

**HIDRASI  $\beta$ -KARIOFILENA DALAM MINYAK KENANGA  
MENGUNAKAN KATALIS ASAM SULFAT ( $H_2SO_4$ ) DAN  
UJI AKTIVITASNYA TERHADAP PERTUMBUHAN  
BAKTERI *Staphylococcus aureus***

**SKRIPSI**

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

oleh :

**AGUSTINA DWI WAHYUNI**  
**0410920005-92**



**JURUSAN KIMIA**  
**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**  
**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**  
**MALANG**  
**2009**

**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**

**HIDRASI  $\beta$ -KARIOFILENA DALAM MINYAK KENANGA  
MENGUNAKAN KATALIS ASAM SULFAT ( $H_2SO_4$ ) DAN  
UJI AKTIVITASNYA TERHADAP PERTUMBUHAN  
BAKTERI *Staphylococcus aureus***

oleh :  
**AGUSTINA DWI WAHYUNI**  
**0410920005-92**

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

**Pembimbing I**

**Dr. Rurini Retnowati, MSi.**  
**NIP. 19601209 198802 2 001**

**Pembimbing II**

**Arie Srihardyastutie S.Si., M.Kes.**  
**NIP. 19720326 200212 2 001**

**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 : AGUSTINA DWI WAHYUNI  
NIM : 0410920005-92  
Jurusan : KIMIA  
Penulis skripsi berjudul :

**HIDRASI  $\beta$ -KARIOFILENA DALAM MINYAK  
KENANGA MENGGUNAKAN KATALIS ASAM  
SULFAT ( $H_2SO_4$ ) DAN UJI AKTIVITASNYA  
TERHADAP PERTUMBUHAN BAKTERI  
*Staphylococcus aureus***

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Isi dari skripsi yan 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 jiplakan, maka saya akan bersedia menanggung segala resiko yang akan saya terima.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang, November 2009

Yang menyatakan,

(AGUSTINA DWI WAHYUNI)

NIM. 0410920005-92

**HIDRASI  $\beta$ -KARIOFILENA DALAM MINYAK KENANGA  
MENGUNAKAN KATALIS ASAM SULFAT ( $H_2SO_4$ ) DAN  
UJI AKTIVITASNYA TERHADAP PERTUMBUHAN  
BAKTERI *Staphylococcus aureus***

**ABSTRAK**

$\beta$ -Kariofilena sebagai penyusun terbesar minyak kenanga, dapat diubah menjadi senyawa alkoholnya yaitu kariofilen alkohol. Kariofilen alkohol bermanfaat sebagai parfum pada sabun dan kosmetik, dan mempunyai aktivitas antibakteri. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi konsentrasi katalis asam sulfat terhadap kadar kariofilen alkohol dalam minyak kenanga hasil hidrasi dan mengetahui aktivitasnya terhadap bakteri *S. aureus*. Perubahan komponen penyusun minyak kenanga hasil hidrasi akan mempengaruhi aktivitasnya sebagai antibakteri. Hidrasi dilakukan dengan mereaksikan 13 g minyak kenanga dan 2,3 mL  $H_2SO_4$  5 %, 10 %, 15 %, dengan penambahan 7 mL dietil eter. Analisis komponen penyusun minyak kenanga sebelum dan setelah hidrasi dilakukan menggunakan Kromatografi Gas (KG) dan Kromatografi Gas-Spektrometri Massa (KG-SM). Hasil analisis terhadap minyak kenanga hasil hidrasi diperoleh bahwa hidrasi dengan katalis asam 5 % dihasilkan kariofilen alkohol dengan rendemen 7,32 %, hidrasi dengan katalis asam 10 % dihasilkan kariofilen alkohol dengan rendemen 0,56 %, dan hidrasi dengan katalis asam 15 % dihasilkan kariofilen alkohol dengan rendemen 0,12 %. Penurunan konsentrasi katalis  $H_2SO_4$  mempengaruhi reaksi hidrasi yaitu semakin rendah konsentrasi katalis  $H_2SO_4$  akan meningkatkan kariofilen alkohol yang dihasilkan. Minyak kenanga hasil hidrasi menurunkan aktivitasnya sebagai antibakteri *S. aureus*.

# HYDRATION OF $\beta$ -CARYOPHYLLENE IN CANANGA OIL WITH CATALYST SULFURIC ACID ( $H_2SO_4$ ) AND ANTIBACTERIAL ACTIVITY TEST TO GROWTH ON *Staphylococcus aureus* BACTERIA

## ABSTRACT

$\beta$ -Caryophyllene as largest constituent cananga oil, can be converted to compounds of alcohol is caryophyllene alcohol. Caryophyllene alcohol useful as a perfume in soaps and cosmetics, and have antibacterial activity. The aims of this research was to study the influence of variations of sulfuric acid catalyst concentration to level of caryophyllene alcohol in cananga oil and to observe the antibacterial activity to *S.aureus*. The changes cananga oil constituent components of hydration affected the antibacterial activity. Hydration was done by reacting 13 g of cananga oil and 2.3 mL of 5 %, 10 %, 15 %  $H_2SO_4$ , with the addition of 7 mL of diethyl ether. The cananga oil components profile before and after hydration was characterized using Gas Chromatography (GC) and Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS) and cananga oil after hydration was investigated antibacterial activity using an agar disc diffusion method. The result showed that the yield of caryophyllene alcohol about 7,32 % for hydration reaction with 5 % acid catalyst, there is caryophyllene alcohol about 0,56 % for hydration reaction with 10 % acid catalyst, and there is 0,12 caryophyllene alcohol yielded in hydration reaction with 15 % acid catalyst. Decrease the concentration of  $H_2SO_4$  catalyst hydration reaction which affects the lower concentration of  $H_2SO_4$  catalyst will increase the caryophyllene alcohol produced. Cananga oil after hydration decrease the antibacterial activity of the *S. aureus*.

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Pengasih atas segala kasih karunia, dan penyertaan-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Hidrasi  $\beta$ -Kariofilena Dalam Minyak Kenanga Menggunakan Katalis Asam Sulfat ( $H_2SO_4$ ) Dan Uji Aktivitasnya Terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus*”**. Penulisan skripsi ini merupakan salah satu syarat kelulusan dalam memperoleh gelar Sarjana Sains dalam bidang kimia di Fakultas MIPA Universitas Brawijaya.

Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu selama penyusunan skripsi ini. Ungkapan terima kasih penulis sampaikan kepada :

1. Dr. Rurini Retnowati, M.Si. selaku dosen pembimbing I dan dosen penasehat akademik atas pengarahan, perhatian, tenaga, pikiran, kesabaran, dan segala sesuatu yang telah diberikan selama penyusunan skripsi ini dan selama masa studi.
2. Arie Srihardyastuti, S.Si, M.Kes. selaku dosen pembimbing II atas bimbingan dan kesabaran yang diberikan selama penyusunan skripsi ini.
3. Ulfa Andayani, S.Si, MSi, Drs. Budi Kamulyan, M.Sc, Dr. Sasangka P, MS, dan Dr. M. Misbah Khunur, MSi selaku dosen penguji, atas segala masukan dan saran yang diberikan untuk perbaikan naskah skripsi.
4. Ketua Jurusan Kimia Fakultas MIPA, semua dosen, dan staf pengajar serta semua karjawan Jurusan Kimia, atas semua bantuan yang diberikan.
5. Kedua orang tua dan keluarga penulis yang selalu mengiringi dengan doa, perhatian, dan kasih sayang serta dukungan hingga terselesainya skripsi ini.

Penulis juga menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, dengan kerendahan hati, penulis mengharap kritik dan saran yang membangun guna perbaikan dan penyempurnaan naskah skripsi ini sehingga dapat bermanfaat bagi kita semua.

Malang, November 2009

Penulis

## DAFTAR ISI

|   | Halaman    |
|---|------------|
| <b>HALAMAN JUDUL</b> .....                      | <b>i</b>   |
| <b>LEMBAR 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>ix</b>  |
| <b>DAFTAR TABEL</b> .....                       | <b>xi</b>  |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....                    | <b>xii</b> |
| <b>BAB I. PENDAHULUAN</b>                       |            |
| 1.1. Latar Belakang .....                       | 1          |
| 1.2. Rumusan Masalah .....                      | 3          |
| 1.3. Batasan Masalah .....                      | 3          |
| 1.4. Tujuan Penelitian .....                    | 3          |
| 1.5. Manfaat Penelitian .....                   | 4          |
| <b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA</b>                 |            |
| 2.1. Minyak Kenanga.....                        | 5          |
| 2.2. Reaksi Hidrasi Alkena .....                | 7          |
| 2.3. Asam Sebagai Katalis .....                 | 11         |
| 2.4. Zat Antibakteri .....                      | 12         |
| 2.5. Bakteri <i>Staphylococcus aureus</i> ..... | 13         |
| 2.6. Uji Antibakteri .....                      | 14         |
| 2.7. Kromatografi Gas-Spektroskopi Massa .....  | 15         |
| 2.8. Hipotesis .....                            | 17         |
| <b>BAB III. METODE PENELITIAN</b>               |            |
| 3.1. Waktu dan Tempat Penelitian .....          | 18         |
| 3.2. Alat dan Bahan Penelitian.....             | 18         |
| 3.2.1. Alat Penelitian.....                     | 18         |
| 3.2.2. Bahan Sampel .....                       | 18         |
| 3.2.3. Bakteri.....                             | 18         |
| 3.2.4. Bahan Kimia .....                        | 19         |
| 3.3. Tahapan Penelitian.....                    | 19         |

|            |   |    |
|------------|---|----|
| 3.4.       | Prosedur Penelitian.....  | 19 |
| 3.4.1.     | Pembebasan Moleku Air Dalam Minyak Kenanga dengan Menggunakan $MgSO_4 \cdot H_2O$ .....         | 19 |
| 3.4.2.     | Karakterisasi Minyak Kenanga .....  | 20 |
| 3.4.2.1.   | Penentuan Berat Jenis Minyak Kenanga.....   | 20 |
| 3.4.2.2.   | Analisis Minyak Kenanga Sebelum Dan Setelah Hidrasi Menggunakan KG dan KG-SM.....               | 20 |
| 3.4.2.2.1. | Analisis Minyak Kenanga Sebelum Dan Setelah Hidrasi Menggunakan KG.....                         | 20 |
| 3.4.2.2.2. | Analisis Minyak Kenanga Sebelum Dan Setelah Hidrasi Menggunakan KG-SM.....                      | 21 |
| 3.4.3.     | Hidrasi $\beta$ -Kariofilena Dalam Minyak Kenanga Menggunakan Katalis Asam Sulfat.....          | 21 |
| 3.4.4.     | Uji Aktivitas Minyak Kenanga Terhadap Bakteri <i>S. aureus</i> Sebelum Dan Setelah Hidrasi..... | 22 |
| 3.4.4.1.   | Pembuatan Media Padat.....  | 22 |
| 3.4.4.2.   | Peremajaan Biakan Murni <i>S. aureus</i> .....  | 22 |
| 3.4.4.3.   | Uji Antibakteri.....  | 22 |
| 3.4.5.     | Analisis Data.....  | 23 |

#### **BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**

|      |  |    |
|------|--|----|
| 4.1. | Pembebasan Minyak Kenanga Dari Molekul Air 24  |    |
| 4.2. | Karakterisasi Minyak Kenanga .....   | 24 |
| 4.3. | Hidrasi $\beta$ -Kariofilena Dalam Minyak Kenanga Menggunakan Katalis Asam Sulfat.....             | 39 |
| 4.4. | Analisis Minyak Kenanga Setelah Hidrasi Menggunakan KG dan KG-SM.....                              | 43 |
| 4.5. | Uji Aktivitas Minyak Kenanga Sebelum Dan Setelah Hidrasi Sebagai Antibakteri <i>S. aureus</i> .... | 57 |

#### **BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN**

|      |                 |    |
|------|-----------------|----|
| 5.1. | Kesimpulan..... | 58 |
| 5.2. | Saran.....      | 58 |

#### **DAFTAR PUSTAKA ..... 59**

#### **LAMPIRAN ..... 64**

## DAFTAR GAMBAR

|   | Halaman |
|---|---------|
| Gambar 2.1. Struktur komponen minyak kenanga .....  | 6       |
| Gambar 4.1. Kromatogram KG minyak kenanga .....   | 25      |
| Gambar 4.2. Kromatogram total ionik minyak kenanga.....   | 25      |
| Gambar 4.3. Pola fragmentasi geranil asetat .....   | 27      |
| Gambar 4.4. Pola fragmentasi $\beta$ -kariofilena.....  | 28      |
| Gambar 4.5. Pola fragmentasi kubebena .....   | 29      |
| Gambar 4.6. Pola fragmentasi humulena.....  | 30      |
| Gambar 4.7. Pola fragmentasi kopaena .....  | 31      |
| Gambar 4.8. Pola fragmentasi germakrena.....  | 32      |
| Gambar 4.9. Pola fragmentasi farnesena .....  | 33      |
| Gambar 4.10. Pola fragmentasi amorfena .....  | 34      |
| Gambar 4.11. Pola fragmentasi $\delta$ -kadinena.....   | 35      |
| Gambar 4.12. Pola fragmentasi $\delta$ -kadinol .....   | 36      |
| Gambar 4.13. Pola fragmentasi $\alpha$ -kadnol.....   | 37      |
| Gambar 4.14. Mekanisme reaksi hidrasi $\beta$ -kariofilena.....   | 41      |
| Gambar 4.15. Kromatogram KG minyak kenanga hasil hidrasi<br>dengan katalis $H_2SO_4$ 5 %.....           | 43      |
| Gambar 4.16. Kromatogram KG minyak kenanga hasil hidrasi<br>dengan katalis $H_2SO_4$ 10 %.....          | 43      |
| Gambar 4.17. Kromatogram KG minyak kenanga hasil hidrasi<br>dengan katalis $H_2SO_4$ 15 %.....          | 44      |
| Gambar 4.18. Kromatogram total ionik minyak kenanga hasil<br>hidrasi dengan katalis $H_2SO_4$ 10 %..... | 45      |
| Gambar 4.19. Pola fragmentasi kalarena.....   | 46      |
| Gambar 4.20. Pola fragmentasi selinena .....  | 47      |
| Gambar 4.21. Pola fragmentasi alloaromadendrena.....  | 48      |
| Gambar 4.22. Pola fragmentasi $\alpha$ -gurjunena .....   | 49      |
| Gambar 4.23. Pola fragmentasi palustrol.....  | 50      |
| Gambar 4.24. Pola fragmentasi $\alpha$ -kariofilen alkohol.....   | 51      |
| Gambar 4.25. Penataan ulang $\beta$ -kariofilena menjadi kalarena .....                                 | 55      |
| Gambar 4.26. Penataan ulang $\beta$ -kariofilena menjadi selinena.....                                  | 55      |
| Gambar 4.27. Penataan ulang $\beta$ -kariofilena menjadi<br>alloaromadendrena.....                      | 56      |

|  |    |
|--|----|
| Gambar 4.28. Penataan ulang $\beta$ -kariofilena menjadi $\alpha$ -gurjunena ..... | 56 |
| Gambar 4.29. Reaksi hidrasi $\alpha$ -kadinol.....                                 | 56 |
| Gambar 4.30. Reaksi hidrasi $\delta$ -kadinol.....                                 | 57 |
| Gambar 4.31. Reaksi hidrasi alloaromadendrena menjadi palustrol .....              | 57 |

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



## DAFTAR TABEL

Halaman

|            |  |    |
|------------|--|----|
| Tabel 2.1. | Standar mutu minyak kenanga yang ditetapkan SNI .....  | 5  |
| Tabel 2.2. | Standar mutu minyak kenanga yang ditetapkan EOA.....   | 6  |
| Tabel 4.1. | Data waktu retensi dan % area kromatogram KG-SM serta jenis penyusun minyak kenanga .....  | 38 |
| Tabel 4.2. | Profil puncak kromatografi senyawa penyusun minyak kenanga dengan menggunakan KG dan KG-SM .....                                     | 39 |
| Tabel 4.3. | Parameter fisik minyak kenanga hasil hidrasi .....   | 42 |
| Tabel 4.4. | Data waktu retensi dan % area kromatogram KG-SM serta jenis penyusun minyak kenanga hasil hidrasi dengan perbandingan 10 % .....     | 51 |
| Tabel 4.5. | Data komponen penyusun minyak kenanga hasil hidrasi katalis H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 10 % dalam kromatogram KG dan KG-SM ..... | 52 |
| Tabel 4.6. | Data komponen penyusun minyak kenanga sebelum dan setelah hidrasi.....   | 54 |
| Tabel 4.7. | Data daya hambat minyak kenanga sebelum dan setelah hidrasi terhadap bakteri <i>S. aureus</i> .....                                  | 58 |

## DAFTAR LAMPIRAN

|  | Halaman |
|--|---------|
| Lampiran 1. Diagram Alir Tahapan Penelitian .....  | 64      |
| Lampiran 2. Skema Kerja Secara Umum .....  | 65      |
| L.2.1. Preparasi $MgSO_4 \cdot H_2O$ .....   | 65      |
| L.2.2. Pembebasan Minyak Kenanga dari Molekul Air dengan $MgSO_4 \cdot H_2O$ .....                                     | 65      |
| L.2.3. Analisis Minyak Kenanga Sebelum dan Setelah Hidrasi dengan menggunakan KG.....                                  | 66      |
| L.2.4. Analisis Minyak Kenanga Sebelum dan Setelah Hidrasi dengan menggunakan KG-SM.....                               | 66      |
| L.2.5. Hidrasi $\beta$ -kariofilena dalam Minyak Kenanga dengan Variasi Kosentrasi Katalis $H_2SO_4$ 5%, 10%, 15%..... | 64      |
| L.2.6. Uji Antibakteri Minyak Kenanga Sebelum dan Setelah Hidrasi.....   | 68      |
| L.2.6.1. Pembuatan Media Padat.....  | 68      |
| L.2.6.2. Peremajaan Biakan Murni.....  | 68      |
| L.2.6.3. Pembuatan Larutan Bakteri <i>S. aureus</i> $10^6$ sel/mL .....  | 69      |
| L.2.6.4. Pembuatan Nutrient Agar Plate.....  | 69      |
| L.2.6.5. Uji Antibakteri dengan Metode Difusi Cakram.....  | 69      |
| Lampiran 3. Perhitungan .....  | 70      |
| L.3.1. Data Preparasi $MgSO_4$ .....   | 70      |
| L.3.1.1. Tabel Penimbangan $MgSO_4$ hingga diperoleh Berat Konstan .....   | 70      |
| L.3.1.2. Perhitungan Molekul Hidrat yang Hilang Setelah Preparasi.....   | 70      |
| L.3.2. Perhitungan Mol $\beta$ -kariofilena dalam Minyak Kenanga .....   | 71      |
| L.3.3. Perhitungan Berat Jenis Minyak Kenanga Sebelum Hidrasi .....  | 71      |
| L.3.4. Perhitungan Berat Jenis Minyak Kenanga Setelah Hidrasi .....  | 72      |
| L.3.4.1. Perhitungan Berat Jenis Minyak Kenanga Hasil Hidrasi dengan Katalis $H_2SO_4$ 15 %.....                       | 72      |
| L.3.4.2. Perhitungan Berat Jenis Minyak Kenanga Hasil Hidrasi dengan Katalis $H_2SO_4$ 10 %.....                       | 72      |

|             |   |    |
|-------------|---|----|
| L.3.4.3.    | Perhitungan Berat Jenis Minyak Kenanga Hasil Hidrasi dengan Katalis $H_2SO_4$ 5 % .....                                   | 73 |
| L.3.5.      | Perhitungan Rendemen Minyak Kenanga Hasil Hidrasi .....   | 73 |
| L.3.5.1.    | Perhitungan Rendemen Minyak Kenanga Hasil Hidrasi dengan Katalis $H_2SO_4$ 15 % .....                                     | 73 |
| L.3.5.2.    | Perhitungan Rendemen Minyak Kenanga Hasil Hidrasi dengan Katalis $H_2SO_4$ 10 % .....                                     | 73 |
| L.3.5.3.    | Perhitungan Rendemen Minyak Kenanga Hasil Hidrasi dengan Katalis $H_2SO_4$ 5 % .....                                      | 74 |
| L.3.6.      | Perhitungan Rendemen $\alpha$ -Kariofilena Alkohol dalam Minyak Kenanga Hasil Hidrasi .....                               | 74 |
| L.3.6.1.    | Perhitungan Rendemen $\alpha$ -Kariofilena Alkohol dalam Minyak Kenanga Hasil Hidrasi dengan Katalis $H_2SO_4$ 15 % ..... | 74 |
| L.3.6.2.    | Perhitungan Rendemen $\alpha$ -Kariofilena Alkohol dalam Minyak Kenanga Hasil Hidrasi dengan Katalis $H_2SO_4$ 10 % ..... | 75 |
| L.3.6.3.    | Perhitungan Rendemen $\alpha$ -Kariofilena Alkohol dalam Minyak Kenanga Hasil Hidrasi dengan Katalis $H_2SO_4$ 5 % .....  | 75 |
| L.3.7.      | Perhitungan mol katalis $H_2SO_4$ .....   | 76 |
| L.3.7.1.    | Perhitungan mol katalis $H_2SO_4$ 5 % dan mol $H_2O$ .....  | 76 |
| L.3.7.2.    | Perhitungan mol katalis $H_2SO_4$ 10 % dan mol $H_2O$ .....   | 77 |
| L.3.7.3.    | Perhitungan mol katalis $H_2SO_4$ 15 % dan mol $H_2O$ .....   | 77 |
| Lampiran 4. | Data waktu retensi dan %area kromatogram.....   | 79 |
| L.4.1.      | Data waktu retensi dan % area kromatogram KG minyak kenanga .....   | 79 |
| L.4.2.      | Data waktu retensi dan % area kromatogram total ionik minyak kenanga .....  | 79 |
| L.4.3.      | Data % area komponen kromatogram minyak kenanga hasil hidrasi dengan katalis $H_2SO_4$ 5%, 10%, dan 15% .....             | 80 |
| L.4.4.      | Data waktu retensi dan % area kromatogram total ionik minyak kenanga hasil hidrasi dengan katalis $H_2SO_4$ 10% .....     | 81 |
| Lampiran 5. | Daftar Pustaka Wiley7 .....   | 82 |
| L.5.1.      | Pustaka Senyawa geranil asetat.....   | 82 |
| L.5.2.      | Pustaka Senyawa $\beta$ -kariofilena .....  | 82 |

|             |  |    |
|-------------|--|----|
| L.5.3.      | Pustaka Senyawa humulena .....   | 82 |
| L.5.4.      | Pustaka Senyawa kopaena.....   | 83 |
| L.5.5.      | Pustaka Senyawa germakrena .....   | 83 |
| L.5.6.      | Pustaka Senyawa farnesena.....   | 83 |
| L.5.7.      | Pustaka Senyawa amorfena .....   | 84 |
| L.5.8.      | Pustaka Senyawa $\delta$ -kadinena .....                                   | 84 |
| L.5.9.      | Pustaka Senyawa $\delta$ -kadinol.....                                     | 84 |
| L.5.10.     | Pustaka Senyawa $\alpha$ -kadinol.....                                     | 85 |
| L.5.11.     | Pustaka Senyawa benzil benzoat.....  | 85 |
| Lampiran 6. | Foto.....  | 86 |
| L.6.1.      | Foto Minyak Kenanga Sebelum Hidrasi .....                                  | 86 |
| L.6.2.      | Foto Minyak Kenanga Setelah Hidrasi.....                                   | 86 |
| L.6.3.      | Foto Hasil Uji Antibakteri Minyak Kenanga Sebelum dan Setelah Hidrasi..... | 87 |



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara penghasil minyak atsiri yang cukup penting di dunia, terutama pada beberapa komoditas minyak atsiri yang menguasai pangsa pasar dunia. Di antara berbagai jenis minyak atsiri yang ada di Indonesia, minyak kenanga merupakan komoditas minyak atsiri yang berkualitas tinggi. Ekspor minyak kenanga dari Indonesia mencapai volume 50 ton tiap tahun dan merupakan pemasok minyak kenanga terbesar di dunia (Ketaren, 1985).

Minyak kenanga merupakan minyak yang diperoleh dengan cara distilasi bunga kenanga. Minyak kenanga banyak digunakan dalam industri parfum, kosmetik, dan farmasi. Minyak kenanga yang digunakan dalam bidang farmasi memberikan efek tonik, antidepresan, antiinfeksi, stimulan dan antibakteri (Anonim, 2009).

Antibakteri merupakan zat yang dapat menghambat pertumbuhan dan metabolisme bakteri (Ajizah, 2004). Berdasarkan penelitian Hammer, *et al.* (1999), minyak kenanga dapat menghambat pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus*. Bakteri *S. aureus* merupakan bakteri yang dapat menyebabkan bermacam-macam infeksi antara lain jerawat, bisul, infeksi pada folikel rambut dan kelenjar keringat, serta infeksi pada luka manusia dan hewan (Levinson dan Jawetz, 2000). Selain itu, bakteri ini sering digunakan untuk mengetahui adanya aktivitas antibakteri dari ekstrak tanaman (Nadzifah, 2006). Kemampuan minyak kenanga sebagai antibakteri diduga salah satunya disebabkan adanya senyawa  $\beta$ -kariofilena.

$\beta$ -Kariofilena merupakan komponen utama dari minyak kenanga yaitu sebesar 15-22% (Anonim, 2008).  $\beta$ -kariofilena adalah senyawa alkena seskiterpenoid yang mempunyai rumus molekul  $C_{15}H_{24}$  dan massa sebesar 204,36 g/mol. Menurut Hata, *et al.* (1991),  $\beta$ -kariofilena merupakan salah satu bahan aktif yang dapat menghilangkan jerawat, karena dapat menghambat pertumbuhan bakteri bahkan dapat membunuh bakteri patogen penyebab jerawat.

Menurut Pelczar dan Chan (1988), alkohol merupakan zat yang paling efektif dalam menghambat pertumbuhan bakteri. Alkohol

dapat mendenaturasi protein, sehingga dapat memberikan aktivitas antibakteri. Perubahan senyawa alkena menjadi senyawa alkohol diharapkan dapat meningkatkan aktivitas antibakteri. Senyawa alkohol yang dihasilkan dari senyawa  $\beta$ -kariofilena adalah kariofilen alkohol. Pembentukan senyawa alkohol dari senyawa alkena dapat dilakukan melalui beberapa metode, antara lain reaksi hidroborasi, reaksi oksimerkurasi, dan reaksi hidrasi katalis asam. Reaksi oksimerkurasi merupakan reaksi pembentukan senyawa alkohol dengan pembentukan intermediet ion mekurinium. Berdasarkan penelitian Pentegova, *et al.*, (1983) reaksi oksimerkurasi terhadap senyawa  $\beta$ -kariofilena akan menghasilkan senyawa  $\beta$ -panasinsena. Reaksi hidroborasi adalah reaksi alkena dengan  $BH_3$  dalam larutan peroksida menghasilkan senyawa alkohol. Reaksi hidroborasi mengikuti aturan anti Markovnikov dengan gugus hidroksi ( $OH^-$ ) terikat pada karbon yang kurang tersubstitusi, sedangkan senyawa kariofilen alkohol merupakan senyawa dengan gugus hidroksinya terikat pada karbon yang lebih tersubstitusi. Oleh sebab itu, pada penelitian ini dilakukan reaksi hidrasi dengan menggunakan katalis asam. Reaksi hidrasi merupakan reaksi adisi elektrofilik yang mengikuti aturan Markovnikov. Hasil reaksi hidrasi senyawa  $\beta$ -kariofilena adalah kariofilen alkohol (Liu, 1997).

