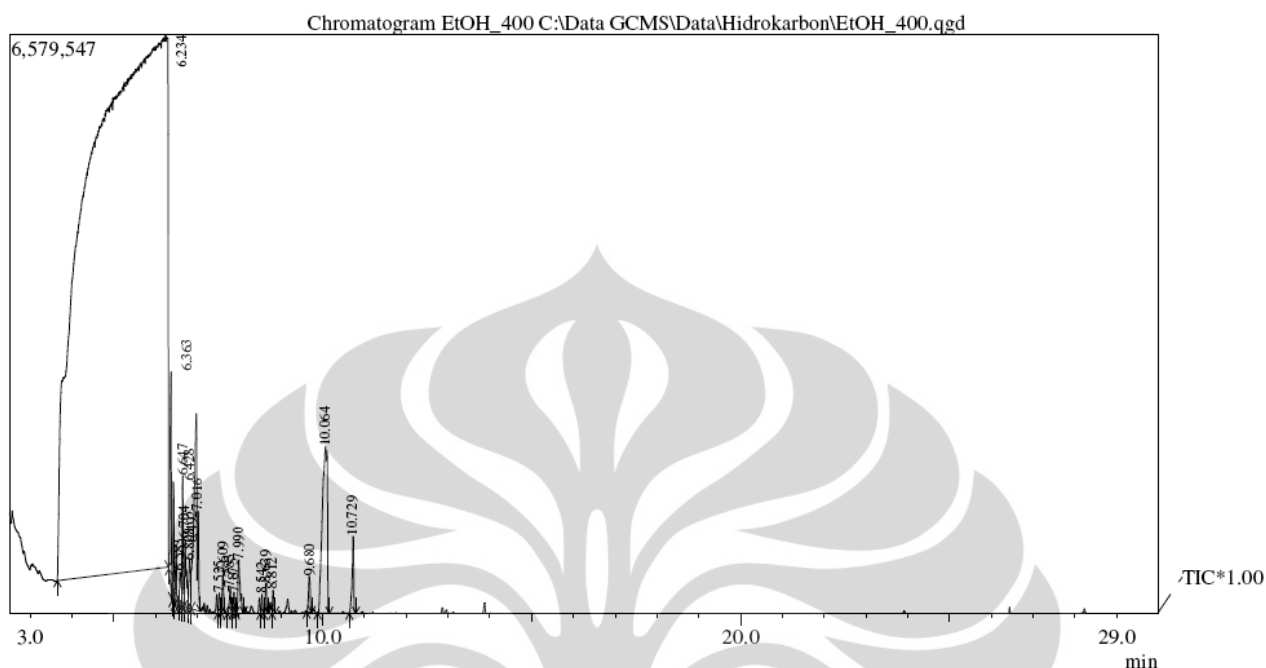
Unknown Spectrum: Apex
 Integration Events: Chemstation Integrator - EJI.E

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

			1,2,3-Trimethylcyclopentene			
			5,5-Dimethyl-1,3-hexadiene	12570	001515-79-3	87
			2-Isopropylfuran	12169	000000-00-0	87
9	8.16	2.11	C:\Database\wiley7n.1			
			trans-3,5-Dimethylcyclohexene	12578	056021-63-7	94
			Cyclohexene, 3,5-dimethyl-	12598	000823-17-6	91
			Cyclohexene, 3,5-dimethyl-	12597	000823-17-6	91
10	8.21	1.32	C:\Database\wiley7n.1			
			1,4-Dimethyl-1-cyclohexene \$\$ 1,4-Dimethyl cyclohexene	12584	070688-47-0	91
			Cyclohexane, 1-methyl-4-methylene-	12507	002808-80-2	87
			Cyclohexane, 1-methyl-4-methylene- \$\$ 1-Methylene-4-methylcyclohexane	12508	002808-80-2	81
			\$\$ 4-Methyl-1-methylenecyclohexane			
			\$\$ 4-Methylmethylenecyclohexane			
11	9.28	21.32	C:\Database\wiley7n.1			
			p-Xylene	10753	000106-42-3	97
			Benzene, 1,3-dimethyl-	10741	000108-38-3	97
			p-Xylene \$\$ Benzene, 1,4-dimethyl- \$\$ p-Dimethylbenzene \$\$ p-Xylol \$	10754	000106-42-3	95
			\$ 1,4-Dimethylbenzene \$\$ 1,4-Xylene			
			\$\$ p-Methyltoluene \$\$ para-Xylene			
			\$\$ Chromar \$\$ Scintillar \$\$ UN 1307			
			\$\$ 4-Methyltoluene			
12	9.92	3.34	C:\Database\wiley7n.1			
			p-Xylene \$\$ Benzene, 1,4-dimethyl- \$\$ p-Dimethylbenzene \$\$ p-Xylol \$	10754	000106-42-3	95
			\$ 1,4-Dimethylbenzene \$\$ 1,4-Xylene			
			\$\$ p-Methyltoluene \$\$ para-Xylene			
			\$\$ Chromar \$\$ Scintillar \$\$ UN 1307			
			\$\$ 4-Methyltoluene			
			p-Xylene	10756	000106-42-3	95
			Benzene, 1,3-dimethyl-	10741	000108-38-3	95

