

**Isolasi dan Uji aktivitas Minyak Atsiri Bunga Kenanga (*Cananga odorata*) sebagai Antiradikal pada Berbagai Waktu Reaksi Menggunakan *Electron Spin Resonance* (ESR)**

**SKRIPSI**

**Oleh :**

**RANNY CAHYA RACHMAWATI**

**0910920017**



**JURUSAN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
MALANG  
2013**

**Isolasi dan Uji aktivitas Minyak Atsiri Bunga Kenanga (*Cananga odorata*) sebagai Antiradikal pada Berbagai Waktu Reaksi Menggunakan *Electron Spin Resonance* (ESR)**

**SKRIPSI**

**Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains dalam bidang Kimia**

Oleh :

**RANNY CAHYA RACHMAWATI**

**0910920017**



**JURUSAN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
MALANG  
2013**

## LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Isolasi dan Uji aktivitas Minyak Atsiri Bunga Kenanga (*Cananga odorata*) sebagai Antiradikal pada Berbagai Waktu Reaksi Menggunakan *Electron Spin Resonance* (ESR)

Oleh :

Ranny Cahya Rachmawati  
0910920017

Setelah dipertahankan di depan Majelis Penguji pada tanggal ..... dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains dalam bidang Kimia

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Rurini Retnowati, M.Si.  
NIP. 19601209 198802 2 001

Drs. Unggul Pundjung Juswono, M.Sc.  
NIP. 19650111 199002 1 002

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Kimia  
Fakultas MIPA Universitas Brawijaya

Dr. Sasangka Prasetyawan, MS  
NIP. 19630404 198701 1 001

## LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ranny Cahya Rachmawati

NIM : 0910920017

Jurusan : Kimia

Penulis skripsi berjudul :

**Isolasi dan Uji aktivitas Minyak Atsiri Bunga Kenanga (*Cananga odorata*) sebagai Antiradikal pada Berbagai Waktu Reaksi Menggunakan *Electron Spin Resonance (ESR)***

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Isi dari skripsi yang saya buat adalah benar-benar karya sendiri dan tidak menjiplak karya orang lain, selain nama-nama yang termaktub di isi dan tertulis di daftar pustaka dalam skripsi ini.
2. Apabila dikemudian hari ternyata skripsi yang saya tulis terbukti hasil jiplakan, maka saya akan bersedia menanggung segala resiko yang akan saya terima.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang, .....

Yang menyatakan,

Ranny Cahya Rachmawati

NIM. 0910920017

# Isolasi dan Uji aktivitas Minyak Atsiri Bunga Kenanga (*Cananga odorata*) sebagai Antiradikal pada Berbagai Waktu Reaksi Menggunakan *Electron Spin Resonance* (ESR)

## ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengisolasi dan mengkarakterisasi minyak atsiri kenanga (*Cananga odorata*), serta menguji aktivitasnya sebagai antiradikal. Isolasi minyak atsiri kenanga dilakukan dengan metode distilasi uap selama 8 jam, sedangkan karakterisasinya ditentukan berdasarkan sifat fisik yaitu warna, bau, indeks bias dan berat jenis. Analisa komponen minyak atsiri kenanga dilakukan menggunakan Kromatografi Gas Spektroskopi Massa (KG-SM). Uji aktivitas minyak atsiri kenanga sebagai antiradikal dilakukan terhadap radikal bebas dalam minyak jagung yang diradiasi sinar UV pada  $\lambda = 254$  nm selama 40 menit. Aktivitas antiradikal ditentukan dengan *Electron Spin Resonance* (ESR) pada waktu reaksi 2, 3, 4, 5, dan 6 menit. Hasil isolasi menunjukkan bahwa minyak atsiri kenanga yang diperoleh berwarna kuning muda dan berbau segar khas kenanga dengan rendemen sebesar 1,066 %, indeks bias 1,49367, berat jenis 0,9154 g/mL. Hasil analisa dengan KG-SM menunjukkan adanya 24 komponen dalam minyak atsiri kenanga dengan komponen utama  $\beta$ -kariofilen (19,39 %), germakren-D (13,36 %), linalool (11,28 %) dan  $\alpha$ -humulen (9,46 %). Minyak atsiri kenanga mempunyai aktivitas optimal sebagai antiradikal pada radikal hidroksil saat waktu reaksi 4 menit dan optimal sebagai antiradikal pada radikal alkil dan peroksil saat waktu reaksi 5 menit. Senyawa yang diduga berkontribusi dalam memperangkap radikal adalah senyawa benzil benzoat dan p-metilanisol.

Kata kunci : *Cananga odorata*, distilasi uap, minyak atsiri kenanga, KG-SM, minyak jagung, radikal bebas, ESR

# Isolation and Activity Study of Cananga Oil (*Cananga odorata*) as Antiradical at Reaction Time Variation Using Electron Spin Resonance (ESR)

## ABSTRACT

The aims of this research were to isolate and characterize the cananga oil (*Cananga odorata*) also determined cananga oil's antiradical activity. Isolation of cananga oil was carried out using steam distillation method for 8 hours, while the characterization of cananga oil base on its physical properties, such as colour, odour, refractive index and density. The chemical component of cananga oil was analyzed using Gas Chromatography Mass Spectroscopy (GC-MS). Antiradical activity of cananga oil was obtained towards UV  $\lambda = 254$  nm radiated corn oil for 40 minutes. Electron Spin Resonance (ESR) spectroscopy was used to determine the antiradical activity at reaction time 2, 3, 4, 5, and 6 minutes. The experiment result, showed that cananga oil is yellow liquid with strong odour and the yield of cananga oil is 1.066 %, refractive index value is 1.4943 (25°), density 0.9154 g/mL (20°). From the isolation result, showed that there were 24 chemical components of cananga oil with the main components are  $\beta$ -caryophyllene (19,39 %), germacrene-D (13,36 %), linalool (11,28 %) and  $\alpha$ -humulene (9,46 %). Cananga oil has the optimum activity as antiradical towards hidroxy radical at reaction time 4 minutes, while alkyl and peroxy radical at 5 minutes. Benzyl benzoate and p-methylanisole might be predicted to have a contribution on its activity as antiradical.

Keywords : *Cananga odorata*, steam distillation, cananga oil, GC-MS, corn oil, free radical, ESR



## KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala limpahan karunia-Nya yang telah diberikan sehingga dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir dengan judul ” **Isolasi dan Uji aktivitas Minyak Atsiri Bunga Kenanga (*Cananga odorata*) sebagai Antiradikal pada Berbagai Waktu Reaksi Menggunakan *Electron Spin Resonance (ESR)*”**.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung selama pelaksanaan penelitian. Ungkapan terima kasih tersebut penulis sampaikan kepada :

1. Dr. Rurini Retnowati, M.Si dan Drs. Unggul Pundjung Juswono, M.Sc selaku Dosen Pembimbing I dan II atas segala pengarahan, perhatian, tenaga, pikiran, kesabaran dan segala sesuatu yang telah diberikan selama penyusunan tugas akhir ini.
2. Dr. Sc. Elya Indahyati, M.Eng selaku Dosen Penguji Ujian Tugas Akhir atas telaah dan saran kepada penulis.
3. Dr. Sasangka Prasetyawan MS. selaku Ketua Jurusan Kimia Universitas Brawijaya, staf pengajar, dan semua karyawan Jurusan Kimia atas semua bantuan yang diberikan.
4. Kedua orang tua penulis Papa Sulis dan Mama Aisah serta keluarga yang selalu mengiringi penulis dengan doa, kasih sayang, dan dukungan hingga terselesaikannya tugas akhir ini.
5. Rekan-rekan satu tim penelitian, atas semua dukungan dan berbagi ilmu yang terkait pada penelitian ini dengan penulis.
6. Sahabat-sahabatku serta teman-teman angkatan 2009 di Jurusan Kimia atas doa dan dukungannya.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis mengharap kritik dan saran guna perbaikan dan penyempurnaannya sehingga dapat bermanfaat bagi kita semua.

Malang, .....

Yang menyatakan,

Ranny Cahya Rachmawati

NIM. 0910920014

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN</b> .....	
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Batasan Masalah .....	4
1.4 Tujuan Penelitian .....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>6</b>
2.1 Bunga Kenanga.....	6
2.2 Minyak Atsiri Kenanga.....	7
2.3 Minyak Jagung .....	9
2.3.1 Pembentukan Radikal Bebas pada Minyak Jagung .....	9
2.4 Antiradikal .....	11
2.5 Minyak Atsiri Kenanga sebagai Antiradikal .....	12
2.6 Radikal Bebas .....	12
2.6.1 Radikal Bebas akibat Paparan Radiasi Sinar UV .....	13
2.7 Distilasi Minyak Atsiri .....	15
2.8 Kromatografi Gas-Spektroskopi Massa (KG-SM) .....	16
2.9 <i>Electron Spin Resonance</i> (ESR) .....	17
2.10 Hipotesis Penelitian .....	20
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	<b>20</b>
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	20
3.2 Bahan dan Alat Penelitian .....	20
3.2.1 Bahan Penelitian.....	20



3.2.1.1	Bahan Sampel.....	21
3.2.1.2	Bahan Kimia.....	21
3.2.1.3	Alat Penelitian .....	21
3.3	Tahapan Penelitian .....	22
3.4	Prosedur Kerja Penelitian.....	22
3.4.1	Determinasi Bunga Kenanga.....	22
3.4.2	Preparasi $MgSO_4 \cdot H_2O$ dari $MgSO_4 \cdot H_2O$ .....	22
3.4.3	Preparasi Sampel Bunga Kenanga.....	23
3.4.4	Isolasi Minyak Atsiri Kenanga dengan Metode Distilasi Uap .....	23
3.4.5	Karakterisasi Sifat Fisik Minyak Atsiri Kenanga.....	23
3.4.6	Analisis Komponen Minyak Atsiri Kenanga Menggunakan KG-SM .....	24
3.4.7	Pembentukan Radikal Bebas dari Minyak Jagung yang Diradiasi Sinar UV .....	24
3.4.8	Uji Aktivitas Antiradikal Minyak Atsiri Kenanga .....	25
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>		<b>27</b>
4.1	Isolasi Minyak Atsiri Kenanga dengan Metode Distilasi Uap .....	27
4.2	Karakterisasi Sifat Fisik Minyak Atsiri Kenanga.....	28
4.3	Analisis Komponen Penyusun Minyak Atsiri Kenanga Menggunakan KG-SM .....	29
4.4	Jenis Radikal Bebas dari Minyak Jagung yang Diradiasi Sinar UV.....	65
4.5	Uji Aktivitas Antiradikal Minyak Atsiri Kenanga Menggunakan ESR .....	68
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>		<b>73</b>
5.1	Kesimpulan.....	73
5.2	Saran.....	73
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>75</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>		<b>81</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b>	Bunga Kenanga ( <i>Cananga odorata</i> ).....	6
<b>Gambar 2.2</b>	Contoh struktur senyawa dalam minyak atsiri kenanga .....	9
<b>Gambar 2.3</b>	Struktur Asam Linoleat.....	9
<b>Gambar 2.4</b>	Mekanisme pembentukan radikal bebas pada asam linoleat .....	10
<b>Gambar 2.5</b>	Stabilisasi radikal pada senyawa antiradikal melalui resonansi delokalisasi elektron.....	11
<b>Gambar 2.6</b>	Mekanisme reaksi pembentukan radikal bebas....	15
<b>Gambar 2.7</b>	Rangkaian alat ESR .....	20
<b>Gambar 2.8</b>	Kurva resonansi radikal bebas pada layar osiloskop ESR .....	18
<b>Gambar 4.1</b>	TIC minyak atsiri kenanga hasil distilasi uap selama 8 jam .....	30
<b>Gambar 4.2</b>	Spektrum massa komponen minyak atsiri kenanga dengan waktu retensi 10,522 menit .....	33
<b>Gambar 4.3</b>	Pola fragmentasi senyawa p-metilanisol.....	34
<b>Gambar 4.4</b>	Spektrum massa komponen minyak atsiri kenanga dengan waktu retensi 12,199 menit .....	34
<b>Gambar 4.5</b>	Pola fragmentasi senyawa Linalool .....	36
<b>Gambar 4.6</b>	Spektrum massa komponen minyak atsiri kenanga dengan waktu retensi 13,378 menit .....	36
<b>Gambar 4.7</b>	Pola fragmentasi senyawa benzil asetat .....	37
<b>Gambar 4.8</b>	Spektrum massa komponen minyak atsiri kenanga dengan waktu retensi 14,031 menit .....	38
<b>Gambar 4.9</b>	Pola fragmentasi senyawa trans-anetol.....	39
<b>Gambar 4.10</b>	Spektrum massa komponen minyak atsiri kenanga dengan waktu retensi 14,951 menit .....	40
<b>Gambar 4.11</b>	Pola fragmentasi senyawa Geraniol.....	40
<b>Gambar 4.12</b>	Spektrum massa komponen minyak atsiri kenanga dengan waktu retensi 15,212 menit .....	40
<b>Gambar 4.13</b>	Pola fragmentasi senyawa E-sitral .....	41
<b>Gambar 4.14</b>	Spektrum massa komponen minyak atsiri kenanga dengan waktu retensi 16,649 menit .....	42
<b>Gambar 4.15</b>	Pola fragmentasi senyawa Eugenol.....	43

<b>Gambar 4.16</b>	Spektrum massa komponen minyak atsiri kenanga dengan waktu retensi 16,928 menit .....	43
<b>Gambar 4.17</b>	Pola fragmentasi senyawa geranyl asetat.....	44
<b>Gambar 4.18</b>	Spektrum massa komponen minyak atsiri kenanga dengan waktu retensi 17,037 menit .....	44
<b>Gambar 4.19</b>	Pola fragmentasi senyawa $\alpha$ -kopaen.....	45
<b>Gambar 4.20</b>	Spektrum massa komponen minyak atsiri kenanga dengan waktu retensi 17,233 menit .....	46
<b>Gambar 4.21</b>	Pola fragmentasi senyawa $\beta$ -elemen.....	47
<b>Gambar 4.22</b>	Spektrum massa komponen minyak atsiri kenanga dengan waktu retensi 17,803 menit .....	48
<b>Gambar 4.23</b>	Spektrum massa komponen minyak atsiri kenanga dengan waktu retensi 17,883 menit .....	48
<b>Gambar 4.24</b>	Pola fragmentasi senyawa $\beta$ -kariofilen.....	49
<b>Gambar 4.25</b>	Spektrum massa komponen minyak atsiri kenanga dengan waktu retensi 18,288 menit .....	50
<b>Gambar 4.26</b>	Pola fragmentasi senyawa $\alpha$ -humulen.....	51
<b>Gambar 4.27</b>	Spektrum massa komponen minyak atsiri kenanga dengan waktu retensi 18,660 menit .....	51
<b>Gambar 4.28</b>	Pola fragmentasi senyawa Germakren-D.....	52
<b>Gambar 4.29</b>	Spektrum massa komponen minyak atsiri kenanga dengan waktu retensi 18,721 menit .....	53
<b>Gambar 4.30</b>	Pola fragmentasi senyawa farnesen .....	54
<b>Gambar 4.31</b>	Spektrum massa komponen minyak atsiri kenanga dengan waktu retensi 18,825 menit .....	54
<b>Gambar 4.32</b>	Pola fragmentasi senyawa $\alpha$ -bergamoten.....	55
<b>Gambar 4.33</b>	Spektrum massa komponen minyak atsiri kenanga dengan waktu retensi 19,098 menit .....	56
<b>Gambar 4.34</b>	Pola fragmentasi senyawa $\delta$ -cadiene.....	57
<b>Gambar 4.35</b>	Spektrum massa komponen minyak atsiri kenanga dengan waktu retensi 20,501 menit .....	57
<b>Gambar 4.36</b>	Pola fragmentasi senyawa Epiglobulol.....	58
<b>Gambar 4.37</b>	Spektrum massa komponen minyak atsiri kenanga dengan waktu retensi 20,669 menit .....	59
<b>Gambar 4.38</b>	Spektrum massa komponen minyak atsiri kenanga dengan waktu retensi 20,840 menit .....	59
<b>Gambar 4.39</b>	Pola fragmentasi senyawa Torreyol.....	60

<b>Gambar 4.40</b>	Spektrum massa komponen minyak atsiri kenanga dengan waktu retensi 21,476 menit .....	60
<b>Gambar 4.41</b>	Pola fragmentasi senyawa Farnesol .....	62
<b>Gambar 4.42</b>	Spektrum massa komponen minyak atsiri kenanga dengan waktu retensi 22,363 menit .....	62
<b>Gambar 4.43</b>	Pola fragmentasi senyawa Benzil benzoat .....	63
<b>Gambar 4.44</b>	Spektrum massa komponen minyak atsiri kenanga dengan waktu retensi 23,095 menit .....	64
<b>Gambar 4.45</b>	Pola fragmentasi senyawa Farnesil asetat .....	65
<b>Gambar 4.46</b>	Mekanisme reaksi pembentukan radikal bebas pada minyak jagung .....	68
<b>Gambar 4.47</b>	Penurunan luas kurva resonansi radikal bebas pada minyak jagung .....	70
<b>Gambar 4.48</b>	Mekanisme pemerangkapan radikal bebas oleh senyawa benzil bezoat .....	72
<b>Gambar 4.49</b>	Mekanisme peemrangkapan radikal bebas oleh senyawa p-metilanisol .....	72



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b>	Persyaratan standar mutu minyak atsiri kenanga menurut SNI 06-3949-1005 .....	7
<b>Tabel 2.2</b>	Komponen penyusun utama minyak atsiri kenanga .....	8
<b>Tabel 2.3</b>	Spektrum radiasi dan energi foton sinar UV .....	14
<b>Tabel 2.4</b>	Energi ikatan antar atom .....	15
<b>Tabel 2.5</b>	Nilai g setiap jenis radikal bebas .....	19
<b>Tabel 4.1</b>	Karakterisasi sifat fisik minyak atsiri kenanga ....	28
<b>Tabel 4.2</b>	Data persentase area dan waktu retensi komponen penyusun minyak atsiri kenanga .....	28
<b>Tabel 4.3</b>	Tekanan uap masing-masing komponen dalam minyak atsiri kenanga .....	32
<b>Tabel 4.4</b>	Radikal bebas pada minyak jagung yang dihasilkan setelah diradiasi sinar UV .....	67
<b>Tabel 4.5</b>	Persentase penurunan luas kurva resonansi dari beberapa jenis radikal bebas setelah penambahan minyak kenanga pada berbagai waktu reaksi .....	69
<b>Tabel F.2</b>	Penentuan Radikal Bebas pada Minyak Jagung .....	100



## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran A</b>	<b>Diagram alir tahapan penelitian .....</b>	<b>81</b>
<b>Lampiran B</b>	<b>Diagram alir penelitian .....</b>	<b>82</b>
B.1	Preparasi $MgSO_4$ monohidrat dari $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ .....	82
B.2	Isolasi minyak atsiri kenanga dengan menggunakan distilasi uap selama 8 jam .....	82
B.3	Karakterisasi sifat fisik minyak atsiri kenanga .....	83
B.4	Analisa komponen minyak atsiri kenanga menggunakan metode kromatografi gas-spektrometer massa.....	83
B.5	Pembentukan radikal bebas dari minyak jagung yang diradiasi sinar UV .....	84
B.6	Uji aktivitas antiradikal minyak atsiri kenanga menggunakan ESR ( <i>Electron Spin Resonance</i> ) .....	84
<b>Lampiran C</b>	<b>Dokumentasi penelitian .....</b>	<b>85</b>
C.1	Bunga Kenanga ( <i>Cananga odorata</i> ).....	85
C.2	Keterangan determinasi oleh Laboratorium Taksonomi, Struktur dan Perkembangan Tumbuhan, Jurusan Biologi, FMIPA, Universitas Brawijaya.....	86
C.3	$MgSO_4$ monohidrat hasil preparasi .....	87
C.4	Rangkaian alat distilasi uap.....	87
C.5	Minyak atsiri kenanga hasil isolasi menggunakan metode distilasi uap.....	88
C.6	Penentuan indeks bias minyak atsiri kenanga menggunakan refraktrometer Abbe.....	88
C.7	Penentuan berat jenis minyak atsiri kenanga menggunakan piknometer 2mL.....	89
C.8	Pembentukan radikal bebas pada minyak jagung dengan radiasi sinar UV .....	89
<b>Lampiran D</b>	<b>Perhitungan.....</b>	<b>90</b>
D.1	Preparasi $MgSO_4$ monohidrat .....	90
D.2	Perhitungan rendemen minyak atsiri kenanga .....	90
D.3	Perhitungan karakterisasi sifat fisik minyak atsiri kenanga .....	91
D.3.1	Perhitungan indeks bias .....	91
D.3.2	Perhitungan berat jenis.....	91
D.3.3	Perhitungan Energi Radiasi Sinar UV pada $\lambda=254nm$ .....	92

**Lampiran E Spektrum massa komponen minyak atsiri kenanga hasil analisis menggunakan KG-SM dari pustaka WILEY7.LIB .....93**

E.1	Spektrum massa senyawa p-metilanisol dari pustaka WILEY7.LIB .....	93
E.2	Spektrum massa senyawa Linalool dari pustaka WILEY7.LIB .....	93
E.3	Spektrum massa senyawa Benzil asetat dari pustaka WILEY7.LIB .....	93
E.4	Spektrum massa senyawa trans-anetol dari pustaka WILEY7.LIB .....	95
E.5	Spektrum massa senyawa Geraniol dari pustaka WILEY7.LIB .....	95
E.6	Spektrum massa senyawa E-sitral dari pustaka WILEY7.LIB .....	95
E.7	Spektrum massa senyawa Eugenol dari pustaka WILEY7.LIB .....	95
E.8	Spektrum massa senyawa Geranil asetat dari pustaka WILEY7.LIB .....	95
E.9	Spektrum massa senyawa $\alpha$ -kopaen dari pustaka WILEY7.LIB .....	95
E.10	Spektrum massa senyawa $\beta$ -elemen dari pustaka WILEY7.LIB .....	96
E.11	Spektrum massa senyawa $\beta$ -kariofilen dari pustaka WILEY7.LIB .....	96
E.12	Spektrum massa senyawa $\beta$ -kariofilen dari pustaka WILEY7.LIB .....	96
E.13	Spektrum massa senyawa $\alpha$ -humulen dari pustaka WILEY7.LIB .....	97
E.14	Spektrum massa senyawa germakren-D dari pustaka WILEY7.LIB .....	97
E.15	Spektrum massa senyawa Farnesen dari pustaka WILEY7.LIB .....	97
E.16	Spektrum massa senyawa $\alpha$ -bergamoten dari pustaka WILEY7.LIB .....	98
E.17	Spektrum massa senyawa $\delta$ -cadiene dari pustaka WILEY7.LIB .....	98

E.18	Spektrum massa senyawa Epiglobulol dari pustaka WILEY7.LIB .....	98
E.19	Spektrum massa senyawa Torreyol dari pustaka WILEY7.LIB .....	99
E.20	Spektrum massa senyawa Farnesol dari pustaka WILEY7.LIB .....	99
E.21	Spektrum massa senyawa Benzil benzoat dari pustaka WILEY7.LIB .....	99
E.22	Spektrum massa senyawa Farnesil asetat dari pustaka WILEY7.LIB .....	100
E.23	Spektrum massa senyawa Benzil salisilat dari pustaka WILEY7.LIB .....	100

**Lampiran F Uji aktivitas antiradikal bebas minyak atsiri kenanga terhadap minyak jagung menggunakan ESR (*Electron Spin Resonance*)..... 100**

F.1	Kurva resonansi radikal DPPH .....	100
F.2	Penentuan radikal bebas pada minyak jagung .....	101
F.3	Perhitungan luas kurva resonansi radikal.....	101
F.3.1	Luas kurva resonansi radikal alkil pada minyak jagung sebelum penambahan minyak atsiri kenanga.....	101
F.3.2	Luas kurva resonansi radikal alkil pada minyak jagung setelah penambahan minyak atsiri kenanga .....	101
F.3.3	Luas kurva resonansi radikal hidroksil pada minyak jagung sebelum penambahan minyak atsiri kenanga.....	103
F.3.4	Luas kurva resonansi radikal hidroksil pada minyak jagung setelah penambahan minyak atsiri kenanga .....	103
F.3.5	Luas kurva resonansi radikal peroksil pada minyak jagung sebelum penambahan minyak atsiri kenanga.....	105
F.3.6	Luas kurva resonansi radikal peroksil pada minyak jagung setelah penambahan minyak atsiri kenanga .....	105

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara beriklim tropis dengan keanekaragaman flora, berbagai jenis tanaman yang bermanfaat dapat tumbuh dengan mudah, salah satu diantaranya adalah tanaman yang dapat menghasilkan minyak atsiri. Indonesia memiliki potensi yang besar sebagai salah satu negara pengekspor minyak atsiri, seperti minyak atsiri kenanga [1]. Minyak atsiri kenanga yang diproduksi oleh petani diekspor dengan pangsa pasar mencapai 67% [2].

Minyak atsiri kenanga banyak digunakan dalam industri flavor, parfum, kosmetika, farmasi, sabun, aromaterapi dan spa [3-4]. Selain itu, minyak atsiri memiliki potensi sebagai antioksidan atau antiradikal yang dapat memperangkap radikal bebas [5]. Senyawa yang memiliki sifat sebagai antiradikal adalah senyawa yang dapat bersifat sebagai reduktor. Senyawa yang memiliki sifat reduktor kaya akan elektron dan memiliki ikatan rangkap, dimana ikatan rangkap yang terkonjugasi memiliki aktivitas yang tinggi sebagai antiradikal. Komponen utama penyusun minyak atsiri kenanga antara lain yaitu  $\beta$ -kariofilen (57%),  $\delta$ -kardinol (7,96%), linalool (3,06) dan benzil benzoat (5,3%) [6]. Komponen-komponen tersebut diduga berkontribusi sebagai senyawa antiradikal karena memiliki struktur kimia yang memenuhi syarat sebagai senyawa antiradikal [7]. Aktivitas antiradikal pada minyak atsiri kenanga biasanya dilakukan melalui uji dengan DPPH dan menunjukkan penghambatan radikal sebesar  $26.47 \pm 0.012$  % [8]. Namun, metode uji dengan DPPH ini tidak dapat memberikan informasi mengenai jenis radikal apa saja yang diperangkap oleh minyak atsiri tersebut. Salah satu metode lain untuk menentukan aktivitas antiradikal yaitu menggunakan *Electron Spin Resonance* (ESR). ESR mampu untuk mengidentifikasi jenis radikal yang tidak diketahui [9] berdasarkan pada nilai g (faktor Lande). Selain itu, melalui metode ESR dapat mengetahui kelimpahan radikal tertentu berdasarkan pada luas kurva resonansi serta mengetahui



kemampuan suatu senyawa dalam memperangkap radikal dapat diketahui melalui penurunan luas kurva resonansi.

Potensi antiradikal yang dimiliki oleh minyak atsiri kenanga, membuat minyak tersebut banyak digunakan sebagai zat aditif aktif dalam berbagai produk kosmetik, salah satunya yaitu tabir surya [10]. Hal ini dikarenakan minyak atsiri kenanga memiliki efek proteksi terhadap radiasi sinar UV [11]. Penggunaan tabir surya dalam produk kosmetik akhir-akhir ini menjadi sangat penting sebagai perlindungan tambahan terhadap paparan sinar matahari karena paparan sinar matahari yang berlebihan dapat menyebabkan kerusakan kulit dan dapat menimbulkan terbentuknya molekul radikal bebas [9]. Radiasi sinar UV yang berbahaya tersebut membutuhkan pencegahan dan perlindungan, salah satunya dengan menggunakan tabir surya yang mengandung antiradikal yang dapat menyerap dan memantulkan sinar UV.

Minyak atsiri kenanga merupakan salah satu minyak atsiri yang bersifat iritan memiliki konsentrasi pekat sehingga sangat tidak disarankan untuk langsung diaplikasikan pada kulit. Oleh karena itu dalam penggunaannya, perlu menambahkan minyak *carrier* dalam minyak atsiri kenanga. Salah satu minyak *carrier* yang banyak digunakan dalam minyak atsiri yaitu minyak jagung, dimana minyak jagung ini memiliki sifat sebagai pelembab yang baik [12]. Apabila minyak jagung yang digunakan bersama dengan minyak atsiri kenanga dan terpapar radiasi sinar UV, maka minyak atsiri kenanga dapat memperangkap radikal bebas yang terbentuk pada minyak jagung.

Minyak atsiri kenanga dapat diperoleh melalui metode distilasi air, distilasi uap dan distilasi uap dan air. Rendemen minyak yang diperoleh melalui metode distilasi uap relatif lebih besar yaitu 1,5-2,0% [13] daripada metode distilasi air maupun distilasi uap dan air. Ferdiansyah, dkk [14] melaporkan bahwa isolasi minyak atsiri kenanga menggunakan metode distilasi uap selama 8 jam, diperoleh rendemen sebesar 1,95%. Untuk mengetahui kualitas minyak yang dihasilkan, maka perlu dilakukan karakterisasi sifat fisik minyak atsiri kenanga yang dibandingkan dengan SNI 06-3949-1005 karena SNI merupakan penentu syarat mutu perdagangan di Indonesia. Analisis



komponen penyusun minyak atsiri kenanga dilakukan menggunakan Kromatografi Gas Spektroskopi Massa (KG-SM).

Sumber radikal bebas biasanya diperoleh dari berbagai hasil pemanasan atau radiasi sinar UV terhadap minyak nabati. Pada penelitian ini, minyak jagung digunakan sebagai sumber radikal bebas melalui paparan radiasi sinar UV. Menurut penelitian Nadriloh tahun 2012 [15], proses pemanasan pada minyak jagung dapat menghasilkan jenis radikal yang lebih banyak dibandingkan dengan minyak kelapa sawit dan minyak biji bunga matahari. Namun belum diketahui jenis radikal apa saja yang dapat dihasilkan melalui radiasi sinar UV terhadap minyak jagung. Minyak jagung merupakan trigliserida yang mengandung asam lemak jenuh dan asam lemak tak jenuh [16]. Asam lemak tak jenuh mengandung ikatan rangkap yang dapat memperlemah ikatan C-H pada atom  $C_{\beta}$  sehingga atom H pada ikatan tersebut dapat dengan mudah diambil oleh spesies oksigen reaktif menghasilkan radikal bebas [16]. Oleh karena itu pada penelitian ini, pembentukan radikal bebas pada minyak jagung dilakukan melalui radiasi sinar UV pada  $\lambda = 254$  nm, dimana energi radiasi tersebut mampu melampaui energi ikat antar atom pada molekul minyak jagung.

