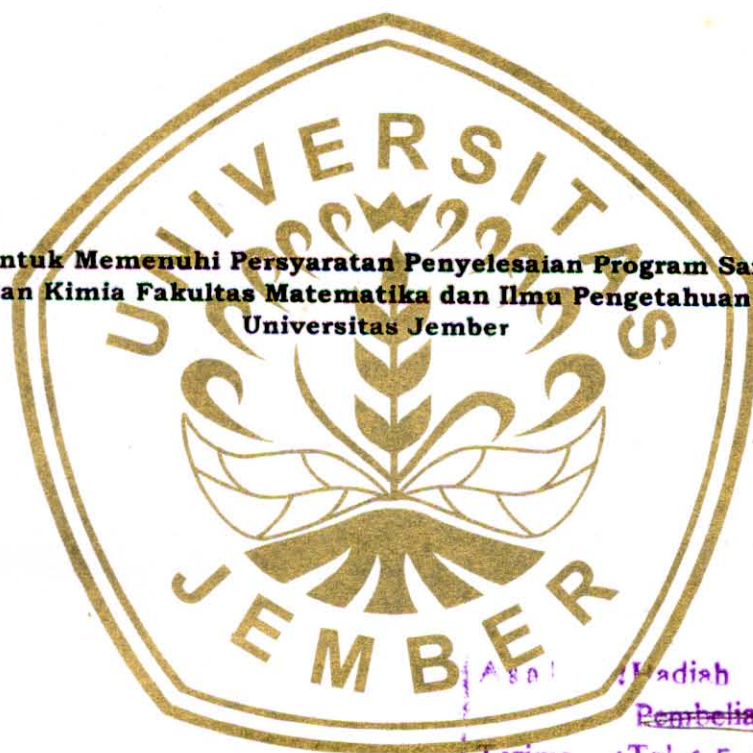


**PREPARASI KATALIS  $\text{Cr}_2\text{O}_3\text{-H}_5\text{NZA}$  UNTUK  
REAKSI PERENGGAHAN PELUMAS CAIR BEKAS PADA  
TEMPERATUR  $450^\circ\text{C}$**

**SKRIPSI**



Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan Penyelesaian Program Sarjana Sains  
Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Jember



Oleh :

Asal : Madiah  
Pembelian  
Terima : Tgl, 15 MAR 2003  
No. Indus  
Klass  
541.39  
TRI  
P  
C.1

**Heru Triyono**  
NIM. 981810301002

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS JEMBER  
Pebruari, 2003**

MOTTO:

*"Barang siapa yang berjalan di jalan menuju kepada ilmu maka Allah akan menjalankannya pada jalan menuju surga".*

*[Al-Hadist]*

*"Paling utamanya shadaqah ialah seorang muslim yang menuntut ilmu kemudian mengajarkannya kepada saudaranya sesama muslim".*

*[HR. Ibnu Majah]*

*"Barangsiapa menghendaki kebahagiaan hidup dunia, maka harus memiliki ilmu; dan barangsiapa menghendaki kebahagiaan akhirat, maka harus memiliki ilmu dan barangsiapa menghendaki kebahagiaan dunia dan akhirat, maka harus memiliki ilmu".*

*[HR. Thabrani]*

*"Orang yang semakin bertambah ilmunya dan tidak bertambah petunjuk yang ia miliki, maka ia akan semakin jauh dari Allah".*

*[HR. Ad-Dailami]*

*Karya Ilmiah ini Aku persembahkan untuk:*

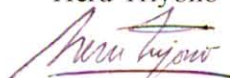
- ❖ *Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah serta karunia yang tak terkira.*
- ❖ *Nabi Muhammad SAW, yang menjadi tauladan serta membimbingku dalam mencapai asa.*
- ❖ *Beliau yang paling aku hormati dan sayangi, Bapak dan Ibu Wardi Setiyono atas kasih sayang serta pengorbanan yang tulus mulai dari kecil hingga dewasa.*
- ❖ *Yang kubanggakan : Mas Wiwin, Mbak Rina, Mas Yusri, serta keponakanku Dik Restu dan Dik Sabrina yang telah mewarnai kehidupanku dengan dorongan dan perhatian.*
- ❖ *Yang aku hormati Bapak dan Ibu Soeparto, Dik Reni dan Dik Kiki yang telah menerima aku dengan kasih sayang dan kehangatan.*
- ❖ *Rita yang setia menemani dan memberikan kenangan indah serta kasih sayang yang tulus.*
- ❖ *Teman-teman Group Cracking : Uji, Indra, Ato' dengan kalian masa-masa sulit kita lewati.*
- ❖ *Teman-teman analitik: dayat, hendri, neny, yanti, diana, rosmalia, handoko dan tanti yang menemaniku sewaktu penelitian.*
- ❖ *Teguh, Lukman, Ananto yang mau menjadi sahabat dalam suka dan duka.*

## DEKLARASI

Skripsi ini hasil kerja/penelitian mulai bulan September 2002 sampai dengan Februari 2003 di laboratorium Kimia Fisik Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember. Bersama ini saya menyatakan bahwa isi skripsi ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri kecuali disebutkan sumbernya dan skripsi ini belum pernah diajukan pada institusi lain.

Jember, Februari 2003

Heru Triyono



(tanda tangan)

## ABSTRAK

**Preparasi Katalis  $\text{Cr}_2\text{O}_3\text{-H}_5\text{NZA}$  untuk Reaksi Perengkahan Pelumas Cair Bekas pada Temperatur  $450^\circ\text{C}$ , Heru Triyono, 981810301002, Februari 2003, Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.**

Telah dilakukan proses perengkahan (*Cracking*) oli bekas (Tipe Multigrade Federal) pada temperatur  $450^\circ\text{C}$  menggunakan katalis  $\text{Cr}_2\text{O}_3\text{-I/H}_5\text{-NZA}$ . Preparasi katalis  $\text{Cr}_2\text{O}_3\text{-I/H}_5\text{-NZA}$  melalui proses perlakuan asam, hidrotermal, kalsinasi dengan gas  $\text{N}_2$ , oksidasi dengan  $\text{O}_2$  serta impregnasi logam kromium oksida. Impregnasi logam kromium oksida dilakukan melalui pertukaran ion dan impregnasi basah. Impregnasi basah dilakukan dengan cara merendam sampel zeolit ke dalam larutan  $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  selama 3 jam pada temperatur  $90^\circ\text{C}$ . Reaksi perengkahan menggunakan reaktor "*flow fixed bed*" yang dioperasikan pada temperatur  $450^\circ\text{C}$  dengan dialiri gas  $\text{N}_2$  sebagai gas pembawa. Produk yang diperoleh dilakukan analisa dengan GC-MS. Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa perlakuan terhadap zeolit dalam preparasi katalis menyebabkan penurunan kandungan kation dan kenaikan keasaman sampel katalis. Analisis dengan *surface area analyzer 1000* menunjukkan bahwa perlakuan asam, hidrotermal dan impregnasi logam  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  meningkatkan luas permukaan spesifik sampel katalis dan jumlah pori pada daerah mikro, meso dan makro. Hasil uji aktivitas katalis menunjukkan bahwa produk yang terbentuk pada umumnya adalah senyawa  $\text{C}_{11}\text{-C}_{14}$ .

*Kata kunci : zeolit, katalis, perengkahan, impregnasi kromium oksida.*

Skripsi ini diterima oleh Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember pada :

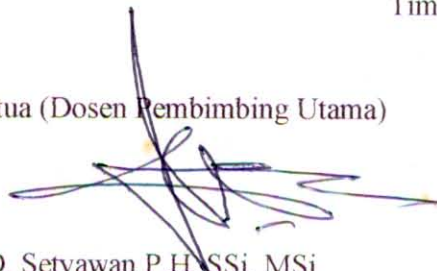
Hari : Rabu

Tanggal : 26 Februari 2003

Tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua (Dosen Pembimbing Utama)



D. Setyawan P.H. SSi, MSi  
NIP. 132 085 807

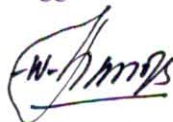
Sekretaris (Dosen Pembimbing Anggota)



Drs Busroni, MSi  
NIP. 131 945 805

Anggota

Anggota I



Drh. Wuryanti Handayani, MSi  
NIP. 131 459 744

Anggota II




Dwi Indarti SSi, MSi  
NIP 132 257 934

Mengesahkan

Dekan F. MIPA UNEJ



  
Ir. Sumadi MS  
NIP. 130 368 784

## KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis bisa menyelesaikan tugas skripsi ini. Tugas akhir ini sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar S-I dari Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Pada kesempatan ini perkenankanlah penulis menyampaikan penghargaan dan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

- 1) Bapak Dekan Fakultas MIPA Universitas Jember.
- 2) Ketua Jurusan Kimia, Kepala Laboratorium Kimia Fisik beserta staf dan karyawan yang telah memberikan fasilitas baik tenaga, pikiran, tempat, bahan maupun alat sehingga tugas skripsi ini dapat diselesaikan.
- 3) Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Anggota yang dengan sabar, membimbing, mengarahkan, serta memberikan dorongan kepada penulis dalam penyelesaian tugas skripsi ini.
- 4) Dosen Penguji yang telah meluangkan waktunya guna menguji serta memberikan kritik dan saran demi kesempurnaan skripsi ini.
- 5) Segenap Dosen-dosen Fakultas MIPA umumnya dan dosen-dosen FMIPA Jurusan Kimia khususnya yang telah membimbing selama proses pencapaian gelar S- I Universitas Jember.

Penulis menyadari bahwa dalam tulisan ini masih terdapat kekurangan dan dengan senang hati penulis akan menerima kritik dan saran demi penyempurnaan tugas akhir ini.

Jember, Februari 2003

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN MOTTO .....	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	iii
HALAMAN DEKLARASI .....	iv
HALAMAN ABSTRAK .....	v
HALAMAN PENGESAHAN .....	vi
HALAMAN PENGANTAR .....	vii
HALAMAN DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiii
<b>I. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
1.5 Batasan Masalah .....	3
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
2.1 Minyak Pelumas .....	5
2.2 Katalis .....	6
2.2.1 Aktivitas, Selektivitas dan Efektivitas Katalis .....	6
2.2.2 Sifat Fisik Katalis .....	8
2.3 Reaksi Katalitik Heterogen .....	8
2.3.1 Adsorpsi Permukaan .....	9
2.3.2 Luas Permukaan Padatan .....	10



2.4 Zeolit sebagai Katalis .....	12
2.5 Katalis Logam Transisi.....	15
2.6 Perengkahan .....	15
2.6.1 Perengkahan Termal.....	15
2.6.2 Perengkahan Katalitik .....	16
2.7 Kromatografi Gas .....	16
2.8 Atomic Absorption Spectroscopy .....	17
<b>III. METODE PENELITIAN .....</b>	<b>18</b>
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian .....	18
3.2 Alat dan Bahan .....	18
3.2.1 Alat.....	18
3.2.2 Bahan .....	18
3.3 Prosedur Percobaan.....	18
3.3.1 Preparasi Oli .....	18
3.3.2 Preparasi Katalis NZ.....	19
3.3.3 Pembuatan Katalis H <sub>5</sub> -NZA .....	19
3.3.4 Pembuatan Katalis Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -I/H <sub>5</sub> -NZA .....	20
3.4 Karakterisasi Katalis.....	20
3.4.1 Penentuan Kandungan Kation Logam (Na, Ca, K dan Fe) .....	20
3.4.2 Penentuan Keasaman Katalis.....	21
3.4.3 Penentuan Luas Permukaan, Volume Total Pori dan Rerata Jejari Pori.....	21
3.4.4 Uji Aktivitas Katalis.....	22
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>23</b>
4.1 Kation dalam Sampel Katalis .....	23
4.2 Keasaman Sampel Katalis .....	24
4.3 Luas Permukaan Spesifik .....	27
4.4 Distribusi Ukuran Pori.....	28

4.5 Hasil Analisa Reaksi Perengkahan .....	29
4.5.1 Hasil Analisa Perengkahan Oli Bekas dengan Katalis NZ.....	29
4.5.2 Hasil Analisa Perengkahan Oli Bekas dengan Katalis H <sub>5</sub> -NZA....	30
4.5.3 Hasil Analisa Perengkahan Oli Bekas dengan Katalis Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - I/H <sub>5</sub> NZA.....	31
<b>V. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>33</b>
5.1 Kesimpulan.....	33
5.2 Saran.....	33
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>34</b>
<b>LAMPIRAN-LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Perbandingan Berat Zeolit dan Logam yang diimpregnasikan.....	20
Tabel 2. Perkiraan Senyawa Hasil Perengkahan Oli dengan Sampel Katalis Zeolit Alam (NZ).....	30
Tabel 3. Perkiraan Senyawa Hasil Perengkahan Oli dengan Sampel Katalis H <sub>5</sub> -NZA .....	31
Tabel 4. Perkiraan Senyawa Hasil Perengkahan Oli dengan Sampel Katalis Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -I/H <sub>5</sub> -NZA .....	32

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Profil Proses Katalitik Heterogen Orde Satu.....	9
Gambar 2.	Perlakuan Termal terhadap Amonium pada Zeolit sehingga diperoleh H-zeolit.....	13
Gambar 3.	Dehidrasi Kation Multivalen pada Zeolit sehingga dihasilkan Situs Asam Bronsted .....	13
Gambar 4.	Dehidroksilasi Dua Gugus yang Berdekatan pada Temperatur Lebih Besar dari 477°C dihasilkan Situs Asam Lewis.....	13
Gambar 5.	Kandungan Kation Na dan K dalam Sampel Katalis .....	23
Gambar 6.	Kandungan Kation Fe dan Ca dalam Sampel Katalis .....	23
Gambar 7.	Keasaman Sampel Katalis.....	24
Gambar 8.	Dispersi Gas pada Permukaan Padatan.....	25
Gambar 9.	Luas Permukaan Sampel Katalis.....	27
Gambar 10.	Frekuensi Jejari Pori dari Berbagai Katalis.....	28
Gambar 11.	Kromatogram Perengkahan Oli Bekas dengan Sampel Katalis Zeolit Alam (NZ).....	30
Gambar 12.	Kromatogram Perengkahan Oli Bekas dengan Sampel Katalis H <sub>5</sub> -NZA .....	30
Gambar 13.	Kromatogram Perengkahan Oli Bekas dengan Sampel Katalis Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -I/H <sub>5</sub> -NZA .....	31

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Standar Atomic Absorption Spectroscopy Logam Na, K, Ca dan Fe .....	37
Lampiran 2. Data Absorban dan Konsentrasi Logam Na, K, Ca, Fe, Luas Permukaan Spesifik, Rerata Jejari pori, Volume Total Pori dalam Sampel Katalis .....	38
Lampiran 3. Data Lampiran Perhitungan Konsentrasi pada Hasil Analisis Atomic Absorption Spectroscopy .....	41
Lampiran 4. Gambar Alat Penelitian .....	43
Lampiran 5. Daftar Istilah .....	47
Lampiran 6. Hasil Analisis Surface Analyzer .....	48
Lampiran 7. Hasil Analisis GC-MS .....	54

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan produksi kendaraan bermotor sangat dirasakan di negara yang menuju atau sedang berkembang, khususnya di Indonesia. Meningkatnya produksi otomotif sangat dilematis. Produksi otomotif sangat membantu aktivitas manusia, namun di lain sisi menimbulkan efek negatif bagi lingkungan yaitu berupa akumulasi oli pelumas mesin (senyawa hidrokarbon) dalam bentuk cairan. Senyawa ini dibuang begitu saja setelah digunakan sebagai pelumas pada kendaraan.

Pelumas yang digunakan sangat beragam dan dibedakan atas nilai *SAE* (*Society Automotive Engineering*), yaitu suatu parameter ukuran kekentalan (*viscosity*). Keragaman oli pelumas mesin kendaraan disesuaikan oleh sistem mekanisasi dan beban kerja yang dilakukan oleh mesin itu sendiri.

Oli pelumas akan menghambat resapan air dalam tanah dengan cara menutupi pori-pori tanah. Deposit oli pelumas yang berlebihan, lambat laun akan membentuk suatu emulsi minyak-air di permukaan tanah. Terjadinya proses pengemulsian oleh oli pelumas ini diakibatkan oleh sifat fisiknya yang nonpolar, dengan besarnya berat molekul atau kekentalannya yang besar yang menyebabkan laju difusi ke dalam tanah lebih lama.

Proses konversi residu oli pelumas menjadi bahan bakar dapat dilakukan dengan metode perengkahan (*cracking*), yaitu proses pemutusan ikatan C-C hidrokarbon berat molekul tinggi menjadi molekul dengan berat molekul rendah. Proses ini juga melibatkan substansi yang mempercepat reaksi kimia yang dikenal dengan katalis. Teknik perengkahan katalitik biasanya menghasilkan produk bahan bakar yang lebih baik dibandingkan tanpa ada katalis. Pada proses perengkahan katalitik yang sering digunakan dalam industri ataupun laboratorium adalah katalis dalam bentuk logam pengemban. Menurut Setyawan (2001) pemilihan pengemban pada katalis ini memperhatikan hal-hal :

- a. memiliki stabilitas pemanasan yang tinggi
- b. memiliki pori yang memungkinkan terjadinya adsorpsi



- c. luas permukaan yang besar
- d. mempunyai kemampuan untuk mengikat logam sebagai katalis

Zeolit alam dikenal keberadaannya meruah dan murah. Pemilihan katalis juga memperhatikan aktifitas, selektifitas dan stabilitasnya yang tinggi. Zeolit alam setelah dilakukan aktivasi dan modifikasi akan mempunyai aktivitas kerja yang baik untuk proses perengkahan (Trisunaryanti *et.al*, 1996).

Zeolit digunakan sebagai pengemban dikarenakan zeolit mempunyai struktur berpori, mempunyai luas permukaan yang tinggi, harganya murah serta mudah diperoleh (Setyawan, 2001). Pengembanan logam transisi pada zeolit mempunyai tujuan memperbanyak jumlah situs aktif. Keadaan ini diharapkan pada proses reaksi perengkahan kontak antara reaktan dengan katalis akan semakin besar, sehingga reaksi akan berjalan dengan cepat.

Dalam penelitian ini, logam yang diimbankan ke dalam zeolit adalah logam Cr karena termasuk dalam golongan transisi dimana mempunyai orbital d yang belum penuh. Elektron pada orbital d akan berinteraksi dengan elektron yang berada pada orbital s dan p sehingga menyebabkan keadaan elektronik terdegenerasi, sehingga memiliki tingkat energi yang lebih rendah. Logam kromium juga relatif murah dibandingkan logam Au, Pt ataupun Ni (Nurhadi, 1999). Katalis  $\text{Cr}_2\text{O}_3\text{-I/H}_5\text{-NZA}$  yang digunakan untuk perengkahan pelumas cair bekas pada temperatur  $350^\circ\text{C}$  memiliki aktivitas dan selektivitas yang baik (Saputro, 2002). Menurut Anwar (1996) uji katalitik pada temperatur  $450^\circ\text{C}$  memperlihatkan hal yang berbeda dengan uji pada temperatur  $350^\circ\text{C}$  pada konversi metanol menjadi hidrokarbon, dimana secara umum pada temperatur  $450^\circ\text{C}$  memiliki selektivitas yang baik.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh modifikasi zeolit alam terhadap karakternya yang meliputi kandungan logam, luas permukaan spesifik, volume total pori, rerata jejari pori dan keasaman ?

2. Bagaimana hubungan antar karakter katalis hasil modifikasi dengan aktivitas pada reaksi perengkahan pelumas cair bekas pada temperatur 450°C ?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Melakukan modifikasi zeolit alam sebagai katalis perengkah untuk pelumas cair bekas melalui proses pengasaman, kalsinasi, oksidasi, hidrotermal dan impregnasi logam kromium.
2. Karakterisasi katalis zeolit alam dan hasil modifikasinya.
3. Mempelajari hubungan antara karakter katalis hasil modifikasi dengan aktivitas dalam proses perengkahan pelumas cair bekas pada temperatur 450°C.

### 1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan nantinya dapat memberikan beberapa manfaat sebagai salah satu solusi penanganan pelumas cair bekas menjadi alternatif senyawa fraksi bahan bakar cair mengingat limbahnya sangat membahayakan lingkungan.

### 1.5 Batasan Masalah

Pada proses perengkahan pelumas cair bekas dalam penelitian ini masih banyak memerlukan kajian yang luas. Karena keterbatasan penulis, masalah yang dikaji dibatasi pada :

- a. Proses perengkahan katalitik (*catalytic cracking*) dengan katalis  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  yang diimbangkan pada zeolit dilakukan pada temperatur 450°C.
- b. Proses perengkahan katalitik (*catalytic cracking*) dengan katalis  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  yang diimbangkan pada zeolit dengan konsentrasi 1%.
- c. Karakterisasi katalis meliputi NZ, H<sub>5</sub>-NZA,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ -1/H<sub>5</sub>-NZA dengan AAS, *Analyser Surface Area 1000* dan Gravimetri.



- d. Analisa secara kualitatif dan kuantitatif produk akhir proses perengkahan diamati dengan GC-MS, produk yang diharapkan adalah  $C_6$ - $C_{12}$  dan maksimal adalah  $C_{15}$ .

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Minyak Pelumas

Minyak pelumas merupakan senyawa organik kompleks yang diperoleh dari proses pengilangan minyak (petroleum), berada pada bagian bawah menara fraksinasi. Komponen ini relatif memiliki titik didih dan bobot molekul tinggi, terdiri dari senyawa alkana dan sikloalkana berbobot molekul tinggi (Petrucci, 1994).

Larsen (1992) menyatakan bahwa minyak pelumas dikategorikan sebagai senyawa hidrokarbon cair yang tidak mahal dan dapat digunakan sebagai pendingin. Pada kebanyakan fraksi petroleum, pada kondisi yang ekstrim temperatur tinggi diperoleh pelumas cair dan padat.

Petrucci (1994) menjelaskan oli pelumas memiliki 16 atom karbon ke atas dengan perkiraan titik didih di atas  $350^{\circ}\text{C}$  dalam perolehan fraksi minyak bumi, sedangkan Speight (1992) menggolongkan produksi minyak pelumas memiliki 25-35 bahkan 40 atom karbon per molekul dengan titik didih di atas  $400^{\circ}\text{C}$  karena tingginya viskositas. Sumber minyak pelumas dari petroleum mentah karena luasnya daerah cair, bervariasi dengan bobot molekul 150 hingga 1000.

Hartomo (1991) menyatakan beberapa senyawa yang berada dalam oli pelumas bekas, antara lain :

- 1) Molekul base-oil yang tak berubah
- 2) Molekul base-oil yang teroksidasi
- 3) Polimer peningkat angka viskositas
- 4) Aditif lain yang tersisa
- 5) Air, yang berasal dari pembakaran bahan bakar dan lain-lain
- 6) Hidrokarbon ringan dari bensin atau bahan bakar yang tidak terbakar sempurna
- 7) Partikel karbon hasil *coking* parsial atas bahan bakar, logam dan sebagainya



## 2.2 Katalis

Secara umum istilah katalis didefinisikan hanya sebagai substansi yang mempengaruhi kecepatan reaksi. Menurut Satterfield (1980) katalis adalah suatu substansi yang meningkatkan kecepatan reaksi tanpa harus dikonsumsi proses reaksi.

Katalis dibedakan menjadi dua macam berdasarkan fase dengan reaktan yaitu, katalis homogen dan heterogen. Katalis homogen artinya katalis yang berada dalam fase yang sama dengan reaktan. Katalis heterogen merupakan katalis yang berbeda fase dengan reaktan (Satterfield, 1980).

Peranan suatu katalis dalam reaksi kimia sangat menentukan waktu pembentukan produk yang diinginkan. Kehadiran katalis dalam reaksi kimia dapat memungkinkan pilihan mekanisme reaksi, dengan tiap tahap reaksi memiliki energi aktivasi yang relatif lebih rendah daripada reaksi tanpa katalis (Smith, 1956).

Keberadaan katalis dalam reaksi kimia tidak mengubah kesetimbangan secara kuantitas dan tidak juga mengubah tetapan kesetimbangan. Katalis hanya mempercepat jalannya reaksi untuk mencapai kondisi kesetimbangan bukan menstimulasi atau mengawali terjadinya reaksi (Smith, 1956; Keenan and Kleinfelter, 1996).

### 2.2.1 Aktivitas, Selektifitas dan Efektifitas Katalis

Aktivitas dan selektifitas sangat berguna bagi suatu katalis. Dalam bidang industri proses kimia, kerja katalis tidak dalam kondisi yang selalu siap setiap penggunaan. Katalis sama seperti substansi yang lain, yang memiliki waktu pakai. Waktu pakai inilah yang dominan menentukan efektifitas kelayakan katalis.

Berikut ini adalah beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam pemanfaatan suatu katalis (Setyawan, 2001):

#### 1. Aktivitas

Kemampuan suatu logam atau senyawa kimia untuk mengkatalisis reaksi kimia diukur dari aktivitas katalis yang biasanya dinyatakan dalam persentase konversi atau jumlah produk yang dihasilkan dari jumlah reaktan yang digunakan

dalam waktu reaksi tertentu. Aktivitas katalis sangat bergantung pada sifat kimia logam, disamping luas permukaan dan distribusi pori.

