

**PENGARUH PENAMBAHAN BIOADITIF FRAKSI
SITRONELAL DAN SITRONELOL-GERANIOL MINYAK
SERAI WANGI TERHADAP KONSUMSI BAHAN BAKAR
PERTAMINA-DEX PADA MESIN DIESEL**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat mencapai gelar Sarjana Sains (S.Si)
pada Program Studi Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta



diajukan oleh :

RIFALDI LUTFI FAHMI

No. Mahasiswa : 16612089

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2020

**PENGARUH PENAMBAHAN BIOADITIF FRAKSI
SITRONELAL DAN SITRONELOL-GERANIOL MINYAK
SERAI WANGI TERHADAP KONSUMSI BAHAN BAKAR
PERTAMINA-DEX PADA MESIN DIESEL**

SKRIPSI

Yang diajukan oleh :

RIFALDI LUTFI FAHMI

No. Mahasiswa : 16612089

Telah dipertahankan di hadapan Dewan Penguji Skripsi
Program Studi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Islam Indonesia

Tanggal: 18 September 2020

Dewan Penguji

1. Dr. Noor Fitri., S.Si., M.Si.

2. Dhina Fitriastuti, S.Si., M.Sc.

3. Muhammad Miqdam Musawwa, S.Si., M.Sc.

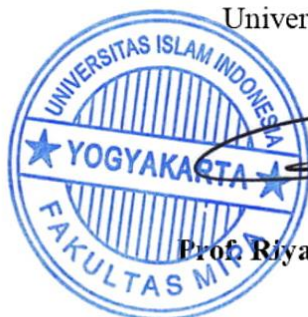
Tandatangan

.....

.....

.....

Mengetahui,
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Islam Indonesia



Prof. Riyanto, S.Pd., M.Si., Ph.D.

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Rifaldi Lutfi Fahmi
NIM : 16612089
Prodi/Fakultas : Kimia/MIPA
Judul Skripsi : Pengaruh Penambahan Bioaditif Fraksi Sitronelal dan Sitronelol-geraniol Minyak Serai Wangi Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Pertamina-DEX pada Mesin Diesel

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini bersifat asli dan tidak berisi material yang telah diterbitkan sebelumnya kecuali referensi yang disebutkan di dalam skripsi ini. Apabila terdapat kontribusi dari penulis lain, maka penulis tersebut secara eksplisit telah disebutkan di dalam skripsi ini. Apabila kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia dituntut dan diproses sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dan penuh tanggung jawab.

Yogyakarta, 21 September 2020
Penulis



Rifaldi Lutfi Fahmi
NIM. 16612089

HALAMAN PERSEMBAHAN

“Setiap orang memiliki waktunya masing-masing. Tak perlu membandingkan diri kita dengan orang lain, tak perlu merasa rendah diri atas dirimu sendiri karena suatu saat waktumu akan tiba. Apa yang telah kau perjuangkan selama ini pasti akan membuahkan hasil ketika waktunya telah tiba. Oleh karena itu, tetaplah lakukan apa yang seharusnya dilakukan dan percaya pada diri sendiri. Ingatlah bahwa Allah swt. selalu disisimu.”

Tak ada yang salah jika kamu merasa lelah
Beristirahatlah jika memang perlu rebah
Jauhkan pikiran dari masalah yang ruah
Kuatkan hati agar tetap tabah
Terus semangat dan jangan pernah menyerah

Karya ini merupakan karya terbaik selama saya menmpuh pendidikan sarjana. Saya persembahkan karya ini kepada orang-orang terdekat saya, ayah saya Bapak Supriyanto (alm), ibu saya Ibu Ulfah, saudara-saudara saya (Imas Susiyana, Rifki Fauzi Yusfa dan Annisa Zahrotul Laila yang telah memberi dukungan moral dan materi sehingga saya dapat menyelesaikan pendidikan sarjana dan menghasilkan karya ini. Nasihat yang diberikan dan doa yang dipanjatkan telah membuat saya berada pada titik ini. Apa yang telah diberikan tidak akan pernah saya lupakan.

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul **“PENGARUH PENAMBAHAN BIOADITIF FRAKSI SITRONELAL DAN SITRONELOL-GERANIOL MINYAK SERAI WANGI TERHADAP KONSUMSI BAHAN BAKAR PERTAMINA-DEX PADA MESIN DIESEL”**. Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Sains (S.Si) pada program studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Indonesia.

Selama proses penyusunan dan penyelesaian Skripsi ini, penulis banyak mendapat bantuan, bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT dan Rasulullah Muhammad SAW beserta para pengikutnya.
2. Prof. Riyanto., Ph.D selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia beserta jajarannya.
3. Dr. Dwiwarso Rubiyanto, M.Si. selaku Ketua Program Studi Kimia Universitas Islam Indonesia.
4. Dr. Noor Fitri, M.Si selaku Dosen Pembimbing yang senantiasa membimbing, membantu, memberi ilmu, memberi saran, nasihat dan semangat yang sangat berarti dalam penyelesaian skripsi ini.
5. Habibi Hidayat, S.Pd., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang selalu memberikan saran dan nasihatnya selama perkuliahan.
6. Ibu, Mbak, Kakak, Adik dan keluarga besar yang senantiasa memberikan dukungan do'a dan kasih sayang tiada hentinya.
7. Semua teman-teman Ilmu Kimia 2016 dan khususnya Kimia B 2016 yang telah menjadi bagian dari kehidupan perkuliahan dan selalu memberikan semangat dan motivasi.

8. Arlin, Astri, Fitri, Nada, Sekar dan Teguh yang telah memberikan memori indah semasa perkuliahan.
9. Mba Nurapipah dan Mba Icha yang telah banyak membantu mengenai penelitian yang dilakukan.
10. Segenap civitas laboratorium dan FMIPA UII yang telah banyak membantu.
11. Mas Safii dan Mas Adi selaku laboran Teknik Mesin UII yang banyak membantu jalannya penelitian.
12. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah memberikan dukungan dan motivasinya.

Penulis menyadari bahwa Skripsi ini masih harus disempurnakan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran dari semua pihak guna penyempurnaan di masa mendatang. Akhir kata dengan segala harapan dan doa semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya maupun pembaca pada umumnya. *Aamiin Ya Rabbal'alamiin*

Wassalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Yogyakarta, 18 Agustus 2020

Rifaldi Lutfi Fahmi

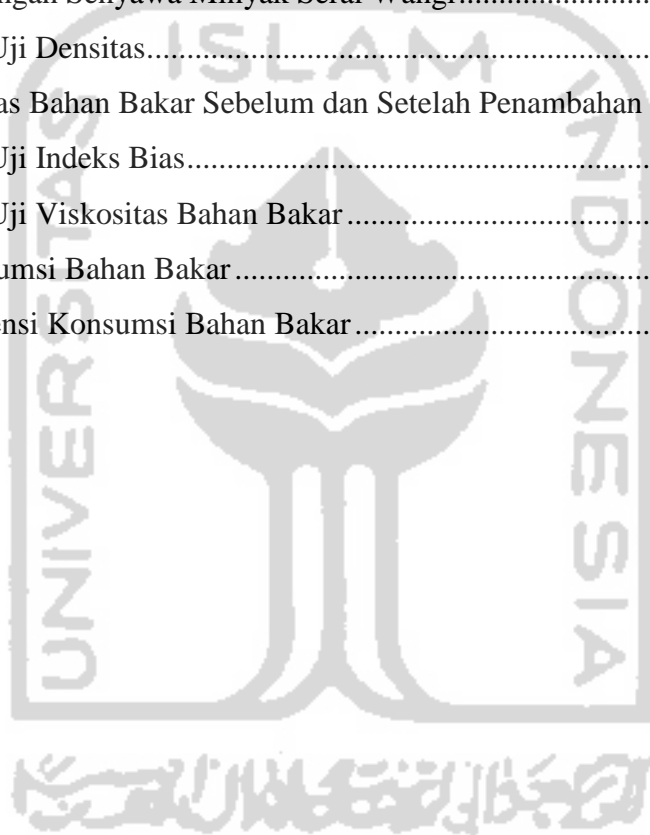
DAFTAR ISI

| | |
|---|-------------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| HALAMAN PENGESAHAN..... | ii |
| PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR | iii |
| HALAMAN PERSEMBAHAN | iv |
| KATA PENGANTAR..... | v |
| DAFTAR ISI..... | vii |
| DAFTAR TABEL | ix |
| DAFTAR GAMBAR..... | x |
| DAFTAR LAMPIRAN | xi |
| INTISARI | xii |
| ABSTRACT | xiii |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar belakang..... | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah..... | 3 |
| 1.3 Tujuan Penelitian | 3 |
| 1.4 Manfaat Penelitian | 3 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... | 4 |
| BAB III DASAR TEORI | 6 |
| 3.1 Minyak Atsiri | 6 |
| 3.2 Minyak Serai Wangi | 6 |
| 3.3 Terpenoid | 7 |
| 3.4 Sitronelal | 8 |
| 3.5 Sitronelol | 10 |
| 3.6 Geraniol | 10 |
| 3.7 Bahan Bakar Minyak | 11 |
| 3.8 Pertamina DEX (<i>Diesel Environment X-tra</i>) | 12 |
| 3.9 Biotaditif Bahan Bakar | 12 |
| 3.10 Densitas | 14 |
| 3.11 Angka Setana | 15 |
| 3.12 Emisi Gas Buang..... | 15 |
| 3.13 Konsumsi Bahan Bakar..... | 16 |

| | |
|--|-----------|
| 3.14 Distilasi Fraksinasi Vakum | 17 |
| 3.15 Kromatografi Gas Spektroskopi Massa (KG-SM)..... | 20 |
| BAB IV METODE PENELITIAN | 23 |
| 4.1 Bahan dan Alat..... | 23 |
| 4.2 Prosedur Penelitian..... | 23 |
| 4.2.1 Distilasi Serai Wangi..... | 23 |
| 4.2.2 Distilasi Fraksinasi vakum | 23 |
| 4.2.3 Uji Densitas | 24 |
| 4.2.4 Uji Indeks Bias | 24 |
| 4.2.5 Uji Viskositas | 24 |
| 4.2.6 Uji Fisikokimia Minyak Atsiri | 25 |
| 4.2.7 Formulasi Pencampuran..... | 25 |
| 4.2.8 Uji Konsumsi Bahan Bakar..... | 25 |
| BAB V PEMBAHASAN | 27 |
| 5.1 Uji Fisikokimia Minyak Atsiri | 27 |
| 5.2 Distilasi Fraksinasi Vakum Minyak Serai Wangi..... | 33 |
| 5.3 Uji Densitas | 36 |
| 5.4 Uji Indeks Bias | 37 |
| 5.5 Uji Viskositas..... | 39 |
| 5.6 Uji Efisiensi Konsumsi Bahan Bakar..... | 39 |
| BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN..... | 47 |
| 6.1 Kesimpulan | 47 |
| 6.2 Saran..... | 47 |
| DAFTAR PUSTAKA | 48 |
| LAMPIRAN-LAMPIRAN | 54 |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 1. Klasifikasi Tumbuhan Serai Wangi | 7 |
| Tabel 2. Data Sifat Fisik dan Kimia Pertamina DEX..... | 13 |
| Tabel 3. Kondisi Operasional GC-MS | 25 |
| Tabel 4. Formulasi Pencampuran Bioaditif..... | 26 |
| Tabel 5. Kandungan Senyawa Minyak Serai Wangi..... | 29 |
| Tabel 6. Hasil Uji Densitas..... | 37 |
| Tabel 7. Densitas Bahan Bakar Sebelum dan Setelah Penambahan Bioaditif | 38 |
| Tabel 8. Hasil Uji Indeks Bias..... | 38 |
| Tabel 9. Hasil Uji Viskositas Bahan Bakar..... | 40 |
| Tabel 10. Konsumsi Bahan Bakar | 41 |
| Tabel 11. Efisiensi Konsumsi Bahan Bakar..... | 44 |



DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 1. Peningkatan Jumlah Kendaraan Bermotor | 1 |
| Gambar 2. Jalur biosintesis senyawa terpenoid..... | 9 |
| Gambar 3. Unit Alat Distilasi Fraksinasi Vakum..... | 19 |
| Gambar 4. Diagram Alir Penelitian..... | 26 |
| Gambar 5. Kromatogram Minyak Serai Wangi..... | 27 |
| Gambar 6. Struktur (a) Sitronelal, (b) Sitronelol, (c) Geraniol | 28 |
| Gambar 7. Spektrum massa sitronelal | 29 |
| Gambar 8. Pola fragmentasi sitronelal | 30 |
| Gambar 9. Spektrum massa sitronelol..... | 31 |
| Gambar 10. Pola fragmentasi sitronelol | 31 |
| Gambar 11. Spektrum massa geraniol..... | 32 |
| Gambar 12. Pola fragmentasi geraniol | 33 |
| Gambar 13. Fraksi Hasil Pemisahan Minyak Serai Wangi | 35 |
| Gambar 14. Kromatogram fraksi sitronelal (F2) dan fraksi sitronelol-geraniol (F3 dan F4)..... | 36 |
| Gambar 15. Grafik Konsumsi Bahan Bakar..... | 42 |
| Gambar 16. Interaksi senyawa dalam bahan bakar Pertamina-DEX..... | 43 |
| Gambar 17. Interaksi Pertamina-DEX dengan F2 (sitronelal) | 43 |
| Gambar 18. Interaksi Pertamina-DEX dengan F3 (sitronelol+geraniol)..... | 43 |
| Gambar 19. Efisiensi Komsumsi Bahan Bakar | 45 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|--|----|
| Lampiran 1. Perhitungan Densitas | 54 |
| Lampiran 2. Perhitungan Viskositas | 55 |
| Lampiran 3. Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar | 56 |
| Lampiran 4. Perhitungan Titik Didih dengan Persamaan <i>Clausius-Clapeyron</i> .. | 57 |
| Lampiran 5. Kromatogram Minyak Serai Wangi..... | 60 |
| Lampiran 6. Spektra Massa Puncak ke-7 | 61 |
| Lampiran 7. Spektra Massa Puncak ke-14 | 62 |
| Lampiran 8. Spektra Massa Puncak ke-16 | 63 |
| Lampiran 9. Kromatogram Fraksi 2 | 64 |
| Lampiran 10. Spektra Massa Sitronelal pada Fraksi 2 | 65 |
| Lampiran 11. Kromatogram Fraksi 3 | 66 |
| Lampiran 12. Spektra Massa Sitronelol pada Fraksi 3 | 67 |
| Lampiran 13. Spektra Massa Geraniol pada Fraksi 3 | 68 |
| Lampiran 14. Kromatogram Fraksi 4 | 69 |
| Lampiran 15. Spektra Massa Sitronelol pada Fraksi 4 | 70 |
| Lampiran 16. Spektra Massa Geraniol pada Fraksi 4 | 71 |

**PENGARUH PENAMBAHAN BIOADITIF FRAKSI SITRONELEL DAN
SITRONELOL-GERANIOL MINYAK SERAI WANGI TERHADAP
KONSUMSI BAHAN BAKAR PERTAMINA-DEX PADA MESIN DIESEL**

INTISARI

Rifaldi Lutfi Fahmi
16612089

Meningkatnya jumlah kendaraan bermotor mengakibatkan peningkatan penggunaan bahan bakar minyak. Salah satu cara untuk menghemat penggunaan bahan bakar minyak adalah dengan memperbaiki kualitasnya melalui penambahan zat aditif. Zat aditif yang dapat ditambahkan dan aman bagi lingkungan salah satunya adalah minyak serai wangi. Minyak serai wangi mengandung senyawa oksigenat yang dapat membantu mencapai efisiensi kinerja mesin. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh fraksi-fraksi minyak serai wangi terhadap efisiensi konsumsi bahan bakar Pertamina-DEX. Minyak serai wangi yang diperoleh dari distilasi uap-air dianalisis menggunakan GC-MS dan mengandung 3 senyawa utama yaitu sitronelal (19,01%), sitronelol (20,48%) dan geraniol (18,81%). Kemudian senyawa-senyawa tersebut dipisahkan menggunakan distilasi fraksinasi vakum dengan tekanan 30 mmHg dan rasio refluks 20:1 sehingga diperoleh 5 fraksi yaitu F1 (limonena), F2 (sitronelal), F3-F4 (sitronelol-geraniol) dan F5 (residu). Kandungan sitronelal, sitronelol dan geraniol setelah dipisahkan meningkat menjadi 76,48%; 37,37% dan 22,04% (F3); 29,24% dan 27,73% (F4). Bioaditif fraksi sitronelal dan fraksi sitronelol-geraniol ditambahkan dengan variasi konsentrasi 0,1%; 0,15%; 0,2% dan 0,5%. Pengujian efisiensi konsumsi bahan bakar dilakukan menggunakan mesin diesel pada kecepatan putaran 2000 rpm dengan beban bertingkat 1000; 2000 dan 3000 psi dengan waktu pengujian selama 7 menit. Penambahan fraksi sitronelal pada konsentrasi 0,1% dan 0,15% dapat menurunkan viskositas Pertamina-DEX sebesar 2,02% dan 2,43%. Penambahan bioaditif dapat meningkatkan efisiensi konsumsi bahan bakar. Penambahan bioaditif yang optimal adalah fraksi sitronelal (F2) dengan konsentrasi 0,15% karena meningkatkan efisiensi konsumsi sebesar 20,59%.

Kata kunci: *sitronelal, sitronelol, geraniol, minyak serai wangi, distilasi fraksinasi vakum, konsumsi bahan bakar, Pertamina-DEX*

**THE EFFECT OF CITRONELLAL AND CITRONELLOL-GERANIOL
FRACTION AS BIOADDITIVE FROM CITRONELLA OIL ON
CONSUMPTION OF PERTAMINA-DEX FUEL IN DIESEL ENGINE**

ABSTRACT

Rifaldi Lutfi Fahmi
16612089

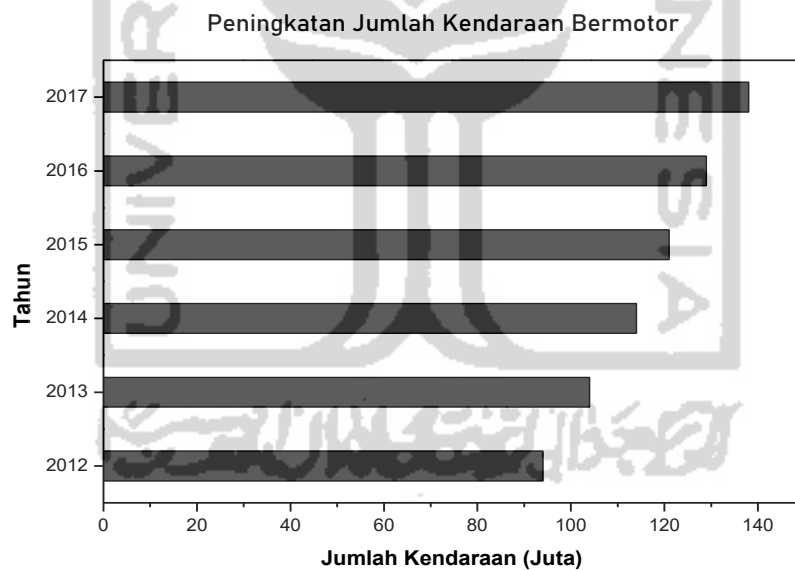
As the number of vehicles increases, it resulted in increasing fuel usage. There is a way to reduce the consumption of fuel that is by enhancing its quality by adding fuel additives. Citronella oil is one of the fuel additives and it is safe for the environment. Citronella oil contains oxygenate compounds that can assist in achieving engine efficiency. This research aims to understand the effect of adding citronella oil fractions in the consumption efficiency of Pertamina-DEX fuel. Citronella oil obtained by water-steam distillation was then analyzed using GC-MS and it contained 3 major compounds that were citronellal (19.01%), citronellol (20.48%) and geraniol (18.81%). These compounds were then separated using vacuum fractional distillation at 30 mmHg and reflux ratio 20:1, then 5 fractions were obtained, they were F1 (limonene), F2 (citronellal), F3-F4 (citronellol-geraniol) and F5 (residue). Citronellal, citronellol and geraniol content after separation increased to 76.48%; 37.37% and 22.04% (F3); 29.24% and 27.73% (F4) respectively. The bio-additive used were citronellal and citronellol-geraniol. The concentration variation of bio-additives were 0.1%;0.15%;0.2% and 0.5%. Fuel consumption efficiency was tested using diesel engine at engine speed of 2000 rpm and load increment of 1000; 2000 and 3000 psi with 7 minutes running time. The addition of citronellal fraction by 0.1% and 0.15% reduced the viscosity of Pertamina-DEX by 2.02% and 2.43%. The use of bio-additive proven to improve fuel consumption efficiency. The optimum concentration of bio-additive was 0.15% of citronellal fraction because the consumption efficiency raised by 20.59%.

Keywords: *citronellal, citronellol, geraniol, citronella oil, bio-additive, vacuum fractional distillation, fuel consumption, Pertamina-DEX*

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kemajuan teknologi membawa manusia pada perubahan pola hidup. Tanpa disadari manusia telah bergantung banyak terhadap teknologi-teknologi yang diciptakan. Kemajuan teknologi berdampak banyak pada berbagai bidang salah satunya bidang otomotif. Kemajuan teknologi di bidang otomotif ditandai dengan pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor yang signifikan. Menurut data Badan Pusat Statistik (2018) jumlah kendaraan bermotor di Indonesia mengalami peningkatan yang cukup pesat. Jumlah kendaraan pada tahun 2012 sebanyak 94.373.324 unit dan bertambah menjadi 138.556.669 unit pada tahun 2017 atau mengalami peningkatan sebesar 46%.