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

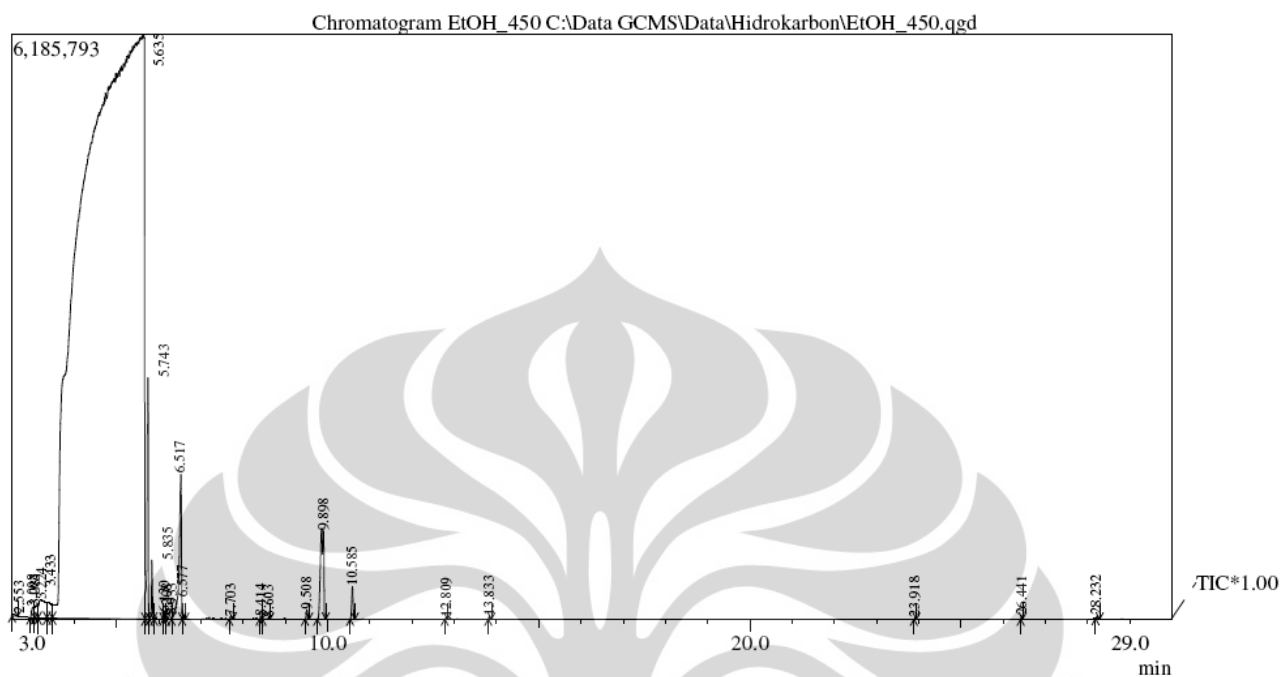
8. Komposisi Katalis 15% HZSM-5, Suhu Reaksi 400 °C



Peak Report TIC

Peak#	R.Time	I.Time	F.Time	Area	Area%	Height	Height%	A/H	Mark	Name
1	6.234	3.650	6.308	778784784	93.62	6056919	29.35	128.57	MI	Heptane
2	6.363	6.317	6.392	4418380	0.53	2446926	11.86	1.80		Cyclohexane, methyl-
3	6.428	6.400	6.450	1562699	0.19	1370489	6.64	1.14		Cyclopentane, ethyl-
4	6.492	6.450	6.550	1319712	0.16	689292	3.34	1.91		Cyclohexene, 4-methyl-
5	6.583	6.550	6.608	889612	0.11	379098	1.84	2.34	V	Cyclopentene, 1,2,3-trimethyl-
6	6.647	6.608	6.675	2838116	0.34	1488291	7.21	1.90	V	Cyclopentene, 1,5-dimethyl-
7	6.704	6.675	6.767	2292956	0.28	770320	3.73	2.97	V	1-Ethylcyclopentene
8	6.808	6.767	6.850	2028330	0.24	539282	2.61	3.76	V	Cyclopentene, 1,2,3-trimethyl-
9	7.016	6.850	7.075	12227780	1.47	1124146	5.45	10.87	V	cyclohexene, 1-methyl-
10	7.525	7.492	7.567	488328	0.06	220744	1.07	2.21	V	Cyclopentane, 1-ethyl-3-methyl-
11	7.609	7.567	7.658	877126	0.11	444237	2.15	1.97	V	Cyclopentene, 1,2,3-trimethyl-
12	7.783	7.717	7.842	761994	0.09	285402	1.38	2.66		Methyl ethyl cyclopentene
13	7.875	7.842	7.925	466353	0.06	234220	1.13	1.99	V	Cyclohexene, 1-ethyl-
14	7.990	7.925	8.108	2172987	0.26	601282	2.91	3.61	V	Cyclopentene, 1,2,3-trimethyl-
15	8.542	8.508	8.592	439622	0.05	214100	1.04	2.05	V	Cyclohexene, 3,5-dimethyl-
16	8.639	8.592	8.692	698973	0.08	341994	1.66	2.04	V	1,4-Dimethyl-1-cyclohexene
17	8.812	8.783	8.858	555252	0.07	260194	1.26	2.13	V	Methyl ethyl cyclopentene
18	9.680	9.608	9.733	1078498	0.13	408646	1.98	2.63		Benzene, ethyl-
19	10.064	9.875	10.158	15446324	1.86	1890551	9.16	8.17		o-Xylene
20	10.729	10.633	10.792	2513330	0.30	870689	4.22	2.88		p-Xylene
				831861156	100.00	20636822	100.00			