## 2. Selektivitas

Kemampuan suatu katalis untuk menyokong satu macam reaksi dari keseluruhan macam reaksi yang mungkin terjadi dinyatakan dalam selektivitas katalis. Kualitas katalis menentukan selektivitasnya terhadap produk yang diinginkan. Selektivitas katalis sangat bergantung pada tekanan, temperatur reaksi dan macam reaksi.

## 3. Waktu pakai katalis

Aktivitas suatu katalis sangat berkaitan erat dengan kondisi waktu pakai katalis yang meliputi temperatur, tekanan, macam reaktan (*feed*) dan frekuensi penggunaan katalis.

Beberapa penyebab penurunan kemampuan waktu pakai katalis adalah sebagai berikut :

### a. Terjadinya peracunan katalis

Peracunan katalis terjadi karena terdapat beberapa unsur tertentu dalam senyawa yang diumpankan ke dalam reaktor teradsorpsi dengan mudah secara kimia ke permukaan katalis sehingga menutupi situs aktif dalam melakukan fungsinya.

### b. Terjadinya pengotoran (*fouling*) pada permukaan katalis

Pengotoran pada permukaan katalis terjadi karena adanya sejumlah besar material (pengotor) yang mengendap dan teradsorpsi secara fisik maupun kimia pada permukaan katalis sehingga akan mengurangi luas permukaan katalis. Keadaan ini terjadi karena adanya reaksi-reaksi samping yang menghasilkan pengotor (*foulant*), seperti terjadinya pengendapan senyawa-senyawa karbon yang terbentuk selama proses perengkahan (*cracking*).

### c. Terjadinya penggumpalan (*sintering*)

Penggumpalan pada sistem katalis logam pengemban diakibatkan karena terjadinya kerusakan struktur pengemban yang disebabkan temperatur

operasi yang terlalu tinggi. Penggumpalan tersebut akan mengurangi luas permukaan kontak, dengan demikian aktivitas katalis menurun.

d. Kemudahan untuk diregenerasi

Penurunan aktivitas katalis banyak disebabkan oleh terbentuknya endapan kokas yang menyumbat katalis. Pemakaian katalis yang berulang-ulang akan menyebabkan endapan kokas yang terbentuk semakin banyak, sehingga menghalangi proses adsorpsi terhadap reaktan.

Smith (1956) menjelaskan hilangnya aktivitas atau selektifitas katalis akibat substansi yang ada dalam aliran reaktan atau yang diproduksi oleh reaksi.

### 2.2.2 Sifat Fisik Katalis

Salah satu sifat fisik katalis yang mempengaruhi aktivitasnya yaitu ukuran pori. Ukuran pori katalis sangat menentukan besarnya difusi gas dalam pori. Idealnya semakin besar laju difusi gas oleh pori, semakin besar laju reaksinya. Berdasarkan diameternya, pori-pori padatan dapat digolongkan menjadi tiga yaitu (Champbell, 1988):

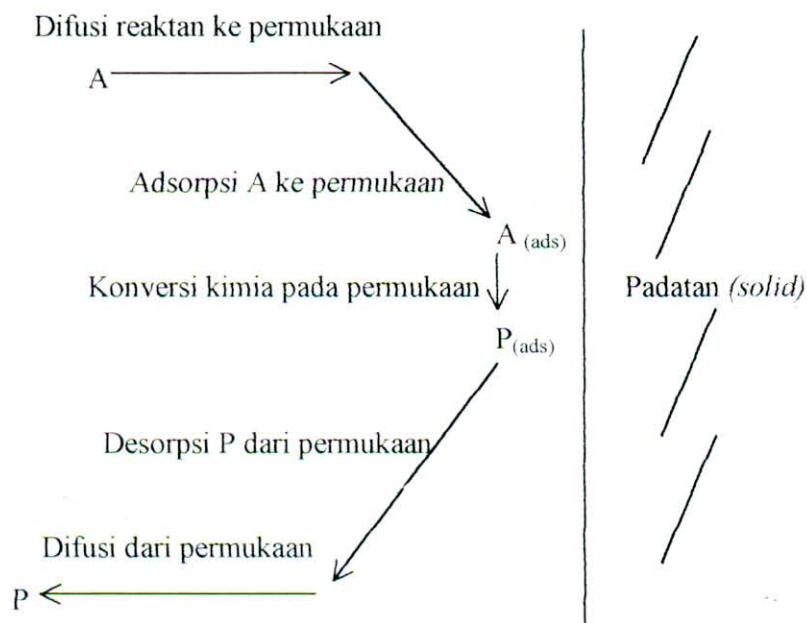
- 1) Mikropori dengan ukuran diameter  $< 2$  nm
- 2) Mesopori dengan ukuran  $2 \leq$  diameter  $\leq 50$  nm
- 3) Makropori dengan ukuran diameter  $> 50$  nm

### 2.3 Reaksi Katalitik Heterogen

Pada prinsipnya reaksi katalitik heterogen, mempunyai tahapan reaksi katalitik sebagai berikut :

- a. Transport molekul adsorbat ke permukaan adsorben
- b. Adsorpsi molekul reaktan pada permukaan padatan
- c. Konversi kimia pada katalis untuk membentuk produk
- d. Desorpsi produk dari permukaan padatan
- e. Transport produk dari permukaan padatan

Secara ringkas reaksi katalitik heterogen digambarkan oleh Champbell (1988) sebagai berikut :



**Gambar 1.** Profil Proses Katalitik Heterogen Orde Satu

Kelima tahap tersebut terjadi secara berurutan. Tahap a dan e merupakan proses difusi fisik. Proses difusi ini melibatkan interaksi fisik pori katalis dengan reaktan, dimana molekul reaktan terdifusi ke dalam pori-pori dan berinteraksi pada pori dalam permukaan. Selain proses difusi internal pori katalis ini, mungkin melibatkan difusi eksternal pada reaktan yang berada di sekitar partikel katalis sedangkan pada tahap b, c dan d terjadi di permukaan. Pada awalnya reaktan akan teradsorpsi secara fisik yang disebut dengan proses fisisorpsi, kemudian kemisorpsi membentuk produk yang selanjutnya produk akhir tersebut terlepas dari permukaan katalis. Peristiwa yang terakhir ini disebut desorpsi.

### 2.3.1 Adsorpsi Permukaan

Adsorpsi terjadi karena adanya interaksi gaya-gaya pada permukaan padatan dengan molekul-molekul adsorbat. Energi adsorpsi yang dihasilkan bergantung pada tipe adsorpsi yang terjadi. Adsorpsi dibedakan menjadi dua, yaitu adsorpsi fisik (fisisorpsi) dan adsorpsi kimia (kemisorpsi). Fisisorpsi merupakan peristiwa interaksi gaya molekuler, yaitu interaksi molekul-molekul

gas dengan permukaan padatan bersifat reversibel, artinya semua molekul gas yang teradsorpsi secara fisik dapat dilepaskan kembali dengan gas yang teradsorpsi secara fisik dapat dilepaskan kembali dengan cara menaikkan temperatur atau menurunkan tekanan. Kemisorpsi merupakan peristiwa adsorpsi yang disebabkan karena adanya interaksi orbital molekul pada permukaan padatan dengan molekul adsorbat (reaktan) dan bersifat irreversibel. Dengan demikian untuk proses desorpsi atau pelepasan dengan desorpsi pada fisisorpsi.

Perubahan entropi ( $\Delta S$ ) molekul gas yang teradsorpsi pada proses adsorpsi selalu mempunyai harga yang negatif. Pada kenyataannya proses adsorpsi berlangsung secara spontan yang berarti perubahan energi Gibbs selalu bernilai negatif dan perubahan entalpi sistem juga negatif, sehingga terjadi proses eksotermis.

Dalam hubungannya dapat dinyatakan dalam hubungan antara ( $\Delta S$ ), ( $\Delta H$ ), ( $\Delta G$ ), sebagai berikut :

$$\Delta H = \Delta G + T \cdot \Delta S \dots\dots\dots(1)$$

### 2.3.2 Luas Permukaan Padatan

Kemampuan suatu padatan sebagai katalis sangat berkaitan dengan pori luas permukaan. Penentuan pori suatu permukaan katalis merupakan bagian yang cukup penting pada karakterisasi padatan, karena sangat berhubungan untuk aktivitas katalis. Semakin luas permukaan katalis, maka akan semakin banyak molekul pereaksi yang dapat teradsorpsi pada permukaan dan akan bereaksi sehingga akan menghasilkan produk.

Persamaan BET (Brunauer, Emmet dan Teller) dapat digunakan sebagai metode menentukan luas permukaan padatan. Persamaan ini menganggap bahwa molekul gas yang teradsorpsi pada permukaan padatan berada dalam kesetimbangan dinamis antara fasa uap dengan molekul gas (Lowell dan Shields, 1984).

$$\frac{1}{W\left\{\frac{P^{\circ}}{P}\right\}-1} = \frac{1}{W_m C} + \frac{C-1}{W_m C} \left[\frac{P}{P^{\circ}}\right] \dots\dots\dots(2)$$

dimana  $W$  = berat gas yang diadsorpsi pada tekanan relatif  $P/P^{\circ}$

$W_m$  = berat gas lapis tunggal yang diadsorpsi

$P$  = tekanan terukur

$P^0$  = tekanan uap jenuh

$C$  = konstanta BET

Dalam teori BET disumsikan bahwa permukaan tidak akan tertutup sempurna oleh adsorbat selama tekanan uap jenuh belum tercapai. Dengan membuat kurva yaitu  $1/W (P^0/P - 1)$  Vs  $P/P^0$  maka akan diperoleh garis lurus sehingga gradien/slopenya dapat ditentukan dengan demikian  $W_m$  dan  $C$  dapat ditentukan :

$$\text{Slope}(S) = \frac{C-1}{W_m C} \dots\dots\dots(3)$$

$$\text{Intersep}(I) = \frac{1}{W_m C} \dots\dots\dots(4)$$

$$W_m = \frac{1}{I \cdot C} \dots\dots\dots(5)$$

$$\text{Dari persamaan itu akan diperoleh } C = \frac{S+I}{I} \dots\dots\dots(6)$$

$$\text{Maka } W_m = \frac{1}{S+I} \dots\dots\dots(7)$$

Kapasitas tunggal gas teradsorpsi pada permukaan berbanding lurus luas permukaan padatan :

$$S_L = \frac{W_m \cdot N \cdot A_{cs}}{M} \dots\dots\dots(8)$$

dimana  $S_L$  = luas permukaan total sampel ,  $N$  = bilangan avogadro,  $A_{cs}$  = luas penampang lintang adsorbat,  $M$  = berat molekul adsorbat,  $W_s$  = berat padatan sampel, sedangkan luas permukaan spesifik dapat dirumuskan sebagai berikut :

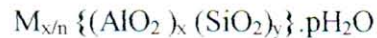
$$S_p = \frac{S_L}{W_s} \dots\dots\dots(9)$$

Adapun gas yang digunakan untuk menentukan luas permukaan suatu padatan memiliki syarat-syarat : stabil pada proses kemisorpsi, nilai  $C$  (konstanta BET) yang moderat, yaitu 50-300 dan kemurniannya tinggi.



## 2.4 Zeolit sebagai Katalis

Zeolit merupakan mineral yang secara tiga dimensi tersusun atas kristal aluminosilikat terhidrasi yang mengandung kation alkali atau alkali tanah. Kation-kation ini dapat digantikan dengan kation lain tanpa harus merusak strukturnya dan dapat menyerap air secara reversibel (Sutarti dan Rahmawati, 1994). Hamdan (1992) menuliskan rumus umum zeolit sebagai berikut :



dengan : M = kation bermuatan positif n yang dapat dipertukarkan

x = jumlah Al

y = jumlah Si

p = jumlah air kristal

y/x = 1 sampai 6

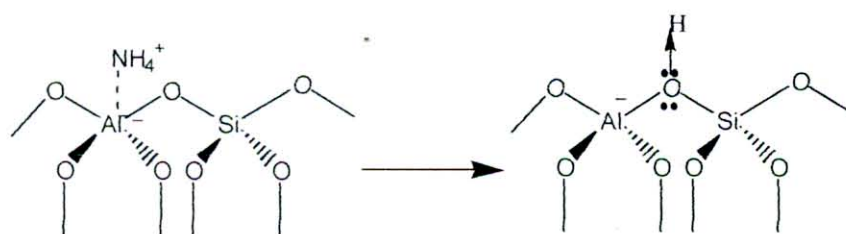
p/x = 1 sampai 4

{ } = kerangka alumina silika

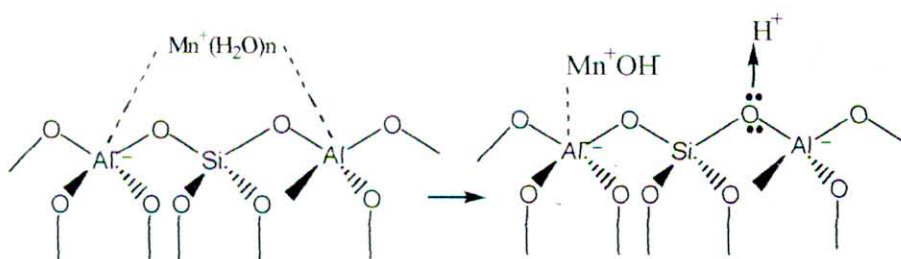
Kerangka dasar struktur zeolit terdiri dari unit-unit tetrahedral  $AlO_4^{5-}$  dan  $SiO_4^{4-}$  yang saling berhubungan melalui atom O dan di dalam struktur  $Si^{4+}$  dapat diganti dengan  $Al^{3+}$ . Ikatan Al – O – Si membentuk struktur kristal, sedangkan logam alkali atau alkali tanah merupakan sumber kation yang dapat dipertukarkan (Sutarti dan Rahmawati, 1994).

Zeolit memiliki karakter yang khas dalam penggunaannya sebagai katalis, khususnya dalam proses perengkahan karena memiliki dua sifat asam yaitu asam Lewis dan asam Bronsted, kestabilan yang tinggi pada temperatur tinggi dan selektivitas tinggi dalam penyaringan molekul (*molecular sieving*) (Satterfield, 1980).

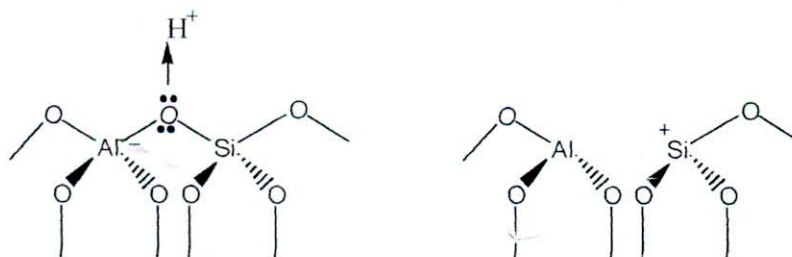
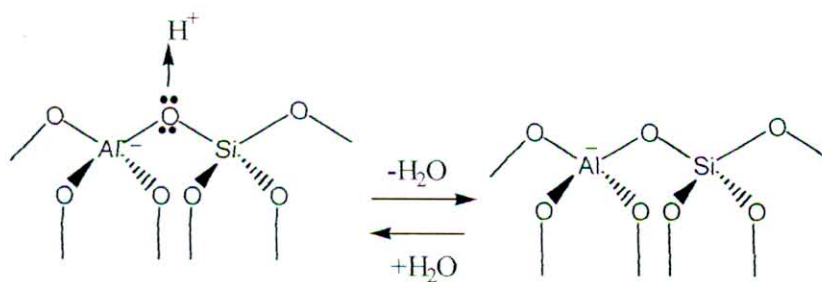
Asam Lewis diartikan sebagai senyawa yang menerima sepasang elektron sedangkan asam Bronsted adalah senyawa yang bertindak sebagai donor (pemberi) proton. Keasaman aluminosilikat dapat dipelajari dari struktur silika.



Gambar 2 Perlakuan termal terhadap amonium zeolit sehingga diperoleh H-zeolit.



Gambar 3. Dehidrasi terhadap kation multivalen pada zeolit sehingga dihasilkan situs asam Bronsted.



Gambar4. Dehidroksilasi dua gugus yang berdekatan pada temperatur lebih besar dari 477°C dihasilkan situs asam Lewis.

Secara eksperimental, modifikasi zeolit sangat penting untuk menentukan aktivitas katalis. Sifat-sifat fisik seperti luas permukaan, ukuran pori, ukuran partikel dan struktur partikel berpengaruh terhadap aktivitas katalis. Selain modifikasi dengan pertukaran kation, zeolit dapat dimodifikasi dengan cara (Satterfield, 1980) :

- 1) Impregnasi, merupakan metode pengembanan logam ke dalam pori-pori zeolit. Metode impregnasi dapat dilakukan dengan cara dua cara, impregnasi basah dan kering. Impregnasi basah pada zeolit dengan cara memasukkan serbuk/pelet zeolit ke dalam larutan logam dan dilakukan pengadukan hingga larutan logam yang kita inginkan masuk ke pori-pori zeolit. Sedangkan teknik kering yaitu zeolit ditetesi dengan larutan logam pada tiap-tiap porinya. Hal ini dilakukan terus-menerus sedemikian rupa sehingga larutan logam yang terimpregnasikan sudah menyebar masuk ke dalam pori-pori zeolit.



- 2) Kalsinasi, merupakan proses termal untuk menghilangkan senyawa organik dan untuk menghilangkan uap air yang terperangkap dalam pori-pori kristal zeolit. Kalsinasi biasanya dilakukan pada temperatur 500°C atau 550°C dalam suatu tanur dengan dialiri gas inert seperti nitrogen. Penggunaan gas nitrogen dimaksudkan agar kalsinasi lebih sempurna dan tidak terjadi reaksi lain yang tidak diinginkan selama kalsinasi.
- 3) Dealuminasi, kandungan Al yang tinggi dalam zeolit menyebabkan kestabilan zeolit rendah pada temperatur tinggi. Oleh sebab itu untuk mengoptimalkan kandungan Al dalam zeolit maka dilakukan dealuminasi. Dealuminasi zeolit merupakan suatu peristiwa penurunan kandungan Al dalam zeolit. Dealuminasi pada zeolit dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut :
  - a. mereaksikan zeolit dengan larutan HF dan HCl
  - b. mereaksikan zeolit dengan EDTA, SiCl<sub>4</sub>, uap F<sub>2</sub> dan (NH<sub>4</sub>)SiF<sub>6</sub>
  - c. mengalirkan uap air pada temperatur kalsinasi (hidrotermal)

Modifikasi zeolit dengan kation seperti logam akan mempengaruhi sifat zeolit seperti stabilitas terhadap panas, sifat adsorpsi dan aktivitas katalisnya (Othmer, 1981).

## 2.5 Katalis Logam Transisi

Logam transisi merupakan materi padat (logam) yang secara kimiawi memiliki karakter yang khas. Pada logam transisi memiliki orbital  $d$  yang terisi sebagian, yang akan berikatan dengan orbital  $s$  dan  $p$  dari adsorbat. Orbital  $d$  yang terdegenerasi akan memberikan kondisi elektronik dengan energi yang sangat rendah, yang akan menentukan pembentukan dan pemutusan ikatan kimia (Somorji, 1987) dan sangat baik sebagai katalis.

Proses kemisorpsi erat kaitannya dengan aktivitas katalis logam. Adsorpsi reaktan oleh permukaan padatan tergantung pada energi adsorpsi yang dimiliki padatan.

Aktivitas katalis logam aktif yang terdispersi tersebut tentulah baik jika dispersinya merata di seluruh permukaan pengemban. Logam aktif yang didispersikan dapat dilakukan untuk memperbaiki aktivitas katalitiknya. Pada prinsipnya logam aktif baik sama maupun berbeda (fungsi katalis) dapat dicampur dalam reaksi katalitiknya.

## 2.6 Perengkahan

Perengkahan adalah proses pemutusan ikatan C-C dari suatu hidrokarbon berbobot molekul besar menjadi lebih pendek. Reaksi pemutusan ikatan C-C akan spontan secara termodinamika jika  $\Delta G$  bernilai negatif,  $\Delta H$  positif dan  $\Delta S$  positif dengan naiknya temperatur. Proses perengkahan dapat dilakukan dengan dua cara, perengkahan termal dan perengkahan katalitik.

### 2.6.1 Perengkahan Termal

Pada perengkahan termal melibatkan mekanisme radikal bebas, akibat pemutusan ikatan hidrokarbonnya menjadi lebih pendek rantai hidrokarbon yang lebih pendek. Perengkahan termal produk dominannya adalah etena dengan

banyak mengandung metana dan etana, banyak n- $\alpha$  olefin (Sie tong dalam Nurhadi, 1999).

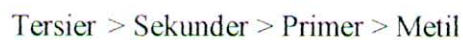


### 2.6.2 Perengkahan Katalitik

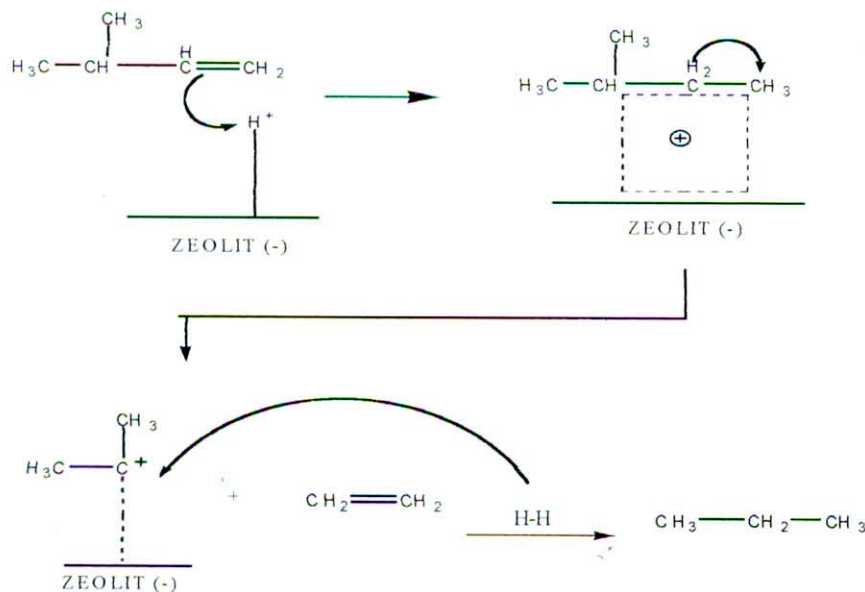
Reaksi perengkahan katalitik berlangsung melalui ion karbonium sebagai zat antara. Ion karbonium terbentuk dari pemutusan ikatan C-H dari molekul hidrokarbon.



Stabilitas ion karbonium makin menurun sebagai berikut :



Reaksi perengkahan katalitik yang dijelaskan oleh (Gates *et.al*, 1992) pada reaksi pemutusan ikatan 3-metil-1-butena dengan kemungkinan mekanisme sebagai berikut :



### 2.7 Kromatografi Gas

Dalam kromatografi gas, fase Bergeraknya adalah gas. Cairan dengan titik didih tinggi (tidak mudah menguap) yang terikat pada zat padat penunjang. Prinsip dasar yaitu mengetahui waktu retensi pada kolom saat dielusikan dengan gas pembawa He,  $N_2$ ,  $H_2$ , Ar dan untuk detektor konduktifitas termal pada

detektor akan mencatat sinyal yang muncul akibat perubahan konsentrasi dan laju elusi. Efisiensinya pemisahan yang tinggi dengan dilakukan cara memperpanjang kolom. Gas dan uap mempunyai viskositas rendah sehingga kesetimbangan partisi antara gas dan cairan berlangsung cepat dan analisis relatif cepat dengan sensitivitas tinggi. Kelemahan teknik ini adalah terbatas untuk zat mudah menguap (Khopkar, 1990).

Kromatografi gas telah banyak digunakan untuk penentuan kuantitatif senyawa organik maupun anorganik, bahkan logam dalam bentuk kelat yang mudah menguap. Salah satu persyaratan dalam kromatografi gas yang harus dipenuhi adalah tekanan uap yang pada suhu kerja (Nair and Bonelli, 1988).

## **2.8 Atomic Absorption Spectroscopy**

Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) adalah salah satu metode spektrofotometri yang sering digunakan untuk analisis kuantitatif logam-logam. Pemakaian analisis dengan menggunakan AAS relatif sederhana dan untuk menganalisis beberapa logam dapat dilakukan dalam campuran dengan unsur-unsur logam lain tanpa dilakukan pemisahan dahulu (Zainuddin, 1988).