Berdasarkan uraian di atas, maka pada penelitian ini dilakukan isolasi minyak atsiri kenanga dari bunga kenanga. Oleh karena itu, dilakukan isolasi minyak atsiri kenanga dari bunga kenanga menggunakan metode distilasi uap selama 8 jam, karakterisasi sifat fisik yang dibandingkan dengan SNI 06-3949-1005 dan analisis komponen minyak atsiri kenanga dilakukan dengan menggunakan KG-SM. Uji aktivitas minyak atsiri kenanga sebagai antiradikal bebas pada minyak jagung dilakukan menggunakan ESR. Variasi waktu reaksi antara minyak atsiri kenanga dengan minyak jagung yang diradiasi sinar UV dilakukan untuk menentukan aktivitas optimal antiradikal pada minyak atsiri kenanga. Sehingga dalam penelitian ini dapat diinformasikan jenis radikal yang paling banyak diperangkap oleh minyak atsiri kenanga melalui ESR.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disampaikan di atas, dapat dirumuskan permasalahan penelitian sebagai berikut:

1. Berapa komponen yang terkandung dalam minyak atsiri kenanga hasil distilasi uap selama 8 jam?
2. Jenis radikal apa saja yang dihasilkan oleh minyak jagung yang diradiasi menggunakan sinar UV?
3. Berapa lama waktu yang dibutuhkan minyak atsiri kenanga dalam memperangkap radikal bebas hasil radiasi terhadap minyak jagung?
4. Jenis radikal apa saja yang dapat diperangkap oleh minyak atsiri kenanga?

## 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian yang dilakukan adalah:

1. Bunga Kenanga yang digunakan adalah bunga kenanga (*Cananga odorata*) yang diperoleh dari Desa Gajahrejo, Kabupaten Pasuruan.
2. Metode isolasi minyak atsiri kenanga menggunakan distilasi uap selama 8 jam.
3. Sumber radikal bebas berasal dari minyak jagung yang diradiasi dengan sinar UV pada  $\lambda = 254\text{nm}$  selama 40 menit.
4. Aktivitas minyak atsiri kenanga sebagai antiradikal bebas ditentukan menggunakan ESR.

## 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian yang dilakukan adalah:

1. Menentukan komponen penyusun minyak atsiri kenanga hasil distilasi uap selama 8 jam.
2. Menentukan jenis radikal bebas yang dihasilkan oleh minyak jagung yang diradiasi menggunakan sinar UV.
3. Menentukan waktu reaksi optimum berdasarkan pada penurunan luas kurva resonansi radikal bebas minyak jagung setelah penambahan minyak atsiri kenanga menggunakan ESR.
4. Menentukan jenis radikal bebas yang dapat diperangkap oleh minyak atsiri kenanga

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian yang dilakukan adalah didapatkan informasi mengenai kemampuan minyak atsiri kenanga sebagai antiradikal dan efektif digunakan sebagai antiradikal alami serta sebagai bahan aditif alami pada tabir surya yang memiliki sifat sebagai antiradikal.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Bunga Kenanga

Klasifikasi tanaman kenanga dalam sistematika tumbuhan adalah [10]:

- Kingdom : *Plantae*  
Divisi : *Spermatophyta*  
Kelas : *Magnoliopsida*  
Ordo : *Magnoliales*  
Famili : *Annonaceae*  
Genus : *Cananga*  
Spesies : *Cananga odorata*



**Gambar 2.1.**Bunga kenanga (*Cananga odorata*) [16]

Berdasarkan Gambar 2.1, tanaman kenanga memiliki bunga yang berbentuk bintang berwarna kuning setelah masak serta berbau harum. Bunga kenanga tumbuh secara berkelompok atau tunggal pada tangkai bunga [17].

Tanaman kenanga yang terdapat di Indonesia adalah kenanga jenis *Cananga odorata*. Bunga kenanga yang berwarna kuning kehijauan dan kuning dapat menghasilkan minyak dengan kualitas yang baik, sedangkan bunga yang masih berwarna hijau menghasilkan minyak atsiri dengan kualitas rendah. Selain dimanfaatkan bunganya untuk pembuatan minyak atsiri, tanaman kenanga dapat digunakan sebagai tanaman hias, sumber obat, dan lain-lainnya [18].

## 2.2 Minyak Atsiri Kenanga

Minyak atsiri merupakan minyak yang mudah menguap yang dapat dihasilkan dari akar, daun, buah, batang maupun bunga dari berbagai macam tanaman dan terdiri dari persenyawaan kimia yang termasuk dalam golongan hidrokarbon asiklik, hidrokarbon isosiklik serta turunan hidrokarbon yang berikatan dengan oksigen. Komponen utama dalam minyak atsiri adalah senyawa terpen dan terpen yang teroksigenasi (terpenoid) [19].

Berdasarkan pada persyaratan standar mutu berdasarkan SNI 06-3949-1005, karakteristik yang harus dipenuhi minyak atsiri kenanga ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 2.1** Persyaratan standart mutu minyak atsiri kenanga menurut SNI 06-3949-1005

Jenis Uji	Persyaratan
Warna	Kuning muda - Kuning tua
Densitas (20°C)	0,904 - 0,920
Indeks Bias	1,493– 1,503
Kelarutan	Dalam etanol 95%, 1:0,5 jernih, seterusnya jernih
Bau	Segar khas minyak atsiri kenanga

Minyak atsiri kenanga merupakan salah satu jenis minyak atsiri yang berwarna kuning dan memiliki aroma yang khas. Minyak atsiri kenanga dapat diperoleh dengan cara mengisolasi bunga kenanga melalui metode distilasi air, distilasi uap dan air dan distilasi uap [20]. Senyawa yang terkandung dalam minyak atsiri kenanga yaitu senyawa hidrokarbon sesquiterpen, alkohol, ester, eter, fenol dan aldehid. Minyak atsiri kenanga digunakan sebagai agen pemberi rasa dan bahan penambah rasa dalam industri makanan serta digunakan sebagai wewangian dalam industri kosmetik dan sabun [10].

Isolasi minyak atsiri kenanga dari bunga kenanga segar menggunakan metode distilasi uap akan menghasilkan minyak dengan aroma yang kuat, sehingga banyak digunakan dalam industri parfum. Kultivasi dan produksi minyak atsiri kenanga



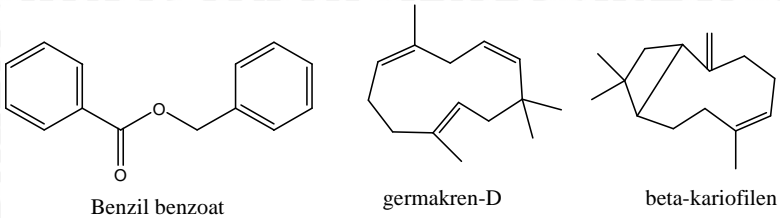
banyak terkonsentrasi di Negara Indonesia dan Madagaskar, sedangkan Filipina hanya memproduksi dalam jumlah yang kecil [4].

Komponen utama minyak atsiri kenanga hasil distilasi uap bunga kenanga segar ditunjukkan pada Tabel 2.2 [21].

**Tabel 2.2** Komponen penyusun utama minyak atsiri kenanga

Senyawa	% Area Puncak
$\beta$ -kariofilen	33,0%
$\gamma$ – muurolen	19,08%
Humulen	7,7%
Geranil asetat	6,2%
Bergamoten	5,4%
Benzil benzoat	5,3%
Benzil asetat	18,2%
Linalool	14,1%
Metil benzoat	10,0%
$\rho$ -metilanisol	8,9%
Germacrene D	7,8%

Komponen senyawa yang terdapat dalam minyak atsiri kenanga diantaranya adalah benzil benzoat,  $\alpha$ -humulen, dan  $\beta$ -kariofilen secara berturut-turut disajikan pada Gambar 2.2. Minyak atsiri kenanga harus disimpan dalam tempat yang gelap dan tertutup rapat. Hal ini dilakukan untuk mencegah minyak menguap dan terjadi perubahan warna pada minyak akibat terpapar oleh sinar. Rendemen minyak atsiri kenanga yang diperoleh melalui metode distilasi uap yaitu sebesar 1,5 – 2,0% [13].

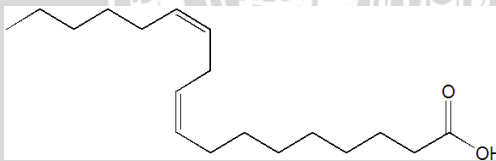


**Gambar 2.2** Contoh struktur senyawa yang terdapat dalam minyak atsiri kenanga

Minyak atsiri kenanga merupakan salah satu minyak atsiri yang bersifat iritan sehingga sangat tidak disarankan untuk langsung di aplikasikan pada kulit. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu minyak *carrier* pada minyak atsiri kenanga. Salah satu *carrier* yang banyak digunakan pada minyak atsiri kenanga yaitu minyak jagung yang dapat berperan sebagai pelembab yang baik [12].

### 2.3 Minyak Jagung

Minyak jagung merupakan trigliserida yang disusun oleh gliserol dan asam lemak. Asam lemak yang terkandung dalam minyak jagung terdiri dari asam lemak jenuh yaitu palmitat dan stearat dan asam lemak tak jenuh yaitu oleat (omega 9) dan linoleat (omega 6). Kandungan asam lemak jenuh pada minyak jagung relatif rendah, yaitu asam palmitat 11% dan asam stearat 2%. Sedangkan kandungan asam lemak tidak jenuhnya cukup tinggi, terutama asam linoleat mencapai 24% [16]. Struktur asam linoleat pada minyak jagung disajikan pada Gambar 2.3.

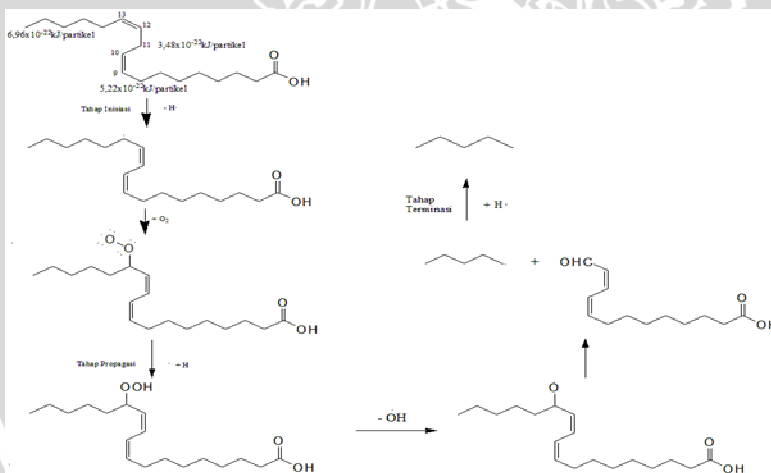


**Gambar 2.3** Struktur Asam Linoleat [14]

#### 2.3.1 Pembentukan Radikal Bebas pada Minyak Jagung

Proses pemanasan berulang kali pada minyak jagung dapat menghasilkan jenis radikal radikal bebas yang lebih

banyak dibandingkan dengan pemanasan pada minyak kelapa sawit dan minyak biji bunga matahari. Radikal bebas yang dihasilkan melalui proses pemanasan pada minyak jagung diantaranya yaitu radikal radikal hidrogen, peroksil, hidroksil, alkoksi dan karbon [15]. Asam linoleat pada minyak jagung dapat mengalami reaksi oksidasi dengan adanya spesi oksigen yang reaktif dan bersifat elektrofilik sehingga mudah menyerang molekul yang kaya akan elektron seperti ikatan rangkap yang terkandung dalam asam lemak. Asam lemak merupakan salah satu target utama molekul radikal bebas [22] sehingga molekul radikal bebas dapat melakukan reaksi berantai. Hal ini dikarenakan struktur dalam asam lemak memiliki ikatan rangkap yang dapat memperlemah ikatan C-H pada atom  $C_{\beta}$  sehingga atom H pada ikatan tersebut dapat dengan mudah diambil oleh spesies oksigen reaktif menghasilkan radikal bebas. Reaksi pembentukan radikal bebas pada asam linoleat ditunjukkan pada Gambar 2.4 [16]:



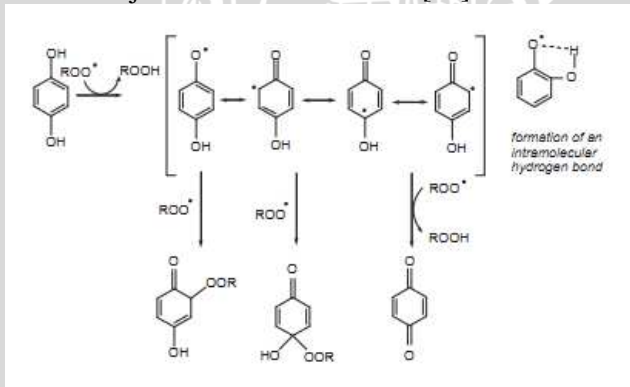
**Gambar 2.4** Mekanisme pembentukan radikal bebas pada asam linoleat [16]

## 2.4 Antiradikal

Antioksidan atau antiradikal merupakan suatu molekul yang dapat menetralkan radikal bebas dengan cara menerima atau mendonorkan elektron pada elektron yang tak berpasangan. Setelah mendonorkan elektron, antiradikal menjadi molekul radikal. Radikal pada molekul antiradikal memiliki kereaktifan yang lebih rendah daripada molekul radikal bebas, karena adanya stabilisasi dari delokalisasi elektron [23]. Sehingga molekul antiradikal dapat menghambat terjadinya reaksi berantai dari pembentukan radikal bebas [24].

Semua organisme memiliki perlindungan yang baik terhadap kerusakan yang disebabkan oleh radikal bebas, yaitu melalui suatu enzim oksidatif seperti superoksida dismutase (SOD) dan katalase (CAT) atau oleh suatu senyawa kimia seperti  $\alpha$ -tokoferol, asam askorbat, karetenoid, polifenol dan glutatin yang berperan sebagai sumber antiradikal yang diperlukan oleh tubuh [25]. Berdasarkan mekanisme kerjanya, antiradikal atau antioksidan dapat diklasifikasikan menjadi 2 macam yaitu antioksidan primer dan antioksidan sekunder [26].

Antiradikal biasanya bereaksi dengan radikal peroksil karena konsentrasi radikal peroksil yang cukup tinggi dan radikal peroksil  $ROO^{\bullet}$  memiliki energi yang rendah jika dibandingkan dengan radikal lainnya. Reaksi stabilisasi radikal senyawa antiradikal disajikan dalam Gambar 2.5 [27]:



**Gambar 2.5** Stabilisasi radikal pada senyawa antiradikal melalui delokalisasi elektron [27]

## **2.5 Minyak Atsiri Kenanga sebagai Antiradikal**

Minyak atsiri kenanga banyak digunakan dalam industri flavor, parfum, kosmetika, dan farmasi. Minyak atsiri kenanga menunjukkan aktivitas sebagai antiradikal melalui beberapa metode, salah satunya yaitu melalui uji DPPH.

Aktivitas antiradikal merupakan kemampuan suatu senyawa untuk bereaksi dengan radikal bebas, sedangkan aktivitas antioksidan mempresentasikan kemampuan suatu senyawa untuk menghambat proses oksidasi, misalnya proses oksidasi pada lipid [28]. Minyak atsiri kenanga memiliki kemampuan sebagai antiradikal yang dapat menghambat suatu proses oksidasi dari lipid, sehingga minyak atsiri kenanga juga berperan sebagai antiradikal.

Kemampuan minyak atsiri sebagai anti radikal bebas dapat diuji melalui spektroskopi ESR [9]. Teknik pengukuran menggunakan ESR menjadi sangat atraktif dan efektif berkaitan dengan studi mengenai kulit, hal ini dikarenakan beberapa penelitian melaporkan mengenai deteksi radiasi sinar UV yang menyebabkan adanya radikal bebas ROS dalam kulit melalui pengukuran menggunakan ESR [29].

## **2.6 Radikal Bebas**

Radikal bebas dihasilkan dalam metabolisme sel normal maupun sel patologis. Oksidasi merupakan proses yang penting bagi banyak makhluk hidup untuk menghasilkan energi yang diperlukan untuk proses biologis. Namun, produksi oksigen yang tidak terkontrol dapat menyebabkan timbulnya radikal bebas yang berbahaya bagi tubuh dan dapat menyebabkan penyakit seperti kanker [30]. Molekul radikal bebas dapat merusak jaringan kolagen pada kulit, sehingga menyebabkan keriput, peradangan pada kulit dan penuaan dini [31].

Radikal bebas merupakan satu senyawa yang tidak stabil, karena memiliki elektron yang tidak berpasangan, dan dapat bereaksi dengan cepat dengan molekul di sekitarnya dengan cara menarik elektron pada molekul disekitarnya untuk mencapai kestabilan. Sehingga molekul yang kehilangan elektron tersebut menjadi tidak stabil dan menjadi radikal bebas.



Sumber radikal bebas berasal dari proses metabolisme dalam tubuh (internal) dan luar tubuh (eksternal). Sumber radikal bebas internal adalah superoksida ( $O_2^{\cdot-}$ ), hidroksil ( $\cdot OH$ ), peroksil ( $ROO^{\cdot}$ ), hidrogen peroksida ( $H_2O_2$ ), singlet oksida ( $^1O_2$ ), oksida nitrit ( $NO^{\cdot}$ ), dan peroksida nitrit ( $ONOO^{\cdot}$ ). Sedangkan sumber radikal bebas eksternal berasal dari asap rokok, polusi, radiasi sinar UV, obat, pestisida, limbah industri, dan ozon [32].

### **2.6.1 Radikal Bebas akibat Paparan Radiasi Sinar UV**

Reaksi dari paparan sinar UV menyebabkan stres oksidatif yang di mediasi melalui pembentukan radikal bebas. Adanya molekul oksigen pada sel kulit epidermis pada level yang rendah, merupakan salah satu target utama gelombang sinar UV untuk melakukan penetrasi pada kulit. Radiasi sinar UV dapat mendonorkan elektron pada molekul oksigen dalam sel kulit. Radikal bebas dapat terbentuk akibat dari paparan radiasi sinar UV pada rentang panjang gelombang UV-A yaitu 320-400nm meskipun terjadi *overlap* dengan panjang gelombang UV-B yaitu 100-200nm. Energi foton pada rentang panjang gelombang pada UV-B dapat merusak langsung DNA, sedangkan energi foton pada radiasi UV-A dapat menyebabkan terbentuknya radikal bebas. [9].

Pajang gelombang pada UV-A dapat menyerap dengan kuat pada permukaan kulit melalui suatu transisi elektron. Panjang gelombang infra merah yaitu 760nm -1mm memiliki energi foton sekitar 0,0001-1,6 eV, dimana pada rentang energi tersebut menyebabkan molekul bervibrasi. Energi yang dimiliki infra merah dalam menyerap relatif lebih rendah dibandingkan energi sinar UV, sehingga penyerapan radiasi infra merah hanya akan menghangatkan jaringan kulit karena adanya vibrasi yang terjadi pada molekul yang terkena radiasi infra merah [9]. Spektrum radiasi sinar UV dan energi foton yang dihasilkan oleh radiasi sinar UV disajikan dalam Tabel 2.3.

**Tabel 2.3** Spektrum radiasi dan energi foton sinar UV [11]

Spektrum	Panjang gelombang	Energi foton
UV-C	100nm-280nm	12,3 – 9,8 eV
UV-B	280nm-320nm	9,8 – 9,2 Ev
UV-A	320nm-400nm	9,2 – 8,1 Ev
IR	760nm-1mm	1,6 – 3 eV

Foton yang dipancarkan dari cahaya atau sinar UV merupakan suatu gelombang elektromagnetik yang memiliki energi tertentu yang dapat dihitung melalui persamaan 2.1 [33].

$$E = h\nu = \frac{h \cdot c}{\lambda} \quad (2.1)$$

Keterangan :

E : Energi radiasi (1 Joule =  $6.24 \times 10^{18}$  eV )

h : konstanta Planck ( $h=6,625 \times 10^{-34}$  Ws<sup>-2</sup>)

c : kecepatan cahaya ( $3 \times 10^8$  m/s)

$\lambda$  : panjang gelombang (m)

Reaktivitas radikal bebas merupakan refleksi dari energi disosiasi ikatan pada berbagai jenis ikatan antar atom, misalnya pada ikatan C-H. Pada molekul yang memiliki jenis ikatan C-H memiliki reaktifitas yaitu ikatan C-H pada alil>benzil>tersier>sekunder>primer. Stabilitas radikal alil atau benzil dikarenakan adanya stabilisi resonansi pada strukturnya. Molekul radikal juga dapat terstabilkan dengan kuat oleh adanya substituen yang memiliki gugus penarik elektron maupun pendonor elektron yang dapat menyerang sisi radikal. Energi radiasi sinar UV yang mengenai suatu molekul harus setara dengan energi disosiasi ikatan agar dapat terjadi pemutusan pada ikatan suatu molekul [34]. Energi disosiasi ikatan antar atom disajikan pada Tabel 2. 4.

**Tabel 2.4** Energi ikatan antar atom [35]

Ikatan	Energi(kJ/partikel)	Ikatan	Energi(kJ/partikel)
H-O	$7,64 \times 10^{-22}$	C-C	$1,03 \times 10^{-21}$
O=O	$8,28 \times 10^{-22}$	C $\equiv$ C	$1,35 \times 10^{-21}$
C-H	$6,87 \times 10^{-22}$	C-O	$5,83 \times 10^{-22}$
C-C	$5,76 \times 10^{-22}$	C=O	$1,24 \times 10^{-22}$

Oksidasi senyawa organik misalnya molekul lipid dimulai dengan suatu inisiator. Inisiator yang dapat memulai reaksi oksidasi lipid misalnya yaitu radiasi sinar UV, panas, pro-oksidatif ion logam atau enzim. Pada tahap inisiasi radikal alil lebih disukai untuk terbentuk karena adanya stabilisasi resonansi radikal. Tahap propagasi dimulai setelah terjadi tahap inisiasi. Radikal peroksil merupakan spesies kunci dalam reaksi oksidasi lipid, karena radikal peroksil merupakan pembawa reaksi berantai radikal. Radikal hidroksil sangat reaktif dan dapat menyerang spesi molekul di sekitarnya sehingga dapat membentuk radikal bebas yang baru. Mekanisme reaksi pembentukan radikal melalui proses autooksidasi ditunjukkan pada Gambar 2.6.

- a. Inisiasi  

$$\text{R-H} \xrightarrow{\text{UV/panas}} \text{R}^{\bullet}$$
- b. Propagasi  

$$\text{R}^{\bullet} + \text{O}_2 \longrightarrow \text{ROO}^{\bullet} \text{ (reaksi berlangsung cepat)}$$

$$\text{ROO}^{\bullet} + \text{RH} \longrightarrow \text{ROOH} + \text{R}^{\bullet} \text{ (reaksi berjalan lambat dan laju penentu reaksi)}$$
- c. Terminasi  

$$\text{R}^{\bullet} + \text{R}^{\bullet} \longrightarrow \text{produk stabil}$$

$$\text{R}^{\bullet} + \text{ROO}^{\bullet} \longrightarrow \text{produk stabil}$$

**Gambar 2.6** Mekanisme reaksi pembentukan radikal bebas

## 2.7 Distilasi Minyak Atsiri

Distilasi uap merupakan proses pemisahan komponen-komponen campuran dua atau lebih dari cairan atau padatan yang berdasarkan pada perbedaan titik didih masing-masing komponen [36]. Uap yang digunakan dalam metode ini adalah uap jenuh pada tekanan 1 atmosfer [19].

Prinsip metode distilasi uap adalah ketel uap berisi air dipanaskan sehingga uap mengalir ke ketel distilasi yang berisi sampel bahan. Partikel-partikel minyak pada sampel bahan terbawa bersama uap dan dialirkan ke kondensor, dimana dalam kondensor terjadi proses pengembunan, sehingga uap air yang bercampur minyak akan mengembun dan mencair kembali. Kemudian, produk yang dihasilkan dialirkan ke alat pemisah yang akan memisahkan minyak atsiri dengan air misalnya yaitu corong pemisah. Kelebihan metode ini adalah kualitas minyak atsiri yang dihasilkan lebih baik dibandingkan dengan metode distilasi air dan distilasi uap-air, sehingga harga jual minyak yang dihasilkan juga tinggi [37].

Proses distilasi minyak atsiri kenanga dengan metode distilasi air menghasilkan kualitas minyak yang cukup rendah, rendemen dalam jumlah yang kecil, dan terkadang terjadi proses hidrolisis asam serta produk minyak atsiri kenanga yang dihasilkan bercampur dengan hasil sampingan [38]. Sedangkan isolasi minyak atsiri kenanga menggunakan metode distilasi uap menghasilkan volume distilat yang lebih banyak yaitu 12 mL pada proses distilasi uap dengan bahan baku bunga kenanga sebanyak 1000 g selama 8 jam, dan rendemen yang lebih optimum yaitu sebesar 1,95% [13].

## **2.8 Kromatografi Gas-Spektroskopi Massa (KG-SM)**

Metode KG-SM merupakan suatu metode yang menggabungkan dari dua instrumen yaitu kromatografi gas dan spektrometer massa. Penggabungan dua instrumen tersebut digunakan agar spektrometer massa dapat mengidentifikasi struktur senyawa yang telah dipisahkan oleh kromatografi gas [39]. Sedangkan kromatografi gas difungsikan untuk pemisahan senyawa-senyawa organik maupun anorganik [40]. Kromatografi gas juga dapat menganalisis senyawa yang bersifat volatil. Fasa gerak yang digunakan dalam kromatografi gas berupa gas yang bersifat inert seperti, helium, nitrogen, argon dan hidrogen [41], sedangkan fasa diam pada kromatografi gas merupakan suatu lapisan cairan atau polimer dalam padatan pendukung yang bersifat *inert* yang berada dalam kolom. Proses analisis menggunakan kromatografi gas yaitu mula-mula analit



diiinjeksikan pada injektor kromatografi gas yang terjaga pada temperatur tinggi agar terjadi penguapan. Kemudian gas pembawa bersama dengan analit melewati kolom dan terjadi interaksi antara analit dengan kolom kapiler. Analit yang memiliki perbedaan sifat dengan kolom maka akan memiliki waktu retensi yang lebih lama sehingga untuk mencapai detector pada kromatografi gas juga membutuhkan waktu yang relatif lebih lama [41].

Secara kualitatif, kromatografi gas dapat digunakan untuk mengetahui keberadaan suatu senyawa dalam sampel. Secara kuantitatif digunakan untuk menentukan jumlah komponen dalam sampel.

Spektrometer massa merupakan suatu metode yang digunakan untuk menentukan massa molekul dari suatu senyawa. Prinsip kerja spektrometer massa yaitu suatu senyawa organik ditembak elektron dengan energi sekitar 70 eV menghasilkan suatu ion molekul atau fragmen ion. Fragmen-fragmen bermuatan ini dapat dipisahkan menurut massanya. Spektrum massa merupakan data *output* dari spektrometer massa dalam bentuk grafik kelimpahan *versus* rasio massa per muatan ( $m/z$ ) dari partikel bermuatan positif [42].

## 2.9 Electron Spin Resonance (ESR)

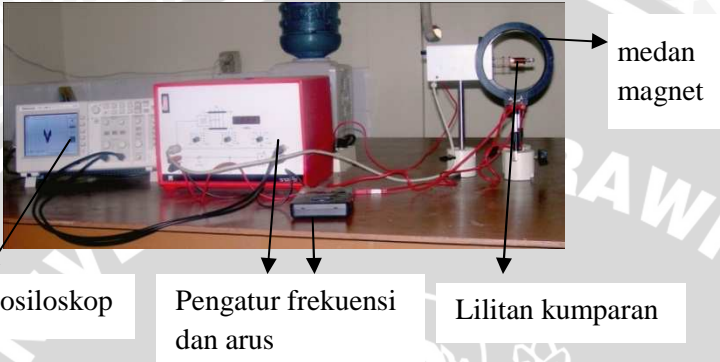
ESR merupakan suatu metode yang dapat digunakan untuk mempelajari aktivitas radikal bebas dengan mengamati medan magnet saat elektron dari radikal bebas beresonansi dengan radiasi elektromagnetik [34]. ESR didasarkan pada penyerapan resonansi energi elektromagnetik oleh partikel yang mengelilingi dalam medan magnet kuat. Resonansi magnetik merupakan saat spin-spin magnetik dari atom-atom tertentu yang menyerap frekuensi tertentu ketika berada pada medan magnet [43].

ESR *Leybold* dapat digunakan pada jangkauan frekuensi antara 13 MHz-130 MHz dengan arus maksimum 2A untuk menghasilkan magnet di sekitar kumparan. Rangkaian alat ESR ditunjukkan pada Gambar 2.7. Informasi yang diperoleh dari spektrum ESR tersebut meliputi [44]:

1. Faktor  $g$



2. Pemisahan hiperhalus dari spektrum akibat interaksi spin maknetik dalam radikal
3. Bentuk pita yang diamati



**Gambar 2.7** Rangkaian alat ESR

Faktor  $g$  ESR bergantung pada orientasi molekul dalam medan maknetik dan tergantung pada struktur elektron dari molekul. Faktor  $g$  untuk elektron inilah yang disebut dengan faktor  $g$  Lande yang oleh frekuensi presisi dari elektron yang tidak berpasangan. Perbedaan yang kecil dari nilai  $g$  mengacu pada besarnya perbedaan frekuensi presisi. Nilai  $g$  diperoleh ketika atom dalam beresonansi magnetik, kemudian secara bersamaan atom tersebut dikenai radiasi elektromagnetik dengan energi sebesar  $hf$  yang sebanding dengan transisi energi antara dua tingkatan spin dan dapat ditulis dalam persamaan 2.2 sebagai berikut [44] :

$$g = \frac{hf}{\mu_B B} \quad (2.2)$$

keterangan:

$h$  : konstanta Planck ( $h=6,625 \times 10^{-34} \text{ Ws}^{-2}$ )

$\mu_B$  : magneton Bohr ( $\mu_B=9,273 \times 10^{-24} \text{ Am}^2$ )

$f$  : frekuensi saat terjadi resonansi (Hz)

Medan magnet ( $B$ ) merupakan besarnya medan magnet eksternal yang memepengaruhi sampel yang diuji pada ESR.

Nilai B dapat diperoleh melalui perhitungan dengan rumus pada persamaan 2.3 [33]:

$$B = \mu_0 \left( \frac{4}{5} \right)^2 \frac{n}{r} I \quad (2.3)$$

keterangan:

$\mu_0$  :  $1,2566 \times 10^{-6}$  Vs/Am

n : jumlah lilitan pada kumparan Helmholtz (n=320)

r : jari-jari pada kumparan Helmholtz (r=6,8 cm)

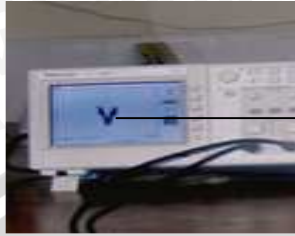
I : arus yang mengalir pada kumparan Helmholtz (A)

Arus maksimum pada alat ESR yang dikeluarkan oleh Leybold yang dapat dialirkan pada tiap kumparan yang dapat menghasilkan medan magnet adalah 2 A. Nilai g yang diperoleh dari hasil perhitungan memberikan informasi mengenai jenis radikal, karena setiap radikal bebas memiliki nilai g yang berbeda-beda. Nilai g tiap radikal bebas ditunjukkan pada Tabel 2.5 [33].

