

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Tinjauan Umum Botani *Tabernaemontana sphaerocarpa* Bl

Menurut Tjitrosoepomo (2000), taksonomi tumbuhan *Tabernaemontana sphaerocarpa* Bl diklasifikasikan sebagai berikut :

- Divisio : Spermatophyta
- Sub divisio : Angiospermae
- Kelas : Dicotyledonae
- Ordo : Apocynales
- Famili : Apocynaceae
- Genus : *Tabernaemontana*
- Spesies : *Tabernaemontana sphaerocarpa*



**Gambar 1.** Tumbuhan *Tabernaemontana sphaerocarpa* Bl

Di Logas Tanah Darat Kabupaten Kuantan Singingi tumbuhan ini dikenal dengan sebutan mentimun gagak. Tumbuhan ini digunakan oleh masyarakat Kuantan Singingi sebagai obat anti malaria, keseleo, kudis, dan bisul (Eryanti, dkk. 2004).

#### 2.2 Tinjauan Umum Senyawa Metabolit Sekunder

Sejak zaman dahulu orang-orang telah mengisolasi senyawa organik dari tumbuh-tumbuhan. Proses isolasi senyawa terpenoid seperti monoterpenoid dari tumbuhan dilakukan dengan cara pemanasan atau destilasi uap, dari tumbuhan itu

diperoleh campuran odoriferous yang dikenal sebagai minyak atsiri. Senyawa ini telah digunakan untuk obat-obatan dan untuk pembuatan parfum (Harborne, 1987).

Senyawa terpenoid yang meliputi steroid dan karetenoid, sekarang merupakan bagian utama dalam bidang kimia organik dan bahan alam. Kebanyakan senyawa terpenoid terdapat bebas sebagai glikosida, ester dari asam organik, dan sebagainya ada yang terikat dengan protein (Sastrohamidjojo, 1996).

Alkaloid merupakan senyawa metabolit sekunder yang mengandung unsur N dan secara fisiologis adalah aktif. Senyawa ini dihasilkan oleh tumbuhan, hewan, jamur dan bakteri. Namun penyebaran alkaloid terbanyak adalah pada tumbuhan (Cordell, 1981). Alkaloid biasanya terikat dalam bentuk gabungan sistem siklik, bersifat optis aktif dan berbentuk kristal. Namun demikian ada yang berbentuk zat cair pada suhu kamar (Kusuma, 1988).

Berdasarkan taksonomi beberapa famili dikenal sebagai famili penghasil alkaloid diantaranya adalah Rubiaceae, Leguminosaceae, dan Apocynaceae. Pada famili Papaveraceae, semua jenis dari seluruh genusnya diketahui mengandung alkaloid (Cordell, 1981 dan Tyler, 1976).

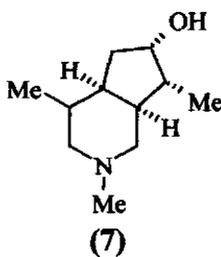
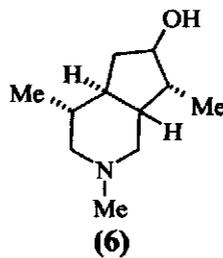
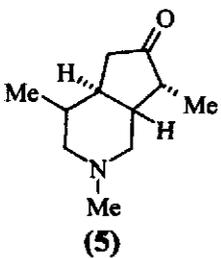
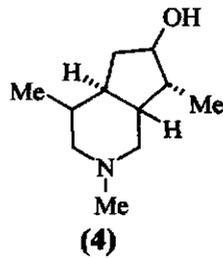
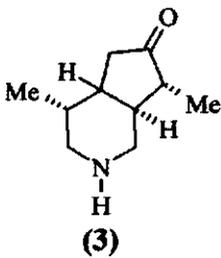
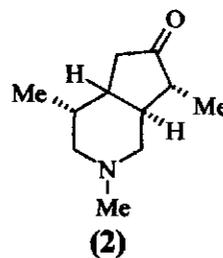
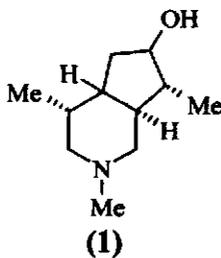
Senyawa fenol meliputi aneka ragam senyawa yang berasal dari tumbuhan yang mempunyai ciri sama yaitu cincin aromatik yang mengandung satu atau dua gugus hidroksil. Senyawa fenol cenderung mudah larut dalam air karena berikatan dengan gula sebagai glikosida dan biasanya terdapat dalam vakuola sel. Cara klasik untuk mendeteksi senyawa fenol sederhana ialah dengan menambahkan larutan besi (III) klorida 1% dalam air atau etanol kepada larutan cuplikan yang menimbulkan warna hijau, merah, ungu, biru atau hitam yang kuat. Semua senyawa fenol berupa senyawa aromatik sehingga semuanya menunjukkan serapan kuat daerah spektrum UV (Harborne, 1987).