Dalam proses analisa dengan AAS, terdapat tahapan atomisasi untuk pembentukan atom netral dalam wujud gas (Skoog, 1993). Atomisasi terjadi melalui beberapa tahap, mula-mula larutan disemprotkan dalam bentuk kabut ke nyala api. Selanjutnya terjadi desolvasi pelarut menghasilkan sisa partikel pada yang halus pada nyala. Partikel ini berubah menjadi gas, selanjutnya sebagian atau seluruhnya mengalami disosiasi menjadi atom-atom (Christian and Gary, 1994). Proses ini diakibatkan oleh pengaruh langsung dari panas oleh substansi-substansi dalam nyala (Zainuddin, 1988). Atom-atom logam dalam wujud gas berada pada keadaan energi dasar. Bila atom-atom logam dikenai energi gelombang elektromagnetik yang sesuai dengan yang diperlukan, maka atom-atom logam dalam wujud gas tersebut akan tereksitasi ke tingkat energi yang lebih tinggi (Zainuddin, 1988). Dalam nyala, atom-atom netral mampu menyerap (mengabsorpsi) energi cahaya dengan panjang gelombang yang sesuai (Christian, 1994).

### III. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Kimia Fisik Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember, Laboratorium Kimia Fisik dan Laboratorium Kimia Organik Fakultas Matematika Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Gajah Mada Yogyakarta, BATAN Yogyakarta, pada bulan September 2002 hingga bulan Februari tahun 2003.

#### 3.2 Alat dan Bahan

##### 3.2.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut : beaker gelas (50 mL, 100 mL dan 500 mL), labu ukur (25 mL dan 50 mL), pipet mohr (5 mL dan 10 mL), labu leher tiga, neraca analitik Ohaus, reaktor aktivasi, *furnace*, reaktor perengkah jenis "fixed bed", alat GC-MS merk Shimadzu QP-5000, AAS, Analyser Surface Area NOVA 1000, filamen listrik, termokopel merk Digi-Sense model No.8528-10 (JTEK), slide regulator Matsunaga 1,5 kV, desikator, botol semprot, vessel pemanas, pH meter, kondensor, sentrifuge dan penyaring buchner.

##### 3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut : zeolit alam ukuran 80 mesh dari PT. Prima Zeolita Yogyakarta, oli bekas produk PERTAMINA Merk Federal Multigrade, kristal  $\text{Cr}(\text{NO})_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ , kertas saring, akuades, gas nitrogen, gas oksigen, *glass wool*, larutan HF 1%, larutan HCl 6 M,  $\text{NH}_3$  25 %,  $\text{NH}_4\text{Cl}$  0,1 M, larutan akuaregia, arang aktif, garam dan es.

#### 3.3 Pelaksanaan Penelitian

##### 3.3.1 Preparasi oli

Preparasi oli standar menggunakan oli pelumas bekas produk PERTAMINA Merk Federal Multigrade dengan perlakuan penyaringan dalam penyaring buchner. Penyaring buchner tersebut diset dengan kertas saring, arang



aktif sebagai filternya dan glass wool, kemudian dilakukan penyaringan dengan pompa penyedot. Setelah melalui penyaringan dilakukan sentrifuge selama 15 menit.

### 3.3.2 Preparasi Katalis Zeolit alam (NZ)

Pembuatan katalis dilakukan dengan prosedur yang pernah dilakukan oleh Setyawan (2001) terutama dalam hal perlakuan dengan bahan-bahan kimia dan perlakuan fisik. Zeolit alam dari PT. Prima Zeolita dalam bentuk butiran dengan ukuran 80 mesh direndam dalam akuades sambil diaduk dengan pengaduk besi selama satu jam pada temperatur kamar, kemudian disaring dan dikeringkan dalam oven pada 100°C selama 3 jam.

Zeolit kemudian dikalsinasi dengan aliran gas N<sub>2</sub> pada 500°C selama 4 jam. Selanjutnya diteruskan proses oksidasi dengan aliran gas O<sub>2</sub> pada 400°C selama 1,5 jam sehingga diperoleh katalis NZ (Setyawan, 2001).

### 3.3.3 Preparasi Katalis Zeolit Alam Asam Hidrotermal (H<sub>5</sub>-NZA)

Sampel NZ direndam dalam larutan HF 1% dengan perbandingan 1:2 dalam wadah plastik selama 10 menit pada temperatur kamar. Campuran disaring dan dibilas berulang-ulang dengan akuades hingga pH=6. Endapan zeolit tadi kemudian direfluks selama 30 menit dengan larutan HCl 6 M pada temperatur 90°C sambil diaduk. Selanjutnya disaring dan dicuci dengan akuades sampai pH=6. Berikutnya dikeringkan dan dihaluskan diperoleh katalis NZA.

Katalis NZA dikeringkan dengan *Vacuum Drying Oven* dengan tekanan 20 cmHg selama 3 jam pada 130°C. Katalis NZA dipanaskan bersama NH<sub>4</sub>Cl 0,1 M pada 90°C selama 3 jam setiap hari dan dilakukan dengan diulang-ulang setiap hari selama seminggu dan digojog/diaduk pelan-pelan tiap satu jam selama pemanasan. Setelah selesai, zeolit disaring dan dicuci dengan akuades hingga pH=6. Endapan dikeringkan di oven dengan temperatur 120-130°C. Kemudian didinginkan dan dihaluskan. Katalis NZA diletakan dalam cawan porselin dan dikalsinasi selama 4 jam pada temperatur 500°C dalam *Muffle Furnace*. Katalis NZA kemudian didinginkan dan dilakukan hidrotermal selama 5 jam pada temperatur 500°C, dengan susunan alat seperti dalam gambar 16. Hasilnya didinginkan dan dikalsinasi ulang dengan aliran N<sub>2</sub> selama 3 jam pada 500°C,



kemudian dioksidasi dengan  $O_2$  selama 1,5 jam pada  $400^\circ C$  dan didinginkan sehingga diperoleh  $H_5$ -NZA.

### 3.3.4 Pembuatan Katalis $Cr_2O_3$ -I/ $H_5$ -NZA

Pembuatan katalis  $Cr_2O_3$ -I/ $H_5$ -NZA dengan cara pengembanan logam Cr pada katalis  $H_5$ -NZA ke dalam larutan  $Cr(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$  selama 3 jam pada temperatur  $90^\circ C$ . Berikut ini adalah tabel perbandingan berat zeolit dan berat  $Cr(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$  yang diimbangkan.

**Tabel 1.** Perbandingan Berat Zeolit dan Logam yang diimpregnasikan

Konsentrasi Cr (%)	Berat Zeolit (g)	Berat Cr (g)	Mol Cr (mmol)	Berat $Cr(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$ (g)
I	1,00	0,01	0,19	0,08

Sampel katalis yang diperoleh  $Cr_2O_3$ -I/ $H_5$ -NZA disaring dan dicuci sampai air cucuannya bening. Kemudian katalis dikeringkan pada temperatur  $130^\circ C$  selama 1 jam dan dihaluskan. Selanjutnya dilakukan proses kalsinasi dengan gas nitrogen selama 3 jam pada temperatur  $500^\circ C$ , dengan susunan alat kalsinasi seperti dalam gambar 14.

Pada proses kalsinasi sampel katalis  $Cr_2O_3$ -I/ $H_5$ -NZA dalam reaktor dipanaskan pelan-pelan hingga temperatur  $500^\circ C$  selama 3 jam, kemudian didinginkan. Proses selanjutnya adalah oksidasi dengan cara mengalirkan gas oksigen pada temperatur  $400^\circ C$  selama 1,5 jam kemudian didinginkan (Setyawan, 2001).

## 3.4 Karakterisasi Katalis

### 3.4.1 Penentuan Kandungan Kation Logam (Na, Ca, K dan Fe)

Penentuan kandungan kation logam dalam katalis zeolit dilakukan dengan cara destruksi (dalam lemari asam). Sampel zeolit sebanyak 0,2 g ditempatkan dalam cawan porselin ditambahkan 2 mL akuaregia ( $HNO_3$  pa :  $HCl$  pa = 1 : 3) kemudian krus ditutup dan dipanaskan selama 30 menit. Setelah lima menit kemudian ditambahkan HF 4% sebanyak 0,5 mL dan dipanaskan selama 15 menit, kemudian ditambahkan 1 mL akuarageia dan HF 4% sebanyak 0,25 mL

dan dibiarkan selama 10 menit. Diencerkan ke dalam labu ukur 25 mL hingga batas, sehingga diperoleh larutan dalam sampel 0,2 g/25 mL atau 8000 ppm. Selanjutnya kation logam (Na, Ca, K dan Fe) dalam katalis NZ, H<sub>5</sub>-NZA dan Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-I/H<sub>5</sub>-NZA dianalisis dengan AAS.

### 3.4.2 Penentuan Keasaman Katalis

Keasaman katalis dilakukan secara gravimetri dengan mengalirkan gas NH<sub>3</sub> ke dalam pori-pori katalis. Keasaman dapat ditentukan dari perbedaan sebelum dan sesudah menyerap (mengadsorpsi) NH<sub>3</sub>.

Sejumlah katalis dipanaskan pada temperatur 115-120°C selama 0,5 jam, kemudian didinginkan dalam desikator. Katalis ditimbang hingga beratnya tetap (W). Katalis dalam botol diletakkan dalam erlenmeyer buchner berisi silika gel yang sudah diaktivasi. Tutup erlenmeyer dihubungkan dengan saluran gas amoniak dan mulut erlenmeyer ke saluran pompa penyedot.

Selang yang menghubungkan larutan amoniak 25% dijepit dan sistem dalam erlenmeyer divakumkan dengan pompa penyedot selama 25-30 detik. Selang pompa kemudian dijepit dan selang dari larutan amoniak dibuka pelan-pelan (tekanan rendah). Aliran gas dihentikan hingga jenuh (timbul uap putih) dan selang dijepit. Reaksi dibiarkan selama 24 jam. Kemudian katalis ditimbang berulang-ulang hingga beratnya tetap (W') dalam mg. Maka berat NH<sub>3</sub> yang teradsorpsi dalam sampel adalah sebagai berikut :

$$\Delta W = W' - W \text{ (mg)}$$

Dalam hal ini keasaman didefinisikan sebagai jumlah (mmol) NH<sub>3</sub> yang teradsorpsi untuk gram berat katalis. Sehingga jumlah asam sampel katalis untuk setiap gram katalis dihitung sebagai berikut (Setiaji, 1990) :

$$\Sigma \text{ asam} = \Delta W / \text{BM NH}_3 \text{ (mmol)}$$

### 3.4.3 Penentuan Luas Permukaan Spesifik, Volume Total Pori dan Rerata Jejari Pori

Luas permukaan spesifik, volume total pori dan rerata jejari pori didasarkan pada fenomena adsorpsi gas lapis tunggal yang berlangsung pada temperatur konstan. Alat yang digunakan adalah *Gas Sorption Analyzer Nova 1000* yang berada di Pusat Penelitian Nuklir, BATAN, Yogyakarta.

Sampel ditimbang dan dimasukkan ke dalam wadah sampel dan dipanaskan pada temperatur 200°C dengan dilakukan pengusiran gas menggunakan gas nitrogen selama 45 menit. Kemudian sampel didinginkan dengan nitrogen cair sehingga temperatur sampel mencapai 77 K. Tekanan gas nitrogen diubah sehingga jumlah gas nitrogen yang terkondensasi dapat ditentukan. Dengan diperolehnya data tersebut, maka luas permukaan spesifik, volume total pori dan rerata jejari pori dapat ditentukan.

#### 3.4.4 Uji Aktivitas Katalis

Aktivitas katalis dilakukan dengan menggunakan reaktor jenis *flow fixed-bed* yang dioperasikan pada temperatur 450°C dengan nitrogen sebagai gas pembawa. Keadaan katalis tetap dan uap asap oli dialirkan dari reaktor pengumpan dengan gas nitrogen sebagai gas pembawa dengan kecepatan  $\pm 400$  mL/menit. Susunan alat perengkahan seperti dalam gambar 23.

Prosedur uji aktivitas katalis dilakukan sebagai berikut :

Sampel katalis sebanyak 2 gram dimasukkan ke dalam reaktor perengkah dan sampel oli bekas sebanyak 5 mL dimasukkan ke dalam reaktor umpan. Selanjutnya dilakukan penyusunan alat seperti dalam gambar 23. Kolom reaktor perengkah (tempat katalis dan oli bekas) dipanaskan hingga temperatur 450°C dengan mengatur regulator tegangan dan gas nitrogen dialirkan pelan-pelan dengan kecepatan alir  $\pm 400$  mL/menit, proses perengkahan dilakukan selama 1 jam. Pengukuran kecepatan gas dengan flow-meter. Selama proses perengkahan berlangsung, maka botol penampung produk dan selang dari pipa kaca ulir didinginkan dengan pendingin es dan garam.

Setelah proses perengkahan selesai, botol penampung produk dilepaskan dan produk ditempatkan dalam botol yang bersih untuk dilakukan analisis dengan GC-MS. Kondisi operasi alat GC-MS adalah sebagai berikut :

1. Jenis pengion : EI (Electron Impact) 70 EV
2. Jenis kolom : DB 1 panjang 30 meter
3. Temperatur kolom : 50°C ( 10 menit) s/d 300°C (15 menit)
4. Gas pembawa : Helium 10 Kpa
5. Temperatur detektor : 300°C

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dan pembahasan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil karakterisasi terhadap katalis NZ, H<sub>5</sub>-NZA dan Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-1/H<sub>5</sub>-NZA menunjukkan bahwa perlakuan pengasaman, hidrotermal, dan impregnasi logam kromium menyebabkan penurunan kandungan kation, peningkatan keasaman katalis dan peningkatan luas permukaan spesifik.
2. Secara umum katalis NZ, H<sub>5</sub>-NZA dan Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-1/H<sub>5</sub>-NZA mempunyai aktivitas dan selektivitas yang baik. Senyawa yang terbentuk setelah proses perengkahan adalah C<sub>11</sub>-C<sub>14</sub>.

### 5.2 SARAN

1. Perlu dibandingkan produk hasil perengkahan oli bekas antara gas hidrogen sebagai gas pembawa dengan gas nitrogen sebagai gas pembawa.
2. Perlu dibandingkan produk hasil perengkahan pada temperatur yang lebih tinggi dari 450°C untuk memperoleh fraksi minyak bumi yang lebih pendek.
3. Perlu dilakukan perengkahan oli bekas dengan katalis Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-3/H<sub>5</sub>-NZA dan Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-5/H<sub>5</sub>-NZA pada kondisi yang sama.



## DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, C., 1996, *Sintesis Zeolit Pentasil sebagai Katalis Konversi Metanol-Hidrokarbon*, BPPS UGM, Yogyakarta.
- Ato'urohman, 2003, *Preparasi Katalis NiO Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Zeolit dan Uji Katalisnya pada Perengkahan Pelumas Bekas Refining menjadi Fraksi Bahan Bakar*, Skripsi UNEJ, Jember.
- Bell, A. T., 1987, Support and Metal-Support Interaction in Catalyst Design, dalam *Catalyst Design : Progress and Perspectives*, John Wiley and Sons, Inc., USA.
- Boudart, M., Bell., 1987, *Catalyst Design*, Edisi I, Awiley-Interscience Publication, New York
- Champbell, Ian. M., 1988, *Catalysis at Surfaces*, Chapman and Hall Ltd., New York.
- Christian, D. and Gary, 1994, *Analitycal Chemistry*, John Wiley and Sons Inc., New York.
- Gates, B. C; Katzer, J. R., and G. C. Schuit, 1992, *Chemistry of Catalytic Processes*, First Edition, Mc Graw-Hill Book Company, New York.
- Hamdan. H., 1992, *Introduction to Zeolites : Synthesis, Characterization and Modification*, University Teknologi Malaysia, Malaysia.
- Hartomo, Anton. J., 1991, *Lekuk Liuk-Liku : Pelumas*, Andi Offset, Yogyakarta.
- Keenan and Kleinfelter, 1996, *Ilmu Kimia untuk Universitas*, edisi keenam jilid I, terjemahan A. H. Pudjaatmaka, PhD., Erlangga, Jakarta.
- Khopkar, S. M., 1990, *Konsep Dasar Kimia Analitik*, Universitas Indonesia Press, Jakarta.
- Larsen, Robert. G., 1992, *Encyclopedia of Science and Technology-7<sup>th</sup> ed.*, Mc. Graw-Hill, New York, vol. 10.
- Logan, S. R., 1996, *Fundamentals of Chemical Kinetics*, Longman Group Ltd., London.
- Lowell, S. and J. E. Shields, 1984, *Powder Surface Area and Porosity*, Edisi II, Chapman and Hall, New York.

- Nair, H. M. and E. J. Bonelli, 1988, *Dasar Kromatografi Gas*, Institute Teknologi Bandung, Bandung.
- Nurhadi, M., 1999, *Pembuatan dan Karakterisasi Katalis Kromium Zeolit Alam untuk Perengkahan Fraksi Minyak Bumi*, Tesis Pasca Sarjana UGM, Yogyakarta.
- Othrier, Kirk., 1981, *Encyclopedia of Chemical Technology-7<sup>th</sup> ed.*, John Wiley and Sons, New York, vol. 15, hal. 995.
- Petrucci, 1994, *Kimia Dasar : Prinsip dan Terapan Modern*, jilid II, edisi keempat, terjemahan : Suminra Achmad, Erlangga, Jakarta.
- Saputro, Uji., 2002, *Preparasi Katalis  $Cr_2O_3$ /Zeolit sebagai Perengkah (Cracking) Oli Bekas pada temperatur  $350^{\circ}C$* , Skripsi UNEJ, Jember.
- Satterfield, Charles. N., 1980, *Heterogenous Catalysis in Practices*, Mc. Graw-Hill Book Co., New York.
- Setiaji, B., 1990, *Penentuan Keasaman Permukaan Padatan dengan Cara Termal Analisis*, Berkala Ilmiah LIPI, Jakarta.
- Setyawan, P. H. D., 2001, *Modifikasi Zeolit Alam dan Karakterisasinya sebagai Katalis Perengkahan Asap Cair Kayu Bengkirai*, Tesis Pasca Sarjana UGM, Yogyakarta.
- Skoog, D. A., 1993, *Analytical Chemistry An Introduction International Edition*, 6<sup>th</sup> Ed, Saunders College Publishing.
- Smith, J. M., 1956, *Chemical Engineering Kinetics*, Mc. Graw-Hill Book Co., Inc., New York.
- Somorji, G. A., 1987, *The Building of Catalyst : A Molecular Surface Science Approach*, dalam *Catalyst Design : Progress and Perspectives*, John Wiley and Sons, Inc., USA.
- Speight, J. G., 1992, *Petroleum Product*, *Encyclopedia of Science and Technology-7<sup>th</sup> ed.*, Mc. Graw-Hill, New York.
- Sutarti, M. dan M. Rachmawati., 1994, *Zeolit : Tinjauan Literatur*, Pusat Dokumentasi dan Informasi LIPI, Jakarta.

Trisunaryati, W., Shiba, R., Miura, M., Nomura, M., Nishiyama, M., and M. Matsukata., 1996, *Characterization and Modification of Indonesian Natural Zeolites and Their Properties for Hydrocracking of Paraffin*, Journal of The Japan Petroleum Institute, Volume 39, hal 20-25.

Zainuddin, 1988, *Kursus Instrumental Atomic Absorption Spectrofotometer (paket A)*, Fakultas Farmasi UNAIR, Surabaya.

Lampiran 1. Data Standar Atomic Absorption Spectroscopy Logam Na, K, Ca dan Fe

Tabel 5. Data Perbandingan Konsentrasi Standar dan Absorbansi dari Logam Na

Konsentrasi	0,00	0,05	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00
Absorban	0,000	0,001	0,003	0,019	0,024	0,035	0,040

Persamaan yang diperoleh :  $y = mx + c$

$$= 0,02x + 2,29 \cdot 10^{-3} \text{ dengan } R^2 = 0,98$$

Tabel 6. Data Perbandingan Konsentrasi Standar dan Absorbansi dari Logam K

Konsentrasi	0,00	0,05	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00
Absorban	0,000	0,001	0,001	0,002	0,003	0,006	0,009

Persamaan yang diperoleh :  $y = mx + c$

$$= 4,2 \cdot 10^{-3}x + 1,86 \cdot 10^{-4} \text{ dengan } R^2 = 0,98$$

Tabel 7. Data Perbandingan Konsentrasi Standar dan Absorbansi dari Logam Ca

Konsentrasi	0,00	0,05	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00
Absorban	0,000	0,006	0,013	0,022	0,032	0,041	0,050

Persamaan yang diperoleh :  $y = mx + c$

$$= 0,023x + 6,55 \cdot 10^{-3} \text{ dengan } R^2 = 0,98$$

Tabel 8. Data Perbandingan Konsentrasi Standar dan Absorbansi dari Logam Fe

Konsentrasi	0,00	0,05	0,10	1,00	2,00
Absorban	0,00	0,01	0,15	0,29	0,58

Persamaan yang diperoleh :  $y = mx + c$

$$= 0,270x + 0,04 \text{ dengan } R^2 = 0,98$$



Lampiran 2. Data Absorban dan Konsentrasi Logam Na, K, Ca, Fe, Luas Permukaan Spesifik, Rerata Jejari Pori, Volume Total Pori dalam Sampel Katalis

Tabel 9. Data Absorbansi dan Konsentrasi Logam Na dalam Sampel Katalis

Jenis	Absorban	Faktor Pengenceran	Konsentrasi (ppm)
NZ	0,031	20 x	28,700
H <sub>5</sub> -NZA	0,027	20 x	24,700
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -1/H <sub>5</sub> -NZA	0,026	20 x	13,700

Tabel 10. Data Absorbansi dan Konsentrasi Logam K dalam Sampel Katalis

Jenis	Absorban	Faktor Pengenceran	Konsentrasi (ppm)
NZ	0,06	20 x	297,40
H <sub>5</sub> -NZA	0,04	25 x	247,50
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -1/H <sub>5</sub> -NZA	0,04	25 x	247,50

Tabel 11. Data Absorbansi dan Konsentrasi Logam Ca dalam Sampel Katalis

Jenis	Absorban	Faktor Pengenceran	Konsentrasi (ppm)
NZ	0,008	-	0,063
H <sub>5</sub> -NZA	0,007	-	0,019
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -1/H <sub>5</sub> -NZA	0,009	-	0,063

Tabel 12. Data Absorbansi dan Konsentrasi Logam Fe dalam Sampel Katalis

Jenis	Absorban	Faktor Pengenceran	Konsentrasi (ppm)
NZ	0,091	10 x	1,323
H <sub>5</sub> -NZA	0,287	-	0,895
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -1/H <sub>5</sub> -NZA	0,241	-	0,716

Tabel 13. Data Keasaman Katalis

Jenis	Jumlah asam (mmol)	Keasaman ( $\Sigma$ asam/1 gram)
NZ	0,588	0,588
H <sub>5</sub> -NZA	1,094	1,094
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -1/H <sub>5</sub> -NZA	0,047	0,047

Tabel 14. Data Luas Permukaan Spesifik, Volume Total Pori dan Rerata Jejari Pori

No	Jenis Katalis	Rerata Jari Pori (Angstrom)	VTP (cc/gram)	LPS (m <sup>2</sup> /gram)
1	NZ	21,54	25,55	24,7
2	H <sub>5</sub> -NZA	10,85	85,39	157,4
3	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -1/H <sub>5</sub> -NZA	12,38	67,54	109,1

Tabel 15. Data Distribusi Volume Pori dalam Katalis

Ukuran Pori (Å)	Jenis Katalis		
	NZ	H <sub>5</sub> -NZA	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -1/H <sub>5</sub> -NZA
10-20	10,56	50,29	61,63
21-30	24,72	61,02	61,86
31-40	29,52	57,79	59,19
41-50	11,32	21,02	21,98
51-60	12,65	21,63	23,30
61-70	13,91	22,69	24,08
71-80	-	-	25,57
81-100	15,23	23,55	-
>100	54,93	75,24	84,51

Lampiran 3. Data Lampiran Perhitungan Konsentrasi pada Hasil Analisis Atomic Absorption Spectroscopy

1. Untuk Logam Na

Dari standar diperoleh persamaan  $Y = 0,02x + 2,295 \cdot 10^{-3}$  dengan  $R^2 = 0,978$

- Absorban Katalis NZ = 0,031 maka :  
 $0,031 = 0,02x + 2,295 \cdot 10^{-3}$  maka konsentrasi x diperoleh = 1,435 ppm karena pengenceran 20 x maka konsentrasi awalnya adalah  $1,435 \text{ ppm} \times 20 = 28,705 \text{ ppm}$ .
- Absorban Katalis H<sub>5</sub>-NZA = 0,027 maka :  
 $0,027 = 0,02x + 2,295 \cdot 10^{-3}$  maka konsentrasi x diperoleh = 1,235 ppm karena pengenceran 20 x maka konsentrasi awalnya adalah  $1,235 \text{ ppm} \times 20 = 24,70 \text{ ppm}$ .
- Absorban Katalis Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-1/H<sub>5</sub>-NZA = 0,016 maka :  
 $0,016 = 0,02x + 2,295 \cdot 10^{-3}$  maka konsentrasi x diperoleh = 1,185 ppm karena pengenceran 20 x maka konsentrasi awalnya adalah  $1,185 \text{ ppm} \times 20 = 13,70 \text{ ppm}$ .