**Tabel 2.5** Nilai g setiap jenis radikal bebas [36]

No.	Nama Radikal	Nilai faktor g
1.	Hidroksil	2,00047
2.	Peroksil	2,0155
3.	Alkoksi	2,00197
4.	Alkil	2,00206
5.	DPPH	2,0036
6.	Karbon	2,005

Instrumen ESR akan menunjukkan aktivitas radikal bebas melalui kurva resonansi yang terlihat pada layar osiloskop, dimana kurva resonansi radikal bebas berbentuk menyerupai huruf V yang disajikan seperti pada Gambar 2.8.



Kurva resonansi radikal

**Gambar 2.8** Kurva resonansi radikal bebas pada layar osiloskop ESR

### 2.10 Hipotesis Penelitian

Berdasarkan uraian diatas, hipotesis yang dapat diambil adalah penambahan minyak atsiri kenanga pada minyak goreng yang telah diradiasi oleh sinar UV menunjukkan aktivitas antiradikal yang ditunjukkan pada penurunan besar intensitas sinyal radikal bebas minyak jagung pada berbagai variasi waktu kontak dengan minyak atsiri kenanga menggunakan instrumentasi ESR.



## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian dilaksanakan mulai bulan September 2012 - Desember 2012. Pengambilan sampel bunga kenanga dilakukan di Desa Gajahrejo, Kabupaten Pasuruan. Determinasi bunga kenanga dilakukan di Laboratorium Taksonomi dan Struktur Tumbuhan, Jurusan Biologi, Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya. Isolasi minyak atsiri kenanga dari bunga kenanga dan penentuan sifat fisiknya dilakukan di Laboratorium Kimia, Organik, Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya. Karakterisasi komponen penyusun menggunakan KG-SM dilaksanakan di UPT Instrumentasi, Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya. Pembuatan radikal bebas dari minyak jagung yang diradiasi sinar UV dan uji aktivitas minyak atsiri kenanga sebagai antiradikal dilaksanakan di Laboratorium Fisika Lanjut, Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya.

#### **3.2 Bahan dan Alat Penelitian**

##### **3.2.1 Bahan Penelitian**

###### **3.2.1.1 Bahan Sampel**

Bahan sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah bunga kenanga (*Cananga odorata*) diperoleh dari Desa Gajahrejo, Purwodadi, Kabupaten Pasuruan.

###### **3.2.1.2 Bahan Kimia**

Bahan kimia yang digunakan dalam penelitian ini adalah magnesium sulfat heptahidrat ( $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ ), gas nitrogen ( $N_2$ ), minyak jagung merk CCO, dan gypsum.

##### **3.2.2 Alat Penelitian**

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian meliputi seperangkat alat distilasi uap dengan kapasitas 5 kg, seperangkat peralatan gelas laboratorium, tabung durham, seperangkat alat Kromatografi Gas-Spektrometer Massa (KG-SM) SHIMADZU-QP2010S, seperangkat alat ESR (*Electron*

*Spin Resonance*) *Leybold Heracous*, corong pisah 1000 mL, cawan gelas, *hot plate*, desikator, piknometer 2 mL, mikropipet, refraktometer Abbe, kompartmen berukuran 40x30x20 cm berisi lampu UV, neraca analitik *Ohaus Precision Advanced*, *vial*, gunting, oven, tissue, *aluminium foil*, lap kain, dan kertas label.

### 3.3 Tahapan Penelitian

1. Pengambilan sampel dan determinasi bunga kenanga dilakukan di Laboratorium Laboratorium Taksonomi dan Struktur Tumbuhan Jurusan Biologi, Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya
2. Preparasi  $MgSO_4$  monohidrat dari  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ .
3. Isolasi minyak atsiri kenanga dengan metode distilasi uap selama 8 jam.
4. Karakterisasi sifat fisik minyak atsiri kenanga
5. Analisis komponen minyak atsiri kenanga menggunakan KG-SM.
6. Radiasi minyak jagung dengan menggunakan sinar UV pada  $\lambda = 254\text{nm}$  selama 40 menit.
7. Uji aktivitas antiradikal minyak atsiri kenanga pada berbagai waktu reaksi terhadap minyak jagung menggunakan ESR.

### 3.4 Prosedur Kerja Penelitian

#### 3.4.1 Determinasi Bunga Kenanga

Determinasi bunga kenanga dilakukan di Laboratorium Taksonomi dan Struktur Tumbuhan Jurusan Biologi, Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya. (Hasil determinasi disajikan pada Lampiran C.2)

#### 3.4.2 Preparasi $MgSO_4 \cdot H_2O$ dari $MgSO_4 \cdot 7H_2O$

Padatan  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$  ditimbang sebanyak 50 g kemudian digerus menggunakan mortar hingga yang semula berbentuk padatan kristal berubah bentuk menjadi serbuk halus. Selanjutnya  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$  yang telah digerus, ditimbang beratnya lalu dipanaskan di dalam oven pada temperatur  $120^\circ\text{C}$  selama 24 jam. Setelah itu dikeluarkan dari oven dan didinginkan di dalam desikator selama 10 menit, lalu ditimbang massanya. Perlakuan



tersebut dilakukan berulang kali hingga diperoleh berat konstan. Selanjutnya dilakukan perhitungan kapasitas hidrat pada  $\text{MgSO}_4$  yang ditunjukkan pada Lampiran D.1 sehingga diperoleh  $\text{MgSO}_4$  monohidrat. Kemudian  $\text{MgSO}_4$  monohidrat yang dihasilkan disimpan dalam botol tertutup (Lampiran C.3).

### **3.4.3 Preparasi Sampel Bunga Kenanga**

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah bunga kenanga (*Cananga odorata*). Bunga Kenanga segar dipisahkan dari daun dan batang yang masih terdapat dalam bunga kenanga.

### **3.4.4 Isolasi Minyak Atsiri Kenanga dengan Metode Distilasi Uap**

Bunga kenanga segar yang telah dipetik dari pohon ditimbang sebanyak 2000 g dan dimasukkan ke dalam ketel distilasi (Lampiran C.4). Kemudian ketel distilasi ditutup rapat, dan dihubungkan dengan kondensor. Selanjutnya, alat pemanas dan pompa kondensor dinyalakan. Distilasi dilakukan selama 8 jam dihitung dari tetesan pertama distilat yang terkondensasi.

Distilat yang dihasilkan ditampung dalam corong pisah kapasitas 1000 mL dan diperoleh 2 fasa, yaitu fasa minyak (lapisan atas) dan fasa air (lapisan bawah) yang tidak saling campur. Dipisahkan fasa minyak dengan fasa air dengan mengalirkan fasa air ke dalam botol penampung distilat. Fasa minyak kemudian ditambahkan dengan  $\text{MgSO}_4$  monohidrat sebanyak 3 g. Penambahan  $\text{MgSO}_4$  monohidrat dilakukan sedikit-demi sedikit hingga seluruh molekul air yang masih terkandung dalam fasa minyak terikat dengan  $\text{MgSO}_4$  monohidrat dan tidak terjadi penggumpalan  $\text{MgSO}_4$  pada fasa minyak. Selanjutnya fasa minyak dipisahkan dari  $\text{MgSO}_4$  dengan cara dekantasi dan ditampung dalam *vial* serta dialiri gas nitrogen. Kemudian botol ditutup rapat (Lampiran C.5).

### **3.4.5 Karakterisasi Sifat Fisik Minyak Atrsiri Kenanga**

Karakterisasi sifat fisik minyak atsiri kenanga yang dilakukan meliputi bau, warna, indeks bias, dan berat jenis. Penentuan berat jenis dilakukan dengan menggunakan piknometer

2 mL dan indeks bias dengan menggunakan refraktrometer Abbe (Skema kerja disajikan pada lampiran B.3). Pengukuran berat jenis minyak atsiri kenanga dilakukan dengan membandingkan berat minyak dan air pada volume minyak dan air yang sama menggunakan piknometer 2 mL.

### **3.4.6 Analisis Komponen Minyak Atsiri Kenanga Menggunakan KG-SM**

Analisis komponen minyak atsiri kenanga dilakukan menggunakan instrumen KG-SM QP2010S SHIMADZU dengan menginjeksikan sebanyak 0,05  $\mu$ L sampel minyak atsiri kenanga yang diperoleh dari hasil distilasi dengan kondisi sebagai berikut :

Jenis kolom	: Restek Rtx-5 MS
Fase Diam	: 5% difenil/95% dimetil polisiloksan
Panjang kolom	: 30 meter
Temperatur kolom	: 60-215 $^{\circ}$ C (10 $^{\circ}$ C/menit)
Temperatur injektor	: 225 $^{\circ}$ C
Kecepatan aliran gas	: 84,2 mL/menit
<i>Split ratio</i>	: 158,4
Gas pembawa	: He
Jenis Pengionan	: EI 70 eV

Data yang dihasilkan dari instrumen KG-SM ini berupa *Total Ion Chromatogram* (TIC) yang terdiri dari kromatogram dan spektrum massa. Kromatogram yang diperoleh digunakan untuk menentukan jumlah komponen minyak atsiri kenanga, sedangkan spektrum massa digunakan untuk menentukan struktur komponen minyak atsiri kenanga yang dapat dibandingkan dengan spektra standar dari pustaka Wiley.7 pada instrumen.

### **3.4.7 Pembentukan Radikal Bebas dari Minyak Jagung yang Diradiasi Sinar UV**

Minyak jagung merk CCO sebanyak 25 mL dituangkan ke dalam cawan gelas dan dimasukkan ke dalam kompartmen dengan ukuran 40x30x20 cm yang berisi lampu UV. Selanjutnya dilakukan radisi pada  $\lambda = 254$ nm selama 40 menit dengan jarak sinar UV dengan cawan gelas sebesar 10cm. Jarak antara cawan

gelas yang berisi minyak jagung dan sumber sinar UV harus tetap selama proses radiasi.

#### **3.4.8 Uji Aktivitas Antiradikal Minyak Atsiri Kenanga**

Uji aktivitas antiradikal pada minyak atsiri kenanga dilakukan pada berbagai variasi waktu reaksi terhadap minyak jagung menggunakan ESR. Variasi waktu reaksi yang dilakukan yaitu 2, 3, 4, 5, dan 6 menit. Kalibrasi alat ESR (*Electron Spin Resonance*) dengan menggunakan DPPH (2,2-difenil-1-pikrahidrazil) dilakukan terlebih dahulu sebelum melakukan uji aktivitas antiradikal pada minyak atsiri kenanga (Rangkain gambar alat ESR disajikan pada lampiran C.9). Langkah pertama yang dilakukan dalam kalibrasi alat ESR adalah meletakkan tabung yang telah berisi dengan DPPH pada kumparan yang terletak pada ESR. Kemudian diatur frekuensi dan arus listrik pada instrumen ESR sesuai dengan faktor  $g$  DPPH dan diamati kurva resonansi radikal DPPH yang ditunjukkan pada layar osiloskop ESR. Kalibrasi alat ESR dengan DPPH dilakukan untuk mengetahui nilai faktor  $g$  radikal DPPH yaitu sebesar 2,00036 [47], sehingga dapat mengetahui jenis radikal yang lain dengan nilai faktor  $g$  tertentu.

Setelah dilakukan kalibrasi dengan DPPH, kemudian minyak jagung yang telah diradiasi dengan sinar UV dimasukkan dalam tabung Durham kapasitas 1 mL dan ditentukan jenis radikal bebas yang terbentuk menggunakan ESR. Diatur frekuensi dan arus listrik setiap jenis radikal bebas. Selanjutnya ditentukan nilai  $g$  melalui perhitungan pada persamaan 2.2. Setelah itu sebanyak 7  $\mu$ L minyak atsiri kenanga sebagai antiradikal dimasukkan kedalam tabung Durham yang berisi minyak jagung yang telah diradiasi. Penentuan aktivitas antiradikal minyak atsiri kenanga dilakukan pada variasi waktu reaksi antara minyak atsiri kenanga dengan minyak jagung 2, 3, 4, 5 dan 6 menit menggunakan ESR. Aktivitas antiradikal minyak atsiri kenanga diperoleh melalui perhitungan penurunan luas kurva resonansi radikal bebas pada minyak jagung sebelum dan sesudah ditambahkan minyak atsiri kenanga. Perhitungan aktivitas antiradikal pada minyak atsiri kenanga terhadap radikal bebas pada minyak jagung disajikan pada Lampiran F.

# UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan



## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Isolasi Minyak Atsiri Kenanga dengan Metode Distilasi Uap**

Isolasi minyak atsiri kenanga dengan menggunakan metode distilasi uap selama 8 jam menghasilkan minyak atsiri kenanga dengan rendemen minyak sebesar 1,066% (Perhitungan disajikan pada Lampiran D.2). Rendemen yang diperoleh relatif lebih rendah terhadap rendemen minyak atsiri kenanga hasil penelitian Ferdiansyah, dkk [17] yaitu sebesar 1,95%. Hal ini diduga karena adanya perbedaan daerah pertumbuhan bunga kenanga, waktu petik bunga dan kematangan bunga sehingga memengaruhi hasil rendemen minyak atsiri kenanga yang diperoleh [21]. Minyak atsiri kenanga yang dihasilkan pada penelitian diperoleh melalui distilasi uap termodifikasi dengan tekanan tinggi. Tekanan uap yang digunakan yaitu sebesar 1,39 atm. Tekanan uap tinggi yang diberikan pada proses distilasi uap diharapkan dapat mengisolasi komponen yang memiliki tekanan uap yang tinggi dan bersifat volatil. Namun, adanya tekanan uap yang tinggi menyebabkan hilangnya beberapa komponen yang sangat mudah menguap, sehingga rendemen minyak yang diperoleh rendah.

Prinsip kerja distilasi uap adalah pemisahan komponen-komponen yang bersifat volatil yang terdapat pada bunga kenanga yang didasarkan pada perbedaan titik didih komponen yang terdapat dalam minyak atsiri kenanga. Tekanan uap yang tinggi dari ketel air akan menyebabkan tekanan didalam ketel distilasi juga meningkat, sehingga komponen minyak atsiri kenanga dapat menguap di bawah titik didihnya. Komponen yang memiliki titik didih yang lebih rendah, maka akan menguap terlebih dahulu dan terpisah dari komponen yang memiliki titik didih lebih tinggi. Pemisahan minyak atsiri dari tanaman pada metode distilasi uap dapat terjadi melalui proses difusi, dimana uap air berdifusi ke dalam membran sel tanaman sehingga dapat menarik minyak keluar dari kelenjar minyak. Proses tersebut berlangsung secara terus-menerus sampai seluruh komponen yang menguap didifusikan dari dalam kelenjar minyak dan diuapkan bersama uap



air. Uap air akan membawa komponen volatil yang terdapat dalam bunga kenanga dan kemudian terkondensasi menghasilkan tetesan distilat yang ditampung dalam corong pisah. Distilat yang diperoleh terdiri dari 2 fasa, yaitu fasa minyak (minyak atsiri) di bagian atas dan fasa air di bagian bawah.

Minyak atsiri yang telah dipisahkan dengan fasa air, kemudian ditambahkan  $MgSO_4$  monohidrat hasil preparasi  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$  untuk menyerap sisa air yang masih terkandung dalam minyak atsiri.  $MgSO_4$  monohidrat digunakan sebagai penyerap air karena  $MgSO_4$  mampu mengikat 6 molekul hidrat yang terdapat dalam minyak atsiri kenanga. Penambahan  $MgSO_4$  monohidrat dilakukan hingga tidak terjadi penggumpalan  $MgSO_4$  pada minyak atsiri kenanga. Hal ini merupakan parameter fisik telah terikatnya semua molekul hidrat yang terdapat dalam minyak atsiri kenanga.

#### 4.2 Karakterisasi Sifat Fisik Minyak Atsiri Kenanga

Karakterisasi sifat fisik minyak atsiri kenanga hasil distilasi uap selama 8 jam ditentukan berdasarkan beberapa parameter fisik yaitu warna, bau, indeks bias dan berat jenis menurut SNI 06-3949-1005. Hasil uji sifat fisik minyak atsiri kenanga ditunjukkan dalam Tabel 4.1. Karakterisasi sifat fisik minyak atsiri kenanga dilakukan untuk menentukan kualitas minyak atsiri kenanga yang didasarkan pada SNI. SNI digunakan sebagai acuan karakterisasi minyak atsiri kenanga karena SNI merupakan syarat penentu mutu perdagangan di Indonesia.

**Tabel 4.1** Karakterisasi sifat fisik minyak atsiri kenanga

Parameter Uji	Hasil Penelitian	SNI 06-3949-1005
Warna	Kuning muda	Kuning muda-tua
Bau	Khas bunga kenanga	Khas bunga kenanga
Indeks Bias (25°C)	1,4943	1,493 – 1,503
Berat Jenis (20°C)	0,9154 g/mL	0,903 – 0,950 g/mL

Pengukuran indeks bias minyak atsiri kenanga dilakukan dengan menggunakan refraktrometer Abbe. Berdasarkan pengukuran indeks bias minyak atsiri kenanga yang dilakukan menggunakan refraktrometer, nilai indeks bias minyak atsiri

kenanga hasil distilasi uap selama 8 jam adalah 1,4943 pada 27 °C. Nilai indeks bias minyak atsiri kenanga menurut SNI 06-3949-1005 yaitu 1,493-1,503 (25°C), sehingga dapat disimpulkan bahwa nilai indeks bias minyak atsiri kenanga hasil penelitian telah memenuhi standart persyaratan mutu menurut SNI. Indeks bias merupakan perbandingan antara kecepatan cahaya di dalam udara dengan kecepatan cahaya di dalam zat tersebut (minyak atsiri kenanga) pada temperatur tertentu. Indeks bias minyak atsiri kenanga sangat berhubungan erat dengan komponen-komponen yang terdapat dalam minyak atsiri tersebut. Semakin banyak komponen berantai panjang seperti sesquiterpen atau komponen bergugus oksigen, maka kerapatan medium minyak atsiri kenanga akan bertambah sehingga cahaya yang datang akan lebih sulit untuk dibiaskan [21], hal ini menyebabkan indeks bias minyak atsiri kenanga hasil penelitian relaif lebih besar.

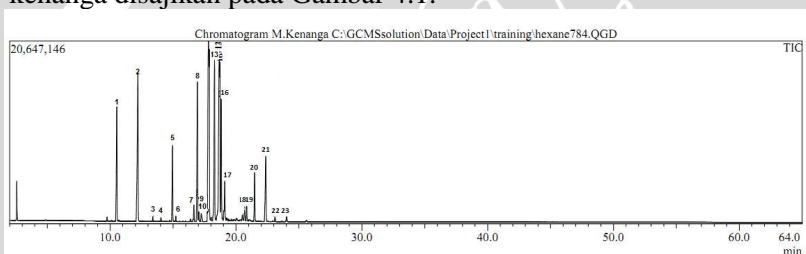
Pengukuran berat jenis minyak atsiri kenanga dilakukan dengan menggunakan piknometer 2 mL. Berdasarkan Nilai berat jenis yang diperoleh untuk minyak atsiri kenanga hasil distilasi uap selama 8 jam adalah 0,9153 g/mL pada temperatur 27 °C. Nilai berat jenis minyak atsiri kenanga menurut SNI 06-3949-1005 0,904 – 0,920 g/mL (20°C), sehingga dapat disimpulkan bahwa nilai berat jenis minyak atsiri kenanga telah memenuhi standart persyaratan mutu menurut SNI. Nilai berat jenis dari suatu minyak atsiri didefinisikan sebagai perbandingan antara berat minyak dengan berat air pada volume air yang sama dengan volume minyak [48]. Nilai berat jenis dipengaruhi oleh berat molekul dari komponen yang terkandung dalam minyak atsiri tersebut.

### **4.3 Analisis Komponen Penyusun Minyak Atsiri Kenanga Menggunakan KG-SM**

Hasil karakterisasi komponen minyak atsiri kenanga dengan menggunakan KG-SM yaitu berupa TIC (*Total Ion Chromatogram*) yang terdiri dari kromatogram dan spektrum massa. Kromatogram digunakan untuk menentukan profil senyawa penyusun dalam minyak atsiri kenanga dan spektrum massa digunakan untuk menentukan struktur dan massa molekul komponen yang terdapat pada minyak atsiri kenanga. Jumlah puncak yang muncul pada kromatogram yang teridentifikasi pada

kromatografi gas menunjukkan jumlah komponen yang terdapat dalam minyak atsiri kenanga yang kemudian di-*scan* dalam spektrometer massa (SM) sehingga dihasilkan spektrum massa. Spektrum massa yang dihasilkan kemudian diinterpretasikan sehingga dapat diketahui komponen kimia yang terdapat dalam minyak atsiri kenanga serta dapat menentukan pola fragmentasi komponen-komponen tersebut.

TIC minyak atsiri kenanga yang dihasilkan melalui distilasi uap selama 8 jam diperoleh 24 puncak komponen, dimana 22 komponen diantaranya merupakan komponen yang memiliki indeks similiaritas sebesar  $\geq 85\%$  dengan pustaka Wiley.7 yang terdapat dalam instrumen. Selain itu, komponen-komponen tersebut juga diidentifikasi dengan pustaka NIST. TIC minyak atsiri kenanga disajikan pada Gambar 4.1.



**Gambar 4.1** TIC minyak atsiri kenanga hasil distilasi uap selama 8 jam

Berdasarkan Gambar 4.1, terdapat 24 puncak komponen yang teridentifikasi menggunakan KG-SM. Pada TIC yang dihasilkan, terdapat satu puncak sebelum puncak pertama. Puncak tersebut merupakan senyawa pengotor atau pelarut yang masih tertinggal dalam kolom sehingga terelusi terlebih dahulu dan muncul pada TIC minyak atsiri kenanga. Interpretasi spektrum massa pada puncak-puncak komponen yang teridentifikasi tersebut memiliki kemiripan dengan spektrum massa senyawa yang terdapat pustaka Wiley7. TIC minyak atsiri kenanga yang dihasilkan dapat ditabulasikan dalam Tabel 4.2.

**Tabel 4.2** Data persentase area dan waktu retensi komponen penyusun minyak atsiri kenanga

<b>Puncak</b>	<b>Waktu Retensi</b>	<b>% Area</b>
1	10,522	6,97
2	12,199	11,28
3	13,378	0,20
4	14,031	0,16
5	14,867	3,89
6	15,133	0,24
7	16,649	0,91
8	16,928	7,99
9	17,037	0,68
10	17,233	0,64
11	17,803	19,39
12	17,883	3,39
13	18,288	9,46
14	18,660	13,36
15	18,721	4,04
16	18,825	5,51
17	19,098	1,30
18	20,501	0,28
19	20,669	0,76
20	20,840	0,79
21	21,476	2,39
22	22,363	4,53
23	23,183	0,27
24	24,017	0,35
Total		100

Karakterisasi komponen minyak atsiri kenanga dilakukan menggunakan KG-SM SHIMADZU QP2010S dan jenis kolom Restek Rtx-5 MS dengan fase diam berupa 5% difenil/ 95% dimetil polisiloksan yang bersifat non polar. Berdasarkan Tabel 4.2, masing-masing senyawa yang memiliki waktu retensi yang singkat merupakan senyawa yang memiliki interaksi yang tidak terlalu kuat dengan kolom, sedangkan senyawa yang memiliki interaksi yang

kuat dengan kolom akan lebih lama tertahan dalam kolom sehingga memiliki waktu retensi yang lebih lama.

Komponen-komponen dalam minyak atsiri kenanga yang telah diinterpretasikan berdasarkan spektrum massanya memiliki tekanan uap masing-masing yang telah dikonfirmasi dengan NIST ditunjukkan pada Tabel 4.3.

**Tabel 4.3** Tekanan uap masing-masing komponen dalam minyak atsiri kenanga

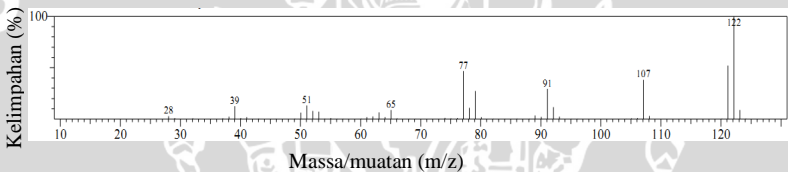
<b>Perkiraan Senyawa</b>	<b>Tekanan Uap (mmHg)</b>
p-metilanisol	2,029000
Linalool	0,17
Benzil asetat	0,177000
Trans-anetol	0,069000
Geraniol	0,021000
Z-citral	0,071000
Eugenol	0,027000
Geraniol asetat	0,26000
$\alpha$ -kopaen	0,038100
$\beta$ -elemen	0,031300
$\beta$ -kariofilen	0,008000
$\beta$ -kariofilen	0,008000
$\alpha$ -humulen	0,010000
Germakren-D	0,021000
Farnesen	0,007000
$\alpha$ -bergamoten	0,024700
$\delta$ -kadien	4,770000
Epiglobulol	0,0000371
Torreyol	0,000370
$\alpha$ -kadinol	0,006
Farnesol	0,000054
Benzil benzoat	0,17
Farnesil asetat	0,177000
Benzil salisilat	0,069000

Berdasarkan Tabel 4.3, komponen p-metilanisol merupakan komponen yang memiliki tekanan uap yang lebih besar dibandingkan dengan senyawa-senyawa lain. Hal ini menunjukkan



bahwa komponen yang memiliki tekanan uap yang tinggi dapat terisolasi dan memiliki waktu retensi yang lebih singkat daripada senyawa yang lain. Namun, tekanan uap senyawa-senyawa lain selain p-metilanisol memiliki tekanan uap yang relatif lebih rendah, sehingga waktu retensi yang dihasilkan oleh senyawa-senyawa tersebut lebih dominan dipengaruhi oleh polaritas senyawa-senyawa tersebut. Selain faktor kepolaran, berat molekul dan titik didih dari komponen dalam minyak atsiri kenanga juga mempengaruhi waktu retensi senyawa yang dihasilkan. Komponen senyawa yang memiliki titik didih yang lebih rendah akan memiliki waktu retensi yang singkat dan muncul terlebih dahulu sebagai puncak dalam kromatogram.

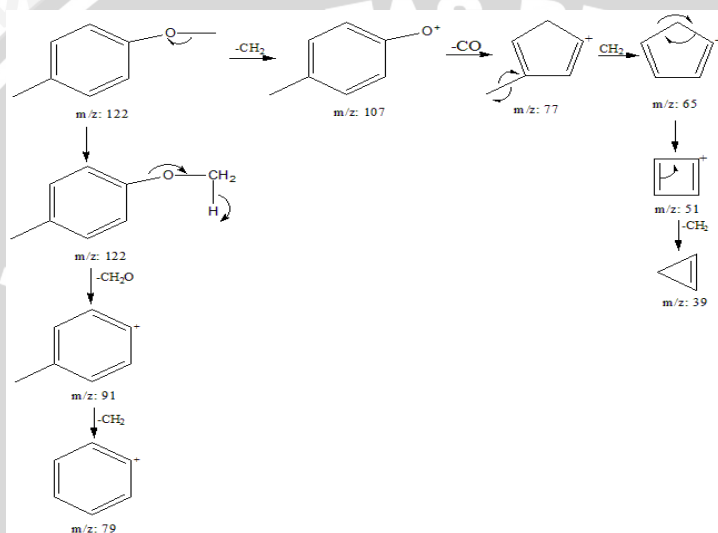
Hasil analisis spektrometer massa pada minyak atsiri kenanga terhadap senyawa dengan waktu retensi 10,522 menit menghasilkan spektrum massa yang disajikan pada gambar 4.2.



**Gambar 4.2** Spektrum massa komponen minyak atsiri kenanga dengan waktu retensi 10,522 menit

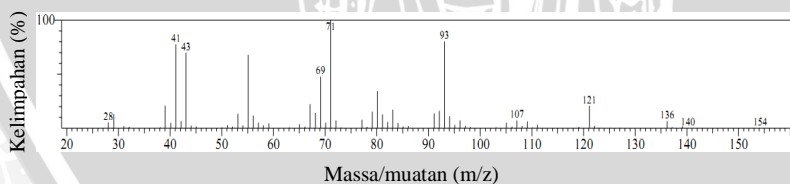
Spektrum massa pada Gambar 4.2 menunjukkan adanya puncak  $m/z$  : 28, 39, 51, 65, 77, 91, 107, dan 122 adalah berat molekul senyawa tersebut. Puncak-puncak tersebut memiliki kemiripan dengan puncak pola fragmentasi spektrum massa senyawa p-metilanisol pada pustaka WILEY7.LIB (Lampiran E.1). Puncak dengan  $m/z = 122$  mengalami dua jalur pemutusan yaitu pemutusan  $\text{CH}_2$  yang menghasilkan puncak dengan  $m/z = 107$ . Puncak  $m/z = 107$  mengalami pemutusan  $\text{CO}$  menghasilkan fragmen dengan  $m/z = 77$ . Puncak dengan  $m/z = 77$  mengalami pemutusan  $\text{CH}_2$  3 kali berturut-turut sehingga menghasilkan puncak dengan  $m/z = 65$ ,  $m/z = 51$  dan  $m/z = 39$ . Pada jalur pemutusan kedua, molekul dengan  $m/z = 122$  mengalami pemutusan  $\text{CH}_2\text{O}$  menghasilkan puncak dengan  $m/z = 91$ . Puncak dengan  $m/z = 91$  ini merupakan fragmen yang khas untuk molekul

benzena. Selanjutnya, puncak dengan  $m/z = 91$  mengalami pemutusan dan menghasilkan puncak dengan  $m/z = 79$ . Berdasarkan pola fragmentasi tersebut, senyawa yang memiliki waktu retensi 10,552 menit memiliki kemiripan dengan senyawa geraniol dan dengan *similarity index* (SI) 96% yang terdapat pada pustaka WILEY7.LIB. Kemungkinan pola fragmentasi senyawa p-metilanisol ditunjukkan pada gambar 4.3.



