

HANDOUT
SPEKTROSKOPI RESONANSI MAGNETIK INTI (NMR)
(NUCLEAR MAGNETIC RESONANCE)

Oleh:

Susila Kristianingrum

susila.k@uny.ac.id

Di dalam kegiatan belajar ini Anda akan mempelajari konsep-konsep dasar, instrumentasi, dan penerapan spektroskopi NMR. Mungkin beberapa teori yang telah Anda pelajari sebelumnya masih berguna untuk memahami konsep-konsep spektroskopi NMR dan MS, oleh karena itu pelajarilah kegiatan belajar ini dengan seksama.

1. Konsep-konsep dasar spektroskopi resonansi magnetik inti (NMR)

Pada tahun 1945, duo group Sarjana Fisika Purcell, Torry, dan Pound (Harvard University) dan Block, Hansen, dan Packard (Stanford University) menemukan fenomena dari inti, seperti Anda ketahui kebanyakan inti (yang mempunyai proton dan elektron) memiliki medan magnet. Di dalam medan magnet yang kuat inti-inti dianggap berorientasi spesifik dengan tenaga potensial yang sesuai. Block dan Purcell menemukan cara-cara untuk mengetahui sejumlah kecil dari tenaga yang diserap atau dipancarkan, seperti kalau inti-inti loncat dari tenaga satu ke tenaga lainnya. Dari penemuan tersebut maka sejak Tahun 1950 Resonansi Magnetik Inti (NMR) mulai dipandang sebagai persoalan kimia yang penting.

Kedudukan spin inti

Seperti Anda ketahui beberapa inti atom berkelakuan seperti magnet apabila mereka berputar. Inti seperti ^1H , $^{13}\text{C}_6$, $^{17}\text{O}_8$, $^{14}\text{N}_7$ mempunyai spin, sedangkan $^{12}\text{C}_6$ dan $^{16}\text{O}_8$ tidak mempunyai spin. Inti yang mempunyai spin, jumlah spinnya tertentu dan ditentukan dengan bilangan beraturan spin inti (I) sebesar $(2I + 1)$, yang berkisar dengan perbedaan $+I$ hingga $-I$. Kedudukan spin individu sesuai dengan urutan :

$$-I, (-I + 1), \dots (I - 1), I$$

Sebagai contoh proton ($^1\text{H}_1$) mempunyai bilangan kuantum spin $I = \frac{1}{2}$ maka ia mempunyai kedudukan spin $(2(\frac{1}{2}) + 1) = 2$, sehingga kedudukan spin dari intinya adalah : $-\frac{1}{2}$ dan $+\frac{1}{2}$.

Untuk klor $I = \frac{3}{2}$, maka terdapat kedudukan spin $(2(\frac{3}{2}) + 1) = 4$, sehingga kedudukan spin dari intinya adalah : $-\frac{3}{2}$, $-\frac{1}{2}$, $+\frac{1}{2}$, dan $+\frac{3}{2}$. Untuk inti dengan $I = 0$ tidak menunjukkan sifat-sifat magnet dan tidak akan memberikan sinyal dalam NMR. Bilangan kuantum spin dari beberapa inti dapat dilihat dalam Tabel 9.

Tabel 9. Bilangan kuantum spin dan bilangan inti yang umum

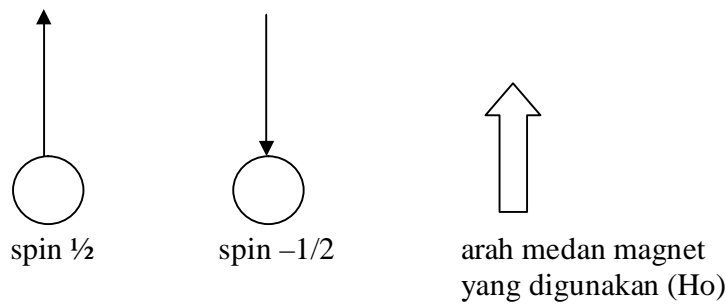
Inti	$^1\text{H}_1$	$^2\text{H}_1$	$^{12}\text{C}_6$	$^{13}\text{C}_6$	$^{14}\text{N}_7$	$^{16}\text{O}_8$	$^{17}\text{O}_8$	$^{19}\text{F}_9$	$^{31}\text{P}_{16}$	$^{35}\text{Cl}_{17}$
Bil. Kuantum spin Inti	$\frac{1}{2}$	1	0	$\frac{1}{2}$	1	0	$\frac{5}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{2}$
Jumlah kedudukan spin	2	3	0	2	3	0	6	2	2	4

Bila tidak ada medan magnet yang diberikan, semua kedudukan spin dari suatu inti mempunyai tenaga yang sama, dan semua kedudukan spin akan selalu mempunyai tenaga populasi yang sama. Beberapa inti dapat dipelajari dengan NMR, namun pembicaraan kita dibatasi dengan inti $^1\text{H}_1$ (proton).

Momen Magnet Inti

Inti mempunyai massa muatan. Di dalam beberapa inti muatan ini berputar pada sumbu inti dan akibat perputaran inti menghasilkan suatu dipol magnet sepaang sumbu yang mempunyai moment magnet (μ). Perputaran muatan inti ^1H akan menghasilkan medan magnet yang mempunyai moment magnet (μ) dan ini dapat dianalogkan sebagai magnet yang sangat kecil. Bila medan magnet luar (H_0) dikenakan terhadapnya maka magnet kecil tersebut berusaha untuk menyesuaikan moment magnetnya sepanjang arah medan magnet yang diberikan.

