

HANDOUT
SPEKTROSKOPI MASSA

Oleh:

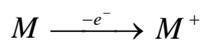
Susila Kristianingrum

susila.k@uny.ac.id

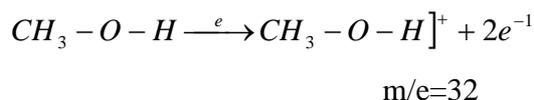
Untuk menentukan struktur molekul suatu senyawa diperlukan data spektrum UV, IR, NMR, dan MS, meskipun kadang-kadang cukup dengan dua atau tiga data saja. Dalam kegiatan belajar sebelumnya Anda telah mempelajari spektroskopi UV dan IR, semoga Anda ingat, oleh karena kegiatan belajar ini merupakan lanjutan dari materi tersebut. Dalam kegiatan belajar ini anda akan mempelajari konsep dasar Spektroskopi Massa, instrumen spektroskopi massa, serta aplikasi metode spektroskopi untuk penentuan struktur molekul senyawa.

A. Konsep dasar Spektroskopi Massa

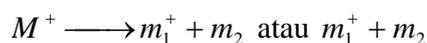
Berbeda dengan metode spektroskopi sebelumnya spektroskopi massa adalah suatu teknik analisis yang mendasarkan pemisahan berkas ion-ion yang sesuai dengan perbandingan massa dengan muatan dan pengukuran intensitas dari berkas ion-ion tersebut. Dalam spektroskopi massa, molekul-molekul senyawa organik ditembak dengan berkas elektron dan diubah menjadi ion-ion positif yang bertenaga tinggi (ion-ion molekuler atau ion - ion induk), yang dapat dipecah-pecah menjadi ion-ion yang lebih kecil (ion- ion pecahan). Lepasnya elektron dari molekul akan menghasilkan radikal kation, yang dapat dituliskan sebagai berikut :



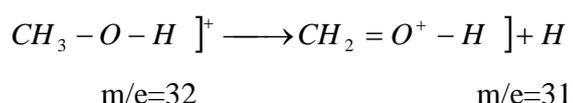
Sebagai contoh, methanol memberikan ion molekuler sebagai berikut :



Ion molekuler M^+ selanjutnya terurai menjadi sepasang pecahan /fragmen, yang dapat berupa radikal dan ion atau molekul kecil radikal.



Ion-ion molekuler, ion-ion pecahan dan ion-ion radikal pecahan selanjutnya dipisahkan oleh pembelokan medan magnet yang dapat berubah sesuai dengan massa dan muatannya, dan akan menimbulkan arus pada kolektor yang sebanding dengan limpahan relatif mereka. Spektrum massa menggambarkan perbandingan limpahan relatif terhadap m/e (massa/muatan). Partikel-partikel netral yang dihasilkan dalam proses fragmentasi (m_2) atau radikal (m_2) tidak dapat dideteksi dalam spektrometer massa. Spektrum massa akan menghasilkan puncak-puncak yang tercatat dalam *rekorder*, yang dipaparkan sebagai grafik batangan. Fragmen-fragmen disusun sedemikian sehingga *peak-peak* ditata menurut kenaikan m/e dari kiri ke kanan dalam spektrum. Intensitas *peak* sebanding dengan kelimpahan relatif fragmen-fragmen yang bergantung pada stabilitas relatif mereka. Puncak yang paling tinggi dinamakan *base peak* (puncak dasar) diberi nilai intensitas sebesar 100%; *peak-peak* yang lebih kecil dilaporkan misalnya 20%, 30%, menurut nilainya relatif terhadap *peak dasar*. Puncak yang paling tinggi pada spektrum methanol adalah puncak M-1 pada $m/e = 31$. Puncak ini timbul karena lepasnya atom hidrogen dari ion molekuler.



Limpahan isotop

Suatu spektrofometer massa begitu peka, sehingga partikel yang berbeda 1,0 satuan massa akan memberikan isyarat terpisah. Oleh karena itu ion-ion yang mengandung isotop-isotop yang berbeda muncul pada harga-harga m/e yang berbeda. Untuk ion-ion yang mengandung n atom karbon, ada kemungkinan kira-kira 1,1% adalah atom-atom ^{13}C , dan ini akan muncul pada ion dengan massa satu lebih besar dari pada ion yang hanya mengandung atom-atom ^{12}C . Puncak pertama akan nampak

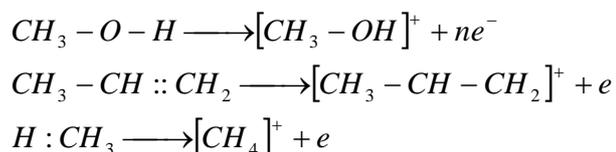
sebagai ion molekul M+1, sedangkan puncak kedua dapat timbul pada M+2 jika terdapat dua atom ¹³C dalam ion yang sama. Kenampakan puncak-puncak M+2 tergantung pada besarnya puncak M+1, tetapi karena limpahan isotop karbon -13 ini relatif kecil biasanya diabaikan.