Reaksi hidrasi adalah suatu reaksi penambahan molekul  $H_2O$  pada alkena dengan menggunakan katalis asam yang menghasilkan suatu senyawa alkohol. Hidrogen dari asam ( $H^+$ ) yang bertindak sebagai elektrofil memprotonasi ikatan rangkap dan berikatan dengan atom karbon yang mengikat atom hidrogen lebih banyak, membentuk suatu karbokation. Kemudian terjadi adisi nukleofil yaitu molekul  $H_2O$ , dan pelepasan proton sehingga diperoleh senyawa alkohol (Wade, 1991). Asam kuat yang umum digunakan sebagai katalis adalah asam sulfat ( $H_2SO_4$ ). Namun, asam fosfat ( $H_3PO_4$ ) juga dapat digunakan sebagai katalis pada reaksi hidrasi (Fessenden dan Fessenden, 1999). Berdasarkan kesetimbangan asam-basa Brønsted-Lowry, katalis asam berupa  $H_2SO_4$  dan  $H_3PO_4$  mempunyai kekuatan asam yang berbeda. Kekuatan asam dari asam sulfat lebih besar dibanding dengan kekuatan asam dari asam fosfat. Hal ini dapat ditinjau dari nilai  $K_a$  yang dimiliki oleh masing-masing asam. Nilai  $K_a$  merupakan suatu nilai tetapan ionisasi yang menyatakan tetapan kesetimbangan dari suatu proses ionisasi asam

ketika berada dalam air (Petrucci, 1992). Oleh karena itu, makin besar nilai  $K_a$  dari suatu asam, maka kekuatan asam menjadi makin besar pula karena ionisasi asam yang menghasilkan ion  $H^+$  juga makin besar. Asam dengan kekuatan asam besar akan mampu menghidrasi lebih kuat. Keberadaan suatu pelarut polar dalam reaksi hidrasi, akan membantu proses solvasi karbokation. Pelarut polar yang mempunyai harga konstanta dielektrikum sangat tinggi adalah air ( $\epsilon^0 = 78$ ). Namun, pada penelitian ini pelarut yang digunakan dalam reaksi hidrasi  $\beta$ -kariofilena adalah pelarut yang mempunyai konstanta dielektrikum jauh lebih rendah daripada air yaitu dietil eter ( $\epsilon^0 = 4,34$ ) (Smith, 2002). Tidak digunakan air sebagai pelarut dalam reaksi hidrasi karena minyak kenanga tidak dapat larut dalam air, tetapi dapat larut dalam pelarut organik seperti dietil eter. Adanya pelarut dietil eter dalam reaksi hidrasi ini tidak mempengaruhi kekuatan asam dari asam sulfat.

Pada penelitian ini akan dilakukan variasi konsentrasi katalis asam dengan menggunakan  $H_2SO_4$ . Konsentrasi asam dalam reaksi hidrasi menunjukkan besarnya jumlah molekul air. Molekul air ( $H_2O$ ) merupakan reaktan dalam reaksi hidrasi. Adanya variasi konsentrasi katalis  $H_2SO_4$  menyebabkan adanya perbedaan konsentrasi reaktan dalam reaksi hidrasi. Secara stoikiometri, variasi konsentrasi reaktan dapat mempengaruhi kadar alkohol yang dihasilkan.

Berdasarkan uraian di atas, maka perlu dilakukan penelitian tentang reaksi hidrasi  $\beta$ -kariofilena dalam minyak kenanga dengan variasi konsentrasi katalis asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) dan pengaruhnya terhadap pertumbuhan bakteri *S. aureus*.

## 1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh variasi konsentrasi katalis  $H_2SO_4$  terhadap kadar kariofilen alkohol hasil hidrasi  $\beta$ -kariofilena ?
2. Bagaimana pengaruh variasi konsentrasi katalis  $H_2SO_4$  pada reaksi hidrasi  $\beta$ -kariofilena terhadap perubahan komponen minyak kenanga hasil hidrasi ?
3. Bagaimana pengaruh sebelum dan setelah reaksi hidrasi  $\beta$ -kariofilena dalam minyak kenanga terhadap pertumbuhan bakteri *S. aureus* ?

### 1.3 Batasan Masalah

1. Minyak kenanga yang digunakan adalah minyak kenanga perdagangan yang berasal dari Blitar.
2. Analisis komposisi minyak kenanga sebelum dan setelah reaksi hidrasi menggunakan Kromatografi Gas-Spektrometri Massa (KG-SM).
3. Penentuan komponen penyusun minyak kenanga dilakukan berdasarkan spektrum massa hasil analisis menggunakan KG-SM.
4. Bakteri *S. aureus* diperoleh dari Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Kedokteran Universitas Brawijaya.
5. Uji antimikroba dilakukan secara *in vitro* menggunakan metode difusi cakram.

### 1.4 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui pengaruh variasi konsentrasi katalis  $H_2SO_4$  terhadap kadar kariofilen alkohol hasil hidrasi  $\beta$ -kariofilena.
2. Mengetahui pengaruh variasi konsentrasi katalis  $H_2SO_4$  pada reaksi hidrasi  $\beta$ -kariofilena terhadap perubahan komponen minyak kenanga hasil hidrasi.
3. Mengetahui pengaruh sebelum dan setelah reaksi hidrasi  $\beta$ -kariofilena dalam minyak kenanga terhadap pertumbuhan bakteri *S. aureus*.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Berdasarkan hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah mengenai reaksi hidrasi  $\beta$ -kariofilena menjadi kariofilen alkohol yang dapat digunakan sebagai bahan antibakteri sehingga dapat diaplikasikan sebagai bahan antijerawat.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Minyak Kenanga

Minyak kenanga merupakan minyak atsiri yang diperoleh dari distilasi uap dan distilasi air dan uap bunga kenanga. Minyak kenanga dapat digunakan dalam industri parfum, kosmetik, dan dapat digunakan sebagai aromaterapi. Selain itu, minyak kenanga bersifat menyeimbangkan minyak di kulit, mengobati sesak nafas, memperkuat dan merangsang pertumbuhan rambut, serta mempunyai aktivitas antibakteri (Nurdjanah, 2007).

Minyak kenanga memiliki aktivitas antibakteri terhadap 25 jenis bakteri dan jamur yang bersifat patogen dan dapat meracuni makanan (Baratta, *et al.*, 1998). Berdasarkan penelitian Hammer, *et al.* (1999), minyak kenanga (*cananga oil*) dapat menghambat pertumbuhan beberapa bakteri, diantaranya yaitu *S. aureus* dan *E. coli*. Minyak kenanga mempunyai nilai KHM (Konsentrasi Hambat Minimum) sebesar 0-1% terhadap bakteri *S. aureus*. Pada konsentrasi lebih besar dari 4 % dapat membunuh atau mematikan bakteri tersebut.

Standar mutu minyak kenanga berbeda setiap negara produsen. Standar mutu minyak kenanga yang ditetapkan oleh SNI (Standar Nasional Indonesia) ialah (Marwati, 2005):

Tabel 2.1 Standar mutu minyak kenanga yang ditetapkan SNI

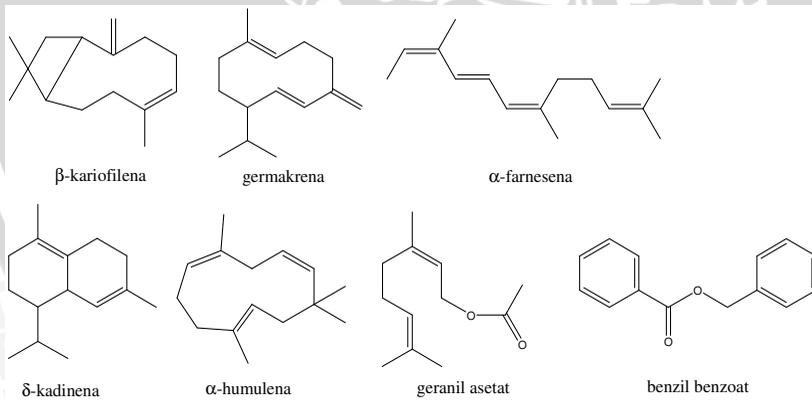
| Parameter                    | Keterangan       |
|------------------------------|------------------|
| Warna                        | Kuning tua       |
| Berat jenis (25 °C)          | 0,906-0,920 g/mL |
| Indeks bias (20 °C)          | 1,495-1,504      |
| Putaran optik                | (-15) - (-30)    |
| Kelarutan dalam alkohol 95 % | 1 : 1,5 jernih   |
| Bilangan ester               | 15-35            |

Standar mutu minyak kenanga yang ditetapkan oleh EOA (*Essential Oil Association*) ialah (Harris, 1987):

Tabel 2.2 Standar mutu minyak kenanga yang ditetapkan EOA

| Karakteristik               | Nilai   |
|-----------------------------|---|
| Warna, bau, dan penampilan  | Cairan berwarna kuning muda sampai kuning tua; bau tajam menusuk hidung |
| BJ (25 °C)                  | 0,904 – 0.920 g/mL  |
| Indeks bias 20 °C           | 1,4950 – 1,5050   |
| Putaran optik               | -15 s/d -30   |
| Bilangan penyabunan         | 10 – 40   |
| Kelarutan dalam alkohol 95% | 1:0,5<br>seterusnya keruh   |

Minyak kenanga mempunyai beberapa komponen penyusun senyawa kimia antara lain  $\beta$ -kariofilena (15-22%), germakrena (15-20%),  $\alpha$ -farnesena (6-17%),  $\delta$ -kadinena (6-17%),  $\alpha$ -humulena (5-15%), geranil asetat (5-10%), dan benzil benzoat (5-12%) (Anonim, 2008). Struktur dari senyawa-senyawa kimia penyusun minyak kenanga disajikan pada Gambar 2.1 :



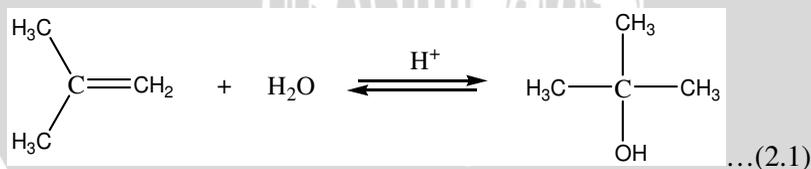
Gambar 2.1 Struktur komponen minyak kenanga

$\beta$ -kariofilena adalah komponen penyusun terbesar minyak kenanga yaitu 15-22% dan merupakan senyawa alkena seskuiterpenoid.  $\beta$ -kariofilena mempunyai rumus molekul  $C_{15}H_{24}$ , dan massa sebesar 204,36 g/mol.  $\beta$ -kariofilena berfungsi sebagai bahan parfum pada sabun dan kosmetik. Selain itu,  $\beta$ -kariofilena juga berfungsi sebagai regulator pertumbuhan tanaman dan mempunyai aktivitas antibakteri (Lenny, 2006). Vieira, *et al.*, (2009) melakukan penelitian terhadap aktivitas antibakteri beberapa senyawa seskuiterpenoid menunjukkan bahwa  $\beta$ -kariofilena dapat menghambat pertumbuhan bakteri *S. aureus*. Berdasarkan penelitian Bougatsos, *et al.* (2004),  $\beta$ -kariofilena dapat menghambat pertumbuhan bakteri *S. aureus*, *S. epidermis*, *P. aeruginosa*, *E. cloacae*, *K. pneumoniae*, *E. coli*, *C. albicans*, *C. tropicalis*, dan *C. glabrata*.

## 2.2 Reaksi Hidrasi Alkena

Reaksi hidrasi adalah reaksi adisi molekul air ( $H_2O$ ) terhadap ikatan rangkap dari suatu alkena yang menghasilkan senyawa alkohol (Carey, 2003). Reaksi pembentukan senyawa alkohol dari senyawa alkena dapat dilakukan melalui beberapa metode, antara lain (Wade, 1991) :

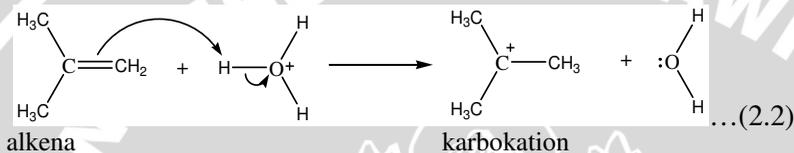
2.2.1 Reaksi hidrasi katalis asam merupakan reaksi yang melibatkan pembentukan intermediet karbokation. Anion hidroksida akan terikat ke karbokation yang paling stabil. Secara sederhana, reaksi hidrasi katalis asam dapat ditunjukkan pada persamaan (2.1) :



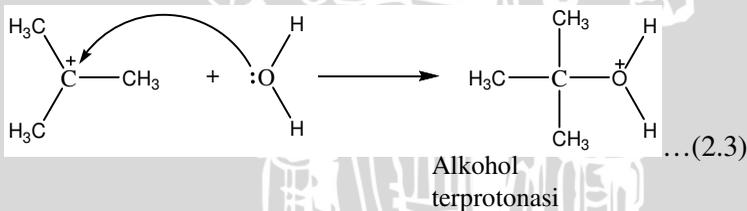
Mekanisme reaksi hidrasi katalis asam terdiri dari 3 tahap yaitu reaksi adisi proton terhadap alkena, reaksi antara intermediet karbokation dengan molekul air, dan reaksi pelepasan proton dengan menghasilkan senyawa alkohol (Svoboda, *et al.*, 2005).

Tahapan mekanisme reaksi hidrasi adalah sebagai berikut :

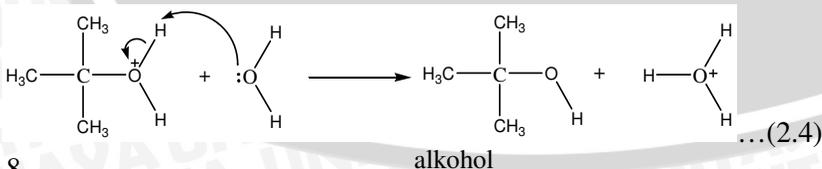
- a). Tahap 1 : Pada saat katalis asam dilarutkan atau terdisosiasi dalam air akan menghasilkan proton terlarut ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ). Ikatan rangkap pada alkena terprotonasi oleh proton ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ). Alkena yang terprotonasi akan membentuk suatu karbokation dan lepasnya proton akan menghasilkan suatu nukleofil berupa molekul air ( $\text{H}_2\text{O}$ ), seperti yang digambarkan pada persamaan reaksi (2.2) :



- b). Tahap 2 : Pasangan elektron bebas dari atom oksigen pada molekul  $\text{H}_2\text{O}$  akan berikatan dengan karbokation molekul  $\text{H}_2\text{O}$  (bertindak sebagai nukleofil terhadap karbokation). Hasil yang diperoleh adalah alkohol terprotonasi, seperti yang ditunjukkan pada persamaan reaksi (2.3) :

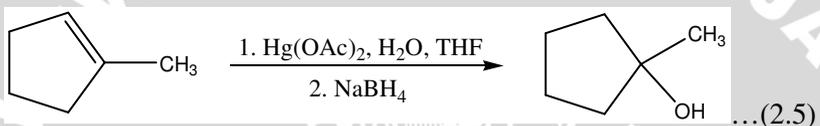


- c). Tahap 3 : Proton dari alkohol terprotonasi mengalami pelepasan, sehingga diperoleh kembali katalis asam yang digunakan pada tahap pertama, seperti yang ditunjukkan pada persamaan reaksi (2.4) :



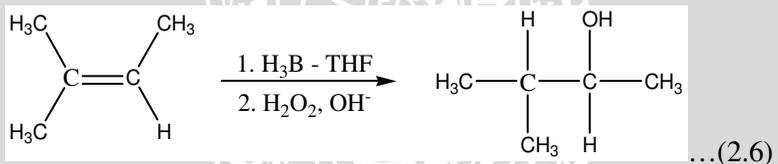
2.2.2 Reaksi oksimerkurasi alkena merupakan reaksi pembentukan senyawa alkohol yang meliputi pembentukan intermediet merkurinium. Pada alkena tidak simetris, karbon alkena yang membentuk karbokation paling stabil akan menghasilkan muatan yang lebih positif dan akan diserang oleh ion hidroksida (atau air) untuk menghasilkan intermediet. Pada tahap selanjutnya,  $\text{BH}_4^-$  digunakan untuk melepaskan merkuri dan memberikan produk akhir.

Contoh reaksi oksimerkurasi alkena dapat ditunjukkan pada persamaan (2.5) :



2.2.3 Reaksi hidroborasi alkena adalah reaksi alkena dengan  $\text{BH}_3$  menghasilkan *syn*-adisi boron dan hidrogen terhadap ikatan rangkap. Adanya 3 hidrida dalam  $\text{BH}_3$  dapat menyebabkan terbentuknya trialkil boran. Trialkil boran dalam larutan hidrogen peroksida akan menghasilkan senyawa alkohol.

Contoh reaksi hidroborasi alkena dapat ditunjukkan pada persamaan (2.6) :



Reaksi hidrasi katalis asam merupakan reaksi adisi elektrofilik terhadap ikatan rangkap suatu alkena. Alkena yang mempunyai ikatan rangkap karbon-karbon kaya dengan elektron bertindak sebagai nukleofil sehingga dapat mendonorkan pasangan elektronnya ke suatu elektrofil. Reaksi adisi elektrofilik dimulai dengan serangan terhadap elektrofil oleh elektron pada ikatan  $\pi$  nukleofil. Dua elektron dari ikatan  $\pi$  membentuk ikatan  $\sigma$  baru antara elektrofil dan karbon. Reaksi adisi elektrofilik ini menghasilkan

intermediet berupa karbokation. Kemudian karbokation akan bertindak sebagai elektrofil yang akan menerima pasangan elektron dari nukleofil membentuk suatu produk (McMurry, 2004).

Orientasi reaksi adisi elektrofilik mengikuti hukum Markovnikov. Dasar kimia hukum Markovnikov yaitu pembentukan karbokation yang lebih stabil selama proses adisi. Hukum Markovnikov menyatakan bahwa dalam reaksi ionik terhadap alkena yang tidak simetris, karbon ikatan rangkap akan menyerang ion positif dari reagen yang ditambahkan dan menghasilkan karbokation yang lebih stabil sebagai intermediet. Produk utama dari reaksi adisi adalah karbokation yang lebih stabil (Anonim, 2009). Produk utama dari adisi HX (X merupakan beberapa atom yang lebih elektronegatif dibanding H) terhadap alkena yaitu atom hidrogen akan terikat pada karbon alkena yang kurang tersubstitusi dan X akan terikat pada karbon alkena yang lebih tersubstitusi (McMurry, 2004).

Faktor-faktor yang mempengaruhi reaksi hidrasi katalis asam adalah besarnya konsentrasi asam dan kestabilan karbokation. Konsentrasi asam dalam reaksi hidrasi menunjukkan besarnya aktivitas proton yang tersolvasi, jumlah molekul air, dan karbokation sebagai intermediet. Penentu laju reaksi hidrasi katalis asam yaitu kestabilan karbokation (Pytela, *et al.*, 2007).

Kestabilan karbokation dapat ditentukan berdasarkan besarnya energi yang digunakan dalam pembentukan karbokation melalui disosiasi alkil halida,  $R-X \rightarrow R^+ + X^-$ . Berdasarkan data yang diperoleh, alkil halida tersier lebih mudah menghasilkan karbokation dibanding alkil halida sekunder atau alkil halida primer. Oleh sebab itu, karbokation trisubstitusi lebih stabil daripada karbokation disubstitusi, dan karbokation disubstitusi lebih stabil dibandingkan karbokation monosubstitusi. Berdasarkan termodinamika, juga dapat dikatakan bahwa kestabilan karbokation akan meningkat dengan meningkatnya substitusi (McMurry, 2004).

karbokation tersier > karbokation sekunder > karbokation primer

Selain itu, kestabilan karbokation juga dipengaruhi oleh efek pelarut. Adanya pelarut polar memberikan peran yang penting karena dapat mensolvasi ion sehingga dapat meningkatkan kestabilan karbokation (Svoboda, *et al.*, 2005).

## 2.3 Asam sebagai Katalis

Katalis adalah senyawa yang berperan untuk mempercepat suatu reaksi. Suatu senyawa yang berfungsi sebagai katalis tidak mengalami perubahan atau terpakai oleh reaksi itu sendiri, artinya katalis berperan dalam reaksi tapi bukan sebagai reaktan ataupun produk (Clark, 2002).

Secara umum, semua katalis memiliki sifat yang sama, antara lain (Sukardjo, 1990) :

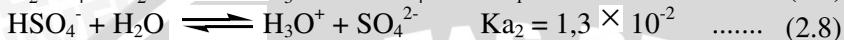
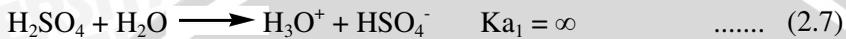
- 2.3.1 Katalis tidak berubah selama reaksi. Ada kemungkinan katalis ikut dalam reaksi tetapi setelah reaksi berakhir, katalis tersebut diperoleh kembali.
- 2.3.2 Katalis tidak mempengaruhi letak kesetimbangan dan besarnya tetapan kesetimbangan. Katalis hanya mempercepat reaksi dalam mencapai kesetimbangan.
- 2.3.3 Katalis tidak dapat mengawali suatu reaksi. Reaksi yang dikatalisis harus sudah berjalan meskipun sangat lambat.
- 2.3.4 Katalis yang diperlukan untuk mempercepat suatu reaksi biasanya hanya sedikit. Namun pada umumnya kuantitas katalis juga mempengaruhi kecepatan reaksi.

Peranan katalis asam dalam reaksi banyak ditemui pada beberapa teknik kinetika. Hal ini juga terdapat pada beberapa katalis asam. Istilah katalis asam spesifik digunakan jika kecepatan reaksi bergantung pada kesetimbangan protonasi reaktan (Ma'rufah, 2004).

Berdasarkan konsep Brønsted-Lowry tentang asam dan basa, suatu asam adalah zat yang dapat memberikan ion hidrogen yang bermuatan positif atau proton ( $H^+$ ). Sedangkan menurut konsep Lewis tentang asam dan basa, asam Lewis adalah zat yang dapat menerima sepasang elektron (Fessenden, 1999).

Asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) merupakan jenis asam diprotik karena jika dilarutkan dalam air akan mengalami dua kali ionisasi dan menghasilkan dua proton (Miller, 1990). Molekul asam sulfat ( $H_2SO_4$ ), terdiri dari 2 atom hidrogen, 1 atom sulfur, dan 4 atom oksigen. Asam sulfat merupakan cairan berminyak tidak berwarna yang kental dan korosif, serta merupakan agen pengoksidasi yang sangat kuat. Selain itu, asam sulfat mempunyai berat molekul 98,08 g/mol dan titik didih  $338\text{ }^\circ\text{C}$  (Sax, 1997).

Asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) merupakan jenis asam diprotik karena jika dilarutkan dalam air akan mengalami dua kali ionisasi dan menghasilkan dua proton. Reaksi ionisasi  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dalam air dapat dituliskan pada persamaan reaksi (2.7) dan (2.8) yang disertai dengan nilai  $K_a$  masing-masing ionisasi (Miller, 1990) :



## 2.4 Zat Antibakteri

Menurut Pelzcar dan Chan (1998), antibakteri adalah zat yang mengganggu pertumbuhan dan metabolisme bakteri. Gangguan ini dapat berupa penghambatan pertumbuhan bakteri (bakteriostatik) atau bahkan membunuh bakteri (bakterisida).

Pada umumnya kerusakan bakteri dapat dibagi atas 3 golongan, yaitu oksidasi, koagulasi (penggumpalan) protein, dan tegangan permukaan. Zat-zat organik seperti fenol, formaldehid, dan alkohol menyebabkan penggumpalan protein, yang mana protein merupakan konstituen dari protoplasma. Protein yang telah menggumpal tersebut, mengalami denaturasi (Dwidjoseputro, 1998).

Minyak atsiri atau komponennya dapat digunakan sebagai alternatif dalam usaha pencegahan infeksi dan intoksikasi yang disebabkan oleh bakteri. Melalui berbagai percobaan secara *in vitro* telah dibuktikan bahwa beberapa minyak atsiri dapat menghambat pertumbuhan bakteri, seperti minyak atsiri bunga kenanga, kulit jeruk, kulit lemon, daun serih, bunga lavender, daun dan ranting teh, lada hitam, cengkeh, nilam, serta cendana (Hammer, *et al.*, 1999).

Senyawa terpen, alkohol, aldehyd, dan keton merupakan senyawa yang mempunyai aktivitas antibakteri. Minyak hasil ekstrak tanaman yang mempunyai komponen penyusun senyawa terpen dapat menghambat beberapa macam bakteri, seperti *Pseudomonas aeruginosa* (Zwenger and Basu, 2008). Menurut John, *et al.* (2007), minyak yang berasal dari tanaman *Neoltsea foliosa* menunjukkan sifat antibakteri, yang memiliki komponen yaitu senyawa seskuioterpen seperti  $\beta$ -kariofilena.

Menurut Anthony, *et al.* (2007), adanya gugus alkena dapat meningkatkan aktivitas antibakteri karena sifat hidrofobik dari

senyawa tersebut, sehingga kemampuannya untuk menembus membran. Adanya senyawa-senyawa tersebut akan menyebabkan interaksi dengan fosfolipida sehingga fosfolipida tidak mampu melaksanakan fungsinya dengan baik dan akan mengalami kerusakan. Bila fosfolipida itu rusak dan tidak mampu mempertahankan bentuk membran sel maka membran sel menjadi bocor. Bocornya membran sel menyebabkan zat-zat yang diperlukan untuk metabolisme sel bakteri akan terbuang keluar dan dapat mencegah masuknya bahan-bahan makanan atau nutrisi yang diperlukan bakteri untuk menghasilkan energi, akibatnya bakteri akan mengalami hambatan pertumbuhan dan bahkan kematian.

Senyawa golongan alkohol dan fenol merupakan senyawa yang efektif membunuh bakteri. Mekanismenya berupa denaturasi protein, serta pelarutan senyawa lipid dalam sel bakteri (Tortora, *et al.*, 2002). Pada perusakan membran sel, ion  $H^+$  akan menyerang gugus polar (gugus fosfat) sehingga molekul fosfolipid akan terurai menjadi gliserol, asam karboksilat, dan asam fosfat. Hal ini mengakibatkan fosfolipid tidak mampu mempertahankan bentuk membran sel sehingga membran sel akan bocor dan bakteri akan mengalami hambatan pertumbuhan bahkan kematian (Gilman, *et al.*, 1991 dalam Noviana, 2004). Alkohol dikenal bersifat bakterisida dibandingkan bakteristatik dalam aktivitasnya melawan sel vegetatif. Terpenoid alkohol memiliki aktivitas terhadap mikroorganisme dan berpotensi sebagai pendenaturasi protein, pelarut, atau pendehidrasi (Dorman dan Deans, 2000).

## 2.5 Bakteri *Staphylococcus aureus*

Klasifikasi *S. aureus* menurut Bergey dalam Capuccino (1998) adalah :

|         |                                |
|---------|--------------------------------|
| Kingdom | : Monera                       |
| Divisio | : Firmicutes                   |
| Class   | : Bacilli                      |
| Order   | : Bacillales                   |
| Family  | : Staphylococcaceae            |
| Genus   | : Staphylococcus               |
| Species | : <i>Staphylococcus aureus</i> |

*S. aureus* adalah bakteri Gram positif, berbentuk bola dengan garis tengah sekitar 1 mm dan tersusun dalam kelompok – kelompok yang tidak beraturan. Pada biakan cair tampak juga kokus tunggal, berpasangan dan berbentuk rantai. *S. aureus* tidak bergerak, tidak membentuk spora dan dapat lisis oleh pengaruh obat-obat seperti penisilin (Jawetz dkk., 1966). *S. aureus* mati pada temperatur 60 °C setelah 60 menit (Entjang, 2001).

*S. aureus* tidak memiliki kapsul dan spora. Dinding sel mengandung dua komponen utama, yaitu peptidoglikan serta asam teikoat yang berikatan dengannya. *S. aureus* tumbuh lebih cepat dan lebih banyak dalam keadaan aerobik, mempunyai temperatur optimum 37 °C. Bakteri tersebut berasosiasi dengan kulit, kelenjar kulit dan selaput lendir hewan berdarah panas (Pelzcar dan Chan, 1988). *S. aureus* membentuk berbagai macam toksik dan hasil metabolisme yang lain. Bakteri *S. aureus* pada manusia menghasilkan eksotoksin, yaitu penyebab keracunan makanan. (Bonang dan Koeswardono, 1982).

Bakteri *S. aureus* dapat menimbulkan beberapa macam penyakit, diantaranya dapat menimbulkan infeksi bernanah dan abses, *S. aureus* juga dapat menyebabkan infeksi pada folikel rambut dan kelenjar keringat, bisul, infeksi pada luka, meningitis, endocarditis, pneumonia, pyelonephritis dan osteomyelitis (Levinson dan Jawetz, 2000).