9. Komposisi Katalis 15% HZSM-5, Suhu Reaksi 450 °C

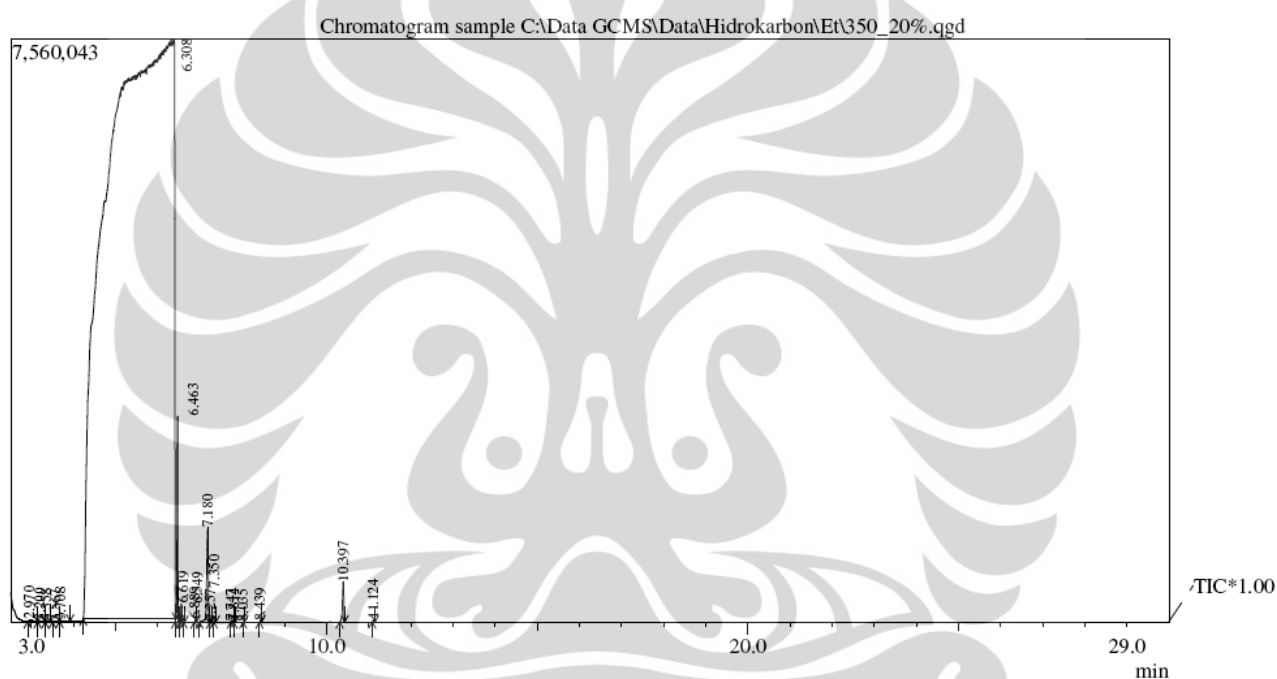


Peak Report TIC										
Peak#	R.Time	I.Time	F.Time	Area	Area%	Height	Height%	A/H	Mark	Name
1	2.553	2.517	2.658	84699	0.01	19888	0.15	4.25		Cyclopentane, methyl-
2	3.008	2.950	3.050	494151	0.08	111904	0.85	4.41		Benzene
3	3.083	3.050	3.133	596826	0.09	120064	0.91	4.97	V	Pentane, 2,3-dimethyl-
4	3.224	3.133	3.342	2168202	0.34	188709	1.43	11.48	V	Hexane, 3-methyl-
5	3.433	3.342	3.475	1247062	0.20	152525	1.15	8.17	V	Pentane, 2,3,4-trimethyl-
6	5.635	3.475	5.675	607298961	96.26	6184653	46.76	98.19	MI	Heptane
7	5.743	5.675	5.767	5918344	0.94	2554401	19.31	2.31	V	Cyclohexane, methyl
8	5.835	5.767	5.867	845238	0.13	624566	4.72	1.35	V	Cyclopentane, ethyl-
9	5.933	5.883	6.100	57669	0.01	22117	0.17	2.60		Cyclohexene, 4-methyl-
10	6.130	6.100	6.158	101830	0.02	61596	0.47	1.65	V	3,5-Dimethylcyclopentene
11	6.208	6.175	6.300	38794	0.01	23937	0.18	1.62		Cyclopentene, 3-ethyl-
12	6.517	6.300	6.550	5406331	0.86	1529884	11.57	3.53	V	Toluene
13	6.577	6.550	6.625	78135	0.01	45934	0.35	1.70	V	Cyclohexene, 1-methyl-
14	7.703	7.667	7.758	81312	0.01	29686	0.22	2.73		Ethyl ester of 1-Methyl-2-methylene-1-cyclohexane
15	8.414	8.383	8.450	57538	0.01	30433	0.23	1.89		Cyclohexane, 1-methyl-4-methylene
16	8.603	8.450	8.633	44338	0.01	20015	0.15	2.21		3-Heptyne, 5-methyl-
17	9.508	9.458	9.558	219704	0.03	101228	0.77	2.17		Benzene, ethyl-
18	9.898	9.750	9.950	5153140	0.82	933865	7.06	5.51		o-Xylene
19	10.585	10.525	10.642	796908	0.13	342809	2.59	2.32		p-Xylene
20	12.809	12.775	12.842	30431	0.00	16844	0.13	1.80		2,3-Dimethyl-3-phenylbutan-2-ol
21	13.833	13.800	13.875	55461	0.01	30491	0.23	1.81		Benzene, 1,2,3-trimethyl-
22	23.918	23.892	23.950	26855	0.00	17402	0.13	1.54		Hexadecane
23	26.441	26.417	26.467	41113	0.01	34249	0.26	1.20		Pentadecane
24	28.232	28.192	28.292	41728	0.01	30067	0.23	1.38		Hexadecane
				630884770	100.00	13227267	100.00			