Proton, ^1H mempunyai bilangan kuantum putaran $\frac{1}{2}$, kedudukan spinnya 2, jadi kemungkinan orientasinya yaitu parallel (\uparrow) dan anti parallel (\downarrow) terhadap medan magnet luar. Dua keadaan tersebut dapat digambarkan dalam Gambar 40 berikut :



Gambar 40. Kedudukan dua spin dari proton

Apabila tidak ada pengaruh medan magnet, setiap proton mempunyai tenaga putaran yang sama dan putaran-putarannya mempunyai arah orientasi seimbang. Oleh karena ada medan magnet, putaran-putaran proton diarahkan baik parallel atau anti parallel terhadap medan dan perbedaan tenaga diantara dua orientasi ini sebanding dengan medan magnet luar :

$$\Delta E = k H_0 ; k = h \cdot \gamma / 2\pi$$

ΔE = perbedaan tenaga diantara dua orientasi

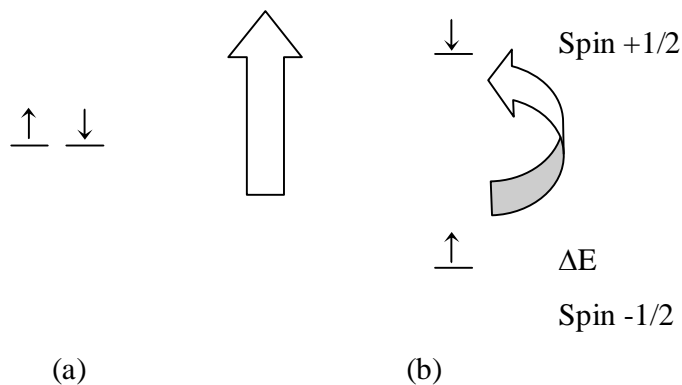
γ = tetapan untuk inti tertentu

H_0 = kuat medan magnet luar

h = tetapan Planck

Penyerapaan Tenaga

Coba Anda perhatikan diagram berikut :



Medan yang digunakan

(a) Kedudukan spin sebelum ada medan magnet H_0

(b) Kedudukan spin setelah ada medan magnet H_0

Dengan adanya perbedaan energi akibat proton diletakkan pada medan magnet H_0 , maka timbul perbedaan energi yang disebut ΔE makin besar kuat medan

diperlukan energi tinggi. ΔE adalah energi yang diperlukan untuk mengadakan “Flip” (dari kedudukan energi rendah ke kedudukan energi tinggi). Energi ini diberikan oleh radiasi elektromagnetik pada suatu daerah frekuensi (diperlukan 14092 gauss = radiasi elektromagnetik 60×10^6 cycles perdetik atau 60 MHz). Hubungan antara frekuensi dari radiasi ν dengan kuat medan magnet (H_0) adalah :

$$\begin{aligned} \nu &= \frac{\gamma H_0}{2\pi} \\ &= 2\pi \mu H_0 / h \end{aligned}$$

γ = ratio gyromagnetik (untuk proton $\gamma = 26,750$)

ν = frekuensi dari radiasi

μ = tetap untuk tiap inti

H_0 = kuat medan magnet

h = konstanta Planck

Mekanisme serapan (resonansi)

Untuk memudahkan Anda memahami sifat transisi spin inti, maka kiranya analogi mainan gasingan anaak-anak dapat digunakan. Tenaga diserap oleh proton karena kenyataannya bahwa mereka mulai berputar miring dalam medan magnet yang digunakan. Karena pengaruh medan gravitasi bumi, maka gasing mulai bergoyang sekitar sumbunya. Hal tersebut terjadi pula pada inti yang berputar akibat pengaruh medan magnet yang digunakan. Bila medan magnet diberikan, inti akan mulai presesi sekitar sumbu putarnya sendiri dengan frekuensi anguler (sudut ω). Frekuensi saat proton presesi adalah berbanding lurus dengan kekuatan medan magnet yang digunakan. Jika medan magnet yang digunakan adalah 14.100 Gauss, maka frekuensi presesi dari proton adalah sekitar 60 MHz. Karena ini mempunyai muatan, maka presesi menghasilkan getaran medan listrik dengan frekuensi yang sama. Jika gelombang frekuensi radio dari frekuensi yang sama ini digunakan terhadap proton yang berputar, maka tenaga dapat diserap. Bila frekuensi dari komponen medan listrik yang bergetar dari radiasi yang datang tepat sama dengan frekuensi dari medan listrik yang dihasilkan oleh inti yang berputar, dua medan dapat digabung dan tenaga dapat dipindahkan dari radiasi yang datang ke inti, sehingga menyebabkan muatan

berputar, keadaan ini disebut resonansi, dan dikatakan inti beresonansi dengan gelombang elektromagnetik yang datang.

Pergeseran kimia dan perlindungan

Kegunaan yang besar dari resonansi magnet inti adalah karena tidak setiap proton dalam molekul beresonansi pada frekuensi yang sama. Hal ini disebabkan karena proton dikelilingi elektron dan menunjukkan adanya perbedaan lingkungan elektronik antara satu proton dengan proton lainnya. Di dalam medan magnet, perputaran elektron-elektron valensi dari proton menghasilkan medan magnet yang melawan medan magnet yang digunakan. Besarnya perlindungan ini tergantung pada kerapatan elektron yang mengelilinginya. Makin besar kerapatan elektron yang mengelilingi inti, maka makin besar pula medan yang dihasilkan melawan medan yang digunakan, sehingga inti merasakan medan magnet yang mengenainya menjadi lebih kecil dan inti akan mengalami presisi pada frekuensi yang lebih rendah.