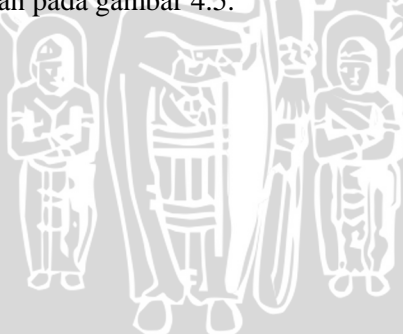
**Gambar 4.3** Pola fragmentasi senyawa p-metilanisol

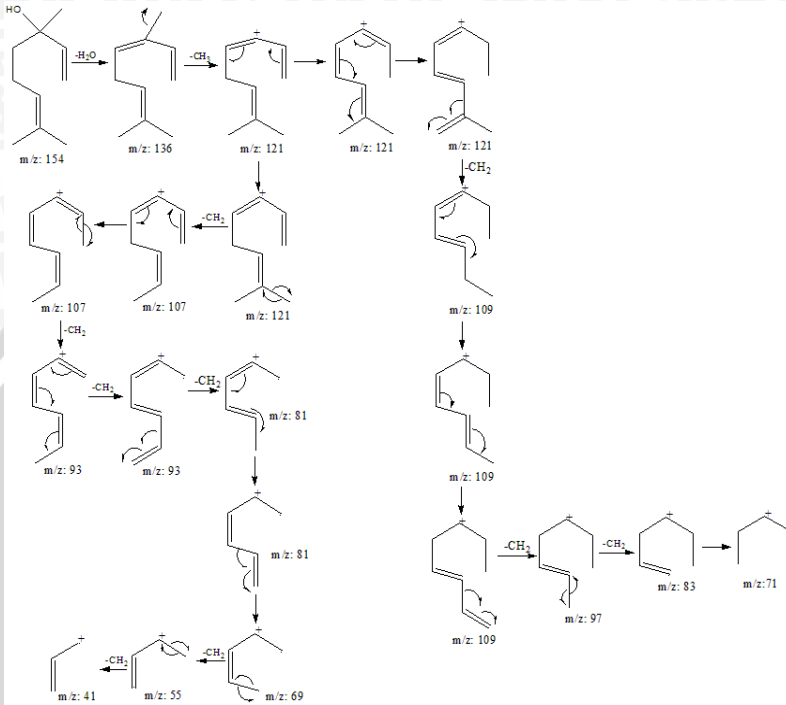
Hasil analisis spektrometer massa pada minyak atsiri kenanga terhadap senyawa dengan waktu retensi 12,199 menit menghasilkan spektrum massa yang disajikan pada gambar 4.5.



**Gambar 4.4** Spektrum massa komponen minyak atsiri kenanga dengan waktu retensi 12,199 menit

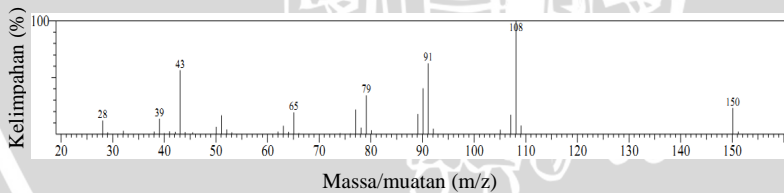
Spektrum massa pada Gambar 4.5 menunjukkan adanya puncak  $m/z$  :41, 69, 71, 93, 107, 121, 136, 140, dan 154 adalah berat molekul senyawa tersebut. Puncak-puncak tersebut memiliki kemiripan dengan puncak pola fragmentasi spektrum massa senyawa linalool pada pustaka WILEY7.LIB (Lampiran E.2). Puncak dengan  $m/z = 154$  mengalami pelepasan  $H_2O$  menghasilkan puncak dengan  $m/z = 136$ , selanjutnya puncak  $m/z = 136$  mengalami pelepasan  $CH_2$  sehingga menghasilkan puncak dengan  $m/z = 121$ . Puncak dengan  $m/z = 121$  mengalami dua jalur pemutusan. Pada jalur pemutusan pertama, puncak dengan  $m/z = 121$  mengalami penata ulangan dan kemudian mengalami pemutusan  $CH_2$  menghasilkan puncak dengan  $m/z = 109$ . Pada jalur pemutusan kedua puncak dengan  $m/z = 121$  mengalami pemutusan  $CH_2$  menghasilkan  $m/z = 107$ . Selanjutnya, puncak dengan  $m/z = 107$  mengalami penata ulangan dan pemutusan  $CH_2$  secara berturut-turut sehingga menghasilkan puncak dengan  $m/z = 93$  dan  $m/z = 69$ . Puncak dengan  $m/z = 69$  mengalami pelepasan  $CH_2$  secara berturut-turut sehingga menghasilkan  $m/z = 41$ . Berdasarkan pola fragmentasi tersebut, senyawa yang memiliki waktu retensi 12,199 menit memiliki kemiripan dengan senyawa linalool dan dengan *similarity index* (SI) 98% yang terdapat pada pustaka WILEY7.LIB. Kemungkinan pola fragmentasi senyawa linalool ditunjukkan pada gambar 4.5.





**Gambar 4.5** Pola fragmentasi senyawa linalool

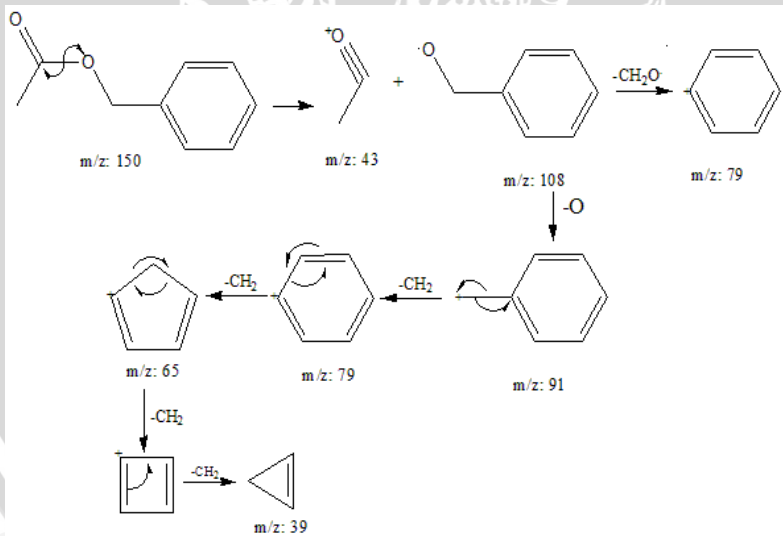
Hasil analisis spektrometer massa pada minyak atsiri kenanga terhadap senyawa dengan waktu retensi 13,378 menit menghasilkan spektrum massa yang disajikan pada gambar 4.6.



**Gambar 4.6** Spektrum massa komponen minyak atsiri kenanga dengan waktu retensi 13,378 menit

Spektrum massa pada Gambar 4.7 menunjukkan adanya puncak m/z : 39, 43, 65, 79, 91, 108, dan 150 adalah berat molekul senyawa tersebut. Puncak-puncak tersebut memiliki kemiripan

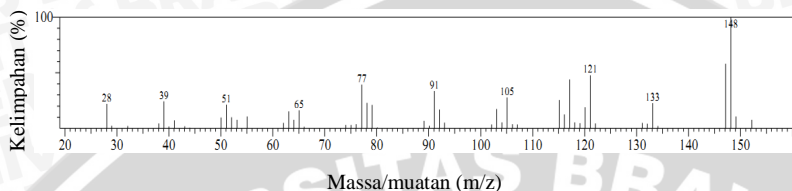
dengan puncak pola fragmentasi spektrum massa senyawa benzil asetat pada pustaka WILEY7.LIB (Lampiran E.3). Puncak dengan  $m/z = 150$  mengalami pemecahan molekul menghasilkan ion fragmen dengan puncak  $m/z = 43$  dan  $m/z = 108$ . Puncak  $m/z = 43$  khas untuk molekul dengan gugus karbonil pada senyawa asam karboksilat dan derivatnya seperti ester. Puncak dengan  $m/z = 108$  mengalami pelepasan  $\text{CH}_2\text{O}$  menghasilkan puncak dengan  $m/z = 79$  dan mengalami pelepasan atom O menghasilkan puncak dengan  $m/z = 91$ . Puncak dengan  $m/z = 91$  muncul dalam pola fragmentasi senyawa benzil asetat yang menandakan bahwa senyawa tersebut memiliki ion fragmen benzen yang memiliki puncak fragmentasi khas yaitu  $m/z = 91$ . Puncak dengan  $m/z = 91$  ini akan mengalami pemutusan  $\text{CH}_2$  menghasilkan puncak dengan  $m/z = 79$ . Puncak dengan  $m/z = 79$  mengalami pemutusan  $\text{CH}_2$  secara berturut-turut menghasilkan puncak dengan  $m/z = 65$  dan  $m/z = 39$ . Berdasarkan pola fragmentasi tersebut, senyawa yang memiliki waktu retensi 13,378 menit memiliki kemiripan dengan senyawa benzil asetat dan dengan *similarity index* (SI) 96% yang terdapat pada pustaka WILEY7.LIB. Kemungkinan pola fragmentasi senyawa benzil asetat ditunjukkan pada gambar 4.7.



**Gambar 4.7** Pola fragmentasi senyawa benzil asetat

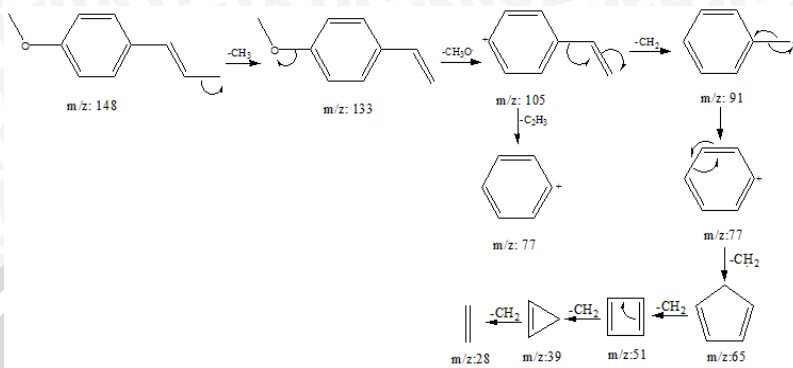


Hasil analisis spektrometer massa pada minyak atsiri kenanga terhadap senyawa dengan waktu retensi 14,031 menit menghasilkan spektrum massa yang disajikan pada gambar 4.8.



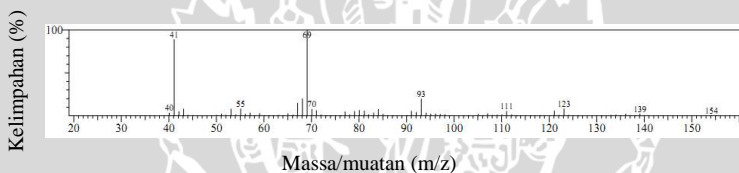
**Gambar 4.8** Spektrum massa komponen minyak atsiri kenanga dengan waktu retensi 14,031 menit

Spektrum massa pada Gambar 4.9 menunjukkan adanya puncak  $m/z$  : 28, 39, 51, 65, 71, 91, 105, 121, 133, dan 148 adalah berat molekul senyawa tersebut. Puncak-puncak tersebut memiliki kemiripan dengan puncak pola fragmentasi spektrum massa senyawa trans-anetol pada pustaka WILEY7.LIB (Lampiran E.4). Puncak dengan  $m/z$  = 148 mengalami pelepasan  $\text{CH}_3$  menghasilkan puncak dengan  $m/z$  = 133, selanjutnya mengalami pelapsan  $\text{CH}_3\text{O}$  sehingga menghasilkan puncak dengan  $m/z$  = 105. Puncak dengan  $m/z$  = 105 mengalami 2 jalur pemutusan, dimana pada jalur pemutusan pertama puncak  $m/z$  = 105 mengalami pelepasan  $\text{C}_2\text{H}_3$  dan menghasilkan puncak dengan  $m/z$  = 77. Selanjutnya pada jalur pemutusan kedua, puncak dengan  $m/z$  = 105 mengalami pelepasan  $\text{CH}_2$  sehingga menghasilkan puncak dengan  $m/z$  = 91. Puncak  $m/z$  = 91 merupakan ion fragmen yang khas untuk benzen. Puncak dengan  $m/z$  = 91 ini akan mengalami fragmentasi lebih lanjut yaitu mengalami pemutusan  $\text{CH}_2$  berturut-turut menghasilkan ion fragmen dengan puncak  $m/z$  = 65,  $m/z$  = 51, dan  $m/z$  = 39. Berdasarkan pola fragmentasi tersebut, senyawa yang memiliki waktu retensi 14,031 menit memiliki kemiripan dengan senyawa trans-anetol dan dengan *similarity index* (SI) 92% yang terdapat pada pustaka WILEY7.LIB. Kemungkinan pola fragmentasi senyawa trans-anetol ditunjukkan pada gambar 4.9.



**Gambar 4.9** Pola fragmentasi senyawa trans-anetol

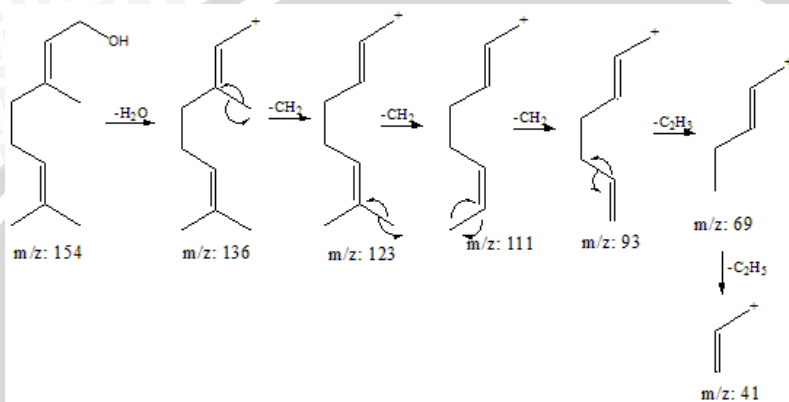
Hasil analisis spektrometer massa pada minyak atsiri kenanga terhadap senyawa dengan waktu retensi 14,951 menit menghasilkan spektrum massa yang disajikan pada gambar 4.10.



**Gambar 4.10** Spektrum massa komponen minyak atsiri kenanga dengan waktu retensi 14,951 menit

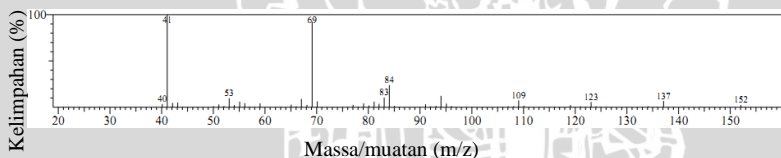
Spektrum massa pada Gambar 4.10 menunjukkan adanya puncak m/z : 41, 55, 69, 93, 111, 123, 139, dan 154 adalah berat molekul senyawa tersebut. Puncak-puncak tersebut memiliki kemiripan dengan puncak pola fragmentasi spektrum massa senyawa geraniol pada pustaka WILEY7.LIB (Lampiran E.5). Puncak dengan m/z = 154 mengalami pelepasan H<sub>2</sub>O menghasilkan puncak dengan m/z = 136, selanjutnya mengalami pelepasan CH<sub>2</sub> sehingga menghasilkan puncak dengan m/z = 123. Puncak dengan m/z = 123 mengalami pelepasan CH<sub>2</sub> secara berturut-turut dan menghasilkan puncak dengan m/z = 111 dan m/z = 93. Puncak dengan m/z = 93 mengalami pelepasan C<sub>2</sub>H<sub>3</sub> dan C<sub>2</sub>H<sub>5</sub> sehingga menghasilkan m/z = 69 dan m/z = 41. Berdasarkan pola fragmentasi tersebut, senyawa yang memiliki waktu retensi 12,092

menit memiliki kemiripan dengan senyawa geraniol dan dengan *similarity index* (SI) 97% yang terdapat pada pustaka WILEY7.LIB. Kemungkinan pola fragmentasi senyawa geraniol ditunjukkan pada gambar 4.11.



**Gambar 4.11** Pola fragmentasi senyawa Geraniol

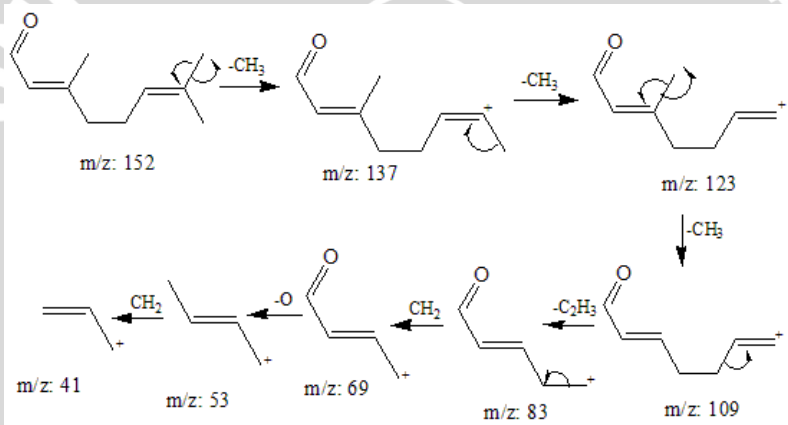
Hasil analisis spektrometer massa pada minyak atsiri kenanga terhadap senyawa dengan waktu retensi 15,212 menit menghasilkan spektrum massa yang disajikan pada gambar 4.12.



**Gambar 4.12** Spektrum massa komponen minyak atsiri kenanga dengan waktu retensi 15,212 menit

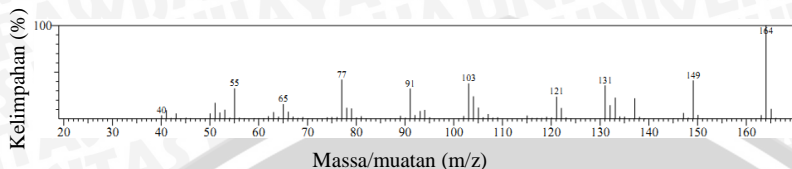
Spektrum massa pada Gambar 4.12 menunjukkan adanya puncak m/z : 41, 53, 69, 83, 109, 123, 137, dan 152 adalah berat molekul senyawa tersebut. Puncak-puncak tersebut memiliki kemiripan dengan puncak pola fragmentasi spektrum massa senyawa E-sitral pada pustaka WILEY7.LIB (Lampiran E.6). Puncak dengan m/z = 152 mengalami pelepasan CH<sub>3</sub> menghasilkan puncak dengan m/z = 137, selanjutnya mengalami pelapsan CH<sub>3</sub> kembali sehingga menghasilkan puncak dengan m/z = 123. Puncak

dengan  $m/z = 123$  mengalami pelepasan  $\text{CH}_3$  dan menghasilkan puncak dengan  $m/z = 109$ , kemudian puncak  $m/z = 109$  mengalami pelepasan  $\text{C}_2\text{H}_3$  sehingga menghasilkan puncak dengan  $m/z = 83$ . Puncak dengan  $m/z = 83$  mengalami pelepasan  $\text{CH}_3$  sehingga menghasilkan  $m/z = 69$ . Puncak dengan  $m/z = 69$  mengalami pelepasan  $\text{O}$  dan  $\text{CH}_2$  secara berturut-turut sehingga menghasilkan puncak  $m/z = 53$  dan  $m/z = 41$ . Berdasarkan pola fragmentasi tersebut, senyawa yang memiliki waktu retensi 15,212 menit memiliki kemiripan dengan senyawa E-Citral dan dengan *similarity index* (SI) 97% yang terdapat pada pustaka WILEY7.LIB. Kemungkinan pola fragmentasi senyawa E-sitral ditunjukkan pada gambar 4.13.



**Gambar 4.13** Pola fragmentasi senyawa E-sitral

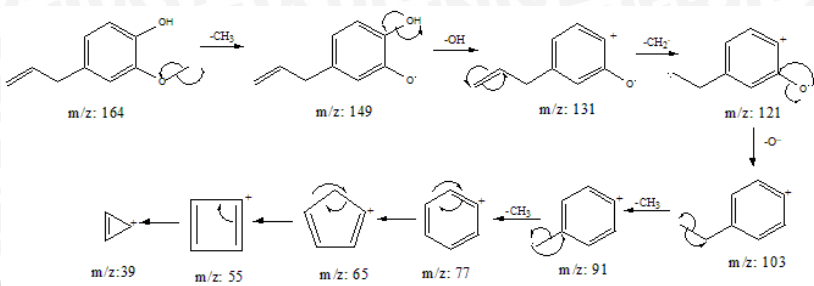
Hasil analisis spektrometer massa pada minyak atsiri kenanga terhadap senyawa dengan waktu retensi 16,649 menit menghasilkan spektrum massa yang disajikan pada gambar 4.14.



**Gambar 4.14** Spektrum massa komponen minyak atsiri kenanga dengan waktu retensi 16,649 menit

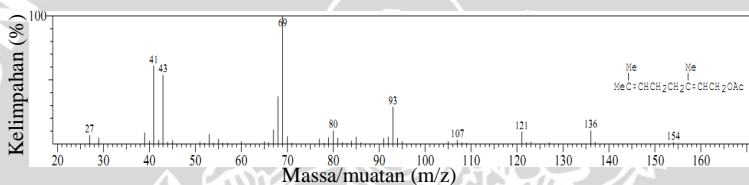
Spektrum massa pada Gambar 4.14 menunjukkan adanya puncak  $m/z$  : 40, 55, 65, 77, 91, 103, 121, 131, 149, dan 164 adalah berat molekul senyawa tersebut. Puncak-puncak tersebut memiliki kemiripan dengan puncak pola fragmentasi spektrum massa senyawa eugenol pada pustaka WILEY7.LIB (Lampiran E.7). Puncak dengan  $m/z = 164$  mengalami pelepasan  $\text{CH}_3$  menghasilkan puncak dengan  $m/z = 149$ , selanjutnya mengalami pelepasan  $\text{OH}$  sehingga menghasilkan puncak dengan  $m/z = 131$ . Puncak dengan  $m/z = 131$  mengalami pelepasan  $\text{CH}_2$  dan menghasilkan puncak dengan  $m/z = 121$ , kemudian puncak  $m/z = 121$  mengalami pelepasan  $\text{O}$  sehingga menghasilkan puncak dengan  $m/z = 103$ . Puncak dengan  $m/z = 103$  mengalami pelepasan  $\text{CH}_3$  sehingga menghasilkan  $m/z = 91$  dan selanjutnya melebur menjadi ion tropilium dan menghasilkan puncak dengan  $m/z = 65$ ,  $m/z = 55$  dan  $m/z = 39$  yang merupakan khas fragmentasi ion benzena. Berdasarkan pola fragmentasi tersebut, senyawa yang memiliki waktu retensi 16,649 menit memiliki kemiripan dengan senyawa eugenol dan dengan *similarity index* (SI) 97% yang terdapat pada pustaka WILEY7.LIB. Kemungkinan pola fragmentasi senyawa eugenol ditunjukkan pada gambar 4. 15.





**Gambar 4.15** Pola fragmenasi senyawa eugenol

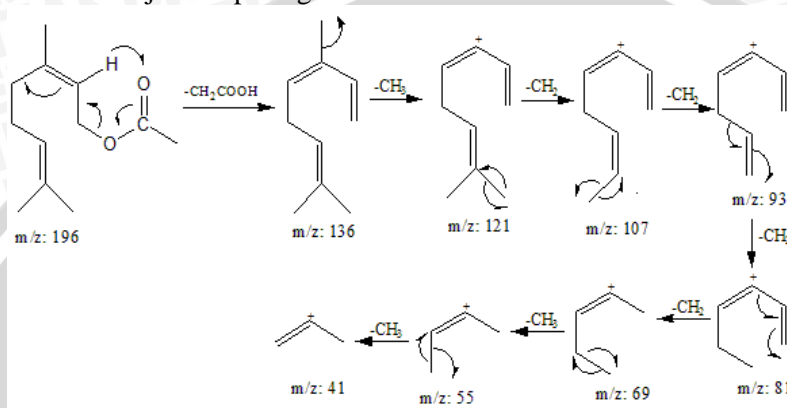
Hasil analisis spektrometer massa pada minyak atsiri kenanga terhadap senyawa dengan waktu retensi 16,928 menit menghasilkan spektrum massa yang disajikan pada gambar 4.16.



**Gambar 4.16** Spektrum massa komponen minyak atsiri kenanga dengan waktu retensi 16,928 menit

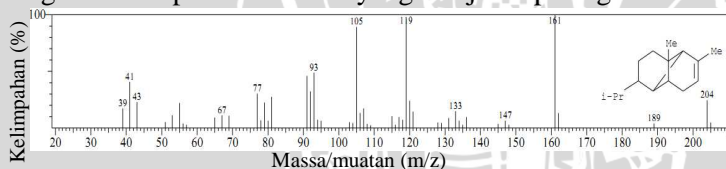
Spektrum massa pada Gambar 4.16 menunjukkan adanya puncak  $m/z$  : 41, 69, 80, 93, 107, 121, 136, 153, dan 204 adalah berat molekul senyawa tersebut. Puncak-puncak tersebut memiliki kemiripan dengan puncak pola fragmentasi spektrum massa senyawa geranil asetat pada pustaka WILEY7.LIB (Lampiran E.8). Puncak dengan  $m/z = 196$  mengalami pelepasan  $\text{CH}_2\text{COOH}$  menghasilkan puncak dengan  $m/z = 136$ , selanjutnya puncak dengan  $m/z = 136$  mengalami pelapsan  $\text{CH}_3$  menghasilkan puncak dengan  $m/z = 121$ . Puncak dengan  $m/z = 121$  mengalami pelepasan  $\text{CH}_2$  secara berturut-turut dan menghasilkan puncak dengan  $m/z = 107$ ,  $m/z = 93$ ,  $m/z = 81$  dan  $m/z = 69$ . Puncak  $m/z = 69$  mengalami pelepasan  $\text{CH}_3$  dua kali berturut-turut sehingga menghasilkan puncak dengan  $m/z = 55$  dan  $m/z = 41$ . Golongan senyawa terpenoid memiliki pola fragmentasi yang khas dengan adanya pelepasan  $\text{CH}_2$  ( $m/z = 14$ ). Berdasarkan pola fragmentasi tersebut, senyawa yang memiliki waktu retensi 17,233 menit

memiliki kemiripan dengan senyawa geranil asetat dan dengan *similarity index* (SI) 97% yang terdapat pada pustaka WILEY7.LIB. Kemungkinan pola fragmentasi senyawa geranil asetat ditunjukkan pada gambar 4.17.



**Gambar 4.17** Pola fragmentasi senyawa geranil asetat

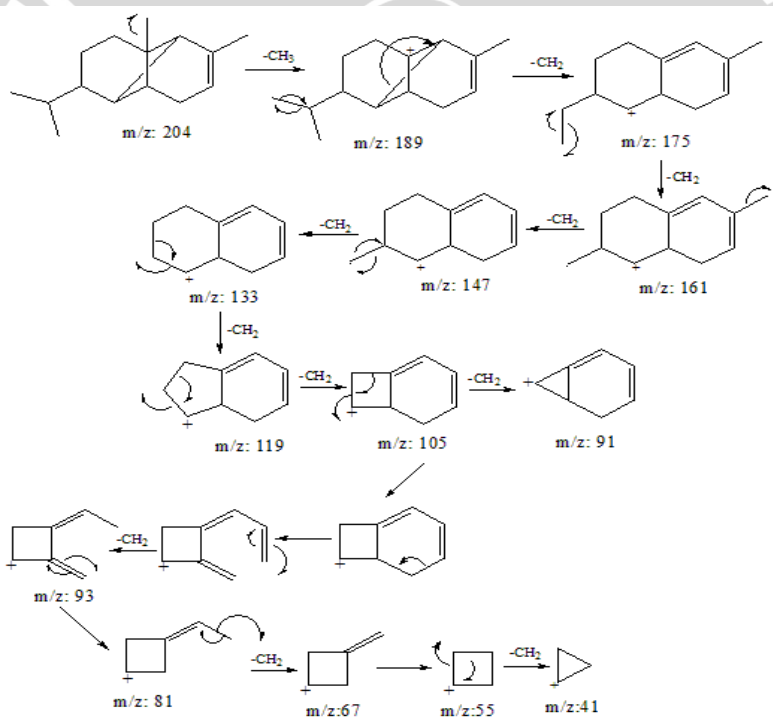
Hasil analisis spektrometer massa pada minyak atsiri kenanga terhadap senyawa dengan waktu retensi 17,037 menit menghasilkan spektrum massa yang disajikan pada gambar 4.18.



**Gambar 4.18** Spektrum massa komponen minyak atsirikenanga dengan waktu retensi 17,037 menit

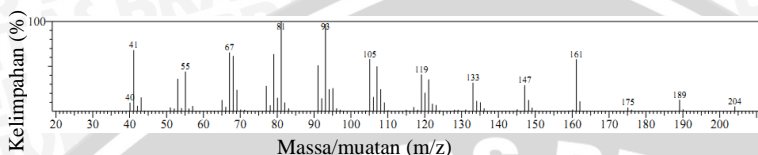
Spektrum massa pada Gambar 4.19 menunjukkan adanya puncak  $m/z$  : 41, 55, 69, 81, 93, 105, 119, 133, 147, 161, 175, 189, dan 204 adalah berat molekul senyawa tersebut. Puncak-puncak tersebut memiliki kemiripan dengan puncak pola fragmentasi spektrum massa senyawa  $\alpha$ -kopaen pada pustaka WILEY7.LIB (Lampiran E.10). Puncak dengan  $m/z = 204$  mengalami pelepasan  $\text{CH}_3$  menghasilkan puncak dengan  $m/z = 189$ , selanjutnya puncak dengan  $m/z = 189$  mengalami pelepasan  $\text{CH}_2$  secara berturut-turut

menghasilkan puncak dengan  $m/z = 175$ ,  $m/z = 161$ ,  $m/z = 147$ ,  $m/z = 133$ ,  $m/z = 119$ ,  $m/z = 105$  dan  $m/z = 91$ . Puncak dengan  $m/z = 105$  mengalami penata ulang pelepasan  $\text{CH}_2$  menghasilkan puncak dengan  $m/z = 93$ . Puncak dengan  $m/z = 93$  mengalami pemutusan  $\text{CH}_2$  sehingga menghasilkan  $m/z = 81$ . Puncak dengan  $m/z = 81$  juga mengalami pemutusan  $\text{CH}_2$  secara berturut-turut sehingga menghasilkan  $m/z = 41$ . Berdasarkan pola fragmentasi tersebut, senyawa yang memiliki waktu retensi 17,233 menit memiliki kemiripan dengan senyawa  $\alpha$ -kopaen dan dengan *similarity index* (SI) 95% yang terdapat pada pustaka WILEY7.LIB. Kemungkinan pola fragmentasi senyawa  $\alpha$ -kopaen ditunjukkan pada gambar 4.19.