### **2.3 Tinjauan Umum Dan Senyawa Kimia Famili Apocynaceae**

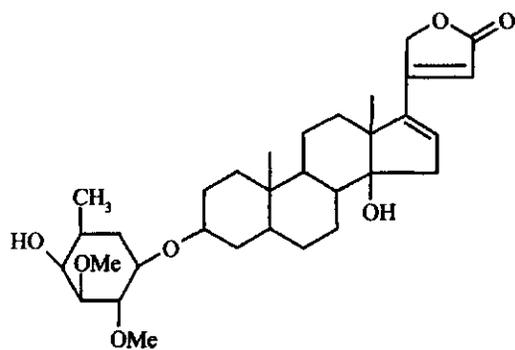
Famili Apocynaceae berupa pohon perdu semak kering memanjat dan bergetah. Daun tunggal yang seluruhnya berhadapan atau dalam karangan, tanpa daun penumpu, bertepi rata. Kelopak kebanyakan berbiji lima. Mahkota berdaun lekat

dengan letak yang berputar. Benang sari tertancap pada tabung mahkota berseling dengan lekukan. Kepala sari beruang dua. Tonjolan dasar bunga biasanya tidak ada, sering terdiri dari sisik. Bakal buah kebanyakan dua terpisah, tetapi dihubungkan dengan tangkai putik beruang satu (Steenis, 2003).

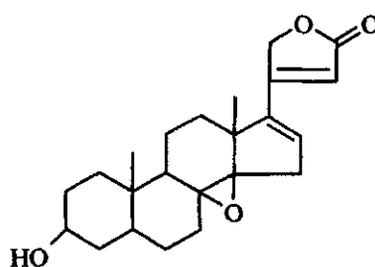
Pada penelitian terdahulu Chen Wei dkk., tahun 1997 menemukan senyawa alkaloid monoterpen baru seperti : kinabalurin A (1), kinabalurin B (2), kinabalurin C (3), kinabalurin D (4), kinabalurin E (5), kinabalurin F (6) dan inkarvilin (7) yang diperoleh dari ekstrak etanol daun spesies *Kopsia pauciflora*.



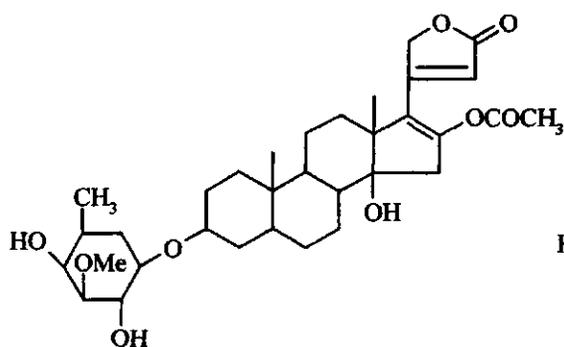
Pada tahun 1997, Siddiqui telah berhasil menemukan dua senyawa baru kardenolida yaitu nerizosida (8) dan dehidroadinerigenin (9) dan dua senyawa jenis kardenolida yang lain yaitu neritalosida (10) dan odorosida (11) yang diisolasi dari daun *Nerium oleander*.