Gambar 1. Peningkatan Jumlah Kendaraan Bermotor (BPS, 2018)

Seiring dengan peningkatan jumlah kendaraan bermotor maka konsumsi terhadap bahan bakar minyak pun semakin meningkat, hal ini menyebabkan cadangan bahan bakar minyak akan semakin berkurang. Selain itu konsumsi bahan bakar minyak yang tinggi menyebabkan tingginya tingkat polusi udara.

Polusi udara tersebut disebabkan oleh rendahnya kualitas bahan bakar sehingga menghasilkan emisi gas buang yang berdampak buruk bagi lingkungan. Pembakaran bahan bakar minyak menghasilkan gas pembakaran yang berasal dari reaksi pembakaran sempurna dan tidak sempurna. Gas-gas hasil pembakaran antara lain nitrogen (N_2), karbondioksida (CO_2), dan uap air (H_2O) yang tidak berbahaya. Selain itu terdapat gas-gas seperti nitrogen oksida (NO_x), karbon monoksida (CO) dan hidrokarbon (HC) yang berbahaya bagi kesehatan dan lingkungan dalam konsentrasi yang melebihi ambang batas (Mara et al., 2018).

Salah satu hal yang dapat dilakukan untuk menghemat penggunaan bahan bakar adalah dengan cara meningkatkan kualitas dari bahan bakar yang digunakan. Salah satu alternatif yang dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas suatu bahan bakar adalah memformulasikannya dengan zat aditif. Zat aditif merupakan bahan tambahan yang ditambahkan ke dalam bahan bakar yang bertujuan untuk meningkatkan kinerja dan efisiensi mesin. Zat aditif akan menyediakan oksigen yang dapat membantu proses pembakaran bahan bakar di dalam ruang bakar. Semakin banyak oksigen yang terkandung, maka proses pembakaran akan menjadi lebih singkat dan tidak membutuhkan tenaga yang besar sehingga efisiensi mesin dapat tercapai (Boot dan Sarathy, 2017).

Zat aditif yang selama ini digunakan yaitu zat aditif sintetis. Zat aditif sintetis dibuat menggunakan bahan kimia melalui reaksi-reaksi kimia tertentu. Beberapa contoh zat aditif sintetis yaitu *Tetra Ethyl Lead* /TEL ($Pb(C_2H_5)_4$), *Tetra Methyl Lead*/TML ($Pb(CH_3)_4$), dan *Methyl cyclopentadienyl Manganetricarbonyl*/ MMT ($CH_3C_5H_4Mn(CO)_3$). Penggunaan zat aditif sintetis menimbulkan masalah lain yaitu residunya yang berbahaya bagi manusia dan lingkungan. Zat aditif tersebut akan melepaskan logam berat ketika dibakar, sehingga penggunaan dalam jangka panjang sangat berbahaya bagi kesehatan dan lingkungan (Setyaningsih et al., 2018).

Salah satu zat aditif alami/bioaditif yang tidak berbahaya bagi lingkungan adalah minyak atsiri. Minyak atsiri merupakan bahan organik yang dapat digunakan sebagai bioaditif karena bersifat mudah menguap/volatil, viskositas

rendah, densitas rendah, larut sempurna di dalam bahan bakar minyak dan mengandung senyawa hidrokarbon oksigenat (Ma'mun et al., 2011).

Minyak atsiri yang dapat digunakan sebagai bioaditif adalah minyak serai wangi. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Khairil (2010), minyak serai wangi dapat menghemat penggunaan bahan bakar hingga 30-50% pada kendaraan roda dua dan 15-25% pada kendaraan roda empat. Oleh sebab itu dilakukan penelitian mengenai bioaditif dari fraksi-fraksi minyak serai wangi untuk mengetahui senyawa yang berperan paling banyak sebagai bioaditif bahan bakar.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, dapat dirumuskan masalah penelitian sebagai berikut:

1. Bagaimana cara meningkatkan kemurnian sitronelal, sitronelol dan geraniol dari minyak serai wangi?
2. Bagaimana pengaruh penambahan bioaditif fraksi sitronelal dan fraksi sitronelol-geraniol terhadap viskositas bahan bakar Pertamina DEX?
3. Bagaimana pengaruh penambahan bioaditif fraksi sitronelal dan fraksi sitronelol-geraniol terhadap konsumsi bahan bakar Pertamina DEX?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui cara untuk meningkatkan kemurnian sitronelal, sitronelol dan geraniol dari minyak serai wangi
2. Mengetahui pengaruh penambahan bioaditif fraksi sitronelal dan fraksi sitronelol-geraniol terhadap viskositas bahan bakar Pertamina DEX
3. Mengetahui pengaruh penambahan bioaditif fraksi sitronelal dan fraksi sitronelol-geraniol terhadap konsumsi bahan bakar Pertamina DEX

1.4 Manfaat Penelitian

1. Metode yang digunakan dapat memisahkan sitronelal, sitronelol dan geraniol dengan baik.
2. Meningkatkan efisiensi pembakaran bahan bakar minyak.
3. Menghemat penggunaan bahan bakar minyak.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Minyak atsiri merupakan minyak yang mengandung campuran bermacam-macam senyawa. Kandungan utama penyusun minyak atsiri adalah senyawa terpena yang beberapa diantaranya mengandung atom oksigen. Karena kandungan atom oksigennya, minyak atsiri dapat dimanfaatkan sebagai bioaditif bahan bakar. Anandavelu et al. (2010) menggunakan minyak terpentin sebagai bioaditif dan dapat menurunkan konsumsi bahan bakar hingga 4%. Setyaningsih et al. (2018) menggunakan campuran eugenol dan minyak serai wangi sebagai bioaditif dan dapat menurunkan konsumsi bahan bakar sebesar 7,55%. Ashok et al. (2017) menggunakan minyak kulit lemon sebagai bioaditif bahan bakar diesel dan menghemat konsumsi bahan bakar sebesar 9%.

Minyak serai wangi telah banyak diaplikasikan sebagai bioaditif bahan bakar. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Sebayang (2013), penambahan minyak serai wangi sebagai bioaditif pada bahan bakar dapat meningkatkan kualitas bahan bakar tersebut. Proses pembakaran menjadi lebih sempurna, ruang bakar dan karburator menjadi lebih bersih, suara mesin menjadi lebih halus, menjaga temperatur tetap stabil agar mencegah terjadinya *overheating*, dan mengurangi emisi gas buang yang berbahaya. Selain itu Sathiyamoorthi dan Sankaranarayanan (2016) juga mengemukakan bahwa penggunaan bioaditif minyak serai wangi dapat mengurangi asap hitam dan tidak bersifat korosif.

Penambahan zat aditif terhadap bahan bakar bertujuan untuk meningkatkan kinerja dan efisiensi mesin, menghemat konsumsi bahan bakar dan mengurangi emisi gas buang yang berbahaya (Saputra et al., 2017). Suatu zat aditif yang akan digunakan harus memiliki syarat-syarat tertentu yang harus dipenuhi antara lain bersifat volatil, densitas dan viskositas rendah, tersusun dari senyawa hidrokarbon oksigenat, tidak berbahaya dan mudah bercampur dengan bahan bakar minyak (Ma'mun et al., 2011). Karakteristik minyak atsiri memenuhi syarat-syarat tersebut sehingga dapat digunakan sebagai bioaditif bahan bakar.

Minyak serai wangi mengandung sebelas komponen utama yaitu α -pinen, limonen, linalool, sitronelal, sitronelol, geraniol, sitronelil asetat, β -kariofilen, geraniol asetat, γ -kadinen dan elemol (Wijayanti, 2015). Sitronelal, sitronelol dan geraniol merupakan tiga komponen dengan presentase paling besar. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Ferdayanti (2014), presentasi sitronelal, sitronelol dan geraniol dalam minyak serai wangi berturut-turut adalah 38,12%, 14,84% dan 15,32%. Senyawa-senyawa tersebut mengandung hidrokarbon oksigenat dan diharapkan dapat memudahkan pembakaran bahan bakar dalam ruang bakar mesin. Selain itu ikatan siklis dan rantai terbuka senyawa-senyawa tersebut juga diharapkan dapat menurunkan kekuatan ikatan antar molekul penyusun bahan bakar agar pembakaran terjadi secara efektif (Kadarohman, 2009).

Komponen-komponen dalam minyak atsiri dapat dipisahkan menggunakan distilasi fraksinasi vakum. Pemisahannya dilakukan dengan mengurangi tekanan hingga dibawah tekanan atmosfer sehingga temperatur titik didihnya menjadi lebih rendah. Hal ini dilakukan untuk menjaga kualitas minyak atsiri. Penggunaan tekanan atmosfer akan meningkatkan temperatur titik didih minyak atsiri yang dapat mengakibatkan minyak terdekomposisi dan teresinifikasi. Apabila hal tersebut terjadi, distilat yang dihasilkan memiliki aroma dan sifat fisikokimia yang berbeda dengan minyak murni (Malahayati dan Rahmawati, 2014).

BAB III

DASAR TEORI

3.1 Minyak Atsiri

Menurut Guenther (2006) minyak atsiri adalah minyak mudah menguap yang diperoleh dari bagian-bagian tertentu pada tumbuhan. Minyak atsiri sendiri tidak dapat dikatakan senyawa murni karena terdiri dari campuran senyawa dengan sifat fisika dan kimia yang berbeda-beda. Minyak atsiri dapat diperoleh dari daun, bunga, batang atau akar tumbuhan.

Menurut Baser dan Buchbauer (2009) minyak atsiri merupakan campuran kompleks dari beragam senyawa yang mudah menguap yang diproduksi oleh makhluk hidup. Minyak atsiri dapat diisolasi secara fisik dengan cara *pressing* atau distilasi beberapa bagian atau seluruh bagian dari suatu tumbuhan.

3.2 Minyak Serai Wangi

Minyak serai wangi merupakan minyak atsiri yang diperoleh dari tumbuhan serai wangi (*Cymbopogon nardus* L.). Minyak serai wangi diperoleh dengan metode penyulingan (distilasi) uap daun tumbuhan serai wangi (Wijayanti, 2015). Dalam dunia perdagangan, minyak serai wangi dikenal dengan nama *Citronella Oil*. Kandungan utama minyak serai wangi yaitu sitronellal, sitronellol dan geraniol. Ketiga komponen ini memengaruhi kualitas dari minyak yang akan berdampak pada harganya (Bota et al., 2015).

Minyak serai wangi merupakan salah satu komoditas yang memiliki pangsa pasar sangat bagus baik di dalam negeri maupun luar negeri. Hal ini dikarenakan minyak serai wangi memiliki banyak kegunaan antara lain sebagai bahan dasar sabun, pestisida, obat anti nyamuk dan sebagai bioaditif bahan bakar kendaraan (Anwar et al., 2016).

Tumbuhan serai wangi merupakan tumbuhan dari keluarga rumput-rumputan. Serai wangi merupakan tumbuhan berdaun tunggal dengan panjang mencapai 1 meter dan lebar berkisar antara 1-1,5 cm. Tumbuhan ini dapat tumbuh hingga tingginya mencapai 50-100 cm. Tumbuhan serai wangi termasuk golongan tumbuhan tidak berkayu dan berkembangbiak dengan sistem bonggol akar (Anwar et al., 2016). Klasifikasi tumbuhan serai wangi ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi Tumbuhan Serai Wangi

| | |
|-------------|-----------------------------|
| Dunia | <i>Plantae</i> |
| Subdunia | <i>Tracheobionta</i> |
| Superdivisi | <i>Spermatophyta</i> |
| Divisi | <i>Magnoliophyta</i> |
| Kelas | <i>Liliopsida</i> |
| Subkelas | <i>Commelinidae</i> |
| Bangsa | <i>Cyperales</i> |
| Suku | <i>Poaceae</i> |
| Marga | <i>Cymbopogon Spreng.</i> |
| Jenis | <i>Cymbopogon nardus L.</i> |

Sumber: Ditjenbun (2006)

3.3 Terpenoid

Metabolit sekunder pada tumbuhan merupakan hasil metabolisme lanjutan dari metabolit primer yang tidak berperan dalam pertumbuhan, fotosintesis maupun respirasi. Tetapi, pada waktu tertentu metabolit sekunder dapat melindungi tumbuhan dari organisme lain karena sifatnya yang racun bagi beberapa hewan (Kusbiantoro dan Purwaningrum, 2018).

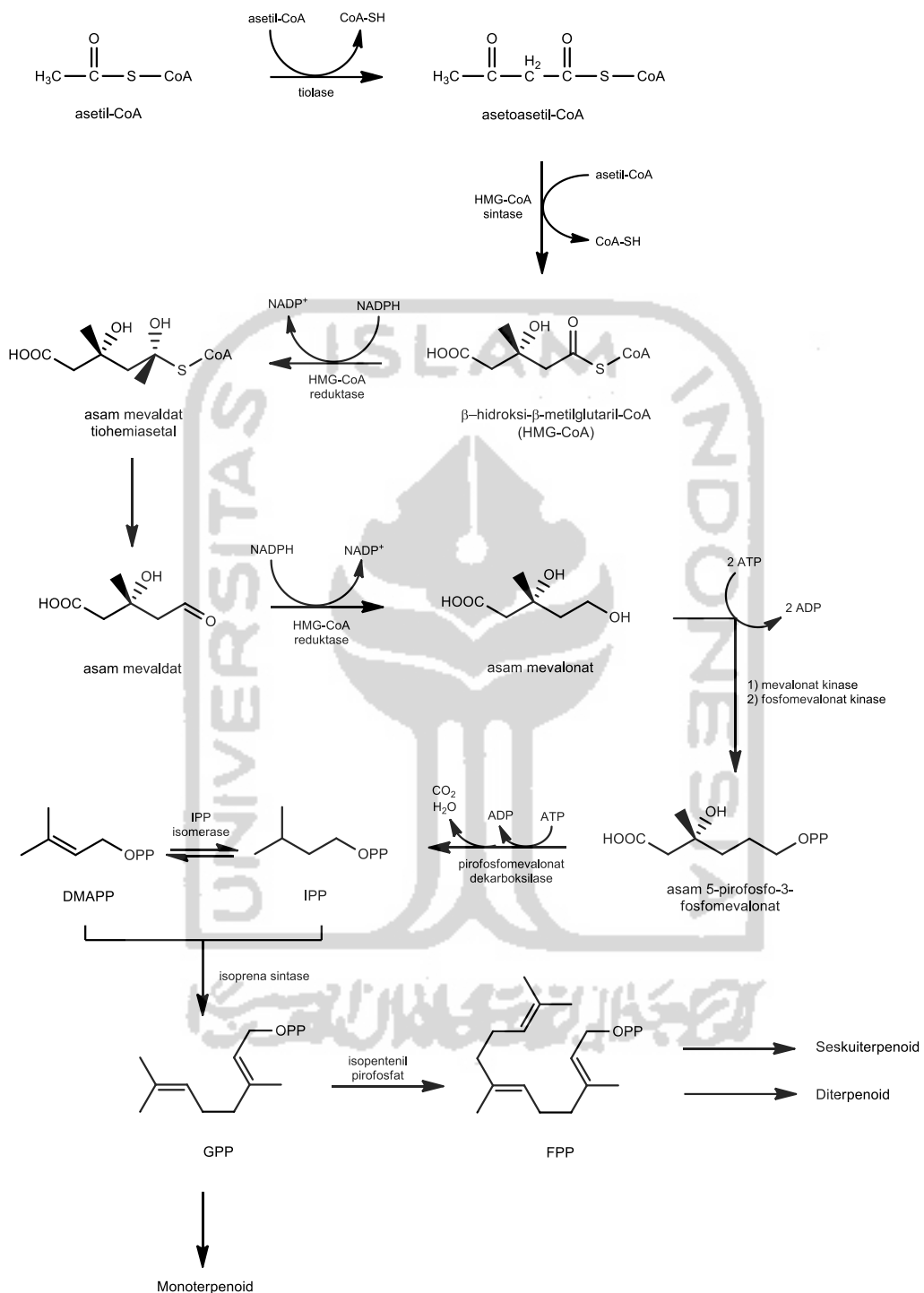
Ada lebih dari 200.000 senyawa metabolit sekunder di alam yang dapat diklasifikasikan menjadi kelompok-kelompok tertentu. Salah satu kelompok metabolit sekunder adalah terpenoid. Terpenoid merupakan kelas metabolit sekunder terbesar yang umumnya bersifat tidak larut dalam air. Terpenoid diproduksi oleh tumbuhan melalui jalur biosintesis asam mevalonat. Terpenoid diklasifikasikan berdasarkan jumlah atom karbon penyusunnya, antara lain

monoterpenoid (C10), seskuiterpenoid (C15), diterpenoid (C20), triterpenoid (C30) dan tetraterpenoid (C40) (Anggraito et al., 2018).

Senyawa terpenoid disintesis melalui jalur asam mevalonat. Jalur biosintesis senyawa terpenoid dapat dilihat pada Gambar 2. Pertama, dua molekul asetil koenzim A (asetil-CoA) mengalami reaksi kondensasi menghasilkan asetoasetil-CoA, reaksi ini dikatalisis oleh enzim asetil-coA asetiltransferase. Kemudian asetoasetil-CoA mengalami mengalami reaksi kondensasi lanjutan dengan molekul asetil-CoA yang dikatalisis oleh enzim HMG-CoA sintase menghasilkan molekul β -hidroksi- β -metilglutaril-CoA (HMG-CoA). Selanjutnya HMG-CoA direduksi oleh NADPH yang dikatalisis oleh enzim HMG-CoA reduktase dan dihasilkan senyawa asam mevalonat. Asam mevalonat akan dikonversi menjadi asam-5-pirofosfo-3-fosfomevalonat dengan bantuan enzim mevalonat kinase dan enzim fosfomevalonat kinase. Asam-5-pirofosfo-3-fosfomevalonat diubah menjadi isopentenilpirofosfat (IPP) oleh enzim pirofosfomevalonat dekarboksilase. Proses selanjutnya adalah pembentukan kesetimbangan molekul IPP menjadi dimetilalipirofosfat (DMAPP) dengan bantuan enzim IPP isomerase. Terakhir adalah kondensasi IPP dan DMAPP menjadi geranylpirofosfat (GPP, C10) dan farnesilpirofosfat (FPP, C15) yang masing-masing dikatalisis oleh enzim geranylpirofosfat sintase dan farnesilpirofosfat sintase (Agusta, 2006).

3.4 Sitronelal

Sitronelal merupakan suatu senyawa yang termasuk ke dalam golongan monoterpenoid. Sitronelal memiliki gugus aldehida, rantai karbon dan ikatan rangkap (Wulandari dan Harianingsih, 2018). Sitronelal memiliki nama IUPAC 3,7-dimetil-6-oktenal dengan rumus molekul $C_{10}H_{18}O$. Berat molekul sitronelal yaitu 154,25 g/mol an memiliki titik didih berkisar antara 204-208°C (Agustian et al., 2007). Sitronelal merupakan cairan berwarna kekuningan dan mudah menguap pada suhu kamar, memiliki kelarutan yang kecil dalam air tetapi larut dengan baik dalam alkohol maupun ester. Sitronelal biasanya secara alami terdapat pada minyak serai, minyak bunga mawar, *Eucaliptuscitriodora*, dan rumput lemon (Ketaren, 1985).



Gambar 2. Jalur biosintesis senyawa terpenoid (Agusta, 2006)

Beberapa reaksi yang mungkin terjadi pada sitronelal antara lain siklisasi, polimerisasi, reduksi dan oksidasi. Ketika sitronelal dioksidasi akan dihasilkan

senyawa asam sitronelal sedangkan reaksi reduksinya menghasilkan sitronelol atau dihidrositronelal (Alu, 2013). Reaksi siklisasi dalam suasana asam senyawa sitronelal akan menghasilkan isopulegol. Sitronelal akan terpolimerisasi atau teresinifikasi sangat cepat dalam suasana basa (Guenther, 1991).

3.5 Sitronelol

Sitronelol merupakan senyawa golongan monoterpenoid, yang bersifat larut dalam alkohol dan eter tetapi tidak larut dalam air. Sitronelol memiliki nama IUPAC 3,7-dimetil-6-oktenol dengan rumus molekul $C_{10}H_{20}O$ dengan berat molekul 156,27 g/mol. Senyawa ini berwujud cairan tidak berwarna pada suhu kamar dan memiliki bau seperti mawar (Ketaren, 1985). Sitronelol sering juga disebut dihydrogeraniol dan senyawa ini banyak terdapat pada minyak serai wangi serta minyak cengkeh (Agustian et al., 2007).

Sitronelol memiliki titik didih berkisar antara 225-229°C. Sitronelol memiliki titik didih yang berdekatan dengan geraniol yaitu berkisar antara 229-230°C sehingga sulit untuk dipisahkan walau menggunakan distilasi pengurangan tekanan (Prihartini et al., 2015). Sitronelol dapat diperoleh secara alami pada minyak serai wangi dan minyak cengkeh. Selain itu sitronelol juga dapat diperoleh dari reduksi sitronelal menggunakan suatu pereduksi seperti hidrida logam. Natrium borohidrid ($NaBH_4$) merupakan salah satu hidrida logam yang dapat digunakan sebagai agen pereduksi (Kaniawati et al., 2004).