Perbedaan frekuensi resonansi antara proton yang satu dengan yang lainnya sangat kecil dan sangat sukar untuk mengukur secara tepat frekuensi resonansi dari setiap proton. Untuk memudahkan hal tersebut, maka digunakan senyawa standar yang ditambahkan ke dalam larutan yang akan diukur, dan frekuensi resonansi setiap proton dalam cuplikan diukur relatif terhadap frekuensi resonansi dari proton-proton senyawa standar. Senyawa standar yang umum digunakan adalah tetrametilsilan atau TMS ((CH₃)₄ Si). TMS dipilih sebagai senyawa standar, karena proton-proton dari gugus metil jauh lebih terlindungi bila dibandingkan dengan senyawa yang lainnya. Oleh karena itu bila kita mengukur suatu senyawa, maka resonansi dari protonnya dicatat dalam pengertian berapa jauh dalam Hz mereka digeser dari proton-proton TMS. Untuk menyatakan pergeseran kimia, biasanya digunakan skala delta (δ) yang didefinisikan sebagai berikut :

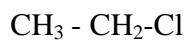
$$\delta = \frac{(\nu_{sp} - \nu_{std})}{\nu_{std}} \times 10^6 \text{ ppm}$$

dimana ν_{sp} dan ν_{std} adalah masing-masing frekuensi sampel dan standar (TMS). Satuan skala δ adalah part permilion (ppm). Bila nilai $\delta = 1,00$ berarti bahwa puncak muncul bagian perjuta atau part permilion dibawah medan puncak TMS. Jika

spektrum diukur pada 60 MHz (60×10^6 Hz), maka ppm sama dengan 60 Hz dibawah medan TMS. Satuan lain yang juga biasa digunakan adalah tau (τ), dimana $\tau = (10 - \delta)$. Spektrofotometer NMR biasanya mencatat dari harga δ yang tinggi ke harga yang rendah.

Dalam suatu molekul, proton-proton dengan lingkungan yang sama akan menyerap tenaga yang berbeda pula. Proton dengan lingkungan yang sama dikatakan ekuivalen. Jumlah sinyal dalam spektrum NMR dapat menerangkan pada kita berapa banyak proton-proton yang ekuivalen yang terkandung dalam suatu molekul. Sedangkan kedudukan sinyal akan membantu menerangkan kepada kita jenis proton-proton dalam suatu molekul, apakah aromatik, alifatik, primer, sekunder, tersier, benzil, vinil, asitilen, berdekatan dengan halogen atau gugus lainnya.

Contoh :



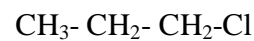
a b

Sinyal NMR 2



a b a

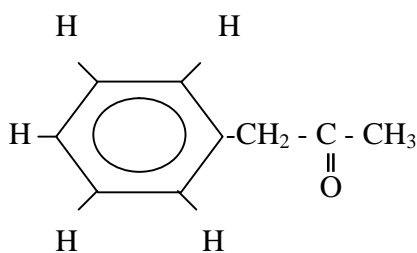
Sinyal NMR 2



a b c

Sinyal NMR 3

Demikian pula untuk senyawa fenil aseton, akan terdapat 3 tipe proton yang berbeda, yaitu :



5 proton

(δ 7,2)

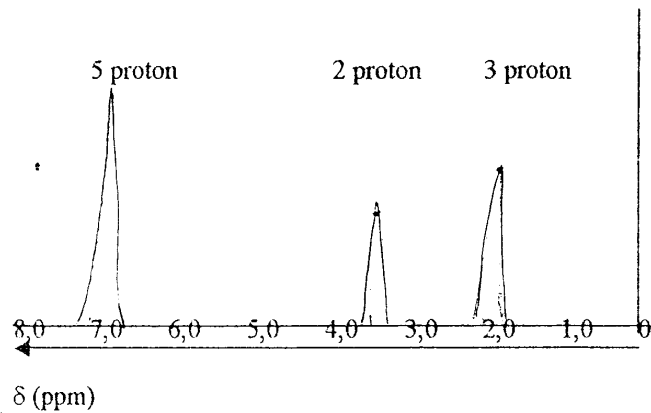
2 proton

(δ 3,6)

3 proton

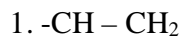
(δ 2,1)

Sehingga spektrofotometer NMR akan memberikan sinyal sebagai berikut :



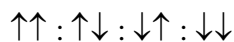
Namun demikian, karena adanya *spin-spin coupling* (perjodohan spin) kebanyakan spektra NMR tidaklah menunjukkan puncak yang *single* tetapi akan bergerombol.