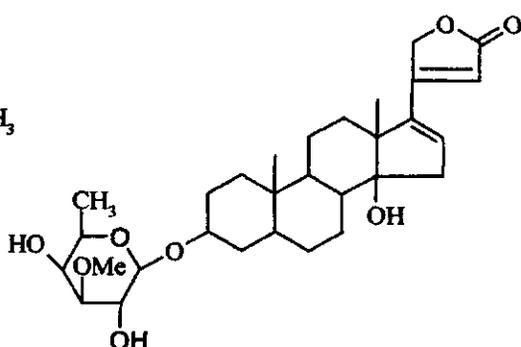
(8)



(9)

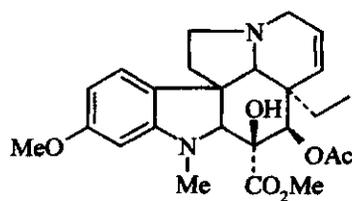


(10)



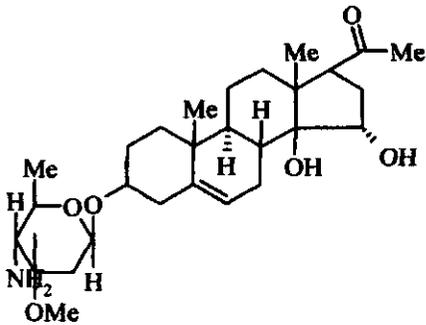
(11)

Spesies *Catharanthus roseus* (tapak dara) mengandung senyawa alkaloid turunan indol yaitu vindolin (12), yang mempunyai aktifitas biologis dan digunakan untuk pengobatan kanker (O'keefe, 1997).

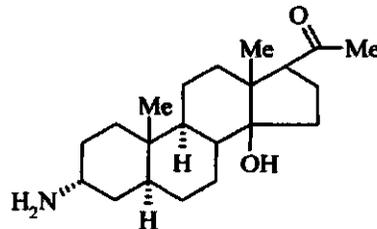


(12)

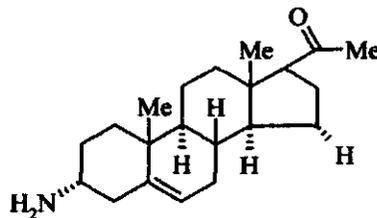
Tahun 2001, Gerasimenko dkk telah berhasil menemukan tiga senyawa baru yaitu senyawa 3-okso-rhazinilam (13), alkaloid rhazinilam (14) dan 3-okso-14, 15-dehidro-rhazinilam (15) yang strukturnya sebagai berikut :



(13)



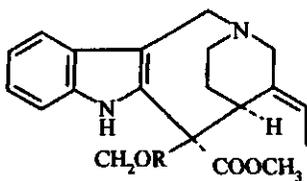
(14)



(15)

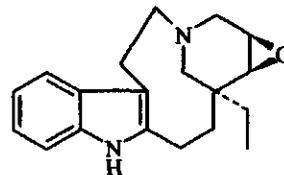
#### 2.4 Senyawa Kimia Genus *Tabernaemontana*

Tahun 1994, Denise Dagnino dkk., telah berhasil menemukan tiga senyawa baru dari tumbuhan *Tabernaemontana divaricata* yaitu vallesamin (16), O-asetilvallesamin (17), dan voapillin (18).



(16) R= H

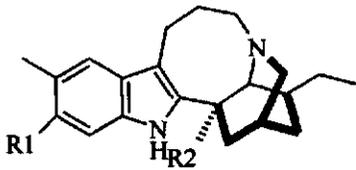
(17) R= COCH<sub>3</sub>



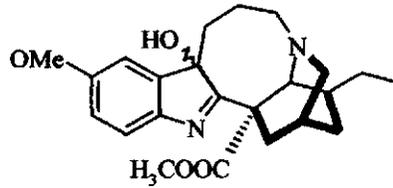
(18)

Tahun 2005, Andrade dkk telah berhasil menemukan sepuluh senyawa alkaloid indol dari tumbuhan *Tabernaemontana australis* Muell. Arg yaitu koronaridin (19), voakangin (20), ibogamin (21), ibogain (22), ibogalin (23), desetil-

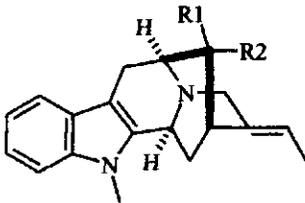
voakangin (24), voakangin hidroksiindolenin (25), rupikolin (26), voakalotin (27), affinisin (28).