10. Komposisi Katalis 20% HZSM-5, Suhu Reaksi 350 °C

Sample Information

Analyzed by : Admin
 Sample Type : Standard
 Level # : 5
 IS Amount : [1]=1
 Sample Amount : 1
 Dilution Factor : 1
 Vial # : 1
 Injection Volume : 1
 Data File : C:\Data GCMS\Data\Hidrokarbon\Et\350_20%.qgd
 Org Data File : C:\Data GCMS\Data\Hidrokarbon\Et\350_20%.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 : C:\Data GCMS\format report\Cyphenotrin.qgr
 Tuning File : C:\GCMSsolution\System\Tune\121112011.qgt
 \$f\$(Sample!=[Comment])
 Sample

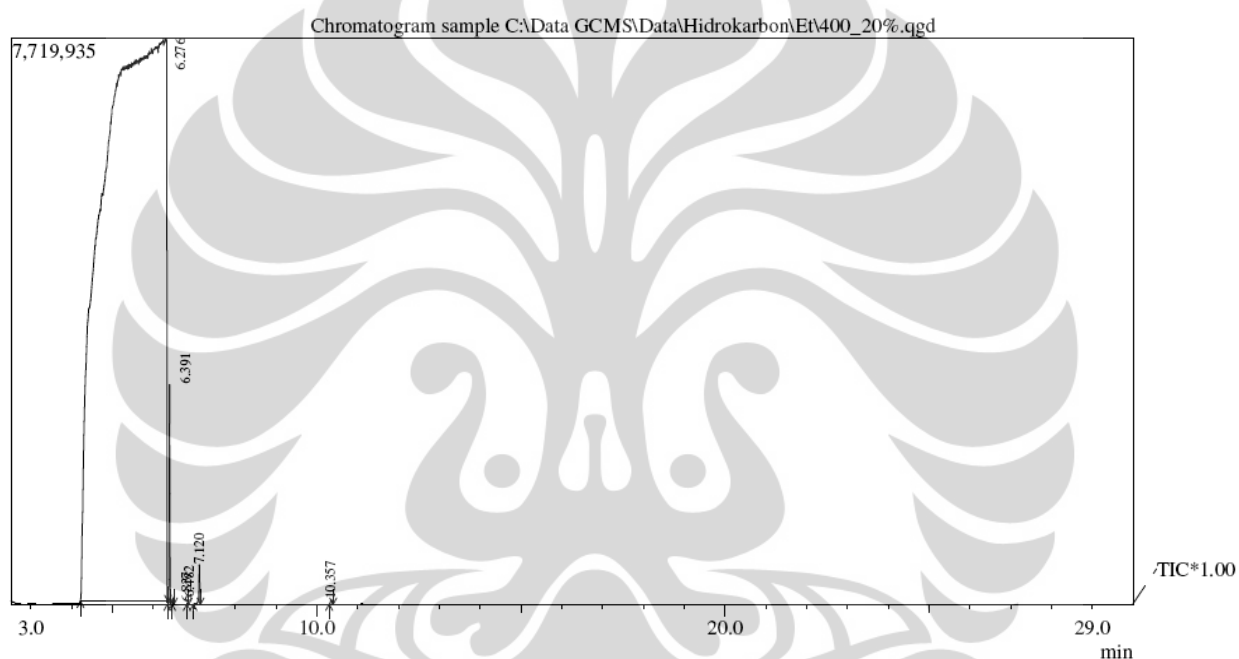


Peak#	R.Time	I.Time	F.Time	Area	Area%	Height	Height%	A/H	Mark	Name
1	2.970	2.908	3.142	229443	0.03	24902	0.20	9.21		Cyclopropane, propyl
2	3.200	3.142	3.325	114287	0.01	12451	0.10	9.17	V	1-Pentene, 3-methyl
3	3.358	3.325	3.433	21346	0.00	5408	0.04	3.94	V	3,4-Dimethyldihydrofuran-2,5-dione
4	3.567	3.500	3.667	18519	0.00	2772	0.02	6.68		Propane, 2-nitro-
5	3.708	3.667	3.917	50650	0.01	7227	0.06	7.00		Butane, 2-methyl-
6	6.308	4.225	6.425	809759659	98.99	7522219	61.00	107.64	MI	Heptane
7	6.463	6.408	6.517	3525718	0.43	2666900	21.63	1.32	V	Cyclohexane, methyl-
8	6.549	6.517	6.567	191822	0.02	229723	1.86	0.83		3-Hexenal
9	6.619	6.600	6.633	14201	0.00	12223	0.10	1.16		Methacrolein
10	6.889	6.858	6.917	32595	0.00	22994	0.19	1.41		2,3-Dimethyl-1,4-pentadiene
11	7.180	6.983	7.217	2742567	0.34	1227741	9.96	2.23		Toluene
12	7.257	7.233	7.275	7672	0.00	6161	0.05	1.24		2,4-Hexadienal
13	7.350	7.325	7.375	12153	0.00	8961	0.07	1.35		Isobutyl nitrite
14	7.747	7.725	7.792	16258	0.00	10292	0.08	1.57		2-Methyl-4-cyano-1-butanol
15	7.814	7.792	7.842	13008	0.00	9131	0.07	1.42		2-Methyl-4-cyano-1-butano
16	8.035	8.017	8.050	3285	0.00	2874	0.02	1.14		Ethane dione, di-2-furanyl-
17	8.439	8.408	8.458	13017	0.00	7833	0.06	1.66		1-(1-methyl-3-pentenyl)cyclopentane
18	10.397	10.308	10.433	1223374	0.15	524131	4.25	2.33		Ethylbenzene
19	11.124	11.083	11.150	45539	0.01	27183	0.22	1.67		o-Xylene
				818035113	100.00	12331126	100.00			