Contoh :



(a) (b)

Signal H_b digeser ke *upfield* atau *downfield* tergantung spin H_a searah atau berlawanan dengan medan magnet. Separuh molekul H_a berspin \uparrow dan separuh berspin \downarrow ; H_b akan terlihat *doublet* bukan *singlet*. Dua H_b memecah signal H_a, ada 4 kedudukan spin untuk dua H_b :



ditengah ada 2 kedudukan spin berefek sama, maka signal H_a dipecah menjadi triplet dengan perbandingan 1 : 2 : 1



(a) (b)

H_b akan nampak sebagai *doublet* karena efek dari H_a, sedang H_a akan nampak sebagai kuartet karena efek dari 3 H_b yang dilukiskan sebagai berikut :

↑↑↑ : ↑↑↓ : ↑↓↑ : ↓↑↑ : ↑↓↓ : ↓↓↑ : ↓↑↓ : ↓↓↓

1 3 3 1

intensitas yang diperoleh 1 : 3 : 3 : 1

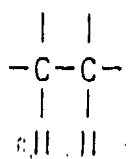
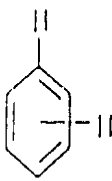
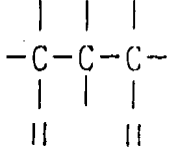
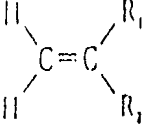
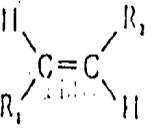
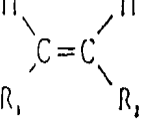
Pemecahan (*splitting*) mencerminkan lingkungan dari proton-proton yang menyerap tidak terhadap elektron-elektron tetapi terhadap proton-proton yang berdekatan. Seperti pada contoh no.1 medan magnet yang mengenai sebuah proton sekunder pada keadaan tertentu akan sedikit dinaikkan atau sedikit diturunkan oleh pengaruh spin dari proton tersier yang berdekatan. Dinaikkan kalau proton tersier searah dengan medan magnet yang diberikan atau diturunkan jika proton tersier berlawanan arah dengan medan yang diberikan, sehingga separuh dari molekul serapan oleh sebuah proton sekunder digeser sedikit kearah *downfield* dan separuh molekul lain digeser ke *upfield*. Signal dipecah menjadi 2 puncak disebut *doublet* dengan intensitas puncak yang sama. Secara umum sekelompok dari n proton yang ekuivalen akan memecah signal NMR menjadi n + 1 puncak. Intensitas relatif dari hokum n + 1 digambarkan oleh **segitiga Pascal** sebagai berikut :

1	singlet n = 0
1 1	singlet n = 1
1 2 1	singlet n = 2
1 3 3 1	singlet n = 3
1 4 6 4 1	singlet n = 4
1 5 10 10 5 1	singlet n = 5

dan seterusnya.

Jarak antara garis pada multiplet adalah konstan untuk suatu tipe dan ini disebut tetapan perjodohan (*coupling constant*) ditulis J dengan satuan Herz (Hz). Harga J tergantung dari struktur dan inti nantinya bisa dipakai untuk membuktikan suatu struktur.

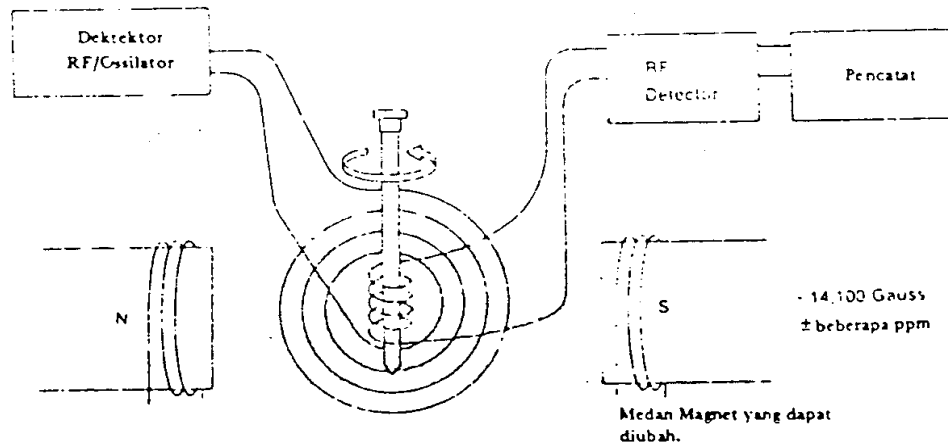
Tabel 10. Beberapa Tetapan Perjodohan

Gugus	J (Hz)	Gugus	J (Hz)
	6-8		orto 6-10 meta 1-3 para 0-1
	0-1		0-3
	12-18		6-12

Dari Tabel 10 terlihat bahwa besarnya tetapan perjodohan dipengaruhi oleh jarak, yaitu menurun dengan bertambahnya jarak. Proton yang terletak pada karbon yang bersebelahan menunjukkan pemisahan yang cukup besar ($J = 6 - 8$ Hz). Sedangkan proton yang terletak berjauhan hampir tidak dipengaruhi kehadiran proton lainnya ($J = 0 - 1$ Hz). Sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 10 tersebut tetapan perjodohan dapat dipakai untuk membedakan isomer-isomer cis-trans atau kedudukan substituen orto, meta, dan para pada cincin benzena.

Instrumentasi spektroskopi NMR

Komponen spektrofotometer NMR terdiri dari, tempat, sampel, celah magnet, ossilator radio frekuensi, detektor radio frekuensi, audio amplifier, pencatat (*recorder*). Skema alat spektrofotometer NMR dapat dilihat pada Gambar 41.