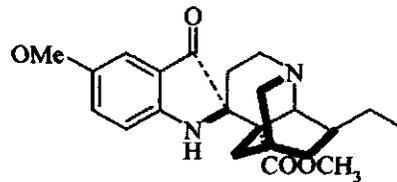
- (19)  $R=R_1=H, R_2=COOCH_3$   
 (20)  $R=H, R_1=OCH_3, R_3=COOCH_3$   
 (21)  $R=R_1, R_2=H$   
 (22)  $R=OCH_3, R_1=R_2=H$   
 (23)  $R=R_1=OCH_3, R_2=H$   
 (24)  $R=H, R_1=OCH_3, R_2=COOCH_3$



(25)



- (26)  $R=COOCH_3, R_1=CH_3OH$   
 (27)  $R=CH_3OH, R_1=H$



(28)

## 2.5 Metoda Ekstraksi dan Isolasi Bahan Alam

### 2.5.1 Penanganan sampel bahan alam

Dalam analisis fitokimia, tumbuhan yang digunakan idealnya dalam keadaan segar. Tumbuhan dapat dikeringkan atau dibasahi dengan alkohol mendidih. Selanjutnya disimpan dalam kantong plastik yang ditutup rapat atau dihaluskan menjadi serbuk untuk diekstraksi dengan pelarut. Pengeringan harus dilakukan dalam keadaan terawasi yaitu tanpa menggunakan suhu tinggi atau terkena langsung dengan sinar matahari karena bisa menyebabkan hilangnya senyawa yang terkandung dalam sampel tersebut (Sudjadi, 1988).

Untuk menganalisis, kita harus menggunakan tumbuhan yang tidak berpenyakit, terinfeksi virus, bakteri, jamur atau lumut. Sebab hasil sintesa mikroba yang mungkin terdeteksi, tetapi infeksi pun mungkin mengubah metabolisme

tumbuhan secara serius dan membentuk hasil yang tidak diharapkan, bahkan dalam jumlah besar (Harborne, 1987).

### 2.5.2 Metoda ekstraksi

Ekstraksi adalah proses pengambilan komponen yang larut dari bahan atau campuran, dengan menggunakan pelarut seperti air, alkohol, eter, aseton dan sebagainya. Metoda ekstraksi yang dipilih untuk mendapatkan senyawa bahan alam tergantung pada jenis sampel tumbuhan yang ada. Terutama tergantung pada keadaan fisik senyawa tersebut, misalnya senyawa yang berupa cairan yang tidak mudah menguap (Sudjadi, 1988).

Ada beberapa teknik ekstraksi senyawa bahan alam yang umum digunakan antara lain maserasi, perkolasi, sokletasi. Maserasi biasanya dilakukan untuk bagian tumbuhan yang teksturnya lunak, seperti bunga dan daun. Senyawa organik metabolit sekunder yang ada dalam bahan alam tersebut umumnya dalam persentase yang cukup banyak. Cara lain yang digunakan adalah perkolasi, cara ini digunakan untuk bagian tumbuhan yang teksturnya keras seperti akar, batang, biji dan apabila senyawa kimia akan diekstrak dalam persentase yang cukup sedikit. Sedangkan teknik sokletasi digunakan untuk sampel yang senyawa kimianya tahan panas. Prinsipnya yaitu menggunakan suatu pelarut yang mudah menguap dan dapat melarutkan senyawa organik yang terdapat dalam bahan alam tersebut. Semua teknik di atas penguapan pelarutnya menggunakan *rotary evaporator* (Sharp dkk.,1989).