3.6 Geraniol

Geraniol merupakan suatu monoterpenoid yang juga termasuk dalam golongan alkohol. Geraniol atau 3,7-dimetilokta-2,6-dien-1-ol memiliki rumus molekul $C_{10}H_{18}O$ dengan berat molekul 154,24 g/mol. Geraniol memiliki gugus hidroksi, hidrokarbon dan memiliki ikatan C rangkap (Bota et al., 2015). Geraniol berwujud cairan pada suhu ruang dengan warna kuning pucat. Geraniol memiliki kelarutan yang besar dalam alkohol dan eter tetapi hanya sedikit larut dalam air. Geraniol merupakan senyawa penyusun utama pada minyak serai wangi, ketumbar, neroli dan mawar (Ketaren, 1985).

Geraniol merupakan bahan utama dalam industri wewangian atau fragrans. Hal ini dikarenakan baunya yang menyenangkan seperti bunga mawar. Geraniol dapat digunakan sebagai insektisida karena menunjukkan sifat sebagai penolak serangga (Chen dan Viljoen, 2010).

3.7 Bahan Bakar Minyak

Bahan bakar minyak merupakan bahan bakar berwujud cairan yang digunakan dalam kendaraan bermotor. Bahan bakar minyak dibutuhkan dalam pembakaran oleh mesin kendaraan agar didapatkan energi atau tenaga. Bahan bakar minyak biasanya diperoleh dari distilasi minyak bumi (Setiadi, 2013). Minyak bumi atau disebut juga bahan bakar fosil merupakan bahan yang berasal dari organisme baik tumbuhan maupun hewan berukuran kecil (plankton) yang telah mati jutaan tahun lalu. Jasad organisme ini akan tertimbun dalam pasir dan lumpur dan membentuk suatu endapan berupa batuan sedimen di dasar lautan. Proses pembentukan sedimen akan terjadi secara berulang-ulang sehingga terbentuk lapisan-lapisan batuan sedimen dan berlangsung selama jutaan tahun. Akibat tekanan dan temperatur tinggi sedimen tersebut berubah menjadi zat organik yang kaya akan hidrokarbon yaitu minyak dan gas bumi (Sa'adah et al., 2017).

Secara kimiawi minyak bumi tersusun dari senyawa kompleks dengan unsur penyusun utama hidrogen dan karbon, sehingga sering disebut juga sebagai senyawa hidrokarbon (C_xH_y). Selain hidrokarbon kandungan lain yang terdapat dalam minyak bumi adalah sulfur, nitrogen dan oksigen. Karena hidrokarbon merupakan kandungan utama dalam minyak bumi menyebabkan sifatnya menyerupai hidrokarbon yakni mudah terbakar (DESDM, 2009).

Ketika suatu bahan bakar masuk ke dalam kendaraan bermotor maka akan terjadi proses pembakaran saat mesin menyala. Proses pembakaran bahan bakar dapat terjadi secara sempurna dan tidak sempurna. Hal-hal yang dapat mendukung proses pembakaran secara sempurna meliputi sifat fisika, kimia dan alamiah. Beberapa sifat-sifat tersebut antara lain, a) tidak beracun; b) stabil terhadap temperature tinggi; c) densitas energi yang tinggi; d) nilai bakar bahan bakar tersebut; e) rendah polusi dan f) mudah dipakai dan disimpan (Nugroho, 2017).

3.8 Pertamina DEX (*Diesel Environment X-tra*)

Pertamina DEX merupakan bahan bakar mesin diesel yang diproduksi oleh PT. Pertamina. Pertamina DEX merupakan bahan bakar solar dengan kualitas terbaik karena memiliki angka setana sebesar 53, yang lebih tinggi daripada solar biasa yaitu 48. Pertamina DEX juga telah memenuhi standar 'EURO 3' yang menandakan bahwa bahan bakar tersebut memiliki kandungan sulfur yang rendah sehingga zat sisa hasil pembakarannya tidak berbahaya bagi mesin maupun lingkungan (Aripin dan Botutihe, 2018). Selain itu terdapat spesifikasi lain dari Pertamina DEX. Spesifikasi Pertamina DEX ditunjukkan pada Tabel 2.

3.9 Bioaditif Bahan Bakar

Zat aditif merupakan bahan tambahan yang ditambahkan ke dalam suatu bahan bakar kendaraan bermotor, baik mesin bensin maupun mesin diesel. Zat aditif sering disebut juga sebagai *fuel vitamin* yang tujuan penambahannya adalah untuk meningkatkan sifat dasar suatu bahan bakar yang sebelumnya tidak dimiliki bahan bakar tersebut salah satunya yaitu anti denotasi (*knocking*). Penambahan zat aditif akan meningkatkan kinerja, kekuatan hingga ketahanan suatu mesin (Saputra et al. 2017).

Penambahan zat aditif pada bahan bakar juga memiliki berbagai kegunaan lain, 1) dapat membersihkan karburator/*injector* pada saluran bahan bakar; 2) meningkatkan tenaga mesin; 3) mencegah terjadinya korosi 4) mengurangi terbentuknya endapan pada ruang bakar; 5) menghemat penggunaan bahan bakar dan 6) mengurangi emisi gas buang (Endyani dan Putra, 2011).

Terdapat dua jenis zat aditif yaitu zat aditif sintetis atau buatan dan zat aditif alami atau bioaditif. Salah satu bioaditif yang dapat digunakan adalah minyak atsiri. Kandungan senyawa yang terdapat pada minyak atsiri dapat menyediakan oksigen yang dapat membantu mempercepat proses pembakaran (Kadarohman, 2009). Selama ini, proses pembakaran bahan bakar untuk menghasilkan energi hanya mencapai 70-75%. Sisa pembakaran akan menimbulkan kerak pada dinding ruang bakar, terbentuknya emisi gas buang yang berbahaya dan pemborosan

konsumsi bahan bakar. Hal ini menyebabkan proses pembakaran yang kurang optimal (Arifianto, 2004).

Tabel 2. Data Sifat Fisik dan Kimia Pertamina DEX

| No | Karakteristik | Satuan | Batasan | |
|----|---|----------------------|-------------------|---------|
| | | | Min | Maks |
| 1 | Angka Setana | - | 53 | - |
| | Indeks Setana | - | 48 | - |
| 2 | Densitas @ 15°C | kg/m ³ | 820 | 860 |
| 3 | Viskositas @ 40°C | mm ² /sec | 2,0 | 4,5 |
| 4 | Kandungan Belerang | % m/m | - | 0,05 |
| 5 | Distilasi: | °C | - | 340 |
| | Temp. @ 90% | °C | - | 360 |
| | Temp. @ 95% | °C | - | 370 |
| | Titik Didih Akhir | °C | - | 370 |
| 6 | Titik Nyala | °C | 55 | - |
| 7 | Titik Tuang | °C | - | 18 |
| 8 | Residu Karbon | % m/m | - | 0,3 |
| 9 | Kandungan Air | mg/kg | - | 500 |
| 10 | Stabilitas Oksidasi | g/m ³ | - | 25 |
| 11 | Biological Growth | | Nihil | |
| 12 | Kandungan FAME | % v/v | - | 10 |
| 13 | Kandungan metanol dan etanol | % v/v | Tak terdeteksi | |
| 14 | Korosi Bilah Tembaga | merit | - | Kelas 1 |
| 15 | Kandungan Abu | % m/m | - | 0,01 |
| 16 | Kandungan Sedimen | % m/m | - | 0,01 |
| 17 | Bilangan Asam Kuat | mg KOH/g | - | 0 |
| 18 | Bilangan Asam Total | mg KOH/g | - | 0,3 |
| 19 | Partikulat | mg/l | - | 10 |
| 20 | Lubrisitas (HFRR wear scar dia. @ 60°C) | mikron | - | 460 |
| 21 | Penampilan visual | - | Jernih dan terang | |
| 22 | Warna | No. ASTM | - | 1,0 |

(Sumber PT. Pertamina 2015)

Terdapat dua jenis zat aditif yaitu zat aditif sintetis atau buatan dan zat aditif alami atau bioaditif. Salah satu bioaditif yang dapat digunakan adalah minyak atsiri. Kandungan senyawa yang terdapat pada minyak atsiri dapat menyediakan oksigen yang dapat membantu mempercepat proses pembakaran (Kadarohman, 2009). Selama ini, proses pembakaran bahan bakar untuk menghasilkan energi hanya mencapai 70-75%. Sisa pembakaran akan menimbulkan kerak pada dinding ruang bakar, terbentuknya emisi gas buang yang berbahaya dan pemborosan konsumsi bahan bakar. Hal ini menyebabkan proses pembakaran yang kurang optimal (Arifianto, 2004).

3.10 Densitas

Berbagai sifat fisika dapat menjadi tolak ukur kemurnian suatu zat, salah satunya adalah densitas. Densitas atau massa jenis atau rapat massa adalah sifat fisika suatu zat yang penting karena dapat memberikan informasi keadaan fisika maupun kimia suatu bahan. Densitas menggambarkan kerapatan material penyusun suatu zat (Sohnel dan Novotny, 1985).

Densitas menjadi parameter penting sebagai tolak ukur mutu dan kemurnian minyak atsiri. Densitas merupakan salah satu sifat fisika yang sering dicantumkan dalam pustaka. Nilai densitas minyak atsiri berkisar antara 0,696-1,188 g/cm³ pada 15°C, pada umumnya nilainya lebih kecil dari 1,000 g/cm³. Densitas minyak atsiri pada 15°C merupakan perbandingan antara massa minyak atsiri pada suhu 15°C dengan massa air pada volume yang sama dengan minyak atsiri pada 15°C (Guenther, 2006). Secara matematis densitas dinyatakan sebagai (Tipler, 1996):

$$\rho = \frac{m}{v}$$

dimana:

ρ : densitas zat (g/cm³)

m : massa zat (g)

v : volume zat (cm³)

3.11 Angka Setana

Angka setana atau bilangan setana atau *cetane number* merupakan bilangan yang menunjukkan kualitas suatu bahan bakar solar. Angka setana didasarkan pada komposisi dari setana dalam campuran setana ($C_{16}H_{34}$) dengan alfametil-naftalen ($C_{10}H_7CH_3$). Setana memiliki angka setana sebesar 100 sedangkan alfametil-naftalen memiliki bilangan setana 0. Semakin tinggi angka setana menunjukkan kualitas penyalaan yang baik. Artinya bahan bakar akan langsung menyala ketika diinjeksikan ke dalam mesin tanpa ada penundaan (Sitepu, 2009).

Tinggi rendahnya angka setana sangat memengaruhi kualitas bahan bakar solar. Hal ini berkaitan dengan beberapa hal yaitu denotasi (*knocking*), penyalaan lambat (*ignition lag*), pengoperasian pada temperatur rendah dan masa percobaan yang halus (Padang, 2011). Apabila suatu bahan bakar memiliki angka setana yang tinggi, maka tidak perlu temperatur tinggi untuk penyalaannya. Sebaliknya apabila angka setananya rendah maka untuk penyalaannya diperlukan temperatur yang sangat tinggi dan akan menyebabkan denotasi (*knocking*). Denotasi yang terlalu sering akan berakibat pada kerusakan bagian-bagian mesin dan menimbulkan suara keras yang tidak nyaman didengar (Setyadi dan Wibowo, 2015).

3.12 Emisi Gas Buang

Emisi gas buang merupakan zat sisa hasil pembakaran bahan bakar suatu kendaraan baik yang terbakar secara sempurna maupun yang tidak. Emisi gas buang akan dikeluarkan melalui sistem pembuangan mesin kendaraan. Gas sisa hasil pembakaran perlu dikeluarkan agar tidak mengganggu proses pembakaran selanjutnya (Winarno, 2014).

Ketika reaksi pembakaran terjadi secara sempurna, maka yang dihasilkan adalah oksigen (O_2), uap air (H_2O), nitrogen (N_2) dan karbondioksida (CO_2) yang sifatnya tidak berbahaya (Mara et al., 2018). Tetapi pada kenyataannya, tidak ada reaksi pembakaran yang sempurna. Reaksi pembakaran yang tidak sempurna ini akan menghasilkan gas-gas yang berbahaya antara lain karbonmonoksida (CO), hidrokarbon (HC), nitrogendioksida (NO_2) dan partikulat. Selain itu apabila bahan

bakar mengandung sulfur dan timbal maka akan menghasilkan sulfur dioksida (SO_2) dan logam berat Timbal (Pb). Hasil sisa pembakaran yang tidak sempurna tersebut merupakan salah satu penyebab pencemaran udara dan lingkungan yang dapat membahayakan kesehatan manusia. Bahkan ketika konsentrasinya melebihi ambang batas maksimum dapat menyebabkan kematian (Jayanti et al., 2014).

3.13 Konsumsi Bahan Bakar

Mesin diesel atau motor diesel atau biasa disebut dengan “motor penyalan kompresi” adalah motor bakar dengan proses pembakaran terjadi di dalam mesin itu sendiri. Proses pembakaran terjadi akibat pemampatan (kompresi) udara di dalam suatu ruang bakar. Ketika udara dimampatkan maka terjadi tekanan yang sangat tinggi disertai dengan kenaikan temperatur, bersamaan dengan disemprotkannya bahan bakar sehingga terjadi pembakaran (Samlawi, 2018).

Proses pembakaran berkaitan dengan konsumsi bahan bakar. Konsumsi bahan bakar atau *fuel consumption* adalah ukuran penggunaan bahan bakar untuk menjalankan suatu mesin selama periode waktu tertentu. Besarnya konsumsi bahan bakar diukur dalam satuan berat bahan bakar per satuan waktu. Secara matematis konsumsi bahan bakar dirumuskan sebagai berikut:

$$fc = \frac{b}{t} \times \gamma_f \frac{3.600}{1.000.000}$$

dimana:

fc : *fuel consumption* atau konsumsi bahan bakar (kg/jam)

b : volume pemakaian bahan bakar (ml)

t : waktu yang digunakan untuk mengkonsumsi bahan bakar, (s)

γ_f : berat spesifik bahan bakar (kg/m^3)

(Mara et al., 2018)

Selain konsumsi bahan bakar terdapat istilah lain yaitu konsumsi bahan bakar spesifik atau *specific fuel consumption* (sfc). Konsumsi bahan bakar spesifik merupakan jumlah konsumsi bahan bakar per satuan unit daya yang dihasilkan dari operasi selama 1 jam. Secara tidak langsung, konsumsi bahan bakar spesifik

mengindikasikan efisiensi mesin dalam menghasilkan daya dari proses pembakaran bahan bakar. Konsumsi bahan bakar spesifik dirumuskan sebagai berikut:

$$sfc = \frac{m_f}{W} \times 3600000$$

dimana:

sfc: *specific fuel consumption* atau konsumsi bahan bakar spesifik (kg/kWh)

m_f: laju aliran massa bahan bakar (kg/jam)

W: daya (kW)

(Ariani et al., 2017)

Ada beberapa faktor yang memengaruhi tingkat konsumsi bahan bakar suatu mesin. Faktor-faktor tersebut antara lain putaran mesin, kecepatan, beban mesin, posisi gigi, dan pengaturan mesin (Kroon, 2006). Sinaga et al. (2011) di dalam penelitiannya mengatakan bahwa pada setiap nilai posisi gigi tertentu terdapat kecepatan yang berpengaruh terhadap konsumsi bahan bakar minimum.

3.14 Distilasi Fraksinasi Vakum

Distilasi fraksinasi atau disebut juga distilasi bertingkat merupakan proses distilasi bertahap dengan refluks. Distilasi fraksinasi merupakan pemisahan komponen volatil dan non volatil berdasarkan perbedaan titik didihnya (Vogel, 1985). Pada distilasi fraksinasi, pemisahan komponen dilakukan secara bertahap. Komponen yang memiliki titik didih lebih rendah akan menguap terlebih dahulu, sedangkan komponen yang memiliki titik didih lebih tinggi akan menguap setelahnya. Hasil proses pemisahan merupakan komponen yang memiliki titik didih rendah atau disebut dengan distilat (Lestari, 2012).

Distilasi fraksinasi vakum merupakan metode yang cocok digunakan untuk pemisahan minyak atsiri. Hal ini dikarenakan apabila proses distilasi dilakukan pada tekanan atmosfer maka dibutuhkan temperatur yang tinggi untuk proses pemisahannya. Temperatur yang terlalu tinggi dapat menyebabkan minyak atsiri terdekomposisi dan teresinifikasi yang menyebabkan perubahan sifat

fisikokimianya. Selain itu mutu minyak atsiri juga akan menurun (Malahayati dan Rahmawati, 2014).

Distilasi fraksinasi vakum dilengkapi dengan refluks yang berfungsi untuk meningkatkan kemurnian fraksi hasil pemisahan. Rasio jumlah kondensat yang dikembalikan ke kolom fraksinasi per satuan waktu dengan jumlah distilat yang diambil per satuan waktu disebut rasio refluks. Salah satu faktor yang memengaruhi kemurnian fraksi hasil pemisahan adalah rasio refluks. Sehingga perlu ditentukan rasio refluks yang tepat agar diperoleh hasil pemisahan dengan kemurnian tinggi (Handoyo, 1995). Rasio refluks yang terlalu kecil dapat menyebabkan pemisahan yang terlalu cepat, tidak tepat dan belum murni. Fraksi masih banyak mengandung komponen-komponen lain yang tidak diinginkan. Sebaliknya, apabila rasio refluks terlalu besar maka pemisahan akan berjalan sangat lambat dan tidak efisien meskipun fraksi yang dihasilkan memiliki kemurnian yang tinggi (Gilbert dan Martin, 2010).

Selain rasio refluks faktor-faktor lain yang memengaruhi pemisahan menggunakan distilasi fraksinasi vakum adalah temperatur, tekanan dan kolom fraksinasi. Penentuan temperatur disesuaikan dengan titik didih komponen-komponennya, sehingga dapat ditentukan rentang temperatur pemisahan. Penentuan tekanan sangat penting karena mampu memengaruhi kualitas distilat yang dihasilkan (Amrullah et al., 2017). Menurut Guenther (1990) penggunaan tekanan yang tidak melebihi 10 mmHg akan menghasilkan pemisahan yang baik dan mencegah dekomposisi minyak atsiri. Kolom yang digunakan untuk fraksinasi sangat berpengaruh terhadap proses pemisahan. Kolom yang panjang akan menghasilkan pemisahan yang efektif karena memperbesar kesempatan antara uap dengan cairan di dalam kolom untuk saling kontak. Sedangkan kolom yang pendek dapat menyebabkan luapan cairan di dalam kolom dan dapat mengakibatkan tercampurnya distilat dengan cairan tersebut (Pavia, 2005).



Gambar 3. Unit alat distilasi fraksinasi vakum (Unpad, 2018)

Keterangan:

| No. | Bagian | No. | Bagian | No. | Bagian |
|-----|-------------------------------|-----|--------------------|-----|-----------------------|
| 1. | Motor pengaduk | 10. | Termokopel puncak | 19. | Pembagi fraksi |
| 2. | Batang pengaduk magnet | 11. | Unit refluks | 20. | Motor pembagi |
| 3. | <i>Heating mantle</i> | 12. | Manometer | 21. | Panel kontrol |
| 4. | Labu umpan | 13. | Kondensor | 22. | Tabung <i>trap</i> |
| 5. | Termokpel umpan | 14. | Sensor vakum | 23. | Kran pengontrol vakum |
| 6. | Kolom distilasi | 15. | Selang vakum | 24. | Pompa vakum |
| 7. | Jaket pemanas kolom | 16. | Pendingin distilat | 25. | Rangka alumunium |
| 8. | Pendingin | 17. | Botol penampung | | |
| 9. | Alat pengukur selisih tekanan | 18. | Penampung fraksi | | |

3.15 Kromatografi Gas Spektroskopi Massa (KG-SM)

Analisis minyak atsiri menjadi suatu masalah yang cukup rumit. Hal ini dikarenakan minyak atsiri bersifat volatil pada temperatur ruang. Oleh karena itu diperlukan metode analisis yang dapat mengatasi masalah volatilitas minyak atsiri. Kromatografi gas spektroskopi massa (KG-SM) merupakan suatu metode yang tepat digunakan karena dapat mengatasi masalah penguapan senyawa-senyawa volatil. KG-SM merupakan gabungan dua metode yaitu Kromatografi Gas dan Spektroskopi Massa yang memiliki peranan masing-masing. Kromatografi gas berfungsi untuk memisahkan komponen-komponen suatu campuran sedangkan spektroskopi massa berfungsi untuk mendeteksi komponen-komponen yang telah dipisahkan oleh kromatografi gas (Siregar, 2010).

KG-SM merupakan metode yang dapat digunakan untuk analisis secara kualitatif atau kuantitatif. Kromatogram yang dihasilkan dari analisis memberikan informasi mengenai jumlah komponen hasil pemisahan. Presentasi luas puncak kromatogram mempresentasikan konsentrasi relatif suatu senyawa dalam cuplikan yang diinjeksikan ke KG-SM. Senyawa hasil pemisahan kemudian diidentifikasi dengan cara membandingkan pola fragmentasi hasil analisis dengan pola fragmentasi senyawa referensi standar (Sylverstein et al., 1991).