11. Komposisi Katalis 20% HZSM-5, Suhu Reaksi 400 °C

Sample Information

Analyzed by : Admin
 Sample Type : Standard
 Level # : 5
 IS Amount : [1]=1
 Sample Amount : 1
 Dilution Factor : 1
 Vial # : 1
 Injection Volume : 1
 Data File : C:\Data GCMS\Data\Hidrokarbon\Et400_20%.qgd
 Org Data File : C:\Data GCMS\Data\Hidrokarbon\Et400_20%.qgd
 Method File : C:\Data GCMS\Data\pestisida\Std150310\HC_Test.qgm
 Org Method File : C:\Data GCMS\Data\pestisida\Std150310\HC_Test.qgm
 Report File : C:\Data GCMS\format report\Cyphenotrin.qgr
 Tuning File : C:\GCMS\solution\System\Tune\1\21112011.qgt
 \$If\$(Sample!=[Comment])
 Sample

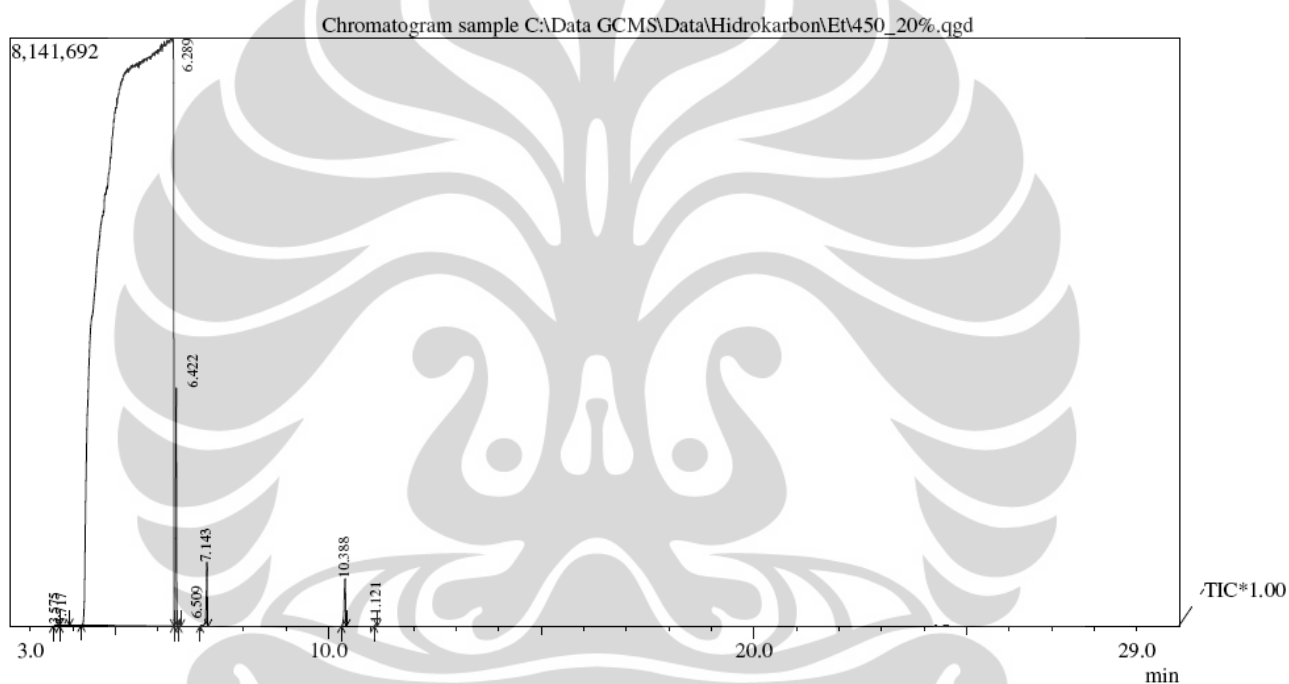


Peak Report TIC										
Peak#	R.Time	I.Time	F.Time	Area	Area%	Height	Height%	A/H	Mark	Name
1	6.276	4.208	6.350	806256637	99.44	7680048	67.57	104.98	MI	Heptane
2	6.391	6.342	6.417	3417218	0.42	2993387	26.34	1.14	V	Cyclohexane, methyl-
3	6.482	6.450	6.500	93894	0.01	92548	0.81	1.01		Cyclopentane, ethyl-
4	6.837	6.817	6.858	7049	0.00	4584	0.04	1.53		2,4-Hexadienal
5	7.120	6.975	7.150	850522	0.10	537704	4.73	1.58		Toluene
6	10.357	10.300	10.400	147552	0.02	58244	0.51	2.53		o-Xylene
				810772872	100.00	11366515	100.00			

12. Komposisi Katalis 20% HZSM-5, Suhu Reaksi 450 °C

Sample Information

Analyzed by : Admin
 Sample Type : Standard
 Level # : 5
 IS Amount : [1]=1
 Sample Amount : 1
 Dilution Factor : 1
 Vial # : 1
 Injection Volume : 1
 Data File : C:\Data GCMS\Data\Hidrokarbon\Et\450_20%.qgd
 Org Data File : C:\Data GCMS\Data\Hidrokarbon\Et\450_20%.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 : C:\Data GCMS\format report\Cyphenotrin.qgr
 Tuning File : C:\GCMSsolution\System\Tune\1\21112011.qgt
 \$If\$(Sample!=[Comment])
 Sample