**Gambar 4.19** Pola fragmentasi senyawa  $\alpha$ -kopaen

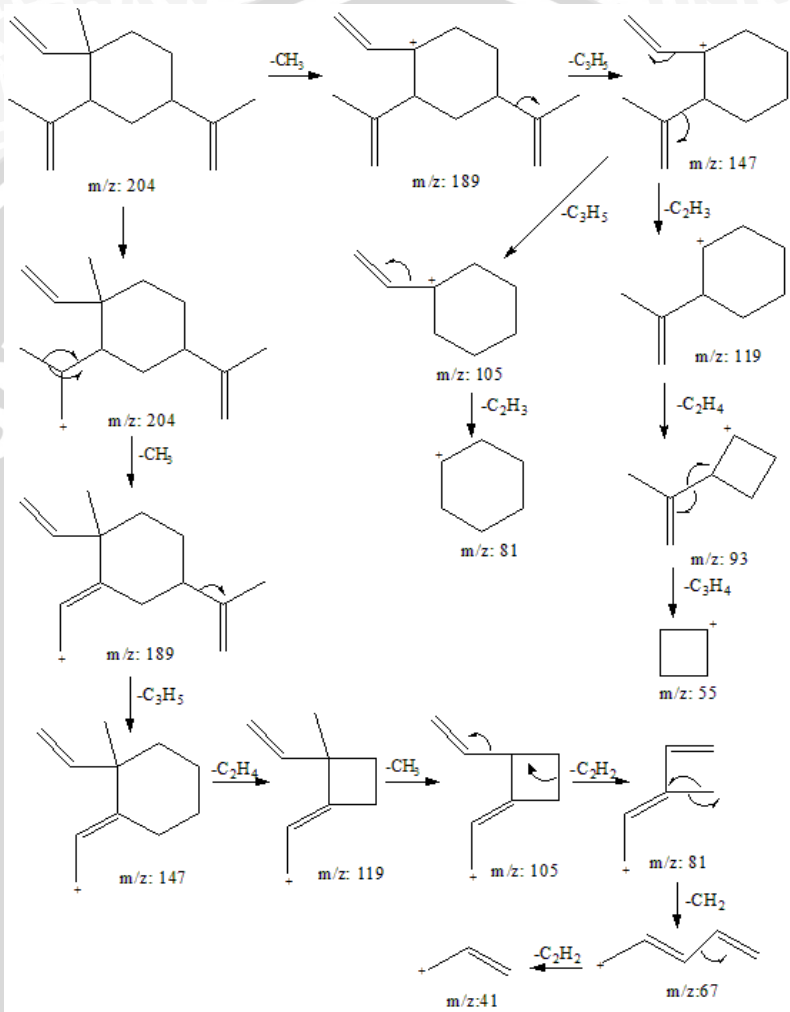
Hasil analisis spektrometer massa pada minyak atsiri kenanga terhadap senyawa dengan waktu retensi 17,233 menit menghasilkan spektrum massa yang disajikan pada gambar 4.20.



**Gambar 4.20** Spektrum massa komponen minyak atsiri kenanga dengan waktu retensi 17,233menit

Spektrum massa pada Gambar 4.20 menunjukkan adanya puncak  $m/z$  : 41, 55, 67, 81, 93, 105, 119, 133, 147, 161, 175, 189, dan 204 adalah berat molekul senyawa tersebut. Puncak-puncak tersebut memiliki kemiripan dengan puncak pola fragmentasi spektrum massa senyawa  $\beta$ -elemen pada pustaka WILEY7.LIB (Lampiran E.10). Puncak dengan  $m/z = 204$  mengalami 2 jalur pemutusan, dimana pada jalur pertama puncak  $m/z = 204$  mengalami pelepasan  $\text{CH}_3$  menghasilkan puncak dengan  $m/z = 189$ , selanjutnya puncak dengan  $m/z = 189$  mengalami pelepasan  $\text{C}_3\text{H}_5$  menghasilkan puncak dengan  $m/z = 147$ . Puncak dengan  $m/z = 147$  mengalami pemecahan sehingga kehilangan molekul  $\text{C}_3\text{H}_5$  menghasilkan puncak dengan  $m/z = 105$  dan molekul  $\text{C}_2\text{H}_3$  menghasilkan puncak dengan  $m/z = 119$ . Puncak dengan  $m/z = 105$  mengalami pelepasan  $\text{C}_2\text{H}_3$  menghasilkan ion fragmen dengan  $m/z = 81$ , sedangkan puncak dengan  $m/z = 119$  mengalami pelepasan  $\text{C}_2\text{H}_4$  menghasilkan puncak dengan  $m/z = 93$ . Puncak dengan  $m/z = 93$  mengalami pelepasan  $\text{C}_3\text{H}_4$  menghasilkan puncak dengan  $m/z = 55$ . Puncak  $m/z = 204$ , pada jalur pemutusan kedua mengalami pelepasan  $\text{CH}_3$  menghasilkan puncak dengan  $m/z = 189$ . Puncak  $m/z = 189$  mengalami pelepasan  $\text{C}_2\text{H}_4$  dan  $\text{CH}_3$  secara berturut-turut sehingga menghasilkan puncak dengan  $m/z = 119$  dan  $m/z = 105$ . Puncak  $m/z = 105$  pemutusan  $\text{C}_2\text{H}_2$  dan  $\text{CH}_2$  secara berturut sehingga menghasilkan puncak dengan  $m/z = 81$  dan 67. Puncak  $m/z = 67$  mengalami pelepasan  $\text{C}_2\text{H}_2$  menghasilkan puncak dengan  $m/z = 41$ . Berdasarkan pola fragmentasi tersebut, senyawa yang memiliki waktu retensi 17,233 menit memiliki kemiripan dengan senyawa  $\beta$ -elemen dan dengan *similarity index* (SI) 91%

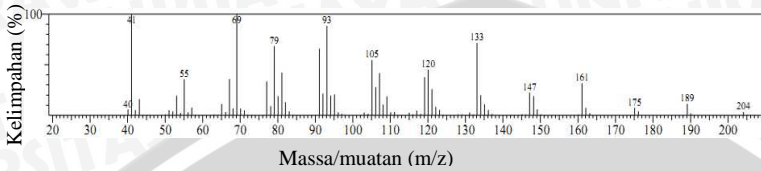
yang terdapat pada pustaka WILEY7.LIB. Kemungkinan pola fragmentasi senyawa  $\beta$ -elemen ditunjukkan pada gambar 4.21.



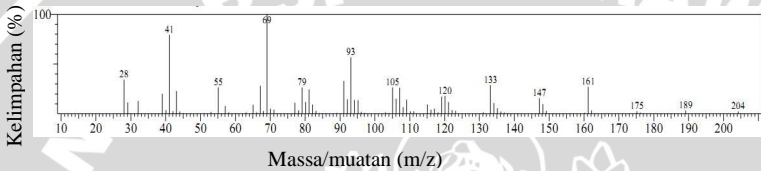
**Gambar 4.21** Pola fragmentasi senyawa  $\beta$ -elemen

Hasil analisis spektrometer massa pada minyak atsiri kenanga terhadap senyawa dengan waktu retensi 17,803 menit dan 17,883 menghasilkan spektrum massa yang disajikan pada gambar 4.22 dan 4.23.





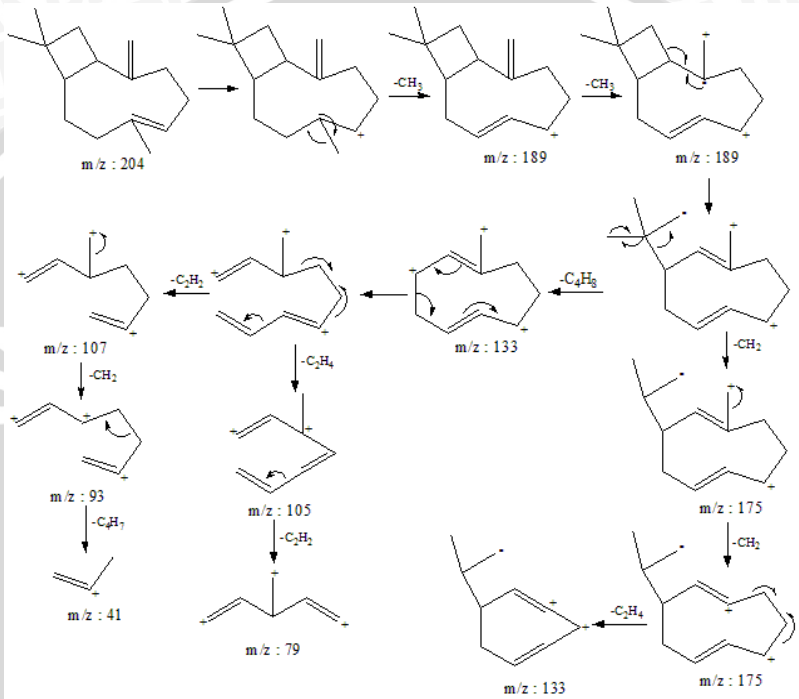
**Gambar 4.22** Spektrum massa komponen minyak atsiri kenanga dengan waktu retensi 17,803 menit



**Gambar 4.23** Spektrum massa komponen minyak atsiri kenanga dengan waktu retensi 17,883 menit

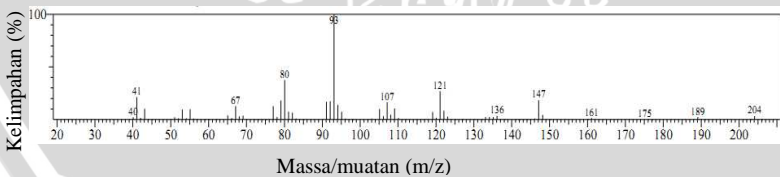
Spektrum massa pada Gambar 4.22 menunjukkan adanya puncak  $m/z$  : 41, 55, 69, 79, 93, 105, 120, 133, 147, 161, 175, 189, dan 204. Puncak-puncak yang muncul pada gambar 4.23 memiliki kemiripan dengan spektrum massa pada Gambar 4.23 yang menunjukkan adanya puncak  $m/z$ : 41, 55, 69, 79, 93, 105, 120, 133, 147, 161, 175, 189, dan 204. Puncak-puncak tersebut memiliki kemiripan dengan puncak pola fragmentasi spektrum massa senyawa  $\beta$ -kariofilen pada pustaka WILEY7.LIB (Lampiran E.11 dan Lampiran E.12). Puncak dengan  $m/z = 204$  mengalami pelepasan  $\text{CH}_3$  menghasilkan puncak  $m/z = 189$ , dilanjutkan dengan pelepasan  $\text{C}_4\text{H}_8$  sehingga menghasilkan puncak  $m/z = 133$ . Puncak  $m/z = 189$  juga dapat melepaskan  $\text{CH}_2$  berturut-turut dilanjutkan dengan pelepasan  $\text{C}_2\text{H}_4$  sehingga diperoleh puncak  $m/z=133$ . Puncak  $m/z = 133$  mengalami pelepasan  $\text{C}_2\text{H}_2$  yang menghasilkan puncak  $m/z = 107$ , dilanjutkan dengan pelepasan  $\text{CH}_2$  dan  $\text{C}_4\text{H}_4$  sehingga diperoleh puncak  $m/z = 41$ . Selain itu, puncak  $m/z = 133$  juga dapat mengalami pelepasan  $\text{C}_2\text{H}_4$  dilanjutkan dengan pelepasan  $\text{C}_2\text{H}_2$ , menghasilkan puncak  $m/z = 79$ . Berdasarkan pola fragmentasi tersebut, senyawa yang memiliki waktu retensi 17,803 menit memiliki kemiripan memiliki kemiripan dengan senyawa  $\beta$ - kariofilen dan dengan *similarity*

*index* (SI) 96% yang terdapat pada pustaka WILEY7.LIB. Kemungkinan pola fragmentasi senyawa  $\beta$ -kariofilen ditunjukkan pada gambar 4.24.



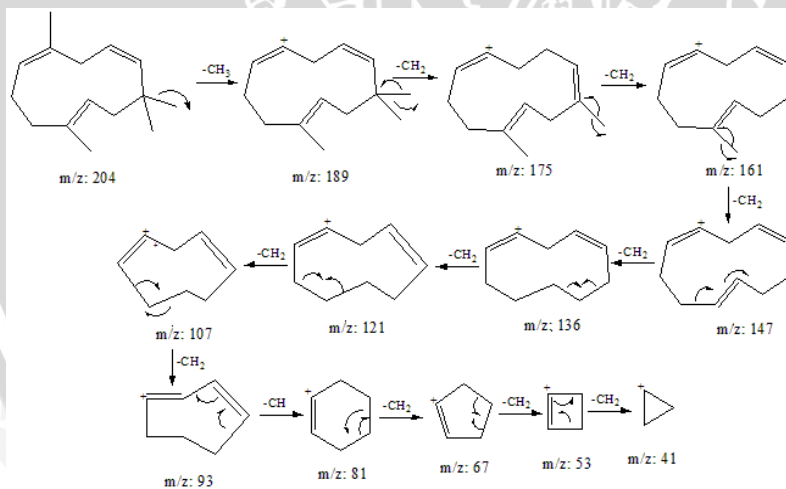
**Gambar 4.24** Pola fragmentasi senyawa  $\beta$ -kariofilen

Hasil analisis spektrometer massa pada minyak atsiri kenanga terhadap senyawa dengan waktu retensi 18,288 menit menghasilkan spektrum massa yang disajikan pada gambar 4.25.



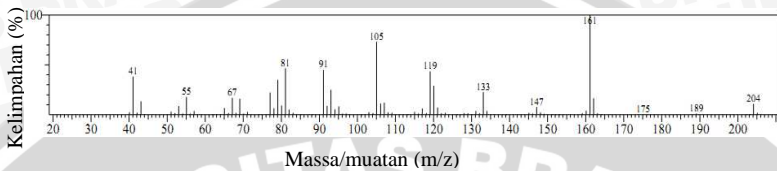
**Gambar 4.25** Spektrum massa komponen minyak atsiri kenanga dengan waktu retensi 18,288 menit

Spektrum massa pada Gambar 4.25 menunjukkan adanya puncak  $m/z$  : 41, 67, 80, 93, 107, 121, 136, 147, 161, 175, 189, dan 204 adalah berat molekul senyawa tersebut. Puncak-puncak tersebut memiliki kemiripan dengan puncak pola fragmentasi spektrum massa senyawa  $\alpha$ -humulen pada pustaka WILEY7.LIB (Lampiran E.13). Puncak dengan  $m/z = 204$  mengalami pelepasan  $\text{CH}_3$  menghasilkan puncak dengan  $m/z = 189$ . Puncak  $m/z = 189$  selanjutnya mengalami pelepasan  $\text{CH}_2$  secara berturut-turut menghasilkan puncak dengan  $m/z = 175$ ,  $m/z = 161$ ,  $m/z = 147$ ,  $m/z = 136$ ,  $m/z = 121$ ,  $m/z = 107$  dan  $m/z = 93$ . Puncak  $m/z = 93$  selanjutnya akan mengalami pemutusan  $\text{CH}$  sehingga menghasilkan ion fragmen dengan  $m/z = 81$ . Puncak  $m/z = 81$  mengalami pelepasan  $\text{CH}_2$  tiga kali secara berturut-turut sehingga menghasilkan puncak  $m/z = 67$ ,  $m/z = 53$  dan  $m/z = 41$ . Berdasarkan pola fragmentasi tersebut, senyawa yang memiliki waktu retensi 18,288 menit memiliki kemiripan dengan senyawa  $\alpha$ -humulen dan dengan *similarity index* (SI) 96% yang terdapat pada pustaka WILEY7.LIB. Kemungkinan pola fragmentasi senyawa  $\alpha$ -humulen ditunjukkan pada gambar 4.26.



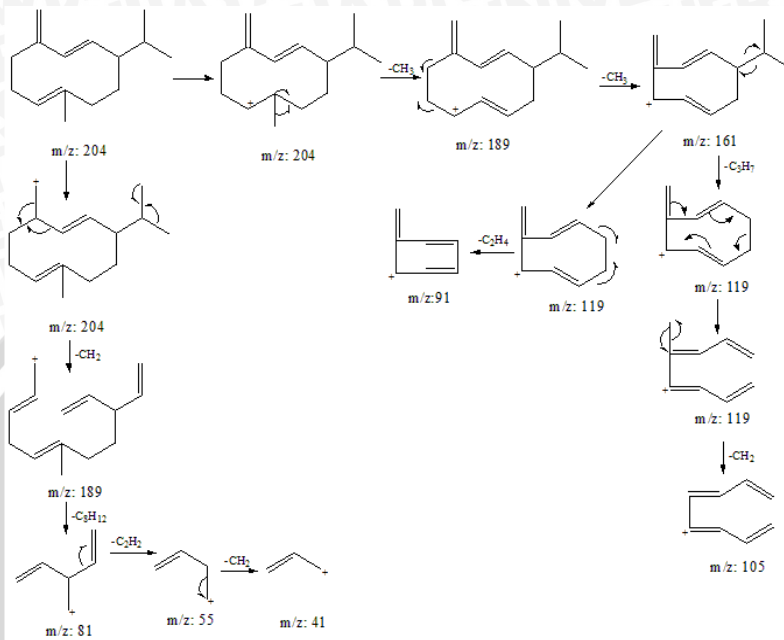
**Gambar 4.26** Pola fragmentasi senyawa  $\alpha$ -humulen

Hasil analisis spektrometer massa pada minyak atsiri kenanga terhadap senyawa dengan waktu retensi 18,660 menit menghasilkan spektrum massa yang disajikan pada gambar 4.27.



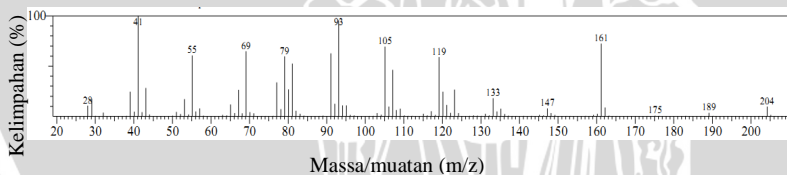
**Gambar 4.27** Spektrum massa komponen minyak atsiri kenanga dengan waktu retensi 18,660 menit

Spektrum massa pada Gambar 4.27 menunjukkan adanya puncak  $m/z$  : 41, 55, 67, 81, 91, 105, 119, 133, 147, 161, 175, 189, dan 204 adalah berat molekul senyawa tersebut. Puncak-puncak tersebut memiliki kemiripan dengan puncak pola fragmentasi spektrum massa senyawa germakren-D pada pustaka WILEY7.LIB (Lampiran E.14). Puncak dengan  $m/z = 204$  mengalami pemutusan  $\text{CH}_3$  menghasilkan puncak  $m/z = 189$ , dilanjutkan dengan pemutusan  $\text{C}_2\text{H}_4$  sehingga diperoleh puncak  $m/z = 161$ . Puncak  $m/z = 161$  mengalami pemutusan  $\text{C}_2\text{H}_7$  menghasilkan puncak  $m/z = 119$ , dilanjutkan dengan pemutusan  $\text{C}_2\text{H}_4$  menghasilkan puncak  $m/z = 91$ . Puncak dengan  $m/z = 119$  ini dapat mengalami pemutusan  $\text{CH}_2$  sehingga diperoleh puncak  $m/z = 105$ . Pada puncak  $m/z = 189$ , dapat terjadi pemutusan pula, yaitu terjadi pemutusan  $\text{C}_8\text{H}_{12}$  dan  $\text{CH}_2$  sehingga diperoleh puncak dengan  $m/z = 41$ . Berdasarkan pola fragmentasi tersebut, senyawa yang memiliki waktu retensi 18,660 memiliki kemiripan dengan senyawa germakren-D dan dengan *similarity index* (SI) 96% yang terdapat pada pustaka WILEY7.LIB. Kemungkinan pola fragmentasi senyawa germakren-D ditunjukkan pada gambar 4.28.



**Gambar 4.28** Pola fragmentasi senyawa germakren-D

Hasil analisis spektrometer massa pada minyak atsiri kenanga terhadap senyawa dengan waktu retensi 18,721 menit menghasilkan spektrum massa yang disajikan pada gambar 4.29.

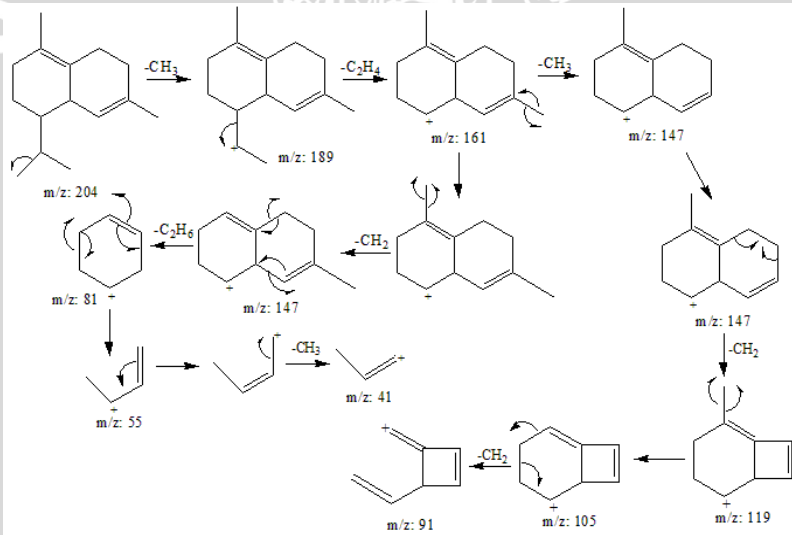


**Gambar 4.29** Spektrum massa komponen minyak atsiri kenanga dengan waktu retensi 18,721 menit

Spektrum massa pada Gambar 4.29 menunjukkan adanya puncak m/z : 41, 55, 69, 79, 93, 105, 119, 133, 147, 161, 175, 189, dan 204 adalah berat molekul senyawa tersebut. Puncak-puncak tersebut memiliki kemiripan dengan puncak pola fragmentasi

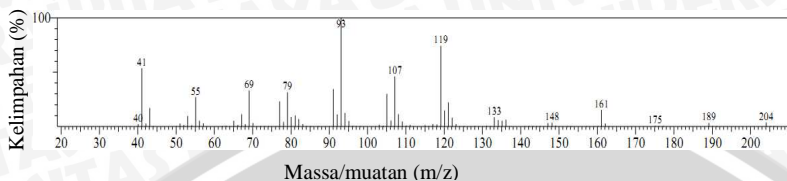


spektrum massa senyawa farnesen pada pustaka WILEY7.LIB (Lampiran E.15). Puncak dengan  $m/z = 204$  mengalami pemutusan  $\text{CH}_3$  menghasilkan puncak  $m/z = 189$ . Puncak  $m/z = 189$  mengalami pemutusan  $\text{C}_2\text{H}_4$  menghasilkan puncak  $m/z = 161$  dan dilanjutkan dengan pemutusan  $\text{CH}_3$  pada puncak  $m/z = 161$  sehingga diperoleh puncak  $m/z = 147$ . Puncak  $m/z = 161$  dapat pula terjadi pemutusan  $\text{CH}_2$  sehingga diperoleh puncak  $m/z = 147$ . Puncak  $m/z = 147$  mengalami pemutusan  $\text{CH}_2$  tiga kali berturut-turut sehingga menghasilkan  $m/z = 119$ ,  $m/z = 105$  dan  $m/z = 91$ . Berdasarkan pola fragmentasi tersebut, senyawa yang memiliki dengan waktu retensi 18,721 menit memiliki kemiripan dengan senyawa dan dengan *similarity index* (SI) 96% yang terdapat pada pustaka WILEY7.LIB. Kemungkinan pola fragmentasi senyawa farnesen ditunjukkan pada gambar 4.30.



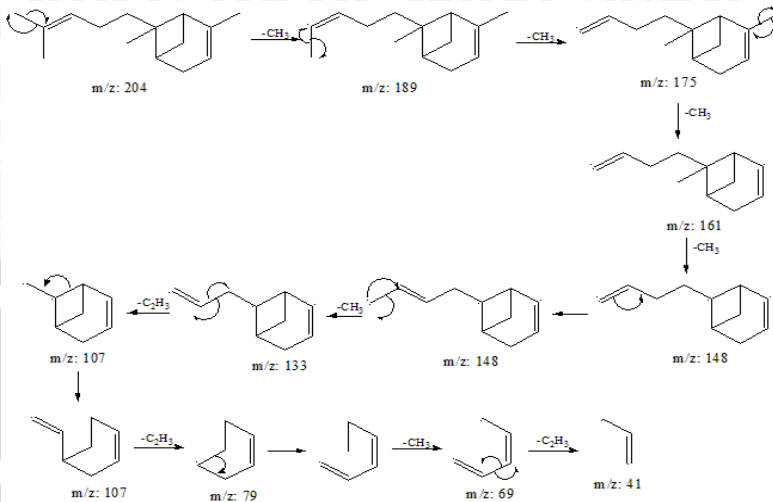
**Gambar 4.30** Pola fragmentasi senyawa farnesen

Hasil analisis spektrometer massa pada minyak atsiri kenanga terhadap senyawa dengan waktu retensi 18,825 menit menghasilkan spektrum massa yang disajikan pada gambar 4.31.



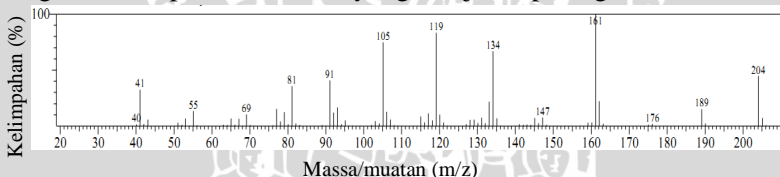
**Gambar 4.31** Spektrum massa komponen minyak atsiri kenanga dengan waktu retensi 18,825 menit

Spektrum massa pada Gambar 4.31 menunjukkan adanya puncak  $m/z$  : 41, 55, 69, 79, 93, 107, 119, 133, 147, 161, 189, dan 204 adalah berat molekul senyawa tersebut. Puncak-puncak tersebut memiliki kemiripan dengan puncak pola fragmentasi spektrum massa senyawa  $\alpha$ -bergamoten pada pustaka WILEY7.LIB (Lampiran E.16). Puncak dengan  $m/z=204$  mengalami pelepasan  $\text{CH}_3$  secara berturut-turut menghasilkan puncak  $m/z = 189$ ,  $m/z = 175$ ,  $m/z = 161$  dan  $m/z = 148$ . Puncak dengan  $m/z = 148$  mengalami penata ulangan dan pelepasan  $\text{CH}_3$  sehingga diperoleh puncak  $m/z = 133$ . Puncak dengan  $m/z = 135$  mengalami pelepasan  $\text{C}_2\text{H}_3$  menghasilkan puncak dengan  $m/z = 107$ . Puncak  $m/z = 107$  mengalami pelepasan  $\text{C}_2\text{H}_3$  menghasilkan puncak  $m/z = 79$  dan kemudian mengalami penanta ulangan kembali. Puncak dengan  $m/z = 79$  mengalami pelepasan  $\text{CH}_3$  menghasilkan  $m/z = 69$ . Puncak  $m/z = 69$  ini mengalami pelepasan  $\text{CH}_3$  sehingga diperoleh  $m/z = 41$ . Berdasarkan pola fragmentasi tersebut, senyawa yang memiliki waktu retensi 18,825 menit memiliki kemiripan dengan senyawa  $\alpha$ -bergamoten dan dengan *similarity index* (SI) 95% yang terdapat pada pustaka WILEY7.LIB. Kemungkinan pola fragmentasi senyawa  $\alpha$ -bergamoten ditunjukkan pada gambar 4.32.



**Gambar 4.32** Pola fragmentasi senyawa  $\alpha$ -bergamoten

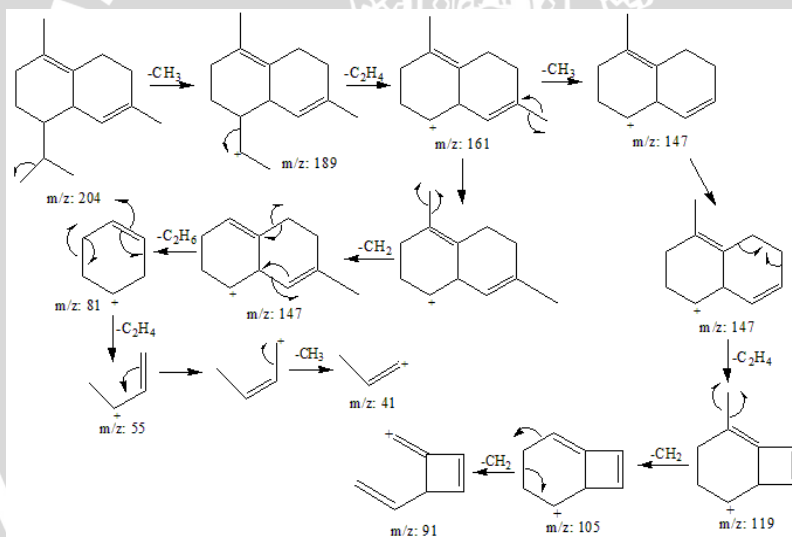
Hasil analisis spektrometer massa pada minyak atsiri kenanga terhadap senyawa dengan waktu retensi 19,098 menit menghasilkan spektrum massa yang disajikan pada gambar 4.33.



**Gambar 4.33** Spektrum massa komponen minyak atsiri kenanga dengan waktu retensi 19,098 menit

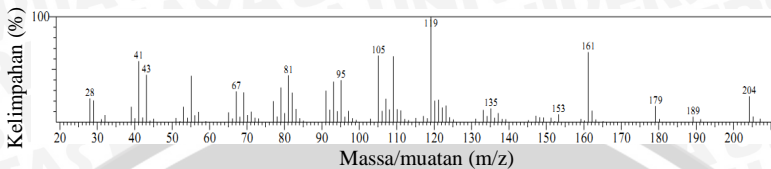
Spektrum massa pada Gambar 4.33 menunjukkan adanya puncak m/z : 41, 55, 69, 81, 91, 105, 119, 134, 145, 161, 176, 189, dan 204 adalah berat molekul senyawa tersebut. Puncak-puncak tersebut memiliki kemiripan dengan puncak pola fragmentasi spektrum massa senyawa  $\delta$ -cadiene pada pustaka WILEY7.LIB (Lampiran E.17). Puncak dengan m/z = 204 mengalami pelepasan  $\text{CH}_3$  menghasilkan puncak m/z = 189. Puncak m/z = 189 selanjutnya mengalami pemutusan  $\text{C}_2\text{H}_4$  dan  $\text{CH}_3$  secara berturut-turut sehingga menghasilkan puncak dengan m/z = 161 dan m/z =

147. Puncak  $m/z = 161$  mengalami pemutusan  $\text{CH}_2$  menghasilkan puncak  $m/z = 147$ , dan selanjutnya mengalami pemutusan  $\text{C}_2\text{H}_6$  sehingga menghasilkan puncak  $m/z = 81$ . Puncak  $m/z = 81$  mengalami pemutusan  $\text{C}_2\text{H}_4$  menghasilkan puncak dengan  $m/z = 55$ . Puncak  $m/z = 55$  mengalami penata ulangan dan kemudian terjadi pemutusan  $\text{CH}_2$  sehingga menghasilkan  $m/z = 41$ . Puncak dengan  $m/z = 147$  juga mengalami pemutusan  $\text{C}_2\text{H}_4$  menghasilkan puncak  $m/z = 119$ . Puncak  $m/z = 119$  ini mengalami pemutusan  $\text{CH}_2$  berturut-turut sehingga menghasilkan  $m/z = 105$  dan  $m/z = 91$ . Berdasarkan pola fragmentasi tersebut, senyawa yang memiliki waktu retensi 19,098 menit memiliki kemiripan dengan senyawa  $\delta$ -cadiene dan dengan *similarity index* (SI) 84% yang terdapat pada pustaka WILEY7.LIB. Kemungkinan pola fragmentasi senyawa  $\delta$ -cadiene ditunjukkan pada gambar 4.34.