## 2.6 Uji antibakteri

Aktivitas suatu bakteri terhadap antibakteri dapat diketahui dengan melakukan uji antibakteri. Menurut Edberg dan Berger (1986), terdapat 3 metode yang umum digunakan dalam uji antibakteri, yaitu metode dilusi kaldu, metode dilusi agar, dan metode difusi cakram. Difusi cakram merupakan metode uji yang paling sering digunakan untuk uji kerentanan antimikroba dan metode ini dirancang untuk organisme yang tumbuh cepat seperti *S. aureus*. Metode ini di uji dengan meletakkan cakram yang terbuat dari kertas saring yang sudah ditetesi dengan supernatan sampel pada permukaan medium yang sudah diinokulasi dan jarak antara cakram yang satu dengan lainnya tidak terlalu dekat dengan tepi cawan petri. Menginkubasi medium lempeng yang telah diberi perlakuan dalam inkubator pada temperatur 37 °C selama 24 jam. Setelah diinkubasi,

pertumbuhan bakteri diamati untuk melihat ada tidaknya daerah hambatan disekeliling cakram. (Harborne, 1987).

## 2.7 Kromatografi Gas-Spektroskopi Massa (KG-SM)

Kromatografi gas-spektrometri massa (KG-SM) merupakan metode gabungan kromatografi gas dan spektrometri massa yang umum digunakan untuk menentukan komponen kimia penyusun minyak atsiri (Handika, 1996).

Kromatografi gas merupakan teknik pemisahan suatu senyawa / komponen berdasarkan perbedaan distribusi molekul-molekul komponen diantara dua fasa yaitu fasa gerak dan fasa diam yang kepolarannya berbeda (Hendayana, 2006). Pada kromatografi gas fasa gerak yang menjadi pembawa adalah gas, umumnya merupakan gas inert seperti helium atau nitrogen, dan fasa diamnya adalah lapisan cairan dalam padatan inert pendukung yang terdapat dalam kolom. Kolom merupakan tempat terjadinya proses pemisahan campuran dalam sampel. Apabila molekul-molekul komponen berinteraksi secara lemah dengan fasa diam maka komponen tersebut akan bergerak lebih cepat meninggalkan fasa diam (Hendayana, 2006).

Spektrometri massa adalah teknik analisis yang digunakan untuk mengukur rasio massa terhadap muatan dari sebuah ion (Anonim, 2006). Pada dasarnya spektrometri massa adalah penguraian senyawa organik dan perekaman pola fragmentasi menurut massanya. Uap cuplikan berdifusi ke dalam sistem spektrometer massa yang bertekanan rendah, kemudian diionkan dengan energi yang cukup untuk memutus ikatan kimia. Ion bermuatan positif yang terbentuk dipercepat dalam medan magnet yang menyebarkan ion tersebut dan memungkinkan pengukuran kelimpahan relatif ion. Rekaman kelimpahan ion terhadap massa merupakan grafik spektrum massa yang terdiri atas sederetan garis yang intensitasnya berbeda-beda pada satuan massa yang berlainan (Harborne, 1987).

Molekul-molekul organik ditembak dengan berkas elektron dan diubah menjadi ion-ion bermuatan positif (ion molekul atau ion induk), yang dapat terfragmentasi menjadi ion-ion yang lebih kecil (ion-ion pecahan atau ion-ion anak). Lepasnya elektron dari molekul menghasilkan radikal kation ( $M \rightarrow M^+$ ). Ion molekul terfragmentasi menjadi sepasang pecahan atau fragmen berupa radikal dan ion, atau

molekul kecil netral dan radikal kation (Silverstein, *et al.*, 1986).

Ion-ion molekul, ion-ion pecahan dan ion-ion radikal pecahan dipisahkan oleh pembelokan dalam medan magnet yang dapat berubah sesuai dengan massa dan muatan, dan menimbulkan arus (arus ion) pada kolektor yang sebanding dengan limpahan relatif dan massa/muatan ( $m/z$ ) (Sastrohamidjojo, 2004). Suatu spektrum massa menyatakan massa-massa fragmen ion positif terhadap konsentrasi. Puncak tertinggi dari spektrum disebut puncak dasar yang dinyatakan dengan persentase puncak dasar (Silverstein, *et al.*, 1986).

Fragmentasi yang dapat dilakukan dengan gugus-gugus fungsional adalah (Sastrohamidjojo, 2004) :

### 2.7.1 Alkohol

Ion molekul dari alkohol primer dan sekunder sangat kecil, sedangkan untuk alkohol tersier tidak dapat dideteksi. Pemecahan ikatan C-C yang berdekatan dengan atom oksigen sering terjadi. Jadi alkohol primer menunjukkan puncak utama yang disebabkan oleh  $^+\text{CH}_2 - \text{OH}$  ( $m/z$  31). Alkohol sekunder dan alkohol tersier terfragmentasi dengan memberikan puncak utama yang dihasilkan dari  $^+\text{CHR} - \text{OH}$  ( $m/z$  45,59,73), dan  $^+\text{CRR} - \text{OH}$  ( $m/z$  59,73,87) masing-masing disebabkan oleh substituen yang paling besar terfragmentasi paling cepat, karena elektron tunggal dari radikal dapat distabilkan lebih cepat dalam rantai yang lebih panjang dengan penataan ulang atau dekomposisi lebih lanjut. Sebagai contoh, 1-pentanol ( $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$ ) dengan berat molekul 88 menghasilkan puncak  $\text{M}-\text{H}_2\text{O}$  ( $m/z$  70),  $\text{M}-\text{H}_2\text{O}+\text{CH}_3$  ( $m/z$  55),  $\text{M}-\text{H}_2\text{O}+\text{CH}_2=\text{CH}_2$  ( $m/z$  42), dan puncak  $^+\text{CH}_2\text{OH}$  ( $m/z$  31).

### 2.7.2 Ester

2.7.2.1 Ester alifatik menunjukkan puncak ion molekul dengan intensitas rendah pada  $m/z$  200, tetapi puncak-puncak lainnya muncul dengan intensitas tinggi. Puncak paling khas muncul sebagai akibat penyusunan ulang McLafferty serta pemecahan suatu ikatan terhadap gugus  $\text{C}=\text{O}$  yang ditunjukkan dengan munculnya puncak pada  $m/z$  74. Ester alkohol rantai panjang memberikan puncak khas pada  $m/z$

61, 75, atau 89 dari fragmentasi alkil serta perpindahan dua buah atom hidrogen ke daerah yang mengandung atom oksigen melalui 1,2 eliminasi. Sebagai contoh, Metil oktanoat ( $C_9H_{18}O_2$ ) dengan berat molekul 158 menghasilkan puncak  $M-OCH_3$  ( $m/z$  127),  $M-CH_2CH_2C(OCH_3)O^+$  ( $m/z$  87),  $CH_2=C(OCH_3)O^+H$  ( $m/z$  74), dan puncak  $H_3COC=O^+$  ( $m/z$  59).

2.7.2.2 Ester benzil dan fenil mempunyai puncak ion molekul hasil pemutusan suatu molekul netral ketena. Sebagai contoh adalah benzil benzoat yang mempunyai puncak yang intensitasnya cukup tinggi yaitu pada  $m/z$  43 ( $CH_3C\equiv O^+$ ) dan  $m/z$  91 ( $C_7H_7^+$ ).

### 2.7.3 Alkena (Olefin)

Letak ikatan rangkap pada olefin asiklik sulit dipastikan karena lebih mudah mengalami migrasi pemutusan ikatan. Pada olefin siklik (terutama polisiklik), pemutusan ikatan rangkapnya jelas karena besarnya kecenderungan pemutusan alil tanpa banyak terjadi migrasi ikatan rangkap. Konjugasi dengan gugus karbonil juga menunjukkan letak ikatan rangkap. Untuk olefin asiklik, dicirikan dengan adanya puncak-puncak dengan selisih 14 satuan. Misalnya, pada spektrum massa  $\beta$ -kariofilena (suatu terpena). Puncak pada  $m/z$  41, 55, dan 69 adalah sesuai dengan rumus  $C_nH_{2n-1}$  dengan  $n = 3, 4, \text{ dan } 5$ .

Karakterisasi komponen dilakukan dengan membandingkan spektra massa senyawa yang diperoleh dengan spektra massa yang terdapat dalam perpustakaan yang disimpan dalam komputer di spektrometer massa (Sastrohamidjojo, 2004).

## 2.8 Hipotesis

Senyawa kariofilen alkohol dihasilkan melalui reaksi hidrasi  $\beta$ -kariofilena dalam minyak kenanga menggunakan katalis  $H_2SO_4$ , sebagai donor proton ( $H^+$ ) untuk memprotonasi  $\beta$ -kariofilena. Senyawa kariofilen alkohol yang dihasilkan melalui reaksi hidrasi tersebut dapat mempengaruhi sifat aktivitas antibakteri dalam minyak kenanga.

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

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

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kimia Organik, Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, dan uji antibakteri di Laboratorium Mikrobiologi, Fakultas Kedokteran, Universitas Brawijaya Malang, pada bulan September-Desember 2008. Selain itu juga dilakukan analisis dengan Kromatografi Gas (KG) dan Kromatografi Gas-Spektrometer Massa (KG-SM) di Laboratorium Kimia Organik Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.

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

##### **3.2.1 Alat Penelitian**

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah seperangkat alat gelas laboratorium, seperangkat alat refluks, penangas air, rak tabung reaksi, cawan petri, penjepit, gunting, jarum inokulasi, penangas listrik, ose kawat, inkubator, autoklaf, dan penggaris, timbangan listrik, seperangkat alat Kromatografi Gas HP-5 dan seperangkat alat Kromatografi Gas-Spektrometer Massa Shimadzu QP2010S.

##### **3.2.2 Bahan Sampel Minyak Kenanga**

Bahan sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah minyak kenanga perdagangan hasil industri rakyat dari Kabupaten Blitar.

##### **3.2.3 Bahan Sampel Bakteri**

Bahan sample bakteri yang digunakan dalam penelitian ini adalah bakteri *S. aureus* yang diperoleh dari Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Kedokteran Universitas Brawijaya Malang.

### 3.2.4 Bahan Kimia

Bahan-bahan kimia yang digunakan dalam penelitian ini antara lain  $\text{H}_2\text{SO}_4$  95,6% (b/b) p.a,  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  p.a,  $\text{NaHCO}_3$  p.a, media Muller-Hinton agar, dan akuades.

### 3.3 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dirancang dalam beberapa tahapan, sebagai berikut :

1. Pelepasan molekul air dari minyak kenanga dengan menggunakan  $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  hasil preparasi
2. Penentuan berat jenis minyak kenanga sebelum hidrasi
3. Analisis minyak kenanga sebelum hidrasi menggunakan KG dan KG-SM
4. Hidrasi  $\beta$ -kariofilena dalam minyak kenanga dengan variasi konsentrasi katalis  $\text{H}_2\text{SO}_4$  5 %, 10 %, dan 15 %
5. Analisis minyak kenanga setelah hidrasi menggunakan KG dan KG-SM
6. Pembuatan media agar
7. Peremajaan biakan murni bakteri *S. aureus*
8. Pembuatan larutan bakteri *S. aureus*
9. Uji antibakteri
10. Analisis data

### 3.4 Prosedur Penelitian

#### 3.4.1 Pelepasan Molekul Air dari Minyak Kenanga dengan menggunakan $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ Hasil Preparasi

Pelepasan molekul air dari minyak kenanga dilakukan sebelum proses hidrasi. Minyak kenanga dimasukkan ke dalam gelas piala sebanyak 100 mL. Sejumlah  $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  ditimbang kemudian ditambahkan sedikit demi sedikit ke dalam minyak kenanga hingga  $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  menyerap seluruh molekul air yang ditandai dengan tidak terbentuknya lagi granul. Kemudian sisa  $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  ditimbang kembali sebagai berat akhir. Berat  $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  yang digunakan untuk mengeringkan minyak kenanga dapat diperoleh dari selisih berat awal  $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  dengan berat akhir setelah pemakaian.

### 3.4.2 Karakterisasi Minyak Kenanga

#### 3.4.2.1 Penentuan Berat Jenis Minyak Kenanga

Penentuan berat jenis minyak kenanga dilakukan dengan menggunakan piknometer 10 mL dan kemudian ditimbang dengan timbangan listrik. Piknometer kosong mula-mula ditimbang. Berat yang diperoleh merupakan berat awal dari piknometer. Kemudian, minyak kenanga yang bebas air, dimasukkan ke dalam piknometer hingga penuh dan ditimbang kembali. Berat yang diperoleh merupakan berat total piknometer dan minyak kenanga. Berat minyak kenanga dapat diperoleh dari selisih berat total piknometer dan minyak kenanga dengan berat piknometer awal. Sehingga berat jenis minyak kenanga dapat diperoleh dengan membagi berat minyak kenanga dengan volume minyak kenanga dalam piknometer yaitu 10 mL. Persamaan untuk mencari berat jenis yaitu :

$$B_j = \frac{\text{Berat minyak kenanga (g)}}{\text{Volume minyak kenanga (mL)}}$$

#### 3.4.2.2 Analisis Minyak Kenanga Sebelum dan Setelah Hidrasi menggunakan KG dan KG-SM

##### 3.4.2.2.1 Analisis Minyak Kenanga Sebelum dan Setelah Hidrasi menggunakan Kromatografi Gas (KG)

Minyak kenanga sebelum dan setelah hidrasi yang telah bebas dari molekul air, diinjeksikan sebanyak 0,2  $\mu$ L menggunakan syringe mikro melalui septum pada alat KG dengan spesifikasi dan kondisi sebagai berikut :

|                     |                                   |
|---------------------|-----------------------------------|
| Jenis kolom         | : HP-5 (5 % fenil metil siloksan) |
| Temperatur kolom    | : 100 °C – 280 °C (5 °C/menit)    |
| Temperatur injektor | : 280 °C                          |
| Temperatur detektor | : 280 °C                          |
| Initial time        | : 2 menit                         |
| Gas pembawa         | : He                              |
| Detektor            | : FTD                             |
| Jenis pengion       | : EI ( <i>Electron impact</i> )   |

Hasil yang diperoleh berupa kromatogram KG yang digunakan untuk menganalisis kuantitas komponen minyak kenanga sebelum dan setelah proses hidrasi.

#### **3.4.2.2.2 Analisis Minyak Kenanga Sebelum dan Setelah Hidrasi menggunakan Kromatografi Gas Spektrometer Massa (KG-SM)**

Minyak kenanga sebelum dan setelah adisi yang telah bebas molekul air, diinjeksikan sebanyak 0,2  $\mu\text{L}$  menggunakan syringe mikro melalui septum pada alat KG-SM dengan spesifikasi dan kondisi sebagai berikut :

|                     |   |
|---------------------|---|
| Tipe alat           | : Shimadzu QP2010S                        |
| Jenis kolom         | : Rtx-5MS ( dimetil difenil polisiloksan) |
| Temperatur kolom    | : 70 °C - 270 °C (9 °C/menit)             |
| Panjang kolom       | : 30 meter                                |
| Temperatur injektor | : 300 °C                                  |
| Temperatur detektor | : 300 °C                                  |
| Gas pembawa         | : He                                      |
| Jenis pengion       | : EI ( <i>Electron Impact</i> ) 70 eV     |

Hasil yang diperoleh berupa kromatogram total ionik dan spektrum massa. Kromatogram digunakan untuk menentukan kadar tiap komponen dan spektrum massa digunakan untuk menentukan struktur komponen penyusun minyak kenanga.

#### **3.4.3 Hidrasi $\beta$ -Kariofilena dalam Minyak Kenanga menggunakan Katalis Asam Sulfat**

Hidrasi  $\beta$ -kariofilena dalam minyak kenanga dengan menggunakan katalis  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dilakukan melalui proses refluks. Minyak kenanga sebanyak 13 g yang mengandung 0,0218 mol  $\beta$ -kariofilena dimasukkan ke dalam 3 buah labu alas bulat, kemudian ditambahkan dietil eter sebanyak 7 mL. Setelah itu, ditambahkan 2,3 mL katalis  $\text{H}_2\text{SO}_4$  5 %, 10 %, 15 % pada masing-masing labu. Campuran direfluks selama 4 jam pada temperatur 60 °C dengan menggunakan pemanas air. Setelah direfluks, campuran didinginkan pada temperatur ruang, kemudian dimasukkan ke dalam corong pisah

dan diekstraksi dengan 5 mL larutan  $\text{NaHCO}_3$  2 % untuk menghilangkan sisa-sisa asam. Kemudian fasa air dipisahkan dan diukur pH-nya dengan menggunakan kertas pH indikator. Proses ekstraksi dilakukan hingga fasa air bersifat netral. Setelah itu, fasa air dicuci dengan 5 mL akuades untuk menghilangkan sisa-sisa larutan  $\text{NaHCO}_3$  2 %. Fasa organik dipisahkan dari fasa air dan dikeringkan dengan  $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ . Dietil eter dalam fasa organik diuapkan dengan cara pengaliran gas  $\text{N}_2$ . Kemudian ditentukan berat jenis dan volume serta dianalisis menggunakan KG dan KG-SM.

#### **3.4.4 Uji Aktivitas Minyak Kenanga terhadap Bakteri *S. aureus* Sebelum dan Setelah Hidrasi**

##### **3.4.4.1 Pembuatan Media**

Sebanyak 2,1 g Muller-Hinton agar dilarutkan dalam 100 mL akuades dan dipanaskan hingga mendidih sambil terus diaduk. Larutan Muller-Hinton agar dimasukkan dalam tabung reaksi (masing-masing 10 mL untuk 8 tabung dan masing-masing 5 mL untuk 2 tabung) dan ditutup dengan kapas. Selanjutnya larutan Muller-Hinton agar dalam tabung disterilkan dengan *autoclave* selama 15 menit pada tekanan 15 Psi. Kemudian 2 tabung reaksi masing-masing berisi 5 mL diletakkan dalam posisi miring selama 24 jam pada temperatur ruang, sedangkan tabung reaksi yang berisi 10 mL larutan Muller-Hinton agar disimpan dalam lemari es.

##### **3.4.4.2 Peremajaan biakan murni *S. aureus***

Biakan murni *S. aureus* digoreskan secara aseptis dengan jarum ose pada media padat agar miring dan tabung media agar ditutup dengan kapas berlemak. Selanjutnya biakan *S. aureus* diinkubasi selama 48 jam pada temperatur 37 °C.

##### **3.4.4.3 Uji Antibakteri**

Metode difusi cakram digunakan untuk menentukan zona hambat dengan menggunakan kertas saring (*disc*) yang telah diberi minyak kenanga. Media padat yang telah dipanaskan hingga mencair, dituangkan dalam cawan petri steril, dan dibiarkan memadat. Setelah media memadat, bakteri *S. aureus* diusapkan

secara aseptis dengan lidi yang ujungnya diberi kapas steril. Kertas saring yang berbentuk cakram yang sebelumnya sudah dimasukkan ke dalam minyak kenanga dan minyak kenanga hasil hidrasi diletakkan pada permukaan media padat. Kemudian diinkubasi pada temperatur 37 °C selama 24 jam. Kontrol adalah biakan yang tidak diberi minyak kenanga, tetapi ditambahkan akuades steril sebagai pengganti minyak kenanga. Pengukuran zona hambat dilakukan dengan mengukur diameter daerah jernih menggunakan jangka sorong.

### **3.4.5 Analisis Data**

Data yang diperoleh berupa berat jenis, indeks bias, volume, massa, serta warna minyak kenanga sebelum dan setelah hidrasi dan dianalisis secara deskriptif. Data-data tersebut sebagai parameter fisik minyak kenanga. Adanya perubahan parameter fisik minyak kenanga setelah reaksi hidrasi mengindikasikan adanya perubahan komponen penyusun minyak kenanga. Perubahan komponen penyusun minyak kenanga dapat diketahui melalui analisis menggunakan KG-SM. Hasil analisis data yang diperoleh berupa kromatogram dan spektrum massa digunakan untuk menentukan komponen penyusun minyak kenanga secara kualitatif dan kuantitatif. Perubahan komponen penyusun minyak kenanga yang terjadi selama reaksi hidrasi ditentukan dengan membandingkan kromatogram minyak kenanga sebelum hidrasi dan sesudah hidrasi berdasarkan waktu retensi dan persen (%) area tiap puncak. Penentuan komponen penyusun minyak kenanga secara kualitatif dianalisis berdasarkan spektra massa yang diperoleh serta pola fragmentasinya. Sedangkan penentuan komponen minyak kenanga secara kuantitatif ditentukan berdasarkan persen (%) area tiap puncak pada kromatogram KG-SM yang dikonversikan ke massa komponen. Data dari uji antibakteri berupa diameter hambatan dianalisis secara deskriptif untuk mengetahui aktivitas antibakteri *S. aureus* terhadap minyak kenanga sebelum dan setelah hidrasi.

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Pelepasan Molekul Air dalam Minyak Kenanga

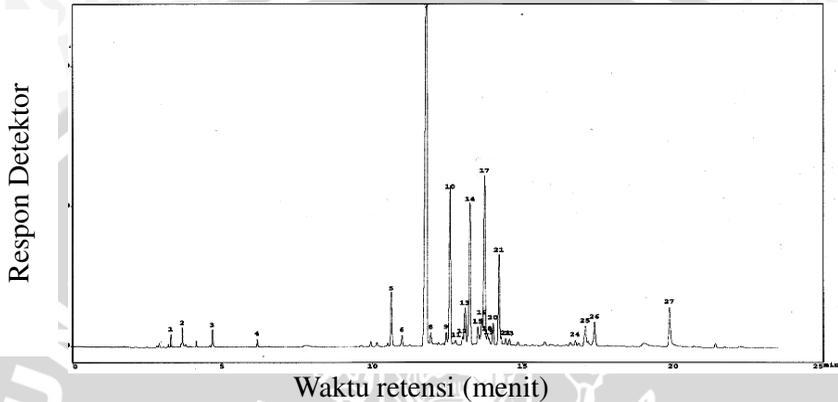
Molekul air yang ada di dalam minyak kenanga diikat oleh magnesium sulfat monohidrat ( $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ).  $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  diperoleh dari dehidrasi  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  melalui pemanasan pada temperatur  $120^\circ\text{C} \pm 24$  jam hingga diperoleh berat konstan.  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  melepaskan 6 molekul  $\text{H}_2\text{O}$  pada temperatur  $120^\circ\text{C}$  (Lampiran L.3). Penambahan  $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  dilakukan hingga  $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  yang ditambahkan tidak terbentuk lagi granul. Hal ini merupakan parameter fisik telah terikatnya semua molekul air yang ada dalam minyak kenanga.

### 4.2 Karakterisasi Minyak Kenanga

Karakterisasi minyak kenanga dilakukan dengan melakukan pengukuran terhadap beberapa parameter fisik dan identifikasi senyawa-senyawa penyusun minyak kenanga beserta kadarnya menggunakan Kromatografi Gas dan Kromatografi Gas-Spektrometer Massa. Berdasarkan hasil pengukuran, diketahui bahwa berat jenis minyak kenanga dalam temperatur kamar sebesar  $0,92 \text{ g/mL}$ , sedangkan indeks bias ( $20^\circ\text{C}$ ) adalah  $1,497$ . Hal ini menunjukkan bahwa minyak kenanga yang digunakan dalam penelitian ini sesuai dengan standar mutu yang ditetapkan oleh EOA (*Essential Oil Association*) yaitu minyak kenanga mempunyai berat jenis ( $25^\circ\text{C}$ ) sebesar  $0,904\text{-}0,920 \text{ g/mL}$  dan indeks bias ( $20^\circ\text{C}$ ) sebesar  $1,4950\text{-}1,5050$ .

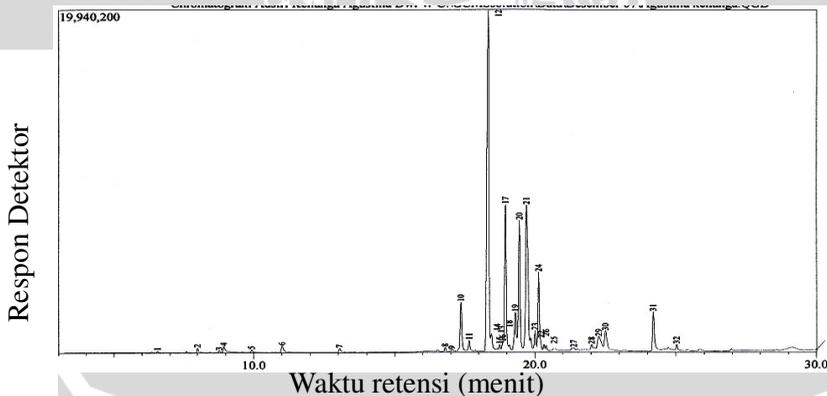
Analisis komponen penyusun minyak kenanga dilakukan menggunakan KG dengan kolom HP-5. Kromatogram minyak kenanga hasil analisis dengan kolom HP-5 ditunjukkan pada Gambar 4.1. Kolom HP-5 berisi fasa diam 5 % fenil metil siloksan yang bersifat polar, sehingga senyawa-senyawa penyusun minyak kenanga yang bersifat non polar akan terikat kurang kuat pada fasa diam sehingga terelusi lebih dulu. Selain dipengaruhi oleh interaksi dengan fasa diam, elusi juga dipengaruhi oleh titik didih atau tekanan uap senyawa. Senyawa dengan titik didih rendah akan terelusi lebih dulu dibandingkan dengan senyawa yang memiliki titik didih lebih tinggi.

Hasil analisis menunjukkan adanya 11 puncak komponen terbesar dalam minyak kenanga dengan % area lebih dari 1 % yang disajikan pada Lampiran L.4.1.



Gambar 4.1 Kromatogram KG minyak kenanga

Selain dianalisis menggunakan KG, minyak kenanga juga dianalisis menggunakan alat KG-SM dengan kolom Rtx-5MS (fasa diam berupa dimetil difenil polisiloksan) untuk mengetahui senyawa penyusun minyak kenanga. Berdasarkan hasil analisis menggunakan KG-SM, diperoleh kromatogram total ionik minyak kenanga seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.2.

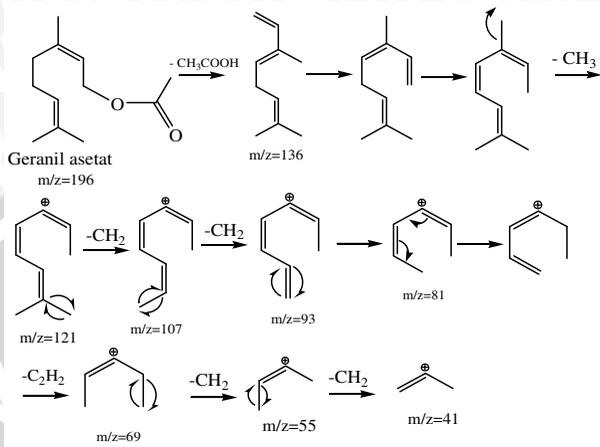


Gambar 4.2 Kromatogram total ionik minyak kenanga

Pada kromatogram total ionik terdapat 32 puncak komponen dalam minyak kenanga dengan 12 puncak komponen yang memiliki % area lebih dari 1 % seperti yang ditunjukkan pada Lampiran L.4.2. Masing-masing puncak pada kromatogram KG-SM Gambar.4.2, dipindai (*scan*) dalam alat spektrometer massa sehingga menghasilkan spektrum massa yang menunjukkan suatu pola fragmentasi yang khas untuk setiap senyawa. Berdasarkan spektrum massa masing-masing senyawa tersebut, jenis senyawa penyusun minyak kenanga dapat diketahui dengan melakukan interpretasi spektrum massa melalui bantuan pustaka Willey.

Spektrum massa senyawa penyusun minyak kenanga dengan waktu retensi 17,36 menit dari hasil analisis KG-SM menunjukkan adanya puncak  $m/z = 41, 43, 69, 81, 93, 105, 119, 136, 147, 161, 189,$  dan  $204$ . Puncak dengan  $m/z$  tersebut memiliki pola fragmentasi yang sesuai dengan pola fragmentasi senyawa geranil asetat (Lampiran L.5.1) berdasarkan pustaka Willey (kumpulan data fragmentasi senyawa-senyawa sebagai acuan interpretasi spektrum massa senyawa dalam suatu sampel).