Sampel yang akan dianalisis dengan KG-SM diinjeksikan ke dalam injektor untuk diubah fasenya menjadi gas. Kemudian sampel yang telah berada dalam fase gas dibawa oleh gas pembawa menuju kolom. Disinilah terjadi proses pemisahan komponen-komponen tersebut. Setelah itu komponen-komponen yang telah terpisah dibombardir dengan elektron sehingga dihasilkan fragmen-fragmen ion bermuatan positif dengan perbandingan massa per muatan (m/z) tertentu. Fragmen-fragmen inilah yang kemudian dideteksi oleh detektor (Khajuria dan Nayak, 2013).

Instrumen KG-SM terdiri atas beberapa bagian, yaitu:

Instrumentasi Kromatografi Gas

a) Gas Pembawa

Gas pembawa merupakan komponen yang sangat penting dalam kromatografi gas. Gas pembawa pada kromatografi gas harus memenuhi beberapa

persyaratan. Pertama, gas pembawa haruslah *inert* yaitu tidak bereaksi dengan sampel, material pada kolom atau pelarut yang digunakan. Kedua, gas harus kering dan bebas dari oksigen. Ketiga gas harus dalam keadaan murni dan yang terakhir gas pembawa dapat mengurangi difusi gas (Sastrohamidjojo, 2005). Beberapa gas yang dapat digunakan sebagai gas pembawa antara lain helium (He), argon (Ar), nitrogen (N) hidrogen (H) dan karbondioksida (CO₂) (Agusta, 2000).

b) Injeksi Sampel

Sampel yang akan dianalisis diinjeksikan menggunakan jarum yang disebut *syringe*. *Syringe* akan menembus lempengan karet yang disebut dengan *septum*. Suhu di dalam tempat injeksi ini diatur diatas titik didih sampel, biasanya 10-15°C agar sampel segera menguap setelah diinjeksikan. Setelah menguap sampel dibawa menuju kolom (Gritter et al., 1985)

c) Kolom

Kolom merupakan tempat terjadinya pemisahan komponen-komponen penyusun sampel. Komponen-komponen dipisahkan berdasarkan partisi diantara fase gerak (gas pembawa) dan fase diam (kolom). Terdapat dua jenis kolom pada KG yaitu *packed coloumn* dan *capillary coloumn*. *Packed coloumn* memiliki diameter antara 3-6 mm dengan panjang 1-5 m. *Packed coloumn* biasanya digunakan untuk tujuan preparatif karena dapat menampung sampel dalam jumlah banyak. Berbeda dengan *capillary coloumn* yang biasanya digunakan untuk analisis kuantitatif karena memberikan resolusi yang jauh lebih baik. *Capillary coloumn* memiliki ukuran yang lebih kecil yaitu diameter sebesar 0,1-0,7 mm dengan panjang 15-100 m (Fowlis, 1998).

Instrumentasi Spektroskopi Massa

a) Sumber Ion

Molekul-molekul hasil pemisahan akan masuk ke dalam rangkaian spektroskopi massa. Molekul-molekul tersebut akan melewati sumber ion dan dibombardir dengan elektron menghasilkan ion-ion bermuatan positif. Hal ini

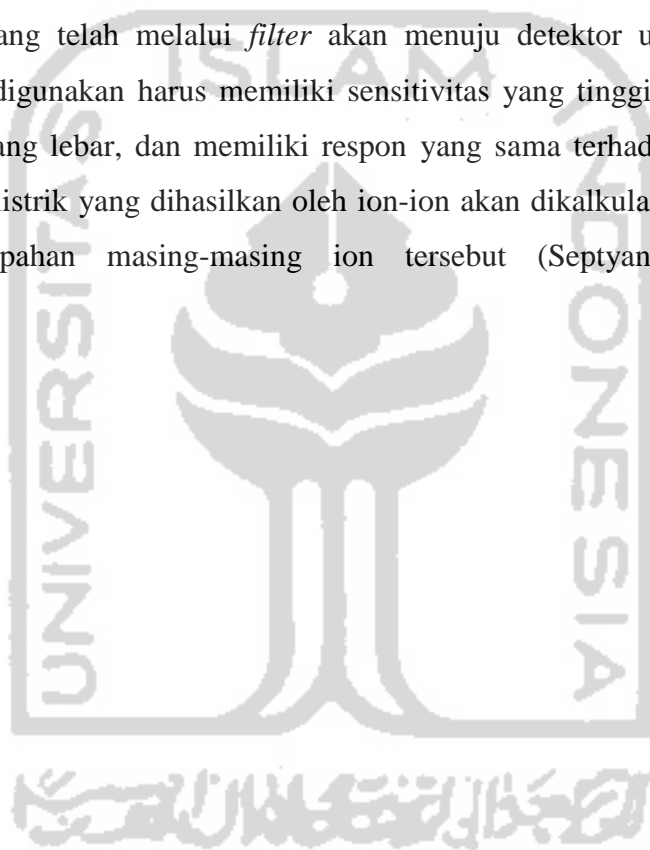
dilakukan karena yang nantinya dideteksi oleh detektor adalah ion-ion bermuatan positif (Fowlis, 1998).

b) *Filter*

Ion-ion akan dipisahkan berdasarkan perbedaan massa. Prinsipnya yaitu penyaringan, dipilih ion mana yang dapat lanjut dan yang mana yang tidak (Fowlis, 1998).

c) Detektor

Ion-ion yang telah melalui *filter* akan menuju detektor untuk dideteksi. Detektor yang digunakan harus memiliki sensitivitas yang tinggi, nondestruktif, respon linear yang lebar, dan memiliki respon yang sama terhadap semua jenis senyawa. Arus listrik yang dihasilkan oleh ion-ion akan dikalkulasi oleh detektor menjadi kelimpahan masing-masing ion tersebut (Septyaningsih, 2010).



BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan dalam percobaan ini yaitu tanaman serai wangi, natrium sulfat (Na_2SO_4) dan bahan bakar Pertamina DEX dan aquades.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu seperangkat alat distilasi uap-air, seperangkat alat gelas laboratorium, mikropipet, botol sampel 1L, refraktometer, viskometer *Ostwald*, piknometer 5 mL, seperangkat alat distilasi fraksinasi vakum (*B/R Instrument-Spinning Band Distillation System Model 36-100*), Kromatografi Gas Spektroskopi Massa (*GC-MS QP2010S Shimadzu*), dan mesin diesel IN-DO R 180 iDi.

4.2 Prosedur Penelitian

4.2.1 Distilasi Serai Wangi

Pengambilan minyak serai wangi dari tanaman serai wangi (*Cymbopogon nardus* L.) dilakukan dengan distilasi uap-air atau biasa disebut dengan distilasi kukus. Daun serai wangi segar sebanyak 25 kg dipotong-potong kurang lebih 2 cm. Ketel yang akan digunakan diisi dengan air hingga $\frac{1}{3}$ bagian lalu diletakkan pembatas (angsan) ± 2 cm di atasnya. Tanaman serai wangi yang telah dipotong-potong kemudian diletakkan di atas angsan dan ketel ditutup rapat. Proses distilasi dilakukan selama 5 jam kemudian minyak yang dihasilkan dipisahkan dengan hidrosol dan dimurnikan menggunakan natrium sulfat (Na_2SO_4).

4.2.2 Distilasi Fraksinasi Vakum

Sebelum dilakukan proses distilasi, maka terlebih dahulu dilakukan persiapan yaitu menyiapkan campuran es dan garam lalu memasukkannya ke dalam tabung trap. Hal ini dilakukan agar fase gas tidak terbawa ke pompa vakum. Setelah itu alat distilasi dihubungkan dengan arus listrik 1000-1500 W hingga panel kontrol menyala. Selanjutnya adalah proses pengisian labu umpan dengan minyak serai

wangi sebanyak 250 mL. Labu umpan yang digunakan dilengkapi dengan batang pengaduk yang menjaga minyak tetap homogen, mantel pemanas yang berfungsi sebagai sumber panas dan termokopel umpan yang berfungsi mengontrol suhu distilasi. Apabila semua komponen sudah siap maka dilakukan proses distilasi selama \pm 1-30 jam pada tekanan 30 mmHg dengan rasio refluks 20:1. Fasa uap hasil pemisahan akan terkondensasi menjadi cairan, dan ditunggu suhu turun hingga 30°C untuk kemudian diambil cairan hasil pemisahan (Malahayati, 2014).

4.2.3 Uji Densitas

Uji densitas minyak atsiri dan bahan bakar sebelum dan setelah penambahan bioaditif dilakukan menggunakan piknometer. Piknometer kosong yang telah dikeringkan diisi dengan aquades hingga penuh kemudian ditimbang. Aquades dikeluarkan kemudian piknometer dikeringkan dan diisi dengan sampel kemudian ditimbang. Uji densitas didasari oleh perbandingan antara berat sampel dengan berat aquades pada volume yang sama dan alat yang sama. Hasil yang diperoleh dicatat dan dibandingkan dengan standar mutu.

4.2.4 Uji Indeks Bias

Uji indeks bias dilakukan terhadap minyak serai wangi dan fraksi sitronelal dan fraksi sitronelol-geraniol hasil distilasi fraksinasi vakum. Uji indeks bias dilakukan menggunakan refraktometer. Refraktometer dipastikan dalam kondisi menyala. Kemudian prisma pada refraktometer dibersihkan menggunakan aseton secara hati-hati lalu dikeringkan menggunakan tisu. Setelah itu ditetaskan sampel minyak atsiri sebanyak 1-2 tetes diatas prisma lalu ditutup. Indeks bias diamati dengan cara memutar prisma hingga batas daerah terang dan gelap tepat berimpit dengan titik potong dari garis silang. Indeks refraksi dapat dibaca dari skala (ditandai nD). Nilai indeks bias dibandingkan dengan dengan standar mutu.

4.2.5 Uji Viskositas

Uji viskositas dilakukan terhadap bahan bakar Pertamina-DEX sebelum dan setelah penambahan bioaditif. Pengujian dilakukan menggunakan viskometer *Ostwald*. Pengukuran pertama dilakukan terhadap aquades sebagai cairan

pembandingan, aquades dimasukkan ke dalam viskometer sampai batas atas. Kemudian cairan dibiarkan mengalir sampai batas bawah dan dicatat waktu yang diperlukan. Hal yang sama dilakukan juga terhadap bahan bakar Pertamina-DEX sebelum dan setelah penambahan bioaditif.

4.2.6 Uji Fisikokimia Minyak Atsiri

Minyak serai wangi yang diperoleh dari distilasi uap-air dikarakterisasi untuk mengetahui komponen-komponen di dalamnya. Karakterisasi dilakukan menggunakan Kromatografi Gas-Spektroskopi Massa (GC-MS- QP2010SE) Shimadzu. Kondisi operasional GC-MS ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Kondisi Operasional GC-MS

| | |
|-------------------------|-------------------|
| Column Oven Temperature | 80°C |
| Injection Temperature | 300°C |
| Injection Mode | Split |
| Flow Control Mode | Pressure |
| Pressure | 42,3 kPa |
| Total Flow | 117,5 mL/menit |
| Column Flow | 0,74 mL/menit |
| Linear Velocity | 31,8 cm/detik |
| Purge Flow | 3,0 L/menit |
| Rate | 10.00 |
| Temperature | 80-320°C |
| Ion Source Temperature | 250°C |
| Interface Temperature | 300°C |
| Detector Gain Mode | Relative |
| Detector Gain | 0,98 kV + 0,00 kV |
| Scan Speed | 1250 |

4.2.7 Formulasi Pencampuran

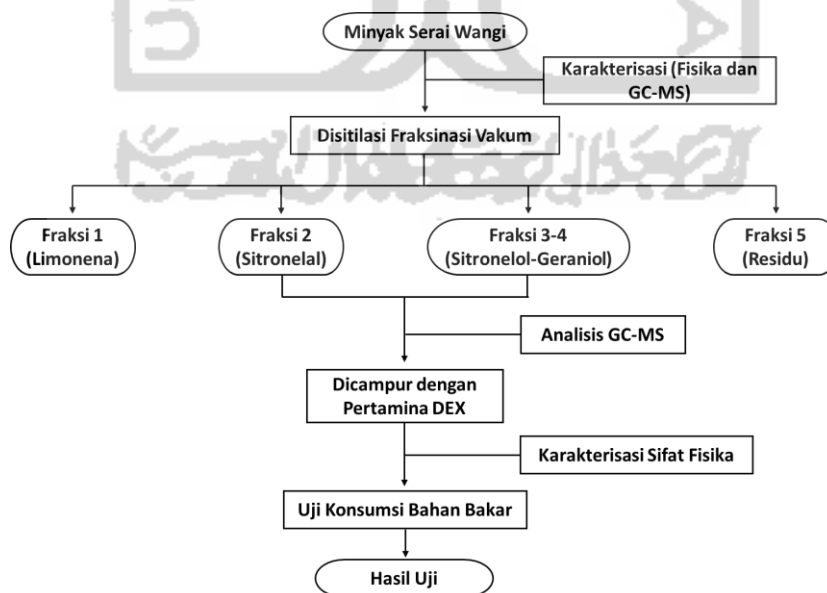
Sebanyak 5 L bahan bakar Pertamina DEX dimasukkan kedalam botol sampel ukuran 1L. Kemudian dicampurkan dengan fraksi sitronelal (F2) dan fraksi sitronelol-geraniol (F3). Formulasi pencampuran ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Formulasi Pencampuran Bioaditif

| Formula | Pertamina-DEX | |
|---------|---------------|--------|
| | F2 (%) | F3 (%) |
| I | 0,1 | 0,1 |
| II | 0,15 | 0,15 |
| III | 0,2 | 0,2 |
| IV | 0,5 | 0,5 |

4.2.8 Uji Konsumsi Bahan Bakar

Disiapkan sebanyak 1 liter bahan bakar Pertamina DEX murni, 1 liter bahan bakar Pertamina DEX yang dicampur dengan fraksi sitronelal dan 1 liter bahan bakar Pertamina DEX yang dicampur dengan fraksi sitronelol-geraniol. Semua campuran dihomogenkan. Selanjutnya dilakukan uji efisiensi konsumsi bahan bakar di laboratorium Teknik Mesin UII menggunakan mesin diesel IN-DO R 180 iDi. Pengujian dilakukan dengan variabel nilai putaran tetap pada 2000 rpm dan beban bertingkat yaitu 1000; 2000 dan 3000 psi dengan waktu pengujian selama 7 menit. Pengujian diulang untuk variasi konsentrasi penambahan bioaditif yang lainnya.

**Gambar 4.** Diagram Alir Penelitian

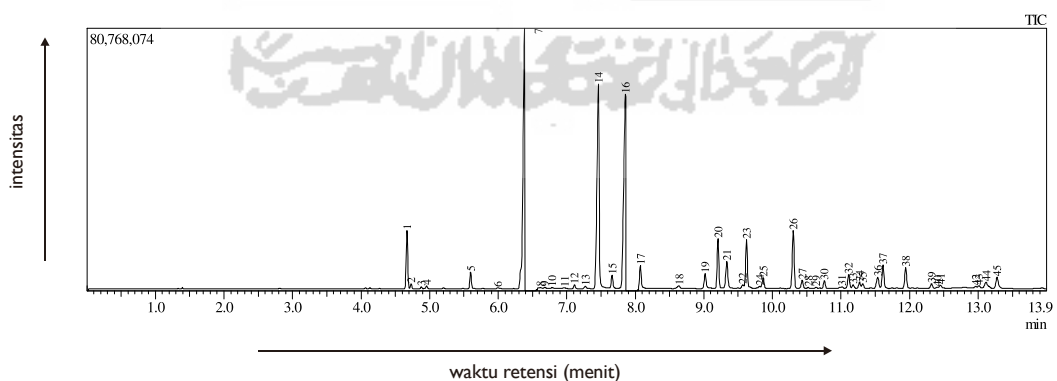
BAB V

PEMBAHASAN

Penelitian ini berisi tentang pengaruh penambahan fraksi sitronelal dan fraksi sitronelol-geraniol hasil distilasi fraksinasi vakum minyak serai wangi terhadap kualitas bahan bakar minyak (BBM) jenis Pertamina-DEX. Peningkatan kualitas BBM dilihat dari efisiensi konsumsi bahan bakar yang dihasilkan.

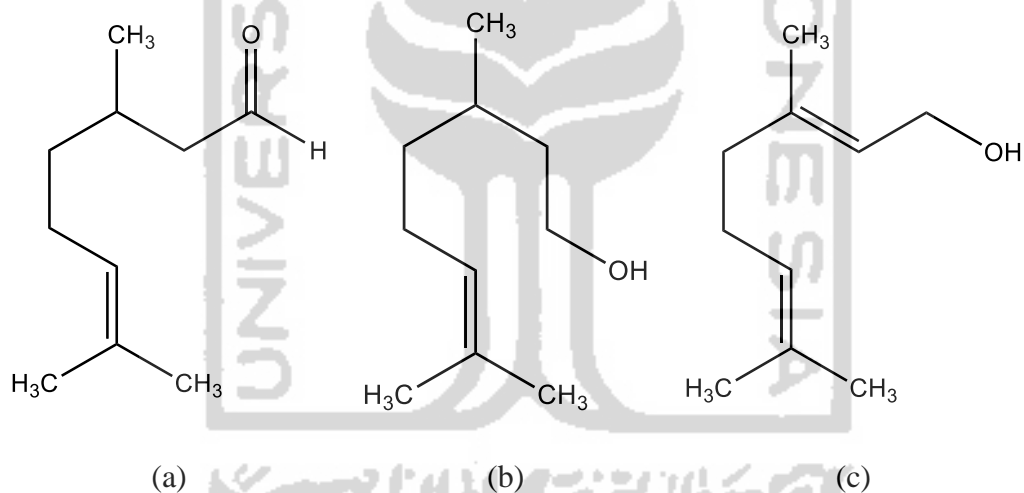
5.1 Uji Fisikokimia Minyak Atsiri

Minyak serai wangi yang diperoleh dari proses distilasi diuji secara fisikokimia terlebih dahulu. Uji fisikokimia dilakukan menggunakan kromatografi gas spektroskopi massa (GC-MS). Kromatografi gas spektroskopi massa merupakan metode analisis gabungan dari dua metode yaitu kromatografi gas dan spektroskopi massa. Kromatografi gas berfungsi untuk memisahkan komponen-komponen suatu campuran sedangkan spektroskopi massa berfungsi mendeteksi komponen-komponen yang telah dipisahkan oleh kromatografi gas. Uji fisikokimia dilakukan menggunakan instrumen *Gas Chromatography-Mass Spectrometry* GC-MS-QP2010SE Shimadzu. Hasil uji GC-MS dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Kromatogram Minyak Serai Wangi

Kromatogram yang dihasilkan menunjukkan bahwa dalam minyak serai wangi terkandung 45 senyawa. Diantara 45 senyawa tersebut terdapat 3 senyawa dominan dengan puncak tertinggi. Pertama adalah pada puncak ke-7 dengan waktu retensi 6,383 menit dan presentase area sebesar 19,01%. Kedua adalah puncak ke-14 dengan waktu retensi 7,461 menit dan presentase area sebesar 20,48%. Ketiga adalah puncak ke-16 dengan waktu retensi 7,856 menit dan presentase area sebesar 18,81%. Senyawa utama yang terkandung dalam minyak serai wangi adalah sitronelal, sitronelol dan geraniol. Struktur senyawa tersebut ditampilkan pada Gambar 6. Kemudian kandungan senyawa dalam minyak serai wangi dirangkum dalam Tabel 5. Senyawa yang ditampilkan adalah senyawa dengan presentasi area lebih dari 1%.



Gambar 6. Struktur (a) Sitronelal, (b) Sitronelol, (c) Geraniol

Senyawa-senyawa dari hasil pemisahan GC maka akan memasuki MS dan terjadilah proses fragmentasi yang ditampilkan pada spektrum massa. Spektrum massa senyawa sitronelal dapat dilihat pada Gambar 7. Puncak-puncak pada spektrum massa menunjukkan fragmentasinya. Pola fragmentasi sitronelal ditampilkan pada Gambar 8.