2. Untuk Logam K

Dari standar diperoleh persamaan  $Y = 4,02 \cdot 10^{-3}x + 1,86 \cdot 10^{-4}$  dengan  $R^2 = 0,978$ .

- Absorban Katalis NZ = 0,06 maka :  
 $0,06 = 4,02 \cdot 10^{-3}x + 1,86 \cdot 10^{-4}$  maka konsentrasi x diperoleh = 14,87 ppm karena pengenceran 20 x maka konsentrasi awalnya adalah  $14,87 \text{ ppm} \times 20 = 297,59 \text{ ppm}$ .
- Absorban Katalis H<sub>5</sub>-NZA = 0,04 maka :  
 $0,04 = 4,02 \cdot 10^{-3}x + 1,86 \cdot 10^{-4}$  maka konsentrasi x diperoleh = 9,90 ppm karena pengenceran 20 x maka konsentrasi awalnya adalah  $9,90 \text{ ppm} \times 20 = 247,59 \text{ ppm}$ .

- Absorban Katalis  $\text{Cr}_2\text{O}_3\text{-I/H}_5\text{-NZA} = 0,04$  maka :  
 $0,04 = 4,02 \cdot 10^{-3}x + 1,86 \cdot 10^{-4}$  maka konsentrasi  $x$  diperoleh =  
 $9,90$  ppm karena pengenceran  $20 \times$  maka konsentrasi awalnya  
 adalah  $9,90 \text{ ppm} \times 20 = 247,59 \text{ ppm}$ .

### 3. Untuk Logam Ca

Dari standar diperoleh persamaan  $Y = 0,023x + 6,55 \cdot 10^{-3}$  dengan  $R^2 = 0,9775$

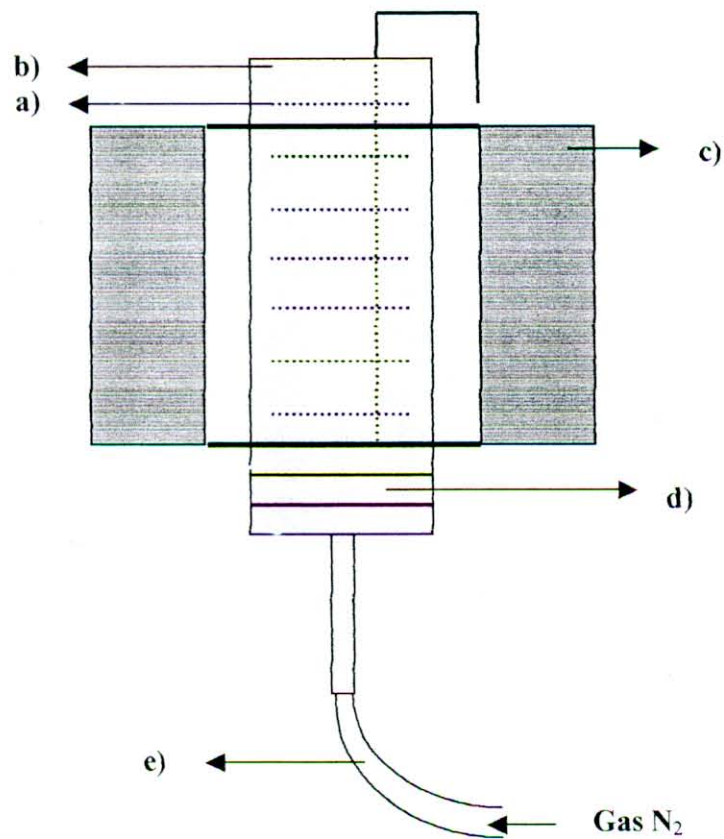
- Absorban Katalis NZ = 0,008 maka :  
 $0,008 = 0,023 x + 6,55 \cdot 10^{-3}$  maka konsentrasi  $x$  diperoleh =  
 $0,0630$  ppm
- Absorban Katalis  $\text{H}_5\text{-NZA} = 0,007$  maka :  
 $0,007 = 0,023 x + 6,55 \cdot 10^{-3}$  maka konsentrasi  $x$  diperoleh =  
 $0,0196$  ppm
- Absorban Katalis  $\text{Cr}_2\text{O}_3\text{-I/H}_5\text{-NZA} = 0,008$  maka :  
 $0,008 = 0,023 x + 6,55 \cdot 10^{-3}$  maka konsentrasi  $x$  diperoleh =  
 $0,0630$  ppm.

### 4. Untuk Logam Fe

Dari standar diperoleh persamaan  $Y = 0,270x + 0,035$  dengan  $R^2 = 0,976$

- Absorban Katalis NZ = 0,091 maka:  
 $0,091 = 0,270x + 0,035$  maka konsentrasi  $x$  diperoleh =  $0,329$  ppm  
 karena pengenceran  $10 \times$  maka konsentrasi awalnya adalah  
 $0,329 \text{ ppm} \times 10 = 1,323 \text{ ppm}$ .
- Absorban Katalis  $\text{H}_5\text{-NZA} = 0,287$  maka:  
 $0,287 = 0,270x + 0,035$  maka konsentrasi  $x$  diperoleh =  $0,8949$  ppm.
- Absorban Katalis  $\text{Cr}_2\text{O}_3\text{-I/H}_5\text{-NZA} = 0,241$  maka:  
 $0,241 = 0,270x + 0,035$  maka konsentrasi  $x$  diperoleh =  $0,7159$  ppm.

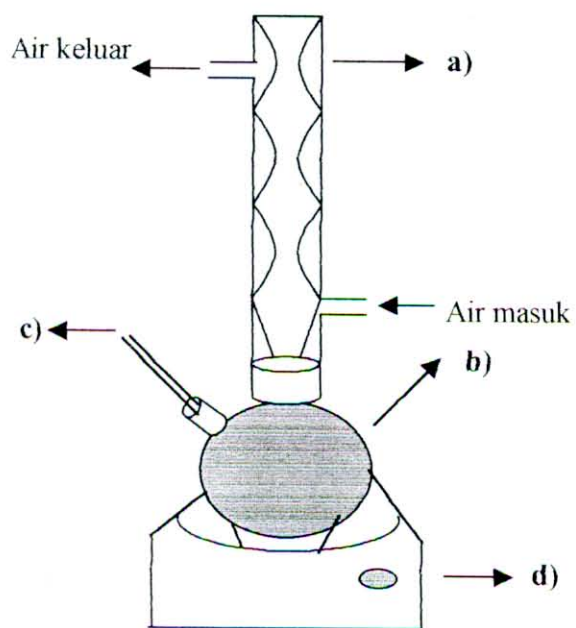
## Lampiran 4. Gambar Alat Penelitian.



Gambar 14. Susunan Alat Kalsinasi dan Oksidasi

Keterangan Gambar :

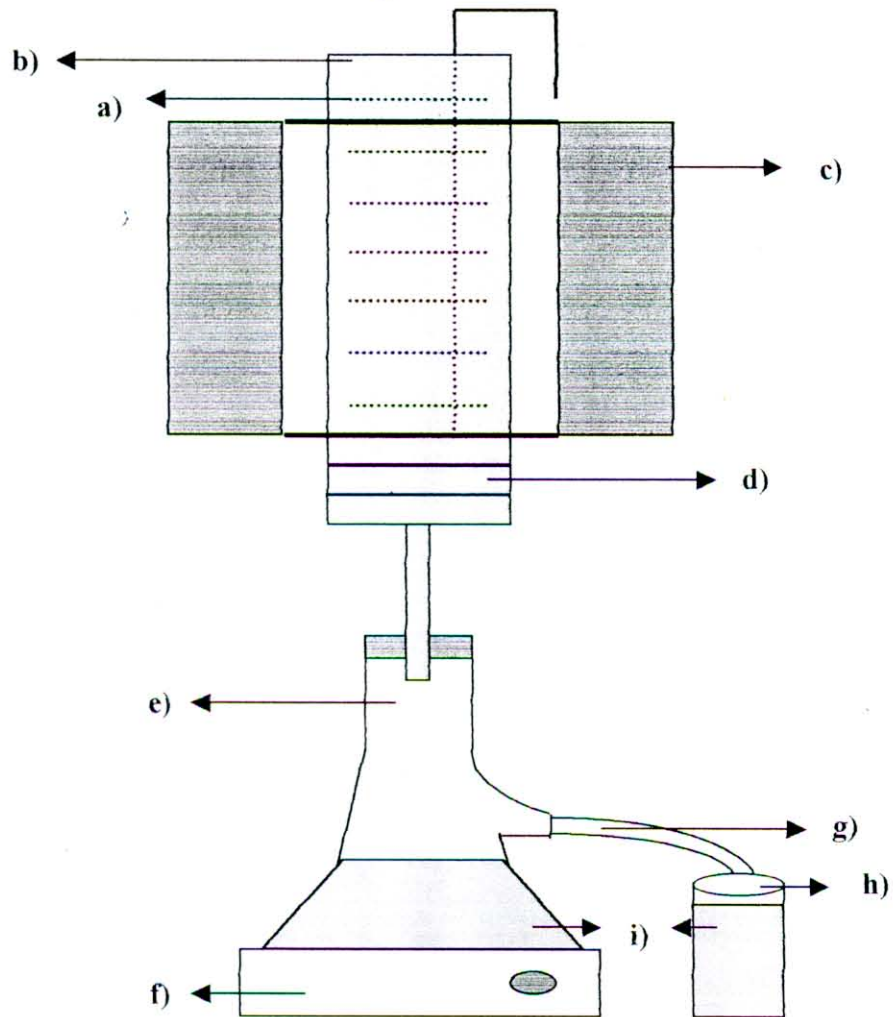
- a) Plat tempat zeolit
- b) Reaktor
- c) Furnace
- d) Glass wool
- e) Selang silikon



Gambar 15. Seperangkat Alat Refluks

Keterangan Gambar :

- a) Kondensor
- b) Labu alas bulat
- c) Termometer
- d) Mantel pemanas

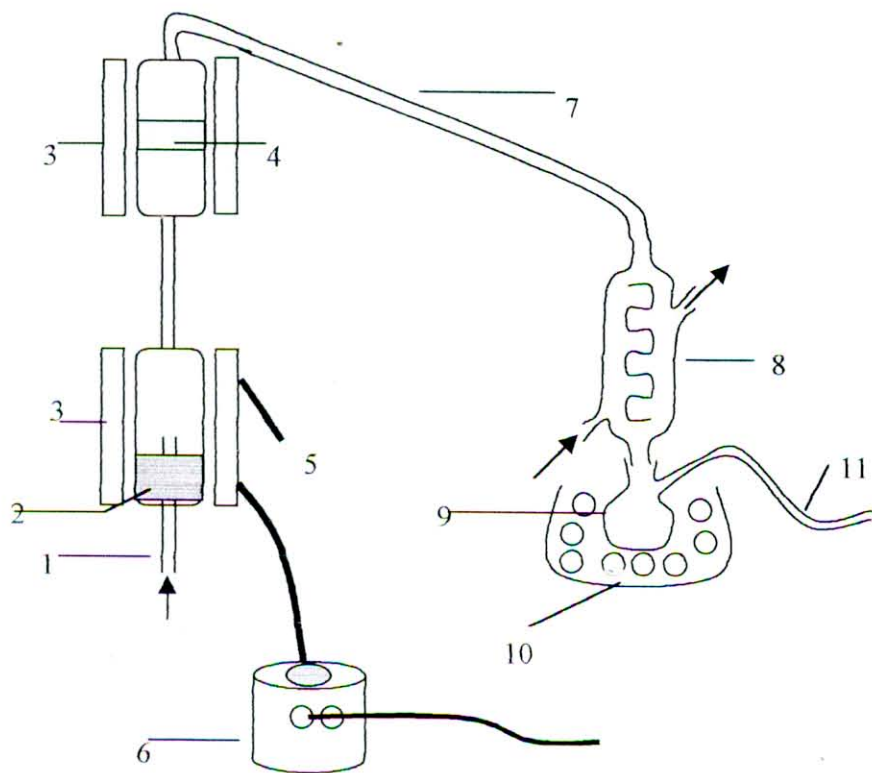


Gambar 16. Susunan Alat Hidrotermal

Keterangan Gambar :

- |                       |                    |
|-----------------------|--------------------|
| a) Plat tempat zeolit | f) Pemanas listrik |
| b) Reaktor            | g) Selang silikon  |
| c) Furnace            | h) Beaker gelas    |
| d) Glass wool         | i) Air             |
| e) Erlenmeyer         |                    |





Gambar 17. Susunan Alat Proses Perengkahan

Keterangan Gambar :

1. Saluran gas pembawa
2. Reaktor pengumpan (oli)
3. Furnace
4. Tempat katalis
5. Detektor suhu (termokopel)
6. Slide regulator
7. Selang silikon
8. Kondensor (pendingin)
9. Wadah penampung produk
10. Es batu dan garam
11. Selang pembuangan gas

## Lampiran 5

## DAFTAR ISTILAH

1. **Chemisorpsi** : Peristiwa interaksi orbital molekul pada permukaan padatan dengan molekul reaktan dan bersifat irreversibel.
2. **Cracking (perengkahan)** : Proses pemutusan ikatan C-C dari rantai yang panjang menjadi rantai C yang pendek dengan pemberian termal yang tinggi.
3. **Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-I/H<sub>5</sub>-NZA** : Katalis zeolit alam setelah proses pengasaman dilanjutkan hidrotermal selama 5 jam dan diimpregnasi dengan kromium oksida dengan konsentrasi 1%.
4. **Dealuminasi** : Proses pelepasan Al dari struktur zeolit.
5. **Feed** : Macam reaktan yang digunakan untuk proses katalitik.
6. **Fisorpsi** : Peristiwa interaksi gaya molekuler (interaksi antara molekul gas dengan permukaan padatan yang bersifat reversibel).
7. **Flow fixed bed** : Proses perengkahan dengan dialiri gas pembawa (nitrogen).
8. **Foulant** : Pengotor yang terdapat dalam katalis.
9. **Fouling** : Peristiwa terjadinya pengotoran pada katalis yang disebabkan pengendapan dan teradsorpsinya kotoran secara fisik maupun kimia.
10. **Hidrotermal** : Proses pengaliran uap air pada temperatur kalsinasi.
11. **H<sub>5</sub>-NZA** : Katalis zeolit alam setelah proses pengasaman dilanjutkan hidrotermal selama 5 jam.
12. **Impregnasi** : Proses penyisipan logam dalam suatu padatan.
13. **Ion exchange** : Peristiwa pertukaran ion dalam suatu padatan.
14. **Kalsinasi** : Proses perlakuan termal disertai dengan pengaliran gas nitrogen.
15. **NZ** : Katalis zeolit alam.
16. **NZA** : Katalis zeolit alam setelah proses pengasaman.
17. **Oksidasi** : Proses perlakuan termal disertai pengaliran gas O<sub>2</sub>.
18. **Sintering** : Peristiwa penggumpalan pada permukaan katalis disebabkan temperatur yang sangat tinggi.

Quantachrome Corporation  
NOVA Data Analysis Package Ver 2.00  
File Name = zeolit-a.dat

User ID	=	User Setup	= 3
Sample Id	= Zeo Alar	Sample Cell Number	= 2
Sample Weight	= 0.1740 g	Sample Volume	= 0.1740 cc
Sample Density	= 1.0000 g/cc		
Po Type	= User	Po	= 752.73 mm Hg
Adsorbate	= N2	Bath Temperature	= 77.40 deg K
Adsorption Tolerance	= 0.1000 mm Hg	Desorption Tolerance	= 0.0000 mm Hg
Adsorption Equil Time	= 60 sec	Desorption Equil Time	= 0 sec
Adsorption Dwell Time	= 180 sec	Desorption Dwell Time	= 0 sec
Analysis Start Time	= Wed Aug 07 10:20:30 2002	Analysis End Time	= Wed Aug 07 11:26:32 2002

Multi BET (Adsorption)	
P/Po	BET Transform (1/(W[Po/P - 1]))
0.091484	13.507280
0.146892	20.846286
0.198850	28.162899
0.249421	35.772510
Slope	= 140.876788
Intercept	= 0.389109
Correlation Coefficient	= 0.999587
BET C	= 363.049311
Surface Area	= 4.290471 sq m
Specific Surface Area	= 24.652210 sq m/g

Quantachrome Corporation  
NOVA Data Analysis Package Ver. 2.00  
File Name: Zeolita.dat

User ID	=	User Setup	= 3
Sample ID	= Zeo Alam	Sample Cell Number	= 2
Sample Weight	= 0.1740 g	Sample Volume	= 0.1740 cc
Sample Density	= 1.0000 g/cc		
Po Type	= User	Po	= 752.73 mm Hg
Adsorbate	= N2	Bath Temperature	= 77.40 deg K
Adsorption Tolerance	= 0.1000 mm Hg	Desorption Tolerance	= 0.0000 mm Hg
Adsorption Equil Time	= 60 sec	Desorption Equil Time	= 0 sec
Adsorption Dwell Time	= 180 sec	Desorption Dwell Time	= 0 sec
Analysis Start Time	= Wed Aug 07 10:20:30 2002	Analysis End Time	= Wed Aug 07 11:26:32 2002

Pore Radius (Ang)	BJH (Adsorption)	
	Cumulative Pore Area (sq m/g e-03)	Cumulative Pore Volume (cc/g e-03)
502.362821	11173.401991	20.032175
178.027319	11102.898732	18.261264
112.830881	10920.392420	16.636709
83.057628	10671.151958	15.230608
65.034866	10355.244824	13.918683
52.380688	9963.746106	12.645630
44.773772	9458.909196	11.323444
39.500452	9189.469200	10.720252
34.890490	8638.153815	9.621517
31.672962	8379.569486	9.179133
28.530980	7764.103949	8.204452
26.014364	6408.376094	6.270440
23.835623	5819.632589	5.504650
21.933519	5179.285442	4.741497
20.236477	4418.735071	3.907419
18.698295	3556.727710	3.035220
17.213838	2885.509963	1.940231
16.091614	1360.056009	1.057631
15.187315	819.435701	0.615417

Total Pore Volume is 26.554536 e-03 cc/g for  
all pores less than 754.411240 Angstrom.

Average pore radius is 21.543332 Angstrom.

Quantachrome Corporation  
NOVA Data Analysis Package Ver. 2.00  
File Name = zaah.dat

User ID	=	User Setup	= 3
Sample ID	= Zaah	Sample Cell Number	= 2
Sample Weight	= 0.2200 g	Sample Volume	= 0.2200 cc
Sample Density	= 1.0000 g/cc		
Po Type	= User	Po	= 754.88 mm Hg
Adsorbate	= N2	Bath Temperature	= 77.40 deg K
Adsorption Tolerance	= 0.1000 mm Hg	Desorption Tolerance	= 0.0000 mm Hg
Adsorption Equil Time	= 60 sec	Desorption Equil Time	= 0 sec
Adsorption Dwell Time	= 180 sec	Desorption Dwell Time	= 0 sec
Analysis Start Time	= Mon Aug 12 10:04:04 2002	Analysis End Time	= Mon Aug 12 11:37:28 2002

## Multi BET (Adsorption)

P/Po	BET Transform (1/(W{Po/P - 1}))
0.102847	2.319474
0.144606	3.183006
0.194474	4.341422
Slope	= 22.104392
Intercept	= 0.025125
Correlation Coefficient	= 0.999457
BET C	= 880.790813
Surface Area	= 34.620401 sq m
Specific Surface Area	= 157.369753 sq m/g

Quantachrome Corporation  
NOVA Data Analysis Package Ver: 2.00  
File Name = zaah.dat

User ID	=	User Setup	= 3
Sample ID	= Zaah	Sample Cell Number	= 2
Sample Weight	= 0.2200 g	Sample Volume	= 0.2200 cc
Sample Density	= 1.0000 g/cc		
Po Type	= User	Po	= 754.88 mm Hg
Adsorbate	= N2	Bath Temperature	= 77.40 deg K
Adsorption Tolerance	= 0.1000 mm Hg	Desorption Tolerance	= 0.0000 mm Hg
Adsorption Equil Time	= 60 sec	Desorption Equil Time	= 0 sec
Adsorption Dwell Time	= 180 sec	Desorption Dwell Time	= 0 sec
Analysis Start Time	= Mon Aug 12 10:04:04 2002	Analysis End Time	= Mon Aug 12 11:37:28 2002

Pore Radius (Ang)	BJH (Adsorption)	
	Cummulative Pore Area (sq m/g e-03)	Cummulative Pore Volume (cc/g e-03)
509.977052	22611.351472	25.896296
163.236096	22575.128074	24.972641
114.088132	22501.301367	24.370082
82.168120	22358.438039	23.555131
63.055523	22146.635632	22.684961
52.119135	21812.226847	21.630645
45.148485	21578.813464	21.022380
39.329310	21103.500265	19.949396
35.443859	20784.694574	19.322476
31.483298	20330.065795	18.516786
28.298324	19685.784427	17.502581
25.812917	18929.755009	16.432862
23.745031	17497.800780	14.584717
21.902665	15745.015649	12.503720
20.214077	14706.787311	11.366721
18.733326	13471.238946	10.117948
17.412054	12009.873129	8.749136
16.213791	10487.006989	7.423325
15.091677	8651.167949	5.935029
13.971781	6528.364457	4.333196
12.747698	5716.222910	2.368664

Total Pore Volume is 85.391101 e-03 cc/g for all pores less than 801.899956 Angstrom.

Average pore radius is 10.852289 Angstrom.

Quantachrome Corporation  
 NOVA Data Analysis Package Ver. 2.00  
 File Name = zaahcr.d.d

User ID	= 1	User Setup	= 3
Sample ID	= Zaa H Cr 1 %	Sample Cell Number	= 4
Sample Weight	= 0.1588 g	Sample Volume	= 0.1588 cc
Sample Density	= 1.0000 g/cc		
Po Type	= User	Po	= 751.74 mm Hg
Adsorbate	= N2	Bath Temperature	= 77.40 deg K
Adsorption Tolerance	= 0.1000 mm Hg	Desorption Tolerance	= 0.0000 mm Hg
Adsorption Equil Time	= 60 sec	Desorption Equil Time	= 0 sec
Adsorption Dwell Time	= 180 sec	Desorption Dwell Time	= 0 sec
Analysis Start Time	= Wed Aug 07 11:46:40 2002	Analysis End Time	= Wed Aug 07 13:21:41 2002

## Multi BET (Adsorption)

P/Po	BET Transform (1/(W[Po/P - 1]))
0.096145	3.115139
0.145219	4.549737
0.197117	6.335951
Slope	= 31.922277
Intercept	= 0.001170
Correlation Coefficient	= 0.998905
BET C	= 27287.551848
Surface Area	= 17.322340 sq m
Specific Surface Area	= 109.089615 sq m/g

Quantachrome Corporation  
Data Analysis Package Ver 2.00  
File Name = Zaaacr.dat

User ID	=	User Setup	= 3
Sample ID	= Zaa H Cr 1 %	Sample Cell Number	= 4
Sample Weight	= 0.1588 g	Sample Volume	= 0.1588 cc
Sample Density	= 1.0000 g/cc		
Po Type	= User	Po	= 751.74 mm Hg
Adsorbate	= N2	Bath Temperature	= 77.40 deg K
Adsorption Tolerance	= 0.1000 mm Hg	Desorption Tolerance	= 0.0000 mm Hg
Adsorption Equil Time	= 60 sec	Desorption Equil Time	= 0 sec
Adsorption Dwell Time	= 180 sec	Desorption Dwell Time	= 0 sec
Analysis Start Time	= Wed Aug 07 11:46:40 2002	Analysis End Time	= Wed Aug 07 13:21:41 2002

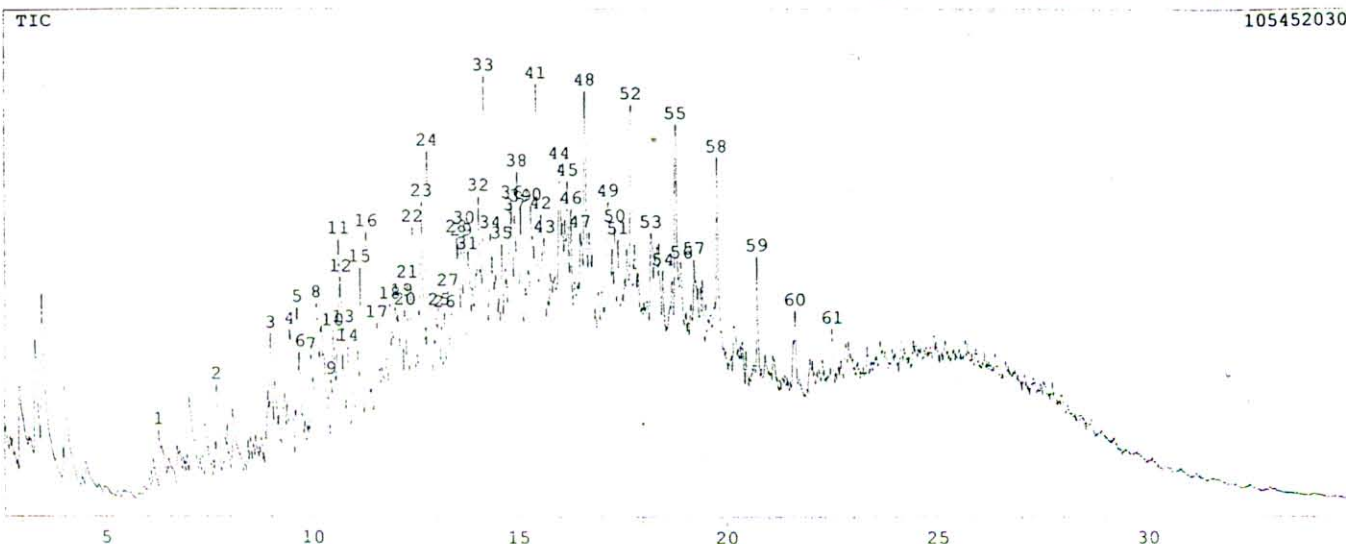
Pore Radius (Ang)	BJH (Adsorption)	
	Cummulative Pore Area (sq m/g e-03)	Cummulative Pore Volume (cc/g e-03)
528.654349	24629.972306	29.646403
163.630365	24563.866947	27.899058
113.937068	24449.057801	26.959745
79.857818	24205.338760	25.571314
63.075557	23830.821731	24.075908
52.934974	23585.900455	23.303481
44.812326	23085.850971	21.979975
39.267965	22711.248683	21.140635
34.799148	22059.994146	19.861963
31.521911	21100.245517	18.192042
28.073377	20292.704114	16.919279
25.564221	19538.043093	15.859985
23.494579	18980.000403	15.146689
21.675404	17944.275805	13.929993
20.233306	17485.157025	13.432414
18.534303	16627.637063	12.564891
17.265412	14828.472923	10.897578
16.280174	13477.176652	9.731044
15.163662	10884.671028	7.620721
14.059621	7097.321687	4.749270
12.885830	4090.361630	2.635385

Total Pore Volume is 67.547494 e-03 cc/g for  
all pores less than 838.962564 Angstrom.