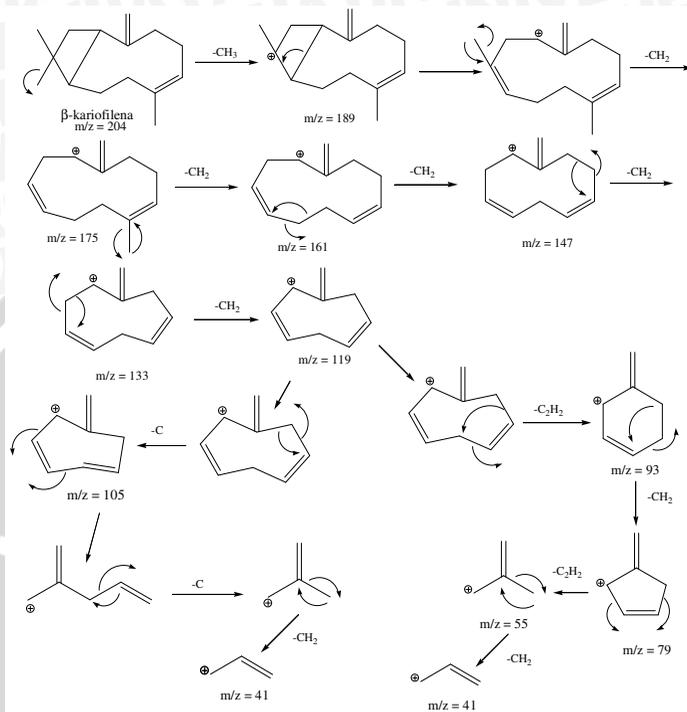
Pemutusan senyawa tersebut melalui pelepasan  $\text{COCH}_2$  pada puncak  $m/z = 196$  sehingga diperoleh puncak  $m/z = 154$ . Puncak ini membentuk suatu senyawa alkohol, sehingga pemutusan selanjutnya melalui pelepasan  $\text{H}_2\text{O}$  dan diperoleh puncak  $m/z = 136$ . Kemudian terjadi pelepasan radikal  $\text{CH}_3$  pada puncak ion ( $\text{M}^+$ ) yang diperoleh puncak  $m/z = \text{M}^+ - 15 = 121$ . Pada puncak  $m/z = 121$  terjadi pengurangan  $\text{CH}_2$  sehingga diperoleh puncak  $m/z = 107$ . Pemutusan  $\text{CH}_2$  terjadi lagi menghasilkan puncak  $m/z = 93$ . Selanjutnya terjadi pemutusan  $\text{C}_2\text{H}_2$ , sehingga diperoleh puncak  $m/z = 69$ . Kemudian secara berturut-turut melepaskan  $\text{CH}_2$ , hingga puncaknya menjadi  $m/z = 41$ . Puncak-puncak tersebut menunjukkan pola fragmentasi dari senyawa geranil asetat. Pola fragmentasi senyawa geranil asetat ditunjukkan pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Pola fragmentasi geraniil asetat

Spektrum massa komponen utama terbesar dari minyak kenanga dengan waktu retensi 18,341 menit menunjukkan adanya puncak  $m/z = 41, 55, 69, 79, 93, 105, 120, 133, 147, 161, 175, 189,$  dan  $204$ . Data pustaka Willey menunjukkan bahwa senyawa ini mempunyai kemiripan dengan pola fragmentasi senyawa  $\beta$ -kariofilena (Lampiran L.5.2). Menurut Silverstein (2005), penurunan  $m/z$  14 puncak-puncak secara teratur menunjukkan bahwa senyawa tersebut adalah hidrokarbon tak jenuh (terpenoid). Pemutusan senyawa tersebut melalui pelepasan  $\text{CH}_3$  radikal pada puncak ion molekul ( $\text{M}^+$ ) sehingga diperoleh puncak  $m/z = \text{M}^+ - 15 = 189$ , dilanjutkan dengan pelepasan  $\text{CH}_2$  sehingga diperoleh puncak  $m/z = 175$ , dan terjadi pelepasan  $\text{CH}_2$  berturut-turut hingga menghasilkan puncak  $m/z = 119$ . Selanjutnya pada puncak ini, akan terjadi pelepasan radikal C menjadi puncak  $m/z = 105$  dan terjadi pelepasan radikal C lagi, sehingga diperoleh  $m/z = 55$ . Pada puncak  $m/z = 119$  juga terjadi pemutusan  $\text{C}_2\text{H}_2$  menghasilkan  $m/z = 93$ . Puncak ini mengalami pelepasan  $\text{CH}_2$  dan diperoleh puncak  $m/z = 79$ . Selanjutnya akan terjadi pelepasan  $\text{C}_2\text{H}_2$  menghasilkan puncak  $m/z = 55$  dan melepaskan  $\text{CH}_2$ , sehingga diperoleh puncak  $m/z = 41$ .

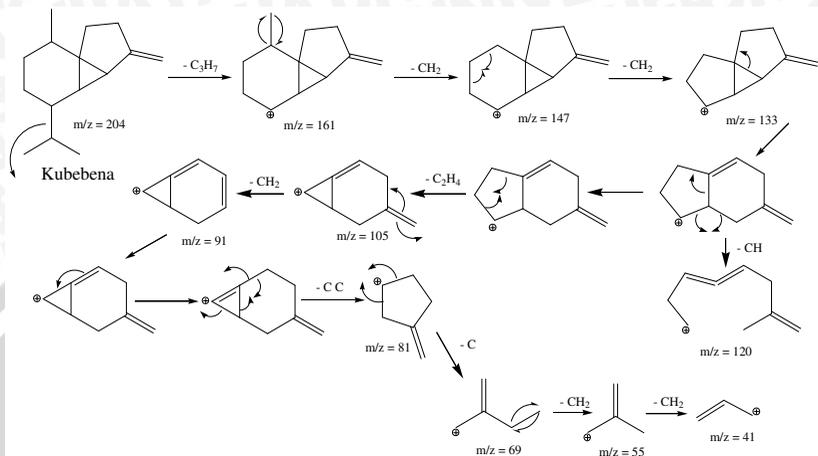
Oleh sebab itu, data diduga komponen utama minyak kenanga tersebut adalah  $\beta$ -kariofilena. Kemungkinan pola fragmentasi  $\beta$ -kariofilena ditunjukkan pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Pola fragmentasi  $\beta$ -kariofilena

Spektrum massa komponen utama minyak kenanga dengan waktu retensi 18,450 menit menunjukkan adanya puncak  $m/z = 41$ , 55, 67, 81, 91, 105, 119, 133, 147, 161, dan 204. Data pustaka Wiley menunjukkan bahwa senyawa tersebut mempunyai kemiripan dengan fragmentasi senyawa kubebena (Lampiran L.5.3).

Pemutusan senyawa tersebut melalui pelepasan radikal  $\text{CH}_3$  pada puncak ion molekul ( $\text{M}^+$ ) sehingga diperoleh puncak  $m/z = \text{M}^+ - 15 = 189$ . Pada puncak tersebut, terjadi pengurangan  $m/z$  secara berturut-turut hingga diperoleh puncak  $m/z = 91$ . Pada puncak  $m/z = 133$  melepaskan  $\text{CH}$  sehingga diperoleh puncak  $m/z = 120$ . Puncak  $m/z = 81$  diperoleh melalui pelepasan  $\text{C-C}$  dari puncak  $m/z = 105$ . Kemudian puncak  $m/z = 81$  melepaskan  $\text{C}$  dan diperoleh puncak  $m/z = 69$ . Puncak  $m/z = 69$  mengalami pengurangan  $m/z = 14$  secara berturut-turut hingga diperoleh puncak  $m/z = 41$ . Pola fragmentasi senyawa kubebena ditunjukkan pada Gambar 4.5.

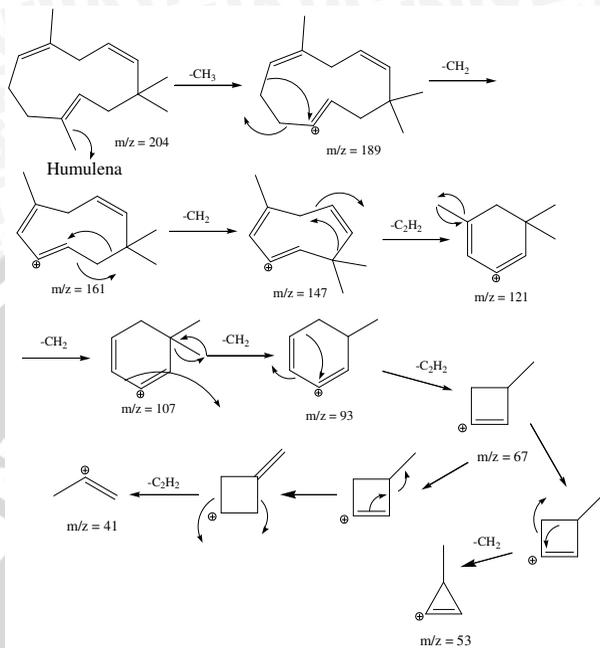


Gambar 4.5 Pola fragmentasi senyawa kuebena

Spektrum massa komponen utama minyak kenanga dengan waktu retensi 18,958 menit menunjukkan adanya puncak  $m/z = 41$ , 55, 67, 80, 93, 107, 121, 136, 147, 189, dan 204. Data pustaka Wiley menunjukkan bahwa senyawa tersebut mempunyai kemiripan dengan fragmentasi senyawa humulena (Lampiran L.5.4).

Menurut Silverstein (2005), penurunan  $m/z$  14 puncak-puncak secara teratur menunjukkan bahwa senyawa tersebut adalah golongan hidrokarbon tak jenuh (terpenoid). Pemutusan senyawa tersebut melalui pelepasan CH<sub>3</sub> radikal pada puncak ion molekul ( $M^+$ ) sehingga diperoleh puncak  $m/z = M^+ - 15 = 189$ . Pada puncak  $m/z = 189$  terdapat pengurangan CH<sub>2</sub> secara berturut-turut hingga diperoleh  $m/z = 147$ . Kemudian terjadi pelepasan C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> menjadi puncak  $m/z = 121$ . Selanjutnya pemutusan  $m/z$  14 secara berturut-turut hingga menghasilkan puncak  $m/z = 93$ . Puncak ini akan mengalami pelepasan C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>, sehingga diperoleh puncak  $m/z = 67$ . Puncak  $m/z = 67$  akan terjadi pemutusan CH<sub>2</sub> dan C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> yang menghasilkan 2 puncak, yaitu puncak  $m/z = 53$  dan puncak  $m/z = 41$ .

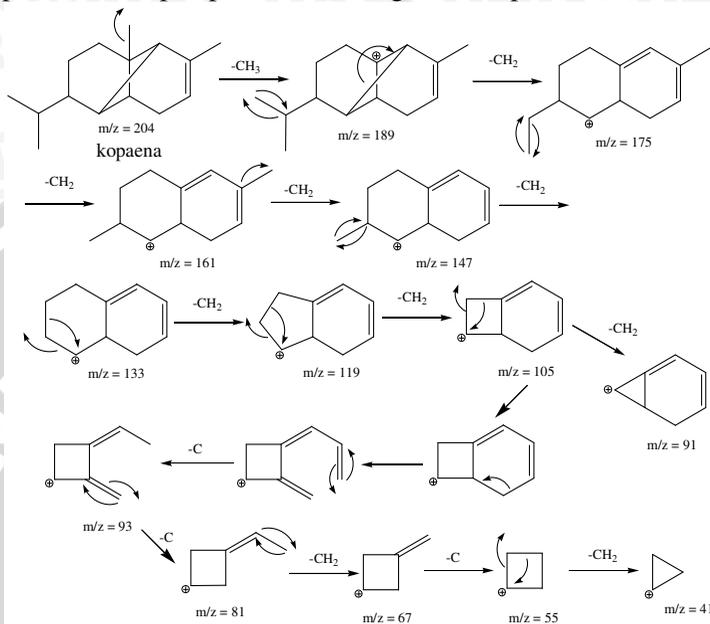
Berdasarkan kesamaannya dengan pola fragmentasi senyawa humulena pada Data pustaka Wiley, maka dapat diduga komponen utama minyak kenanga tersebut adalah humulena (Gambar 4.6).



Gambar 4.6 Pola fragmentasi humulena

Spektrum massa komponen utama minyak kenanga dengan waktu retensi 19,309 menit menunjukkan adanya puncak  $m/z = 41, 55, 67, 91, 105, 119, 133, 148, 161, 175, 189,$  dan  $204$ , dengan berat molekul  $204$ . Data pustaka Willey menunjukkan bahwa senyawa tersebut mempunyai kemiripan dengan fragmentasi senyawa kopaena (Lampiran L.5.5). Puncak-puncak dari senyawa golongan hidrokarbon tak jenuh (terpenoid) akan mengalami penurunan  $m/z$  14 secara teratur (Wade, 1991). Pelepasan  $\text{CH}_3$  radikal pada puncak ion molekul ( $\text{M}^+$ ) diperoleh puncak  $m/z = \text{M}^+ - 15 = 189$ , dilanjutkan dengan melepaskan  $\text{CH}_2$ , sehingga diperoleh puncak  $m/z = 175$ , kemudian berturut-turut melepaskan  $\text{CH}_2$  lagi menghasilkan puncak  $m/z = 105$ . Puncak ini akan memutuskan  $\text{CH}_2$  menghasilkan puncak  $m/z = 91$ . Pada puncak  $m/z = 105$  mengalami pecahnya cincin lingkaran enam dan melepaskan  $\text{C}$ , sehingga diperoleh puncak  $m/z = 93$ , dilanjutkan dengan pemecahan  $\text{C}$  menghasilkan  $m/z = 81$ . Kemudian akan terjadi pemutusan  $\text{CH}_2$ , sehingga diperoleh puncak  $m/z = 67$ . Pemecahan lebih lanjut menghasilkan  $m/z = 55$  dengan

pelepasan C, dan pelepasan CH<sub>2</sub> menghasilkan puncak m/z = 41.



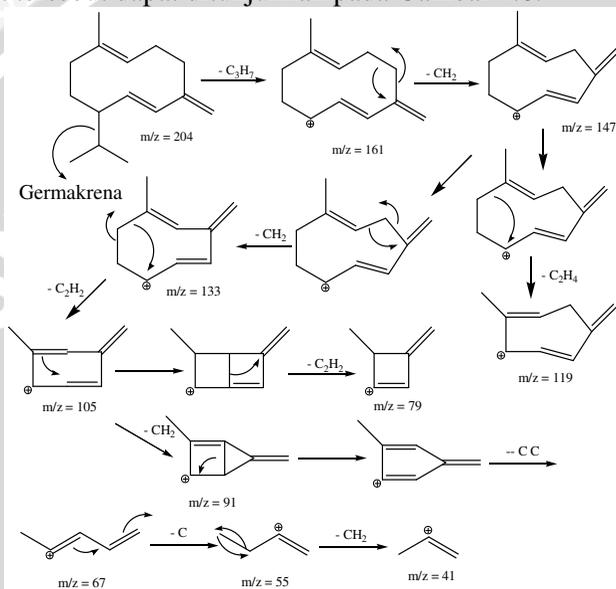
Gambar 4.7 Pola fragmentasi kopaena

Spektrum massa senyawa komponen utama minyak kenanga dengan waktu retensi 19,453 menit menunjukkan adanya puncak m/z = 41, 55, 67, 81, 91, 105, 119, 133, 147, 161, dan 204, dengan berat molekul 204. Data pustaka Willey menunjukkan bahwa senyawa tersebut mempunyai kemiripan dengan fragmentasi senyawa germakrena (Lampiran L.5.6).

Menurut Silverstein (2005), penurunan m/z 14 puncak-puncak secara teratur menunjukkan bahwa senyawa tersebut adalah golongan hidrokarbon tak jenuh (terpenoid).

Pemutusan senyawa tersebut melalui pelepasan C<sub>3</sub>H<sub>7</sub> radikal pada puncak ion molekul (M<sup>+</sup>), sehingga diperoleh puncak m/z = M<sup>+</sup>-43 = 161. Pada puncak m/z = 161 terdapat pengurangan m/z 14 secara berturut-turut hingga diperoleh puncak m/z = 133. Pada puncak m/z = 147 mengalami pelepasan C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> menghasilkan puncak m/z = 119. Sedangkan pada puncak m/z = 133, telah mengalami pelepasan C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>, sehingga diperoleh puncak m/z = 105, dan melepaskan lagi C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> yang menghasilkan puncak m/z = 79. Puncak

$m/z = 105$ , juga mengalami pemutusan  $\text{CH}_2$ , sehingga terbentuk puncak  $m/z = 91$ . Pada puncak ini mengalami pemutusan  $\text{C}$  berturut-turut, sehingga diperoleh puncak  $m/z = 55$ . Selanjutnya puncak tersebut mengalami pelepasan  $\text{CH}_2$ , sehingga diperoleh puncak  $m/z = 41$ . Oleh sebab itu, dapat diduga komponen utama minyak kenanga tersebut adalah germakrena. Kemungkinan pola fragmentasi dari senyawa tersebut dapat ditunjukkan pada Gambar 4.8.

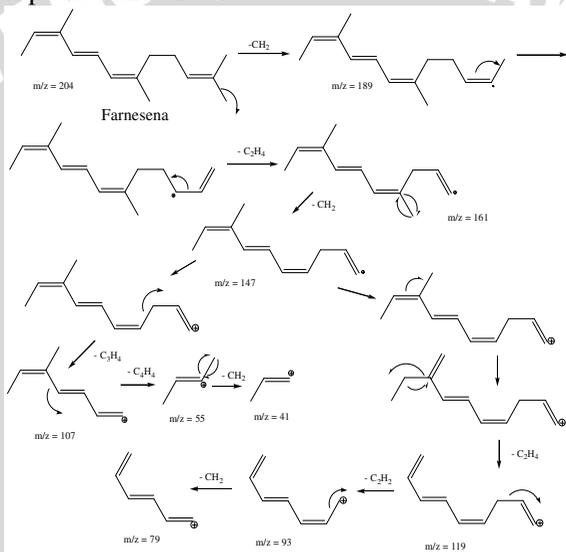


Gambar 4.8 Pola fragmentasi germakrena

Spektrum massa komponen utama minyak kenanga dengan waktu retensi 19,704 menit menunjukkan adanya puncak  $m/z = 41$ , 55, 69, 79, 93, 107, 119, 133, 147, 161, 189, dan 204, dengan berat molekul 204. Data pustaka Wiley menunjukkan bahwa senyawa tersebut mempunyai kemiripan dengan pola fragmentasi senyawa farnesena (Lampiran L.5.7). Senyawa dengan golongan hidrokarbon tak jenuh (terpenoid) mempunyai spektra massa yang khas yaitu puncak-puncaknya mengalami penurunan  $m/z$  14 secara teratur (McLafferty, 1988). Pelepasan  $\text{CH}_3$  radikal pada puncak ion molekul ( $\text{M}^+$ ) diperoleh puncak  $m/z = \text{M}^+ - 15 = 189$ , dilanjutkan dengan melepaskan  $\text{C}_2\text{H}_4$ , sehingga diperoleh puncak  $m/z = 161$ , kemudian puncak tersebut melepaskan  $\text{CH}_2$  menghasilkan puncak  $m/z$  147.

Puncak  $m/z$  mengalami pemutusan  $C_3H_4$ , sehingga diperoleh puncak  $m/z = 107$ , selanjutnya melepaskan  $C_4H_4$  diperoleh puncak  $m/z = 55$ , dan mengalami pemutusan  $CH_2$  menghasilkan puncak  $m/z = 41$ . Pada puncak  $m/z = 147$  terjadi pengurangan  $C_2H_4$  yang menghasilkan puncak  $m/z = 119$ . Kemudian puncak ini melepaskan  $C_2H_2$ , sehingga diperoleh puncak  $m/z = 93$ , dan pemecahan lebih lanjut menghasilkan puncak 79.

Oleh sebab itu, dapat diduga komponen utama minyak kenanga tersebut adalah farnesena. Kemungkinan pola fragmentasi ditunjukkan pada Gambar 4.9.

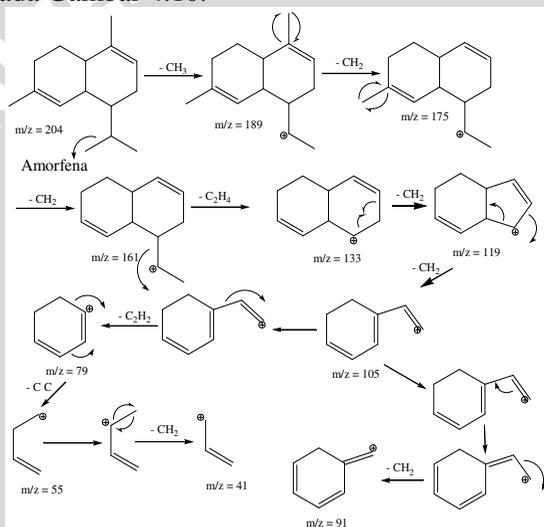


Gambar 4.9 Pola fragmentasi farnesena

Spektrum massa komponen utama minyak kenanga dengan waktu retensi 20,010 menit menunjukkan adanya puncak  $m/z = 41$ , 55, 67, 79, 91, 105, 119, 133, 148, 161, 176, 189, dan 204, dengan berat molekul 204. Data pustaka Wiley menunjukkan bahwa senyawa tersebut mempunyai kemiripan dengan fragmentasi senyawa amorfena (Lampiran L.5.8). Menurut Silverstein (2005), penurunan  $m/z$  14 puncak-puncak secara teratur menunjukkan bahwa senyawa tersebut adalah golongan hidrokarban tak jenuh (terpenoid).

Pemutusan senyawa ini melalui pelepasan  $CH_3$  radikal pada puncak ion molekul ( $M^+$ ), sehingga diperoleh puncak  $m/z = M^+ - 15 =$

189. Puncak  $m/z = 189$  mengalami pelepasan  $\text{CH}_2$  menghasilkan puncak  $m/z = 175$ , dan terjadi pelepasan  $\text{CH}_2$  lagi, sehingga diperoleh  $m/z = 161$ . Puncak ini akan menjadi puncak  $m/z = 133$  dengan melepaskan  $\text{C}_2\text{H}_4$ . Selanjutnya terjadi pemutusan  $\text{CH}_2$  secara berturut-turut hingga diperoleh  $m/z = 91$ . Pada puncak  $m/z = 105$  mengalami pelepasan  $\text{C}_2\text{H}_2$  menghasilkan puncak  $m/z = 79$ , dan melepaskan  $\text{C}$ , sehingga diperoleh puncak  $m/z = 55$ . Pemutusan selanjutnya akan menghasilkan puncak  $m/z = 41$  dengan melepaskan  $\text{CH}_2$ . Puncak-puncak tersebut menunjukkan pola fragmentasi yang khas dari senyawa amorfena. Pola fragmentasi senyawa amorfen disajikan pada Gambar 4.10.



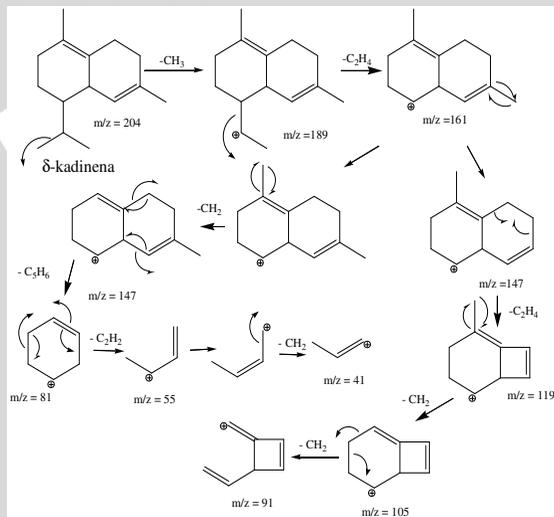
Gambar 4.10 Pola fragmentasi amorfena

Spektrum massa komponen utama minyak kenanga dengan waktu retensi 20,136 menit menunjukkan adanya puncak  $m/z = 41, 55, 69, 81, 91, 105, 119, 134, 147, 161, 176, 189,$  dan  $204$ , dengan berat molekul  $204$ . Data pustaka Willey menunjukkan adanya kemiripan dengan pola fragmentasi  $\delta$ -kadinena (Lampiran L.5.9).

Puncak-puncak dari senyawa golongan hidrokarbon tak jenuh (terpenoid) akan mengalami penurunan  $m/z$  14 secara teratur (Wade, 1991). Pemutusan senyawa ini melalui pelepasan  $\text{CH}_3$  radikal, sehingga diperoleh puncak  $m/z = 189$ . Puncak  $m/z = 189$  mengalami pelepasan  $\text{CH}_2$  secara berturut-turut hingga memperoleh puncak  $m/z$

= 91. Pada puncak  $m/z = 147$  terjadi pemutusan  $C_5H_6$ , sehingga diperoleh puncak  $m/z = 81$ , dan pelepasan  $C_2H_2$  menghasilkan puncak  $m/z = 55$ . Pemecahan lebih lanjut menghasilkan puncak  $m/z = 41$ , dengan melepaskan  $CH_2$ .

Puncak-puncak tersebut menunjukkan pola fragmentasi yang khas dari senyawa  $\delta$ -kadinena. Pola fragmentasi senyawa  $\delta$ -kadinena disajikan pada Gambar 4.11.

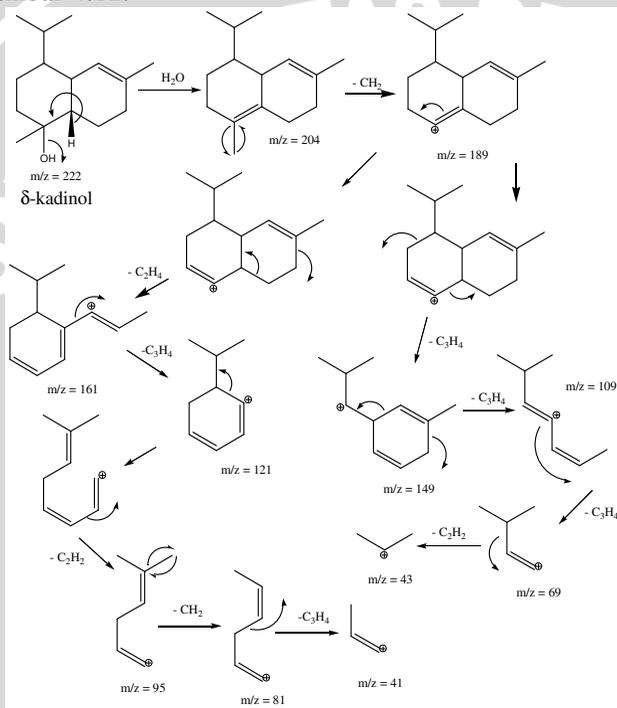


Gambar 4.11 Pola fragmentasi  $\delta$ -kadinena

Spektrum massa komponen utama minyak kenanga dengan waktu retensi 22,276 menit dari analisis menggunakan KG-SM, disajikan pada lampiran yang menunjukkan adanya puncak  $m/z = 41$ , 43, 69, 81, 95, 105, 121, 134, 147, 161, 179, 189, 204, dan 222. Puncak dengan  $m/z$  tersebut memiliki pola fragmentasi yang sesuai dengan pola fragmentasi senyawa  $\delta$ -kadinol berdasarkan pustaka Willey (Lampiran L.5.10). Puncak dengan  $m/z = 204$  merupakan puncak yang dihasilkan dari pelepasan  $H_2O$  dan mengalami pelepasan  $CH_3$  radikal yang dapat menghasilkan puncak  $m/z = 189$ . Kemudian puncak  $m/z = 189$  mengalami pemutusan melalui pelepasan  $C_2H_4$ , sehingga diperoleh puncak  $m/z = 161$ , dan akan melepaskan  $C_3H_4$  menghasilkan puncak  $m/z = 121$ . Selanjutnya terjadi pemutusan  $C_2H_2$  dan diperoleh puncak  $m/z = 95$ . Puncak ini mengalami pelepasan  $CH_2$ , sehingga diperoleh puncak  $m/z = 81$  dan

melepaskan  $C_3H_4$  yang dapat menghasilkan puncak  $m/z = 41$ . Pada puncak  $m/z = 189$  juga melepaskan  $C_3H_4$  secara berturut-turut hingga memperoleh puncak  $m/z = 69$ . Pemecahan selanjutnya menghasilkan puncak  $m/z = 43$  dengan pelepasan  $C_2H_2$ .

Berdasarkan kemungkinan pola fragmentasi tersebut, dapat diduga bahwa senyawa penyusun minyak kenanga adalah  $\delta$ -kadinol dan kemungkinan pola fragmentasi  $\delta$ -kadinol dapat digambarkan pada Gambar 4.12.