Tabel 5. Kandungan Senyawa Minyak Serai Wangi

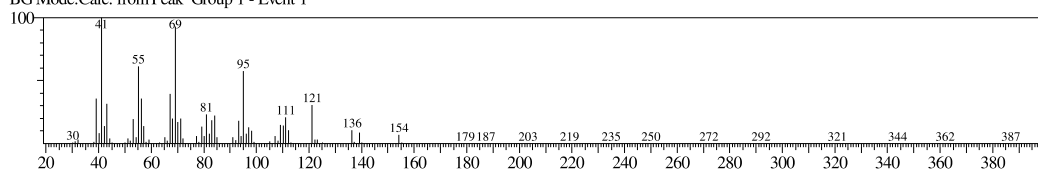
| Hasil Penelitian | | Referensi (Rastuti et al., 2020) | |
|---------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------|
| Presentase Area (%) | Nama Senyawa | Presentase Area (%) | Nama Senyawa |
| 3,84 | Limonene | 0,17 | Trycelene |
| 1,18 | Linalool | 0,63 | α -pinene |
| 19,01 | Citronellal | 0,71 | Champene |
| 20,48 | Citronellol | 0,18 | Sabinene |
| 1,59 | β -citral | 0,18 | β -pinene |
| 18,81 | Geraniol | 0,18 | β -myrcene |
| 2,04 | Trans-citral | 5,92 | Limonene |
| 1,23 | Isopulegol | 1,65 | Linalool |
| 3,72 | Citronellyl acetate | 36,63 | Citronellal |
| 2,38 | 3-allylguaiacol | 11,22 | Citronellol |
| 3,85 | Linalyl acetate | 25,715 | Geraniol |
| 5,03 | Trans-caryophyllene | 1,95 | Citronellyl acetate |
| 1,19 | Germacrene-D | 3,51 | Geranyl acetate |
| 1,22 | Torreyol | 1,14 | Elemene |
| 2,11 | δ -cadinene | 1,04 | Caryophyllene |
| 1,79 | β -elemene | 1,32 | Naphthalene |
| 1,25 | Guaiol | 2,43 | Cadinene |

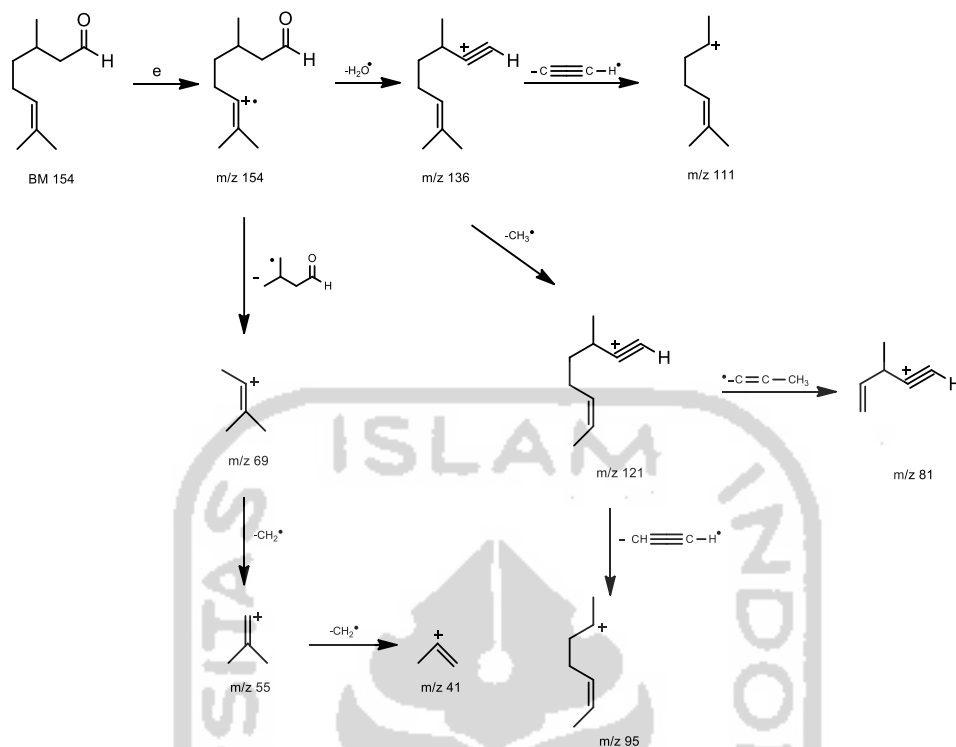
<< Target >>

Line#7 R.Time:6.385(Scan#:1278) MassPeaks:362

RawMode:Averaged 6.380-6.390(1277-1279) BasePeak:41.15(5614860)

BG Mode:Calc. from Peak Group 1 - Event 1

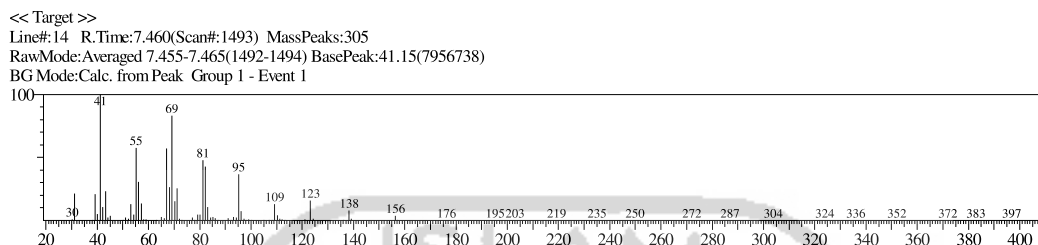
**Gambar 7.** Spektrum massa sitronelal



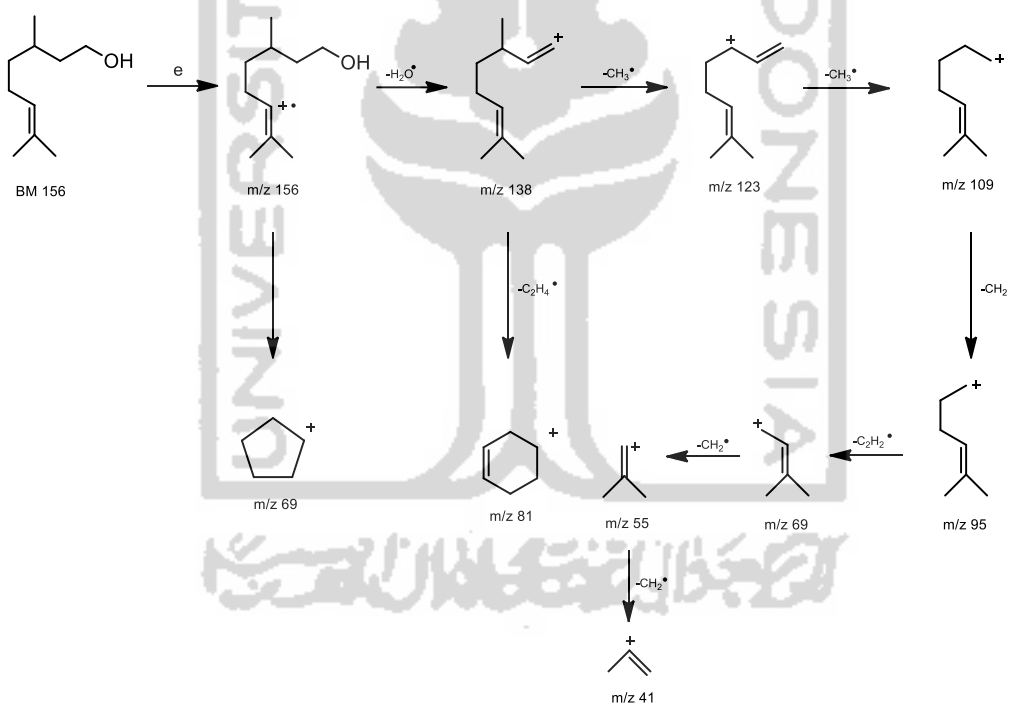
Gambar 8. Pola fragmentasi sitronelal

Senyawa sitronelal yang masuk ke spektrometri massa ditembakkan oleh elektron berenergi tinggi dan menghasilkan ion radikal positif dengan m/z 154. Kemudian terjadi dua bentuk fragmentasi. Fragmentasi pertama hilangnya molekul $C_5H_9O\cdot$ menghasilkan fragmen dengan m/z 69 yang merupakan *base peak* dari spektrum massa. Fragmen ini selanjutnya kehilangan molekul $CH_2\cdot$ menghasilkan fragmen dengan m/z 55 yang kemudian kehilangan $CH_2\cdot$ lagi dan menghasilkan fragmen dengan m/z 41 yang juga merupakan *base peak* dari spektrum massa. Fragmentasi kedua yaitu hilangnya $H_2O\cdot$ menghasilkan fragmen dengan m/z 136. Selanjutnya terjadi pembentukan dua fragmen, pertama hilangnya $CCH\cdot$ menghasilkan fragmen dengan m/z 111 dan hilangnya $CH_3\cdot$ menghasilkan dengan m/z 121. Fragmen dengan m/z 121 akan kehilangan $CCCH_3\cdot$ dan menghasilkan fragmen dengan m/z 81. Selain itu fragmen dengan m/z 121 juga kehilangan $CHCH\cdot$ menghasilkan fragmen dengan m/z 95.

Selanjutnya adalah spektrum massa dari sitronelol yang ditampilkan pada Gambar 9. Puncak-puncak pada spektrum massa menunjukkan pola fragmentasi dari sitronelol yang ditampilkan pada gambar 10.



Gambar 9. Spektrum massa sitronelol

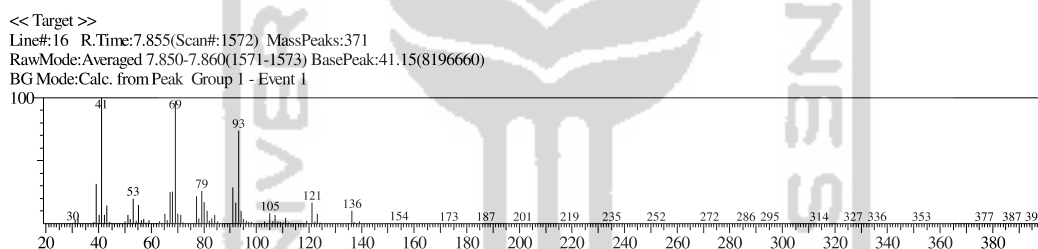


Gambar 10. Pola fragmentasi sitronelol

Senyawa sitronelol yang masuk ke spektrometri massa ditembakkan oleh elektron berenergi tinggi dan menghasilkan ion radikal positif dengan m/z 156. Kemudian terjadi dua bentuk fragmentasi. Fragmentasi pertama terjadi pemecahan sederhana menghasilkan fragmen dengan m/z 69 yang merupakan *base peak* dari spektrum massa. Fragmentasi kedua yaitu hilangnya $H_2O\cdot$ menghasilkan fragmen

dengan m/z 138. Fragmen ini kemudian mengalami dua bentuk fragmentasi, pertama yaitu hilangnya $C_2H_4\cdot$ menghasilkan fragmen dengan m/z 81 dan kedua yaitu hilangnya $CH_3\cdot$ menghasilkan fragmen dengan m/z 123. Fragmen dengan m/z akan kehilangan $CH_3\cdot$ dan menghasilkan fragmen dengan m/z 109. Selanjutnya, terbentuk fragmen dengan m/z 95 akibat hilangnya $CH_2\cdot$. Fragmen dengan m/z 95 kehilangan $C_2H_2\cdot$ menghasilkan fragmen dengan m/z 69, lalu kehilangan $CH_2\cdot$ menghasilkan fragmen dengan m/z 55. Fragmen dengan m/z 55 kemudian kehilangan $CH_2\cdot$ dan menghasilkan fragmen dengan m/z 41 yang merupakan *base peak* dari spektrum massa.

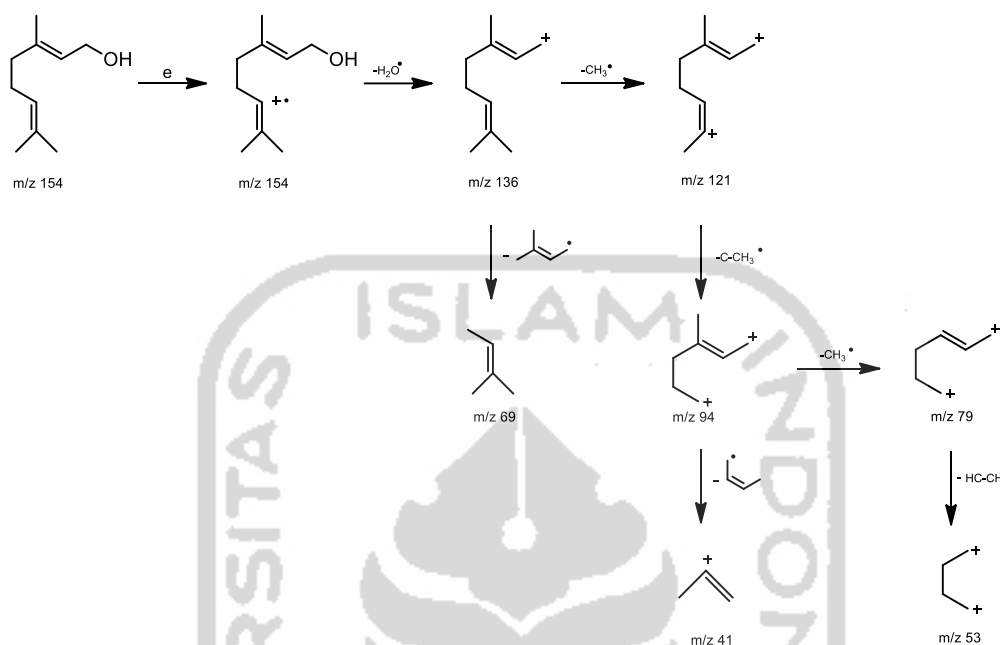
Senyawa utama dalam minyak serai wangi yang terakhir adalah geraniol. Spektrum massa senyawa geraniol dapat dilihat pada Gambar 11. Puncak-puncak pada spektrum massa menunjukkan fragmentasinya. Pola fragmentasi geraniol ditampilkan pada Gambar 12.



Gambar 11. Spektrum massa geraniol

Senyawa geraniol yang masuk ke spektrometri massa ditembakkan oleh elektron berenergi tinggi dan menghasilkan ion radikal positif dengan m/z 154. Kemudian terbentuk fragmen dengan m/z 136 akibat hilangnya $H_2O\cdot$. Selanjutnya fragmen ini akan mengalami dua jenis fragmentasi, pertama hilangnya $C_5H_7\cdot$ menghasilkan fragmen dengan m/z 69 yang merupakan *base peak* dari spectrum massa. Kedua yaitu hilangnya $CH_3\cdot$ menghasilkan fragmen dengan m/z 121. Selanjutnya fragmen tersebut akan kehilangan $CCH_3\cdot$ dan menghasilkan fragmen dengan m/z 94. Fragmen dengan m/z 94 mengalami dua bentuk fragmentasi, pertama hilangnya $C_4H_5\cdot$ menghasilkan fragmen dengan m/z 41 yang merupakan *base peak* dari spektrum massa. Kedua hilangnya $CH_3\cdot$ menghasilkan fragmen

dengan m/z 79 yang selanjutnya kehilangan CHCH^\bullet menghasilkan fragmen dengan m/z 53.



Gambar 12. Pola fragmentasi geraniol

5.2 Distilasi Fraksinasi Vakum Minyak Serai Wangi

Distilasi fraksinasi merupakan metode pemisahan campuran yang didasarkan pada perbedaan titik didih komponen-komponen yang akan dipisahkan. Distilasi dilakukan pada tekanan dibawah tekanan atmosfer (760 mmHg). Hal ini bertujuan untuk menurunkan titik didih komponen-komponen yang akan dipisahkan. Apabila distilasi dilakukan pada tekanan atmosfer maka dibutuhkan suhu tinggi untuk memisahkan komponen-komponennya. Suhu yang tinggi dapat menyebabkan senyawa yang terkandung di dalam minyak atsiri terdekomposisi.

Pemisahan komponen-komponen minyak serai wangi dilakukan menggunakan *B/R Instrument-Spinning Band Distillation System Model 36-100*. Alat ini merupakan alat distilasi fraksinasi otomatis yang mampu memisahkan komponen sesuai dengan tekanan dan titik didih yang diinginkan.

Pada proses pemisahan yang dilakukan terdapat 5 kali pemotongan fraksi (*cut*) yang berarti akan dihasilkan 5 fraksi berbeda. Pemotongan ini ditentukan

berdasarkan titik didih fraksi senyawa yang diinginkan. Pada proses distilasi fraksinasi, rasio refluks yang digunakan adalah 20:1. Ini berarti kuantitas kondensat yang dikembalikan ke kolom fraksinasi adalah 20 ml per satuan waktu terhadap 1 ml distilat yang diambil per satuan waktu. Menurut Handojo (1995), rasio refluks merupakan salah satu hal yang memengaruhi kemurnian fraksi hasil pemisahan. Oleh karena itu perlu ditentukan rasio refluks yang sesuai agar pemisahan berlangsung optimal dan diperoleh fraksi dengan kemurnian tinggi. Hal ini karena apabila rasio refluks terlalu kecil maka pemisahan akan terlalu cepat sehingga masih banyak komponen-komponen yang belum terpisahkan dan menghasilkan fraksi yang tidak murni. Sebaliknya, apabila rasio refluks terlalu besar akan menyebabkan pemisahan yang kurang efisien karena memakan waktu yang lama.

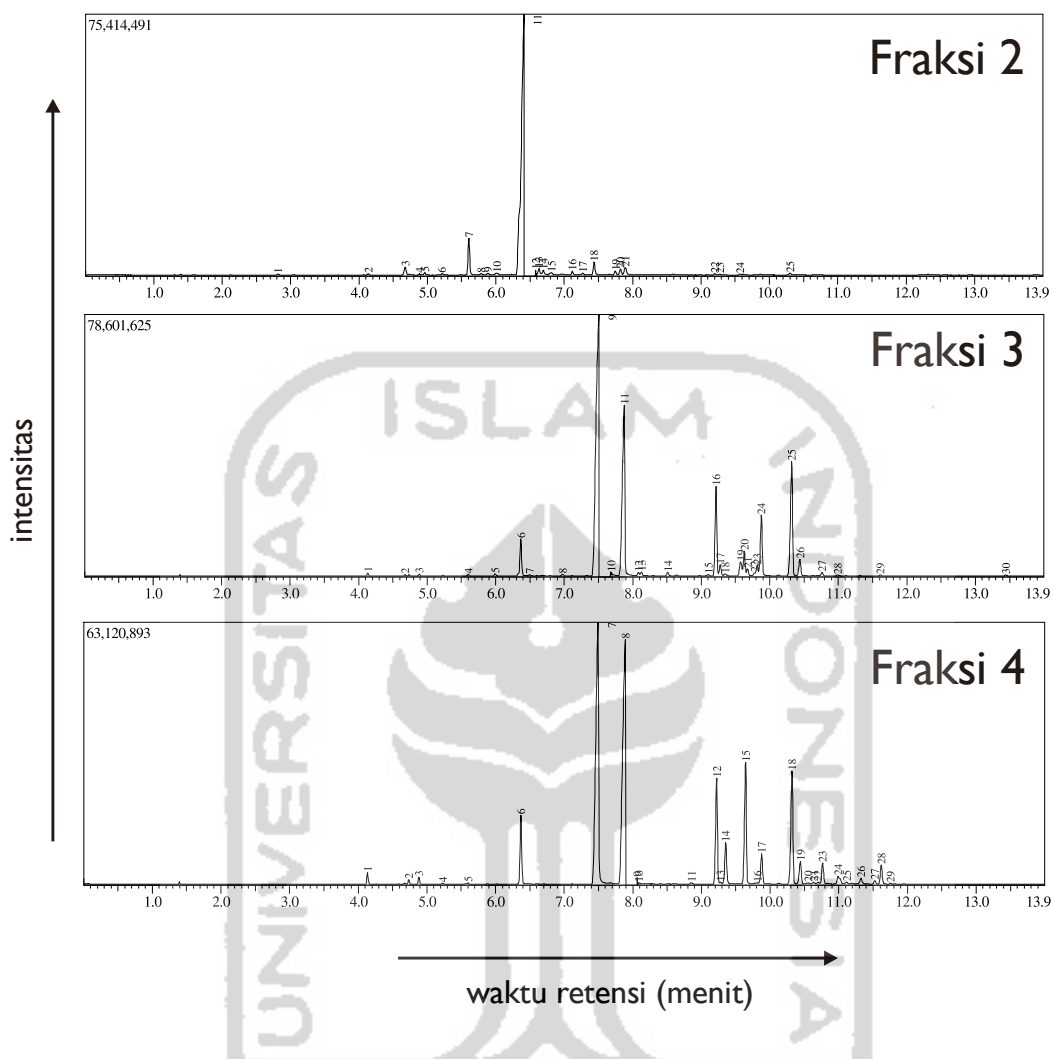
Faktor yang dapat memengaruhi pemisahan salah satunya adalah tekanan, karena berpengaruh terhadap distilat yang dihasilkan. Tekanan yang digunakan sebesar 30 mmHg berdasarkan tekanan optimal pemisahan yang dilakukan oleh Nuraeni (2018). Penurunan tekanan akan berpengaruh pada penurunan titik didih senyawa sehingga senyawa-senyawa yang dipisahkan tidak akan terdekomposisi. Titik didih pada tekanan tertentu dapat dihitung menggunakan persamaan *Clausius-Clapeyron*. Sehingga titik didih sitronelal, sitronelol dan geraniol pada tekanan 760 mmHg berturut-turut 207; 225 dan 230°C akan turun menjadi 98,57; 125,51 dan 130,2°C pada tekanan 30 mmHg.

Hasil pemisahan menggunakan distilasi fraksinasi vakum didapatkan 5 fraksi yang ditampilkan pada Gambar 13. Fraksi 1 merupakan fraksi kaya limonena, fraksi 2 merupakan fraksi kaya sitronelal, fraksi 3 dan 4 merupakan campuran sitronelol dan geraniol kemudian fraksi 5 merupakan residu. Fraksi 3 dan 4 merupakan campuran sitronelol dan geraniol dikarenakan titik didih yang sangat berdekatan bahkan dalam keadaan hampir vakum sekalipun sehingga sangat sulit untuk dipisahkan. Fraksi 1 dan 2 berwarna jernih kekuningan, fraksi 3-4 berwarna kuning cerah dan fraksi 5 berwarna kuning kecokelatan.