## 2.6 Metoda Kromatografi

Proses kromatografi dikemukakan pertama kali oleh seorang ahli botani dari Rusia, Michael Tsweet pada tahun 1903. Nama kromatografi berasal dari kata Yunani. Kroma artinya warna dan Grafi artinya menulis. Kromatografi merupakan suatu teknik pemisahan yang menggunakan dua fase yaitu fase diam dan fase gerak. Cara kromatografi digolongkan sesuai dengan sifat-sifat dari fase diam, jika fase diam berupa zat padat maka cara tersebut dikenal dengan nama kromatografi serapan,

sedangkan jika fase diamnya zat cair maka disebut kromatografi partisi (Sastrohamidjojo, 1985).

Dalam kromatografi kolom berlaku prinsip *like dissolve like*, artinya polar menyukai yang polar dan tak polar menyukai yang tak polar. Dalam hal ini fase diam yang polar akan mengikat lebih kuat komponen yang relatif polar sedangkan fase diam yang tidak polar akan mengikat komponen yang tidak polar, hal yang sama berlaku untuk fase gerak (Day dkk, 1991).

*Pemisahan dan pemurnian kandungan tumbuhan biasanya dilakukan dengan salah satu dari beberapa teknik kromatografi atau gabungan dari kromatografi tersebut. Teknik-teknik kromatografi tersebut adalah kromatografi kertas, kromatografi lapis tipis (KLT), kromatografi kolom, kromatografi vakum cair, kromatografi cepat dan kromatografi sentrifugal (Pecsok dkk, 1976).*

### 2.6.1 Kromatografi lapis tipis

Kromatografi Lapis Tipis (KLT) fase diamnya berupa lapisan tipis dan fase gerak mengalir karena daya kapiler. Lapisan tipis (tebal 0,1 – 2 mm) ini terdiri dari bahan padat yang dilapiskan pada permukaan penyangga datar yang biasanya terbuat dari kaca, tetapi dapat pula terbuat dari plat polimer atau logam. Lapisan tipis melekat pada permukaan dengan bantuan bahan pengikat, biasanya kalsium sulfat atau amilum (pati). Lapisan tipis pada kromatografi ini biasanya berfungsi sebagai permukaan padat yang menyerap (Jenks dkk.,)

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi harga  $R_f$  adalah :

1. Struktur kimia dari senyawa yang dipisahkan
2. Sifat penyerap dan derajat aktifitasnya
3. Tebal dan kerapatan lapisan penyerap
4. Pelarut sebagai fasa gerak (murni)
5. Derajat kejenuhan dari uap dalam bejana pengembang
6. Jumlah cuplikan yang digunakan
7. Suhu

Beberapa keunggulan dari kromatografi lapis tipis menurut Gritter (1991) adalah sebagai berikut :

1. Peralatan sederhana
2. Biaya murah
3. Waktu analisis pendek
4. Daya pemisahan baik
5. Memungkinkan menggunakan pereaksi agresif yang harus dihindarkan pada kromatografi kolom
6. Dapat menganalisa beberapa campuran secara bersama-sama atau sekaligus.

### 2.6.2 Kromatografi kolom

Kromatografi kolom merupakan cara pemisahan dalam skala lebih besar dari KLT mulai dari beberapa mg sampel sampai puluhan gram, tergantung pada diameter kolom. Kromatografi ini merupakan salah satu metoda kromatografi dengan fasa gerak cair dan fasa diam padat. Penggunaan fasa gerak (eluen) disesuaikan dengan kepolaran senyawa yang akan dipisahkan (Gritter, 1991).

Pemisahan dilakukan dengan menggunakan kolom kaca yang dapat diisi dengan bahan penyerap (adsorben) seperti alumina dan silika gel dan dialiri dengan pelarut seperti heksan, etil asetat dan metanol sebagai fasa gerak. Perbandingan sampel dengan silika gel adalah 1 : 20-50 dengan tinggi kolom 15-20 cm. Cara persiapan sampel bisa dengan menggunakan pelarut atau dimasukkan melalui sebelah atas kolom kemudian dielusikan sehingga membentuk pita-pita serapan dari cuplikan tersebut. Kecepatan bergerak dari suatu komponen bergantung pada beratnya ia terhambat atau tertahan oleh penyerap di dalam kolom. Jadi, senyawa yang diserap lemah akan bergerak lebih cepat daripada yang diserap kuat (Sastrohamidjojo, 1985).