Ion -ion yang mengandung satu atom Brom memberikan kenampakan yang jelas dalam spektrum massa karena terdapat limpahan yang hampir sama dari dua isotop (Brom yang terdapat di alam ini terdiri dari campuran 50,5%-49,5% masing-masing Brom 79 dan brom 81). Partikel yang sama strukturnya, yang mengandung Brom akan menghasilkan sepasang puncak yang intensitasnya hampir sama satu sama lain berjarak 2,0 satuan massa. Demikian pula untuk klor, di alam merupakan campuran 75,5 % klor- 35 dan 24,5% klor- 37. partikel yang mengandung klor-35 dianggap sebagai ion molekulnya, sedangkan partikel yang mengandung klor-37 menimbulkan peak M+2, yang mempunyai intensitas kira-kira sepertiga intensitas peak ion molekul.

Ionisasi dan Fragmentasi dalam Spektroskopi massa

Dalam spektrofometer massa reaksi pertama suatu molekul adalah ionisasi pelepasan sebuah elektron, yang menghasilkan ion molekul. *Peak* untuk radikal ion ini biasanya adalah *peak* paling kanan dalam spektrum, bobot molekul senyawa ini dapat ditentukan. Diduga bahwa elektron dalam orbital berenergi tinggi adalah elektron yang pertama-tama akan lepas. Jika sebuah molekul mempunyai elektron-elektron *n* menyendiri, maka salah satunya akan dilepaskan. Jika tidak terdapat elektron *n*, maka akan dilepaskan sebuah elektron *pi*. Jika tidak terdapat elektron *n* maupun elektron *pi*, maka ion molekul yang akan terbentuk sengan lepasnya sebuah elektron *sigma*.

Contoh :



Setelah ionisasi awal ion molekul akan mengalami fragmentasi, yaitu proses pelepasan radikal-radikal bebas atau molekul netral kecil dilepaskan dari ion molekul

Ion-ion M^+ dengan waktu hidup yang lebih pendek mungkin terurai dalam kamar pengion menjadi ion-ion A^+ dan radikal-radikal B, ion-ion A^+ akan dideteksi oleh kolektor secara normal. Ion-ion molekuler yang lepas dari sumber ion akan dipercepat oleh tegangan pemercepat hingga memiliki tenaga translasi eV. Sejumlah ion-ion M^+ ini dapat mencapai kolektor dan dideteksi. Meskipun demikian, jika ion-ion M^+ lain terurai menjadi A^+ dan B, segera setelah dipercepat, maka tenaga translasi induk M^+ (eV) akan dibagikan antara A^+ dan B sebanding dengan massa-massa mereka. Tenaga translasi ion A^+ harus lebih rendah daripada induknya, dan ion A^+ ini akan mencapai kolektor yang berbeda dari yang seharusnya (abnormal). Ion A^+ dengan translasi yang abnormal tersebut dikenal sebagai ion metastabil. Massa ion metastabil A^+ (m^*) dapat dihitung dari massa ion induk (m_1) dan ion anak normal A^+ (m_2) dengan persamaan sebagai berikut :

$$m^* = \frac{(m_2)^2}{m_1}$$

Persamaan tersebut sering memberikan hasil satuan massa 0,1 hingga 0,4 lebih rendah daripada massa kenyataannya yang diamati. Sebagai contoh, spektrum massa toluene menunjukkan puncak-puncak kuat pada m/e 91 dan m/e 65, bersamaan dengan puncak metastabil yang lebar dan kuat pada m/e 46,5. Dengan menggunakan persamaan perhitungan m^* diperoleh 46,4, sehingga kita dapat mengintrepretasikan bahwa ion m/e 91 terurai dengan melepaskan 26 satuan massa menjadi ion m/e 65, dan ada sejumlah fragmen yang membentuk ion metastabil.

Efek Percabangan

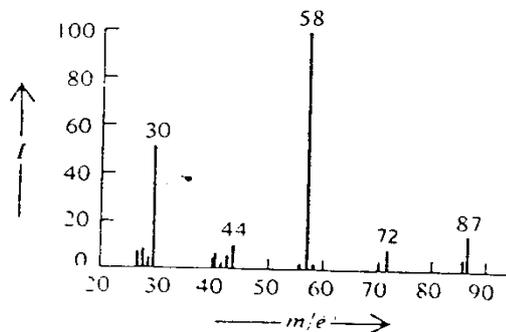
Percabangan dalam suatu rantai hidrogen menghasilkan fragmentasi yang terjadi terutama pada cabang, karena radikal ion sekunder dan karbokation sekunder lebih stabil daripada bentuk primer. Stabilitas karbokation adalah faktor yang lebih penting daripada stabilitas radikal bebas. Misalnya ion molekul metilpropana menghasilkan terutama suatu kation isopropil dan radikal metil.