Average pore radius is 12.383854 Angstrom.



Data : HERU2.D01 03/01/09 11:12:58  
 Sample : CPACKING OLI (ZA), HERU TRIYONO  
 Operator : POY  
 Method File Name : HERU.MET



\*\*\*\* Peak Report \*\*\*\*

PKNO	R.Time	I.Time	F.Time	Area	Height	A/H(sec)	MK	Total	Name
1	6.300	6.283	7.675	443101038	11780665	37.613		2.30	
2	7.692	7.675	8.975	449170542	17226204	26.075	V	2.33	
3	8.992	8.975	9.067	105263141	28276894	3.723	V	0.55	
4	9.447	9.067	9.567	386156888	28538292	13.531	V	2.00	
5	9.630	9.567	9.667	126384949	32972376	3.894	V	0.67	
6	9.692	9.667	9.742	74675422	21720351	3.438	V	0.39	
7	9.958	9.742	10.067	223789593	22605288	9.900	V	1.16	
8	10.083	10.067	10.425	437885150	32418623	13.507	V	2.27	
9	10.442	10.425	10.467	37792950	16853313	2.242	V	0.20	
10	10.483	10.467	10.575	138685468	26658768	5.202	V	0.72	
11	10.629	10.575	10.658	163999547	45719568	3.587	V	0.85	
12	10.675	10.658	10.725	120245074	37898931	3.173	V	0.62	
13	10.740	10.725	10.800	90995486	27271133	3.337	V	0.47	
14	10.843	10.800	10.917	102231735	23214777	4.404	V	0.53	
15	11.139	10.917	11.233	329782705	39332297	8.385	V	1.71	
16	11.292	11.233	11.383	224386339	46390765	4.837	V	1.16	
17	11.542	11.383	11.825	429840045	25921827	16.582	V	2.23	
18	11.859	11.825	11.892	98048017	30765064	3.187	V	0.51	
19	12.150	11.892	12.200	477268253	30692536	15.550	V	2.48	
20	12.233	12.200	12.267	96331563	27552310	3.496	V	0.50	
21	12.292	12.267	12.333	104575222	34543689	3.027	V	0.54	
22	12.413	12.333	12.500	291191287	45818913	6.355	V	1.51	
23	12.643	12.500	12.708	376411180	50826453	7.406	V	1.95	
24	12.780	12.708	12.908	351258830	61009769	5.757	V	1.82	
25	13.067	12.908	13.100	261464085	26718558	9.786	V	1.36	
26	13.192	13.100	13.250	187002099	26071120	7.173	V	0.97	
27	13.287	13.250	13.333	128138588	31497353	4.068	V	0.66	
28	13.504	13.333	13.592	457731091	42174724	10.853	V	2.38	
29	13.617	13.592	13.658	141523399	41352171	3.422	V	0.73	
30	13.683	13.658	13.742	165487643	43810501	3.777	V	0.86	
31	13.767	13.742	14.017	525238186	36349156	14.450	V	2.73	
32	14.035	14.017	14.083	167146463	50084239	3.337	V	0.87	
33	14.168	14.083	14.275	492097858	74914792	6.569	V	2.55	
34	14.329	14.275	14.367	200693882	41996056	4.779	V	1.04	
35	14.604	14.367	14.642	506203548	39471630	12.824	V	2.63	
36	14.846	14.642	14.892	538572274	47607071	11.313	V	2.79	
37	14.917	14.892	14.958	162789333	44700935	3.642	V	0.84	
38	14.981	14.958	15.033	192717310	54016383	3.568	V	1.00	
39	15.067	15.033	15.133	202402472	46624429	4.341	V	1.05	
40	15.319	15.133	15.367	464278134	46524865	9.979	V	2.41	
41	15.443	15.367	15.508	407932576	71647894	5.694	V	2.12	
42	15.562	15.508	15.592	183746785	44501840	4.129	V	0.95	
43	15.650	15.592	15.692	200821553	37883085	5.301	V	1.04	
44	16.015	15.692	16.058	724110411	54225055	13.354	V	3.76	
45	16.200	16.058	16.258	480599334	50500355	9.517	V	2.49	
46	16.285	16.258	16.333	155338714	44609370	3.482	V	0.81	
47	16.508	16.333	16.583	464084416	37730952	12.300	V	2.41	
48	16.628	16.583	16.700	330124233	68513430	4.818	V	1.71	
49	17.193	16.700	17.275	1015517403	44831961	22.652	V	5.27	
50	17.347	17.275	17.400	238473727	39356242	6.059	V	1.24	
51	17.426	17.400	17.475	134322797	36673395	3.663	V	0.70	
52	17.752	17.475	17.808	658393530	64119549	10.268	V	3.42	
53	18.227	17.808	18.458	1058689371	36970927	28.636	V	5.49	
54	18.508	18.458	18.550	125696819	28864509	4.355	V	0.65	
55	18.813	18.550	18.883	537109814	58699599	9.150	V	2.79	
56	18.942	18.883	19.000	167633154	28539656	5.874	V	0.87	
57	19.242	19.000	19.500	610234576	30228190	20.188	V	3.17	
58	19.802	19.500	19.892	501451051	50545150	9.921	V	2.60	
59	20.749	19.892	20.808	476352804	28730793	16.580	V	2.47	
60	21.645	20.808	21.708	218513556	16324676	13.385	V	1.13	
61	22.533	21.708	22.583	105448222	10410595	10.129	V	0.55	

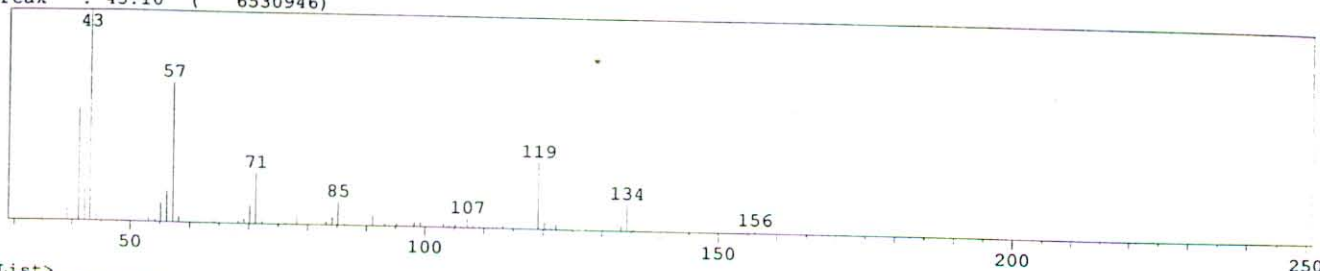
Total

19269573634

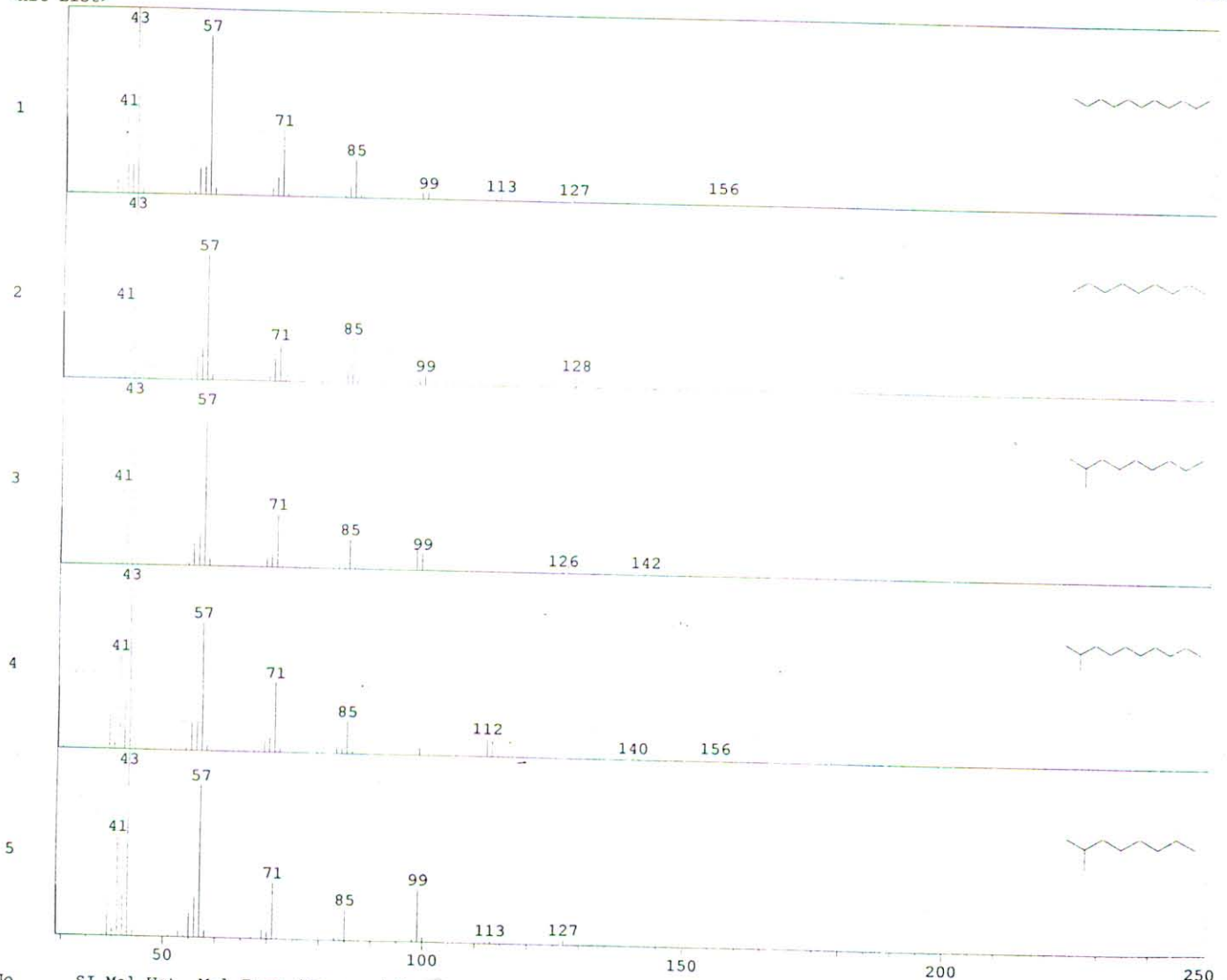
100.00

## &lt;Unknown Spectrum&gt;

Data : HERU2.D01  
 Mass Peak # : 47 Ret. Time : 9.633  
 Scan # : 917 B.G. Scan # : 878  
 Base Peak : 43.10 ( 6530946)



## &lt;Hit List&gt;



No	SI	Mol. Wgt.	Mol. Form./Compound Name	CAS No.	Entry	LIB#
1	86	156	C <sub>11</sub> H <sub>24</sub> Undecane \$\$ n-Undecane \$\$ Hendecane \$\$	1120-21-4	11611	1
2	85	128	C <sub>9</sub> H <sub>20</sub> Nonane \$\$ n-Nonane \$\$ Shellsol 140 \$\$	n-C <sub>11</sub> H <sub>24</sub> \$\$ UN 2330 111-84-2	5163	1
3	84	142	C <sub>10</sub> H <sub>22</sub> Nonane, 2-methyl- \$\$ 2-Methylnonane	n-C <sub>9</sub> H <sub>20</sub> \$\$ UN 1920 871-83-0	8093	1
4	84	156	C <sub>11</sub> H <sub>24</sub> Decane, 2-methyl- \$\$ 2-Methyldecane \$\$	6975-98-0	11614	1
5	84	142	C <sub>10</sub> H <sub>22</sub> Octane, 2,7-dimethyl- \$\$ Diisoamyl \$\$ Diisopentyl \$\$ 2,7-Dimethyloctane	n-C <sub>8</sub> H <sub>17</sub> CH(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 1072-16-8	8078	1

Library Name

(1) NIST62.LIB

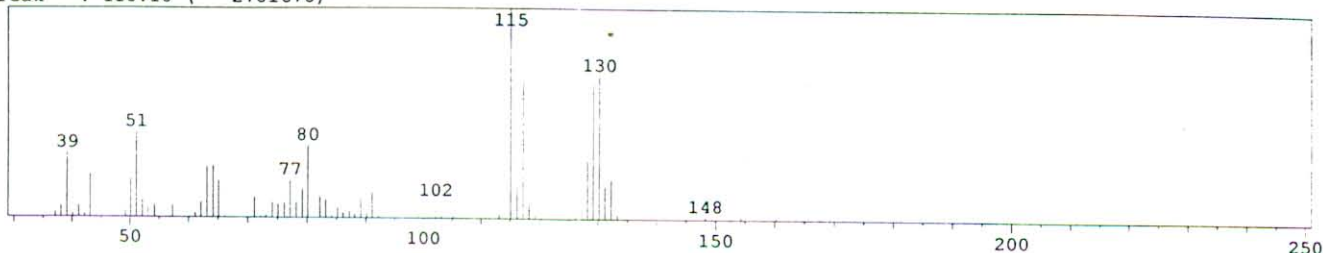
## &lt;Unknown Spectrum&gt;

Data : HERU2.D01

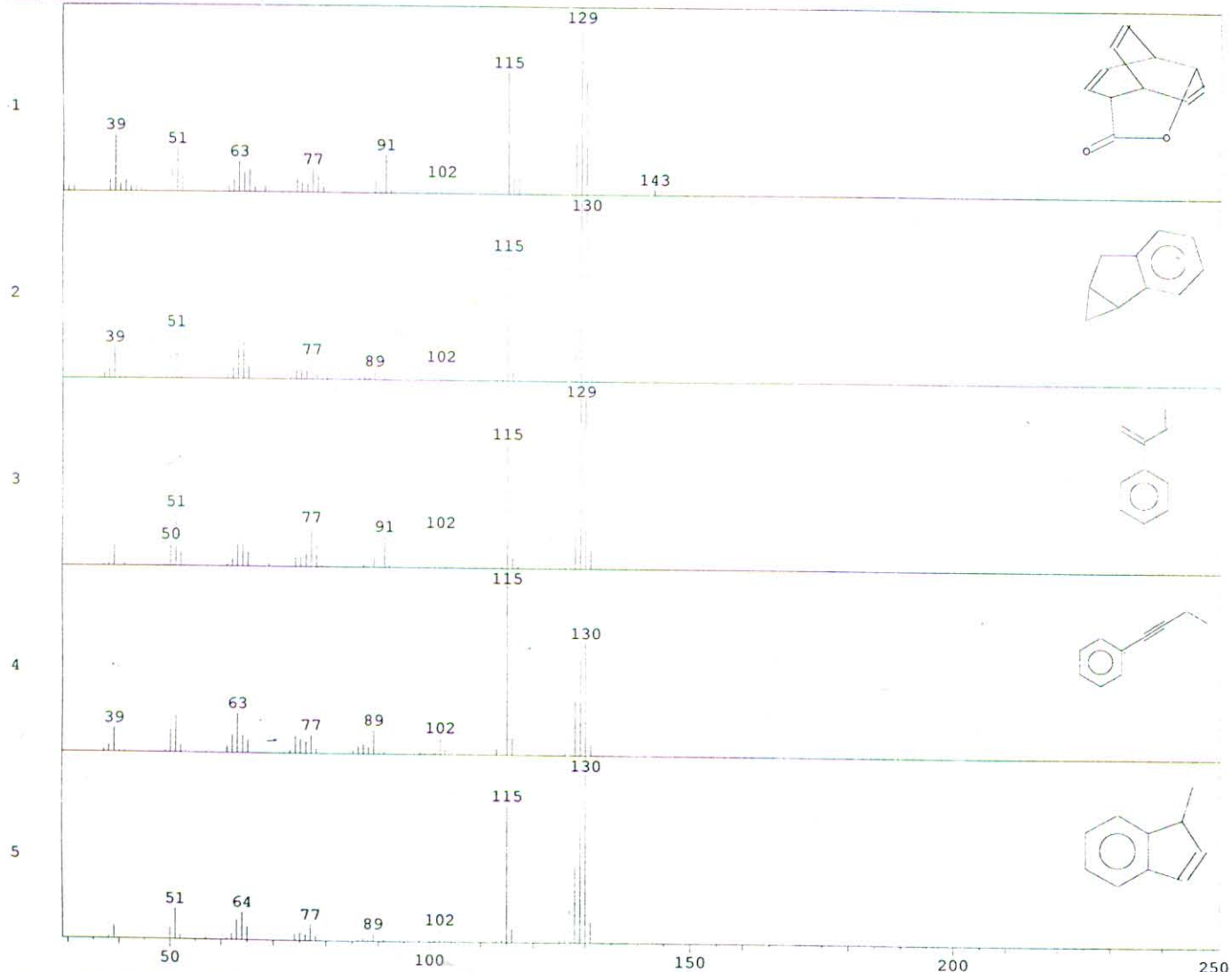
Mass Peak # : 67 Ret. Time : 10.083

Scan # : 971 B.G. Scan # : 1001

Base Peak : 115.10 ( 2781670)



## &lt;Hit List&gt;



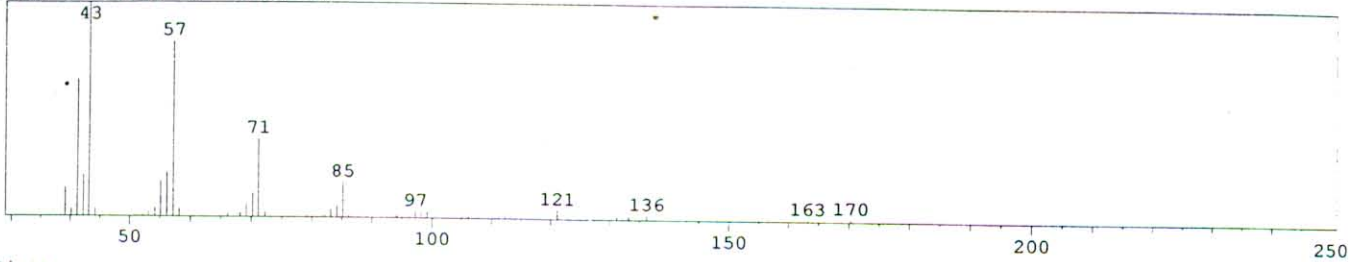
No	SI	Mol. Wgt.	Mol. Form./Compound Name	CAS No.	Entry	LIB#
1	78	174	C <sub>11</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub> 2-Oxatricyclo 5.5.0.04,10 dodeca-5,8,11-trien-3-one	56909-26-3	16291	1
2	78	130	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> Cycloprop a indene, 1,1a,6,6a-tetrahydro- \$\$ 1,1a,6,6a-Tetrahydrocycloprop a indene	15677-15-3	5579	1
3	78	130	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> Benzene, (1-methylene-2-propenyl)- \$\$ 1,3-Butadiene, 2-phenyl- \$\$ Phenoprene \$\$ 2-Phe	2288-18-8	5571	1
4	77	130	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> Benzene, 1-butynyl- \$\$ 1-Butyne, 1-phenyl- \$\$ 1-Butynylbenzene \$\$ Ethylphenylacetylen	622-76-4	5577	1
5	76	130	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> 1H-Indene, 1-methyl- \$\$ Indene, 1-methyl- \$\$ .alpha.-Methylindene \$\$ 1-Methylindene	767-59-9	5574	1

Library Name

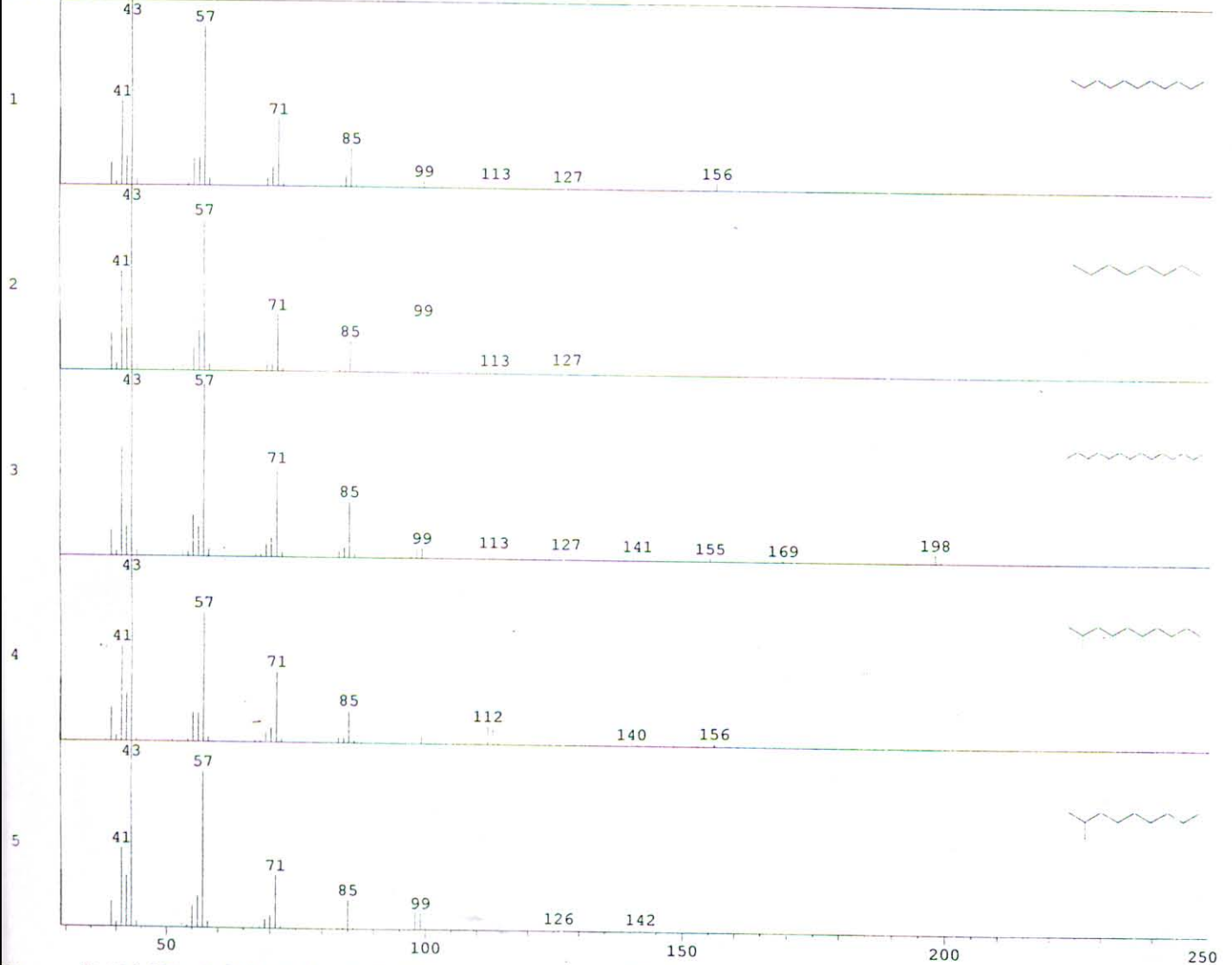
(1) NIST62.LIB

<Unknown Spectrum>

Data : HERU2.D01  
 Mass Peak # : 47 Ret. Time : 11.292  
 Scan # : 1116 B.G. Scan # : 1135  
 Base Peak : 43.10 ( 8433373)