Gambar 41. Skema alat spektrofotometer NMR

Tempat sampel

Tempat sampel berupa tabung gelas yang berbentuk silindris, diletakkan diantara dua kutub magnet. Sampel dilarutkan dalam pelarut tak mengandung proton seperti CCl_4 , CDCl_3 , D_2O atau acetonitril dan sejumlah kecil TMS ditambahkan sebagai standar internal, kemudian dimasukkan kedalam tempat sampel. Sampel kemudian diputar sekitar sumbunya untuk mengusahakan agar semua bagian dari larutan terkena medan magnet yang sama.

Celah magnet

Magnet terdiri dari dua bagian, magnet pokok mempunyai kekuatan sekitar 14.100 Gauss, dan ia ditutup oleh potongan-potongan kecil kutub elektromagnet. Pada celah magnet terdapat kumparan yang dihubungkan dengan osilator frekuensi radio (RF) 60 MHz.

Osilator frekuensi radio

Osilator frekuensi radio akan memberikan tenaga elektromagnetik sebesar 60 MHz melalui kumparan yang dihubungkan pada celah sampel. Kumparan selanjutnya memberikan tenaga elektromagnetik yang digunakan untuk mengubah orientasi perputaran proton. Kebanyakan spektrofotometer NMR menggunakan sinyal

frekuensi RF tetap dan mengubah-ubah kekuatan medan magnet untuk membawa setiap proton mengalami resonansi.

Detektor radio frekuensi

Kumparan detektor berada tegak lurus dengan kumparan osilator RF. Bila ada tenaga yang diserap, kumparan detektor tidak menangkap tenaga yang diberikan oleh kumparan osilator RF. Bila sampel menyerap tenaga, maka putaran inti akan menghasilkan sinyal frekuensi rasio pada bidang kumparan detektor, dan alat memberikan respon ke pencatat sebagai sinyal resonansi atau puncak.

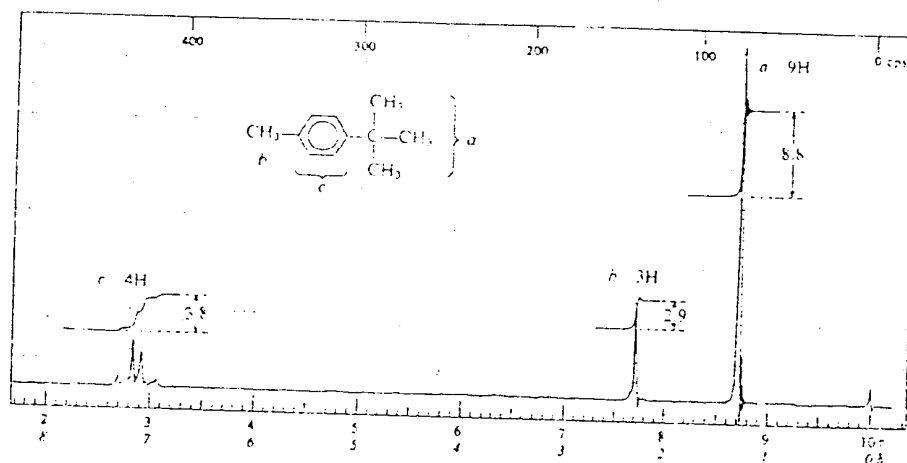
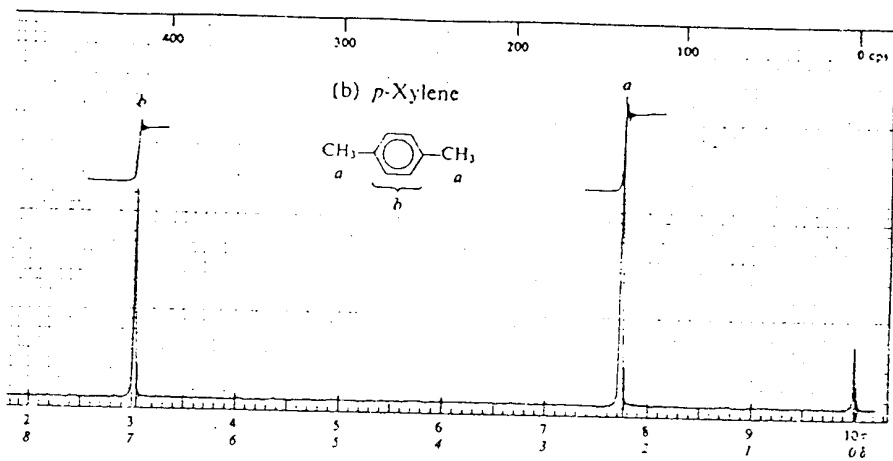
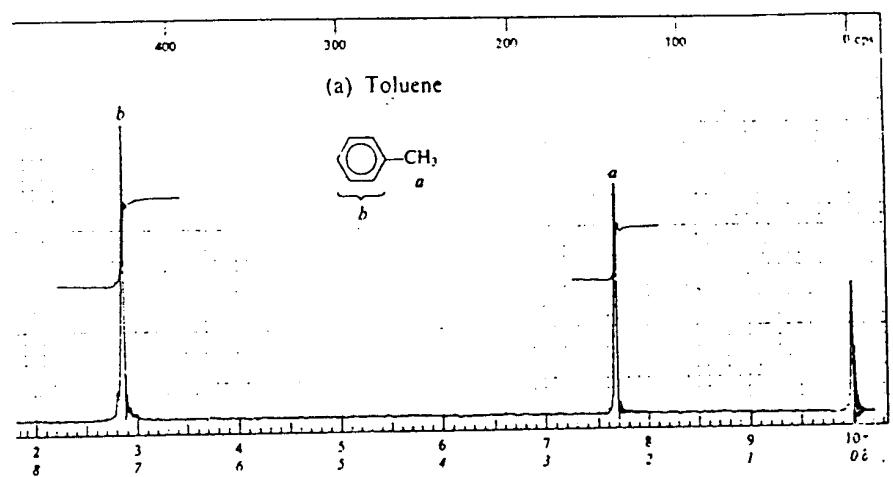
Pencatat