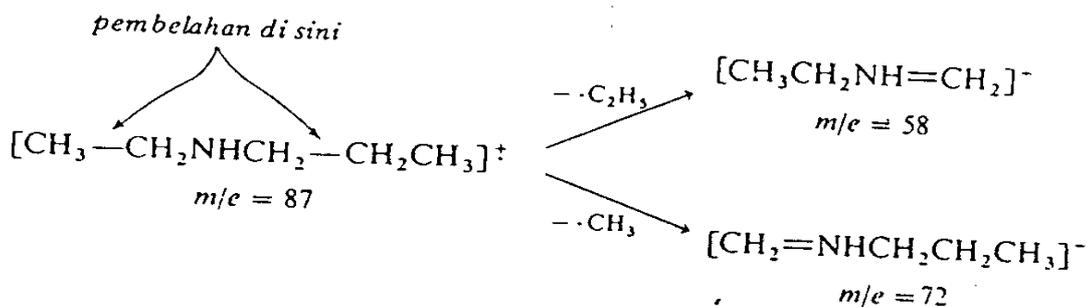
Efek suatu Heteroatom atau Gugus Karbonil

Coba Anda perhatikan spektrum dari N-etilpropilamina yang terdapat pada Gambar 34. ion molekulnya mempunyai m/e 87. Fragmentasi ion molekul ini terjadi pada posisi alfa terhadap atom nitrogen dan menghasilkan fragmen dengan m/e 58 (kehilangan gugus etil) dan m/e 72 (kehilangan gugus metil). Tipe fragmentasi seperti ini disebut pembelahan α dan lazim terjadi dalam amina maupun eter.

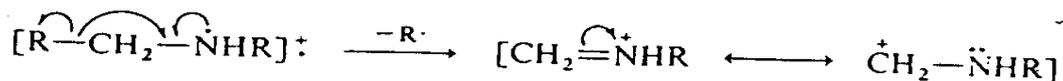


Gambar 34. Spektrum massa N- etilpropilmina

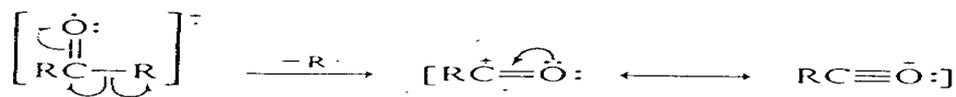
Fragmentasi N-etilpropilamina dapat digambarkan sebagai berikut :



Faktor penyebab pembelahan α ini adalah bahwa kation yang dibentuk dalam reaksi ini terstabilkan oleh resonansi sebagai berikut :



Fragmentasi serupa terjadi pada suatu ikatan di dekat suatu gugus karbonil (atau α terhadap oksigen). Hal ini kation yang dihasilkan juga terstabilkan oleh resonansi.



Beberapa aturan yang dapat digunakan dalam Interpretasi Spektra MS

1. Hukum nitrogen

Dalam identifikasi suatu rumus molekul maka *hukum nitrogen* sangat banyak memberikan bantuan. *Hukum nitrogen* menyatakan bahwa suatu molekul yang berat molekulnya genap, tidak mungkin mengandung nitrogen, walaupun mengandung nitrogen maka jumlah nitrogennya harus genap. Dari sini dapat kita simpulkan bahwa, pecahan kolekul-molekul biasanya bermassa ganjil kecuali kalau terjadi *rearrangement* (penataan ulang).

2. Aturan elektron genap

Aturan elektron genap menyatakan bahwa species-species elektron genap biasanya tidak akan pecah menjadi dua species yang mengandung elektron ganjil, ia tidak akan pecah menjadi radikal dan ion radikal, karena tenaga total dari campuran ini akan sangat tinggi.