<Hit List>



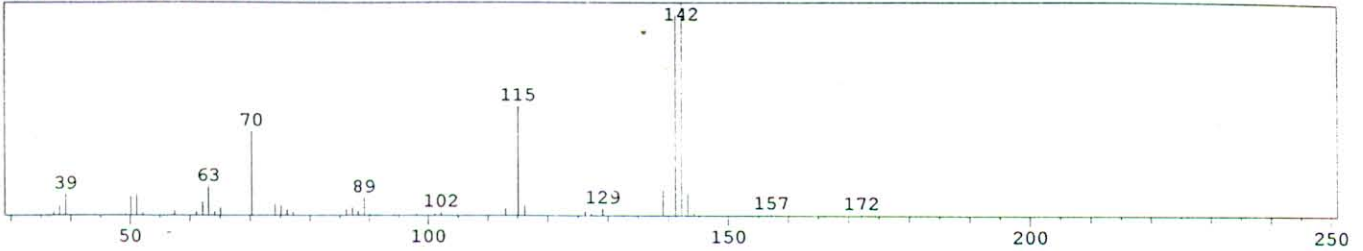
No	SI	Mol. Wgt.	Mol. Form./Compound Name	CAS No.	Entrv	LIB#
1	94	156	C <sub>11</sub> H <sub>24</sub> Undecane \$\$ n-Undecane \$\$ Hendecane \$\$ n-C <sub>11</sub> H <sub>24</sub> \$\$ UN	1120-21-4	11611	1
2	92	142	C <sub>10</sub> H <sub>22</sub> Octane, 2,7-dimethyl- \$\$ Diisoamyl \$\$ Diisopentyl \$\$ 2,7-Dimethyloctane	1072-16-8	8078	1
3	92	198	C <sub>14</sub> H <sub>30</sub> Tetradecane \$\$ n-Tetradecane \$\$ Isotetradecane	629-59-4	22534	1
4	92	156	C <sub>11</sub> H <sub>24</sub> Decane, 2-methyl- \$\$ 2-Methyldecane \$\$ n-C <sub>8</sub> H <sub>17</sub> CH(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	6975-98-0	11614	1
5	92	142	C <sub>10</sub> H <sub>22</sub> Nonane, 2-methyl- \$\$ 2-Methylnonane	871-83-0	8093	1

Library Name

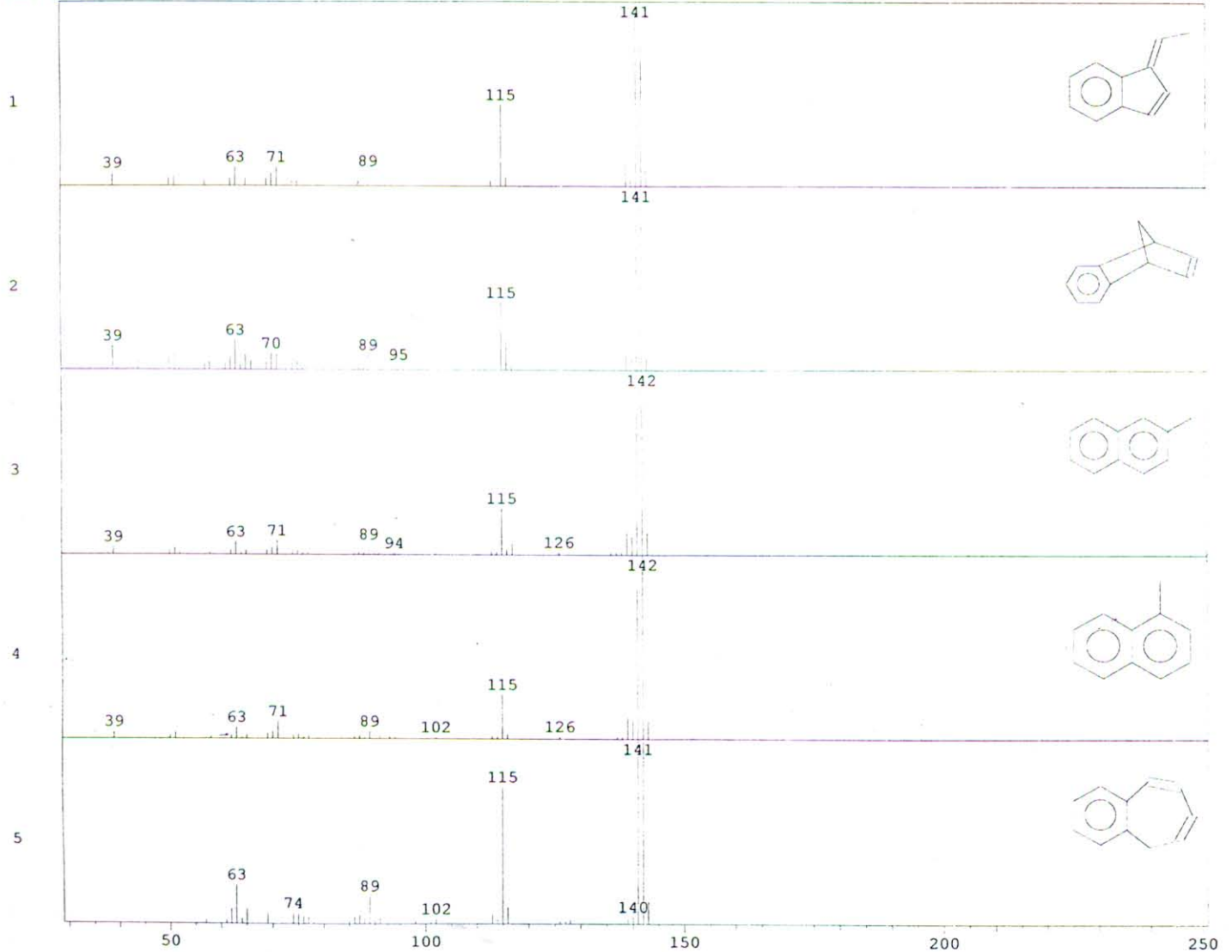
(1) NIST62.LIB

<Unknown Spectrum>

Data : HERU2.D01  
 Mass Peak # : 40 Ret. Time : 12.417  
 Scan # : 1251 B.G. Scan # : 1264  
 Base Peak : 142.20 ( 9206062)



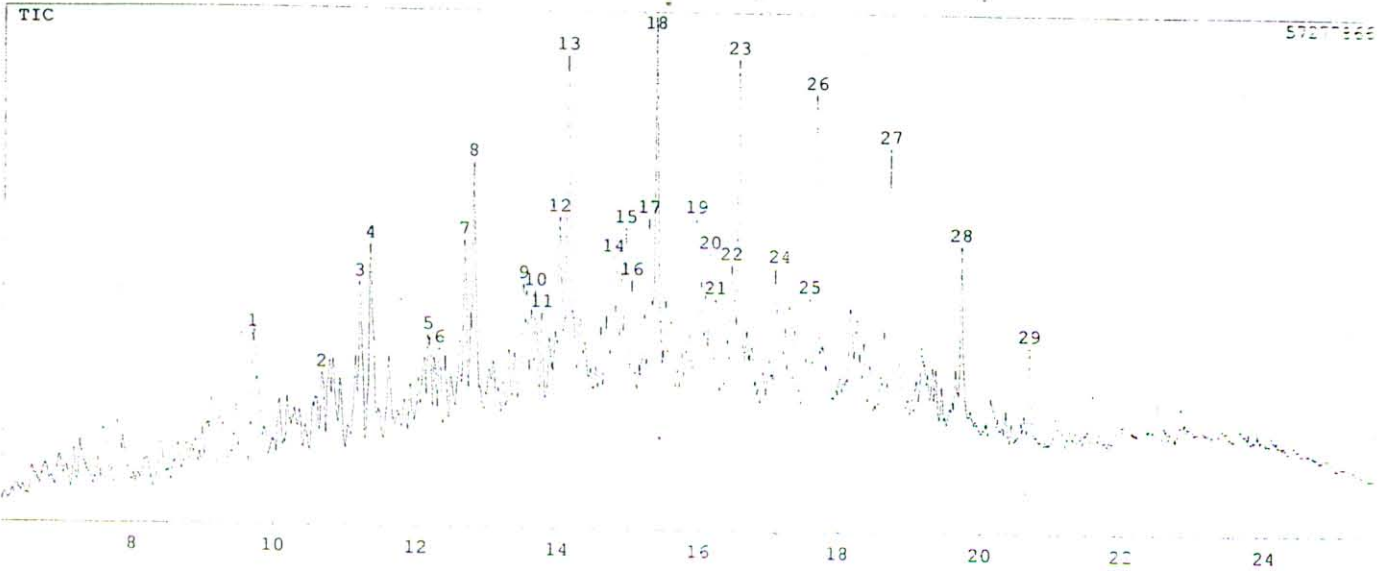
<Hit List>



No	SI	Mol. Wgt.	Mol. Form. /Compound Name	CAS No.	Entry	LIB#
1	87	142	C <sub>11</sub> H <sub>10</sub> 1H-Indene, 1-ethylidene-	2471-83-2	8113	1
2	87	142	C <sub>11</sub> H <sub>10</sub> 1,4-Methanonaphthalene, 1,4-dihydro- \$\$ Benzonorbornadiene \$\$ 1,4-Dihydro-1,4-methano	4453-90-1	8112	1
3	85	142	C <sub>11</sub> H <sub>10</sub> Naphthalene, 2-methyl- \$\$ .beta.-Methylnaphthalene \$\$ 2-Methylnaphthalene	91-57-6	8115	1
4	85	142	C <sub>11</sub> H <sub>10</sub> Naphthalene, 1-methyl- \$\$ .alpha.-Methylnaphthalene \$\$ 1-Methylnaphthalene	90-12-0	8111	1
5	84	142	C <sub>11</sub> H <sub>10</sub> Benzocycloheptatriene	264-09-5	8114	1

Library Name  
 (1) NIST62.LIB

\*\*\* CLASS-5000 \*\*\* Report No. = 1 Data : HERU1.D01 03/01/09 10:19:57  
 Sample : CRACKING OLI (ZAAH), HERU TRIYONO  
 Operator : POY  
 Method File Name : HERU.MET



Data : HERU1.D01 03/01/09 10:19:57  
 Sample : CRACKING OLI (ZAAH), HERU TRIYONO  
 Operator : POY  
 Method File Name : HERU.MET

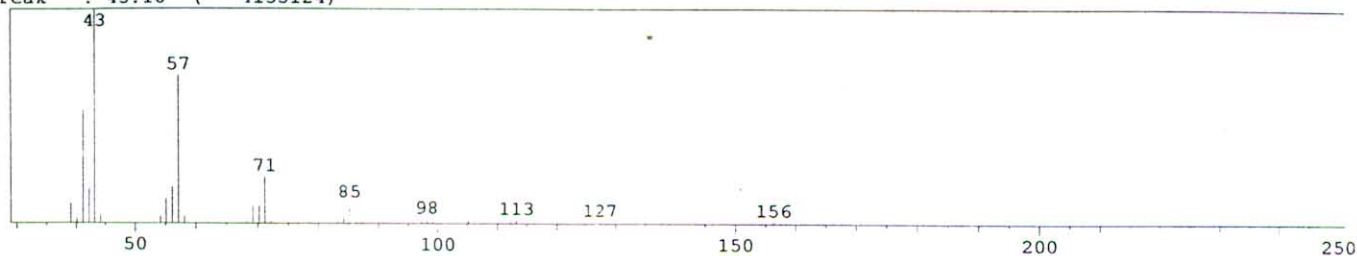
\*\*\*\* Peak Report \*\*\*\*

PKNO	R.Time	I.Time	F.Time	Area	Height	A/H(sec)	MK	%Total	Name
1	9.692	9.650	10.642	277195934	14308334	19.373		4.67	
2	10.658	10.642	11.167	204785000	9553496	21.436	V	3.45	
3	11.183	11.167	11.275	73258475	19507295	3.755	V	1.23	
4	11.330	11.275	11.425	109074518	23701425	4.602	V	1.84	
5	12.150	11.425	12.292	333729259	13373702	24.954	V	5.62	
6	12.308	12.292	12.642	167641823	11857530	14.138	V	2.82	
7	12.660	12.642	12.733	88068313	23816132	3.698	V	1.48	
8	12.785	12.733	12.883	156651840	32441371	4.829	V	2.64	
9	13.502	12.883	13.592	367643264	18715394	19.644	V	6.19	
10	13.673	13.592	13.733	107262827	17866569	6.004	V	1.81	
11	13.764	13.733	13.817	50097128	15441223	3.244	V	0.84	
12	14.010	13.817	14.067	197690315	25958260	7.616	V	3.33	
13	14.120	14.067	14.192	183965907	43838026	4.196	V	3.10	
14	14.775	14.192	14.867	478654572	21288700	22.484	V	8.06	
15	14.950	14.867	15.008	142442155	24461909	5.823	V	2.40	
16	15.037	15.008	15.100	65789362	18638961	3.530	V	1.11	
17	15.279	15.100	15.333	182828674	25495734	7.171	V	3.08	
18	15.374	15.333	15.475	202353863	47744079	4.238	V	3.41	
19	15.957	15.475	16.008	369641841	25295260	14.613	V	6.22	
20	16.150	16.008	16.208	176567838	21246825	8.310	V	2.97	
21	16.233	16.208	16.292	56161215	16227511	3.461	V	0.95	
22	16.458	16.292	16.533	165203461	18377557	8.889	V	2.78	
23	16.559	16.533	16.650	149965007	42692641	3.513	V	2.52	
24	17.150	16.650	17.208	331100407	19439710	17.032	V	5.57	
25	17.585	17.208	17.625	230556827	15915617	14.486	V	3.88	
26	17.674	17.625	17.733	125701204	38380590	3.275	V	2.12	
27	18.729	17.733	18.825	551319237	32157302	17.144	V	9.28	
28	19.734	18.825	19.825	325253711	21040530	15.458	V	5.47	
29	20.692	19.825	20.750	70866957	9524940	7.440	V	1.19	

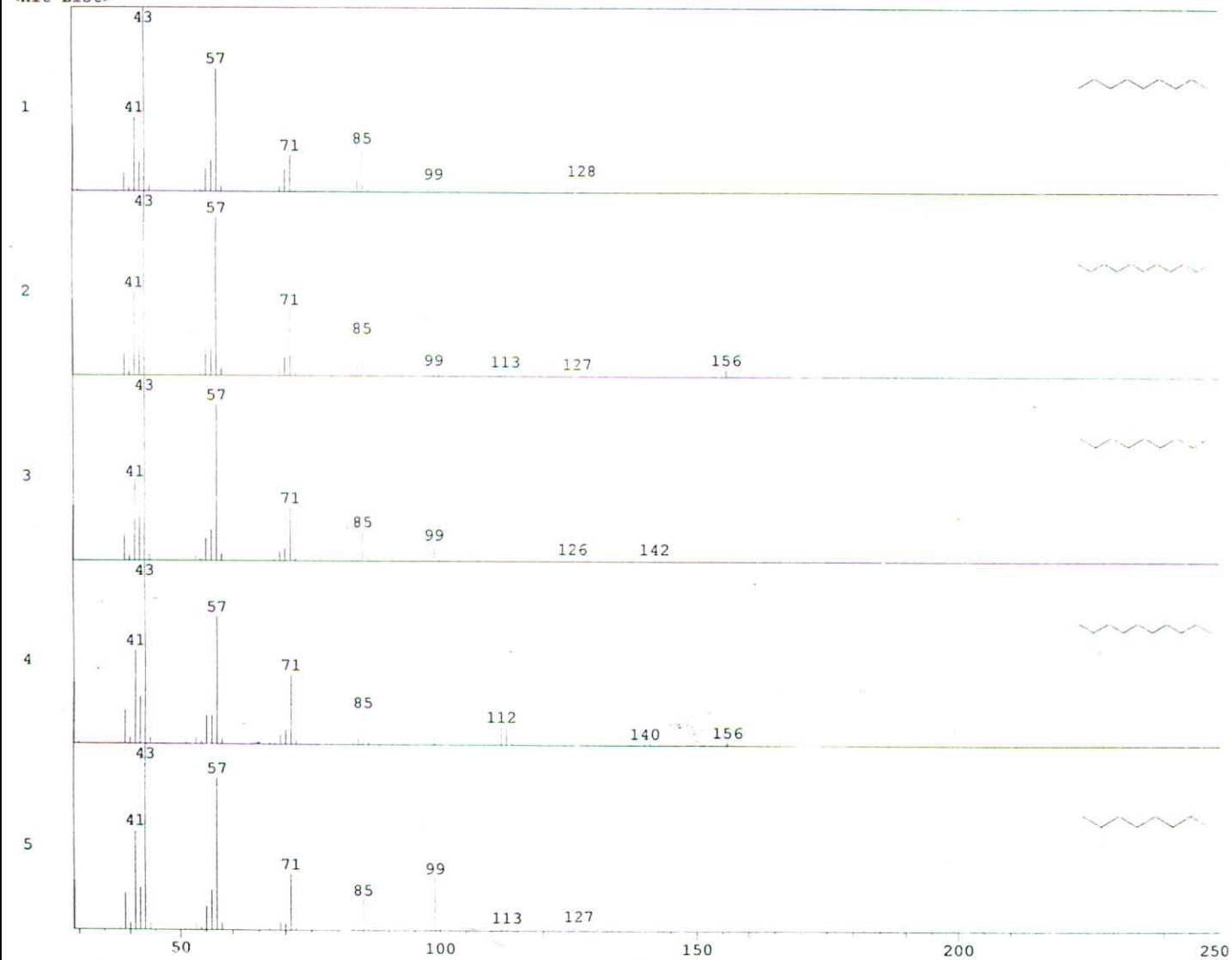
Total 5941470933 100.00

•Unknown Spectrum•

Data : HERU1.D01  
 Mass Peak # : 29 Ret. Time : 9.692  
 Scan # : 924 B.G. Scan # : 953  
 Base Peak : 43.10 ( 4135124)



<Hit List>



No	SI	Mol. Wgt.	Mol. Form./Compound Name	CAS No.	Entry	LIB#
1	94	128	C <sub>9</sub> H <sub>20</sub> Nonane \$\$ n-Nonane \$\$ Shellsol 140 \$\$ n-C <sub>9</sub> H <sub>20</sub> \$\$ UN 1920	111-84-2	5163	1
2	94	156	C <sub>11</sub> H <sub>24</sub> Undecane \$\$ n-Undecane \$\$ Hendecane \$\$ n-C <sub>11</sub> H <sub>24</sub> \$\$ UN 2330	1120-21-4	11611	1
3	93	142	C <sub>10</sub> H <sub>22</sub> Nonane, 2-methyl- \$\$ 2-Methylnonane	871-83-0	8093	1
4	93	156	C <sub>11</sub> H <sub>24</sub> Decane, 2-methyl- \$\$ 2-Methyldecane \$\$ n-C <sub>8</sub> H <sub>17</sub> CH(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	6975-98-0	11614	1
5	92	142	C <sub>10</sub> H <sub>22</sub> Octane, 2,7-dimethyl- \$\$ Diisoamyl \$\$ Diisopentyl \$\$ 2,7-Dimethyloctane	1072-16-8	8078	1

Library Name  
 (1) NIST62.LIB

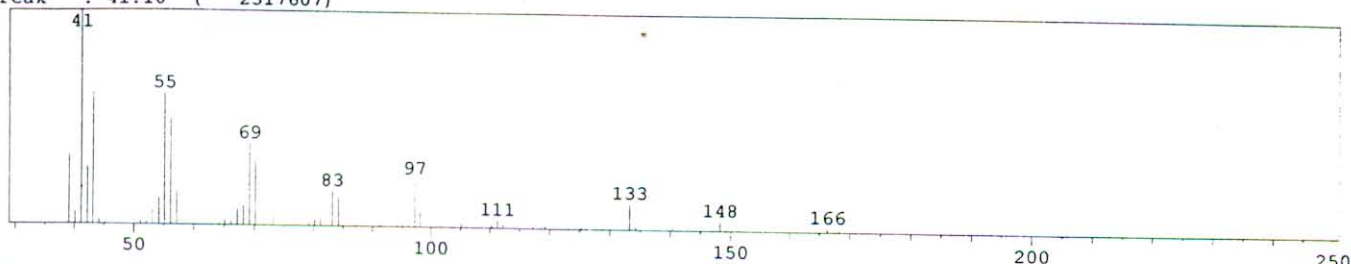
## \*Unknown Spectrum\*

Data : HERU1.D01

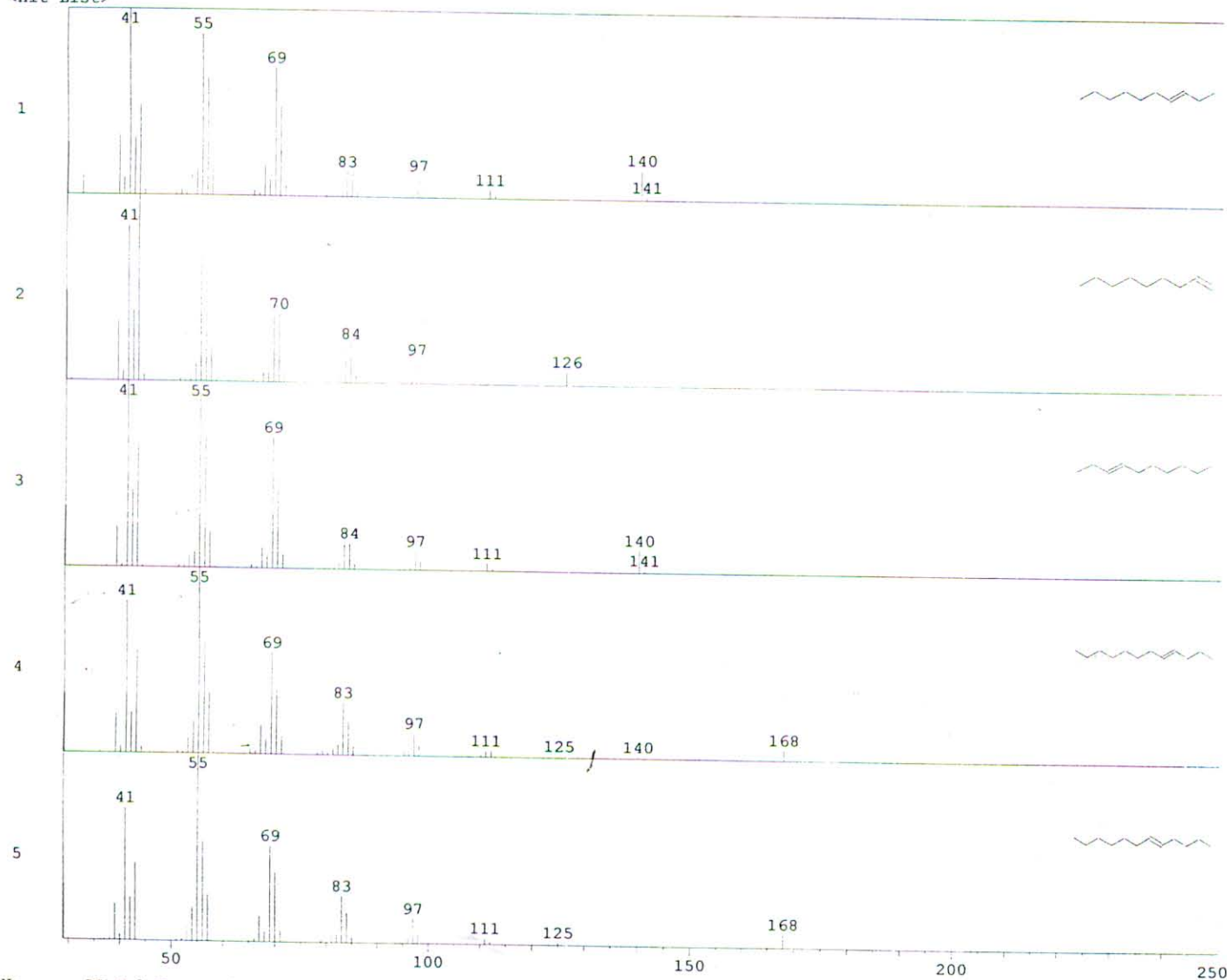
Mass Peak # : 55 Ret. Time : 11.183

Scan # : 1103 B.G. Scan # : 1180

Base Peak : 41.10 ( 2317607)



## &lt;Hit List&gt;



No	SI	Mol. Wgt.	Mol. Form./Compound Name	CAS No.	Entry	LIB#
1	89	140	C <sub>10</sub> H <sub>20</sub> trans-3-Decene \$\$ (E)-3-C <sub>10</sub> H <sub>20</sub>	19150-21-1	7561	1
2	88	126	C <sub>9</sub> H <sub>18</sub> 1-Nonene \$\$ n-Non-1-ene \$\$ 1-C <sub>9</sub> H <sub>18</sub> \$\$ Nonene \$\$ Nonene-(1) \$\$ NONYLENE	124-11-8	4675	1
3	88	140	C <sub>10</sub> H <sub>20</sub> 3-Decene	19398-37-9	7601	1
4	88	168	C <sub>12</sub> H <sub>24</sub> 4-Dodecene, (E)-	7206-15-7	14706	1
5	87	168	C <sub>12</sub> H <sub>24</sub> 5-Dodecene, (E)-	7206-16-8	14714	1