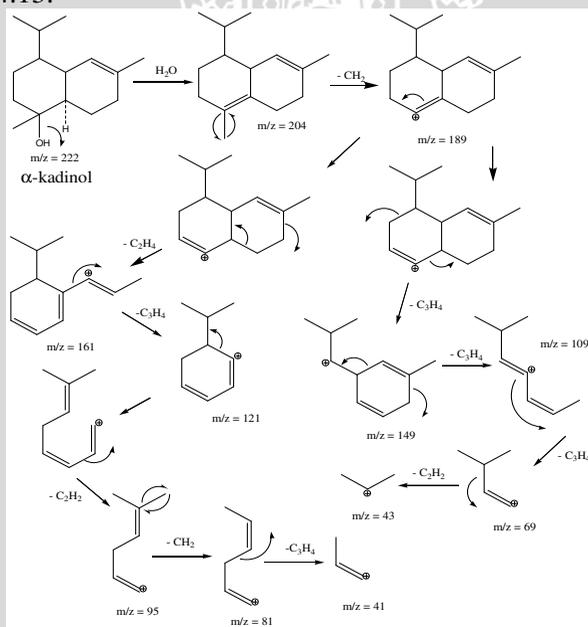


Gambar 4.12 Pola fragmentasi  $\delta$ -kadinol

Spektrum massa komponen utama minyak kenanga dengan waktu retensi 22,276 menit dari analisis menggunakan KG-SM, disajikan pada lampiran yang menunjukkan adanya puncak  $m/z = 41$ , 43, 69, 81, 95, 105, 121, 134, 147, 161, 179, 189, 204, dan 222. Puncak dengan  $m/z$  tersebut memiliki pola fragmentasi yang sesuai dengan pola fragmentasi senyawa  $\alpha$ -Kadinol berdasarkan pustaka Willey (Lampiran L.5.11). Puncak dengan  $m/z = 204$  merupakan

puncak yang dihasilkan dari pelepasan H<sub>2</sub>O dan mengalami pelepasan CH<sub>3</sub> radikal yang dapat menghasilkan puncak m/z = 189. Kemudian puncak m/z = 189 mengalami pemutusan melalui pelepasan C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, sehingga diperoleh puncak m/z = 161, dan akan melepaskan C<sub>3</sub>H<sub>4</sub> menghasilkan puncak m/z = 121. Selanjutnya terjadi pemutusan C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> dan diperoleh puncak m/z = 95. Puncak ini mengalami pelepasan CH<sub>2</sub>, sehingga diperoleh puncak m/z = 81 dan melepaskan C<sub>3</sub>H<sub>4</sub> yang dapat menghasilkan puncak m/z = 41. Pada puncak m/z = 189 juga melepaskan C<sub>3</sub>H<sub>4</sub> secara berturut-turut hingga memperoleh puncak m/z = 69. Pemecahan selanjutnya menghasilkan puncak m/z = 43 dengan pelepasan C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>.

Berdasarkan pola fragmentasi tersebut, dapat diduga bahwa komponen utama minyak kenanga tersebut adalah α-kadinol. Kemungkinan pola fragmentasi dari α-kadinol ditunjukkan pada Gambar 4.13.



Gambar 4.13 Pola fragmentasi α-kadinol

Berdasarkan data-data yang telah tersebut di atas, maka dapat ditabulasikan komponen-komponen minyak kenanga pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data waktu retensi dan % area kromatogram KG-SM serta jenis penyusun minyak kenanga

| Nomor Puncak | Waktu Retensi (menit) | % area | Senyawa              |
|--------------|-----------------------|--------|----------------------|
| 10           | 17,36                 | 3,92   | geranil asetat       |
| 12           | 18,341                | 32,21  | $\beta$ -kariofilena |
| 13           | 18,448                | 1,34   | kubebena             |
| 17           | 18,955                | 10,49  | humulena             |
| 19           | 19,309                | 3,41   | kopaena              |
| 20           | 19,453                | 9,79   | germakrena           |
| 21           | 19,704                | 15,83  | farnesena            |
| 23           | 20,010                | 1,48   | amorfena             |
| 24           | 20,136                | 5,65   | kadinena             |
| 29           | 22,276                | 2,38   | $\delta$ -kadinol    |
| 30           | 22,512                | 2,35   | $\alpha$ -kadinol    |
| 31           | 24,207                | 3,27   | benzil benzoat       |

Analisis menggunakan KG dan KG-SM, memiliki perbedaan jumlah puncak pada kromatogram yang dihasilkan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar.4.1 dan Gambar.4.2. Hal ini dikarenakan adanya perbedaan resolusi kolom antara alat KG dan KG-SM. Resolusi pada alat KG-SM lebih tinggi daripada resolusi pada alat KG, sehingga alat KG-SM lebih sensitif dalam menganalisis senyawa penyusun minyak kenanga. Resolusi yang tinggi dari kolom KG-SM menghasilkan puncak senyawa yang lebih banyak, yaitu 32 puncak. Sedangkan dari kolom KG menghasilkan 27 puncak. Hal ini dikarenakan selain resolusi kolom KG yang rendah, juga disebabkan adanya tumpang tindih beberapa senyawa yang memiliki sifat kepolaran, titik didih maupun tekanan uap yang hampir sama. Namun, baik kolom HP-5 pada alat KG maupun kolom Rtx-5MS pada alat KG-SM, memiliki sifat kepolaran yang hampir sama, yaitu merupakan kolom berjenis sedikit polar. Sehingga, urutan kromatogram pada alat KG maupun KG-SM diasumsikan sama. Sifat kepolaran ini terlihat dari kromatogram yang dihasilkan pada kedua alat ini. Senyawa-senyawa yang bersifat polar, akan tertahan pada fasa diam karena interaksi yang sangat kuat. Sedangkan senyawa-senyawa non polar terelusi lebih dulu karena interaksi dengan fasa

diam tidak terlalu kuat. Perbandingan analisis dengan menggunakan KG dan KG-SM terhadap minyak kenanga ditunjukkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Profil puncak kromatografi senyawa penyusun minyak kenanga dengan menggunakan KG dan KG-SM

| KG dengan kolom HP-5 |                       |       | KG-SM dengan kolom Rtx-5MS |                       |       |                      |
|----------------------|-----------------------|-------|----------------------------|-----------------------|-------|----------------------|
| puncak               | Waktu retensi (menit) | %area | puncak                     | Waktu retensi (menit) | %area | Senyawa              |
| 5                    | 10,621                | 3,05  | 10                         | 17,36                 | 3,92  | geranil asetat       |
| 7                    | 11,811                | 39,99 | 12                         | 18,341                | 32,21 | $\beta$ -kariofilena |
| 10                   | 12,586                | 9,87  | 17                         | 18,955                | 10,49 | humulena             |
| 13                   | 13,079                | 2,42  | 19                         | 19,309                | 3,41  | kopaena              |
| 14                   | 13,249                | 9,46  | 20                         | 19,453                | 9,79  | germakrena           |
| 17                   | 13,733                | 11,49 | 21                         | 19,704                | 15,83 | farnesena            |
| 20                   | 14,011                | 1,36  | 23                         | 20,010                | 1,48  | amorfena             |
| 21                   | 14,216                | 5,85  | 24                         | 20,136                | 5,65  | kadinena             |
| 25                   | 17,088                | 1,33  | 29                         | 22,276                | 2,38  | $\delta$ -kadinol    |
| 26                   | 17,394                | 1,50  | 30                         | 22,512                | 2,35  | $\alpha$ -kadinol    |
| 27                   | 19,875                | 2,86  | 31                         | 24,207                | 3,27  | benzil benzoat       |

#### 4.3 Hidrasi $\beta$ -kariofilena dalam Minyak Kenanga menggunakan Katalis $H_2SO_4$

Pada penelitian ini, reaksi hidrasi  $\beta$ -kariofilena dalam minyak kenanga dilakukan dengan menggunakan katalis  $H_2SO_4$ . Reaksi hidrasi ini bertujuan untuk mengubah  $\beta$ -kariofilena dalam minyak kenanga menjadi kariofilen alkohol.

Pada proses hidrasi, 15 mL minyak kenanga (setara dengan 0,0218 mol  $\beta$ -kariofilena, perhitungan pada Lampiran L.3.3), dimasukkan ke dalam labu bulat leher tiga 100 mL, kemudian

ditambahkan asam sulfat dengan variasi konsentrasi yaitu 5 %, 10 %, dan 15 % masing-masing sebanyak 2,3 mL. Katalis asam yang digunakan berupa  $H_2SO_4$  karena hidrasi akan lebih mudah terjadi jika terdapat donor  $H^+$  yang akan memprotonasi karbon pada ikatan rangkap senyawa  $\beta$ -kariofilena. Hasil protonasi  $\beta$ -kariofilena adalah karbokation sebagai intermediet. Besarnya katalis asam merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi terjadinya reaksi hidrasi karena besarnya katalis asam menunjukkan adanya aktivitas proton, jumlah molekul air, dan karbokation sebagai intermediet. Oleh sebab itu, variasi katalis asam dalam reaksi hidrasi akan menghasilkan karbokation yang berbeda. Adanya molekul air digunakan sebagai reaktan. Karbokation yang terbentuk akan bereaksi dengan air dan menghasilkan senyawa alkohol, sehingga adanya variasi katalis asam akan diperoleh kadar kariofilen alkohol yang paling besar.

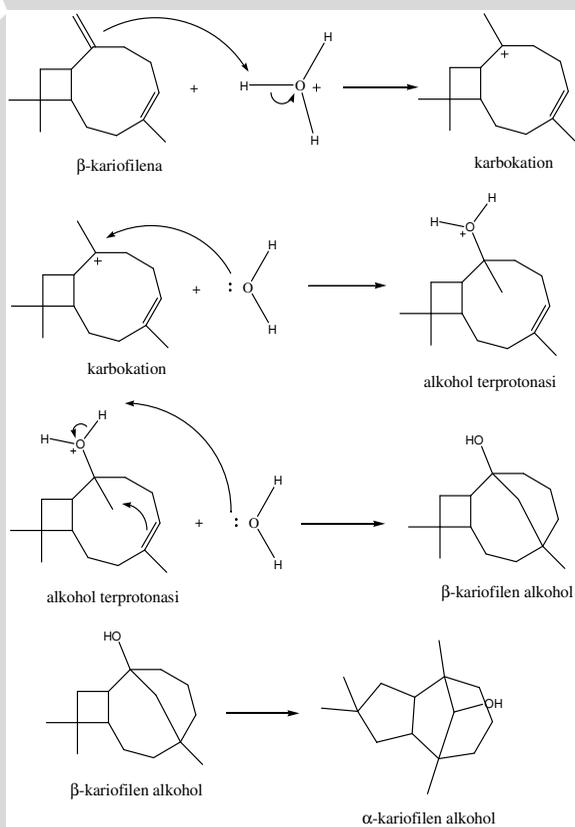
Penambahan pelarut dietil eter masing-masing 7 mL dalam reaksi hidrasi diperlukan untuk membantu proses solvasi karbokation. Adanya proses solvasi oleh pelarut dapat meningkatkan kestabilan karbokation (Svoboda, *et al.*, 2005).

Hidrasi dengan menggunakan metode refluks pada temperatur  $60\text{ }^\circ\text{C}$  selama 4 jam dilakukan untuk meningkatkan probabilitas tumbukan antarmolekul seiring dengan naiknya energi kinetik yang disebabkan oleh kenaikan temperatur. Laju reaksi sangat dipengaruhi oleh frekuensi tumbukan. Semakin besar frekuensi tumbukan, semakin besar pula probabilitas terjadinya reaksi.

Hidrasi  $\beta$ -kariofilena menggunakan katalis asam. Katalis asam yang digunakan pada reaksi hidrasi  $\beta$ -kariofilena ini berupa  $H_2SO_4$  karena reaksi hidrasi akan lebih mudah terjadi jika terdapat donor  $H^+$  dari katalis asam yang akan memprotonasi ikatan rangkap senyawa alkena menjadi karbokation. Kemampuan untuk menyumbangkan  $H^+$  dapat dilihat dari nilai  $K_a$  (tetapan ionisasi) yang menyatakan kekuatan asam dan dipengaruhi oleh proses ionisasi asam dalam larutannya. Asam sulfat mempunyai nilai  $K_a$  yang besar sehingga akan memberikan kekuatan asam yang besar dan mampu menyumbangkan  $H^+$  dalam jumlah besar.

Reaksi hidrasi ini dilakukan mengikuti mekanisme reaksi adisi elektrofilik melalui aturan Markovnikov. Hidrogen dari asam terlarut ( $H_3O^+$ ) yang bertindak sebagai elektrofil akan memprotonasi atom karbon ikatan rangkap dan akan berikatan dengan atom karbon

tersebut membentuk karbokation. Aturan Markovnikov menyatakan bahwa adisi elektrofil pada karbon-karbon ikatan rangkap melibatkan pembentukan senyawa intermediet (karbokation) yang stabil. Karbokation yang terbentuk adalah karbokation sekunder. Selanjutnya pada reaksi hidrasi, pasangan elektron bebas dari atom O pada molekul H<sub>2</sub>O akan bertindak sebagai nukleofil yang berikatan dengan karbokation sehingga membentuk alkohol terprotonasi. Kemudian proton dari alkohol terprotonasi mengalami pelepasan sehingga diperoleh kembali katalis asam. Mekanisme reaksi hidrasi  $\beta$ -kariofilena menggunakan katalis asam H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ditunjukkan pada Gambar 4.14.



Gambar 4.14 Mekanisme reaksi hidrasi  $\beta$ -kariofilena

Minyak kenanga hasil hidrasi dilakukan pemurnian dengan menambahkan larutan  $\text{NaHCO}_3$  2 % (b/v). Penambahan  $\text{NaHCO}_3$  2 % berfungsi untuk menetralkan sisa asam yang masih tertinggal dalam minyak kenanga hasil hidrasi. Ekstraksi dilakukan berulang-ulang hingga diperoleh fasa air netral dengan cara mengukur pH fasa air menggunakan pH indikator universal. Fasa air netral mengindikasikan bahwa seluruh sisa asam dalam minyak kenanga telah ternetralkan. Kemudian, fasa organik berupa minyak kenanga hasil hidrasi dapat dipisahkan dari fasa air. Minyak kenanga hasil hidrasi yang telah diekstraksi kemudian dibebaskan dari sisa-sisa air menggunakan  $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , digunakan  $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  karena merupakan agen pengering yang netral, inert, dan cepat menyerap air serta umumnya digunakan untuk menghilangkan air pada ester, aldehyd, keton, nitril, dan amida. Penambahan  $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  dilakukan hingga tidak terbentuk gumpalan kembali, yang merupakan parameter fisik telah terikatnya semua molekul air yang terdapat dalam minyak kenanga (Furniss, *et al.*, 1978). Minyak kenanga hasil hidrasi yang telah terbebas dari air, dialiri dengan  $\text{N}_2$  untuk menguapkan dietil eter yang terdapat dalam minyak kenanga hasil hidrasi.

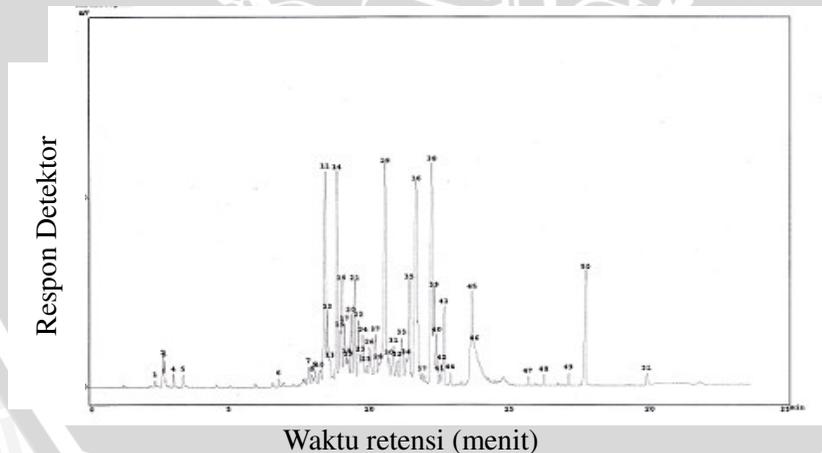
Setelah dilakukan reaksi hidrasi terhadap minyak kenanga, dapat diamati karakter dasarnya berupa warna, berat jenis, dan indeks bias yang dituliskan pada Tabel.4.3. Perubahan warna, berat jenis, dan indeks bias pada minyak kenanga hasil hidrasi merupakan parameter fisik yang menunjukkan terjadinya perubahan komponen penyusun minyak kenanga selama reaksi hidrasi. Perubahan komponen penyusun minyak kenanga secara kualitatif dan kuantitatif diketahui melalui analisis minyak kenanga hasil hidrasi menggunakan KG dan KG-SM. Rendemen minyak kenanga hasil hidrasi yang diperoleh pada masing-masing perlakuan yaitu 25,4 % (dengan katalis  $\text{H}_2\text{SO}_4$  5 %), 41,8 % (dengan katalis  $\text{H}_2\text{SO}_4$  10 %), dan 42,5 % (dengan katalis  $\text{H}_2\text{SO}_4$  15 %).

Tabel 4.3 Parameter fisik minyak kenanga hasil hidrasi

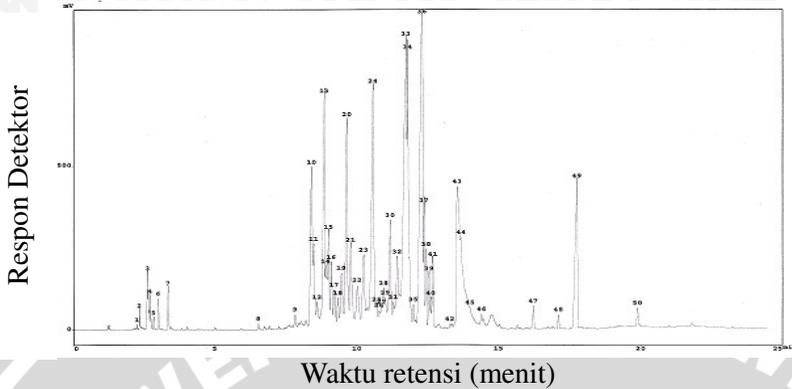
| No. | Perlakuan hidrasi dengan variasi konsentrasi katalis | Karakter dasar    |                    |             |
|-----|--|-------------------|--------------------|-------------|
|     |  | Warna             | Berat jenis (g/mL) | Indeks bias |
| 1.  | 5 %  | Coklat            | 0,90               | 1,507       |
| 2.  | 10 %   | Kuning kecoklatan | 0,89               | 1,501       |
| 3.  | 15 %   | Oranye            | 0,89               | 1,500       |

#### 4.4 Analisis Minyak Kenanga Setelah Hidrasi Menggunakan KG dan KG-SM

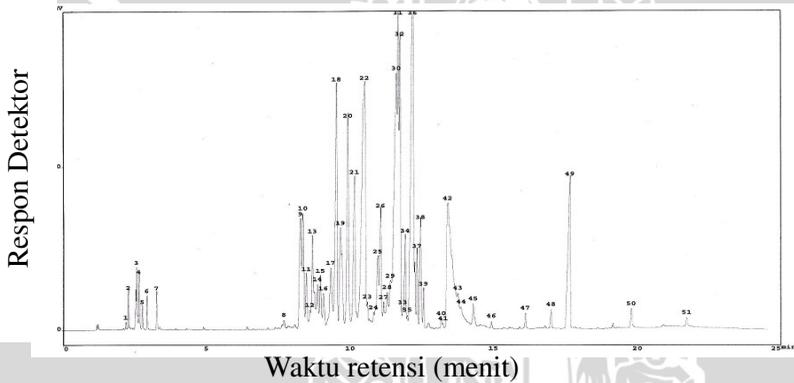
Analisis minyak kenanga hasil hidrasi menggunakan katalis  $H_2SO_4$  dengan variasi katalis 5 %, 10 %, dan 15 % menggunakan KG. Berdasarkan hasil analisis minyak kenanga hasil hidrasi menggunakan KG dengan kolom HP-5, diperoleh kromatogram minyak kenanga hasil hidrasi dengan katalis  $H_2SO_4$  5 %, 10 %, dan 15 % seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.15, Gambar 4.16, dan Gambar 4.17.



Gambar 4.15 Kromatogram KG minyak kenanga hasil hidrasi dengan katalis  $H_2SO_4$  5 %



Waktu retensi (menit)  
 Gambar 4.16 Kromatogram KG minyak kenanga hasil hidrasi dengan katalis  $H_2SO_4$  10 %



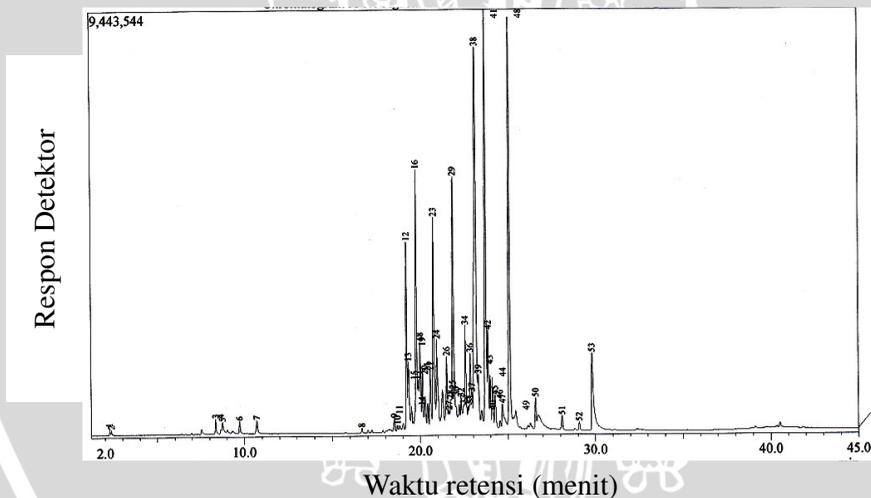
Waktu retensi (menit)  
 Gambar 4.17 Kromatogram KG minyak kenanga hasil hidrasi dengan katalis  $H_2SO_4$  15 %

Analisis minyak kenanga menggunakan KG-SM dilakukan terhadap minyak kenanga hasil hidrasi  $\beta$ -kariofilena menggunakan katalis  $H_2SO_4$  10 %. Analisis menggunakan KG-SM dilakukan hanya pada minyak kenanga tersebut karena profil kromatogram KG minyak kenanga hasil hidrasi yang diperoleh pada masing-masing perlakuan, mempunyai kemiripan profil. Kemiripan profil ini ditinjau dari jumlah puncak yang dihasilkan dan waktu retensi puncak-puncak senyawa penyusun minyak kenanga hasil hidrasi dalam kromatogram KG yang ditunjukkan pada data waktu retensi dan %

area kromatogram disajikan pada Lampiran L.4.3.

Analisis KG-SM ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui jenis-jenis senyawa yang menyusun minyak kenanga hasil hidrasi. Kolom yang digunakan pada alat KG-SM adalah kolom Rtx-5MS (dengan fasa diam berupa dimetil difenil polisiloksan). Alat KG-SM yang digunakan pada analisis minyak kenanga hasil hidrasi sama dengan alat KG-SM yang digunakan pada analisis minyak kenanga sebelum hidrasi. Sehingga perubahan komponen penyusun minyak kenanga sebelum dan setelah hidrasi dapat dibandingkan.

Berdasarkan analisis minyak kenanga hasil hidrasi dengan menggunakan alat KG-SM yang memiliki fasa diam berupa dimetil difenil polisiloksan, diperoleh kromatogram total ionik (TIC) minyak kenanga hasil hidrasi yang ditunjukkan pada Gambar 4.15. Kromatogram total ionik minyak kenanga hasil hidrasi menunjukkan adanya 53 puncak dengan 14 puncak memiliki % area lebih dari 0,5 % yang disajikan pada Lampiran L.4.4.



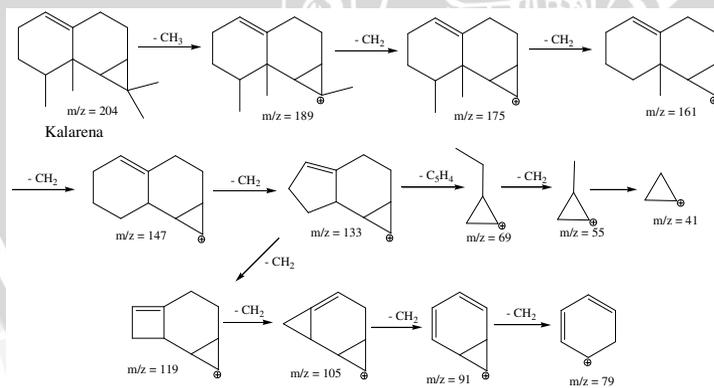
Gambar 4.18 Kromatogram total ionik minyak kenanga hasil hidrasi dengan katalis  $\text{H}_2\text{SO}_4$  10 %

Masing-masing puncak pada kromatogram KG-SM Gambar.4.18, dipindai (*scan*) dalam alat spektrometer massa sehingga menghasilkan spektrum massa yang menunjukkan suatu

pola fragmentasi yang khas untuk setiap senyawa. Berdasarkan spektrum massa masing-masing senyawa tersebut, jenis senyawa penyusun minyak kenanga sebelum hidrasi dapat diketahui dengan melakukan interpretasi spektrum massa melalui bantuan pustaka Willey.

Spektrum massa senyawa penyusun minyak kenanga hasil hidrasi dengan waktu retensi 19,236 menit dari hasil analisis KG-SM menunjukkan adanya puncak  $m/z = 41, 55, 69, 79, 91, 105, 119, 133, 147, 161, 175, 189,$  dan  $204$ . Puncak dengan  $m/z$  tersebut memiliki pola fragmentasi yang sesuai dengan pola fragmentasi senyawa kalarena (Lampiran L.5.12) berdasarkan pustaka Willey (kumpulan data fragmentasi senyawa-senyawa sebagai acuan interpretasi spektrum massa senyawa dalam suatu sampel).

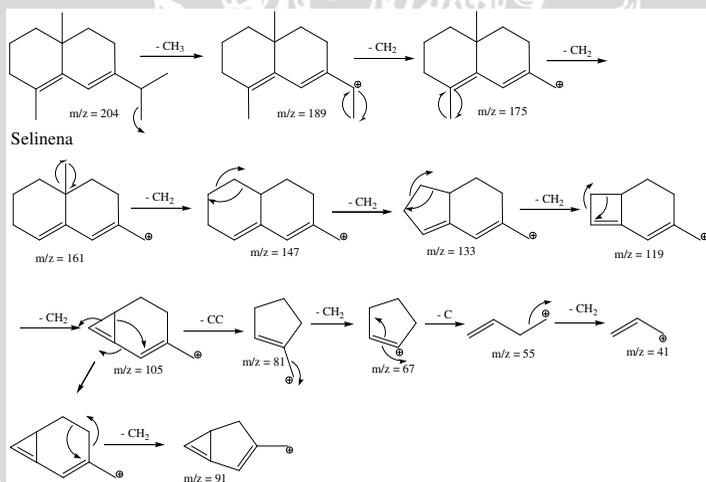
Pemutusan senyawa tersebut melalui pelepasan  $\text{CH}_3$  pada puncak  $m/z = 204$  sehingga diperoleh puncak  $m/z = 189$ . Pemutusan selanjutnya melalui pelepasan  $\text{CH}_2$  secara berturut-turut hingga diperoleh puncak  $m/z = 7$ . Kemudian terjadi pelepasan  $\text{C}_5\text{H}_4$  pada puncak  $m/z = 147$  yang diperoleh puncak  $m/z = 133$ . Pada puncak  $m/z = 133$  terjadi pengurangan  $\text{CH}_2$  sehingga diperoleh puncak  $m/z = 55$ . Pemutusan  $\text{CH}_2$  terjadi lagi menghasilkan puncak  $m/z = 41$ . Puncak-puncak tersebut menunjukkan pola fragmentasi yang khas dari senyawa kalarena. Pola fragmentasi senyawa kalarena ditunjukkan pada Gambar 4.19.