Gambar 13. Fraksi Hasil Pemisahan Minyak Serai Wangi

Fraksi 2, 3 dan 4 dianalisis menggunakan KG-SM dan kromatogram yang diperoleh ditunjukkan pada Gambar 14. Berdasarkan kromatogram tersebut dapat dilihat puncak tertinggi pada fraksi 2 adalah puncak ke-11 dengan waktu retensi 6,408 menit dan presentase area sebesar 76,48%. Puncak tersebut merupakan sitronelal. Kemudian fraksi 3 dan 4 menunjukkan pola kromatogram yang sama. Puncak tertinggi kromatogram fraksi 3 adalah puncak ke-9 dan ke-11 dengan waktu retensi 7,503 menit dan 7,875 menit dan presentase area masing-masing sebesar 37,37% dan 22,04%. Sedangkan puncak tertinggi pada kromatogram fraksi 4 adalah puncak ke-7 dan ke-8 dengan waktu retensi 7,491 menit dan 7,890 menit dan presentase area masing-masing sebesar 29,24% dan 27,73%. Berdasarkan spektra massa, puncak ke-9 dan ke-7 adalah sitronelol sedangkan puncak ke-11 dan ke-8 adalah geraniol.



Gambar 14. Kromatogram fraksi sitronelal (F2) dan fraksi sitronelol-geraniol (F3 dan F4)

5.3 Uji Densitas

Densitas merupakan parameter yang menggambarkan kerapatan material penyusun suatu zat. Densitas menjadi parameter penting sebagai tolak ukur mutu minyak atsiri. Pengukuran densitas dilakukan menggunakan piknometer dan dibandingkan dengan cairan pembanding yaitu aquades. Uji densitas dilakukan terhadap minyak serai wangi, fraksi sitronelal dan fraksi sitronelol-geraniol serta bahan bakar murni dan bahan bakar yang telah ditambah bioaditif. Hasil uji densitas ditampilkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Uji Densitas

| Sampel | Hasil Percobaan (g/cm ³) | Baku Mutu (g/cm ³) |
|---------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|
| Minyak Serai Wangi | 0,8826 | SNI 06-3953-1995 0,880 – 0,922 |
| Fraksi Sitronelal (F2) | 0,8671 | SNI 06-0026-1987 0,850 – 0,860 |
| Fraksi Sitronelol-geraniol (F3) | 0,8784 | SNI 06-0027-1987 0,870 – 0,899 |

Densitas tiap sampel yang diperoleh dari hasil pengukuran dibandingkan dengan standar, dalam hal ini Standar Nasional Indonesia (SNI). Densitas minyak serai wangi dan fraksi sitronelol-geraniol masuk dalam *range* standar, sedangkan densitas fraksi sitronelal sedikit lebih tinggi dari standar tetapi tidak terlalu signifikan perbedaannya. Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa densitas minyak serai wangi, fraksi sitronelal dan fraksi sitronelol-geraniol sesuai standar.

Selanjutnya adalah hasil uji densitas untuk sampel bahan bakar Pertamina-DEX murni dan setelah ditambah bioaditif dengan beberapa variasi konsentrasi. Hasil uji densitas ditampilkan pada Tabel 7.

Nilai densitas bahan bakar Pertamina-DEX sebelum dan setelah penambahan bioaditif tidak mengalami peningkatan yang signifikan. Hal ini berarti penambahan bioaditif tidak memberikan pengaruh besar terhadap densitas campuran bahan bakar-bioaditif.

5.4 Uji Indeks bias

Indeks bias merupakan perbedaan kelajuan cahaya pada udara dan pada suatu zat cair. Nilai indeks bias dapat dipengaruhi oleh banyaknya atom karbon dan jumlah ikatan rangkap suatu zat. Semakin panjang rantai karbon dan semakin banyak jumlah ikatan rangkap, maka indeks bias suatu zat akan semakin besar. Hal ini berkaitan dengan senyawa penyusun minyak atsiri, minyak serai wangi khususnya (Susetyo dan Reny, 2004). Pengukuran indeks dilakukan terhadap

minyak serai wangi, fraksi sitronelal dan fraksi sitronelol-geraniol. Hasil uji indeks bias ditampilkan pada Tabel 8.

Tabel 7. Densitas Bahan Bakar Sebelum dan Setelah Penambahan Bioaditif

| Sampel | Konsentrasi Bioaditif | Densitas (kg/m ³) |
|----------------------|-----------------------|-------------------------------|
| Kontrol ^a | - | 808,8186 |
| F2 | | 812,7405 |
| F3 | 0,10% | 813,1361 |
| Minyak Serai Wangi | | 809,1111 |
| F2 | | 809,2143 |
| F3 | 0,15% | 808,8014 |
| Minyak Serai Wangi | | 808,4574 |
| F2 | | 809,7131 |
| F3 | 0,20% | 809,5239 |
| Minyak Serai Wangi | | 808,7670 |
| F2 | | 811,7084 |
| F3 | 0,50% | 810,0915 |
| Minyak Serai Wangi | | 809,6959 |

^a Pertamina-DEX murni

Tabel 8. Hasil Uji Indeks Bias

| Sampel | Hasil Percobaan | Baku Mutu |
|---------------------------------|-----------------|----------------------------------|
| Minyak Serai Wangi | 1,4751 | SNI 06-3953-1995 1,4660 – 1,4750 |
| Fraksi Sitronelal (F2) | 1,4486 | SNI 06-0026-1987 1,4440 – 1,4540 |
| Fraksi Sitronelol-geraniol (F3) | 1,4668 | SNI 06-0027-1987 1,4660 – 1,4770 |

Hasil uji indeks bias yang diperoleh dibandingkan dengan standar yaitu Standar Nasional Indonesia (SNI). Berdasarkan hasil yang diperoleh, baik minyak serai wangi, fraksi sitronelal dan fraksi sitronelol-geraniol memiliki indeks bias yang sesuai dengan standar.

5.5 Uji Viskositas

Viskositas merupakan satuan yang menyatakan besarnya tahanan geser suatu cairan atau besarnya hambatan suatu zat cair untuk mengalir. Apabila viskositas suatu zat semakin tinggi, maka zat tersebut lebih susah bergerak atau mengalir (Demirbas, 2008). Pengukuran viskositas dilakukan terhadap bahan bakar Pertamina-DEX murni dan yang telah ditambah dengan bioaditif. Pengujian viskositas dilakukan untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan viskositas yang signifikan sebelum dan setelah penambahan bioaditif. Hasil uji viskositas ditampilkan pada Tabel 9.

Berdasarkan hasil pengujian, terdapat perubahan viskositas antara bahan bakar Pertamina-DEX murni dan setelah penambahan bioaditif. Penambahan bioaditif pada konsentrasi tertentu dapat menurunkan viskositas bahan bakar. Penambahan F2 (sitronelal) pada konsentrasi 0,1% dan 0,15% menurunkan viskositas sebesar 2,02% dan 2,43%. Viskositas bahan bakar ketika F2 (sitronelal) ditambahkan selalu lebih rendah dibanding dengan F3 (sitronelol-geraniol) dan minyak serai wangi. Hal ini dapat disebabkan karena viskositas F2 (sitronelal) lebih rendah daripada F3 (sitronelol-geraniol) dan minyak serai wangi.

5.6 Uji Efisiensi Konsumsi Bahan Bakar

Konsumsi bahan bakar atau *fuel consumption* merupakan ukuran kuantitas bahan bakar yang dibutuhkan untuk menjalankan mesin selama periode waktu tertentu. Konsumsi bahan bakar terjadi akibat adanya proses pembakaran akibat pemampatan (kompresi) udara di dalam ruang bakar mesin. Besarnya konsumsi bahan bakar diukur dalam satuan berat per satuan waktu. Secara matematis konsumsi bahan bakar ditunjukkan dalam persamaan berikut:

$$fc = \frac{b}{t} \times \gamma_f \frac{3.600}{1.000.000}$$

dimana f_c merupakan *fuel consumption* atau konsumsi bahan bakar dinyatakan dalam kg/jam, b merupakan volume pemakaian bahan bakar dinyatakan dalam mililiter (ml), t merupakan waktu yang digunakan yang dinyatakan dalam detik (s) dan γ_f merupakan densitas bahan bakar yang dinyatakan dalam kg/m³.

Tabel 9. Hasil Uji Viskositas Bahan Bakar

| Sampel | Konsentrasi Bioaditif | Viskositas kinematik (ν) mm ² /s |
|----------------------|-----------------------|---|
| Kontrol ^a | - | 2,47 |
| F2 | | 2,42 |
| F3 | 0,10% | 2,48 |
| Minyak Serai Wangi | | 2,47 |
| F2 | | 2,41 |
| F3 | 0,15% | 2,53 |
| Minyak Serai Wangi | | 2,59 |
| F2 | | 2,50 |
| F3 | 0,20% | 2,59 |
| Minyak Serai Wangi | | 2,52 |
| F2 | | 2,54 |
| F3 | 0,50% | 2,62 |
| Minyak Serai Wangi | | 2,60 |

^a Pertamina-DEX murni

Pengujian konsumsi bahan bakar dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia. Mesin yang digunakan adalah mesin diesel IN-DO R 180 iDi pada kecepatan 2000 rpm dengan waktu konsumsi selama 7 menit dan beban yang digunakan bertingkat yaitu 1000, 2000 dan 3000 psi. Setelah dilakukan pengujian maka diperoleh volume konsumsi bahan bakar masing-masing. Selanjutnya dilakukan perhitungan maka diperoleh nilai konsumsi bahan

bakar dari bahan bakar Pertamina-DEX murni dan setelah penambahan bioaditif. Hasil perhitungan konsumsi bahan bakar ditampilkan pada Tabel 10.

Tabel 10. Konsumsi Bahan Bakar

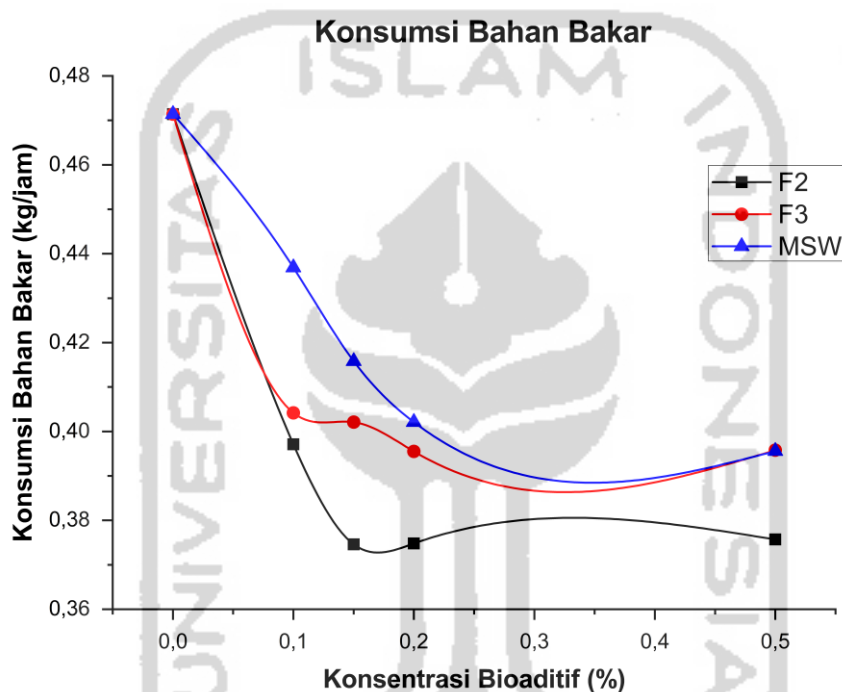
| Sampel | Konsentrasi Bioaditif | f_c (kg/jam) |
|----------------------|-----------------------|----------------|
| Kontrol ^a | - | 0,4714 |
| F2 | | 0,3971 |
| F3 | 0,10% | 0,4042 |
| Minyak Serai Wangi | | 0,4369 |
| F2 | | 0,3746 |
| F3 | 0,15% | 0,4021 |
| Minyak Serai Wangi | | 0,4158 |
| F2 | | 0,3748 |
| F3 | 0,20% | 0,3955 |
| Minyak Serai Wangi | | 0,4021 |
| F2 | | 0,3757 |
| F3 | 0,50% | 0,3958 |
| Minyak Serai Wangi | | 0,3956 |

^a Pertamina-DEX murni

Hasil perhitungan konsumsi bahan bakar menunjukkan terdapat penurunan konsumsi bahan bakar ketika ditambahkan bioaditif. Penurunan konsumsi bahan bakar disebabkan karena senyawa-senyawa dalam bioaditif berperan sebagai penyedia oksigen atau disebut dengan senyawa oksigenat. Semakin banyak kandungan oksigen yang terkandung di dalam suatu bahan bakar, maka pembakaran akan semakin mudah dan sempurna (Labeckas et al., 2019). Penurunan konsumsi bahan bakar dapat dilihat pada Gambar 15.

Berdasarkan gambar tersebut dapat dilihat bahwa konsumsi bahan bakar menurun ketika ditambah dengan bioaditif. Penambahan bioaditif dengan konsentrasi 0,1% menghasilkan penurunan konsumsi rata-rata sebesar 12,45%, konsentrasi 0,15% menghasilkan penurunan konsumsi rata-rata sebesar 15,69%, konsentrasi 0,2% menghasilkan penurunan konsumsi rata-rata sebesar 17,11% dan konsentrasi 0,5% menghasilkan penurunan konsumsi rata-rata sebesar 17,48%.

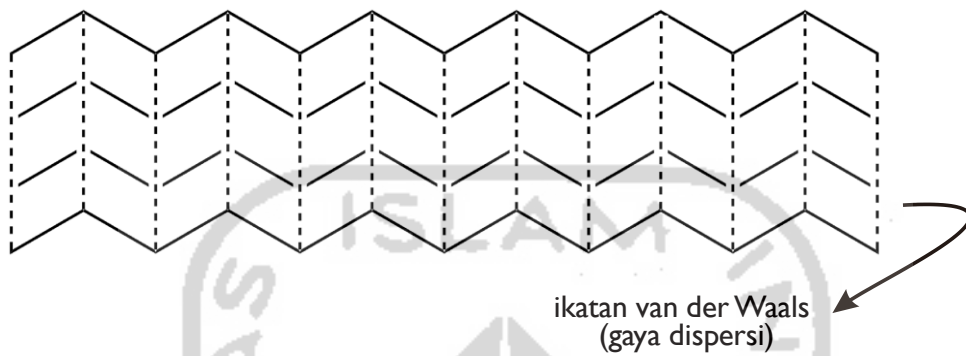
Penurunan konsumsi semakin meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi bioaditif. Akan tetapi, penurunan konsumsi bahan bakar pada bioaditif dengan konsentrasi 0,15%; 0,2% dan 0,5% tidak berbeda terlalu jauh, sehingga dapat disimpulkan penambahan bioaditif yang optimal untuk bahan bakar Pertamina-DEX adalah sebesar 0,15%.



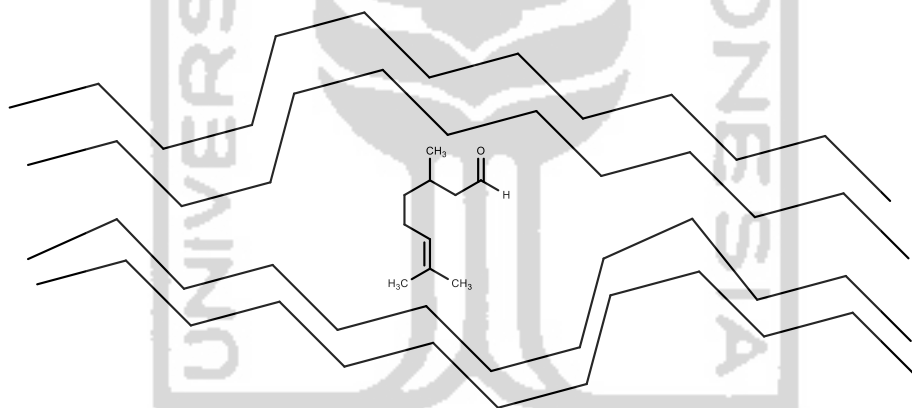
Gambar 15. Grafik Konsumsi Bahan Bakar

Kadarohman (2012) menyatakan, struktur yang ruah dari senyawa yang terkandung dalam minyak atsiri dapat mengurangi kekuatan ikatan *van der Waals* senyawa penyusun bahan bakar. Ikatan antar molekul bahan bakar merupakan gaya dispersi (*London force*) yang sifatnya sangat lemah. Sedangkan, senyawa sitronelal, sitronelol dan geraniol memiliki interaksi dipol-dipol diantara molekulnya. Interaksi dipol-dipol yang sifatnya lebih kuat daripada gaya dispersi dapat memudahkan pemutusan ikatan antarmolekulnya. Oleh karena itu, hal ini membuat molekul bahan bakar mudah putus sehingga dapat tercapai proses pembakaran yang lebih efisien. Interaksi senyawa dalam bahan bakar Pertamina-DEX dan setelah ditambah dengan bioaditif ditampilkan pada Gambar 9, 10 dan

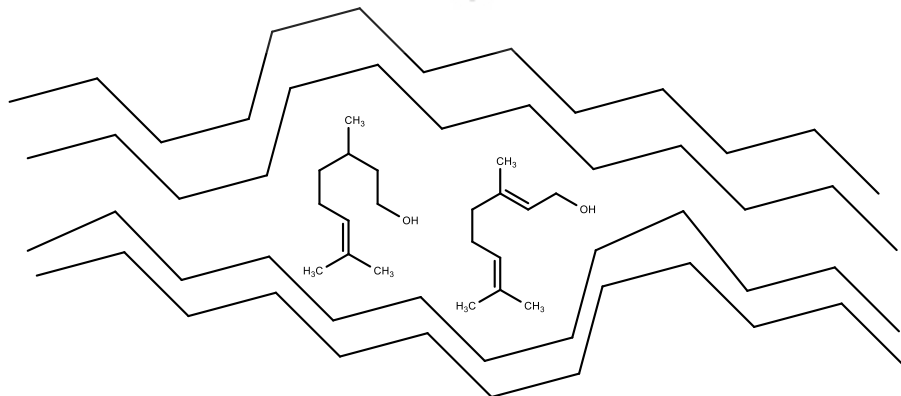
11. Interaksi yang terjadi adalah gaya dipol terimbas, yaitu interaksi antara senyawa yang memiliki momen dipol permanen yang menginduksi senyawa non-polar.



Gambar 16. Hipotesis Interaksi senyawa dalam bahan bakar Pertamina-DEX



Gambar 17. Hipotesis Interaksi Pertamina-DEX dengan F2 (sitronelal)



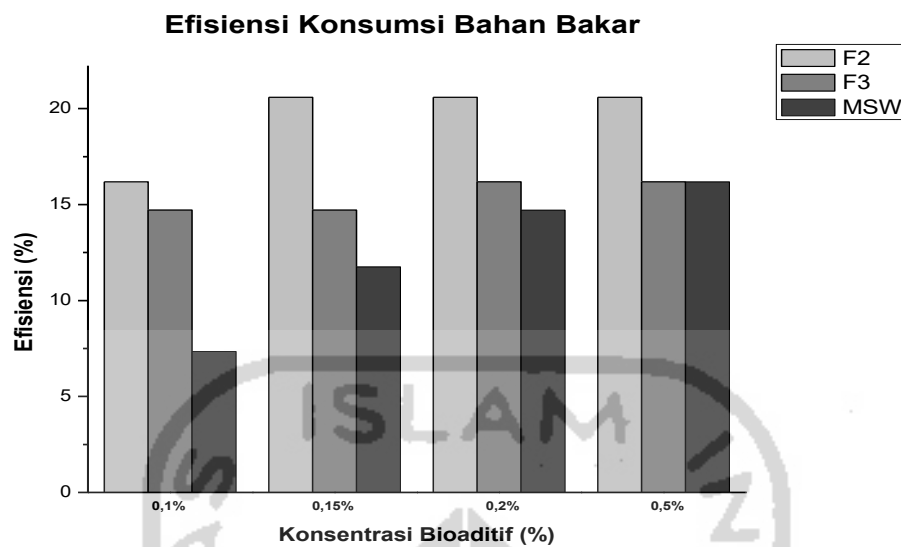
Gambar 18. Hipotesis Interaksi Pertamina-DEX dengan F3 (sitronelol+geraniol)

Berdasarkan volume konsumsi bahan bakar yang diperoleh maka dapat dihitung efisiensi konsumsi bahan bakar. Efisiensi konsumsi menunjukkan peningkatan kualitas bahan bakar setelah ditambahkan bioaditif. Efisiensi konsumsi bahan bakar ditampilkan pada Tabel 11 dan Gambar 19.

Tabel 11. Efisiensi Kosumsi Bahan Bakar

| Sampel | Konsentrasi Bioaditif | Efisiensi konsumsi (%) |
|----------------------|-----------------------|------------------------|
| Kontrol ^a | - | 16,18 |
| F2 | | 14,71 |
| F3 | 0,10% | 7,35 |
| Minyak Serai Wangi | | 20,59 |
| F2 | | 14,71 |
| F3 | 0,15% | 11,76 |
| Minyak Serai Wangi | | 20,59 |
| F2 | | 16,18 |
| F3 | 0,20% | 14,71 |
| Minyak Serai Wangi | | 20,59 |
| F2 | | 16,18 |
| F3 | 0,50% | 16,18 |
| Minyak Serai Wangi | | 16,18 |

Berdasarkan hasil pengujian konsumsi bahan bakar yang dapat dilihat pada diagram diatas dapat dikethai bahwa F2 (sitronelal) yang merupakan fraksi mengandung citronelal memberikan efisiensi konsumsi paling tinggi daripada F3 (sitronelol-geraniol) dan minyak serai wangi. Hal ini dapat disebabkan oleh salah satu sifat fisika dari senyawa yaitu *flash point* atau titik nyala. Stauffer et al. (2008) menyatakan, titik nyala merupakan suhu terendah dimana suatu zat dapat terbakar. Semakin rendah titik nyala suatu zat maka zat tersebut lebih mudah terbakar. Titik nyala dari citronelal, citronelol dan geraniol berturut-turut adalah 86°C, 99°C dan 108°C. Citronelal memiliki titik nyala paling rendah sehingga membuatnya lebih mudah terbakar.