Pencatat berfungsi untuk menangkap sinyal resonansi atau puncak. Sebelum sinyal sampai ke pencatat biasanya dilewatkan terlebih dahulu ke audio amplifier untuk menggandakan sinyal, sehingga menjadi lebih nampak.

Penerapan spektroskopi NMR

Dalam menginterpretasi spektrum NMR, ada empat langkah yang perlu diperhatikan, yaitu :

1. Jumlah sinyal, yang menerangkan kepada kita ada berapa macam perbedaan dari proton-proton yang terdapat dalam molekul.
2. Kedudukan sinyal, yang menerangkan kepada kita sesuatu tentang lingkungan elektronik dari setiap macam proton.
3. Intensitas sinyal, yang menerangkan kepada kita berapa banyak proton dari setiap macam proton yang ada.
4. Pemecahan (*splitting*) dari sebuah sinyal menjadi beberapa puncak, yang menerangkan kepada kita tentang lingkungan dari sebuah proton dengan lainnya yaitu proton-proton yang berdekatan. Sebagai contoh dari uraian tersebut, maka perhatikan spektra NMR dari toluene; p-exilen, dan mesitelen.

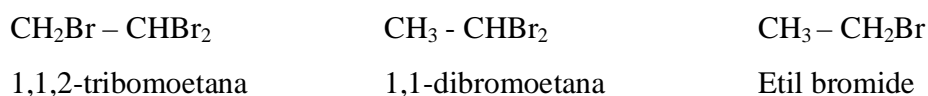


Gambar 42. Spektra NMR dari (a) Toluena; (b) *p*-Xilena; dan (c) Mesitilena

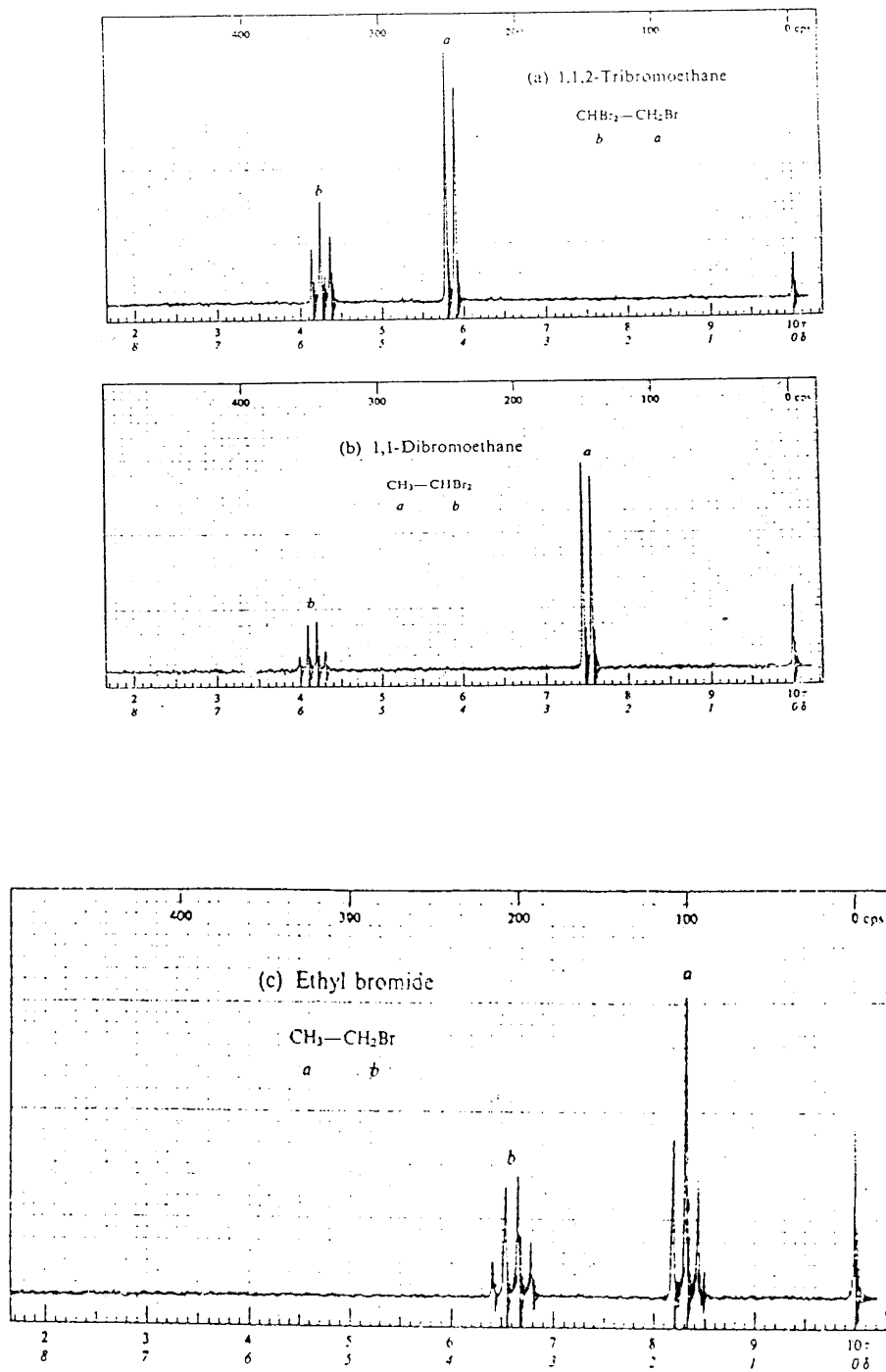
Dalam ketiga spektra tersebut terlihat adanya dua puncak serapan. Dalam setiap proton –proton dari cincin menunjukkan serapan *low field*, yang karakteristik dari proton-proton aromatik dan untuk ketiga jenis senyawa tersebut mempunyai pergeseran kimia yang hampir sama yaitu pada δ 7,17; 7,05; dan 6,79. setiap senyawa di atas, proton-proton rantai samping cukup dekat dengan cincin, yang memberikan pengaruh kecil terhadap gejala *deshielding* dari elektron-elektron phi hingga serapan terjadi sekitar *down field* dari proton-proton alkil pada umumnya, yaitu pada δ 2,32; 2,30; dan 2,15.