Gambar 4.19 Pola fragmentasi kalarena

Spektrum massa komponen utama dari minyak kenanga hasil hidrasi dengan waktu retensi 20,000 menit menunjukkan adanya puncak  $m/z = 41, 55, 69, 81, 91, 105, 119, 133, 147, 161, 174, 189,$  dan  $204$ . Data pustaka Willey menunjukkan bahwa senyawa ini mempunyai kemiripan dengan pola fragmentasi senyawa selinena (Lampiran L.5.13). Menurut Silverstein (2005), penurunan  $m/z$  14 puncak-puncak secara teratur menunjukkan bahwa senyawa tersebut adalah hidrokarbon tak jenuh (terpenoid). Pemutusan senyawa tersebut melalui pelepasan  $\text{CH}_3$  radikal pada puncak ion molekul ( $\text{M}^+$ ) sehingga diperoleh puncak  $m/z = \text{M}^+ - 15 = 189$ , dilanjutkan dengan pelepasan  $\text{CH}_2$  sehingga diperoleh puncak  $m/z = 175$ , dan terjadi pelepasan  $\text{CH}_2$  berturut-turut hingga menghasilkan puncak  $m/z = 91$ . Selanjutnya pada puncak  $m/z = 105$ , akan terjadi pelepasan radikal - C C menjadi puncak  $m/z = 81$  dan terjadi pelepasan  $\text{CH}_2$ , sehingga diperoleh  $m/z = 67$ . Selanjutnya akan terjadi pelepasan radikal C menghasilkan puncak  $m/z = 55$  dan melepaskan  $\text{CH}_2$ , sehingga diperoleh puncak  $m/z = 41$ .

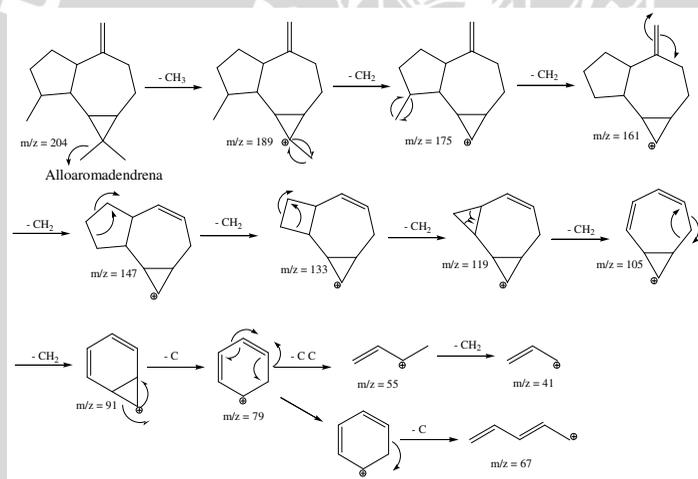
Oleh sebab itu, data diduga komponen utama minyak kenanga hasil hidrasi tersebut adalah selinena. Kemungkinan pola fragmentasi selinena ditunjukkan pada Gambar 4.20.



Gambar 4.20 Pola fragmentasi selinena

Spektrum massa komponen utama minyak kenanga hasil hidrasi dengan waktu retensi 21,508 menit menunjukkan adanya puncak  $m/z = 41, 55, 67, 79, 93, 105, 119, 133, 149, 161, 179, 189$  dan 204. Data pustaka Wiley menunjukkan bahwa senyawa tersebut mempunyai kemiripan dengan fragmentasi senyawa alloaromadendrena (Lampiran L.5.14).

Pemutusan senyawa tersebut melalui pelepasan radikal  $\text{CH}_3$  pada puncak ion molekul ( $\text{M}^+$ ) sehingga diperoleh puncak  $m/z = \text{M}^+ - 15 = 189$ . Pada puncak tersebut, terjadi pengurangan  $m/z$  secara berturut-turut hingga diperoleh puncak  $m/z = 91$ . Pada puncak ini, terjadi pelepasan radikal C sehingga diperoleh puncak  $m/z = 79$ . Puncak  $m/z = 55$  diperoleh melalui pelepasan C-C dari puncak  $m/z = 79$ . Kemudian puncak  $m/z = 55$  melepaskan  $\text{CH}_2$  dan diperoleh puncak  $m/z = 41$ . Pola fragmentasi senyawa alloaromadendrena ditunjukkan pada Gambar 4.21.

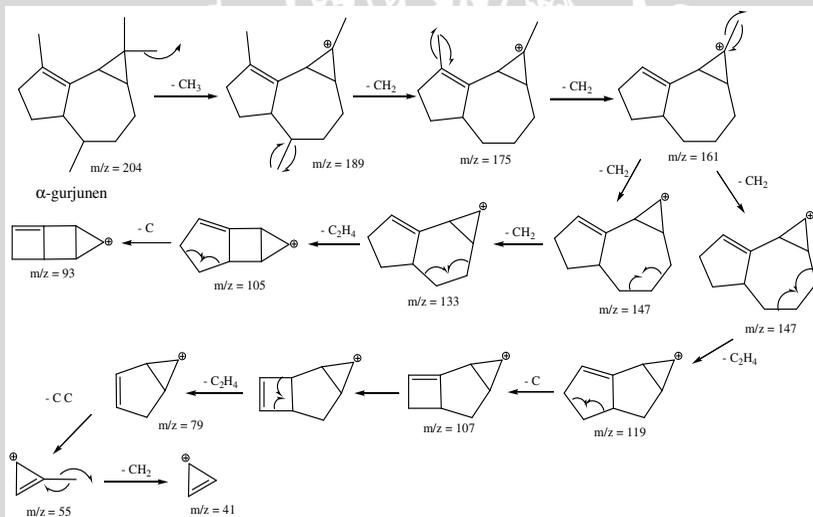


Gambar 4.21 Pola fragmentasi alloaromadendrena

Spektrum massa komponen utama minyak kenanga dengan waktu retensi 22,579 menit menunjukkan adanya puncak  $m/z = 41, 55, 69, 77, 93, 107, 119, 133, 147, 161, 175, 189,$  dan 204. Data pustaka Wiley menunjukkan bahwa senyawa tersebut mempunyai kemiripan dengan fragmentasi senyawa  $\alpha$ -gurjunena (Lampiran L.5.15).

Menurut Silverstein (2005), penurunan  $m/z$  14 puncak-puncak secara teratur menunjukkan bahwa senyawa tersebut adalah golongan hidrokarbon tak jenuh (terpenoid). Pemutusan senyawa tersebut melalui pelepasan  $\text{CH}_3$  radikal pada puncak ion molekul ( $\text{M}^+$ ) sehingga diperoleh puncak  $m/z = \text{M}^+ - 15 = 189$ . Pada puncak  $m/z = 189$  terdapat pengurangan  $\text{CH}_2$  secara berturut-turut hingga diperoleh  $m/z = 105$ . Kemudian terjadi pelepasan radikal C menjadi puncak  $m/z = 93$ . Pada puncak  $m/z = 119$  juga terjadi pelepasan radikal C menghasilkan puncak  $m/z = 107$ . Pada puncak ini, mengalami pelepasan  $\text{C}_2\text{H}_4$  menjadi puncak  $m/z = 79$ . Selanjutnya pemutusan C-C menghasilkan puncak  $m/z = 55$ . Puncak ini akan mengalami  $\text{CH}_2$  dan diperoleh puncak  $m/z = 41$ .

Berdasarkan kesamaannya dengan pola fragmentasi senyawa  $\alpha$ -gurjunen pada data pustaka Wiley, maka dapat diduga komponen utama minyak kenanga hasil hidrasi tersebut adalah  $\alpha$ -gurjunen (Gambar 4.22).

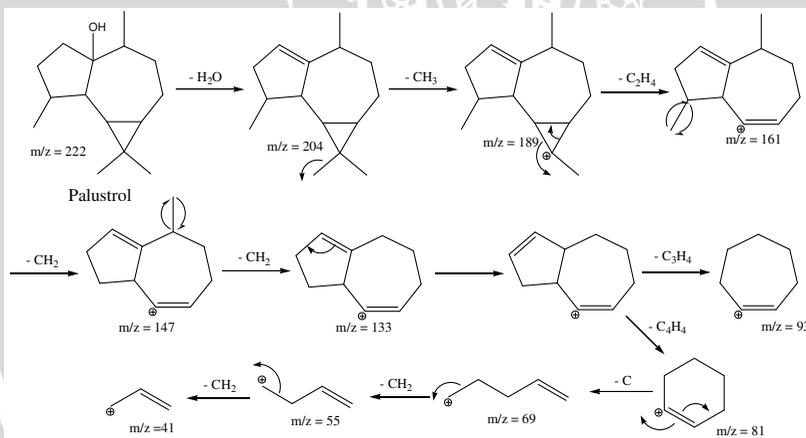


Gambar 4.22 Pola fragmentasi  $\alpha$ -gurjunena

Spektrum massa komponen utama minyak kenanga hasil hidrasi dengan waktu retensi 25,113 menit menunjukkan adanya puncak  $m/z = 41, 55, 69, 81, 95, 111, 122, 135, 149, 161, 179, 189, 204, 222$  dengan berat molekul 222. Data pustaka Wiley menunjukkan bahwa

senyawa tersebut mempunyai kemiripan dengan fragmentasi senyawa palustrol (Lampiran L.5.16). Pemutusan dimulai dari lepasnya senyawa H<sub>2</sub>O sehingga menjadi puncak m/z = 204. Pelepasan CH<sub>3</sub> radikal pada puncak ion molekul (M<sup>+</sup>) diperoleh puncak m/z = M<sup>+</sup> -15 = 189, dilanjutkan dengan melepaskan CH<sub>2</sub>, secara berturut-turut menghasilkan puncak m/z = 133. Puncak ini akan memutuskan C<sub>3</sub>H<sub>4</sub> menjadi puncak m/z = 93. Pada puncak m/z = 133 juga mengalami pelepasan C<sub>4</sub>H<sub>4</sub>, sehingga diperoleh puncak m/z = 81, dilanjutkan dengan pemecahan radikal C menghasilkan m/z = 69. Kemudian akan terjadi pemutusan CH<sub>2</sub>, sehingga diperoleh puncak m/z = 55. Pemecahan lebih lanjut menghasilkan m/z = 41 dengan pelepasan CH<sub>2</sub>.

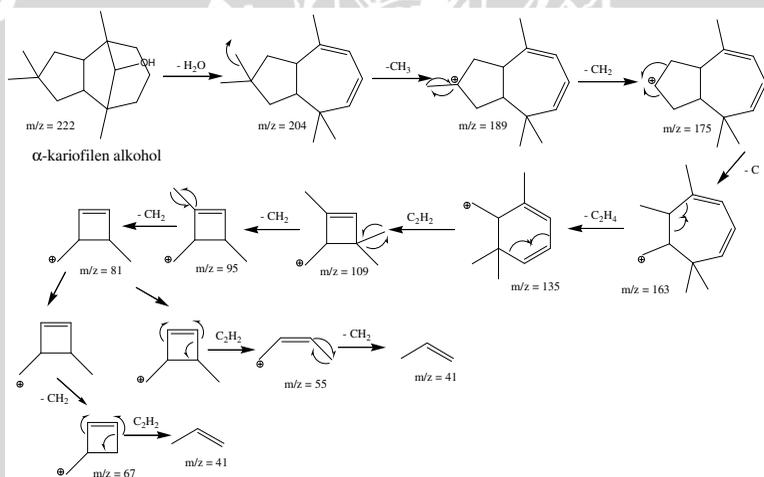
Berdasarkan kesamaannya dengan pola fragmentasi senyawa palustrol pada data pustaka Wiley, maka dapat diduga komponen utama minyak kenanga hasil hidrasi tersebut adalah palustrol (Gambar 4.23).



Gambar 4.23 Pola fragmentasi palustrol

Spektrum massa senyawa komponen utama minyak kenanga hasil hidrasi dengan waktu retensi 24,683 menit menunjukkan adanya puncak m/z = 41, 55, 67, 81, 95, 109, 123, 135, 148, 163, 175, 189, 204, dan 222, dengan berat molekul 222. Data pustaka Wiley menunjukkan bahwa senyawa tersebut mempunyai kemiripan dengan fragmentasi senyawa  $\alpha$ -kariofilen alkohol (Lampiran L.5.17).

Pemutusan senyawa tersebut melalui pelepasan senyawa  $H_2O$  sehingga diperoleh puncak  $m/z = 204$ . Selanjutnya terjadi pelepasan  $CH_3$  menjadi puncak  $m/z = 189$ . Pada puncak ini terdapat pengurangan  $m/z$  14 sehingga diperoleh puncak  $m/z = 175$ . Pada puncak  $m/z = 175$  mengalami pelepasanradikal C menghasilkan puncak  $m/z = 163$ . Kemudian terjadi pemutusan  $C_2H_4$  yang menghasilkan puncak  $m/z = 135$  dan diperoleh puncak  $m/z = 109$  dari pelepasan  $C_2H_2$  pada puncak  $m/z = 135$ . Puncak  $m/z = 109$ , mengalami pemutusan  $CH_2$  secara berturut-turut hingga memperoleh puncak  $m/z = 67$ . Pada puncak  $m/z = 81$ , mengalami pemutusan  $C_2H_2$ , sehingga diperoleh puncak  $m/z = 55$ . Selanjutnya puncak tersebut mengalami pelepasan  $CH_2$ , sehingga diperoleh puncak  $m/z = 41$ . Oleh sebab itu, dapat diduga komponen utama minyak kenanga tersebut adalah  $\alpha$ -kariofilen alkohol. Kemungkinan pola fragmentasi dari senyawa tersebut dapat ditunjukkan pada Gambar 4.24.



Gambar 4.24 Pola fragmentasi  $\alpha$ -kariofilen alkohol

Berdasarkan data-data yang telah tersebut di atas, maka dapat ditabulasikan komponen-komponen minyak kenanga sebelum hidrasi pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Data waktu retensi dan % area kromatogram KG-SM serta jenis penyusun minyak kenanga hasil hidrasi dengan perbandingan 10 %

| Nomor Puncak | Waktu Retensi (menit) | % area | Senyawa                      |
|--------------|-----------------------|--------|------------------------------|
| 12           | 19,236                | 3,93   | kalarena                     |
| 16           | 17,785                | 5,61   | klovena                      |
| 18           | 20,000                | 2,29   | selinena                     |
| 23           | 20,783                | 5,53   | $\beta$ -kariofilena         |
| 24           | 20,955                | 2,90   | kubebena                     |
| 26           | 21,508                | 2,15   | alloaromadendrena            |
| 29           | 21,882                | 7,16   | humulena                     |
| 34           | 22,579                | 2,61   | $\alpha$ -gurjunena          |
| 36           | 22,851                | 2,10   | kopaena                      |
| 38           | 23,172                | 15,24  | farnesena                    |
| 41           | 23,751                | 10,84  | kadinena                     |
| 47           | 24,683                | 0,51   | $\alpha$ -kariofilen alkohol |
| 48           | 25,113                | 10,36  | palustrol                    |
| 53           | 29,826                | 3,08   | benzil benzoat               |

Senyawa-senyawa komponen penyusun minyak kenanga hasil hidrasi dengan katalis  $H_2SO_4$  10 % dalam kromatogram KG dan kromatogram KG-SM ditabulasikan dalam Tabel 4.4. Berdasarkan Tabel 4.4, senyawa-senyawa utama yang merupakan komponen penyusun minyak kenanga hasil hidrasi mempunyai kemiripan dengan senyawa-senyawa dalam kromatogram KG, diantaranya adalah senyawa  $\alpha$ -kariofilen alkohol. Senyawa  $\alpha$ -kariofilen alkohol dalam kromatogram KG-SM dengan waktu retensi 24,683 menit mempunyai kemiripan dengan senyawa dalam kromatogram KG pada puncak nomor 35 dengan waktu retensi 11,993 menit sebesar 0,43 %.

Tabel 4.5 Data komponen penyusun minyak kenanga hasil hidrasi dengan katalis  $H_2SO_4$  10 % dalam kromatogram KG dan kromatogram KG-SM

| Profil Kromatogram KG |                       |       | Profil Kromatogram KG-SM |       |                              |
|-----------------------|-----------------------|-------|--------------------------|-------|------------------------------|
| Puncak                | Waktu retensi (menit) | %area | Waktu retensi (menit)    | %area | Senyawa                      |
| 10                    | 8,397                 | 4,08  | 19,236                   | 3,93  | kalarena                     |
| 13                    | 8,844                 | 5,54  | 17,785                   | 5,61  | klovena                      |
| 15                    | 8,996                 | 2,24  | 20,000                   | 2,29  | selinena                     |
| 20                    | 9,643                 | 5,22  | 20,783                   | 5,53  | $\beta$ -kariofilena         |
| 21                    | 9,779                 | 2,18  | 20,955                   | 2,90  | kubebena                     |
| 23                    | 10,236                | 2,07  | 21,508                   | 2,15  | alloaromadendrena            |
| 24                    | 10,563                | 8,58  | 21,882                   | 7,16  | humulena                     |
| 30                    | 11,174                | 2,76  | 22,579                   | 2,61  | $\alpha$ -gurjunena          |
| 32                    | 11,419                | 2,13  | 22,851                   | 2,10  | kopaena                      |
| 33                    | 11,735                | 11,93 | 23,172                   | 15,24 | farnesena                    |
| 34                    | 11,793                | 5,21  | 23,751                   | 10,84 | kadinena                     |
| 35                    | 11,993                | 0,43  | 24,683                   | 0,51  | $\alpha$ -kariofilen alkohol |
| 36                    | 12,307                | 12,18 | 25,113                   | 10,36 | palustrol                    |
| 49                    | 17,754                | 4,35  | 29,826                   | 3,08  | benzil benzoat               |

Senyawa-senyawa komponen penyusun minyak kenanga hasil hidrasi dengan katalis  $H_2SO_4$  5 %, 10 %, dan 15 % dalam kromatogram KG dan kromatogram KG-SM ditabulasikan dalam Tabel 4.5. Selain itu, terdapat perbedaan senyawa penyusun minyak kenanga bila dibandingkan antara kromatogram minyak kenanga sebelum reaksi hidrasi dan minyak kenanga hasil hidrasi. Beberapa perubahan komponen penyusun ini, ditunjukkan pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Data komponen penyusun minyak kenanga sebelum dan setelah hidrasi

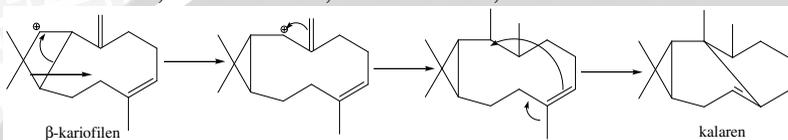
| Minyak kenanga sebelum hidrasi |                | Minyak kenanga setelah hidrasi             |  |  |                      |
|--------------------------------|----------------|--|--|--|----------------------|
| %area                          | Senyawa        | % area (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 5%) | %area (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 10%) | %area (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 15%) | Senyawa              |
| 3,05                           | geranil asetat | -  | -  | -  | -                    |
| -                              | -              | 7,41                                       | 4,08                                       | 2,25                                       | kalarena             |
| -                              | -              | 7,09                                       | 5,54                                       | 2,33                                       | klovena              |
| -                              | -              | 2,86                                       | 2,24                                       | 0,91                                       | selinena             |
| 39,99                          | β-kariofilena  | 3,07                                       | 5,22                                       | 5,64                                       | β-kariofilena        |
| 0,71                           | kubebena       | 1,72                                       | 2,18                                       | 4,23                                       | kubebena             |
| -                              | -              | 2,04                                       | 2,07                                       | 3,19                                       | alloaromadendrena    |
| 9,87                           | humulena       | 10,14                                      | 8,58                                       | 11,02                                      | humulena             |
| -                              | -              | 2,04                                       | 2,76                                       | 2,05                                       | α-gurjunen           |
| 2,42                           | kopaena        | 2,99                                       | 2,13                                       | 1,16                                       | kopaena              |
| 9,46                           | germakrena     | -  | -  | -  | -                    |
| 11,49                          | farnesena      | 11,83                                      | 11,93                                      | 10,11                                      | farnesena            |
| 1,36                           | amorfena       | -  | -  | -  | -                    |
| 5,85                           | kadinena       | 0,19                                       | 5,21                                       | 4,67                                       | kadinena             |
| -                              | -              | 9,30                                       | 0,43                                       | 0,09                                       | α-kariofilen alkohol |
| -                              | -              | 2,34                                       | 12,18                                      | 11,80                                      | palustrol            |
| 1,33                           | δ-kadinol      | -  | -  | -  | -                    |
| 1,50                           | α-kadinol      | -  | -  | -  | -                    |
| 2,86                           | benzil benzoat | 4,03                                       | 4,35                                       | 4,43                                       | benzil benzoat       |

Berdasarkan Tabel 4.6, senyawa  $\alpha$ -kariofilen alkohol yang muncul pada kromatogram total ionik merupakan hasil hidrasi senyawa  $\beta$ -kariofilena. Rendemen reaksi hidrasi dengan katalis  $\text{H}_2\text{SO}_4$  5 %, 10 %, dan 15 % membentuk senyawa  $\alpha$ -kariofilen alkohol belum maksimal, yang ditunjukkan masih munculnya puncak senyawa  $\beta$ -kariofilena pada kromatogram minyak kenanga hasil hidrasi. Rendemen  $\alpha$ -kariofilen alkohol yang terbentuk sebesar 7,32 % (hidrasi dengan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  5 %), 0,56 % (hidrasi dengan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  10 %), dan 0,12 % (hidrasi dengan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  15 %). Rasio perbandingan reaktan yang digunakan juga dapat mempengaruhi rendemen  $\alpha$ -kariofilen alkohol. Pada reaksi ini telah digunakan reaktan yang berlebih, yaitu  $\beta$ -kariofilena :  $\text{H}_2\text{O} = 1 : 5$  perhitungan pada Lampiran L.3.7), tetapi ternyata belum mampu mengkonversi semua  $\beta$ -kariofilena dalam minyak kenanga menjadi  $\alpha$ -kariofilen alkohol. Hal ini disebabkan karena dalam minyak kenanga juga terdapat senyawa alkena lain seperti germakrena dan amorfena. Adanya senyawa alkena selain  $\beta$ -kariofilena dapat bertindak sebagai kompetitor untuk  $\beta$ -kariofilena dalam hidrasi.

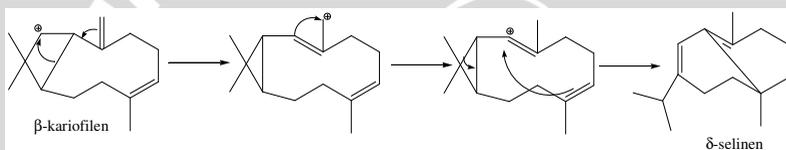
Berdasarkan reaksi hidrasi yang telah dilakukan, senyawa  $\alpha$ -kariofilen alkohol yang terbentuk mengalami kenaikan dengan penurunan konsentrasi katalis asam. Pada katalis 15 %, senyawa  $\alpha$ -kariofilen alkohol yang terbentuk mempunyai jumlah 0,09 % dan 0,43 % pada katalis  $\text{H}_2\text{SO}_4$  10 %, sedangkan pada katalis  $\text{H}_2\text{SO}_4$  5 %, senyawa  $\alpha$ -kariofilen alkohol yang terbentuk mempunyai jumlah yang paling besar yaitu 9,30 %. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi asam sulfat berpengaruh terhadap terbentuknya senyawa  $\alpha$ -kariofilen alkohol. Semakin rendah konsentrasi katalis asam sulfat, maka semakin meningkat kadar kariofilen alkohol. Pada katalis asam sulfat dengan konsentrasi 5 % mempunyai lebih banyak molekul air ( $\text{H}_2\text{O}$ ) dibandingkan pada asam sulfat dengan konsentrasi yang lebih tinggi. Air berfungsi sebagai reaktan, sehingga secara stoikiometri, semakin banyak jumlah reaktan yang bereaksi, maka semakin banyak produk yang dihasilkan. Oleh sebab itu, pada konsentrasi katalis asam sulfat 5 % menghasilkan produk  $\alpha$ -kariofilen alkohol paling besar.

Berdasarkan Tabel 4.5, menunjukkan adanya penurunan jumlah komponen  $\beta$ -kariofilena sebesar 34,77 % dan terbentuknya beberapa

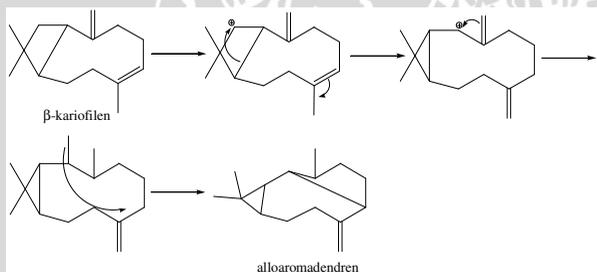
senyawa baru. Hal ini dikarenakan senyawa  $\beta$ -kariofilena bukan hanya mengalami reaksi hidrasi, tetapi juga mengalami reaksi penataan ulang menjadi beberapa senyawa baru, yaitu senyawa kalarena, klovena, selinena, alloaromadendrena, dan  $\alpha$ -gurjunena. Mekanisme penataan ulang senyawa  $\beta$ -kariofilena menjadi kalarena, selinena, alloaromadendrena, dan  $\alpha$ -gurjunena, ditunjukkan pada Gambar 4.25, Gambar 4.26, Gambar 4.27, dan Gambar 4.28.



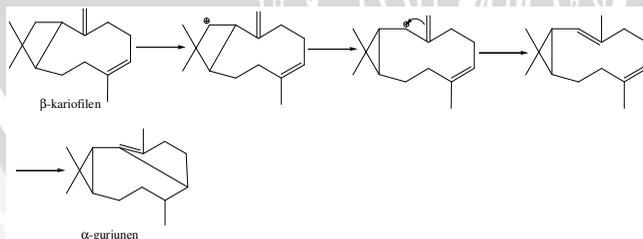
Gambar 4.25 Penataan ulang  $\beta$ -kariofilena menjadi kalarena



Gambar 4.26 Penataan ulang  $\beta$ -kariofilena menjadi selinena

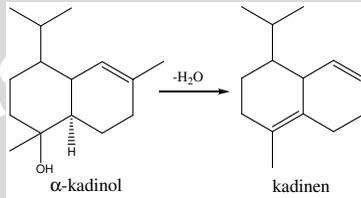


Gambar 4.27 Penataan ulang  $\beta$ -kariofilena menjadi alloaromadendrena

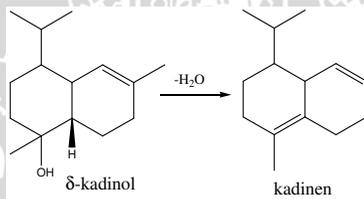


Gambar 4.28 Penataan ulang  $\beta$ -kariofilena menjadi  $\alpha$ -gurjunena

Senyawa  $\alpha$ -kadinol dan  $\delta$ -kadinol tidak muncul dalam minyak kenanga hasil hidrasi. Senyawa  $\alpha$ -kadinol dan  $\delta$ -kadinol mengalami reaksi dehidrasi membentuk senyawa alkena yaitu senyawa kadinena. Reaksi dehidrasi dari senyawa kadinol yang menyebabkan terjadinya peningkatan % area senyawa kadinena pada minyak kenanga hasil hidrasi. Reaksi dehidrasi  $\alpha$ -kadinol dan  $\delta$ -kadinol ditunjukkan pada Gambar 4.29 dan Gambar 4.30.

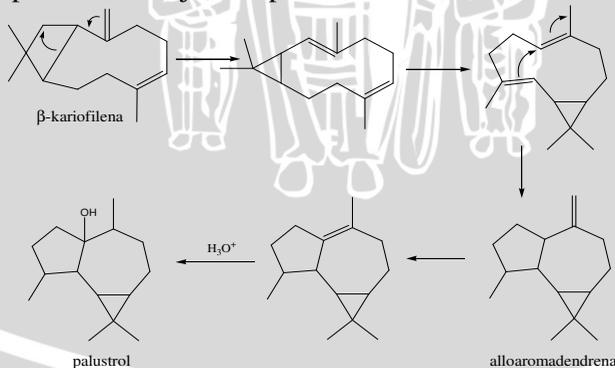


Gambar 4.29 Reaksi dehidrasi  $\alpha$ -kadinol



Gambar 4.30 Reaksi dehidrasi  $\delta$ -kadinol

Dalam minyak kenanga hasil hidrasi juga terdapat senyawa palustrol. Senyawa ini merupakan hasil reaksi hidrasi dari senyawa alloaromadendrena. Reaksi hidrasi alloaromadendrena menjadi senyawa palustrol ditunjukkan pada Gambar 4.31.