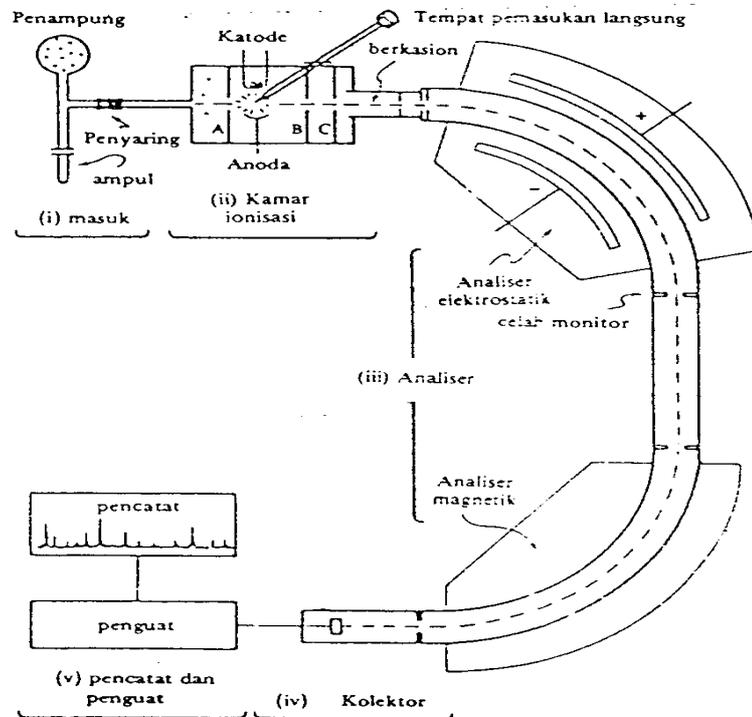
3. Jumlah ketidakjenuhan

Jumlah ketidakjenuhan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

Jumlah ketidakjenuhan = Karbon + (hidrogen /2) - (halogen /2) + (nitrogen trivalent /2)

B. Instrumentasi Spektrofometer Massa

Dalam spektrofometer Massa terdapat lima komponen utama yaitu sistem penanganan cuplikan, ruang pengionan dan pemercepat, tabung analisator, pengumpul ion dan penguat, pencatat. Diagram spektrofometer massa tersebut dapat dilihat dalam Gambar 36.



Gambar 36. Skema Instrumentasi Spektrofometer Massa

Sistem penanganan cuplikan

Sistem ini meliputi alat untuk memasukkan cuplikan, mikromanometer untuk menentukan jumlah cuplikan yang masuk, alat pengukur cuplikan yang masuk ruang pengionan serta sistem pemompaan. Cairan dimasukkan dengan menyentuh pipet mikro ke piringan gelas. Cuplikan selanjutnya diuapkan sebelum masuk ke ruang pengionan.

Ruang pengionan dan pemercepat

Kamar pengion (serta instrumen keseluruhan) dijaga agar tetap dalam keadaan vakum (tekanan 10^{-6} hingga 10^{-5} Torr), untuk meminimalkan tabrakan dan reaksi antara radikal, molekul udara, dan lain-lain. Di dalam kamar ini cuplikan melewati suatu aliran elektron berenergi tinggi, yang menyebabkan ionisasi beberapa molekul cuplikan menjadi ion-ion molekul. Setelah terbentuk sebuah ion molekul dapat

mengalami fragmentasi dan penataan ulang. Proses ini dapat berjalan sangat cepat ($10^{-10} - 10^{-6}$ detik). Partikel yang berumur lebih panjang dapat dideteksi oleh pengumpul ion, sedangkan yang berumur lebih pendek mungkin tidak sempat mencapai pengumpul ion. Dalam beberapa hal, ion molekul terlalu pendek usianya sehingga tidak dapat dideteksi dan hanya produk-produk fragmentasinya yang menunjukkan *peak*. Segera setelah radikal-radikal ion dan partikel-partikel lain terbentuk, mereka diumpukan melewati dua elektroda, lempeng pemercepat ion, yang mempercepat partikel bermuatan positif (partikel bermuatan negatif dan netral tidak dipercepat dan terus-menerus dibuang oleh pompa vakum). Dari lempeng pemercepat partikel bermuatan positif menuju ke tabung analisator.

Tabung analisator

Tabung analisator berupa tabung logam yang dihampakan ($10^{-7} - 10^{-8}$ Torr), yang berbentuk lengkung, dan dipasang elektromagnet yang tegak lurus bidang bagan. Medan magnet yang digunakan harus seragam. Dalam tabung analisator partikel-partikel yang bermuatan positif ini dibelokkan oleh medan magnet sehingga lintasannya melengkung. Jari-jari lintasan melengkung bergantung pada kecepatan partikel, yang pada gilirannya bergantung pada kuat medan magnet, voltase pemercepat, dan m/e partikel. Pada kuat medan magnet dan voltase yang sama, partikel dengan m/e tinggi akan memiliki jari-jari yang lebih besar, sedangkan yang m/e nya rendah akan mempunyai jari-jari lebih kecil. Hal ini dapat dijelaskan dengan persamaan berikut ini.

Tenaga kinetik dari massa ion m bergerak dengan kecepatan v diberikan berdasarkan persamaan $E = \frac{1}{2} m v^2$. Tenaga potensial ion dengan muatan e ditolak oleh medan elektrostatis yang bertegangan V adalah sebesar eV . Bila ion ditolak, tenaga potensial eV diubah menjadi tenaga kinetik $\frac{1}{2} m v^2$, sehingga :

$$eV = \frac{1}{2} m v^2 \text{ atau } v^2 = 2 e V / m \quad (\text{persamaan 1})$$

Bila ion-ion ditembakkan pada medan magnet dari analisator maka mereka bergerak melingkar oleh pengaruh medan, dan pada kesetimbangan gaya sentrifugal ion