Sekarang kita perhatikan intensitas relatif dari masing-masing serapan. Dari ketinggian puncak-puncak secara kasar kita melihat bahwa puncak high field untuk proton-proton rantai samping lebih kecil daripada puncak low field dari proton-proton aromatik. Perbandingan yang didasarkan pada luasan dibawah puncak, menunjukkan bahwa puncak-puncak untuk proton-proton rantai samping dan proton-proton aromatik mempunyai harga dengan perbandingan 3 : 5 untuk Toluene; 3: 2 untuk p-Xilena; dan 3:1 untuk mesitilena. Keadaan ini merupakan gambaran yang umum dari semua spektra NMR. Luas dibawah sinyal NMR adalah berbanding langsung dengan jumlah proton yang menimbulkan sinyal.

Sebuah spektrum NMR menunjukkan sebuah sinyal untuk setiap jenis proton dalam suatu molekul. Namun jika kita perhatikan ternyata kebanyakan dari spektrum NMR jauh lebih kompleks. Hal ini disebabkan oleh pengaruh dari lingkungan proton sekitar. Sebagai contoh adalah spektra yang ditunjukkan oleh tiga senyawa berikut :

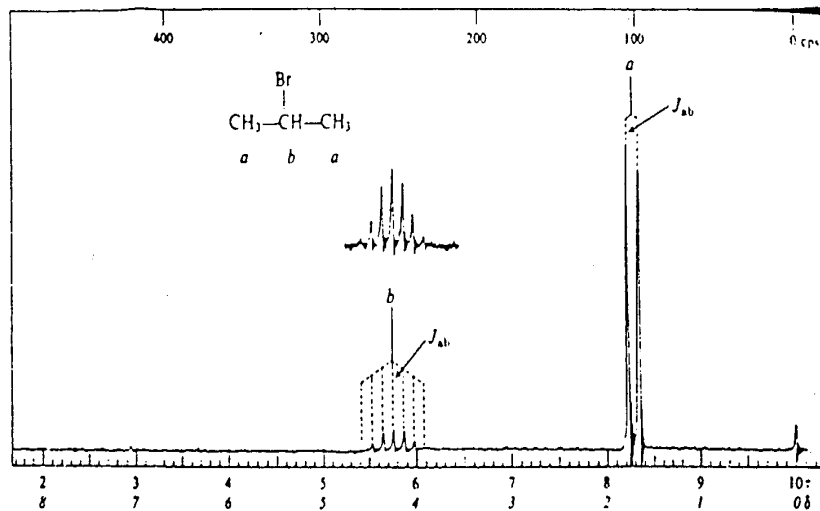


Setiap senyawa hanya mengandung dua macam proton, sehingga seharusnya terdapat dua puncak. Tetapi kenyataannya masing-masing mempunyai puncak sebanyak lima, enam, dan tujuh. Spektrum dari masing-masing senyawa tersebut dapat dilihat dalam Gambar 43.



Gambar 43. Spektra NMR dari (a) 1,1,2-tribromoetana, (b) 1,1-dibromoetana, dan (c) Etil bromida.

Hal yang sama terjadi pada spektra isopropilbromida (Gambar 44). Serapan oleh enam proton metil Ha muncul sebagai *upfield*, dipecah menjadi sebuah *doublet* oleh proton tunggal Hb yang berdekatan. Proton tunggal Hb muncul pada *down field* dipecah menjadi septet oleh enam proton Ha.



Gambar 44. Spektrum NMR Isopropilbromida

Latihan 1

1. Sebutkan dua informasi penting yang dapat diperoleh dari spektroskopi NMR!
2. Berilah dua contoh inti atom yang memiliki spin !
3. Berilah dua contoh inti atom yang tidak memiliki spin !
4. Sebutkan berapa jumlah sinyal yang akan diperoleh dari senyawa berikut :
 - a. $\text{Cl}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$
 - b. $\text{C}_6\text{H}_5-\text{COH}$
 $\begin{array}{c} || \\ \text{O} \end{array}$
 - c. $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{COH}$
 - d. $\text{C}_6\text{H}_5-\text{C}-\text{CH}_3$
 $\begin{array}{c} || \\ \text{O} \end{array}$
5. Mengapa dalam kimia analisis secara spektrofotometer NMR sampel harus dicampur dengan TMS (tetrametilsilan)?