Gambar 4.31 Reaksi hidrasialloaromadendrena menjadi palustrol

#### 4.5 Uji Aktivitas Minyak Kenanga Sebelum dan Setelah Hidrasi Sebagai Antibakteri *S. aureus*

Uji aktivitas minyak kenanga sebagai bahan zat antibakteri dilakukan dengan menggunakan metode difusi cakram dan parameter yang digunakan yaitu penentuan diameter zona hambat dalam satuan mm. Pengujian daya hambat dilakukan terhadap bakteri *S. aureus*. Uji antibakteri ini dilakukan untuk mengetahui ada tidaknya daya hambat minyak kenanga terhadap bakteri *S. aureus* dan pengaruh minyak kenanga hasil hidrasi terhadap daya hambatnya. Hasil uji aktivitas minyak kenanga hasil hidrasi terhadap bakteri *S. aureus* disajikan dalam Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Data daya hambat minyak kenanga sebelum dan setelah hidrasi terhadap bakteri *S. aureus*

| No | Senyawa   | Diameter zona hambat (mm) |
|----|---|---------------------------|
| 1  | Minyak kenanga sebelum hidrasi  | 10                        |
| 2  | Minyak kenanga hasil hidrasi dengan konsentrasi katalis H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 5 %  | 8                         |
| 3  | Minyak kenanga hasil hidrasi dengan konsentrasi katalis H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 10 % | 8                         |
| 4  | Minyak kenanga hasil hidrasi dengan konsentrasi katalis H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 15 % | 8                         |
| 5  | Kontrol   | 0                         |

Aktivitas antibakteri suatu minyak atsiri ditentukan oleh komposisi komponen dalam minyak, struktur dan gugus fungsi senyawa penyusun minyak, serta kemungkinan hubungan sinergisitas diantara komponen penyusunnya (Dorman dan Deans, 2000). Berdasarkan Tabel 4.6, dapat diketahui bahwa daya hambat minyak kenanga sebelum hidrasi lebih tinggi dibandingkan daya hambat minyak kenanga hasil hidrasi. Hal ini diduga disebabkan adanya sifat hidrofobisitas dari senyawa  $\beta$ -kariofilena. Senyawa  $\beta$ -kariofilena yang mempunyai gugus alkena dapat meningkatkan aktivitas

antibakteri karena adanya sifat hidrofobisitas dari senyawa tersebut.

Daya hambat minyak kenanga hasil hidrasi yang lebih rendah dibandingkan dengan minyak kenanga sebelum hidrasi diduga disebabkan  $\alpha$ -kariofilen alkohol dan palustrol merupakan senyawa alkohol yang dapat menurunkan hidrofobisitas dari minyak kenanga. Adanya sifat hidrofobik mengakibatkan mudahnya menembus membran sel sehingga bakteri akan mengalami hambatan pertumbuhan. Oleh sebab itu, penurunan hidrofobisitas menyebabkan menurunnya kemampuan antibakteri minyak kenanga hasil hidrasi. Selain itu, rendahnya daya hambat minyak kenanga juga disebabkan adanya senyawa yang bersifat antagonis satu sama lain di antara senyawa-senyawa penyusun minyak kenanga hasil hidrasi.

Mekanisme penghambatan pertumbuhan bakteri oleh minyak kenanga sebelum dan setelah hidrasi pada lapisan fosfolipid kemungkinan disebabkan oleh sifat hidrofobik senyawa-senyawa dalam minyak kenanga tersebut. Minyak kenanga sebelum dan setelah hidrasi masuk ke dalam tubuh bakteri melalui membran sel. Adanya senyawa-senyawa tersebut akan menyebabkan interaksi dengan fosfolipida sehingga fosfolipida tidak mampu melaksanakan fungsinya dengan baik dan akan mengalami kerusakan. Bila fosfolipida itu rusak dan tidak mampu mempertahankan bentuk membran sel maka membran sel menjadi bocor. Bocornya membran sel menyebabkan zat-zat yang diperlukan untuk metabolisme sel bakteri akan terbuang keluar dan dapat mencegah masuknya bahan-bahan makanan atau nutrisi yang diperlukan bakteri untuk menghasilkan energi, akibatnya bakteri akan mengalami hambatan pertumbuhan dan bahkan kematian.

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa :

- 4 Reaksi hidrasi  $\beta$ -kariofilena menjadi  $\alpha$ -kariofilen alkohol dalam minyak kenanga dengan variasi konsentrasi asam sulfat 5 %, 10 %, dan 15 % mempengaruhi kadar  $\alpha$ -kariofilen alkohol , yaitu sebesar 7,32 % (konsentrasi asam 5 %) , 0,56 % (konsentrasi asam 10 %), dan 0,12 % (konsentrasi asam 15 %). Semakin rendah konsentrasi asam sulfat, semakin meningkat kadar  $\alpha$ -kariofilen alkohol.
- 5 Reaksi hidrasi terhadap  $\beta$ -kariofilena dalam minyak kenanga mengakibatkan terjadinya perubahan komponen penyusun minyak kenanga.
- 6 Minyak kenanga hasil reaksi hidrasi mampu menghambat pertumbuhan bakteri *S. aureus*. Selain itu minyak kenanga hasil hidrasi menurunkan pertumbuhan bakteri *S. aureus* terhadap minyak kenanga sebelum hidrasi.

### 5.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai hidrasi  $\beta$ -kariofilena dalam minyak kenanga dengan melakukan optimas variasi katalis, temperatur dan waktu reaksi. Selain itu, perlu dilakukan pemisahan senyawa-senyawa dalam minyak kenanga sebelum dilakukan uji antibakteri sehingga dapat diketahui senyawa yang memiliki kontribusi sebagai antibakteri.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ajizah, A., 2004, **Sensitivitas *Salmonella Typhimurium* Terhadap Ekstrak Daun *Psidium Guajava***, FKIP Universitas Lambung Mangkurat,-
- Anonim, 2006, **Mass Spectrometry**, <http://en.wikipedia.org/>, tanggal akses 31 Desember 2006
- Anonim, 2008, **Ylang-ylang Essential Oil**, <http://www.bathheaven.com/>, diakses tanggal 30 April 2008
- Anonim, 2008, **Caryophyllene**, <http://www.wikipedia.co.id/> diakses tanggal 15 September 2008
- Anonim, 2009, **Kenanga Harumnya Menyejukkan Hati**, <http://www.tabloidnova.com/articles.asp?id=8825>, diakses tanggal 20 Oktober 2007
- Anonim, 2009, **Markovnikov's Rule**, <http://www.wikipedia.co.id/>, diakses tanggal 20 Juni 2009
- Bonang,G. dan E.S. Koeswardono, 1982, **Mikrobiologi Kedokteran untuk Laboratorium dan Klinik**, Gramedia, Jakarta
- Bougatsos, C., O. Ngassapa, D. K. B. Runyoro, and I. B. Chinou, 2004, **Chemical Composition and *in vitro* Antimicrobial Activity of the Essential Oils of Two *Helichrysum* Species from Tanzania**, Verlag der Zeitschrift für Naturforschung, Tübingen
- Capuccino, James G., dan Natalie Sherman, 2001, **Microbiology : A Laboratory Manual**, Sixth Edition, Benjamin Cummings, San Fransisco
- Carey, and A. Francis, 2003, **Organic Chemistry**, 5<sup>th</sup> Edition, Mc Graw Hill, New York

Clark, J., 2002, **The Effect of Catalists on Reaction Rates**, <http://www.chemguide.co.uk/physical/catalysismenu.html>, diakses tanggal 28 Februari 2007

Dorman, H.J.D dan S.G Deans, 2000, **Antimicrobial Agents From Plants: Antibacterial Activity of Plant Volatile Oils**, *Journal of Applied Microbiology*, Volume 88

Dwidjoseputro, 1998, **Dasar-dasar Mikrobiologi**, Djambatan, Jakarta

Edberg, S.C. dan S.A Berger, 1986, **Antibiotika dan Infeksi**, Alih bahasa: Chandra, Penerbit Buku Kedokteran EGC, Jakarta

Entjang,I., 2001, **Mikrobiologi dan Parasitologi untuk Akademi Keperawatan**, PT. Citra Aditya Bakti, Bandung

Fessenden, R.J. and J.S. Fessenden, 1999, **Organic Chemistry**, Willard Grant Press, Masschussets

Hammer, K.A.; Carson, C.F.; dan Riley, 1999, **Antimicrobial Activity of Essential Oils and Other Plant Extract**, The society for Applied Microbiology, *Journal of Applied Microbiology*, Western Australia

Handika, I.N., 1996, **Identifikasi Senyawa-Senyawa Citarasa Penyusun Biji Coklat (*Theobroma cacao* L.) Hasil Destilasi Uap-Ekstraksi dengan Pengesthak Kloroform**, *Skripsi*, Fakultas MIPA Universitas Brawijaya, Malang

Harborne, J. B., 1987, **Metode Fotokimia: Penentuan cara Modern Menganalisis Tumbuhan**, Edisi Kedua, ahli Bahasa : Kosasih Padmawinata dan Iwang Soediro, Penerbit ITB, Bandung

Harris, R., 1987, **Tanaman Minyak Atsiri**, PT. Penebar Swadaya, Jakarta

Hatta, H., T. Sato, S. Tsukada, dan K. Isida, 2008, **Acne Vulgaris Treating**, <http://www.freepatent.com> diakses tanggal 12 September 2008

Hendayana, S., 2006, **Kimia Pemisahan**, PT Remaja Rosdakarya, Bandung

Jawetz, E.,J.L. Melnick dan E.A. Adelberg, 1966, **Mikrobiologi Kedokteran**. Alih bahasa : Edi Nugroho dan R.F Maulany, EGC Buku Kedokteran, Jakarta

John A.J., Karunakran V.P., and George V., 2007, **Chemical Composition an Antibacterial Activity of *Neolitsea foliosa* (Nees) Gamble Var. *Caesia* (Meisner) Gamble**. J. Essent. Oil Res. 19: 498-500.

Ketaren, S., 1985, **Pengantar Teknologi Minyak Atsiri**, Balai Pustaka, Jakarta

Lenny, S., 2006, **Karya Ilmiah Senyawa Terpenoid Dan Steroida**, Departemen Kimia Fakultas MIPA Universitas Sumatera Utara, Medan

Levinson,W. and E. Jawetz, 2000, **Medical Microbiology and Immunology**, Sixth Edition, Mc GrawHill, New York

Liu, H., 1997, **Process for the preparation of  $\beta$ -caryophyllene alcohol**, Research Institute of Chemical Processing and Utilization of Forest,-

Ma'rufah, D.M., 2004, **Studi Pengaruh Jenis Asam Terhadap Dehidrasi Patchouli Alkohol Menjadi Patchoulena**, Skripsi, FMIPA, Universitas Brawijaya, Malang

Marwati, T. dan E. Mulyono, 2005, **Kajian Proses Pemurnian Minyak Kenanga**, Buletin Teknologi Pascapanen Pertanian, Bogor

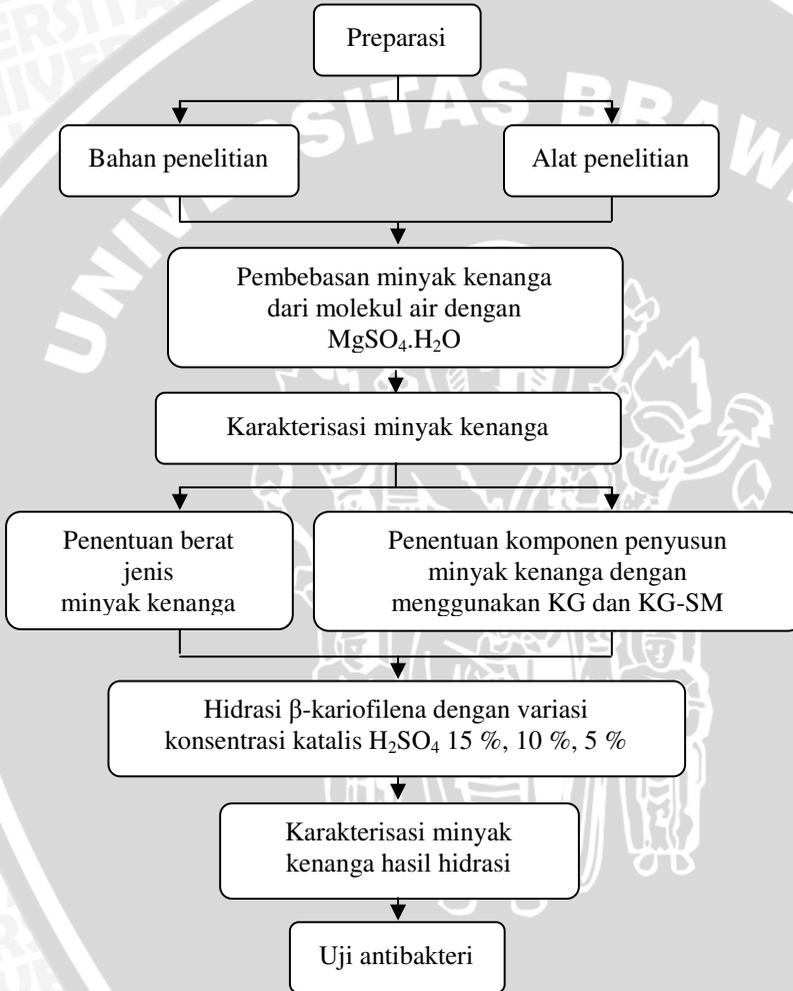
- McMurry, J., 1994, *Fundamentals of Organic Chemistry*, Brooks/Cole Publishing Company, USA
- Miller, F.M., 1990, **Chemistry, Structure and Dynamics**, International Student Edition, Mc.Graw-Hill, Inc., New York
- Nadzifah, R., 2006, **Potensi Ekstrak Kayu Tanaman Obat Sebagai Antibakteri**, Skripsi, Jurusan Biologi Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya, Malang
- Noviana, L., 2004, **Identifikasi Senyawa Flavanoid Hasil Isolasi dari Propolis Lebah Madu (*Apis mellifera*) dan Uji Aktivitasnya Sebagai Antibakteri *Staphylococcus aureus***, Skripsi, Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya, Malang
- Nurdjannah, N., 2007, **Minyak Ylang-ylang Dalam Aromaterapi Dan Prospek Pengembangannya Di Indonesia**, Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian,-
- Pelzcar, M.J., dan S. Chan, 1988, **Dasar-dasar Mikrobiologi**, Jilid 1 dan 2, Alih bahasa: Hadioetomo, R.S. dan Tjitrosomo, S.L., UI-Press, Jakarta
- Pytela, O., and B. Trlida, 2007, **Kinetics And Mechanism of Acid Catalysed Hydration of  $\alpha$ -methylstyrenes**, Institute of Organic Chemistry and Biochemistry, Czech Chemistry Community, Vol. 72, No. 8, pp. 1025-1036
- Sastrohamidjojo, H. , 2004, **Kimia Minyak Atsiri**, Gajah Mada University Press, Yogyakarta
- Sax, N.I. and R.J. Lewis, 1987, **Hawley's Condensed Chemical Dictionary**, Van Nostrand Reinhold Company, New York

- Silverstein, R.M., G.C. Bassler, dan T.C. Moril, 1986, **Penyidikan Spektroskopi Senyawa Organik**, Edisi 4, Alih Bahasa Hartomo, Erlangga, Jakarta
- Silverstein, R.M., F.X. Webster, and D.J. Kiemle, 2005, **Spectrometric Identification of Organic Compound**, John Wiley and Sons, Inc., New York
- Sukardjo, 1990, **Kimia Anorganik**, Rineka Cipta, Jakarta
- Svoboda, J., M. Pelcova, T. Nevecna, and O. Pytela, 2005, **Kinetics and Mechanism of Acetoxymercuration and Acid-Catalysed Hydration of  $\alpha$ -Alkylstyrenes**, International Journal of Molecular Sciences, Vol 6, pp. 30-44
- Tortora, G.J., B.R Fanke, dan C.L Case, 2002, **Microbiology an Introduction**, 7<sup>th</sup> edition, Pearson Education, Inc., San Fransisco
- Vieira, G. D. V., O. V. Sousa, C. H. Yamamoto, and M. A. C. Kaplan, 2009, **Chemical Composition and Antimicrobial Activity of the Essential Oils of *Ageratum fastigiatum* (Asteraceae)**, Record of natural products Vol 3:1, pp. 52-57
- Volk, W.A., dan Margareth F.W., 1993, **Mikrobiologi Dasar**, Edisi kelima. Jilid I : Markham, Penerbit Erlangga, Jakarta, hal. 123-129
- Wade, L.G, 1991, **Organic Chemistry**, 2<sup>nd</sup> Edition, Prentice-Hall, Inc., New Jersey
- Zwenger, S., and C. Basu, 2008, **Plant terpenoids: applications and future potentials**, Biotechnology and Molecular Biology Reviews Vol. 3 (1), pp. 001-007

# LAMPIRAN

## LAMPIRAN 1

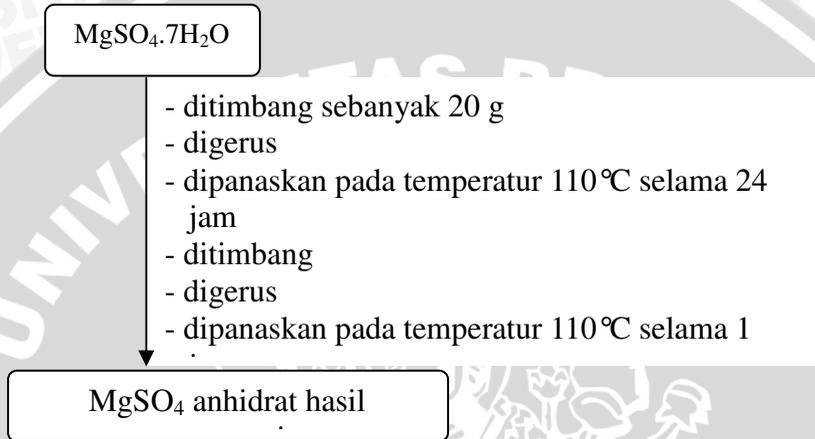
### DIAGRAM ALIR TAHAPAN PENELITIAN



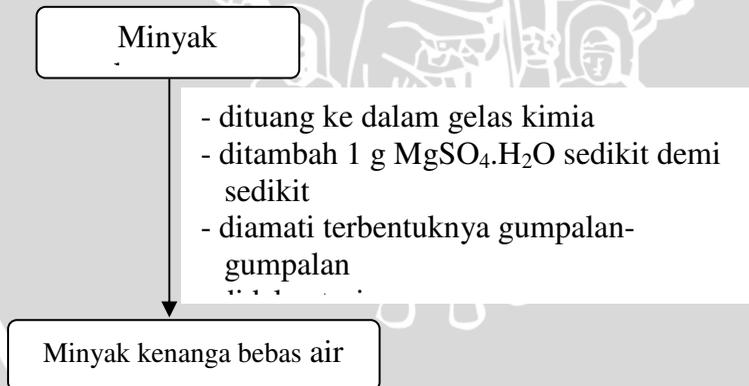
## LAMPIRAN 2

### SKEMA KERJA SECARA UMUM

#### L.2.1 Preparasi $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$



#### L.2.2 Pembebasan Minyak Kenanga dari Molekul Air dengan $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$



### L.2.3 Analisis Minyak Kenanga Sebelum dan Setelah Hidrasi dengan menggunakan KG

Minyak kenanga sebelum hidrasi dan setelah hidrasi

- diambil 0,2  $\mu\text{L}$  dengan menggunakan siring
- diinjeksikan ke dalam alat KG

Profil kromatogram

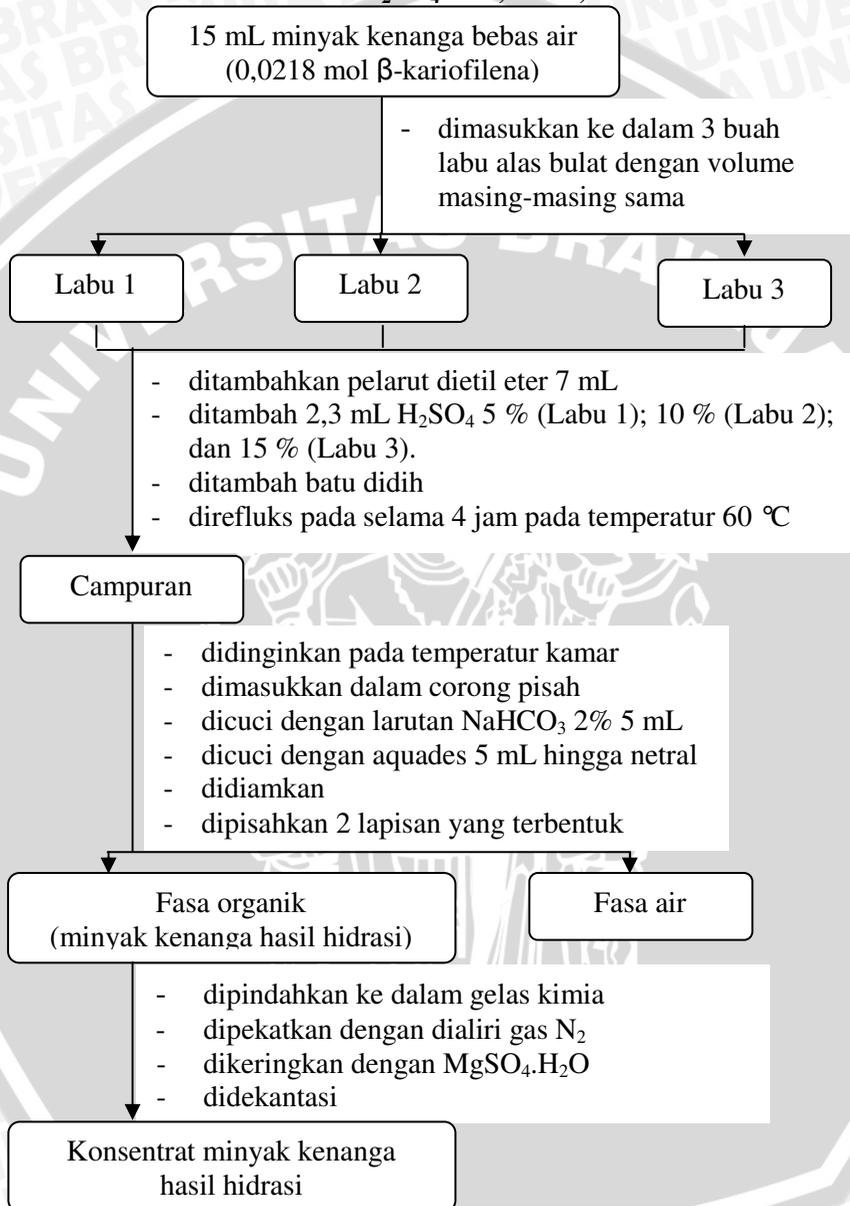
### L.2.4 Analisis Minyak Kenanga Sebelum dan Setelah Hidrasi dengan menggunakan KG-SM

Minyak kenanga

- diambil 0,2  $\mu\text{L}$  dengan menggunakan siring
- diinjeksikan ke dalam alat KG-SM

Profil kromatogram dan spektra massa komponen minyak kenanga

## L.2.5 Hidrasi $\beta$ -Kariofilena dalam Minyak Kenanga dengan Variasi Konsentrasi Katalis $\text{H}_2\text{SO}_4$ 5 %, 10 %, 15 %



## L.2.6 Uji Antibakteri Minyak Kenanga Sebelum dan Setelah Hidrasi

### L.2.6.1 Peremajaan biakan murni *S. aureus*

Bakteri

- Digoreskan secara aseptis dengan jarum ose pada media padat NAP agar miring
- Ditutup dengan kapas
- Diinkubasi selama 48 jam pada temperatur 37 °C

Hasil Peremajaan

### L.2.6.2 Pembuatan Larutan Bakteri *S. aureus* 10<sup>6</sup> sel/mL

*S. aureus* 0,5 McFarland

- Diambil 1 ose
- Ditambah 10 mL akuades steril
- Dicampur hingga rata

*S. aureus* 10<sup>6</sup> sel/mL

### L.2.6.3 Pembuatan Nutrient Agar Plate

#### Nutrien Agar

- Ditimbang sebanyak 2 gram
- Dicairkan dalam 100 mL akuades dan dipanaskan hingga mendidih sambil diaduk
- Dimasukkan dalam tabung reaksi masing-masing 10 mL dan ditutup dengan kapas
- Disterilkan dengan autoklaf pada temperatur 121 °C tekanan 15 Psi selama 15 menit
- Didinginkan dalam keadaan miring selama 24 jam.

#### Media Padat NAP

### L.2.6.4 Uji Antibakteri dengan Metode Difusi Cakram

#### Media Padat

- dipanaskan hingga mencair
- didinginkan pada dan dituangkan dalam cawan petris steril
- ditambahkan 0,1 mL larutan bakteri aktif *S. aureus* dihomogenkan dan dibiarkan memadat
- diberi kertas saring yang telah diserapkan pada minyak kenanga dan diletakkan pada permukaan media padat
- diinkubasi pada temperatur 37 °C selama 24 jam
- diukur diameter zona hambat yang terbentuk dengan menggunakan penggaris.