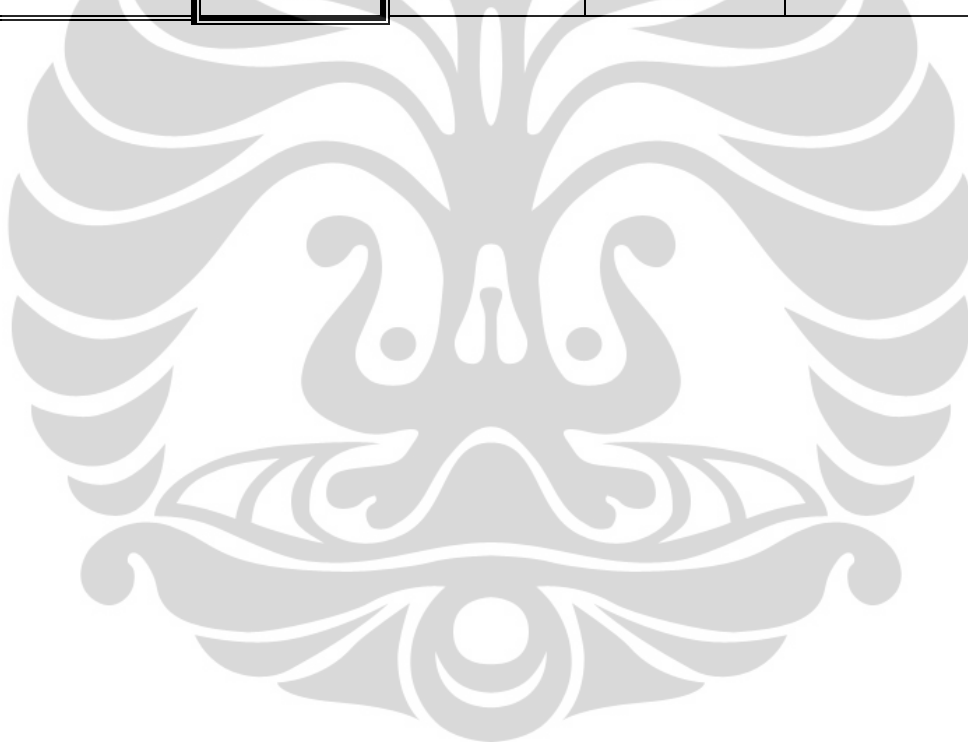


Peak Report TIC

Peak#	R.Time	I.Time	F.Time	Area	Area%	Height	Height%	A/H	Mark	Name
1	3.575	3.525	3.675	17000	0.00	2894	0.02	5.87		Propane, 2-nitro-
2	3.717	3.675	3.917	32173	0.00	5249	0.04	6.12	V	Propane, 1-nitro
3	6.289	4.192	6.367	864618337	99.19	8140682	62.08	106.20	MI	Heptane
4	6.422	6.367	6.442	3710477	0.43	3293572	25.12	1.12	V	Cyclohexane, methyl
5	6.509	6.475	6.533	93846	0.01	93671	0.71	1.00		Cyclopentane, ethyl-
6	7.143	6.983	7.175	1546533	0.18	881656	6.72	1.75		Toluene
7	10.388	10.300	10.425	1572144	0.18	655723	5.00	2.39		Ethylbenzene
8	11.121	11.075	11.150	77406	0.01	39027	0.30	1.98		o-Xylene
				871667916	100.00	13112474	100.00			

LAMPIRAN B
TABULASI HASIL PENGOLAHAN DATA

Angka Oktan		Suhu Reaksi		
		350	400	450
Komposisi Katalis	5%	105.83	98.66	100.42
	10%	103.15	106.01	107.55
	15%	105.69	107.86	109.60
	20%	106.63	104.43	105.97



LAMPIRAN C
IDENTIFIKASI SENYAWA PADA PRODUK

1. Komposisi Katalis 5% HZSM-5, Suhu Reaksi 350 °C

no.	name	RT	%w
1	1,5-Dimethylcyclopentene	6.23	1.15
2	Methylcyclohexana	6.35	30.99
3	Ethylcyclopentane	6.47	3.07
4	4-Methylcyclohexena	6.57	1.78
5	1,2,3-Trimethylcyclopentene	6.64	1.01
6	1,5-Dimethylcyclopentene	6.75	5.34
7	1-ethylcyclopentene	6.79	1.43
8	1,2,3-Trimethylcyclopentene	6.88	1.98
9	Toluene	7.02	13.27
10	1-Methylcyclohexene	7.07	2.33
11	1,4-Dimethylcyclohexane	7.23	0.96
12	1-Methyl-3-ethylcyclopentane	7.38	1.55
13	1-Ethyl-3-methylcyclopentane	7.43	1.37
14	1,2,3-Trimethylcyclopentene	7.51	3.31
15	2,5-Dimethyl-2,4-hexadiene	7.62	0.9
16	3-Ethyl-1,4-Hexadiene	7.68	0.89
17	cis-1,2,3,4-Tetramethylcyclobutene	7.81	6.02
18	3,5-Octadiene, (Z,Z)-	8.02	0.56
19	1,3-Dimethylcyclohexene	8.17	0.9
20	3,5-Dimethylcyclohexene	8.2	1.18
21	1,2,3,4-Tetramethylcyclobutene	8.25	1.44
22	Propylcyclopentane	8.34	0.65
23	Methyl ethyl cyclopentene	8.45	1.38
24	1,3-Dimethyl-1-cyclohexene	8.67	0.29
25	Ethylbenzene	9.1	0.95
26	1,3-Dimethylbenzene	9.3	12.5
27	2,5-Dimethyl-2,4-hexadiene	9.4	0.5
28	p-Xylene	9.95	2.28