($m v^2 / r$) sama dengan gaya sentripetal yang dihasilkan oleh magnet (eBv), dimana r adalah jari-jari kelengkungan dan B adalah kuat medan, sehingga :

$$mV^2/r = eBV \text{ atau } V = e Br/m \quad (\text{persamaan 2})$$

penggabungan persamaan 1 dan 2

$$2 eV/m = e^2 Br^2 / m^2, \text{ sehingga } m/e = B^2 r^2 / 2V$$

Dengan melihat persamaan $m/e = B^2 r^2 / 2V$, maka dapat dimengerti bahwa partikel dengan m/e tinggi memiliki jari-jari besar, dan partikel dengan m/e rendah memiliki jari-jari kecil. Jika voltase pemercepat dikurangi perlahan-lahan secara kontinyu, maka kecepatan semua partikel akan berkurang, dan jari-jari lintasan semua partikel akan berkurang. Dengan teknik ini partikel berturut-turut mengenai detektor dimulai dari m/e rendah.

Pengumpul ion dan penguat

Pengumpul ion terdiri atas satu lubang atau lebih lubang pengumpul, serta suatu silinder faraday, berkas ion menumbuk pengumpul dalam arah tegak lurus, kemudian isyarat diperkuat (amplifikasi) oleh suatu pengganda elektron.

Pencatat

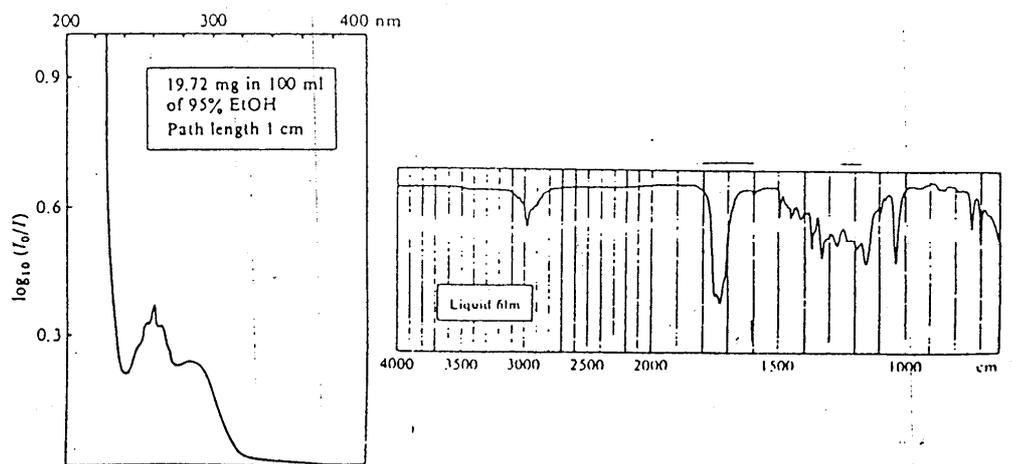
Pencatat yang digunakan secara luas memakai lima buah galvanometer terpisah yang mencatat serentak. Tinggi puncak sebanding dengan jumlah ion dari masing-masing massa, dan digandakan sesuai dengan faktor kepekaan yang memadai.

C. Penentuan Struktur Molekul

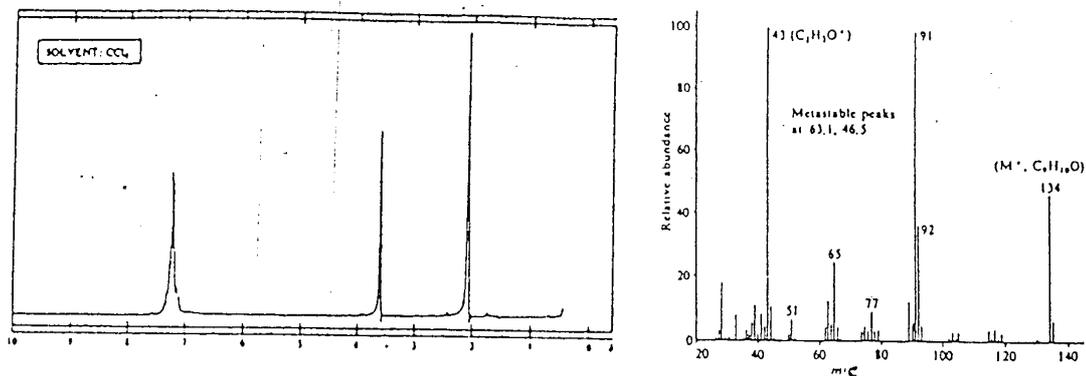
Dalam penentuan struktur molekul suatu senyawa minimal diperlukan tiga atau empat data, data spektra UV-VIS, IR, NMR dan MS. Namun demikian kadangkadang untuk senyawa yang kompleks gabungan keempat data tersebut juga belum cukup untuk menentukan struktur molekul suatu senyawa. Berikut ini akan diberikan

salah satu contoh dalam menginterpretasikan data spectra dalam penentuan struktur molekul suatu senyawa.