Untuk mengoptimalkan hasil pemisahan dapat pula menggunakan kolom yang dilengkapi dengan aliran tekanan udara yang berasal dari aerator. Tekanan udara akan mempercepat proses elusi dalam kolom. Teknik ini lebih menguntungkan karena memisahkan dengan baik, tidak memakan waktu yang cukup lama, elusi berjalan dengan baik jika dibandingkan dengan tanpa tekanan udara (Hostettmann, 1995).

Kolom merupakan jantung kromatografi, berhasil atau tidaknya tergantung pada pilihan kolom dan kondisi kerja yang tepat. Kolom dapat dibagi menjadi dua kelompok :

- a. kolom analisis, garis tengah-dalam 2-6 mm, panjangnya tergantung pada kemasan, untuk kemasan partikel biasanya panjang kolom 50-100 cm, untuk kemasan mikropartikel berpori biasanya panjang kolom 10-30 cm
- b. kolom preparatif, umumnya bergaris tengah 5 cm atau lebih dan panjangnya 25-100 cm (Gritter dkk, 1991).

Kecepatan gerak suatu komponen tergantung pada seberapa komponen itu tertahan oleh penyerap dalam kolom (Sudjadi, 1983).

### 2.6.3 Kromatografi cepat

Prinsip dari kromatografi cepat atau *Flash Chromatography* hampir sama dengan kromatografi kolom hanya pada *Flash Chromatography* memerlukan tekanan sebesar  $\pm 30$  psi menggunakan gas nitrogen. Keuntungannya adalah proses pemisahan lebih cepat dan bisa memisahkan dengan perbedaan Rf 0,1. Fasa diam yang digunakan adalah silika gel 270-400 mesh. Kecepatan turun eluen sebaiknya 50 ml/menit dengan ketinggian fasa diam 15 cm (Hostettmann dkk., 1995).

### 2.6.4 Kromatografi vakum cair

Kromatografi jenis ini pertama kali diperkenalkan oleh Coll dkk, pada tahun 1977. Metoda ini digunakan oleh Coll dkk, untuk mengisolasi diterpen senbrenoid dari terumbu karang lunak Australia. Kromatografi cair vakum menggunakan silika gel 60 (63-200  $\mu\text{m}$ , merck) dengan perbandingan antara sampel dan fasa diam 1 : 20-50. Pada tahun 1979 cara ini dimodifikasi oleh Targett agar sistem bekerja pada kondisi vakum terus menerus, akan tetapi cara yang diperkenalkan oleh Coll dkk, cukup baik untuk fraksinasi ekstrak tumbuhan secara kasar. Kromatografi vakum cair yang diperkenalkan oleh Coll dkk, menggunakan corong buchner kaca maser atau kolom pendek sedangkan Targett dkk, menggunakan kolom yang lebih panjang untuk meningkatkan daya pisah (Hostettmann dkk, 1995).

## 2.7 Rekrystalisasi

Rekrystalisasi pada prinsipnya adalah pengkristalan kembali salah satunya baik pengotor maupun hasil isolasi dalam pelarut panas. Pada metoda rekrystalisasi harus dicari satu pelarut atau lebih yang dapat melarutkan pengotor dan hasil isolasi pada suasana panas, tetapi tidak melarutkan salah satunya dalam suasana dingin (Sharp dkk, 1989).