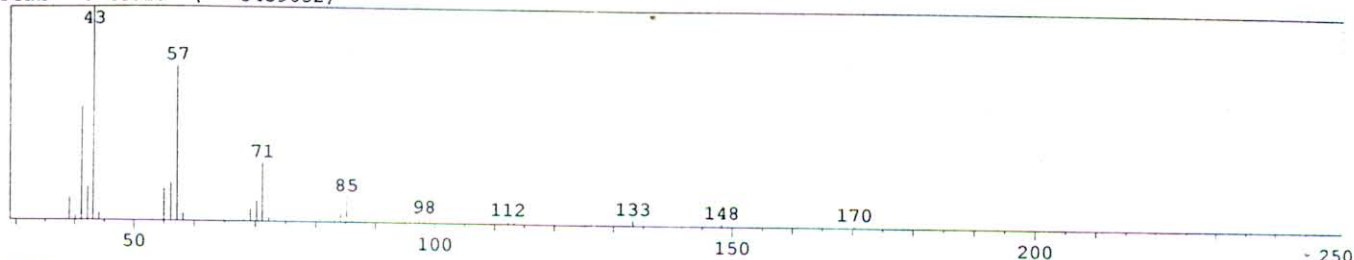
Library Name

(1) NIST62.LIB

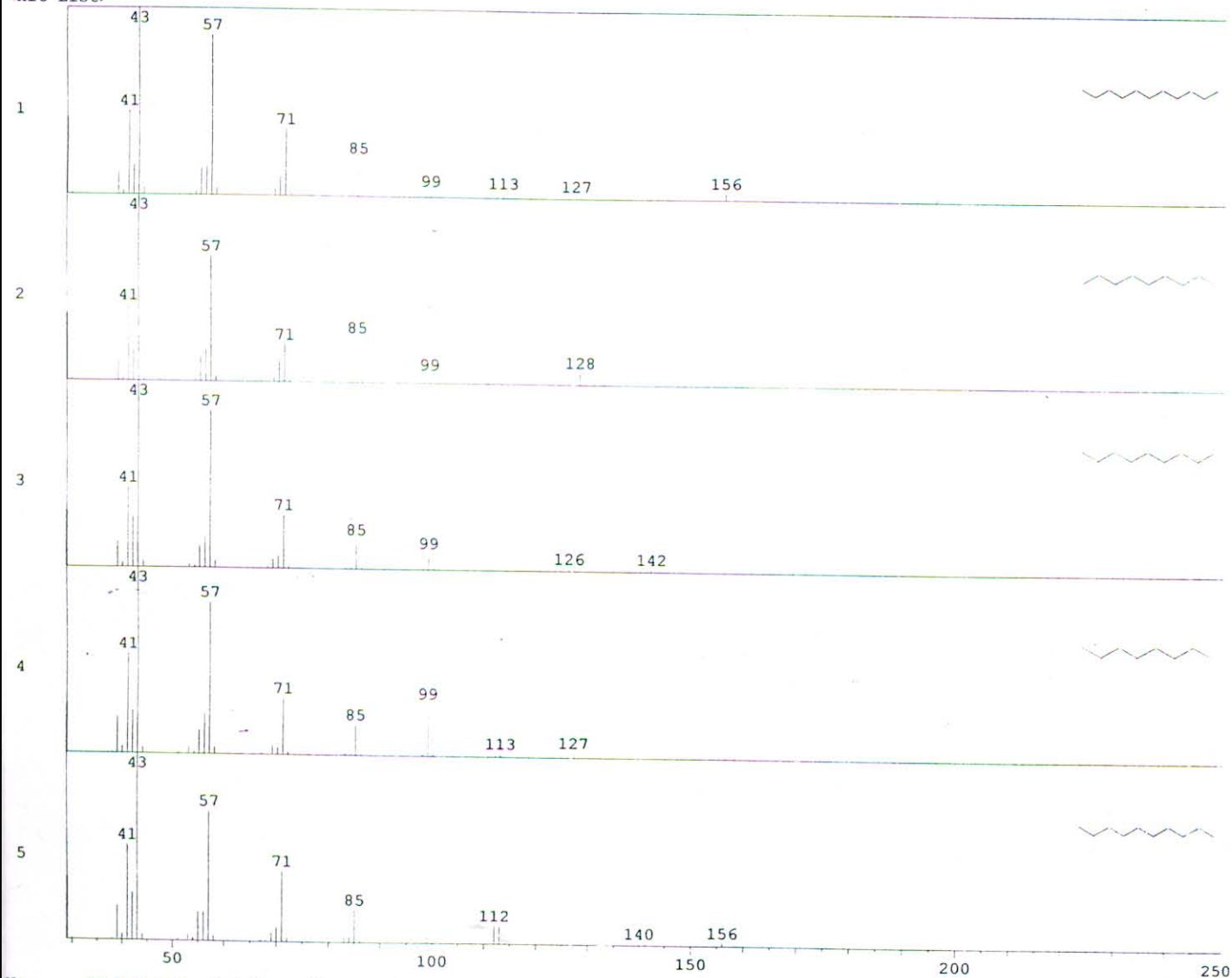


## \*Unknown Spectrum\*

Data : HERU1.D01  
 Mass Peak # : 30 Ret. Time : 11.333  
 Scan # : 1121 B.G. Scan # : 1173  
 Base Peak : 43.10 ( 5459032)



## &lt;Hit List&gt;



No	SI	Mol. Wgt.	Mol. Form./Compound Name	CAS No.	Entry	LIB#
1	95	156	C <sub>11</sub> H <sub>24</sub>	1120-21-4	11611	1
			Undecane \$\$ n-Undecane \$\$ Hendecane \$\$	n-C <sub>11</sub> H <sub>24</sub> \$\$ UN 2330		
2	94	128	C <sub>9</sub> H <sub>20</sub>	111-84-2	5163	1
			Nonane \$\$ n-Nonane \$\$ Shellsol 140 \$\$	n-C <sub>9</sub> H <sub>20</sub> \$\$ UN 1920		
3	93	142	C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>	871-83-0	8093	1
			Nonane, 2-methyl- \$\$ 2-Methylnonane			
4	93	142	C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>	1072-16-8	8078	1
			Octane, 2,7-dimethyl- \$\$ Diisoamyl \$\$	Diisopentyl \$\$ 2,7-Dimethyloctane		
5	93	156	C <sub>11</sub> H <sub>24</sub>	6975-98-0	11614	1
			Decane, 2-methyl- \$\$ 2-Methyldecane \$\$	n-C <sub>8</sub> H <sub>17</sub> CH(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>		

Library Name

(1) NIST62.LIB

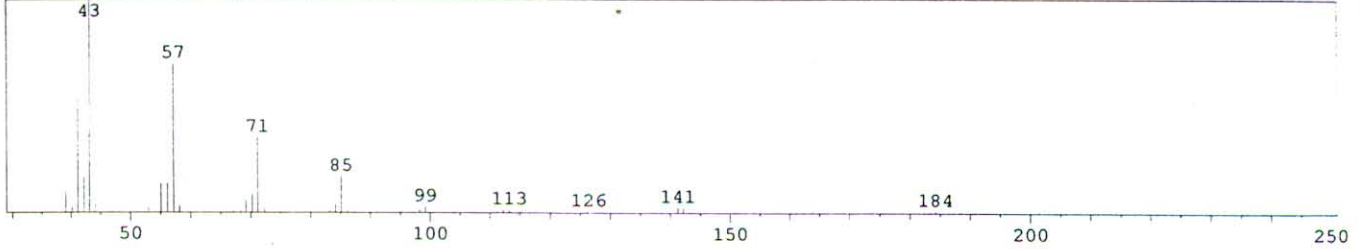
•Unknown Spectrum>

Data : HERU1.D01

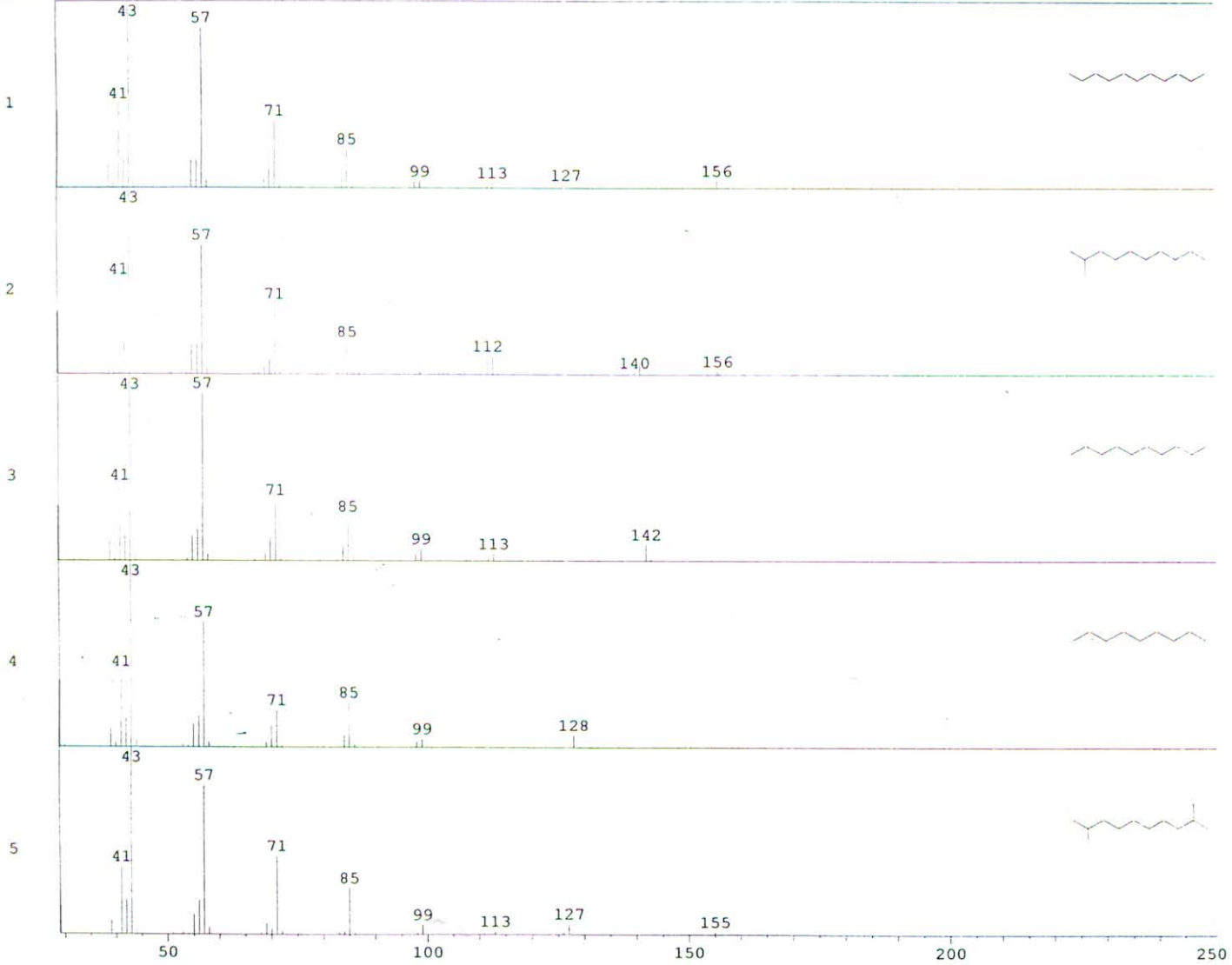
Mass Peak # : 33 Ret. Time : 12.792

Scan # : 1296 B.G. Scan # : 1325

Base Peak : 43.10 ( 6362692)



<Hit List>

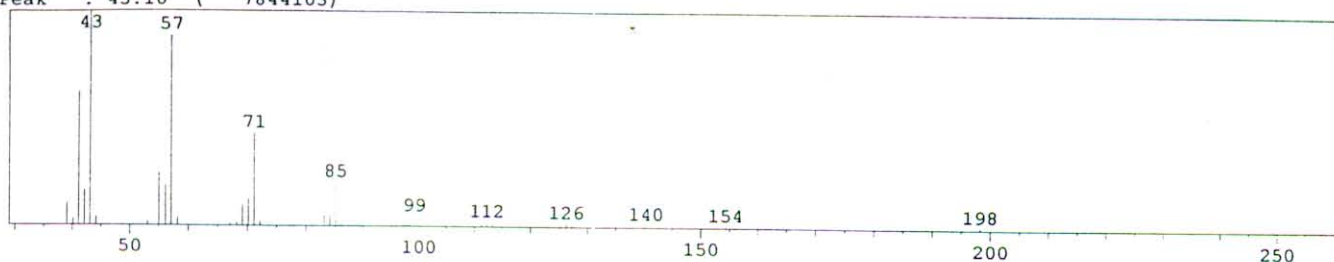


No	SI	Mol. Wgt.	Mol. Form./Compound Name	CAS No.	Entry	LIB#
1	95	156	C <sub>11</sub> H <sub>24</sub> Undecane \$\$ n-Undecane \$\$ Hendecane \$\$ n-C <sub>11</sub> H <sub>24</sub> \$\$ UN 2330	1120-21-4	11611	1
2	95	156	C <sub>11</sub> H <sub>24</sub> Decane, 2-methyl- \$\$ 2-Methyldecane \$\$ n-C <sub>8</sub> H <sub>17</sub> CH(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	6975-98-0	11614	1
3	94	142	C <sub>10</sub> H <sub>22</sub> Decane \$\$ n-Decane \$\$ n-C <sub>10</sub> H <sub>22</sub> \$\$ UN 2247 \$\$ Isodecane	124-18-5	8077	1
4	93	128	C <sub>9</sub> H <sub>20</sub> Nonane \$\$ n-Nonane \$\$ Shellsol 140 \$\$ n-C <sub>9</sub> H <sub>20</sub> \$\$ UN 1920	111-84-2	5163	1
5	93	170	C <sub>12</sub> H <sub>26</sub> Decane, 2,9-dimethyl- \$\$ 2,9-Dimethyldecane	1002-17-1	15361	1

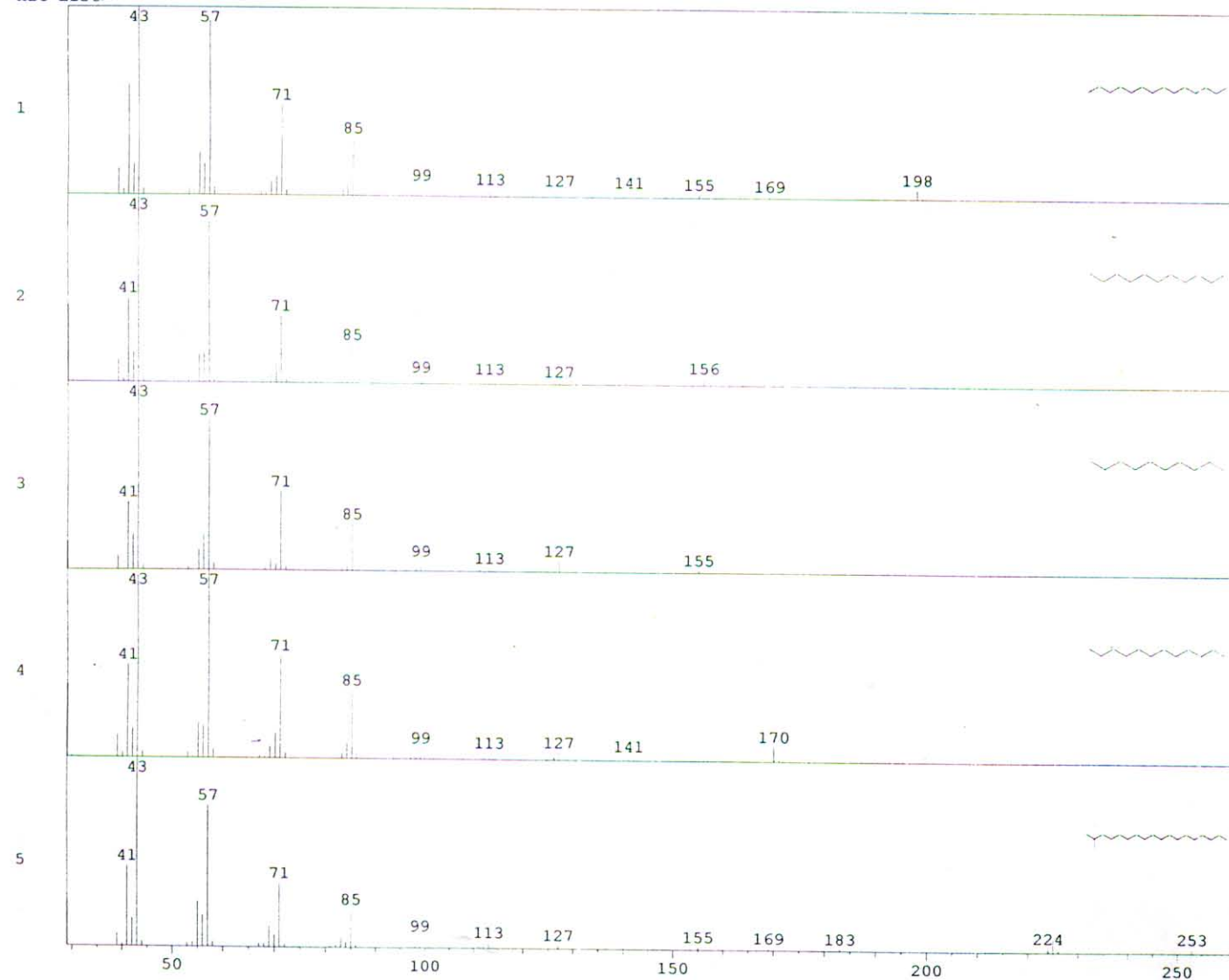
Library Name  
(1) NIST62.LIB

## \*Unknown Spectrum\*

Data : HERU1.D01  
 Mass Peak # : 34 Ret. Time : 14.125  
 Scan # : 1456 B.G. Scan # : 1473  
 Base Peak : 43.10 ( 7844103)



## &lt;Hit List&gt;

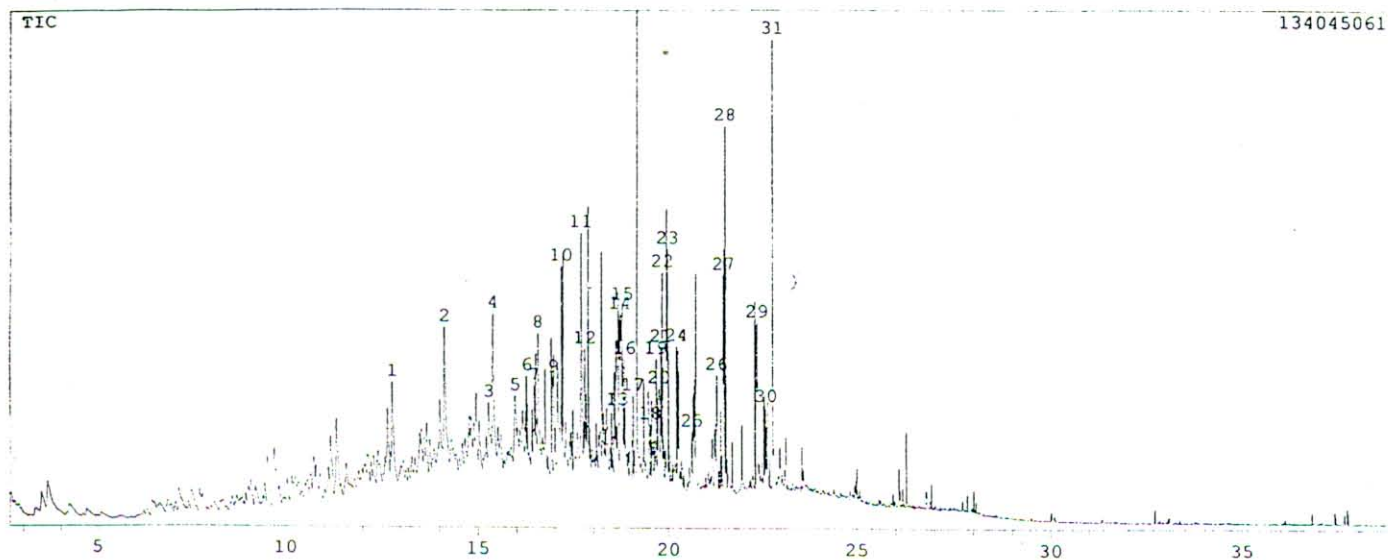


No	SI	Mol. Wgt.	Mol. Form./Compound Name	CAS No.	Entry	LIB#
1	96	198	C <sub>14</sub> H <sub>30</sub> Tetradecane \$\$ n-Tetradecane \$\$ Isotetradecane	629-59-4	22534	1
2	95	156	C <sub>11</sub> H <sub>24</sub> Undecane \$\$ n-Undecane \$\$ Hendecane \$\$ n-C <sub>11</sub> H <sub>24</sub> \$\$ UN	1120-21-4	11611	1
3	93	170	C <sub>12</sub> H <sub>26</sub> Decane, 2,9-dimethyl- \$\$ 2,9-Dimethyldecane	1002-17-1	15361	1
4	93	170	C <sub>12</sub> H <sub>26</sub> Dodecane \$\$ n-Dodecane \$\$ Adakane 12 \$\$ Ba 51-090453 \$\$ CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>10</sub> CH <sub>3</sub> \$\$ Bihexyl \$\$ D	112-40-3	15347	1
5	93	268	C <sub>19</sub> H <sub>40</sub> Octadecane, 2-methyl- \$\$ 2-Methyloctadecane	1560-88-9	37462	1

Library Name

(1) NIST62.LIB

Data : HERU3.D01 03/01/09 12:52:40  
 Sample : CRACKING OLI (1&B), HERU TRIYONO  
 Operator : POY  
 Method File Name : HERU.MET



Data : HERU3.D01 03/01/09 12:52:49  
 Sample : CRACKING OLI (1&B), HERU TRIYONO  
 Operator : POY  
 Method File Name : HERU.MET

\*\*\*\* Peak Report \*\*\*\*

PKNO	R.Time	I.Time	F.Time	Area	Height	A/H(sec)	MK	%Total	Name
1	12.774	12.717	12.892	81627616	24064880	3.392		3.42	
2	14.122	14.092	14.250	99399182	32683253	3.041		4.17	
3	15.275	15.242	15.358	49784832	14333918	3.473		2.09	
4	15.385	15.358	15.483	100795069	37406586	2.655	V	4.23	
5	15.964	15.908	16.200	138785705	17021414	6.154		5.82	
6	16.267	16.200	16.317	57103320	22505325	2.537	V	2.40	
7	16.467	16.317	16.492	61120395	20025002	3.052	V	2.56	
8	16.566	16.492	16.650	125490480	33810729	3.712	V	5.26	
9	16.967	16.650	17.033	121353288	22482792	5.398	V	5.09	
10	17.179	17.125	17.267	63308012	45657207	1.825		3.49	
11	17.695	17.642	17.750	81189945	57389288	1.415		3.41	
12	17.792	17.750	17.808	42606747	23551280	1.809		1.79	
13	18.658	18.525	18.700	146417251	15358324	9.533		6.14	
14	18.730	18.700	18.775	149659493	40618497	3.685	V	6.28	
15	18.783	18.775	18.800	31163957	43198260	0.721	V	1.31	
16	18.837	18.800	18.908	64788146	29228812	2.217	V	2.72	
17	19.067	18.908	19.083	36935290	20503209	1.801	V	1.55	
18	19.527	19.517	19.542	11531619	13080094	0.882		0.48	
19	19.678	19.667	19.700	19298491	26195628	0.737		0.81	
20	19.750	19.700	19.808	82273793	20732435	3.968		3.45	
21	19.813	19.808	19.833	29307477	32551445	0.900	V	1.23	
22	19.850	19.833	19.892	72906453	52422703	1.391	V	3.06	
23	19.965	19.892	20.033	183109361	59792840	3.062		7.58	
24	20.225	20.208	20.242	18125064	32725515	0.554		0.76	
25	20.633	20.608	20.650	7143082	11809783	0.605		0.30	
26	21.304	21.233	21.367	64748145	26984008	2.400		2.72	
27	21.488	21.367	21.533	114646068	54439681	2.106	V	4.81	
28	21.538	21.533	21.583	118160974	93272874	1.267	V	4.96	
29	22.371	22.342	22.450	83988490	41819147	2.008		3.52	
30	22.608	22.450	22.617	49704401	17207338	2.889		2.09	
31	22.779	22.617	22.792	57201501	110370556	0.518	V	2.40	