Suatu senyawa mempunyai rumus molekul $C_9H_{10}O$ memberikan serapan UV maks pada 260 nm dan 280 nm dalam etanol. Spectrum infra merahnya menunjukkan adanya serapan pada 2960, 1720, 1380, 1330, 725, dan 700 cm^{-1} . Spektrum NMRnya menunjukkan adanya tiga daerah proton yaitu pada 7,25 (multiplet), 3,65 (singlet) dan 2,1 (singlet). Pada gambar tersebut tidak ditunjukkan perbandingan luas (integrasi) dari ketiga kelompok proton tersebut. Data spektroskopi terakhir adalah spektrum massa. Ion molekulernya (M^+) seperti yang ditunjukkan dalam spektrum tersebut mempunyai m/e 134 dan ada dua puncak dasar pada m/e 91 dan 43. disamping itu ada ion-ion pecahan pada m/e berturut-turut 77, 65, dan 51.



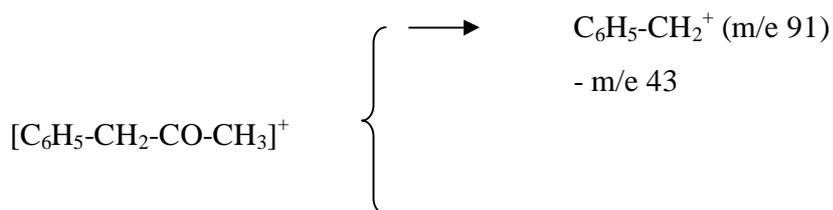
Gambar 37a. Spektra UV dan IR senyawa X

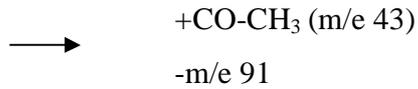


Gambar 37b. Spektra NMR dan Massa Senyawa X

Dengan data spektra seperti ditunjukkan diatas, maka beberapa hal dapat dicatat sebagai berikut :

1. Ada gugus karbonil dan cincin benzena dalam senyawa. Kesimpulan ini diperkuat dari data UV inframerah. Begitu pula data NMR pada daerah serapan khas benzena 7,25 ppm. Dari data IR dapat dicatat adanya gugus metil (2960 dan 1280 cm^{-1}) dan karena intensitasnya yang kecil pada 2960 cm^{-1} gugus hidrokarbonnya pendek. Daerah 730 dan 700 cm^{-1} menunjukkan cincin benzena monosubstitusi. Adanya gugus benzena diperkuat ion pada m/e 77,65 dan 51. sedangkan gugus karbonil terikat pada metil (asetil) dibuktikan oleh ion m/e 43 (CH_3CO^+) dan signal NMR pada 2,1 ppm.
2. Dari uraian butir 1 dapat disimpulkan bahwa potongan molekul yang ada dalam senyawa X adalah C_6H_5^- dan CH_3CO^- . Bila kedua potongan dijumlahkan maka komposisi atom penyusunnya adalah $\text{C}_8\text{H}_8\text{O}$. Karena rumus molekulnya $\text{C}_9\text{H}_{10}\text{O}$, maka dengan demikian potongan molekul lainnya adalah $-\text{CH}_2-$. Dengan demikian dapat direkonstruksi letak gugus metilen tersebut terutama berdasarkan data spektra NMR dan spektra massa. Dari NMR telah diketahui adanya sinyal proton benzena dan asetil. Sinyal yang terakhir (singlet) pada 3,65 ppm tidak bias lain kecuali milik metilen, sehingga perbandingan integrasi ketiga kelompok proton tersebut adalah 5 : 2 : 3. gugus metilen normal biasanya biasanya menyerap pada 1,2 ppm, sedangkan metilen yang muncul pada 3,65 ppm haruslah terikat pada gugus penarik electron (gugus asetil). Dengan demikian perkiraan struktur senyawa X yang paling mendekati adalah $\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_2-\text{CO}-\text{CH}_3$ (fenilaseton). Data spektrum massa yang mendukung adalah adanya potongan molekul $\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_2^+$ dengan m/e 91. ion ini sangat stabil dan disebut sebagai ion tropilium (C_7H_7^+). Ion ini terbentuk dari ion molekuler dengan melepaskan massa 43 (asetil radikal) dan sebaliknya terbentuk puncak dasar 43 bila ion molekuler melepaskan massa 91 (tropilium radikal).