2. Komposisi Katalis 5% HZSM-5, Suhu Reaksi 400 °C

no.	name	RT	%w
1	2,2,5-Trimethylhexane	6.23	1
2	Methylcyclohexane	6.36	46.63
3	Ethylcyclopentane	6.46	13.43
4	1,2,4-Trimethylcyclopentane	6.52	1
5	1,2,3-trimethylcyclopentane	6.64	0.38
6	2,3-Dimethylcyclopentene	6.74	1.32
7	2-Methylheptane	6.86	1
8	Toluene	7.01	12.41
9	4-Methylcyclohexene	7.06	0.45
10	n-Octane	7.51	3.88
11	4-Ethylbutan-4-Olide	7.69	0.86
12	1,3-Dimethyl-1-cyclohexene	7.8	0.94
13	Ethylbenzene	9.1	0.62
14	1,3-Dimethylbenzene	9.3	12.32
15	2-Heptanone	9.71	0.58
16	p-Xylene	9.95	2.77

3. Komposisi Katalis 5% HZSM-5, Suhu Reaksi 450 °C

no.	name	RT	%w
1	2,2,4-Trimethylheptane	6.22	0.85
2	Methylcyclohexane	6.32	43.58
3	Ethylcyclopentane	6.45	12.26
4	1,2,4-Trimethylcyclopentane	6.51	0.67
5	2-Methylheptane	6.85	0.49
6	Toluene	7	9.05
7	n-Octane	7.5	3.33
8	2-Propyltetrahydropyran	7.68	0.79
9	Ethylbenzene	9.09	1.34
10	1,4-Dimethylbenzene	9.3	21.49
11	p-Xylene	9.95	4.94
12	1Ethyl-3-methylbenzene	11.86	0.35
13	1,2,4-Trimethylbenzene	12.78	0.87

4. Komposisi Katalis 10% HZSM-5, Suhu Reaksi 350 °C

no	Name	RT	%w
1	4-Allyl-1,6-heptadien-4-ol	2.899	0.22
2	Acetonitrile	3.567	0.32
3	Cyclohexane, methyl	6.264	83.32
4	2H-Pyran-2-one, 6-chloro	6.301	0.13
5	Furan, 2,3-dihydro-	6.367	2.05
6	2-Propenoic acid, 2-methyl-, 2-propenyl es	6.446	0.19
7	2-Methyl-3-hexyne	6.757	0.92
8	Methyl 2-butynoate	6.803	0.21
9	Toluene	7.038	2.20
10	2,4-Nonadienal	7.143	0.42
11	1-(1-methyl-3-pentenyl)cyclopentan	7.965	0.36
12	2,4-Hexadienal (8.125	0.07
13	1-(1-methyl-3-pentenyl)cyclopentane	8.38	1.00
14	3-(2-Furanyl)-4-methylpentanal	8.851	0.29
15	Furan	8.939	0.15
16	1,3-Cyclopentadiene, 5-(1-methylethyliden	10.352	8.15

5. Komposisi Katalis 10% HZSM-5, Suhu Reaksi 400 °C

no	Name	RT	%w
1	1,2-Dicyclopropylethanone	2.842	0.10
2	Propane, 1-nitro	3.708	1.04
3	1-Butanol	3.983	2.52
4	Cyclohexane, methyl-	6.364	48.31
5	Cyclopentane, ethyl-	6.457	1.81
6	1,1-Dinitro-cyclohexane	6.528	0.19
7	2,3-Dimethyl-1,4-pentadiene	6.822	1.11
8	Pyrrole	6.866	0.18
9	Ethanedione, di-2-furanyl-	7.002	0.21
10	Toluene	7.099	7.27
11	2-Methyl-3-hexyne	7.195	0.51
12	2,2-Dimethyl-3-hexyne	8.406	0.62
13	2,4-Dimethylfuran	8.873	0.14
14	o-Xylene	10.396	33.37
15	Ethylbenzene	11.115	1.02
16	Benzene, 1,2,3-trimethyl-	14.309	1.60

6. Komposisi Katalis 10% HZSM-5, Suhu Reaksi 450 °C

no	Name	RT	%w
1	Cyclopropane, propyl	2.986	0.38
2	Butane, 2-methyl-	3.742	1.28
3	Butanoic acid, 3-methylbutyl ester	3.975	0.60
4	Cyclohexane, methyl-	6.582	27.43
5	3-Hexenal,	6.666	1.69
6	1,5-Hexadiene, 2-methyl	6.725	0.14
7	1,4-Hexadiene, 4-methyl-	6.983	0.50
8	Toluene	7.257	16.76
9	Cyclohexane, methylene	7.335	0.25
10	1-(1-methyl-3-pentenyl)cyclopentane	8.488	0.15
11	Ethylbenzene	10.117	0.22
12	o-Xylene	10.471	47.50
13	p-Xylene	11.165	2.44
14	Benzene, 1,2,3-trimethyl-	14.314	0.66