## 2.8 Uji Kemurnian Dengan Titik Leleh

Titik leleh adalah temperatur keadaan suatu kristal mulai meleleh sampai meleleh seluruhnya. Titik leleh ini merupakan tetapan fisika untuk menentukan uji kemurnian dan identifikasi senyawa tidak dikenal. Harga yang didapat dibandingkan dengan literatur berdasarkan dugaan semula. Jika titik leleh yang didapat memberikan jarak yang tidak begitu besar (kecil dari atau sama dengan  $2^{\circ}\text{C}$ ) maka kemungkinan senyawa sudah murni. Penggunaan tetapan fisika hanya sebagai langkah pendahuluan saja, dengan perkataan lagi data pengujian tetapan fisika bukan satu-satunya cara yang menentukan kemurnian suatu senyawa (Sharp dkk, 1989).

## 2.9 Metoda Karakterisasi

### 2.9.1 Spektroskopi inframerah (IR)

Spektroskopi inframerah digunakan untuk menentukan gugus fungsional dari suatu senyawa. Hal ini disebabkan spektrum inframerah senyawa organik bersifat khas, artinya senyawa yang berbeda akan memiliki spektrum yang berbeda pula (Noerdin, 1986).

Panjang gelombang IR dapat dibagi menjadi tiga sub daerah, yaitu IR dekat ( $4000\text{-}1300\text{ cm}^{-1}$ ,  $2,5\text{ }\mu\text{m} - 0,8\text{ }\mu\text{m}$ ), IR tengah ( $400 - 4000\text{ cm}^{-1}$ ,  $25\text{ }\mu\text{m} - 2,5\text{ }\mu\text{m}$ ) dan IR jauh ( $400 - 40\text{ cm}^{-1}$ ,  $250\text{ }\mu\text{m} - 25\text{ }\mu\text{m}$ ). Hanya IR tengah yang berguna dalam analisis struktur organik, karena pada daerah ini teramati vibrasi-vibrasi ulur dan dapat dihubungkan dengan struktur molekul (Crews, 1998).

Apabila molekul dua atom dapat diumpamakan sebagai massa yang bervibrasi dan dihubungkan dengan suatu pegas. Jarak ikatan akan berubah secara

kontinyu, tapi keseimbangan atau jarak ikatan rata-rata dapat ditentukan. Bila pegas direntangkan atau ditekan pada jarak keseimbangan ini, maka energi potensial dari sistem akan naik. Berdasarkan hukum Hooke, frekuensi vibrasi dari ikatan dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\nu = \frac{1}{2\pi c} \sqrt{\frac{K}{\mu}}$$

Keterangan :  
 $\nu$  = frekuensi dalam (cm<sup>-1</sup>)  
 $c$  = kecepatan cahaya (3 x 10<sup>8</sup> m/s)  
 $K$  = tetapan gaya dalam dyne/cm  
 $\mu = \frac{m_1 \cdot m_2}{m_1 + m_2}$ ; massa atom dalam gram

## 2.9.2 Spektroskopi ultraviolet (UV)

Spektroskopi ultraviolet paling umum digunakan untuk mengetahui adanya ikatan rangkap terkonjugasi. Kegunaan lainnya adalah untuk mengetahui jumlah ikatan rangkap yang terdapat dalam suatu molekul (Sudjadi, 1983). Senyawa organik yang dikarakterisasi dengan UV harus dalam keadaan murni dan berbentuk larutan. Senyawa yang akan dianalisa dilarutkan dalam pelarut organik yang sesuai (Zubrick, 1987).

Untuk mempelajari serapan ultraviolet secara kualitatif berkas radiasi dikenakan pada cuplikan dan intensitas radiasi yang ditransmisikan harus diukur. Penggunaan spektroskopi ultraviolet secara kuantitatif berhubungan dengan absorbansi dengan konsentrasi dan tebal cuplikan. Berdasarkan hukum Lambert-Beer dapat diketahui hubungan antara transmittan, tebal cuplikan dan konsentrasi. Hukum Lambert-Beer sebagai berikut :

$$\text{Log } T = A = \epsilon b c$$

Keterangan :  
 $\epsilon$  = Absorptivitas molar (cm<sup>-1</sup>M<sup>-1</sup>)  
 $b$  = Panjang sel (cm)  
 $c$  = konsentrasi (M)

### 2.9.3 Spektroskopi massa (MS)

Spektrofotometer massa adalah alur kelimpahan (abundance, jumlah relatif fragmen bermuatan positif yang berlainan) versus nisbah massa/muatan ( $m/e$  atau  $m/z$ ) dari fragmen-fragmen tersebut. Muatan ion dari kebanyakan partikel yang dideteksi dalam suatu spektrometer massa adalah +1, nilai  $m/e$  untuk suatu ion semacam ini sama dengan massanya. Oleh karena itu spektrum massa merupakan suatu rekaman dari massa partikel versus kelimpahan relatif partikel tersebut (Sastrohamidjojo, 1992).