#### Data diameter hambat

### LAMPIRAN 3

### PERHITUNGAN

#### L.3.1 Data preparasi $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$

##### L.3.1.1 Tabel Penimbangan $\text{MgSO}_4$ hingga diperoleh Berat Konstan

| No | Penimbangan   | Massa $\text{MgSO}_4$ (g) |
|----|---|---------------------------|
| 1  | Awal  | 34,01                     |
| 2  | Setelah dioven 24 jam pada temperatur $120^\circ\text{C}$ | 19,68                     |
| 3  | Setelah dioven 1 jam pada temperatur $120^\circ\text{C}$  | 19,64                     |
| 4  | Setelah dioven 1 jam pada temperatur $120^\circ\text{C}$  | 19,62                     |
| 5  | Setelah dioven 1 jam pada temperatur $120^\circ\text{C}$  | 19,62                     |
| 6  | Setelah dioven 1 jam pada temperatur $120^\circ\text{C}$  | 19,62                     |

##### L.3.1.2 Perhitungan Molekul Hidrat yang Hilang Setelah Preparasi



dimana  $x$  = jumlah molekul hidrat yang hilang

$$\text{massa } \text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} = 34,01 \text{ g}$$

$$\text{massa } \text{MgSO}_4 \cdot (7-x)\text{H}_2\text{O} = 19,62 \text{ g}$$

$$\text{massa } x\text{H}_2\text{O} = \text{massa } \text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} - \text{massa } \text{MgSO}_4 \cdot (7-x)\text{H}_2\text{O}$$

$$= 34,01 \text{ g} - 19,62 \text{ g}$$

$$= 14,39 \text{ g}$$

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

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

$$\text{Mol } \text{MgSO}_4 \cdot (7-x)\text{H}_2\text{O} = \frac{\text{massa } \text{MgSO}_4 \cdot (7-x)\text{H}_2\text{O}}{\text{Mr } \text{MgSO}_4 \cdot (7-x)\text{H}_2\text{O}}$$

$$= \frac{19,62 \text{ g}}{120 \text{ g/mol} + (7-x)18 \text{ g/mol}}$$

$$\text{Mol } x\text{H}_2\text{O} = \frac{\text{Massa } x\text{H}_2\text{O}}{\text{Mr } x\text{H}_2\text{O}} = \frac{14,39 \text{ g}}{(x)18 \text{ g/mol}}$$

$$x = \frac{\text{mol}xH_2O}{\text{mol}MgSO_4 \cdot (7-x)H_2O}$$

$$= \frac{14,39 \text{ g}}{(x)18 \text{ g/mol}} \quad X \quad \frac{120 \text{ g/mol} + (7-x) 18 \text{ g/mol}}{19,62 \text{ g}}$$

$$= \frac{3545,14 - 259,02x}{353,16x}$$

$$\rightarrow 353,16x = 3545,14 - 259,02x$$

$$= 5,791 \approx 6$$

### L.3.2 Perhitungan Mol $\beta$ -Kariofilena dalam Minyak Kenanga

Massa jenis minyak kenanga = 0,92 g/mL

Volume minyak kenanga = 15 mL

Massa minyak kenanga = Massa jenis x volume

$$= 0,92 \text{ g/mL} \times 15 \text{ mL}$$

$$= 13,8 \text{ g}$$

Massa  $\beta$ -kariofilena = 32,21% x 13,8 g

$$= 4,445 \text{ g}$$

Massa molekul (BM)  $\beta$ -kariofilena = 204,36 g/mol

$$\text{Mol } \beta\text{-kariofilena} = \frac{\text{Massa } \beta\text{-kariofilena}}{\text{BM } \beta\text{-kariofilena}}$$

$$= \frac{4,445 \text{ g}}{204,36 \text{ g/mol}}$$

$$= 0,0218 \text{ mol}$$

### L.3.3 Perhitungan Massa Jenis Minyak Kenanga Sebelum Hidrasi

Volume minyak kenanga = 10 mL

| No | Massa piknometer (g) | Massa piknometer + minyak kenanga (g) | Massa minyak kenanga (g) |
|----|----------------------|---------------------------------------|--------------------------|
| 1  | 7,98                 | 17,19                                 | 9,21                     |
| 2  | 7,98                 | 17,17                                 | 9,19                     |
| 3  | 7,98                 | 17,18                                 | 9,20                     |

Massa rata-rata minyak kenanga :

$$\frac{\text{Massa minyak kenanga } 1+2+3}{3}$$

$$= \frac{9,21 + 9,19 + 9,20}{3} \text{ g}$$

$$= 9,20 \text{ g}$$

$$\text{Massa jenis} = \frac{\text{Massa minyak kenanga}}{\text{Volume minyak kenanga}}$$

$$\frac{9,20 \text{ g}}{10 \text{ mL}} = 0,92 \text{ g/mL}$$

### L.3.4 Perhitungan Massa Jenis Minyak Kenanga Setelah Hidrasi

#### L.3.4.1 Perhitungan Massa Jenis Minyak Kenanga Hasil Hidrasi dengan katalis $\text{H}_2\text{SO}_4$ 15 %

Volume minyak kenanga = 6,6 mL

Massa minyak kenanga = 5,87 g

$$\text{Massa jenis} = \frac{\text{Massa minyak kenanga}}{\text{Volume minyak kenanga}}$$

$$= \frac{5,87 \text{ g}}{6,6 \text{ mL}} = 0,89 \text{ g/mL}$$

#### L.3.4.2 Perhitungan Massa Jenis Minyak Kenanga Hasil Hidrasi dengan katalis $\text{H}_2\text{SO}_4$ 10 %

Volume minyak kenanga = 6,5 mL

Massa minyak kenanga = 5,77 g

$$\text{Massa jenis} = \frac{\text{Massa minyak kenanga}}{\text{Volume minyak kenanga}}$$

$$= \frac{5,77 \text{ g}}{6,5 \text{ mL}} = 0,89 \text{ g/mL}$$

### L.3.4.3 Perhitungan Massa Jenis Minyak Kenanga Hasil Hidrasi dengan katalis H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 5 %

Volume minyak kenanga = 3,9 mL

Massa minyak kenanga = 3,5 g

$$\begin{aligned}\text{Massa jenis} &= \frac{\text{Massa minyak kenanga}}{\text{Volume minyak kenanga}} \\ &= \frac{3,5 \text{ g}}{3,9 \text{ mL}} = 0,90 \text{ g/mL}\end{aligned}$$

### L.3.5 Perhitungan Rendemen Minyak Kenanga Hasil Hidrasi

#### L.3.5.1 Perhitungan Rendemen Minyak Kenanga Hasil Hidrasi dengan katalis H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 15 %

Massa minyak kenanga awal = 13,8 g

Volume minyak kenanga hasil hidrasi = 6,6 mL

Massa jenis minyak kenanga hasil hidrasi = 0,89 g/mL

$$\begin{aligned}\text{Massa minyak kenanga hasil hidrasi} &= \text{Massa jenis} \times \text{volume} \\ &= 0,89 \text{ g/mL} \times 6,6 \text{ mL} \\ &= 5,87 \text{ g}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Rendemen} &= \frac{\text{Massa minyak kenanga hasil hidrasi}}{\text{Massa minyak kenanga awal}} \times 100\% \\ &= \frac{5,87 \text{ g}}{13,8 \text{ g}} \times 100\% = 42,5 \%\end{aligned}$$

#### L.3.5.2 Perhitungan Rendemen Minyak Kenanga Hasil Hidrasi dengan katalis H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 10 %

Massa minyak kenanga awal = 13,8 g

Volume minyak kenanga hasil hidrasi = 6,5 mL

Massa jenis minyak kenanga hasil hidrasi = 0,89 g/mL

$$\begin{aligned}\text{Massa minyak kenanga hasil hidrasi} &= \text{massa jenis} \times \text{volume} \\ &= 0,89 \text{ g/mL} \times 6,5 \text{ mL} \\ &= 5,77 \text{ g}\end{aligned}$$

$$\text{Rendemen} = \frac{\text{Massa minyak kenanga hasil hidrasi}}{\text{Massa minyak kenanga awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{5,77 \text{ g}}{13,8 \text{ g}} \times 100\% = 41,8 \%$$

### L.3.5.3 Perhitungan Rendemen Minyak Kenanga Hasil Hidrasi dengan katalis H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 5 %

Massa minyak kenanga awal = 13,8 g  
 Volume minyak kenanga hasil hidrasi = 3,9 mL  
 Massa jenis minyak kenanga hasil hidrasi = 0,90 g/mL  
 Massa minyak kenanga hasil hidrasi = Massa jenis x volume  
 = 0,89 g/mL x 3,9 mL  
 = 3,5 g

$$\text{Rendemen} = \frac{\text{Massa minyak kenanga hasil hidrasi}}{\text{Massa minyak kenanga awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{3,5 \text{ g}}{13,8 \text{ g}} \times 100\% = 25,4 \%$$

### L.3.6 Perhitungan Rendemen α-kariofilen alkohol dalam Minyak Kenanga Hasil Hidrasi

#### L.3.6.1 Perhitungan Rendemen α-kariofilen alkohol dalam Minyak Kenanga Hasil Hidrasi dengan katalis H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 15 %

Massa jenis minyak kenanga hasil hidrasi = 0,89 g/mL  
 Volume minyak kenanga hasil hidrasi = 6,6 mL  
 Kadar α-kariofilen alkohol dalam minyak kenanga hasil hidrasi = 0,09%

Massa minyak kenanga hasil hidrasi = Massa jenis x volume  
 = 0,89 g/mL x 6,6 mL  
 = 5,87 g

Massa α-kariofilen alkohol = 0,09% x massa minyak kenanga  
 = 0,09% x 5,87 g  
 = 0,005 g

$$\text{Rendemen} = \frac{\text{Massa } \alpha\text{-kariofilen alkohol}}{\text{Massa } \beta\text{-kariofilena}} \times 100\%$$

$$= \frac{0,0053 \text{ g}}{4,445 \text{ g}} \times 100\% = 0,12 \%$$

### L.3.6.2 Perhitungan Rendemen $\alpha$ -kariofilen alkohol dalam Minyak Kenanga Hasil Hidrasi dengan katalis $\text{H}_2\text{SO}_4$ 10 %

Massa jenis minyak kenanga hasil hidrasi = 0,89 g/mL

Volume minyak kenanga hasil hidrasi = 6,5 mL

Kadar  $\alpha$ -kariofilen alkohol dalam minyak kenanga hasil hidrasi = 0,43%

Massa minyak kenanga hasil hidrasi = Massa jenis x volume  
 = 0,89 g/mL x 6,5 mL  
 = 5,77 g

Massa  $\alpha$ -kariofilen alkohol = 0,43% x massa minyak kenanga  
 = 0,43% x 5,77 g  
 = 0,025 g

Rendemen =  $\frac{\text{Massa } \alpha\text{-kariofilen alkohol}}{\text{Massa } \beta\text{-kariofilena}} \times 100\%$

$$= \frac{0,025 \text{ g}}{4,445 \text{ g}} \times 100\% = 0,56 \%$$

### L.3.6.3 Perhitungan Rendemen $\alpha$ -kariofilen alkohol dalam Minyak Kenanga Hasil Hidrasi dengan katalis $\text{H}_2\text{SO}_4$ 5 %

Massa jenis minyak kenanga hasil hidrasi = 0,90 g/mL

Volume minyak kenanga hasil hidrasi = 3,9 mL

Kadar  $\alpha$ -kariofilen alkohol dalam minyak kenanga hasil hidrasi = 9,30%

Massa minyak kenanga hasil hidrasi = Massa jenis x volume  
 = 0,90 g/mL x 3,9 mL  
 = 3,5 g

Massa  $\alpha$ -kariofilen alkohol = 9,30% x massa minyak kenanga  
 = 9,30% x 3,5 g  
 = 0,325 g

$$\text{Rendemen} = \frac{\text{Massa } \alpha\text{-kariofilen alkohol}}{\text{Massa } \beta\text{-kariofilena}} \times 100\%$$

$$= \frac{0,325 \text{ g}}{4,445 \text{ g}} \times 100\% = 7,32 \%$$

### L.3.7 Perhitungan mol katalis H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

#### L.3.7.1 Perhitungan mol katalis H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 5 % dan mol H<sub>2</sub>O

Volume katalis H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 5 % = 2,3 mL

Massa jenis H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> = 1,84 g/mL

Massa molekul relatif (Mr) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> = 98,08 g/mol

$$\text{Molaritas H}_2\text{SO}_4 \text{ 5 \%} = \frac{10 \times k \times \rho}{\text{Mr}}$$

$$= \frac{10 \times 5 \times 1,84}{98,08} = 0,938 \text{ M}$$

$$\text{mol H}_2\text{SO}_4 \text{ 5 \%} = 0,938 \text{ M} \times 2,3 \text{ mL} = 2,157 \text{ mmol} = 0,0022 \text{ mol}$$

Massa jenis H<sub>2</sub>O = 1 g/mL

Berat molekul (BM) H<sub>2</sub>O = 18

Kadar H<sub>2</sub>O dalam katalis H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> = 95 %

$$\text{Molaritas H}_2\text{O} = \frac{10 \times k \times \rho}{\text{Mr}}$$

$$= \frac{10 \times 95 \times 1}{18} = 52,78 \text{ M}$$

$$\text{mol H}_2\text{O} = 52,78 \text{ M} \times 2,3 \text{ mL} = 121,38 \text{ mmol} = 0,1214 \text{ mol}$$

$$\text{mol } \beta\text{-kariofilena} : \text{mol H}_2\text{O dalam H}_2\text{SO}_4 \text{ 5 \%} : \text{mol H}_2\text{SO}_4 \text{ 5 \%}$$

$$= 0,0218 \text{ mol} : 0,1214 \text{ mol} : 0,0022 \text{ mol} = 1 : 6 : 0,1$$

### L.3.7.2 Perhitungan mol katalis H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 10 % dan mol H<sub>2</sub>O

Volume katalis H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 10 % = 2,3 mL

Massa jenis H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> = 1,84 g/mL

Massa molekul relatif (Mr) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> = 98,08 g/mol

$$\begin{aligned} \text{Molaritas H}_2\text{SO}_4 \text{ 10\%} &= \frac{10 \times k \times \rho}{\text{Mr}} \\ &= \frac{10 \times 10 \times 1,84}{98,08} = 1,876 \text{ M} \end{aligned}$$

mol H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 10 % = 1,876 M x 2,3 mL = 4,135 mmol = 0,0041 mol

Massa jenis H<sub>2</sub>O = 1 g/mL

Berat molekul (BM) H<sub>2</sub>O = 18

Kadar H<sub>2</sub>O dalam katalis H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> = 90 %

$$\begin{aligned} \text{Molaritas H}_2\text{O} &= \frac{10 \times k \times \rho}{\text{Mr}} \\ &= \frac{10 \times 90 \times 1}{18} = 50 \text{ M} \end{aligned}$$

mol H<sub>2</sub>O = 50 M x 2,3 mL = 115 mmol = 0,115 mol

mol β-kariofilena : mol H<sub>2</sub>O dalam H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 10 % : mol H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 10 %

= 0,0218 mol : 0,115 mol : 0,0041 mol = 1 : 5,3 : 0,2

### L.3.7.3 Perhitungan mol katalis H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 15 % dan mol H<sub>2</sub>O

Volume katalis H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 15 % = 2,3 mL

Massa jenis H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> = 1,84 g/mL

Massa molekul relatif (Mr) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> = 98,08 g/mol

$$\begin{aligned} \text{Molaritas H}_2\text{SO}_4 \text{ 15\%} &= \frac{10 \times k \times \rho}{\text{Mr}} \\ &= \frac{10 \times 15 \times 1,84}{98,08} = 2,8 \text{ M} \end{aligned}$$

$$\text{mol H}_2\text{SO}_4 \text{ 15 \%} = 2,8 \text{ M} \times 2,3 \text{ mL} = 6,44 \text{ mmol} = 0,0064 \text{ mol}$$

Massa jenis  $\text{H}_2\text{O} = 1 \text{ g/mL}$

Berat molekul (BM)  $\text{H}_2\text{O} = 18$

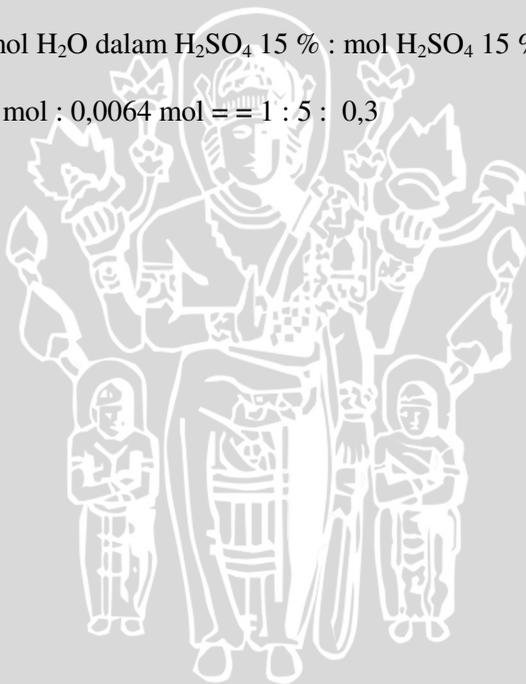
Kadar  $\text{H}_2\text{O}$  dalam katalis  $\text{H}_2\text{SO}_4 = 85 \%$

$$\begin{aligned} \text{Molaritas H}_2\text{O} &= \frac{10 \times k \times \rho}{M_r} \\ &= \frac{10 \times 85 \times 1}{18} = 47,22 \text{ M} \end{aligned}$$

$$\text{mol H}_2\text{O} = 47,22 \text{ M} \times 2,3 \text{ mL} = 108,6 \text{ mmol} = 0,109 \text{ mol}$$

$$\text{mol } \beta\text{-kariofilena} : \text{mol H}_2\text{O dalam H}_2\text{SO}_4 \text{ 15 \%} : \text{mol H}_2\text{SO}_4 \text{ 15 \%}$$

$$= 0,0218 \text{ mol} : 0,109 \text{ mol} : 0,0064 \text{ mol} = 1 : 5 : 0,3$$



## LAMPIRAN 4

### DATA WAKTU RETENSI DAN % AREA KROMATOGRAM

#### L.4.1 Data waktu retensi dan % area kromatogram KG minyak kenanga

| Nomor Puncak | Waktu Retensi (menit) | % area |
|--------------|-----------------------|--------|
| 5            | 10,621                | 3,05   |
| 7            | 11,811                | 39,99  |
| 10           | 12,586                | 9,87   |
| 13           | 13,079                | 2,42   |
| 14           | 13,249                | 9,46   |
| 17           | 13,733                | 11,49  |
| 20           | 14,011                | 1,36   |
| 21           | 14,216                | 5,85   |
| 25           | 17,088                | 1,33   |
| 26           | 17,394                | 1,50   |
| 27           | 19,875                | 2,86   |

#### L.4.2 Data waktu retensi dan % area kromatogram total ionik minyak kenanga

| Nomor Puncak | Waktu Retensi (menit) | % area |
|--------------|-----------------------|--------|
| 10           | 17,36                 | 3,92   |
| 12           | 18,341                | 32,21  |
| 13           | 18,448                | 1,34   |
| 17           | 18,955                | 10,49  |
| 19           | 19,309                | 3,41   |
| 20           | 19,453                | 9,79   |
| 21           | 19,704                | 15,83  |
| 23           | 20,010                | 1,48   |
| 24           | 20,136                | 5,65   |
| 29           | 22,276                | 2,38   |
| 30           | 22,512                | 2,35   |
| 31           | 24,207                | 3,27   |

**L.4.3 Data % area komponen kromatogram minyak kenanga hasil hidrasi dengan katalis H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 5 %, 10 %, dan 15 %**

| Hasil hidrasi H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 5 % |                       |        | Hasil hidrasi H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 10% |                       |        | Hasil hidrasi H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 15% |                       |        |
|--|-----------------------|--------|--|-----------------------|--------|--|-----------------------|--------|
| Puncak   | Waktu retensi (menit) | % area | Puncak   | Waktu retensi (menit) | % area | Puncak   | Waktu retensi (menit) | % area |
| 11   | 8,417                 | 7,41   | 10   | 8,397                 | 4,08   | 10   | 8,350                 | 2,25   |
| 14   | 8,849                 | 7,09   | 13   | 8,844                 | 5,54   | 13   | 8,628                 | 2,33   |
| 16   | 9,011                 | 2,86   | 15   | 8,996                 | 2,24   | 15   | 8,964                 | 0,91   |
| 21   | 9,479                 | 3,07   | 20   | 9,643                 | 5,22   | 18   | 9,534                 | 5,64   |
| 24   | 9,776                 | 1,72   | 21   | 9,779                 | 2,18   | 20   | 9,728                 | 4,23   |
| 27   | 10,222                | 2,04   | 23   | 10,236                | 2,07   | 21   | 10,150                | 3,19   |
| 29   | 10,569                | 10,14  | 24   | 10,563                | 8,58   | 22   | 10,510                | 11,02  |
| 33   | 11,159                | 2,04   | 30   | 11,174                | 2,76   | 26   | 11,062                | 2,05   |
| 35   | 11,429                | 2,99   | 32   | 11,419                | 2,13   | 29   | 11,400                | 1,16   |
| 36   | 11,687                | 11,83  | 33   | 11,735                | 11,93  | 30   | 11,625                | 10,11  |
| 37   | 11,892                | 0,19   | 34   | 11,793                | 5,21   | 31   | 11,690                | 4,67   |
| 38   | 12,241                | 9,30   | 35   | 11,993                | 0,43   | 35   | 11,992                | 0,09   |
| 39   | 12,321                | 2,34   | 36   | 12,307                | 12,18  | 36   | 12,200                | 11,80  |
| 50   | 17,721                | 4,03   | 49   | 17,754                | 4,35   | 49   | 17,663                | 4,43   |

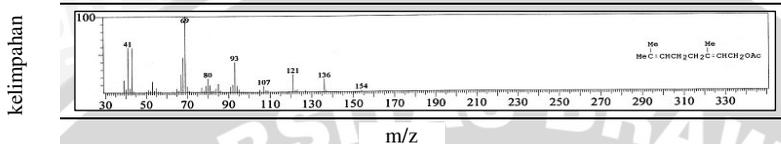
**L.4.4 Data waktu retensi dan % area kromatogram total ionik minyak kenanga hasil hidrasi dengan katalis H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 10 %**

| <b>Nomor Puncak</b> | <b>Waktu Retensi (menit)</b> | <b>% area</b> |
|---------------------|------------------------------|---------------|
| 12                  | 19,236                       | 3,93          |
| 16                  | 17,785                       | 5,61          |
| 18                  | 20,000                       | 2,29          |
| 23                  | 20,783                       | 5,53          |
| 24                  | 20,955                       | 2,90          |
| 26                  | 21,508                       | 2,15          |
| 29                  | 21,882                       | 7,16          |
| 34                  | 22,579                       | 2,61          |
| 36                  | 22,851                       | 2,10          |
| 38                  | 23,172                       | 15,24         |
| 41                  | 23,751                       | 10,84         |
| 47                  | 24,683                       | 0,51          |
| 48                  | 25,113                       | 10,36         |
| 53                  | 29,826                       | 3,08          |

## Lampiran 5

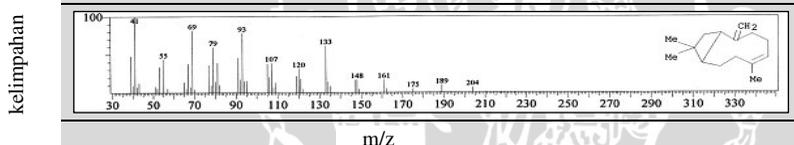
### DAFTAR PUSTAKA WILEY7

#### L.5.1 Pustaka Senyawa Geranil Asetat



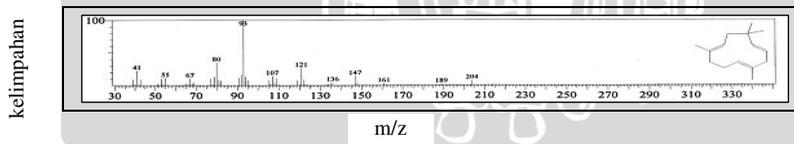
Berat molekul : 204  
Rumus molekul : C<sub>12</sub>H<sub>20</sub>O<sub>2</sub>  
Nama komponen : geranil asetat  
Pustaka : WILEY7.LIB

#### L.5.2 Pustaka Senyawa β-Kariofilena



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

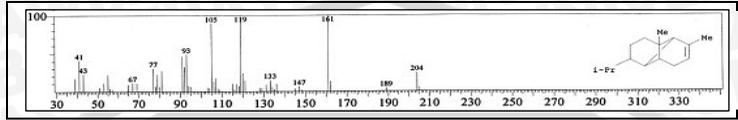
#### L.5.3 Pustaka Senyawa Humulena



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

### L.5.4 Pustaka Senyawa Kopaena

kelimpahan

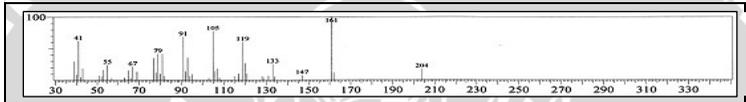


m/z

Berat molekul : 204  
Rumus molekul :  $C_{15}H_{24}$   
Nama komponen : Kopaen  
Pustaka : WILLEY7.LIB

### L.5.5 Pustaka Senyawa Germakrena

kelimpahan

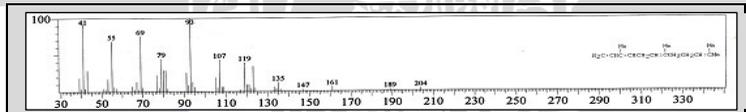


m/z

Berat molekul : 204  
Rumus molekul :  $C_{15}H_{24}$   
Nama komponen : germakren  
Pustaka : WILLEY7.LIB

### L.5.6 Pustaka Senyawa Farnesena

kelimpahan

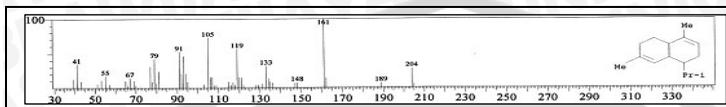


m/z

Berat molekul : 204  
Rumus molekul :  $C_{15}H_{24}$   
Nama komponen : farnesen  
Pustaka : WILLEY7.LIB

### L.5.7 Pustaka Senyawa Amorfena

kelimpahan

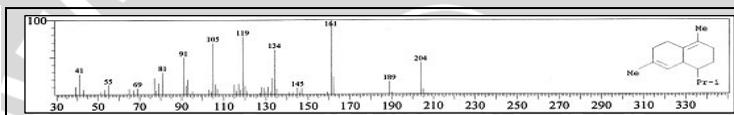


m/z

Berat molekul : 204  
Rumus molekul :  $C_{15}H_{24}$   
Nama komponen : amorfena  
Pustaka : WILLEY7.LIB

### L.5.8 Pustaka Senyawa $\delta$ -kadinena

kelimpahan

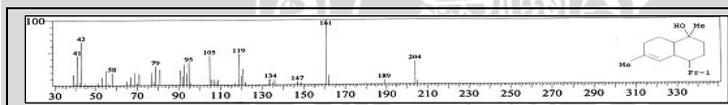


m/z

Berat molekul : 204  
Rumus molekul :  $C_{15}H_{24}$   
Nama komponen :  $\delta$ -kadinena  
Pustaka : WILLEY7.LIB

### L.5.9 Pustaka Senyawa $\delta$ -Kadinol

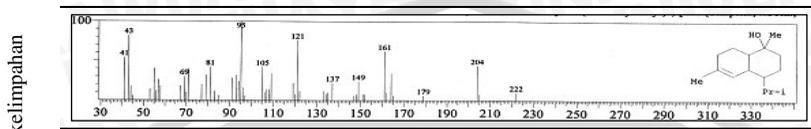
kelimpahan



m/z

Berat molekul : 204  
Rumus molekul :  $C_{15}H_{26}O$   
Nama komponen :  $\delta$ -kadinol  
Pustaka : WILLEY7.LIB

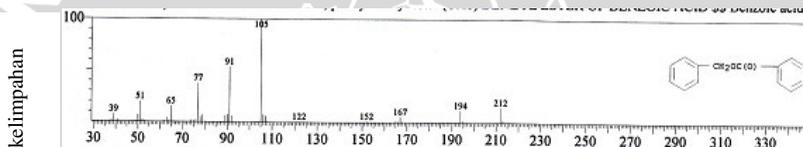
### L.5.10 Pustaka Senyawa $\alpha$ -Kadinol



m/z

Berat molekul : 204  
Rumus molekul :  $C_{15}H_{26}O$   
Nama komponen :  $\alpha$ -kadinol  
Pustaka : WILLEY7.LIB

### L.5.11 Pustaka Senyawa Benzil Benzoat



m/z

Berat molekul : 212  
Rumus molekul :  $C_{14}H_{22}O_2$   
Nama komponen : benzyl benzoat  
Pustaka : WILLEY7.LIB

## LAMPIRAN 6

### FOTO-FOTO

#### L.6.1 Foto Minyak Kenanga Sebelum Hidrasi



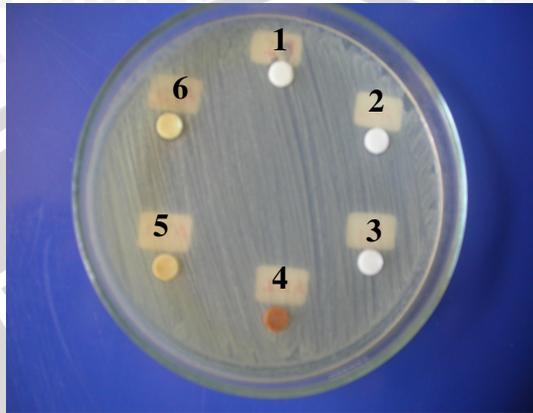
#### L.6.2 Foto Minyak Kenanga Hasil Hidrasi



Keterangan :

- 1 : Minyak kenanga hasil hidrasi dengan katalis  $\text{H}_2\text{SO}_4$  15 %
- 2 : Minyak kenanga hasil hidrasi dengan katalis  $\text{H}_2\text{SO}_4$  10 %
- 3 : Minyak kenanga hasil hidrasi dengan katalis  $\text{H}_2\text{SO}_4$  5 %

### L.6.3 Foto Hasil Uji Antibakteri Minyak Kenanga



Keterangan :

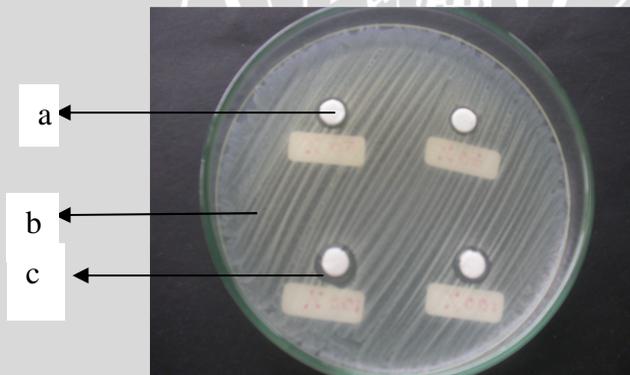
1 : Kontrol (Akuades)

2,3 : Hasil uji minyak kenanga sebelum hidrasi

4 : Hasil uji minyak kenanga hasil hidrasi dengan katalis  $H_2SO_4$  5%

5 : Hasil uji minyak kenanga hasil hidrasi dengan katalis  $H_2SO_4$  10%

6 : Hasil uji minyak kenanga hasil hidrasi dengan katalis  $H_2SO_4$  15%



Keterangan :

a : kertas cakram

b : media agar + bakteri *S. aureus*

c : zona hambatan