Total

2383673665

100.00

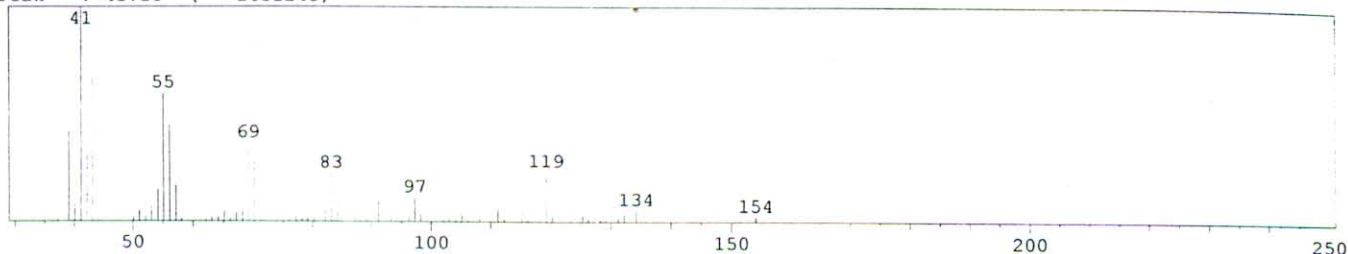
## &lt;Unknown Spectrum&gt;

Data : HERU3.D01

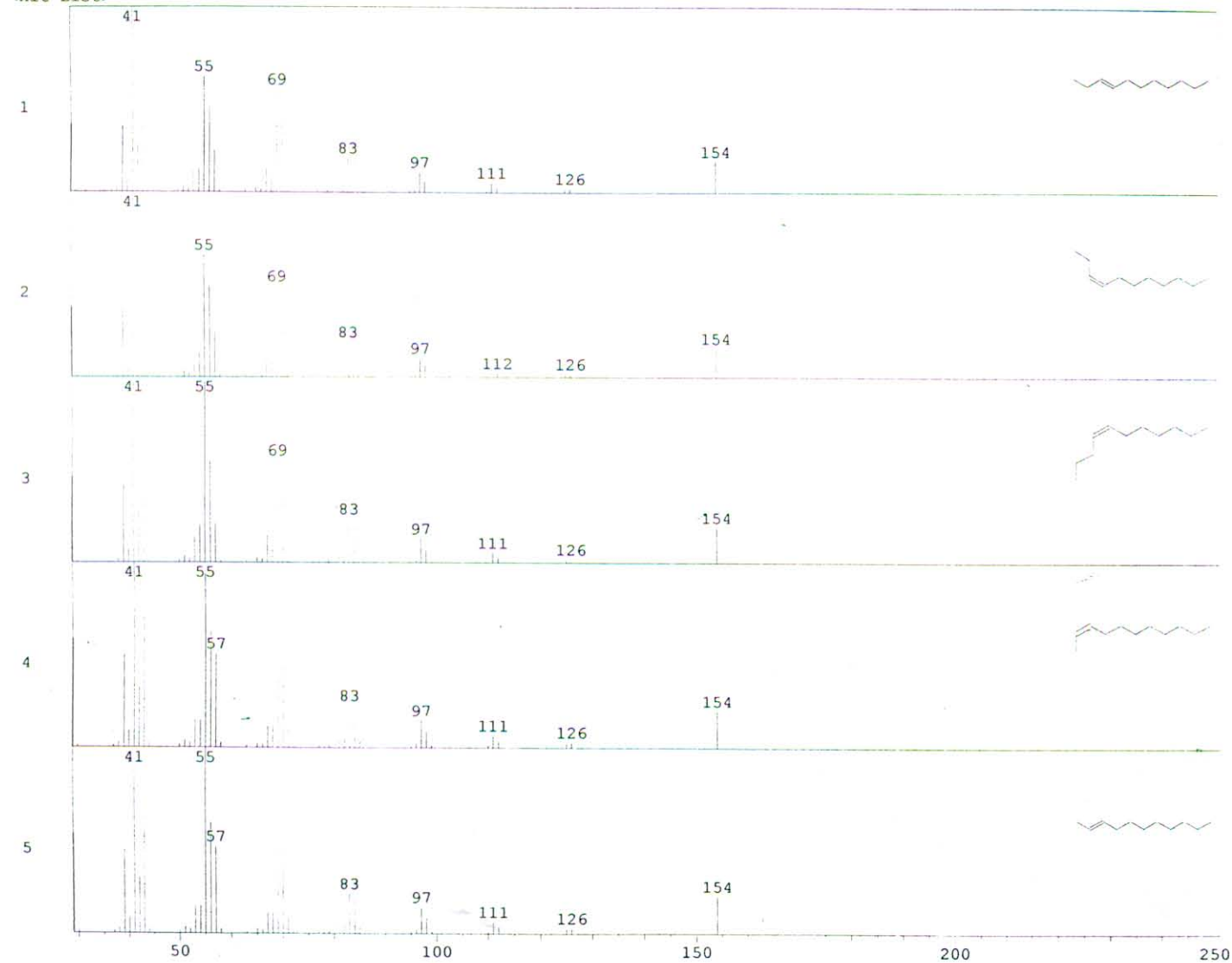
Mass Peak # : 66 Ret. Time : 9.492

Scan # : 900 B.G. Scan # : 956

Base Peak : 41.10 ( 1651243)



## &lt;Hit List&gt;



No	SI	Mol.Wgt.	Mol. Form./Compound Name	CAS No.	Entry	LIB#
1	89	154	C <sub>11</sub> H <sub>22</sub> 3-Undecene, (E)- \$\$ (E)-3-Undecene \$\$	1002-68-2	11074	1
2	89	154	C <sub>11</sub> H <sub>22</sub> 3-Undecene, (Z)- \$\$ (Z)-3-Undecene \$\$	821-97-6	11083	1
3	88	154	C <sub>11</sub> H <sub>22</sub> 4-Undecene, (Z)- \$\$ (Z)-4-Undecene \$\$	821-98-7	11087	1
4	87	154	C <sub>11</sub> H <sub>22</sub> 2-Undecene, (Z)- \$\$ 2-Undecene, cis- \$\$	821-96-5	11081	1
5	87	154	C <sub>11</sub> H <sub>22</sub> 2-Undecene, (E)- \$\$ (E)-2-Undecene \$\$	693-61-8	11059	1

Library Name  
(1) NIST62.LIB

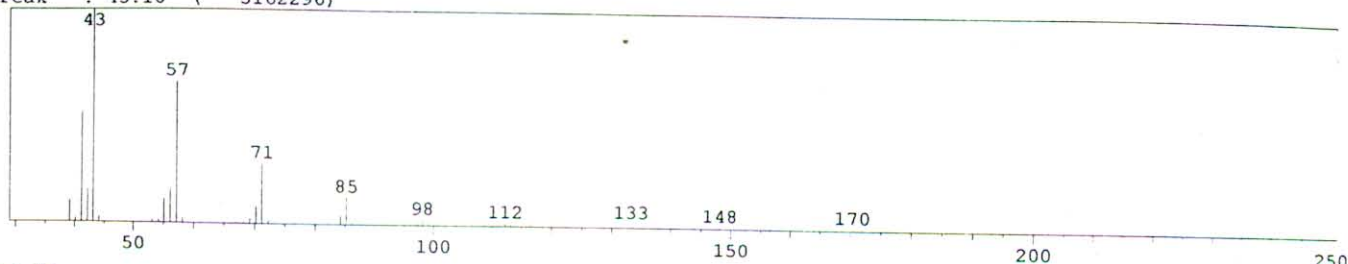
## &lt;Unknown Spectrum&gt;

Data : HERU3.D01

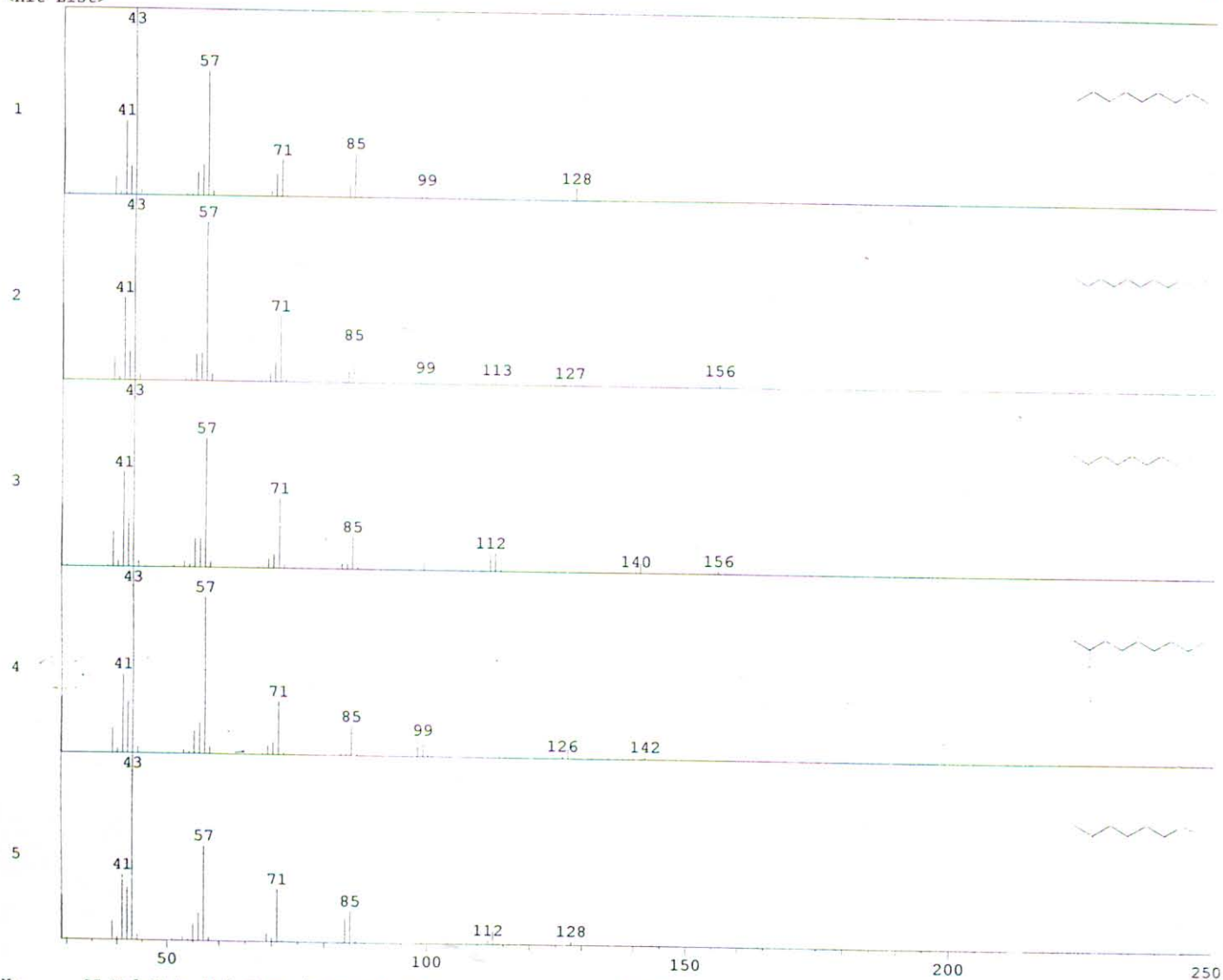
Mass Peak # : 30 Ret. Time : 11.317

Scan # : 1119 B.G. Scan # : 1184

Base Peak : 43.10 ( 5162296)



## &lt;Hit List&gt;



No	SI	Mol. Wgt.	Mol. Form./Compound Name	CAS No.	Entry	LIB#
1	95	128	C <sub>9</sub> H <sub>20</sub>	111-84-2	5163	1
			Nonane \$\$ n-Nonane \$\$ Shellsol 140 \$\$ n-C <sub>9</sub> H <sub>20</sub> \$\$ UN 1920			
2	95	156	C <sub>11</sub> H <sub>24</sub>	1120-21-4	11611	1
			Undecane \$\$ n-Undecane \$\$ Hendecane \$\$ n-C <sub>11</sub> H <sub>24</sub> \$\$ UN 2330			
3	93	156	C <sub>11</sub> H <sub>24</sub>	6975-98-0	11614	1
			Decane, 2-methyl- \$\$ 2-Methyldecane \$\$ n-C <sub>8</sub> H <sub>17</sub> CH(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>			
4	93	142	C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>	871-83-0	8093	1
			Nonane, 2-methyl- \$\$ 2-Methylnonane			
5	93	128	C <sub>9</sub> H <sub>20</sub>	3221-61-2	5142	1
			Octane, 2-methyl- \$\$ 2-Methyloctane \$\$ Isononane			

Library Name

(1) NIST62.LIB

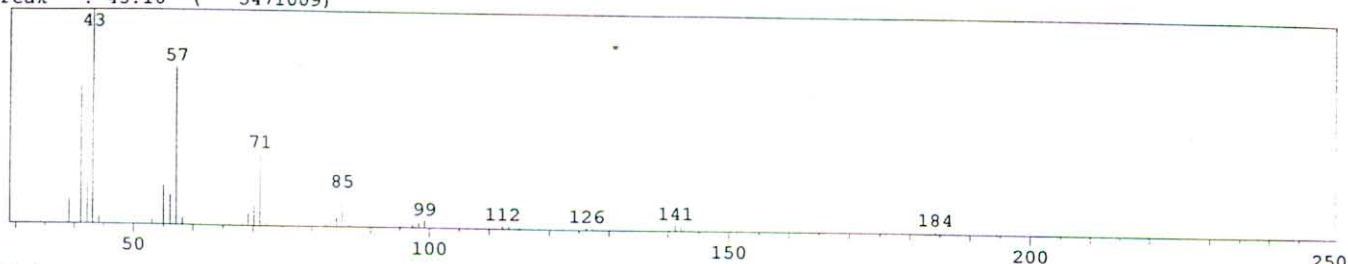
## &lt;Unknown Spectrum&gt;

Data : HERU3.D01

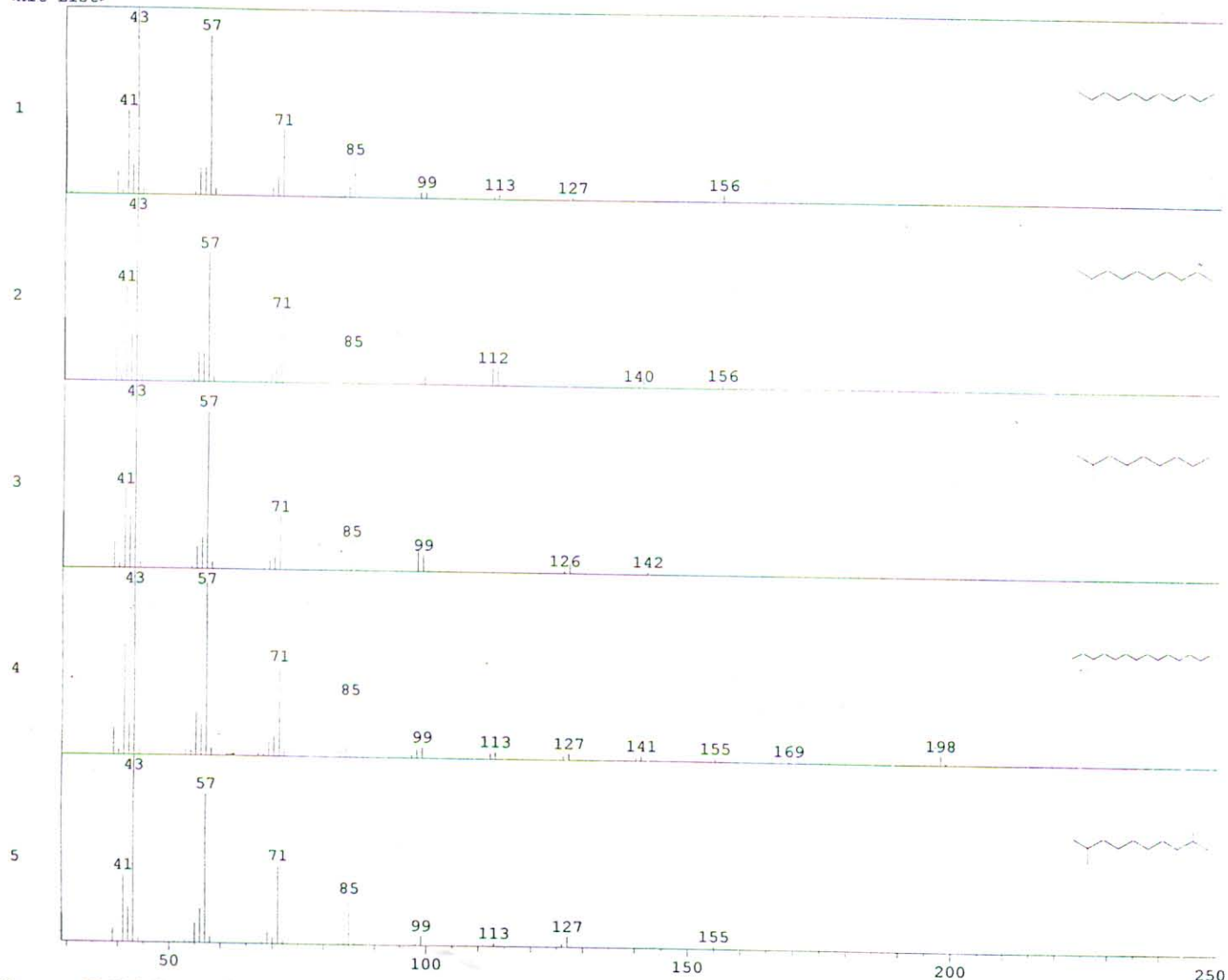
Mass Peak # : 34 Ret. Time : 12.775

Scan # : 1294 B.G. Scan # : 1327

Base Peak : 43.10 ( 5471009)



## &lt;Hit List&gt;



No	SI	Mol. Wgt.	Mol. Form. / Compound Name	CAS No.	Entry	LIB#
1	94	156	C <sub>11</sub> H <sub>24</sub> Undecane \$\$ n-Undecane \$\$ Hendecane \$\$	1120-21-4	11611	1
2	94	156	C <sub>11</sub> H <sub>24</sub> Decane, 2-methyl- \$\$ 2-Methyldecane \$\$	6975-98-0	11614	1
3	93	142	C <sub>10</sub> H <sub>22</sub> Nonane, 2-methyl- \$\$ 2-Methylnonane	871-83-0	8093	1
4	93	198	C <sub>14</sub> H <sub>30</sub> Tetradecane \$\$ n-Tetradecane \$\$ Isotetradecane	629-59-4	22534	1
5	92	170	C <sub>12</sub> H <sub>26</sub> Decane, 2,9-dimethyl- \$\$ 2,9-Dimethyldecane	1002-17-1	15361	1

Library Name

(1) NIST62.LIB

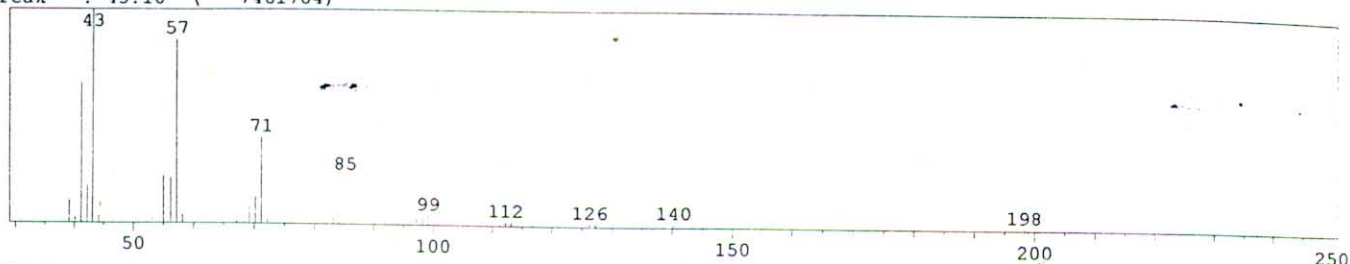
## &lt;Unknown Spectrum&gt;

Data : HERU3.D01

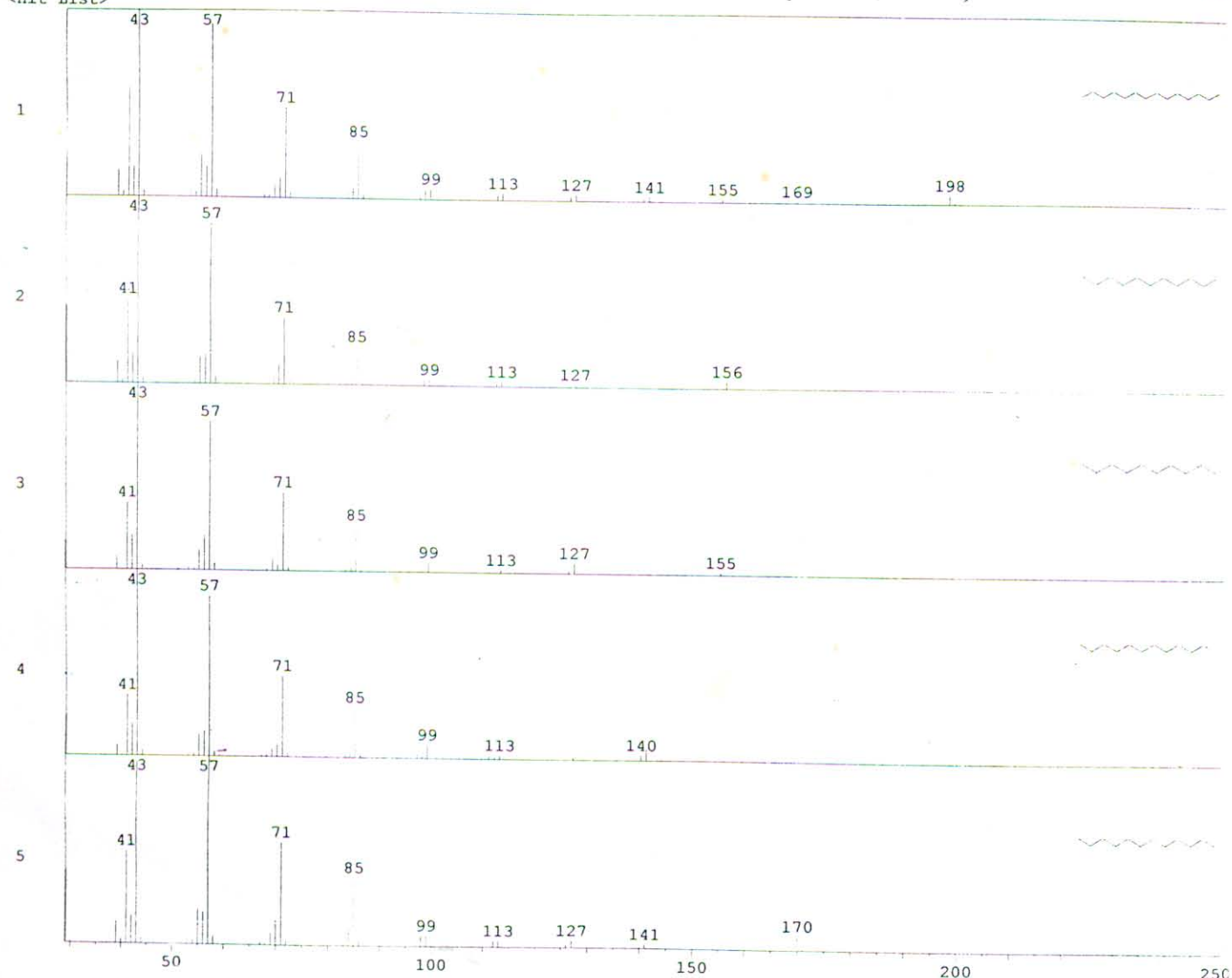
Mass Peak # : 32 Ret. Time : 14.125

Scan # : 1456 B.G. Scan # : 1493

Base Peak : 43.10 ( 7461704)



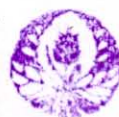
## &lt;Hit List&gt;



No	SI	Mol. Wgt.	Mol. Form./Compound Name	CAS No.	Entry	LIB#
1	96	198	C <sub>14</sub> H <sub>30</sub> Tetradecane \$\$ n-Tetradecane \$\$ Isotetradecane	629-59-4	22534	1
2	95	156	C <sub>11</sub> H <sub>24</sub> Undecane \$\$ n-Undecane \$\$ Hendecane \$\$ n-C <sub>11</sub> H <sub>24</sub> \$\$ UN	1120-21-4	11611	1
3	94	170	C <sub>12</sub> H <sub>26</sub> Decane, 2,9-dimethyl- \$\$ 2,9-Dimethyldecane	1002-17-1	15361	1
4	94	184	C <sub>13</sub> H <sub>28</sub> Dodecane, 2-methyl- \$\$ 11-Methyl-dodecane \$\$ 2-Methyldodecane	1560-97-0	19039	1
5	93	170	C <sub>12</sub> H <sub>26</sub> Dodecane \$\$ n-Dodecane \$\$ Adakane 12 \$\$ Ba 51-090453 \$\$ CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>10</sub> CH <sub>3</sub> \$\$ Bihexyl \$\$ D	112-40-3	15347	1

Library Name

(1) NIST62.LIB



Widyaiswara UPT Perpustakaan  
UNIVERSITAS JEMBER