**Gambar 4.34** Pola fragmentasi senyawa  $\delta$ -cadiene

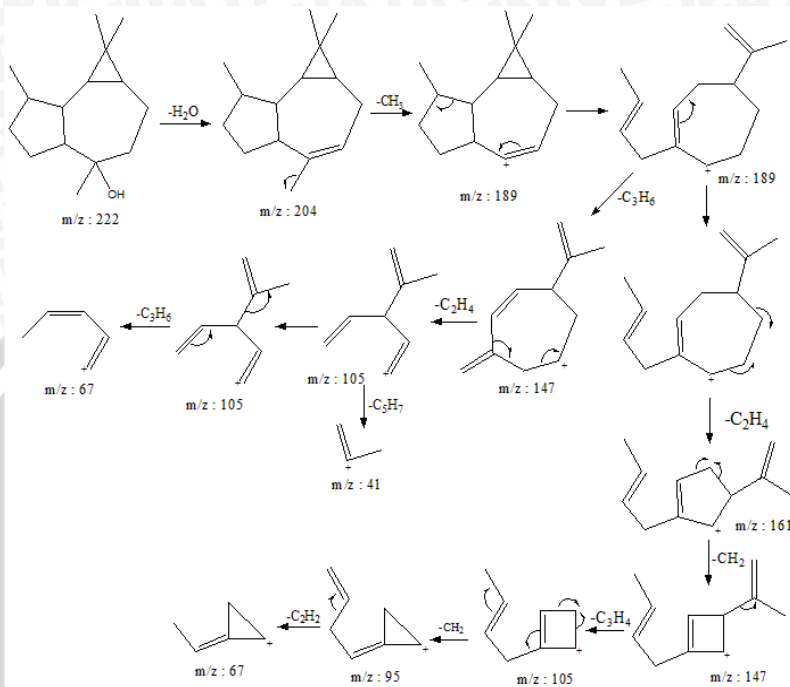
Hasil analisis spektrometer massa pada minyak atsiri kenanga terhadap senyawa dengan waktu retensi 20,501 menit menghasilkan spektrum massa yang disajikan pada gambar 4.35.



**Gambar 4.35** Spektrum massa komponen minyak atsiri kenanga dengan waktu retensi 20,501 menit

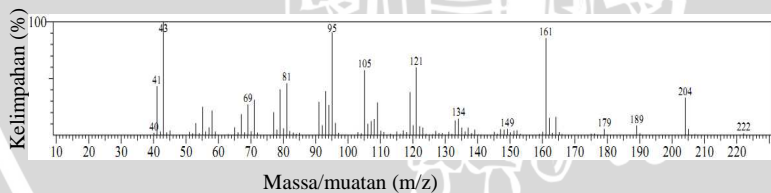
Spektrum massa pada Gambar 4.35 menunjukkan adanya puncak  $m/z$  : 41, 55, 69, 81, 95, 105, 119, 135, 153, 161, 179, 189, 204, dan 222 adalah berat molekul senyawa tersebut. Puncak-puncak tersebut memiliki kemiripan dengan puncak pola fragmentasi spektrum massa senyawa epiglobulol pada pustaka WILEY7.LIB (Lampiran E.18). Puncak  $m/z = 222$  mengalami pemutusan  $H_2O$  menghasilkan puncak  $m/z = 204$  yang dilanjutkan pelepasan  $CH_3$  sehingga menghasilkan puncak  $m/z = 189$ . Puncak  $m/z = 189$  mengalami penata ulangan dan dua kali pemecahan. Pelepasan  $C_3H_6$  dan  $C_2H_4$  menghasilkan puncak  $m/z = 147$  dan  $m/z = 161$ . Puncak  $m/z = 161$  menghasilkan puncak  $m/z = 147$  melalui pemutusan  $CH_2$ , dilanjutkan dengan pemutusan  $C_3H_4$  sehingga diperoleh puncak  $m/z = 105$ . Puncak  $m/z = 105$  berturut-turut mengalami pemutusan  $CH_2$  dan  $C_2H_2$  sehingga diperoleh puncak  $m/z = 67$ . Puncak  $m/z = 147$  mengalami pemutusan  $C_2H_4$  menghasilkan puncak  $m/z = 105$  dilanjutkan dengan pemutusan  $C_3H_4$  menghasilkan puncak  $m/z = 67$ . Pada puncak  $m/z = 105$  ini juga melepaskan  $C_3H_6$  sehingga diperoleh puncak  $m/z = 41$ . Berdasarkan pola fragmentasi tersebut, senyawa yang memiliki waktu retensi 20,501 menit memiliki kemiripan dengan senyawa epiglobulol dan dengan *similarity index* (SI) 83% yang terdapat pada pustaka WILEY7.LIB. Kemungkinan pola fragmentasi senyawa epiglobulol ditunjukkan pada gambar 4.36.



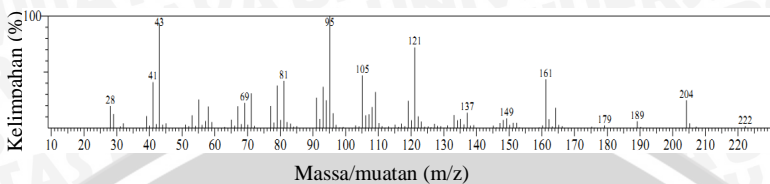


**Gambar 4.36** Pola fragmentasi senyawa epiglobulol

Hasil analisis spektrometer massa pada minyak atsiri kenanga terhadap senyawa dengan waktu retensi 20,669 menit dan 20,840 menit menghasilkan spektrum massa yang disajikan pada gambar 4.37 dan 4.38.

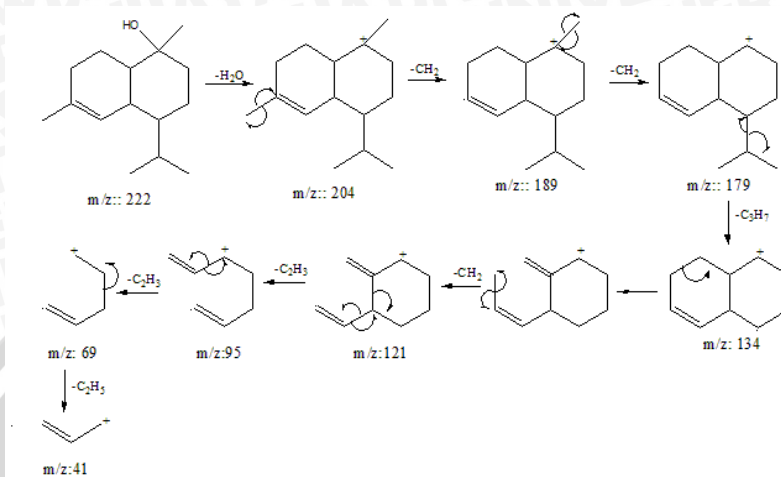


**Gambar 4.37** Spektrum massa komponen minyak atsiri kenanga dengan waktu retensi 20,669 menit



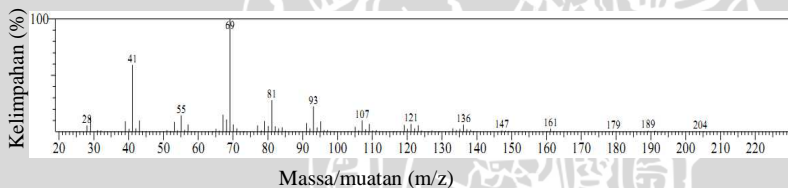
**Gambar 4.38** Spektrum massa komponen minyak atsiri kenanga dengan waktu retensi 20,840 menit

Spektrum massa pada Gambar 4.37 menunjukkan adanya puncak  $m/z$  : 41, 69, 81, 95, 105, 121, 134, 149, 161, 179, 189, 204, dan 222. Puncak-puncak yang muncul pada gambar 4.38 memiliki kemiripan dengan spektrum massa pada Gambar 4.38 yang menunjukkan adanya puncak  $m/z$ : 41, 69, 81, 95, 105, 121, 137, 149, 161, 179, 189, 204, dan 222. Puncak-puncak tersebut memiliki kemiripan dengan puncak pola fragmentasi spektrum massa senyawa torreyol pada pustaka WILEY7.LIB (Lampiran E.19). Puncak dengan  $m/z = 222$  mengalami pelepasan  $H_2O$  menghasilkan puncak  $m/z = 204$  yang dilanjutkan dengan dua kali pelepasan  $CH_2$  sehingga diperoleh puncak  $m/z = 189$  dan  $m/z = 179$ . Puncak  $m/z = 179$  mengalami pelepasan  $C_3H_7$  menghasilkan puncak  $m/z = 134$ , dan puncak  $m/z = 135$  ini mengalami penataan ulang dan melepaskan  $CH_2$  sehingga diperoleh  $m/z = 95$ . Puncak  $m/z = 95$  mengalami pemutusan  $C_2H_3$  sehingga menghasilkan puncak  $m/z = 69$  dan kemudian dilanjutkan dengan pelepasan  $C_2H_5$  sehingga menghasilkan puncak dengan  $m/z = 41$ . Berdasarkan pola fragmentasi tersebut, senyawa yang memiliki waktu retensi 20,669 menit dan 20,840 menit memiliki kemiripan dengan senyawa torreyol dan dengan *similarity index* (SI) 91% yang terdapat pada pustaka WILEY7.LIB. Kemungkinan pola fragmentasi senyawa torreyol ditunjukkan pada gambar 4.39.



**Gambar 4.39** Pola fragmentasi senyawa torreyol

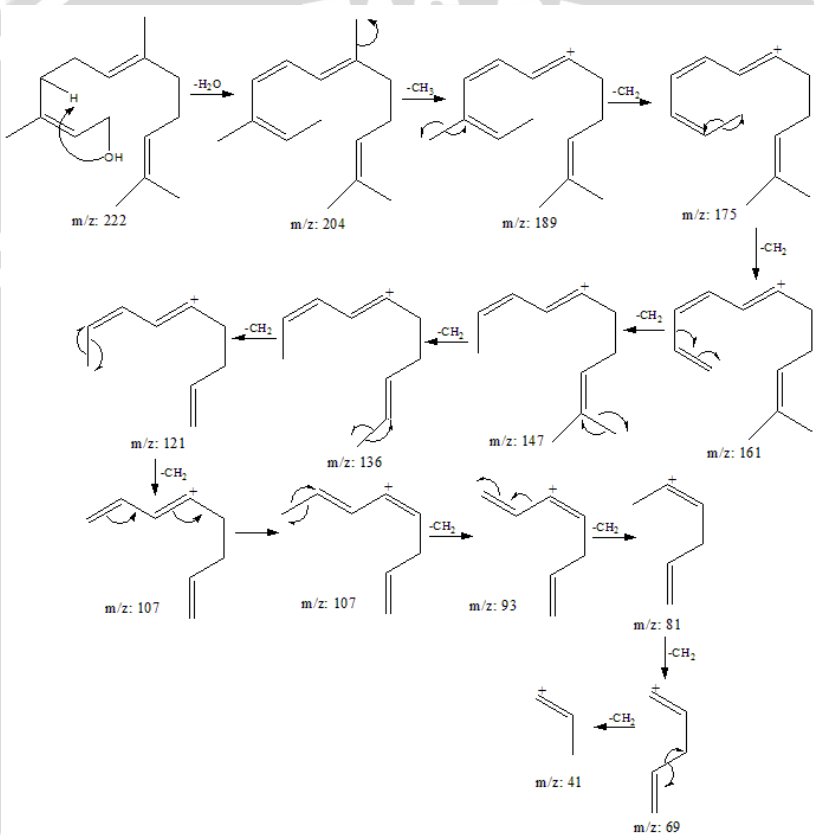
Hasil analisis spektrometer massa pada minyak atsiri kenanga terhadap senyawa dengan waktu retensi 21,476 menit menghasilkan spektrum massa yang disajikan pada gambar 4.40.



**Gambar 4.40** Spektrum massa komponen minyak atsiri kenanga dengan waktu retensi 21,476 menit

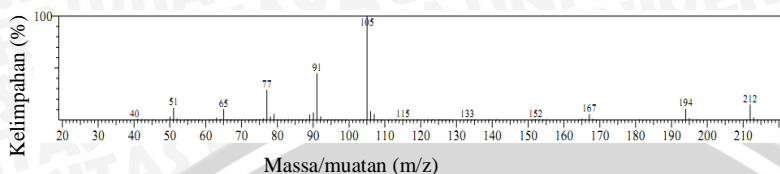
Spektrum massa pada Gambar 4.40 menunjukkan adanya puncak m/z : 41, 55, 69, 81, 93, 107, 121, 136, 147, 161, 179, 189, dan 204 adalah berat molekul senyawa tersebut. Puncak-puncak tersebut memiliki kemiripan dengan puncak pola fragmentasi spektrum massa senyawa farnesol pada pustaka WILEY7.LIB (Lampiran E.20). Puncak dengan m/z = 222 mengalami pelepasan H<sub>2</sub>O menghasilkan puncak m/z = 204 yang dilanjutkan dengan empat kali pelepasan CH<sub>2</sub> secara berturut-turut sehingga diperoleh puncak m/z = 121. Puncak m/z = 121 mengalami penata ulang

dan dilanjutkan dengan pemutusan  $\text{CH}_2$  secara berturut-turut pula sehingga diperoleh  $m/z = 41$ . Berdasarkan pola fragmentasi tersebut, senyawa yang memiliki waktu retensi 21,476 menit memiliki kemiripan dengan senyawa farnesol dan dengan *similarity index* (SI) 94% yang terdapat pada pustaka WILEY7.LIB. Kemungkinan pola fragmentasi senyawa farnesol ditunjukkan pada gambar 4.41.



**Gambar 4.41** Pola fragmentasi senyawa farnesol

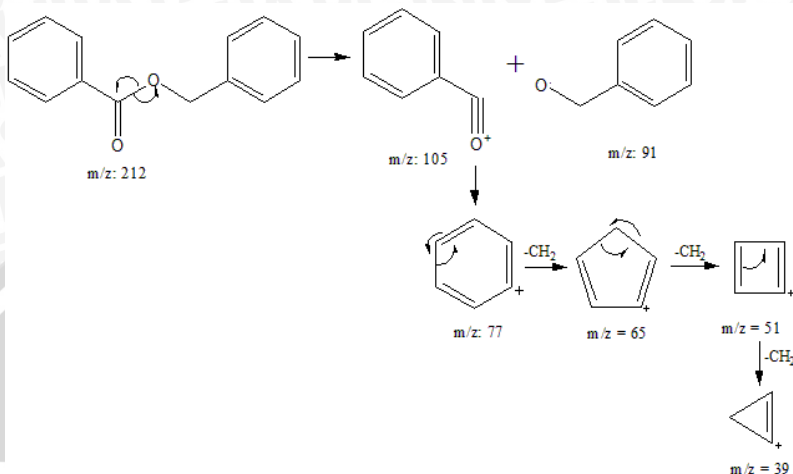
Hasil analisis spektrometer massa pada minyak atsiri kenanga terhadap senyawa dengan waktu retensi 22,363 menit menghasilkan spektrum massa yang disajikan pada gambar 4.42.



**Gambar 4.42** Spektrum massa komponen minyak atsiri kenanga dengan waktu retensi 22,363 menit

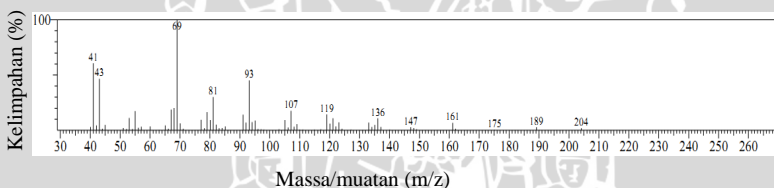
Spektrum massa pada Gambar 4.42 menunjukkan adanya puncak  $m/z$  : 40, 51, 65, 77, 91, 105, 194, dan 212 adalah berat molekul senyawa tersebut. Puncak-puncak tersebut memiliki kemiripan dengan puncak pola fragmentasi spektrum massa senyawa benzil benzoat pada pustaka WILEY7.LIB (Lampiran E.21). Puncak dengan  $m/z = 212$  mengalami pemecahan menghasilkan puncak  $m/z = 91$  dan puncak  $m/z = 105$ . Puncak  $m/z = 91$  yang menuncul pada spektrum senyawa benzil benzoat merupakan puncak yang khas untuk benzen. Puncak  $m/z = 105$  mengalami pemutusan CO menghasilkan puncak  $m/z = 77$ . Puncak  $m/z = 77$  mengalami pemutusan  $CH_2$  menghasilkan puncak  $m/z = 65$  yang dilanjutkan pemutusan  $CH_2$  kembali secara berturut-turut sehingga diperoleh puncak  $m/z = 39$ . Berdasarkan pola fragmentasi tersebut, senyawa yang memiliki waktu retensi 22,363 menit memiliki kemiripan dengan senyawa benzil benzoat dan dengan *similarity index* (SI) 96% yang terdapat pada pustaka WILEY7.LIB. Kemungkinan pola fragmentasi senyawa benzil benzoat ditunjukkan pada gambar 4.43.





**Gambar 4.43** Pola fragmentasi senyawa benzil benzoat

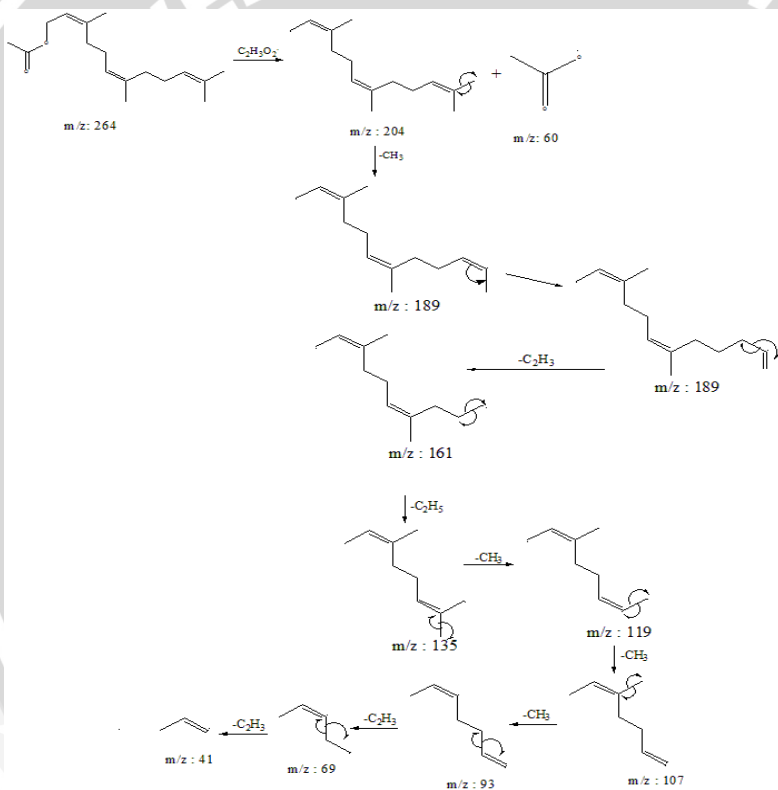
Hasil analisis spektrometer massa pada minyak atsiri kenanga terhadap senyawa dengan waktu retensi 23,095 menit menghasilkan spektrum massa yang disajikan pada gambar 4.44.



**Gambar 4.44** Spektrum massa komponen minyak atsiri kenanga dengan waktu retensi 23,095 menit

Spektrum massa pada Gambar 4.44 menunjukkan adanya puncak m/z : 41, 69, 81, 93, 107, 119, 136, 147, 161, dan 189 adalah berat molekul senyawa tersebut. Puncak-puncak tersebut memiliki kemiripan dengan puncak pola fragmentasi spektrum massa senyawa farnesil asetat pada pustaka WILEY7.LIB (Lampiran E.22). Puncak dengan m/z = 204 mengalami pelepasan CH<sub>3</sub> menghasilkan puncak m/z = 189. Puncak dengan m/z = 189 mengalami penata ulangan dan pelepasan C<sub>2</sub>H<sub>3</sub> sehingga diperoleh puncak m/z = 161. Puncak dengan m/z = 161 mengalami pelepasan C<sub>2</sub>H<sub>5</sub> menghasilkan puncak dengan m/z = 135. Puncak m/z = 135

mengalami pelepasan  $\text{CH}_3$  secara berturut-turut sehingga menghasilkan puncak  $m/z = 119$ ,  $m/z = 107$  dan  $m/z = 93$ . Puncak dengan  $m/z = 93$  mengalami pelepasan  $\text{C}_2\text{H}_3$  menghasilkan  $m/z = 69$ . Puncak  $m/z = 69$  ini mengalami pelepasan  $\text{C}_2\text{H}_3$  sehingga diperoleh  $m/z = 41$ . Berdasarkan pola fragmentasi tersebut, senyawa yang memiliki waktu retensi 23,095 menit memiliki kemiripan dengan senyawa farnesil asetat dan dengan *similarity index* (SI) 92% yang terdapat pada pustaka WILEY7.LIB. Kemungkinan pola fragmentasi senyawa farnesil asetat ditunjukkan pada gambar 4.45.



**Gambar 4.45** Pola fragmentasi senyawa farnesil asetat

#### 4.4 Jenis Radikal Bebas dari Minyak Jagung yang Diradiasi Sinar UV

Minyak jagung merupakan trigliserida yang mengandung asam lemak jenuh dan asam lemak tak jenuh. Pada penelitian ini minyak jagung digunakan sebagai sumber radikal bebas melalui radiasi sinar UV selama 40 menit. Asam lemak tak jenuh mengandung ikatan rangkap yang dapat memperlemah ikatan C-H pada atom  $C_{\beta}$  sehingga atom H pada ikatan tersebut dapat dengan mudah diambil oleh spesies oksigen reaktif menghasilkan radikal bebas [15]. Penentuan radikal bebas yang terbentuk pada minyak jagung dilakukan menggunakan ESR. Radiasi sinar UV pada minyak jagung dilakukan selama 40 menit karena pada selang waktu tersebut jumlah radikal pada minyak jagung yang terbentuk semakin meningkat. Sedangkan radiasi selama 50 menit, radikal bebas yang terbentuk juga meningkat, namun sebagian radikal bebas yang terbentuk akan hilang atau berubah bentuk menjadi radikal yang lain karena ketidakstabilan molekul radikal bebas tersebut.

Berdasarkan pengukuran menggunakan ESR diperoleh data berupa arus (I) dan frekuensi ( $\nu$ ) sehingga dapat dihitung nilai faktor g melalui perhitungan pada persamaan 2.2 dan dapat ditentukan jenis radikal yang dihasilkan. Nilai faktor g yang diperoleh menyatakan level energi dari suatu elektron yang dikenai medan magnet. Faktor g adalah nilai yang mencirikan setiap radikal bebas yang bergantung pada struktur elektron dari molekul dalam medan magnetik dan tergantung pada struktur elektron dari molekul [47].

Radikal bebas pada minyak jagung dalam penelitian ini merupakan hasil radiasi sinar UV pada panjang gelombang 254 nm. Jenis radikal bebas yang terbentuk selama 40 menit waktu radiasi dengan sinar UV yaitu radikal alkil, peroksil dan hidroksil. Jenis radikal bebas yang dihasilkan pada proses radiasi berbeda dengan jenis radikal yang dihasilkan melalui proses pemanasan, dimana pada proses pemanasan menghasilkan radikal hidrogen, peroksil, hidroksil, alkoksi dan karbon [15]. Hal ini dikarenakan adanya perbedaan energi pada proses pemanasan dan radiasi sinar UV. Selain itu, radikal hidrogen dan alkoksi merupakan radikal yang sangat reaktif sehingga pada tahap propagasi mudah bereaksi

dan membentuk radikal yang lain. Energi foton yang dihasilkan oleh radiasi sinar UV yaitu sebesar  $7,795 \times 10^{-22}$  kJ. Energi foton dari radiasi tersebut mampu melampaui energi ikatan antar atom seperti ikatan C-H, C-C maupun O-H pada molekul asam lemak. Energi disosiasi ikatan C-H sebesar  $7,64 \times 10^{-22}$  kJ/partikel, O-H sebesar  $6,877 \times 10^{-22}$  kJ/partikel dan C-C sebesar  $5,76 \times 10^{-22}$  kJ/partikel. Energi radiasi yang relatif lebih besar daripada energi ikatan antar atom pada molekul asam lemak mengakibatkan ikatan antar atom pada molekul asam lemak dapat terputus dan terbentuk molekul radikal bebas. Jenis radikal pada minyak jagung hasil radiasi sinar UV selama 40 menit disajikan pada tabel 4.2.

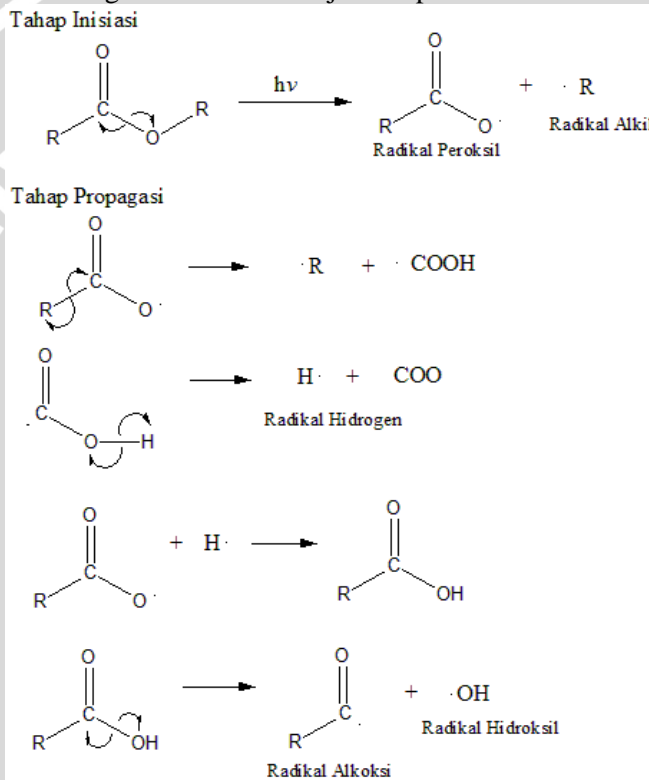
**Tabel 4.4** Radikal bebas pada minyak jagung yang dihasilkan setelah diradiasi dengan sinar UV

No	$\nu$ (Mhz)	I (A)	Faktor g	Jenis Radikal	Luas Kurva Resonansi
1.	32,7	0,274	2,015064	Peroksil	0,28
2.	31,4	0,265	2,000674	Hidroksil	0,30
3.	19,1	0,161	2,005048	Alkil	0,35

Berdasarkan Tabel 4.4, jenis radikal bebas yang terbentuk akibat radiasi sinar UV selama 40 menit yaitu radikal peroksil, hidroksil, dan alkil. Radikal alkil memiliki luas kurva resonansi yang lebih besar dibandingkan dengan luas resonansi radikal hidroksil dan radikal peroksil. Hal ini menunjukkan bahwa kelimpahan relatif radikal alkil yang terdapat dalam minyak jagung lebih besar dibandingkan dengan radikal hidroksil dan peroksil.

Proses inisiasi terjadi saat minyak jagung diradiasi dengan sinar UV sehingga terjadi pemutusan homolitik pada ikatan didalam molekul asam lemak dan terbentuk radikal alkil. Kemudian pada proses propagasi, adanya molekul oksigen dapat menyebabkan terbentuknya radikal peroksil. Radikal peroksil merupakan spesies radikal pembawa reaksi berantai pada radikal bebas. Reaktifitas radikal peroksi relatif lebih rendah daripada radikal yang lain seperti radikal hidroksil. Selanjutnya, radikal

peroksil yang dapat melakukan reaksi berantai, bereaksi dengan molekul lain disekitarnya sehingga dapat menghasilkan radikal hidroksil. Radikal hidroksil merupakan salah satu spesies radikal bebas yang sangat reaktif dan dapat menyerang spesi molekul disekitarnya sehingga dapat membentuk radikal bebas yang baru [25]. Reaksi terbentuknya radikal bebas pada minyak jagung yang diradiasi dengan sinar UV ditunjukkan pada Gambar 4.46.



**Gambar 4.46** Mekanisme reaksi pembentukan radikal bebas pada minyak jagung

#### 4.5 Uji Aktivitas Antiradikal Minyak Atsiri Kenanga menggunakan ESR

Uji aktivitas minyak atsiri kenanga sebagai antiradikal bebas terhadap minyak jagung yang diradiasi dengan sinar UV selama 40 menit dilakukan pada waktu reaksi 2, 3, 4, 5, dan 6



menit. Aktivitas antiradikal minyak atsiri kenanga ditunjukkan dengan adanya penurunan luas kurva resonansi radikal pada minyak jagung setelah penambahan minyak atsiri kenanga pada berbagai waktu reaksi tersebut. Persentase penurunan luas kurva resonansi (%) radikal bebas pada minyak jagung sebelum ditambahkan minyak atsiri kenanga dan setelah ditambahkan minyak atsiri kenanga disajikan pada Tabel 4.5.

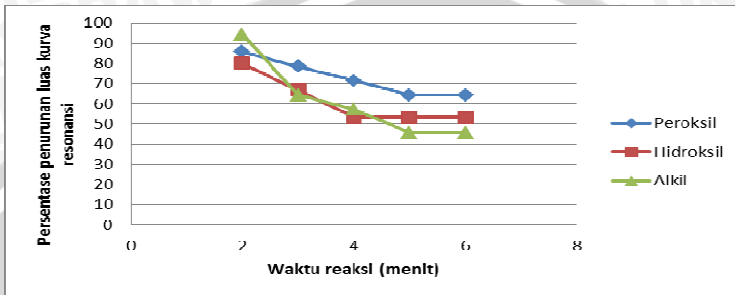
Informasi perhitungan luas kurva resonansi dan kurva resonansi aktivitas antiradikal minyak atsiri kenanga terhadap radikal bebas dalam minyak jagung disajikan pada Lampiran F.3. Berdasarkan Tabel 4.5, peningkatan penurunan luas kurva resonansi radikal peroksil, alkil dan hidroksil sebanding dengan peningkatan waktu reaksi.