Petunjuk penyelesaian soal latihan 1.

1. Soal no. 1 – 3, coba Anda jawab terlebih dahulu, jika belum bisa, baca kembali bagian awal modul ini.

2. Soal no. 4, coba Anda tentukan terlebih dahulu jenis-jenis proton yang memiliki lingkungan sama. Jumlah signal akan tergantung pada jenis proton dalam suatu senyawa.
3. Soal no. 5 penjelasannya ada pada bagian awal modul ini.

Rangkuman

Spektroskopi NMR memberikan informasi mengenai jumlah, sifat dan lingkungan atom hidrogen dalam suatu molekul. Konsep dasar spektroskopi NMR ditimbulkan adanya fenomena dari inti atom yang memiliki medan magnet. Dalam medan magnet yang kuat inti-inti atom tersebut dapat berorientasi dengan tenaga potensial yang sesuai.

Kegunaan yang besar dari resonansi magnet ini adalah karena tidak setiap proton dalam molekul beresonansi pada frekuensi yang sama. Hal ini disebabkan karena proton dikelilingi elektron dan menunjukkan adanya perbedaan lingkungan elektronik antar satu proton dengan proton lainnya.

Komponen spektrofotometer NMR terdiri dari, tempat sampel, celah magnet, oscillator radio frekuensi, detektor radio frekuensi, audio amplifier, pencatat (*recorder*). Sampel dilarutkan dalam pelarut yang tidak mengandung proton (misalnya CCl_4) dan sejumlah kecil TMS ditambahkan sebagai standar internal, kemudian dimasukkan kedalam tempat sampel. Sampel kemudian diputar sekitar sumbunya untuk mengusahakan agar semua bagian dari larutan terkena medan magnet yang sama.

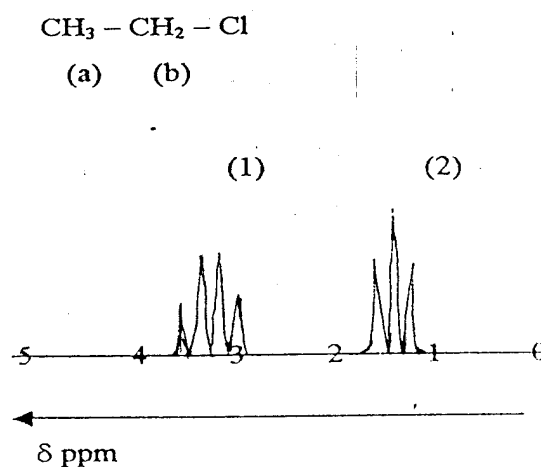
Tes formatif

1. Diantara beberapa inti atom berikut tidak memiliki spin adalah :



2. Informasi yang dapat diperoleh dari spektroskopi NMR adalah ...
 - a. jumlah dan sifat proton

- b. nomor massa
 - c. kelimpahan proton
 - d. jumlah spin inti
3. Jenis proton yang terdapat pada senyawa $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{OH}$ adalah ...
- a. 4 jenis
 - b. 3 jenis
 - c. 7 jenis
 - d. 8 jenis
4. Jumlah sinyal spektroskopi NMR yang diperoleh pada senyawa $\text{CH}_3 - \text{CO} - \text{CH}_3$ adalah ...
- a. 1 puncak
 - b. 2 puncak
 - c. 3 puncak
 - d. 6 puncak
5. Di bawah ini spektrum NMR untuk senyawa



- Puncak absorpsi yang paling sesuai untuk masing masing proton adalah ...
- a. H_a terdapat pada serapan no.1
 - b. H_a terdapat pada serapan no.2
 - c. H_b terdapat pada serapan no.1
 - d. Kedua jenis proton tersebut adalah sama
6. Komponen instrumen NMR berfungsi untuk memberikan tenaga elektromagnetik adalah ...

- a. Jenis pelarut Kumparan
 - b. Celah magnet
 - c. Ossilator frekuensi radio
 - d. Detektor
7. Yang tidak bisa digunakan dalam analisis sampel secara spektroskopi NMR adalah ...
- a. CDCl_3
 - b. D_2O
 - c. CCl_4
 - d. Aseton
8. Standar internal yang biasa digunakan dalam analisis sampel secara spektroskopi NMR adalah ...
- a. CDCl_3
 - b. D_2O
 - c. CCl_4
 - d. TMS
9. Perhatikan senyawa berikut ini :
- $$\text{CH}_3 - \text{CH} = \text{CH} - \text{COH}$$
- (a) (b) (c) (d)
- Proton yang akan memberikan sinyal NMR dengan harga δ (ppm) paling besar adalah
- a. Ha
 - b. Hb
 - c. Hc
 - d. Hd
10. Perhatikan senyawa $\text{CHCl}_2 - \text{CH}_2 - \text{OH}$
- (a) (b) (c)
- Sinyal dari proton yang akan mengalami *splitting* menjadi *doublet* adalah ...
- a. Ha
 - b. Hb
 - c. Hc
 - d. Tidak ada

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.