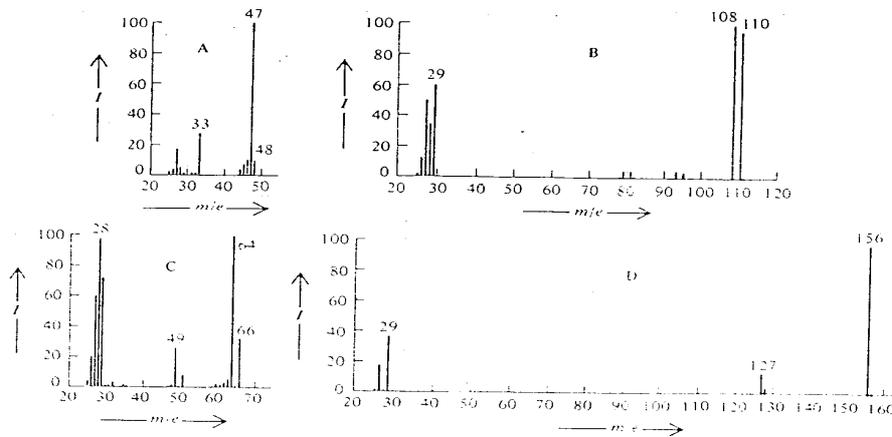




Dari uraian data tersebut dapat disimpulkan bahwa senyawa X tersebut adalah fenilaseton.

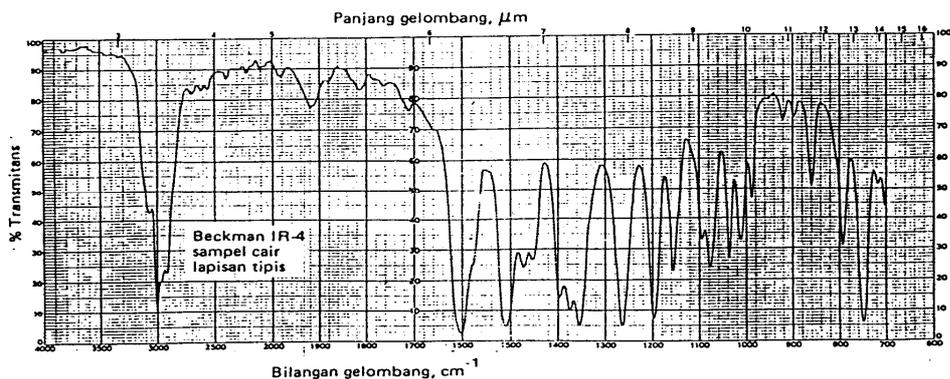
Latihan:

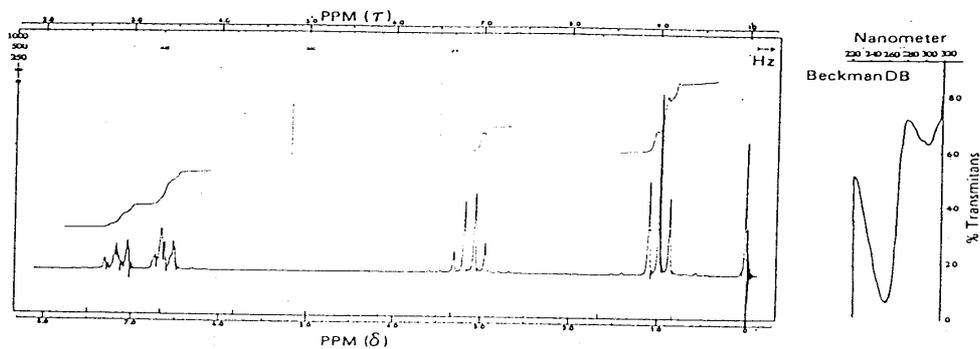
1. Jelaskan konsep dasar yang digunakan dalam teknik spektroskopi massa, yang membedakan dengan teknik spektroskopi yang lainnya.
2. Jelaskan informasi utama yang dapat diperoleh dari spektroskopi massa.
3. Hitunglah m/e untuk ion molekul dari senyawa berikut :
(a) etana (b) 1,2- dikloroetana (c) p- bromofenol
4. Gambar berikut memaparkan spektra massa dari empat senyawa. Senyawa manakah yang mengandung Br dan manakah yang mengandung Cl?



Gambar 38. Spektra dari empat macam senyawa

5. Senyawa mengandung nitrogen tetapi tidak mengandung halogen atau belerang. Senyawa mudah larut dalam asam klorida encer dan berbobot molekul 149 ± 3 . data spectra dari senyawa tersebut adalah sebagai berikut :





Gambar 39. Spektra IR, NMR, dan UV dari senyawa X

Kisi-kisi Jawaban Soal Latihan:

1. Jawaban soal no. 1 dan 2 silahkan Anda simak kembali bagian awal kegiatan belajar 2.
2. Soal no. 3 coba Anda hitung terlebih dahulu massa relatif dari masing – masing senyawa .
3. Soal no. 4 (b) mengandung Br dan (c) mengandung Cl. Ingat jumlah kelimpahan isotop Br dan Cl di alam.
4. N-N-dietilnilina.

Rangkuman

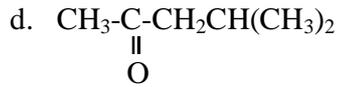
Metode spektroskopi massa adalah suatu teknik analisis yang mendasarkan pemisahan berkas ion-ion yang sesuai dengan perbandingan massa dengan muatan dan pengukuran intensitas dari berkas ion-ion tersebut. Dalam spektroskopi massa, molekul- molekul senyawa organik ditembak dengan berkas elektron dan diubah menjadi ion-ion bermuatan positif yang bertenaga tinggi (ion-ion molekuler atau ion-ion induk), yang dapat dipecah menjadi ion-ion lebih kecil (ion-ion pecahan).