**Tabel 4.5** Persentase penurunan luas kurva resonansi dari beberapa jenis radikal bebas setelah penambahan minyak kenanga pada berbagai waktu reaksi

No.	Waktu Reaksi (menit)	Jenis Radikal	Luas kurva resonansi Awal (cm <sup>2</sup> )	Luas kurva resonansi Akhir (cm <sup>2</sup> )	Persentase penurunan Luas kurva resonansi (%)
1.	2 menit	Peroksil	0,28	0,24	14,29
		Hidroksil	0,30	0,24	20
		Alkil	0,35	0,33	5,71
2.	3 menit	Peroksil	0,28	0,22	21,43
		Hidroksil	0,30	0,20	33,33
		Alkil	0,35	0,22	35,7
3.	4 menit	Peroksil	0,28	0,20	28,57
		Hidroksil	0,30	0,16	46,67
		Alkil	0,35	0,20	42,86
4.	5 menit	Peroksil	0,28	0,18	35,71
		Hidroksil	0,30	0,16	46,67
		Alkil	0,35	0,16	54,29
6.	6 menit	Peroksil	0,28	0,18	35,71
		Hidroksil	0,30	0,16	46,67
		Alkil	0,35	0,16	54,29

Aktivitas minyak atsiri kenanga sebagai antiradikal terhadap minyak jagung pada berbagai waktu reaksi tersebut

ditunjukkan dengan kurva hubungan antara waktu reaksi dan persentase penurunan luas kurva resonansi pada Gambar 4.47.



**Gambar 4.47** Penurunan luas kurva resonansi radikal bebas pada minyak jagung

Berdasarkan Tabel 4.5 dan Gambar 4.47, aktivitas minyak atsiri kenanga dalam memperangkap radikal hidroksil ditunjukkan pada waktu reaksi 2, 3, dan 4 menit. Peningkatan persentase penurunan luas kurva resonansi pada radikal hidroksil pada waktu reaksi 2, 3, dan 4 menit secara berturut-turut adalah 20%, 33,33% dan 46,67%. Pada waktu reaksi 5 menit dan 6 menit, tidak terjadi peningkatan persentase penurunan luas kurva resonansi pada radikal hidroksil. Hal ini menunjukkan bahwa minyak atsiri kenanga dapat memperangkap radikal hidroksil pada waktu reaksi 2, 3 dan 4 menit. Waktu reaksi 4 menit menunjukkan waktu optimum yang dibutuhkan oleh minyak kenanga dalam memperangkap radikal hidroksil. Sehingga apabila waktu reaksi dilanjutkan pada waktu reaksi 5 dan 6 menit, tidak terjadi perubahan pada luas kurva resonansi radikal hidroksil.

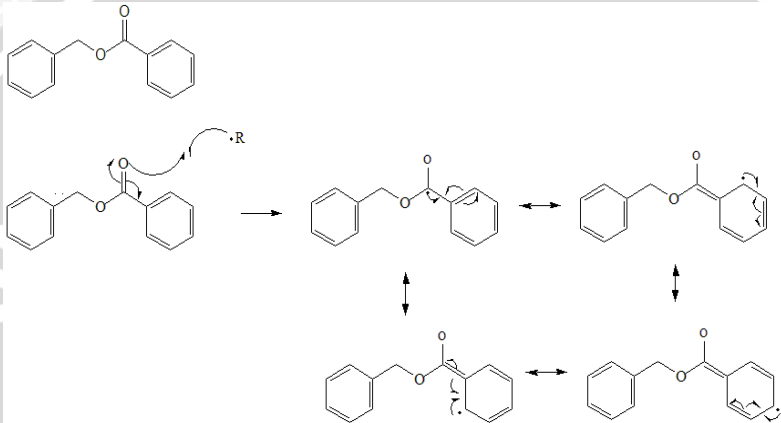
Aktivitas minyak atsiri kenanga dalam memperangkap radikal peroksil dan alkil yang didasarkan pada Tabel 4.3 dan Gambar 4.47, ditunjukkan pada waktu reaksi 2, 3, 4, dan 5 menit. Peningkatan persentase penurunan luas kurva resonansi pada radikal peroksil pada waktu reaksi 2, 3, 4, dan 5 menit secara berturut-turut adalah 14,29%, 21,43%, 28,57% dan 35,71%. Sedangkan peningkatan persentase penurunan luas kurva resonansi radikal alkil pada waktu reaksi 2, 3, 4, dan 5 menit secara berturut-turut adalah 5,71%, 35,7%, 42,86%, dan 54,29%. Pada waktu reaksi 6 menit, tidak terjadi penurunan luas kurva resonansi pada radikal peroksil dan alkil. Hal ini menunjukkan bahwa minyak

atsiri kenanga dapat memperangkap radikal peroksil dan alkil pada waktu reaksi 2, 3, 4, dan 5 menit. Waktu reaksi 5 menit menunjukkan waktu optimum yang dibutuhkan oleh minyak kenanga dalam memperangkap radikal peroksil dan alkil. Sehingga apabila waktu reaksi dilanjutkan pada waktu reaksi 6 menit, tidak terjadi perubahan pada luas kurva resonansi radikal peroksil dan alkil.

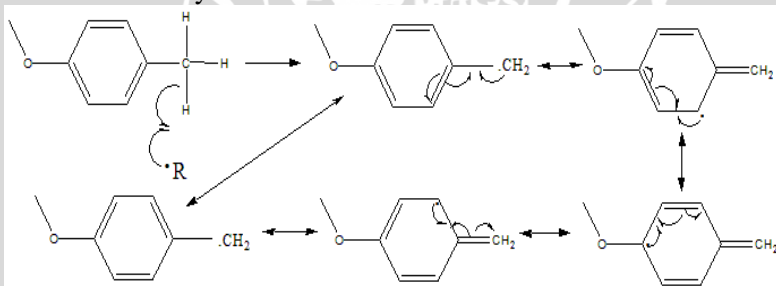
Radikal alkil menunjukkan persentase penurunan luas kurva resonansi yang lebih besar daripada radikal hidroksil dan peroksil. Semakin besar peningkatan penurunan luas kurva resonansi, menunjukkan semakin besar pula aktivitas minyak atsiri kenanga dalam memperangkap radikal tersebut. Dalam hal ini, minyak atsiri kenanga menunjukkan aktivitas sebagai antiradikal yang lebih besar pada radikal alkil. Hal ini menunjukkan bahwa senyawa aktif dalam minyak kenanga dapat memperangkap radikal alkil dengan aktivitas pemerangkapan radikal yang lebih besar daripada radikal peroksil dan hidroksil.

Senyawa dapat dikatakan dapat memperangkap radikal bebas apabila memiliki sifat sebagai reduktor yang kaya akan elektron, pasangan elektron bebas dan ikatan rangkap. Namun senyawa yang memiliki sistem ikatan rangkap terkonjugasi memiliki aktivitas sebagai antiradikal lebih tinggi karena adanya delokalisasi elektron. Selain itu, atom tersebut harus mampu melepaskan ikatannya yang lebih elektropositif seperti atom hidrogen. Sebagai contohnya yaitu senyawa  $\beta$ -kariofilen dan germakren-D diduga sebagai senyawa yang berkontribusi sebagai senyawa yang dapat memperangkap radikal bebas. Hal ini dikarenakan senyawa-senyawa tersebut memiliki ikatan rangkap pada strukturnya sehingga mampu mendonorkan elektronnya pada molekul radikal bebas. Selain itu, contoh senyawa lain yang dapat memperangkap radikal bebas adalah senyawa benzil benzoat dan p-metilanol. Senyawa tersebut diduga berkontribusi sebagai senyawa yang memiliki aktivitas yang tinggi sebagai senyawa yang dapat memperangkap radikal bebas pada minyak jagung. Hal ini dikarenakan senyawa tersebut memiliki sistem ikatan rangkap terkonjugasi pada strukturnya sehingga dapat berperan sebagai senyawa antiradikal yang memiliki aktivitas yang tinggi. Adanya delokalisasi elektron pada gugus benzena mampu mentsabilkan

satu elektron tak berpasangan pada radikal bebas sehingga kerekatifan dari molekul radikal bebas dapat berkurang. Mekanisme reaksi pemerangkapan radikal bebas pada minyak jagung yang diradiasi sinar UV oleh senyawa benzil benzoat dan p-metilanisol yang terdapat dalam minyak atsiri kenanga ditunjukkan pada Gambar 4.48 dan 4.49.



**Gambar 4.48** Mekanisme reaksi pemerangkapan radikal bebas oleh senyawa benzil benzoat



**Gambar 4.49** Mekanisme reaksi pemerangkapan radikal bebas oleh senyawa p-metilanisol

Berdasarkan gambar 4.48 dan 4.49 senyawa benzil benzoat dan p-metilanisol menyumbangkan elektronnya kepada molekul radikal bebas. Molekul benzil benzoat dan p-metilanisol menjadi radikal baru yang lebih stabil dan kurang reaktif dengan adanya delokalisasi elektron pada cincin aromatis benzen, sedangkan

molekul radikal bebas membentuk senyawa baru setelah mendapat donor elektron dari senyawa benzil benzoat dan p-metilanisol.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA





## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Minyak kenanga yang diisolasi dengan distilasi uap menghasilkan minyak yang berwarna kuning muda dengan rendemen sebesar 1,066%, indeks bias 1,4943 dan berat jenis 0,9154 g/mL.
2. Karakterisasi minyak atsiri kenanga dengan KG-SM menunjukkan adanya 24 komponen yang teridentifikasi dan terdapat komponen trans-anetol yang belum terinformasi pada penelitian sebelumnya.
3. Jenis radikal bebas yang dihasilkan oleh minyak jagung yang diradiasi sinar UV pada  $\lambda = 254\text{nm}$  adalah radika alkil, hidroksil dan peroksil.
4. Waktu optimum yang dibutuhkan minyak atsiri kenanga untuk memerangkap radikal hidroksil (46,67%) yaitu 4 menit, sedangkan waktu optimum yang dibutuhkan minyak atsiri kenanga untuk memerangkap radikal peroksil (35,71%) dan alkil (54,29%) yaitu 5 menit.

#### **5.2 Saran**

Pemisahan senyawa aktif dalam minyak atsiri kenanga yang dapat memerangkap radikal bebas perlu dilakukan menggunakan distilasi fraksional dan penentuan radikal bebas lainnya yang dapat diperangkap oleh senyawa aktif dalam minyak atsiri kenanga menggunakan ESR.

# UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ginting, S., 2004, **Pengaruh Lama Penyulingan Terhadap Rendemen Dan Mutu Minyak Atsiri Daun Sereh Wangi**, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara.
- [2] Ditjetbun, 2004, **Komoditas Bunga Kenanga**, [www.ditjenbun.deptan.go.id/sekretbun/sekret/Bahan%20Website20FOKUS%20](http://www.ditjenbun.deptan.go.id/sekretbun/sekret/Bahan%20Website20FOKUS%20), diakses tanggal 3 September 2012.
- [3] Sastrohamidjojo, H., 2002, **Kimia Minyak Atsiri**, FMIPA UGM, Yogyakarta.
- [4] Skaria, B.P., P.P. Joy., S. Mathew., G. Mathew., A. Joseph., R. Joseph., 2007, **Aromatics Plants**, Laxmi Art Creation, New Delhi.
- [5] Miguel, M. G., 2010, **Antioxidant and Anti-Inflammatory Activities of Essential Oils: A Short Review**, *Molecules* Vol 15, pp: 9252-9287.
- [6] Agusta, A., 2000, **Minyak Atsiri Tumbuhan Tropika Indonesia**, Penerbit ITB, Bandung.
- [7] Wei, A., Shibamoto, T., 2010, **Antioxidant/Lipoxygenase Inhibition Activities and Chemical Composition of Selected Essential Oils**, *Journal Food Chemistry* Vol 58, pp :7218-7225.
- [8] Chie-Wen, Lin., Yu, Chia-Wen., Wu, Sung-Chuan., Yih, Kuang-Hway, 2009, **DPPH Free-Radical Scavenging Activity, Total Phenolic Contents and Chemical Composition Analysis of Forty-Two Kinds of Essential Oils**, *Journal of Food and Drug Analysis* Vol 17, No.5, pp: 386-395.

- [9] Herling, T., K. Jung, J. Fuchs, 2007, **UV - Generated Free Radicals (FR) in Skin and Hair – Their Formation, Action, Elimination and Prevention**, SÖFW-Journal No.8, pp:133.
- [10] Burdock, George A., I. G. Carabin, 2001, **Safety Assessment of Ylang-ylang (*Cananga spp.*) as a Food Ingredient**, Vero Beach FL 32960, USA.
- [11] Soeratri, W., N. Ifansyah., Soemiati, Epipit, 2005, **Penentuan Persentase Transmisi Eritema dan Pigmentasi Beberapa Minyak Atsiri**, Berk. Penelitian Hayati Vo; 100, Hal: 117-121.
- [12] Annonymous<sup>1</sup>, 2009, **Product Data Sheet Spa Ylang-ylang**, [www.plimon.com](http://www.plimon.com)., diakses tanggal 20 September 2012.
- [13] Nurdjannah, N., 2005, **Minyak Ylang-ylang dalam Aromaterapi dan Prospek Pengembangannya di Indonesia**, Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pasca Pertanian, Bogor.
- [14] Ferdiansyah, A.P.P., Zulfikar., Mahfud, 2010, **Analisis Pengaruh Arah Aliran *Steam* dan Massa Bunga Kenanga untuk Mendapatkan Minyak atsiri kenanga yang Memiliki Kualitas dan Rendemen Optimum dengan Menggunakan Metode Distilasi Uap (*Steam Distillation*)**, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh November.
- [15] Nadriloh, K., 2012, **Efek Penambahan Rempah-rempah pada Berbagai Jenis Minyak Goreng Jelantah sebagai Penurun Kadar Radikal Bebas dengan Metode Resonansi Spin Elektron**, *Skripsi*, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya, Malang.

- [16] Suarni, S. Widowati, 2005, **Struktur, Komposisi, dan Nutrisi Jagung**, Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian, Bogor.
- [17] Manner, H.I., C.R Elevitch, 2006, **Species Profiles for Pacific Island Agroforestry**, [www.traditionaltree.org](http://www.traditionaltree.org), Diakses tanggal 23 Juli 2012.
- [18] Susilo Hadi, S., 2011, **Deteksi Adanya Pemalsuan Minyak atsiri kenanga dengan Pengujian Putaran Optik Menggunakan Polarimeter WXG-4**, Tugas Akhir Program Studi Diploma III Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.
- [19] Guenther, E., 1987, **The Essensial Oils**, Vol.1.D. Van Nostrand Compay. Inc., New York.
- [20] Fransiscus, 2009, **Distilasi Minyak atsiri kenanga**, <http://digilib.its.ac.id>, Diakses tanggal 30April 2012.
- [21] Cheng,J., K. Yang., N.N Zhao., X.G. Wang., S.Y. Wang., Z.L. Liu., 2012, **Composition and Insecticidal Activity of Essensial Oil of *Cananga odorata* leaves against *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculioniade)**, Journal of Medical Plants Research Vol:6, No: 18, pp: 3482-3486.
- [22] Winarsih, W., 2007, **Antiradikal Alami dan Radikal Bebas**, Penerbit Kanisius, Yogyakarta.
- [23] Benbest, 2011, **Genenal Antioxidant Action**, <http://www.benbest.com/nutrceut/AntiOxidants.html>, Diakses tanggal 17 September 2011.
- [24] Windono, T., S. Soediman., U. Yudawati., E. Ernawati., A. Srileta., T.I. Erowati, 2001, **Uji Peredam Radikal Bebas Terhadap 1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl**



**(DPPH) dari Ekstrak Kulit Buah dan Biji Anggur (Vitis vinifera L.) Probolinggo Biru dan Bali, Artocarpus Vol 1, No.1, Hal: 34-43.**

- [25] Gulcin, I., M.E, Buyukokuroglu., O.M. Kufrevioglu, 2002, **On the in vitro Antioxidative Properties of Melatonin**, Vol 33, No.3, pp: 167-171.
- [26] Singh,S., R.P Singh, 2008, **In vitro Methods of Assay of Antioxidant: an overview**, Food Rev. International, Vol 24, pp: 392-415.
- [27] Hagvall, L., C. Backtrop., S. Svensson., G. Nyman., A. Borje., A.T. Karlberg, 2007, **Fragrance Compound Geraniol Form Contact Allergens on Air Exposure. Identification and Quantification of Oxidation Products and Effect on Skin Sensitization**, Chemistry Res. Toxicol, Vol 20, No. 5, pp: 804-807.
- [28] Tirzitis, G., G. Bartosz, 2010, **Determination of Antiradical and Antioxidant Activity: Basic Principles and New Insight**, Acta Biochimica Polonica, Vol: 57, No: 1, pp: 139-142.
- [29] Herlling, T., K. Jung., E. Chatelain., M. Langenauer, 2006, **Radical Skin/Sun Protection Factor RSF-Protection Against UV-Induced Free Radical in Skin**, SÖFW-Journal No. 7, pp 132.
- [30] Mau, J.L., G.R Chao., K.T Wu, 2001, **Antioxidant Properties of Methanolic Extracts from Several Mushroom**, Journal Agric Food Chemistry, Vol 49, No. 11, pp: 5461-5467.
- [31] Greenstock, C.L., 1986, **Free Radicals, Aging and Degenerative Diseases**, Alan R.Liss, New York.

- [32] Siswono, 2005, **Buah Merah belum Terbukti Sembuhkan Kanker**, <http://www.gizi.net/berita/fullnews.Newsed>, Diakses tanggal 1 Oktober 2012.
- [33] Karyoadi, W.Y, 2012, **Isolasi Tanin dan Derivatnya dari Kulit Buah Manggis (*Garcinia mangostana L.*) dan Uji Aktivitasnya sebagai Antiradikal Radikal Bebas Hidroksil dan Peroksida Menggunakan *Electronic Spin Resonance (ESR)***, *Skripsi*, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya, Malang.
- [34] Atkins, 1999, **Kimia Fisika**, Erlangga, Jakarta.
- [35] Chang, Raymond, 2003, **Kimia Dasar Konsep-konsep Inti Jilid 1**, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- [36] Khopkar, S.M., 2008, **Konsep Dasar Kimia Analitik**, Penerbit Universitas Indonesia, UI-Press, Jakarta.
- [37] Sumitra, Omit., 2003, **Minyak Atsiri Biji Pala**, Ditjen Pendidikan Dasar dan Menengah, Depdiknas.
- [38] Santoso, H.B., 1990, **Bertanam Nilam**, Penerbit Kanisius, Yogyakarta.
- [39] Gritter, R.J., J.M.Bobbitt., A. E. Schwarting, 1991, **Pengantar Kromatografi**, Bandung, Penerbit ITB.,
- [40] Mulja, M., 1994, **Perkembangan Instrumen Kromatografi Gas**, Airlangga University Press, Surabaya.
- [41] Qin, Xiaotin, 2011, **Thermal Desorption Studies of Corn Oil at Frying Temperatures: Thermal Scission vs Autoxidation**, Thesis, Rutgers The State University of New Jersey, New Jersey.

- [42] Silverstein, R.M., Francis X.W., David J.K., 2005, **Spectrometric Identification of Organic Compound**, 7<sup>th</sup> edition, John Wiley & Sons Inc., USA.
- [43] Christeensen, A. Hamnet, 1997, **Techniques and Mechanism As In Electro Chemistry**, led, Journal Blackie Academic and Professional, Glasgow, US.
- [44] Rajaki, Oktawirandi, 2012, **Isolasi Xanton dan Derivatnya dari Kulit Buah Manggis (*Garcinia mangostana L.*) dan Uji Aktivitasnya Sebagai Antiradikal Radikal Bebas Karbon dan Hidrogen Menggunakan Resonansi Spin Elektron**, *Skripsi*, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya, Malang.
- [45] Guenther, E., 2011, **Minyak Atsiri**, UI Press, Jakarta.

## LAMPIRAN

### A. Diagram Alir Tahap Penelitian

Pengambilan sampel dan determinasi bunga kenangadilakukan di Laboratorium Taksonomi dan Struktur Tumbuhan Jurusan Biologi, Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya.



Preparasi  $\text{MgSO}_4$  monohidrat dari  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$



Isolasi minyak atsiri kenanga menggunakan metode distilasi uap selama 8 jam



Karakterisasi minyak atsiri kenanga menggunakan Kromatografi Gas-Spektrometer Massa (KG-SM) dan penentuan sifat fisik minyak atsiri kenanga.



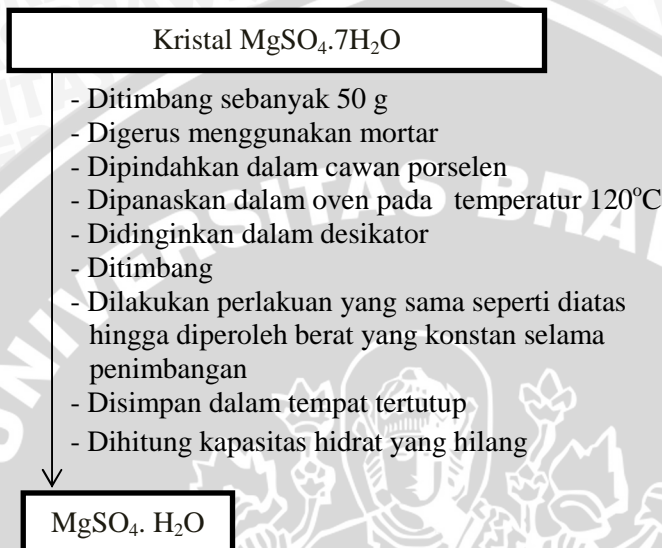
Pembentukan radikal bebas pada minyak jagung yang diradiasi sinar UV pada panjang gelombang 254nm selama 40 menit



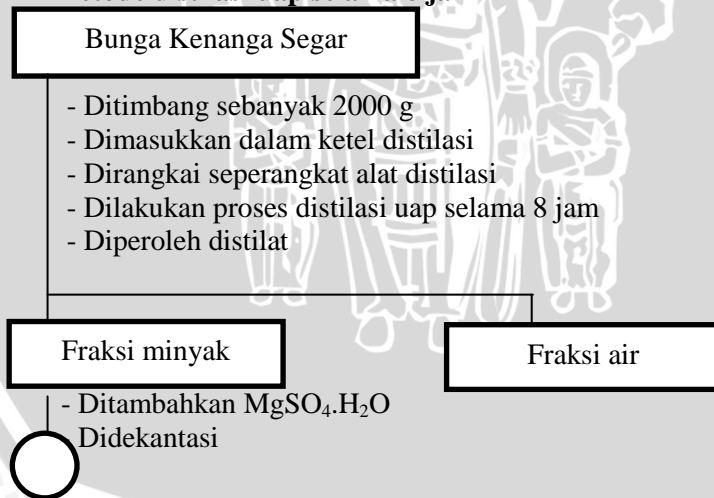
Uji aktivitas antiradikal bebas minyak atsiri kenanga pada berbagai waktu reaksi terhadap minyak jagung menggunakan ESR (*Electron Spin Resonance*)

## B. Diagram Alir Penelitian

### B.1 Preparasi $\text{MgSO}_4$ monohidrat dari $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$



### B.2 Isolasi minyak atsiri kenanga dengan menggunakan metode distilasi uap selama 8 jam







- Ditampung dalam botol vial
- Dialiri gas N<sub>2</sub>

Fraksi minyak bebas air

- Ditutup dan dilapisi dengan aluminium foil
- Disimpan dalam lemari pendingin

Minyak

### **B.3 Karakterisasi Sifat Fisik Minyak Atsiri Kenanga**

Minyak atsiri kenanga

- Diamati warna dan bau
- Diukur indeks bias
- Diukur berat jenis

Warna, bau, indeks bias dan berat jenis minyak atsiri kenanga

### **B.4 Analisis Komponen Minyak Atsiri Kenanga Menggunakan KG-SM**

Minyak Atsiri Kenanga

- Diinjeksikan sebanyak 0,05  $\mu$ L menggunakan *syringe* ke dalam instrumen KG-SM

Data Kromatogram dan spektrum massa

- Ditentukan pola fragmentasi tiap komponen yang teridentifikasi

Hasil

### **B.5 Pembuatan Radikal Bebas dari Minyak Jagung yang Diradiasi Sinar UV**

Minyak jagung sebanyak 25mL

- Dituangkan ke dalam cawan gelas
- Diletakkan dalam kompartmen UV
- Dilakukan radiasi dengan sinar UV pada panjang gelombang 254nm dengan intensitas 250 lux
- Ditentukan radikal bebas yang terbentuk sebelum dan sesudah radiasi

Radikal alkil, peroksil dan hidroksil

### **B.6 Uji Aktivitas Antiradikal Minyak Atsiri Kenanga Menggunakan ESR**

ESR

- Dikalibrasi dengan DPPH
- Diuji radikal bebas pada minyak jagung sebelum radiasi sinar UV
- Diuji radikal bebas pada minyak jagung setelah ditambahkan 7  $\mu$ L minyak atsiri kenanga pada pengamatan 5 variasi waktu reaksi
- Dicatat nilai  $\nu$  dan I pada tiap pengukuran
- Dihitung faktor g dari tiap pengukuran dan ditentukan jenis radikal
- Dihitung luas kurva resonansi pada layar osiloskop setiap kali pengukuran

Faktor g dan luas kurva resonansi

## C. Dokumentasi Penelitian

### C.1 Gambar Bunga Kenanga (*Cananga odorata*) yang digunakan



## C.2 Keterangan Determinasi oleh Laboratorium Taksonomi, Struktur dan Perkembangan Tumbuhan, Jurusan Biologi, FMIPA, Universitas Brawijaya



LABORATORIUM TAKSONOMI, STRUKTUR DAN  
PERKEMBANGAN TUMBUHAN  
JURUSAN BIOLOGI, FAKULTAS MIPA  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
JALAN VETERAN, MALANG 65145  
Telepon/faks: 0341-575841

### KETERANGAN IDENTIFIKASI

No. 0060/Takso.Identifikasi/03/2012

Kepala Laboratorium Taksonomi, Struktur dan Perkembangan Tumbuhan, Jurusan Biologi, Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya, menerangkan bahwa spesimen yang dibawa oleh:

Nama : Ranny Cahya R (NIM. 0910920017)  
Instansi : Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Brawijaya

Berdasarkan deskripsi karakter dan kunci identifikasi pada Flora of Java (Backer dan Van den Brink, 1968), volume I, halaman 105, diidentifikasi sebagai:

**Familia** : **Annonaceae**  
**Genus** : **Cananga**  
**Species** : **Cananga odorata (Lamk.) Hook.f. & Thoms.**

Demikian surat keterangan identifikasi ini dibuat untuk digunakan seperlunya.