Intensitas dari puncak ion molekul tergantung pada kestabilan ion yang terbentuk dipengaruhi oleh struktur molekul. Puncak yang paling tinggi dari spektrum massa disebut *base peak*. Setiap komponen memberikan rangkaian fragmentasi yang spesifik yang biasa disebut pola fragmentasi dan berbentuk deretan garis (Khopkar, 1990).

### 2.9.4 Spektroskopi resonansi magnetik inti (NMR)

Spektroskopi NMR merupakan teknik yang sangat baik di dalam menentukan struktur senyawa organik. Spektroskopi NMR berhubungan dengan sifat magnetik inti. Penentuan senyawa dengan menggunakan NMR akan diperoleh gambaran perbedaan sifat magnet dari berbagai inti yang ada untuk menduga letak inti tersebut dalam molekul (Sudjadi, 1983). Metoda ini tidak hanya berguna dalam bidang organik, tetapi juga dapat digunakan dalam bidang yang lain, seperti farmasi, analisis dan sintesis obat serta ilmu lain (Sastrohamidjojo, 2001).

Spektrum normal NMR adalah pengumpulan dari satu atau lebih puncak resonansi pada frekwensi berbeda. *Chemical Shift* atau pergeseran kimia menunjukkan posisi frekwensi resonansi yang diamati pada inti spesifik lingkungan struktur tunggal (Crews, 1998). Nilai  $\delta$  adalah dalam satuan unit part per million (ppm).

Eksperimen NMR meliputi NMR 1 D dan 2 D. NMR 1D yang dapat digunakan meliputi (Pavia dkk., 1996):

1.  $^1\text{H}$  NMR, memberikan informasi mengenai jumlah serta jenis hidrogen serta sifat lingkungan dari hidrogen tersebut.
2.  $^{13}\text{C}$ -NMR, memberikan informasi mengenai jumlah serta jenis carbon, jenis  $^{13}\text{C}$  NMR yang dapat digunakan meliputi :
  - a. JMOD (J Modulation)  $^{13}\text{C}$ -NMR, berguna dalam menentukan jumlah carbon serta jenis carbon tersebut (C primer, C sekunder, C tersier, dan C quartener)
  - b. DEPT (Distortionless Enhancement by Polarization Transfer) untuk menentukan keberadaan atom karbon (C primer, C sekunder, C tersier, dan C quartener).

Adapun NMR 2 D yang dapat digunakan meliputi (Teruna, 2006) :

1. HSQC (Heteronuclear Single Quantum Coherence) memperlihatkan korelasi  $^1\text{H}$  NMR dengan  $^{13}\text{C}$  NMR sehingga dapat ditentukan keberadaan dan jenis atom karbon.
2. HMBC (Heteronuclear Multiple Quantum Coherence) menentukan korelasi proton dengan karbon dengan jarak dua, tiga, hingga empat ikatan.
3.  $^1\text{H}$ - $^1\text{H}$  COSY (Correlation Spectroscopy) menunjukkan korelasi proton-proton visinal.
4. INADEQUATE (Incredible Natural Abundance Double Quantum Transfer Eksperiment) menunjukkan hubungan antara karbon yang satu dengan yang lainnya.
5. HOHAHA (Homonuklear Hartman Hahn) atau TOCSY (Total Correlation Spectroscopy) menunjukkan konektivitas seluruh proton dalam sistem spin.
6. NOESY (Nuklear Overhauser Effect Spectroscopy) menunjukkan interaksi proton dengan proton atau proton dengan karbon secara stereokimia.