Spektrofometer Massa terdiri lima komponen utama yaitu system penanganan cuplikan, ruang pengionan dan pemercepat, tabung analisator, pengumpul ion dan penguat, pencatat. Cuplikan diuapkan dalam ruang cuplikan sebelum masuk ke ruang pengionan, yang selanjutnya ditembak dengan elektron berenergi tinggi, yang akan melepaskan ion-ion induk. Berkas dari ion-ion induk melewati medan magnet yang kuat dalam tabung analisator, yang dapat membelokkan berkas. Besarnya pembelokan tergantung massa ion.

Dalam penentuan struktur molekul suatu senyawa minimal diperlukan tiga atau empat data, data spektra UV-VIS, IR, NMR dan MS. Namun demikian kadang-kadang untuk senyawa yang kompleks gabungan keempat data tersebut juga belum cukup untuk menentukan struktur molekul senyawa.

Tes Formatif

1. Informasi yang dapat diperoleh dari spektroskopi massa adalah ...
 - a. berat molekul
 - b. massa ion molekul
 - c. muatan molekul
 - d. jumlah atom
2. Massa ion molekul dari etanol adalah ...
 - a. 46
 - b. 45
 - c. 44
 - d. 47
3. Dalam spektrofometer massa suatu senyawa mulai menjadi ion-ion molekul adalah pada bagian ...
 - a. sistem penanganan cuplikan
 - b. tabung pengionan
 - c. analisator
 - d. pemercepat
4. Suatu keton ($C_6H_{12}O$) memberikan suatu uji iodoform positif dan menunjukkan peak-peak dalam spektrum massa pada nilai m/e : 100, 85, 57, dan 43. Senyawa yang sesuai dengan data tersebut adalah...
 - a. $CH_3CH_2-C(=O)-CH_2CH_2CH_3$
 - b. $CH_3C(=O)-CH(CH_3)-CH_2CH_3$
 - c. $CH_3-C(=O)-CH_2CH_2CH_2CH_3$



5. Pada senyawa dietileter ($\text{C}_2\text{H}_5\text{-O-C}_2\text{H}_5$) elektron yang paling mudah dilepas dalam spektrofometer massa adalah...

- pasangan elektron sunyi pada atom oksigen
- elektron pada atom H
- elektron pada atom C
- semuanya sulit untuk dilepaskan

6. Salah satu perbedaan antara puncak ion stabil dan ion pecahan adalah...

- ion metastabil menghasilkan puncak lebar yang seringkali terlihat pada harga m/e pecahan.
- Ion pecahan umumnya memiliki harga m/e pecahan
- Ion metastabil tidak menghasilkan peak
- Puncak dari ion metastabil umumnya relatif lebih pendek

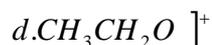
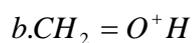
7. Senyawa berikut ini yang akan mengalami proses fragmentasi penyusunan ulang Mc Lafferty adalah ...

- $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COH}$
- $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COH}$
- $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CO}-\text{CH}_3$
- $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$

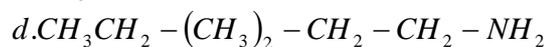
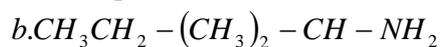
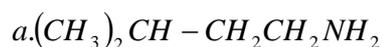
8. Peak pada m/e 77 dalam spectrum massa klorobenzena ditimbulkan oleh ...

- C_6H_5^+
- C_2H_5^+
- Cl^+
- Isotop $^{37}\text{Cl}^+$

9. Etanol memberikan peak pada m/e 46, 45, 31, 27, dan 15. Puncak dasar (base peak) terdapat pada daerah m/e 31 yang merupakan bentuk ion molekul dari ...



10. Suatu amina primer menghasilkan spektrum massa pada m/e 87 (ion molekul), dan 30 (base peak). Struktur yang paling cocok dengan data tersebut adalah ...



Daftar Pustaka:

1. Dasli Nurdin. (1986). *Eludasi Struktur Senyawa Organik*. Bandung : Angkasa.
2. Garry D. Christian. (1971). *Analytical Chemistry 2nd Edition*. New York : John Wileys & Sons.
3. Kealey, D. and Haines, P.J. (2002). *Analytical Chemistry*. Oxford, UK: BIOS Scientific Publishers Ltd.
4. Khopkar SM. (1990). *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Jakarta : UI Press.
5. Larry G Hargis. (1988). *Analytical Chemistry. Principles And Technigues*. New Jersey : Prentice Hall Inc.
6. Pecsok and Shield. (1968) *Modern Methods of Chemical Analysis*. New York : John Wiley & Sons.