7. Komposisi Katalis 15% HZSM-5, Suhu Reaksi 350 °C

no.	name	RT	%w
1	methylcyclohexane	6.19	42.11
2	ethylcyclopentane	6.34	3.12
3	4-methylcyclohexene	6.45	2.22
4	cyclopropane	6.65	4.44
5	Toluene	6.94	10.55
6	1-methylcyclohexene	6.99	1.92
7	1,2,2-trimethylcyclopentana	7.46	2.5
8	2-isopropylfuran	7.76	5.05
9	trans-3,5-dimethylcyclohexena	8.16	2.11
10	1,4-dimethylcyclohexena	8.21	1.32
11	1,3-dimethylbenzene	9.28	21.32
12	p-xylene	9.92	3.34

8. Komposisi Katalis 15% HZSM-5, Suhu Reaksi 400 °C

no	name	RT	%w
1	Cyclohexane, methyl-	6.363	8.29
2	Cyclopentane, ethyl-	6.428	2.97
3	Cyclohexene, 4-methyl-	6.492	2.50
4	Cyclopentene, 1,2,3-trimethyl-	6.583	1.72
5	Cyclopentene, 1,5-dimethyl-	6.647	5.32
6	1-Ethylcyclopentene	6.704	4.38
7	Cyclopentene, 1,2,3-trimethyl-	6.808	3.76
8	Cyclohexene, 1-methyl-	7.016	23.00
9	Cyclopentane, 1-ethyl-3-methyl-	7.525	0.94
10	Cyclopentene, 1,2,3-trimethyl-	7.609	1.72
11	Methyl ethyl cyclopentene	7.783	1.41
12	Cyclohexene, 1-ethyl-	7.875	0.94
13	Cyclopentene, 1,2,3-trimethyl-	7.99	4.07
14	Cyclohexene, 3,5-dimethyl-	8.542	0.78
15	1,4-Dimethyl-1-cyclohexene	8.639	1.25
16	Methyl ethyl cyclopentene	8.812	1.10
17	Benzene, ethyl-	9.68	2.03
18	o-Xylene	10.064	29.11
19	p-Xylene	10.729	4.69

9. Komposisi Katalis 15% HZSM-5, Suhu Reaksi 450 °C

no	name	RT	%w
1	Cyclopentane, methyl-	2.553	0.27
2	Benzene	3.008	2.14
3	Pentane, 2,3-dimethyl-	3.083	2.41
4	Hexane, 3-methyl-	3.224	9.09
5	Pentane, 2,3,4-trimethyl-	3.433	5.35
6	Cyclohexane, methyl	5.743	25.13
7	Cyclopentane, ethyl-	5.835	3.48
8	Cyclohexene, 4-methyl-	5.933	0.27
9	3,5-Dimethylcyclopentene	6.13	0.53
10	Cyclopentene, 3-ethyl-	6.208	0.27
11	Toluene	6.517	22.99
12	Cyclohexene, 1-methyl-	6.577	0.27
13	Ethyl ester of 1-Methyl-2-methylene	7.703	0.27
14	Cyclohexane, 1-methyl-4-methylene	8.414	0.27
15	3-Heptyne, 5-methyl-	8.603	0.27
16	Benzene, ethyl-	9.508	0.80
17	o-Xylene	9.898	21.93
18	p-Xylene	10.585	3.48
19	2,3-Dimethyl-3-phenylbutan-2-ol	12.809	0.00
20	Benzene, 1,2,3-trimethyl-	13.833	0.27

21	Hexadecane	23.918	0.00
22	Pentadecane	26.441	0.27
23	Hexadecane	28.232	0.27

10. Komposisi Katalis 20% HZSM-5, Suhu Reaksi 350 °C

no	Name	RT	%w
1	Cyclopropane, propyl	2.97	2.77
2	1-Pentene, 3-methyl	3.2	1.38
3	3,4-Dimethyldihydrofuran-2,5-dione	3.358	0.26
4	Propane, 2-nitro-	3.567	0.22
5	Butane, 2-methyl-	3.708	0.61
6	Cyclohexane, methyl-	6.463	42.60
7	3-Hexenal	6.549	2.32
8	Methacrolein	6.619	0.17
9	2,3-Dimethyl-1,4-pentadiene	6.889	0.39
10	Toluene	7.18	33.14
11	2,4-Hexadienal	7.257	0.09
12	Isobutyl nitrite	7.35	0.15
13	2-Methyl-4-cyano-1-butanol	7.747	0.20
14	2-Methyl-4-cyano-1-butano	7.814	0.16
15	Ethanedione, di-2-furanyl-	8.035	0.04
16	1-(1-methyl-3-pentenyl)cyclopentane	8.439	0.16
17	Ethylbenzene	10.397	14.78
18	o-Xylene	11.124	0.55

11. Komposisi Katalis 20% HZSM-5, Suhu Reaksi 400 °C

no	Name	RT	%w
1	Cyclohexane, methyl-	6.391	75.67
2	Cyclopentane, ethyl-	6.482	2.08
3	2,4-Hexadienal	6.837	0.16
4	Toluene	7.12	18.83
5	o-Xylene	10.357	3.27

12. Komposisi Katalis 20% HZSM-5, Suhu Reaksi 450 °C

no	Name	RT	%w
1	Propane, 2-nitro-	3.575	0.24
2	Propane, 1-nitro	3.717	0.46
3	Cyclohexane, methyl	6.422	52.63
4	Cyclopentane, ethyl-	6.509	1.33
5	Toluene	7.143	21.94
6	Ethylbenzene	10.388	22.30
7	o-Xylene	11.121	1.10