Malang, 21 September 2012

Kepala Laboratorium  
Taksonomi, Struktur dan  
Perkembangan Tumbuhan,

LABORATORIUM  
TAKSONOMI  
Serafinah Indrivani, M.Si.  
NIP. 19630909 198802 2 001

### C.3 MgSO<sub>4</sub> monohidrat Hasil Preparasi



### C.4 Rangkaian Alat Distilasi Uap



Ketel distilasi

Ketel penghasil uap  
bertekann tinggi

Corong pisah

Kondensor



### C.5 Minyak Atsiri Kenanga Hasil Isolasi Menggunakan Metode Distilasi Uap



Fasa air

Fasa minyak

### C.6 Penentuan Indeks Bias Minyak Atsiri Kenanga Menggunakan Refraktometer Abbe



### C.7 Penentuan Berat Jenis Minyak Atsiri Kenanga Menggunakan Piknomter



**Gambar C.7** Pengukuran Berat Jenis Minyak Atsiri Kenanga Menggunakan Piknomter

### C.8 Pembentukan Radikal Bebas pada Minyak Jagung dengan Radiasi Sinar UV



Sumber radiasi sinar UV

Minyak jagung

Cawan gelas berisi minyak jagung

## D. Perhitungan

### D.1 Preparasi MgSO<sub>4</sub> monohidrat

Reaksi:



dimana:

$\chi$  = Jumlah molekul hidrat yang hilang

$$\text{Massa MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} = 48,44 \text{ g}$$

$$\text{Massa MgSO}_4 \cdot (7-\chi)\text{H}_2\text{O} = 28,30 \text{ g}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa } \chi \text{ H}_2\text{O} &= \text{massa MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} - \text{massa} \\ &\text{MgSO}_4 \cdot (7-\chi)\text{H}_2\text{O} \\ &= 48,44 \text{ g} - 28,30 \text{ g} \\ &= 20,14 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\text{Mr MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} = (24+32+64+126) = 246 \text{ g/mol}$$

$$\text{Mr } x\text{H}_2\text{O} = x \cdot 18 \text{ g/mol}$$

$$\begin{aligned} \chi &= \frac{\text{mol H}_2\text{O}}{\text{mol MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}} \\ &= \frac{m \text{ H}_2\text{O} / \text{Mr H}_2\text{O}}{m \text{ MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} / \text{Mr MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}} \\ &= \frac{m \text{ MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} - m \text{ MgSO}_4 \cdot (7-x)\text{H}_2\text{O} / \text{Mr H}_2\text{O}}{m \text{ MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} / \text{Mr MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}} \\ &= \frac{\text{Mr MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}}{\text{Mr H}_2\text{O}} \left( \frac{m \text{ MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} - m \text{ MgSO}_4 \cdot (7-x)\text{H}_2\text{O}}{m \text{ MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}} \right) \\ &= \frac{\text{Mr MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}}{\text{Mr H}_2\text{O}} \left( 1 - \frac{m \text{ MgSO}_4 \cdot (7-x)\text{H}_2\text{O}}{m \text{ MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}} \right) \\ &= \frac{246 \text{ g/mol}}{18 \text{ g/mol}} \left( 1 - \frac{28,30 \text{ g}}{48,44 \text{ g}} \right) \\ &= 5,682 \approx 6 \end{aligned}$$

### D.2 Perhitungan Rendemen Minyak Atsiri Kenanga

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{W_{\text{minyak}}}{W_{\text{sampel}}} \times 100\%$$

dimana:

$W_{\text{minyak}}$  adalah berat minyak atsiri yang diperoleh,

$W_{\text{sampel}}$  adalah berat sampel bunga kenanga.

$$\begin{aligned} \text{Rendemen (\%)} &= \frac{21,82\text{g}}{2000\text{g}} \times 100\% \\ &= 1,066\% \end{aligned}$$

### D.3 Perhitungan Karakterisasi Sifat Fisik Minyak Atsiri Kenanga

#### D.3.1 Perhitungan Indeks Bias

Rumus [45]:

$$n = n' + k (T' - T)$$

dimana,

$n = 1,493-1,503$ , indeks bias minyak atsiri bunga kenanga pada  $T = 20^\circ\text{C}$  menurut SNI 06-3949-1995

$n' =$  indeks bias minyak atsiri bunga kenanga pada  $T = 27^\circ\text{C} = 1,4935$

$k = 0,00041$ , faktor koreksi indeks bias minyak atsiri bunga kenanga tiap derajat [45]

$T' = 27^\circ\text{C}$ , temperatur pengukuran saat pengerjaan

$T = 25^\circ\text{C}$ , temperatur pengukuran menurut SNI 06-3949-1995

$$\text{Indeks bias} = 1,4935 + 0,00041 (27^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C}) = 1,4943$$

#### D.3.2 Perhitungan Berat Jenis

Rumus [45]:

$$\text{Berat Jenis} = \frac{m_2 - m}{m_1 - m}$$

dimana,

$m_2$  adalah berat piknometer dan minyak,

$m_1$  adalah berat piknometer dan air,

$m$  adalah berat piknometer kosong.

$$\text{Berat Jenis } (\rho) = \frac{10,23 - 8,00}{10,45 - 8,00} = 0,9102 \text{ g/mL}$$

Perhitungan berat jenis dengan faktor koreksi menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\rho = \rho' + k (T' - T)$$

dimana,

$\rho = 0,903-0,950$ , indeks bias minyak atsiri bunga

kenanga pada  $T = 20^\circ\text{C}$  menurut SNI 06-3949-1995

$\rho'$  = berat jenis minyak atsiri bunga kenanga pada  $T = 27^\circ\text{C}$   
 $k = 0,00074$ , faktor koreksi indeks bias minyak atsiri bunga  
kenanga tiap derajat [45]  
 $T' = 27^\circ\text{C}$ , temperatur pengukuran saat pengerjaan  
 $T = 20^\circ\text{C}$ , temperatur pengukuran menurut SNI 06-3949-  
1995

Berat jenis =  $0,9102 + 0,00074(27^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}) = 0,9154\text{g/mL}$

### D.3.3 Perhitungan Energi Radiasi Sinar UV pada $\lambda = 254\text{nm}$

$$E = hv = h \frac{c}{\lambda}$$

$$E = 6,625 \times 10^{-34} \text{Ws} \times \frac{3 \times 10^8 \text{m/s}}{254 \times 10^{-9} \text{m}}$$

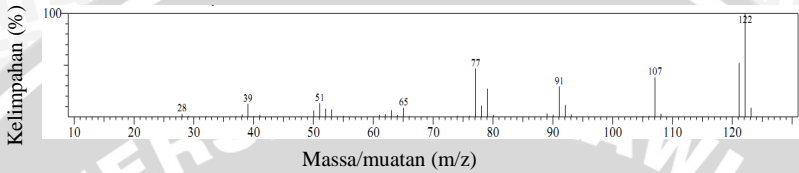
$$E = 7,795 \times 10^{-22} \text{kJ}$$





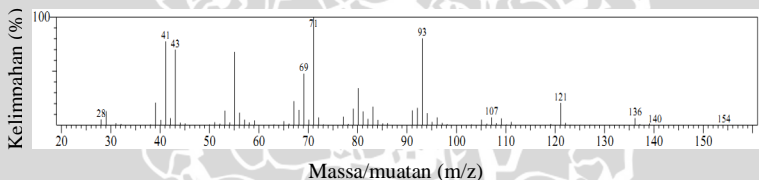
## E. Spektrum Massa Komponen Minyak Atsiri Kenanga Hasil Analisis Menggunakan KG-SM dari Pustaka WILEY7.LIB

### E.1 Pustaka Senyawa p-metilanol



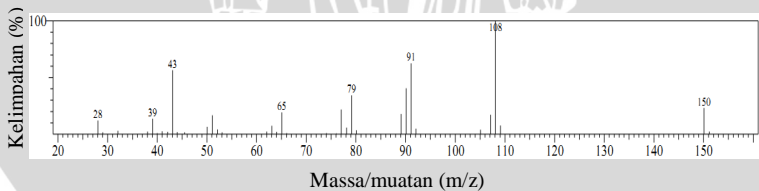
Berat molekul : 122  
Rumus molekul :  $C_8H_{10}O$   
Nama komponen : p-metilanol  
Pustaka : WILEY7.LIB

### E.2 Pustaka Senyawa Linalool



Berat molekul : 154  
Rumus molekul :  $C_{10}H_{18}O$   
Nama komponen : Linalool  
Pustaka : WILEY7.LIB

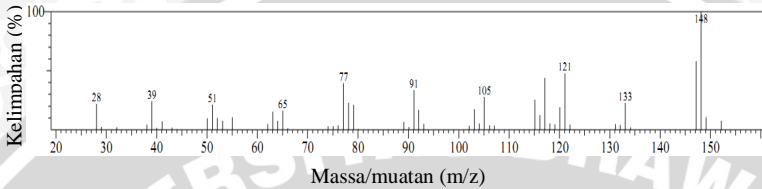
### E.3 Pustaka senyawa Benzil Asetat



Berat molekul : 150  
Rumus molekul :  $C_9H_{10}O_2$

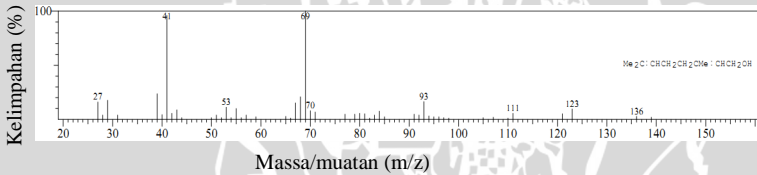
Nama komponen : Benzil asetat  
Pustaka : WILEY7.LIB

#### E.4 Pustaka Senyawa trans-anetol



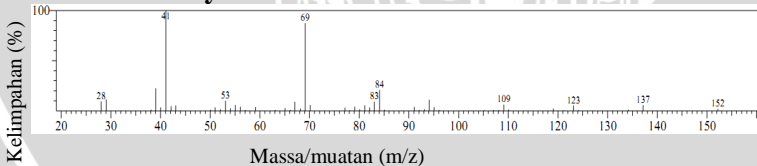
Berat molekul : 148  
Rumus molekul :  $C_{10}H_{12}O$   
Nama komponen : trans-anetol  
Pustaka : WILEY7.LIB

#### E.5 Pustaka Senyawa Geraniol



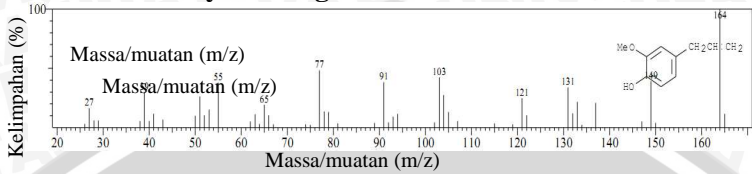
Berat molekul : 154  
Rumus molekul :  $C_{10}H_{18}O$   
Nama komponen : Geraniol  
Pustaka : WILEY7.LIB

#### E.6 Pustaka Senyawa E-sitral



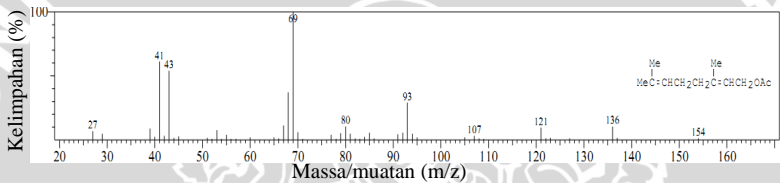
Berat molekul : 152  
Rumus molekul :  $C_{10}H_{16}O$   
Nama komponen : E-citral  
Pustaka : WILEY7.LIB

### E.7 Pustaka Senyawa Eugenol



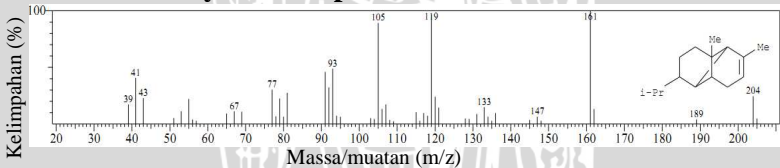
Berat molekul : 164  
Rumus molekul : C<sub>10</sub>H<sub>12</sub>O<sub>2</sub>  
Nama komponen : Eugenol  
Pustaka : WILEY7.LIB

### E.8 Pustaka Senyawa Geranil Asetat



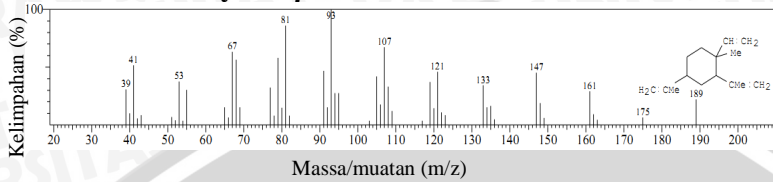
Berat molekul : 196  
Rumus molekul : C<sub>12</sub>H<sub>20</sub>O<sub>2</sub>  
Nama komponen : Geranil Asetat  
Pustaka : WILEY7.LIB

### E.9 Pustaka Senyawa α-kopaen



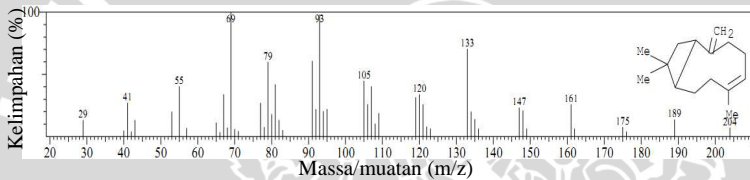
Berat molekul : 204  
Rumus molekul : C<sub>15</sub>H<sub>24</sub>  
Nama komponen : α-kopaen  
Pustaka : WILEY7.LIB

### E.10 Pustaka Senyawa $\beta$ -Elemen



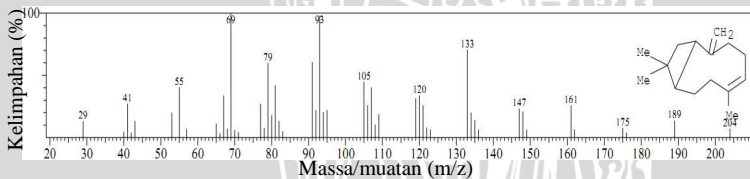
Berat molekul : 204  
Rumus molekul :  $C_{15}H_{24}$   
Nama komponen :  $\beta$ -Elemen  
Pustaka : WILEY7.LIB

### E.11 Pustaka Senyawa $\beta$ -Kariofilen



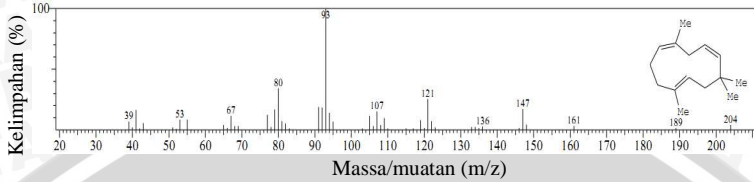
Berat molekul : 204  
Rumus molekul :  $C_{15}H_{24}$   
Nama komponen :  $\beta$ -Kariofilen  
Pustaka : WILEY7.LIB

### E.12 Pustakan Senyawa $\beta$ -Kariofilen



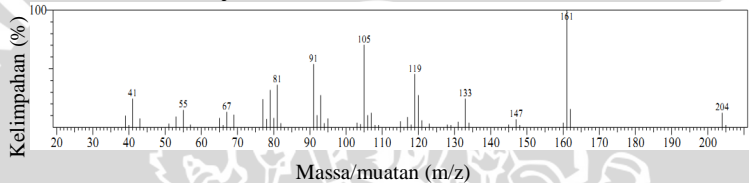
Berat molekul : 204  
Rumus molekul :  $C_{15}H_{24}$   
Nama komponen :  $\beta$ -Kariofilen  
Pustaka : WILEY7.LIB

### E.13 Pustaka Senyawa $\alpha$ -Humulen



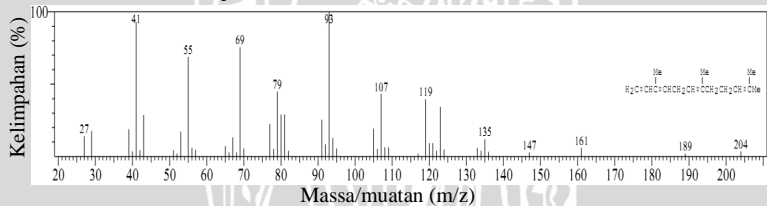
Berat molekul : 204  
Rumus molekul :  $C_{15}H_{24}$   
Nama komponen :  $\alpha$ -humulen  
Pustaka : WILEY7.LIB

### E.14 Pustaka Senyawa Germakren-D



Berat molekul : 204  
Rumus molekul :  $C_{15}H_{24}$   
Nama komponen : Germakren-D  
Pustaka : WILEY7.LIB

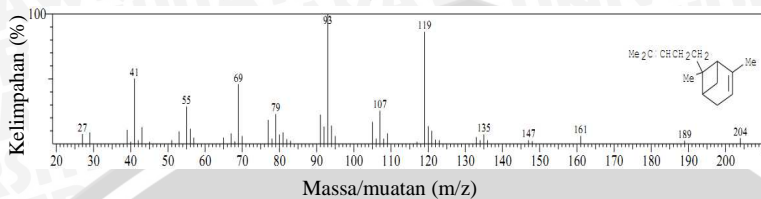
### E.15 Pustaka Senyawa Farnesen



Berat molekul : 204  
Rumus molekul :  $C_{15}H_{24}$   
Nama komponen : Farnesen  
Pustaka : WILEY7.LIB

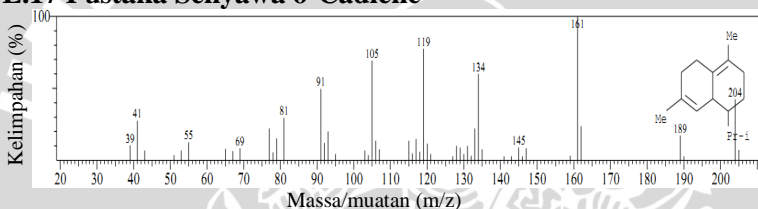


### E.16 Pustaka Senyawa $\alpha$ -Bergamoten



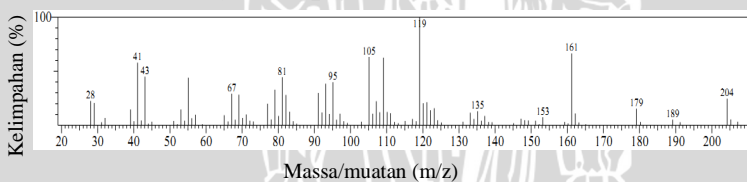
Berat molekul : 204  
Rumus molekul :  $C_{15}H_{24}$   
Nama komponen :  $\alpha$ -Bergamoten  
Pustaka : WILEY7.LIB

### E.17 Pustaka Senyawa $\delta$ -Cadiene



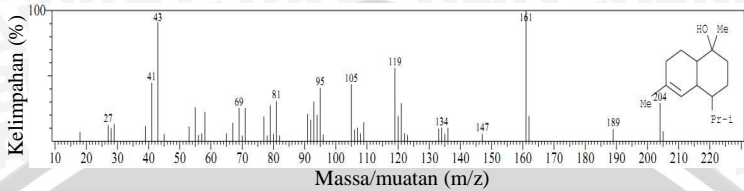
Berat molekul : 204  
Rumus molekul :  $C_{15}H_{24}$   
Nama komponen :  $\delta$ -Cadiene  
Pustaka : WILEY7.LIB

### E.18 Pustaka Senyawa Epiglobulol



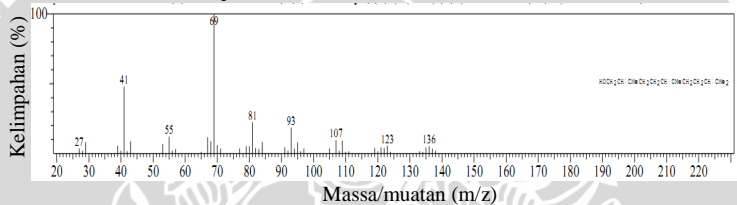
Berat molekul : 204  
Rumus molekul :  $C_{15}H_{24}$   
Nama komponen : Epiglobulol  
Pustaka : WILEY7.LIB

### E.19 Pustaka Senyawa Torreyol



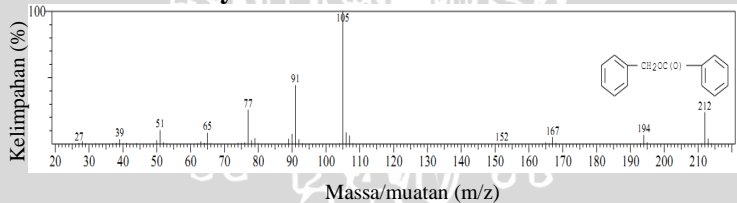
Berat molekul : 222  
Rumus molekul :  $C_{15}H_{26}O$   
Nama komponen : Toreyol  
Pustaka : WILEY7.LIB

### E.20 Pustaka Senyawa Farnesol



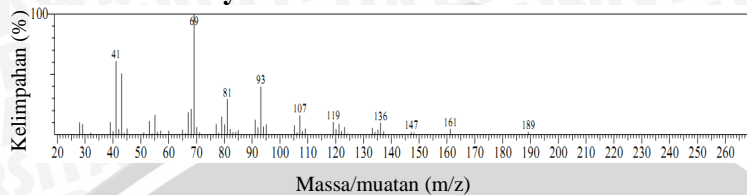
Berat molekul : 222  
Rumus molekul :  $C_{15}H_{26}O$   
Nama komponen : Farnesol  
Pustaka : WILEY7.LIB

### E.21 Pustaka Senyawa Benzil Benzoat



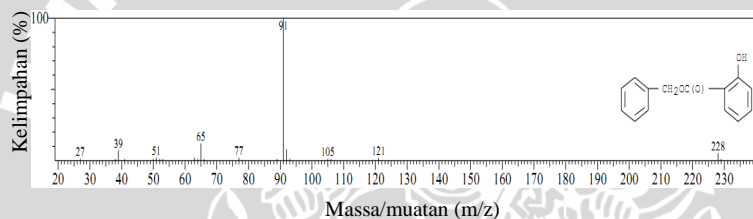
Berat molekul : 212  
Rumus molekul :  $C_{14}H_{12}O_2$   
Nama komponen : Benzil Benzoat  
Pustaka : WILEY7.LIB

## E.22 Pustaka Senyawa Farnesil Asetat



Berat molekul : 264  
Rumus molekul :  $C_{17}H_{28}O_2$   
Nama komponen : Farnesil asetat  
Pustaka : WILEY7.LIB

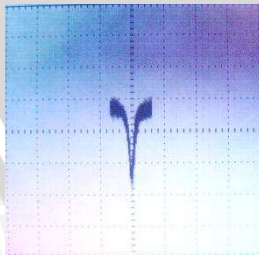
## E.23 Pustaka Senyawa Benzil Salisilat



Berat molekul : 212  
Rumus molekul :  $C_{14}H_{12}O_3$   
Nama komponen : Benzil Salisilat  
Pustaka : WILEY7.LIB

## F. Uji Aktivitas Antiradikal Bebas Minyak Atsiri Kenanga terhadap Minyak Jagung Menggunakan ESR (*Electron Spin Resonance*)

### F.1 Kurva resonansi radikal DPPH



## F.2 Penentuan Radikal Bebas pada Minyak Jagung

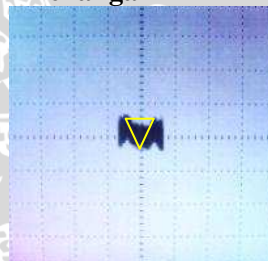
Tabel F.2 Penentuan Radikal Bebas pada Minyak Jagung

No	Sampel Uji	v(MHz)	I (A)	B (mT)	Faktor g	Jenis Radikal
1.	Kalibrasi	44,5	0,375	0,0016	2,003647	DPPH
2.	Minyak Jagung sebelum Radiasi	-	-	-	-	Tidak ditemukan Radikal
3.	Minyak Jagung setelah Diradiasi	32,7	0,274	0,0012	2,015068	Peroksil
		31,4	0,265	0,0011	2,000674	Hidroksil
		19,1	0,161	0,0007	2,003088	Alkil

## F.3 Perhitungan Luas Kurva Resonansi Radikal

### F.3.1 Luas Kurva Resonansi Radikal Alkil pada Minyak Jagung Sebelum Penambahan Minyak Atsiri Kenanga

$$\begin{aligned}
 \text{Luas} &= \frac{1}{2} (a \times t) \\
 &= \frac{1}{2} (0,7 \times 1,0) \\
 &= 0,35 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$



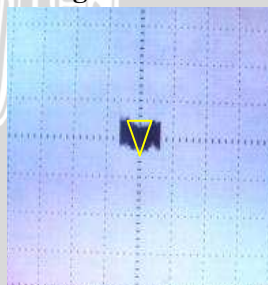
### F.3.2 Luas Kurva Resonansi Radikal Alkil pada Minyak Jagung setelah penambahan minyak atsiri kenanga

t = 2 menit

$$\begin{aligned}
 \text{Luas} &= \frac{1}{2} (a \times t) \\
 &= \frac{1}{2} (0,6 \times 1,1) \\
 &= 0,33 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Penurunan Luas

$$\begin{aligned}
 &= (0,35 - 0,33) / 0,35 \times 100\% \\
 &= 5,71\%
 \end{aligned}$$

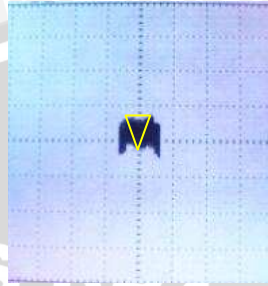


t = 3 menit

$$\begin{aligned}\text{Luas} &= \frac{1}{2} (a \times t) \\ &= \frac{1}{2} (0,5 \times 0,9) \\ &= 0,22 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Penurunan Luas

$$\begin{aligned}&= (0,35 - 0,22) / 0,35 \times 100\% \\ &= 35,7\%\end{aligned}$$



t = 4 menit

$$\begin{aligned}\text{Luas} &= \frac{1}{2} (a \times t) \\ &= \frac{1}{2} (0,4 \times 0,9) \\ &= 0,2 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Penurunan Luas

$$\begin{aligned}&= (0,35 - 0,2) / 0,35 \times 100\% \\ &= 42,86\%\end{aligned}$$

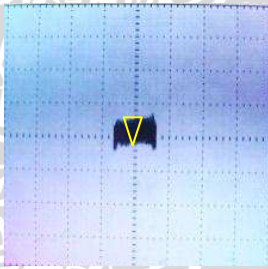


t = 5 menit

$$\begin{aligned}\text{Luas} &= \frac{1}{2} (a \times t) \\ &= \frac{1}{2} (0,4 \times 0,8) \\ &= 0,16 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Penurunan Luas

$$\begin{aligned}&= (0,35 - 0,16) / 0,35 \times 100\% \\ &= 54,29\%\end{aligned}$$

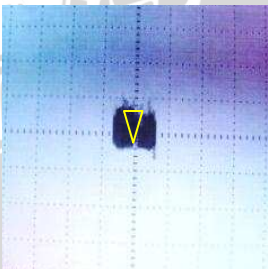


t = 6 menit

$$\begin{aligned}\text{Luas} &= \frac{1}{2} (a \times t) \\ &= \frac{1}{2} (0,4 \times 0,8) \\ &= 0,16 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Penurunan Luas

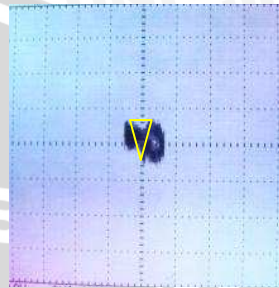
$$\begin{aligned}&= (0,35 - 0,16) / 0,35 \times 100\% \\ &= 54,29\%\end{aligned}$$





### F.3.3 Luas Kurva Resonansi Radikal Hidroksil pada Minyak Jagung sebelum penambahan Minyak atsiri kenanga

$$\begin{aligned}\text{Luas} &= \frac{1}{2} (a \times t) \\ &= \frac{1}{2} (0,5 \times 1,2) \\ &= 0,30 \text{ cm}^2\end{aligned}$$



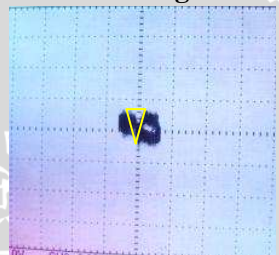
### F.3.4 Luas Kurva Resonansi Radikal Hidroksil pada Minyak Jagung setelah penambahan minyak atsiri kenanga

t = 2 menit

$$\begin{aligned}\text{Luas} &= \frac{1}{2} (a \times t) \\ &= \frac{1}{2} (0,4 \times 1,2) \\ &= 0,24 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Penurunan Luas

$$\begin{aligned}&= (0,30 - 0,24) / 0,30 \times 100\% \\ &= 20\%\end{aligned}$$

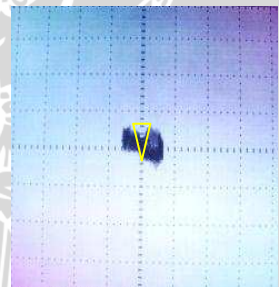


t = 3 menit

$$\begin{aligned}\text{Luas} &= \frac{1}{2} (a \times t) \\ &= \frac{1}{2} (0,5 \times 0,8) \\ &= 0,2 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Penurunan Luas

$$\begin{aligned}&= (0,30 - 0,2) / 0,30 \times 100\% \\ &= 33,33\%\end{aligned}$$

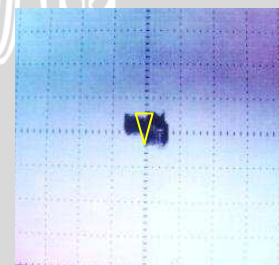


t = 4 menit

$$\begin{aligned}\text{Luas} &= \frac{1}{2} (a \times t) \\ &= \frac{1}{2} (0,4 \times 0,8) \\ &= 0,16 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Penurunan Luas

$$\begin{aligned}&= (0,30 - 0,16) / 0,30 \times 100\% \\ &= 46,67\%\end{aligned}$$

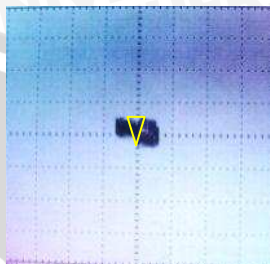


t = 5 menit

$$\begin{aligned}\text{Luas} &= \frac{1}{2} (a \times t) \\ &= \frac{1}{2} (0,4 \times 0,8) \\ &= 0,16 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Penurunan Luas

$$\begin{aligned}&= (0,30 - 0,16) / 0,30 \times 100\% \\ &= 46,67\%\end{aligned}$$

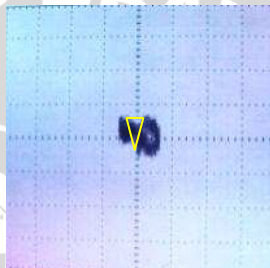


t = 6 menit

$$\begin{aligned}\text{Luas} &= \frac{1}{2} (a \times t) \\ &= \frac{1}{2} (0,4 \times 0,8) \\ &= 0,16 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

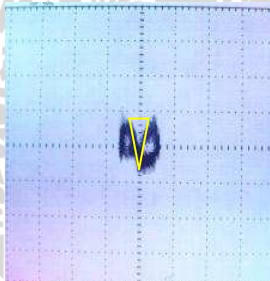
Penurunan Luas

$$\begin{aligned}&= (0,30 - 0,16) / 0,30 \times 100\% \\ &= 46,67\%\end{aligned}$$



### F.3.5 Luas Kurva Resonansi Radikal Peroksil pada Minyak Jagung sebelum penambahan Minyak atsiri kenanga

$$\begin{aligned}\text{Luas} &= \frac{1}{2} (a \times t) \\ &= \frac{1}{2} (0,4 \times 1,4) \\ &= 0,28 \text{ cm}^2\end{aligned}$$



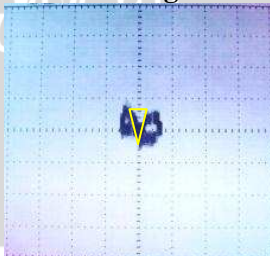
### F.3.6 Luas Kurva Resonansi Radikal Peroksil pada Minyak Jagung setelah penambahan minyak atsiri kenanga

t = 2 menit

$$\begin{aligned}\text{Luas} &= \frac{1}{2} (a \times t) \\ &= \frac{1}{2} (0,4 \times 1,2) \\ &= 0,24 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Penurunan Luas

$$\begin{aligned}&= (0,28 - 0,24) / 0,28 \times 100\% \\ &= 14,29\%\end{aligned}$$

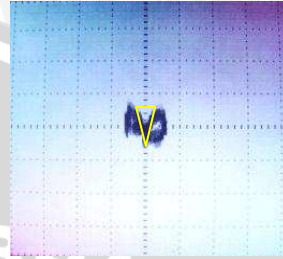


t = 3 menit

$$\begin{aligned}\text{Luas} &= \frac{1}{2} (a \times t) \\ &= \frac{1}{2} (0,4 \times 1,1) \\ &= 0,22 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Penurunan Luas

$$\begin{aligned}&= (0,28 - 0,22) / 0,28 \times 100\% \\ &= 21,43\%\end{aligned}$$

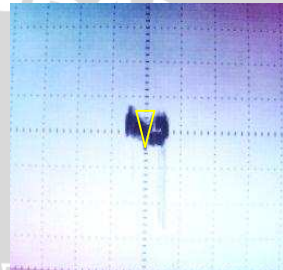


t = 4 menit

$$\begin{aligned}\text{Luas} &= \frac{1}{2} (a \times t) \\ &= \frac{1}{2} (0,4 \times 1,0) \\ &= 0,2 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Penurunan Luas

$$\begin{aligned}&= (0,28 - 0,2) / 0,28 \times 100\% \\ &= 28,57\%\end{aligned}$$

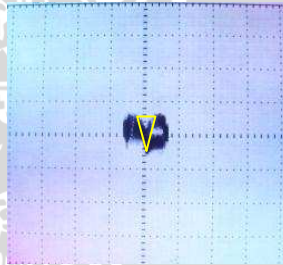


t = 5 menit

$$\begin{aligned}\text{Luas} &= \frac{1}{2} (a \times t) \\ &= \frac{1}{2} (0,4 \times 0,9) \\ &= 0,18 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Penurunan Luas

$$\begin{aligned}&= (0,28 - 0,18) / 0,28 \times 100\% \\ &= 35,71\%\end{aligned}$$



t = 6 menit

$$\begin{aligned}\text{Luas} &= \frac{1}{2} (a \times t) \\ &= \frac{1}{2} (0,4 \times 0,9) \\ &= 0,18 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Penurunan Luas

$$\begin{aligned}&= (0,28 - 0,18) / 0,28 \times 100\% \\ &= 35,71\%\end{aligned}$$