Gambar 19. Efisiensi Komsumsi Bahan Bakar

Faktor lain yang memengaruhi yaitu viskositas zat. Cho et al. (2018) menyatakan, viskositas merupakan faktor penting yang memengaruhi sifat suatu zat cair, dalam hal ini bahan bakar. Viskositas berkaitan dengan laju alir dan karakteristik semburan atau pengkabutan bahan bakar ke dalam ruang bakar. Semakin tinggi viskositasnya maka bahan bakar lebih sulit untuk bergerak dan disemurkan atau dikabutkan ke dalam ruang bakar sehingga proses pembakaran tidak maksimal. Menurut Ramalingam et al. (2020) viskositas yang rendah membantu dalam proses atomisasi, evaporasi dan difusi serta meningkatkan interaksi bahan bakar dengan udara. Berdasarkan uji viskositas bahan bakar Pertamina-DEX yang telah dicampur dengan bioaditif menunjukkan bahan bakar yang telah dicampur dengan fraksi sitronelal (F2) memberikan nilai viskositas paling rendah dibanding fraksi sitronelol-geraniol (F3) maupun minyak serai wangi.

Penambahan bioaditif fraksi minyak serai wangi dan minyak serai wangi terbukti mampu mengurangi konsumsi bahan bakar. Variasi penambahan bioaditif yang digunakan adalah 0,1%; 0,15%; 0,2% dan 0,5%. Penambahan fraksi sitronelal (F2) pada tiap konsentrasi menghasilkan efisiensi konsumsi berturut-turut sebesar 16,18%; 20,59%; 20,59% dan 20,59%. Selanjutnya, fraksi sitronelol-

geraniol (F3) menghasilkan efisiensi konsumsi sebesar 14,71%, 14,71%, 16,18% dan 16,18%, kemudian penambahan minyak serai wangi menghasilkan efisiensi konsumsi sebesar 7,35%; 11,76%; 14,71% dan 16,18%.

Berdasarkan hasil tersebut dapat diketahui bahwa efisiensi konsumsi bahan bakar ketika fraksi sitronelal (F2) ditambahkan mengalami kenaikan kemudian sama seiring meningkatnya konsentrasi bioaditif. Efisiensi konsumsi bahan bakar ketika penambahan fraksi sitronelol-geraniol (F3) sama pada konsentrasi 0,1% dan 0,15% kemudian meningkat ketika konsentrasi 0,2% dan selanjutnya tidak mengalami peningkatan pada konsentrasi 0,5%. Efisiensi konsumsi ketika F3 (sitronelol-geraniol) ditambahkan masih lebih rendah dari F2 (sitronelal). Penambahan minyak serai wangi menghasilkan penurunan konsumsi bahan bakar yang meningkat secara linear seiring dengan meningkatnya konsentrasi bioaditif, tetapi masih lebih rendah dibanding dengan fraksi sitronelal (F2). Sehingga berdasarkan data tersebut dapat disimpulkan bahwa penambahan bioaditif yang optimal untuk bahan bakar Pertamina-DEX adalah fraksi sitronelal (F2) dengan konsentrasi 0,15% karena efisiensi konsumsi dapat naik hingga 20,59%.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan:

1. Senyawa sitronelal dan sitronelol-geraniol dapat dipisahkan dengan distilasi fraksinasi vakum pada tekanan 30 mmHg dengan rasio refluks 20:1. Fraksi 2 mengandung 76,48% sitronelal, fraksi 3 mengandung 37,37% sitronelol dan 22,04% geraniol, dan fraksi 4 mengandung 29,24% sitronelol dan 27,73% geraniol.
2. Penambahan bioaditif fraksi sitronelal (F2) dengan konsentrasi 0,1% dan 0,15% mampu menurunkan viskositas bahan bakar Pertamina-DEX sebesar 2,02% dan 2,43%.
3. Penambahan bioaditif dapat meningkatkan efisiensi konsumsi bahan bakar Pertamina-DEX. Efisiensi konsumsi terbesar yaitu ketika penambahan fraksi sitronelal (F2) 0,15% sebesar 20,59%.

6.2 Saran

1. Diperlukan adanya penelitian lanjutan mengenai pengaruh penambahan bioaditif terhadap emisi gas buang yang dihasilkan meliputi CO, HC, NO_x dan opasitas asap.
2. Diperlukan studi lebih lanjut mengenai minyak atsiri lainnya yang berpotensi sebagai bioaditif.
3. Diperlukan studi lebih lanjut mengenai metode yang optimal untuk memisahkan sitronelol dan geraniol.

DAFTAR PUSTAKA

- Agusta, A., 2000, *Minyak Atsiri Tumbuhan Tropika Indonesia*, Penerbit ITB, Bandung
- Agusta, A., 2006, Review: Diversitas Jalur Biosintesis Senyawa Terpena Pada Makhluk Hidup Sebagai Target Obat Antiinfeksi, *Berita Biologi*, 8, 2
- Agustian, E., Sulaswatty, A., Laksmono, T.J.A. dan Adilina, I.B., 2007, Pemisahan Sitronelal dari Minyak Sereh Wangi Menggunakan Unit Fraksinasi Skala Bench, *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 17, 2
- Amrullah, R., Nurjanah, S., Widyasanti, A. dan Muhaemin, M., 2017, Kajian Pengaruh Rasio Refluks Terhadap Karakteristik Minyak Nilam Hasil Distilasi Fraksinasi, *Jurnal Teknotan*, 11, 2, P - ISSN:1978-1067
- Anggraito, Y.U., Susanti, R., Iswari, R.S., Yuniastuti, A., Lisdiana., Nugrahaningsih, WH., Habibah, N.A. dan Bintari, S.H., 2018, *Metabolit Sekunder Dari Tanaman: Aplikasi Dan Produksi*, FMIPA UNNES, Semarang
- Ariani, F., Ginting, E., dan Sitorus, T.B., 2017, Karakteristik Kinerja Mesin Diesel Stasioner dengan Bahan Bakar Campuran Biodiesel dari Biji Kemiri Sunan, *Media Teknika Jurnal Teknologi*, 12, 1
- Arifianto, F. M., 2004, *Pengaruh Penambahan Zat Aditif Pada Bahan Bakar Terhadap Prestasi Motor Bensin Empat Langkah Satu Silinder*, Skripsi, Jurusan Teknik Mesin- Universitas Lampung, Bandar Lampung
- Aripin, I.Z. dan Botutihe, S., 2018, Pengaruh Penggunaan Solar dan Pertamina Dex Terhadap Kinerja Mesin Traktor, *Jurnal Teknologi Pertanian Gorontalo*, 3, 2, p-ISSN 2502-48-485X
- Alu, A.K., 2013, *Pemisahan Sitronelal dari Fraksi Kaya Sitronelol dan Geraniol Minyak Sereh Wangi Menggunakan Distilasi Molekuler*, Skripsi, Institut Pertanian Bogor, Bogor
- Anandavelu, K., Alagumurthi, N. dan Saravanan, C.G., 2010, Performance and emission evaluation of low heat rejection direct injection diesel engine fueled by Diesel-Turpentine oil blends, *International Mechanical Engineering Congress and Exposition*, 44441, 1581-1587
- Anwar, A., Nugraha., Nasution, A., dan Amaranti, R., 2016, Teknologi Penyulingan Minyak Sereh Wangi Skala Kecil dan Menengah di Jawa Barat, *Teknoin*, 22, 9, 664-672
- Ashok, B., Thundil Karuppa Raj, R., Nanthagopal, K., Krishnan, R., dan Subbarao, R., 2017, Lemon peel oil – A novel renewable alternative energy source for diesel engine, *Energy Conversion and Management*, 139, 110–121

- Baser, K.H.C. dan Buchbauer, G., 2009, *Handbook of Essential Oils: Science, Technology, and Applications*, CRC Press, New York
- Boot, M.D. dan Sarathy S.M., 2017, Impact of fuel molecular structure on auto-ignition behavior. Design rules for future high performance gasolines, *Progress in Energy and Combustion Science*, 60, 1-25
- Bota, W., Martosupono, M., dan Rondonuwu, F.S., 2015, Potensi Senyawa Minyak Sereh Wangi (*Citronella Oil*) dari Tumbuhan *Cymbopogon nardus L.* sebagai Agen Antibakteri, *Seminar Nasional Sains dan Teknologi*, ISSN : 2407 – 1846
- Chen, W. dan Viljoen, A.M., 2010, Geraniol—A Review of A Commercially Important Fragrance Material, *South African Journal of Botany*, 76, 643–651
- Cho, S.M., Kim, J.H., Kim, S.H., Park, S.Y., Kim, J.C. and Choi, I.G., 2018, A comparative study on the fuel properties of biodiesel from woody essential oil depending on terpene composition, *Fuel*, 218, 375-384
- Demirbas, A., 2008, *Biodiesel a Realistic Fuel Alternative for Diesel Engines*, Springer-Verlag Limited, London
- DESDM, 2009, *Minyak dan Gas Bumi dari Proses Pembuatan hingga Pembentukan. Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi*, Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral (DESDM), Jakarta
- Direktorat Jendral Perkebunan, 2006, *Statistik Perkebunan Indonesia 2004 – 2005: Serai Wangi*, Departemen Pertanian, Jakarta
- Endyani, I.D. dan Putra, T.D., 2011, Pengaruh Penambahan Zat Aditif Pada Bahan Bakar Terhadap Emisi Gas Buang Mesin Sepeda Motor, *PROTON*, 3, 1, 29 – 34
- Ferdayanti, M., Sastrohamidjojo, H. dan Riyanto., 2014, Pemekatan Sitronelal dalam Minyak Sereh Wangi (*Cymbopogon Nardus L.*) dengan Fraksinasi Distilasi dan Identifikasi Menggunakan KG-SM, *Indonesian Journal of Chemical Research*, 2, 1
- Fowlis, I.A., 1998, *Gas Chromatography Analytical Chemistry by Open Learning*, John Wiley & Sons Ltd., Chicheste
- Gilbert, J.C. dan Martin, S.F., 2010, *Experimental Organic Chemistry: A Miniscale and Microscale Approach*, 5th edition, Cengage Learning, USA
- Gritter, R.J., Bobbit, J.M. dan Schwarting, A.E., 1985, *Introduction of Chromatography*, Penerjemah: Kosasih Padmawinata. (1991). Pengantar Kromatografi. Edisi ke-3, Penerbit ITB, Bandung
- Guenther, E., 2006, *Minyak Atsiri*, Penerjemah S. Ketaren dan R. Mulyono J., Jilid IV A, Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta
- Handojo, L., 1995, *Teknologi Kimia Jilid II*, PT. Gramedia, Jakarta

- Jayanti, N.E., Hakam, M. dan Santiasih, I., 2014, Emisi Gas Karbon Monoksida (CO) dan Hidrokarbon (HC) pada Rekayasa Jumlah Blade Turbo Ventilator Sepeda Motor “SUPRA X 125 TAHUN 2006”, *ROTASI*, 16, 2, 1-5
- Kadarohman, A., 2009, Eksplorasi Minyak Atsiri Sebagai Bioaditif Bahan Bakar Solar, *Jurnal Pengajaran MIPA*, 14, 2, ISSN: 1412-0917
- Kadarohman, A., Rohman, I., Kusri, R. and Astuti, R.M., 2012, Combustion characteristics of diesel fuel on one cylinder diesel engine using clove oil, eugenol, and eugenyl acetate as fuel bio-additives, *Fuel*, 98, 73-79
- Kaniawati, D., Kadarohman, A. dan Dwiyantri, G., 2004, Konversi Sitronelal Hasil Isolasi Minyak Sereh Wangi menjadi Sitronelol dan Isopulegol, *Seminar Nasional Penelitian & Pendidikan Kimia*, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung
- Ketaren S., 1985, *Pengantar Teknologi Minyak Atsiri*, Balai Pustaka, Jakarta
- Khairil, S., 2010, *Penggunaan Minyak Serai Wangi Sebagai Bioaditif untuk Penghematan Bahan Bakar Minyak*, Lemigas, Jakarta
- Khajuria, H dan Nayak, B.P., 2013, Detection of Δ^9 -tetrahydrocannabinol (THC) in hair using GCMS, *Egyptian Journal of Forensic Sciences*, 4, 17 – 20.
- Kroon, M., 2006, *Ecodriving the Cool, Safe and Cleanest Driving Style for Saving Fuel Principles and Practice*, *IEA Workshop Cooling Cars with Less Fuel*, Paris
- Kusbiantoro, D. dan Purwaningrum, Y., 2018, Pemanfaatan kandungan metabolit sekunder pada tanaman kunyit dalam mendukung peningkatan pendapatan masyarakat, *Jurnal Kultivasi*, 17, 1
- Labeckas, G., Slavinskas, S. dan Kanapkienė, I., 2019, Study of the Effects of Biofuel-Oxygen of Various Origins on a CRDI Diesel Engine Combustion and Emissions, *Energies*, 12, 1241
- Lestari, R.S.E., 2012, *Perancangan Proses Fraksinasi Minyak Sereh Wangi dan Isolasi Sitronelal serta Kajian Kelayakan Finansial Untuk Penerapannya di Industri*, Disertasi, Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, Bogor
- Malahayati, M. dan Rahmawati, 2014, Optimasi Tekanan dan Rasio Refluks pada Distilasi Fraksinasi Vakum Terhadap Mutu Eugenol Dari Minyak Daun Cengkeh (*Eugenia caryophyllata*), *KONVERSI*, 3, 2
- Mara, I.M., Sayoga, I.M.A., Yudhyadi, I.G.N.K dan Nuarsa, I.M., 2018, Analisis emisi gas buang dan daya sepeda motor pada volume silinder diperkecil, *Dinamika Teknik Mesin*, 8, 1

- Ma'mun., Suhirman, S., Mulyana, H. dan Kustiwa, D., 2011, *Minyak Atsiri Sebagai Bio Aditif Untuk Penghematan Bahan Bakar Minyak*, Publikasi Ballitro Bogor
- Nugroho, S., 2017, *Pengaruh Zat Aditif Fraksi Sitronelol dan Geraniol Minyak Sereh Wangi Terhadap Bilangan Oktan dan Emisi Gas Buang Bahan Bakar Peralite*, Skripsi, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta
- Nuraeni, D., 2018, *Optimalisasi Metode Distilasi Fraksinasi Vakum Minyak Sereh Wangi*, Skripsi, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta
- Padang, Y.A., 2011, Uji Eksperimental Konsumsi Bahan Bakar Mesin Berbahan Bakar Biodiesel Minyak Kelapa Hasil Metode Kering, *Dinamika Teknik Mesin*, 1, 2, ISSN: 2088-088X
- Pavia, D. L., 2005, *Introduction to organic laboratory techniques: a small scale approach*, 2nd edition., Thomson Learning Inc, USA: Brooks/Cole
- Prihartini, V., Sayekti, E. dan Rudyansyah., 2015, Komposisi Sitronelol dan Geraniol dari Rhodinol Minyak Sereh Jawa Melalui Pemisahan Silika Gel Terimpregnasi AgNO₃, *JKK*, 4, 3, 28-32
- Ramalingam, K., Balasubramanian, D., Chellakumar, P.J.T.J.S., Padmanaban, J., Murugesan, P. and Xuan, T., 2020, An assessment on production and engine characterization of a novel environment-friendly fuel, *Fuel*, 279, 118558
- Rastuti, U., Diastuti, H., Chasani, M., Purwati dan Hidayatullah, R., 2020, Chemical composition and antioxidant activities of citronella essential oil *Cymbopogon nardus* (L.) rendle fractions, *THE 14TH JOINT CONFERENCE ON CHEMISTRY 2019*
- Samlawi, A.K., 2018, *Buku Ajar Motor Bakar (Teori Dasar Motor Diesel) MKB781*, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru
- Saputra, W.E., Burhanuddin, H., dan Susila, M.D.E.S., 2013, Pengaruh Penambahan Zat Aditif Alami Pada Bensin Terhadap Prestasi Sepeda Motor 4-Langkah, *Jurnal FEMA*, 1, 1
- Sastrohamidjojo, H., 2004, *Kimia Minyak Atsiri*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta
- Sastrohamidjojo, H., 2005, *Kromatografi*, Liberty, Yogyakarta
- Sathiyamoorthi, R., dan Sankaranarayanan, G., 2016, Effect of antioxidant additives on the performance and emission characteristics of a DICI engine using neat lemongrass oil–diesel blend, *Fuel*, 174, 89–96.
- Sa'adah, A.F., Fauzi, A. dan Juanda, B., 2017, Peramalan Penyediaan dan Konsumsi Bahan Bakar Minyak Indonesia dengan Model Sistem Dinamik, *Jurnal Ekonomi dan Pembangunan Indonesia*, 17, 2, 118–137
- Sebayang, M., 2013, *Pemanfaatan Minyak Sereh Sebagai Zat Aditif pada Blending Bahan Bakar Solar dan Bio Diesel untuk Penurunan Emisi Gas*

- Buang pada Kendaraan Bermotor*, Tesis, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sumatera Utara, Medan
- Septyaningsih, D., 2010, *Isolasi dan Identifikasi Komponen Utama Ekstrak Biji Buah Merah (Pandanus conoideus Lamk.)*, Skripsi, Universitas Sebelas Maret, Surakarta
- Setiadi, D.R.I.M., Haryanto, H. dan Yusianto, R., 2013, Pengembangan Model Sistem Pengendali dan Pengawasan Regulasi Bahan Bakar Minyak (BBM) Bersubsidi Dengan Teknologi RFID Pada Surat Ijin Mengemudi (SIM), *Seminar Nasional Teknologi Informasi & Komunikasi Terapan 2013 (SEMANTIK 2013)* ISBN: 979-26-0266-6
- Setyadi, P. dan Wibowo, C.S., 2015, Pengaruh Pencampuran Minyak Solar Dengan Biodiesel Pada Nilai Angka Setana, *Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur UNJ*, Edisi terbit II
- Setyaningsih, D., Muhammad N. dan Muna, N., 2018, Pemanfaatan Minyak Atsiri sebagai Bioaditif Penghemat Bahan Bakar Biosolar, *Indonesian Journal of Essential Oil*, 3, 1, 45-54
- Sinaga, N., Priangkoso, T., Widayana, D. dan Abdurrohman, K., 2011, Kaji Eksperimental Pengaruh Beberapa Parameter Berkendaraan Terhadap Tingkat Konsumsi Bahan Bakar Kendaraan Penumpang Kapasitas Silinder 1500–2000 CC, *Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin X*, Malang
- Siregar, N., 2010, *Isolasi dan Analisis Komponen Minyak Atsiri dari Daun Kayu Putih (Melaleuca Folium) Segar dan Kering Secara GC-MS*, Skripsi, Fakultas Farmasi, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Sitepu, T., 2009, Kajian Eksperimental Pengaruh Bahan Aditif *Octane Booster* Terhadap Nilai Kalor Bahan Bakar Solar, *Jurnal Dinamis*, II, 4
- Sohnel, O. dan Novotny, P., 1985, *Densities of Aqueous Solutions of Inorganic Substances*, Elsevier, New York
- Stauffer, E., Dolan, J. A. dan Newman, R., 2008, *Chemistry and Physics of Fire and Liquid Fuels. Fire Debris Analysis*, Academic Press, United States
- Susetyo R. dan Reny H., 2004, *Kiat Menghasilkan Minyak Sereh Wangi*, Penebar Swadaya, Jakarta
- Sylverstein, R.M., Bassler, G.C. dan Morrill, T.C., 1991, *Spectrometric Identification of Organic Compounds*. Fifth Edition, John Wiley & Sons, New York
- Tipler, P.A., 1996, *Fisika Untuk Sains dan Teknik Jilid 2*, Erlangga, Jakarta
- Vogel, A., 1985, *Elementary Practical Organic Chemistry*, Interscience Publishing Inc., New York

- Wijayanti, L.W., 2015, Isolasi Sitronellal dari Minyak Sereh Wangi (*Cymbopogon winterianus Jowit*) dengan Distilasi Fraksinasi Pengurangan Tekanan, *Jurnal Farmasi Sains dan Komunitas*, 12, 1, 22-29, ISSN: 1693-5683
- Winarno, J, 2014, Studi Emisi Gas Buang Kendaraan Bermesin Bensin pada Berbagai Merk Kendaraan dan Tahun Pembuatan, *Jurnal Teknik Mesin*, 1, 1, 1-9
- Wulandari, R. dan Harianingsih, 2018, Transformasi Sitronelal Dari Distilasi Fraksinasi Sereh Wangi Menjadi Sitronelol Menggunakan Katalis Zr^{4+} -Zeolit Beta, *Inovasi Teknik Kimia*, 3, 2, 23-26



LAMPIRAN



Lampiran 1. Perhitungan Densitas

$$\rho = \frac{c - a}{b - a} \times \rho_{\text{air}}$$

Keterangan:

- ρ : densitas sampel (kg/m^3)
 a : massa piknometer kosong
 b : massa piknometer + aquades
 c : massa piknometer + sampel
 ρ_{air} : 997 kg/m^3

| Sampel | a | b | c | ρ (kg/m^3) | ρ (g/cm^3) |
|--------------------|--------|---------|---------|----------------------------|----------------------------|
| Minyak Serai Wangi | 8,5282 | 13,7826 | 13,1795 | 882,5643 | 0,8826 |
| F2 | 8,5282 | 13,7826 | 13,0982 | 867,1380 | 0,8671 |
| F3 | 8,5282 | 13,7826 | 13,1578 | 878,4469 | 0,8784 |

| Sampel | a | b | c | ρ (kg/m^3) | |
|---------------|---------|---------|---------|----------------------------|----------|
| Pertamina-DEX | 10,0408 | 15,8369 | 14,7429 | 808,8186 | |
| 0,1% | F2 | 10,0408 | 15,8369 | 14,7657 | 812,7405 |
| | F3 | 10,0408 | 15,8369 | 14,7680 | 813,1361 |
| | MSW | 10,0408 | 15,8369 | 14,7446 | 809,1111 |
| 0,15% | F2 | 10,0408 | 15,8369 | 14,7452 | 809,2143 |
| | F3 | 10,0408 | 15,8369 | 14,7428 | 808,8014 |
| | MSW | 10,0408 | 15,8369 | 14,7408 | 808,4574 |
| 0,2% | F2 | 10,0408 | 15,8369 | 14,7481 | 809,7131 |
| | F3 | 10,0408 | 15,8369 | 14,7470 | 809,5239 |
| | MSW | 10,0408 | 15,8369 | 14,7426 | 808,7670 |
| 0,5% | F2 | 10,0408 | 15,8369 | 14,7597 | 811,7084 |
| | F3 | 10,0408 | 15,8369 | 14,7503 | 810,0915 |
| | MSW | 10,0408 | 15,8369 | 14,7480 | 809,6959 |

Lampiran 2. Perhitungan Viskositas

$$\mu = \mu_0 \frac{\rho t}{\rho_0 t_0}$$

Keterangan:

- μ : viskositas dinamik sampel (kg/ms)
 μ_0 : viskositas dinamik aquades (kg/ms)
 ρ : densitas sampel (kg/m³)
 ρ_0 : densitas aquades (997 kg/m³)
 t : waktu alir sampel (s)
 t_0 : waktu alir aquades (s)

$$v = \frac{\mu}{\rho}$$

Keterangan:

- v : viskositas kinematik sampel (m²/s)
 μ : viskositas dinamik sampel (kg/ms)
 ρ : densitas sampel (kg/m³)

| Sampel | ρ (kg/m ³) | t_1 (s) | μ (kg/ms) | v (m ² /s) | v (mm ² /s) | |
|---------------|-----------------------------|-----------|---------------|-------------------------|--------------------------|------|
| Pertamina-DEX | 808,8186 | 7,385 | 0,002000780 | $2,47 \times 10^{-6}$ | 2,47 | |
| 0,1% | F2 | 812,7405 | 7,215 | 0,001964201 | $2,42 \times 10^{-6}$ | 2,42 |
| | F3 | 813,1361 | 7,415 | 0,002019631 | $2,48 \times 10^{-6}$ | 2,48 |
| | MSW | 809,1111 | 7,38 | 0,002000148 | $2,47 \times 10^{-6}$ | 2,47 |
| 0,15% | F2 | 809,2143 | 7,25 | 0,001965166 | $2,43 \times 10^{-6}$ | 2,43 |
| | F3 | 808,8014 | 7,545 | 0,002044084 | $2,53 \times 10^{-6}$ | 2,53 |
| | MSW | 808,4574 | 7,745 | 0,002097376 | $2,59 \times 10^{-6}$ | 2,59 |
| 0,2% | F2 | 809,7131 | 7,45 | 0,002020622 | $2,50 \times 10^{-6}$ | 2,50 |
| | F3 | 809,5239 | 7,735 | 0,002097431 | $2,59 \times 10^{-6}$ | 2,59 |
| | MSW | 808,7670 | 7,515 | 0,002035870 | $2,52 \times 10^{-6}$ | 2,52 |
| 0,5% | F2 | 811,7084 | 7,575 | 0,002059588 | $2,54 \times 10^{-6}$ | 2,54 |
| | F3 | 810,0915 | 7,835 | 0,002126037 | $2,62 \times 10^{-6}$ | 2,62 |
| | MSW | 809,6959 | 7,75 | 0,002101945 | $2,60 \times 10^{-6}$ | 2,60 |

Lampiran 3. Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar (*Fuel Consumption*)

$$fc = \frac{b}{t} \times \gamma_f \frac{3.600}{1.000.000}$$

Keterangan:

fc : fuel consumption (kg/jam)

b : volume pemakaian bahan bakar (ml)

t : waktu yang digunakan untuk mengkonsumsi bahan bakar, (s)

γ_f : berat spesifik bahan bakar (kg/m^3)

| Sampel | | b (ml) | t (s) | γ (kg/m^3) | fc (kg/jam) |
|---------------|-----|--------|-------|------------------------------|---------------|
| Pertamina-DEX | | 68 | 420 | 808,8186 | 0,4714 |
| 0,1% | F2 | 57 | 420 | 812,7405 | 0,3971 |
| | F3 | 58 | 420 | 813,1361 | 0,4042 |
| | MSW | 63 | 420 | 809,1111 | 0,4369 |
| 0,15% | F2 | 54 | 420 | 809,2143 | 0,3746 |
| | F3 | 58 | 420 | 808,8014 | 0,4021 |
| | MSW | 60 | 420 | 808,4574 | 0,4158 |
| 0,2% | F2 | 54 | 420 | 809,7131 | 0,3748 |
| | F3 | 57 | 420 | 809,5239 | 0,3955 |
| | MSW | 58 | 420 | 808,7670 | 0,4021 |
| 0,5% | F2 | 54 | 420 | 811,7084 | 0,3757 |
| | F3 | 57 | 420 | 810,0915 | 0,3958 |
| | MSW | 57 | 420 | 809,6959 | 0,3956 |

Lampiran 4. Perhitungan titik didih senyawa pada tekanan tertentu menggunakan Persamaan Clausius-Clapeyron

1. Sitronelal

Diketahui : T_1 : 207°C (480 K)
 P_1 : 760 mmHg
 P_2 : 30 mmHg
 ΔH_{vap} : 44.200 J/mol
 R : 8,314 J/K.mol

Ditanya : T_2

Jawab :

$$\ln \frac{P_2}{P_1} = -\frac{\Delta H_{\text{vap}}}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

$$T_2 = \frac{1}{\left[\frac{1}{T_1} - \frac{R \ln \left(\frac{P_2}{P_1} \right)}{\Delta H_{\text{vap}}} \right]}$$

$$T_2 = \frac{1}{\left[\frac{1}{480 \text{ K}} - \frac{8,314 \text{ J/K.mol} \times \ln \left(\frac{30}{760} \right)}{44.200 \text{ J/mol}} \right]}$$

$$T_2 = 371,57 \text{ K}$$

$$T_2 = 98,57^\circ\text{C}$$

2. Sitronelol

Diketahui : T_1 : 225°C (498 K)
 P_1 : 760 mmHg
 P_2 : 30 mmHg
 ΔH_{vap} : 53.600 J/mol
 R : 8,314 J/K.mol

Ditanya : T_2

Jawab :

$$\ln \frac{P_2}{P_1} = -\frac{\Delta H_{\text{vap}}}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

$$T_2 = \frac{1}{\left[\frac{1}{T_1} - \frac{R \ln(P_2/P_1)}{\Delta H_{\text{vap}}} \right]}$$

$$T_2 = \frac{1}{\left[\frac{1}{498 \text{ K}} - \frac{8,314 \text{ J/K.mol} \times \ln(30/760)}{53.600 \text{ J/mol}} \right]}$$

$$T_2 = 398,51 \text{ K}$$

$$T_2 = 125,51^\circ\text{C}$$

3. Geraniol

Diketahui : T_1 : 230°C (503 K)
 P_1 : 760 mmHg
 P_2 : 30 mmHg
 ΔH_{vap} : 54.610 J/mol
 R : 8,314 J/K.mol

Ditanya : T_2

Jawab :

$$\ln \frac{P_2}{P_1} = -\frac{\Delta H_{\text{vap}}}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

$$T_2 = \frac{1}{\left[\frac{1}{T_1} - \frac{R \ln(P_2/P_1)}{\Delta H_{\text{vap}}} \right]}$$

$$T_2 = \frac{1}{\left[\frac{1}{503 \text{ K}} - \frac{8,314 \text{ J/K.mol} \times \ln(30/760)}{54.610 \text{ J/mol}} \right]}$$

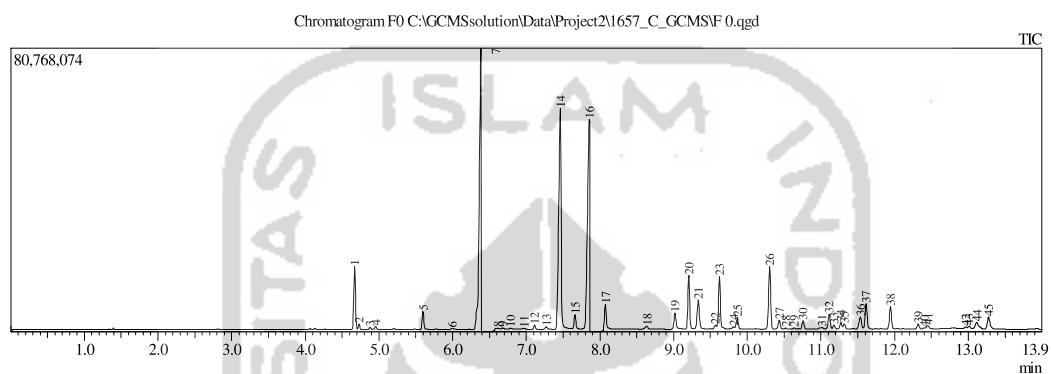
$$T_2 = 403,20 \text{ K}$$

$$T_2 = 130,2^\circ\text{C}$$

Lampiran 5. Kromatogram Minyak Serai Wangi

Sample Information

Analyzed by : Admin
 Analyzed : 4/10/2019 10:05:11 AM
 Sample Name : F0
 Sample ID : 1
 Injection Volume : 0.1
 Data File : C:\GCMSsolution\Data\Project2\1657_C_GCMS\F 0.qgd
 Tuning File : C:\GCMSsolution\System1\Tuning\01082017.qgt



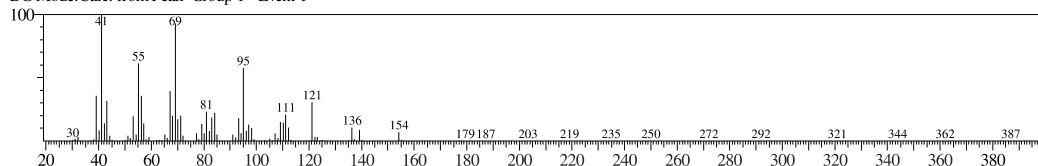
| Peak# | R.Time | I.Time | F.Time | Area | Area% | Height |
|-------|--------|--------|--------|-----------|-------|----------|
| 1 | 4.669 | 4.620 | 4.705 | 27562246 | 3.84 | 17883912 |
| 2 | 4.729 | 4.705 | 4.770 | 2282164 | 0.32 | 1608022 |
| 3 | 4.879 | 4.845 | 4.905 | 884714 | 0.12 | 608934 |
| 4 | 4.956 | 4.905 | 5.000 | 1608527 | 0.22 | 981318 |
| 5 | 5.597 | 5.535 | 5.675 | 8463466 | 1.18 | 5139252 |
| 6 | 5.995 | 5.960 | 6.060 | 770171 | 0.11 | 316274 |
| 7 | 6.383 | 6.285 | 6.400 | 136406326 | 19.01 | 80715746 |
| 8 | 6.612 | 6.560 | 6.650 | 4061789 | 0.57 | 906490 |
| 9 | 6.680 | 6.650 | 6.725 | 2517638 | 0.35 | 752391 |
| 10 | 6.786 | 6.725 | 6.840 | 1717855 | 0.24 | 441537 |
| 11 | 6.965 | 6.925 | 7.020 | 674628 | 0.09 | 262616 |
| 12 | 7.111 | 7.075 | 7.155 | 2000957 | 0.28 | 1262863 |
| 13 | 7.270 | 7.230 | 7.310 | 1390940 | 0.19 | 715576 |
| 14 | 7.461 | 7.385 | 7.605 | 146929049 | 20.48 | 63141987 |
| 15 | 7.660 | 7.605 | 7.730 | 11435744 | 1.59 | 4605915 |
| 16 | 7.856 | 7.730 | 7.875 | 134958456 | 18.81 | 60644501 |
| 17 | 8.074 | 8.045 | 8.155 | 14656292 | 2.04 | 7482767 |
| 18 | 8.636 | 8.575 | 8.680 | 2055269 | 0.29 | 848390 |
| 19 | 9.018 | 8.965 | 9.080 | 8835111 | 1.23 | 4450675 |
| 20 | 9.206 | 9.160 | 9.250 | 26664825 | 3.72 | 15235928 |
| 21 | 9.334 | 9.250 | 9.420 | 17081588 | 2.38 | 8177168 |
| 22 | 9.566 | 9.525 | 9.585 | 2163069 | 0.30 | 1016147 |
| 23 | 9.623 | 9.585 | 9.705 | 27612231 | 3.85 | 14964593 |
| 24 | 9.812 | 9.780 | 9.830 | 977705 | 0.14 | 531195 |
| 25 | 9.864 | 9.830 | 9.935 | 6376204 | 0.89 | 3302231 |
| 26 | 10.304 | 10.235 | 10.380 | 36108440 | 5.03 | 17873196 |
| 27 | 10.433 | 10.380 | 10.485 | 5347827 | 0.75 | 2526312 |
| 28 | 10.521 | 10.485 | 10.555 | 687208 | 0.10 | 312745 |
| 29 | 10.637 | 10.555 | 10.665 | 982387 | 0.14 | 415287 |
| 30 | 10.757 | 10.665 | 10.810 | 4950723 | 0.69 | 2408424 |
| 31 | 11.015 | 10.950 | 11.050 | 1444117 | 0.20 | 448958 |
| 32 | 11.111 | 11.050 | 11.150 | 8512870 | 1.19 | 4279103 |
| 33 | 11.176 | 11.150 | 11.225 | 2230617 | 0.31 | 1112280 |
| 34 | 11.269 | 11.225 | 11.295 | 3913048 | 0.55 | 1883492 |
| 35 | 11.317 | 11.295 | 11.365 | 2949994 | 0.41 | 1507226 |
| 36 | 11.537 | 11.475 | 11.575 | 8789371 | 1.22 | 3463199 |
| 37 | 11.612 | 11.575 | 11.700 | 15114082 | 2.11 | 7213306 |
| 38 | 11.943 | 11.850 | 12.010 | 12826749 | 1.79 | 6427948 |
| 39 | 12.320 | 12.270 | 12.370 | 2899604 | 0.40 | 1418399 |
| 40 | 12.400 | 12.370 | 12.425 | 685146 | 0.10 | 263402 |
| 41 | 12.451 | 12.425 | 12.520 | 2112029 | 0.29 | 955762 |
| 42 | 12.964 | 12.925 | 12.985 | 1061717 | 0.15 | 526449 |
| 43 | 13.012 | 12.985 | 13.060 | 1652916 | 0.23 | 753038 |
| 44 | 13.116 | 13.060 | 13.215 | 6245810 | 0.87 | 1876590 |
| 45 | 13.277 | 13.220 | 13.380 | 8971820 | 1.25 | 3446282 |

| Peak# | R.Time | I.Time | F.Time | Area | Area% | Height |
|-------|--------|--------|--------|-----------|--------|-----------|
| | | | | 717573439 | 100.00 | 355107826 |

Lampiran 6. Spektrum massa puncak ke-7

<< Target >>

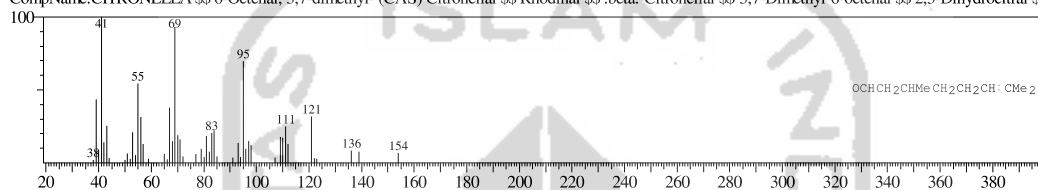
Line#:7 R.Time:6.385(Scan#:1278) MassPeaks:362
RawMode:Averaged 6.380-6.390(1277-1279) BasePeak:41.15(5614860)
BG Mode:Calc. from Peak Group 1 - Event 1



Hit#:1 Entry:43604 Library:WILEY7.LIB

SI:96 Formula:C10 H18 O CAS:106-23-0 MolWeight:154 RetIndex:0

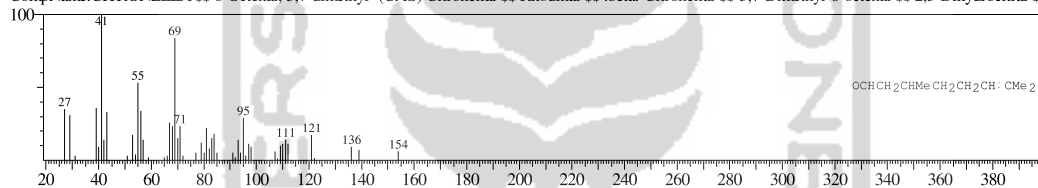
CompName:CITRONELLA \$\$ 6-Octenal, 3,7-dimethyl- (CAS) Citronellal \$\$ Rhodinal \$\$.beta.-Citronellal \$\$ 3,7-Dimethyl-6-octenal \$\$ 2,3-Dihydrocitra



Hit#:2 Entry:43603 Library:WILEY7.LIB

SI:95 Formula:C10 H18 O CAS:106-23-0 MolWeight:154 RetIndex:0

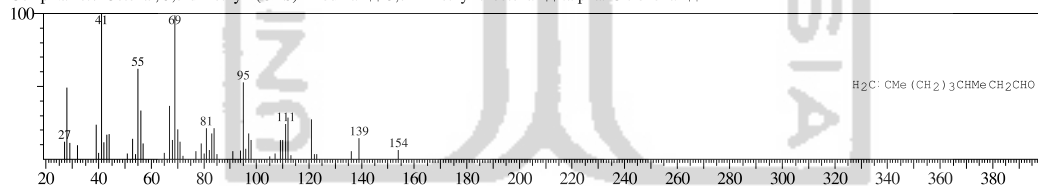
CompName:CITRONELLA \$\$ 6-Octenal, 3,7-dimethyl- (CAS) Citronellal \$\$ Rhodinal \$\$.beta.-Citronellal \$\$ 3,7-Dimethyl-6-octenal \$\$ 2,3-Dihydrocitra



Hit#:3 Entry:42744 Library:WILEY7.LIB

SI:94 Formula:C10 H18 O CAS:141-26-4 MolWeight:154 RetIndex:0

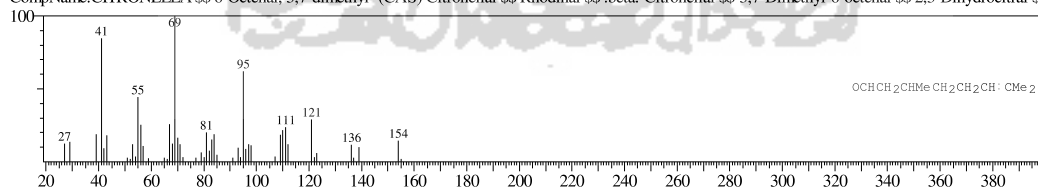
CompName:7-Octenal, 3,7-dimethyl- (CAS) Rhodinal \$\$ 3,7-Dimethyl-7-octenal \$\$.alpha.-Citronellal \$\$



Hit#:4 Entry:43607 Library:WILEY7.LIB

SI:92 Formula:C10 H18 O CAS:106-23-0 MolWeight:154 RetIndex:0

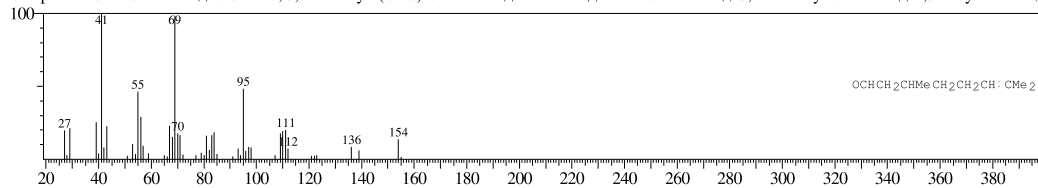
CompName:CITRONELLA \$\$ 6-Octenal, 3,7-dimethyl- (CAS) Citronellal \$\$ Rhodinal \$\$.beta.-Citronellal \$\$ 3,7-Dimethyl-6-octenal \$\$ 2,3-Dihydrocitra



Hit#:5 Entry:43602 Library:WILEY7.LIB

SI:92 Formula:C10 H18 O CAS:106-23-0 MolWeight:154 RetIndex:0

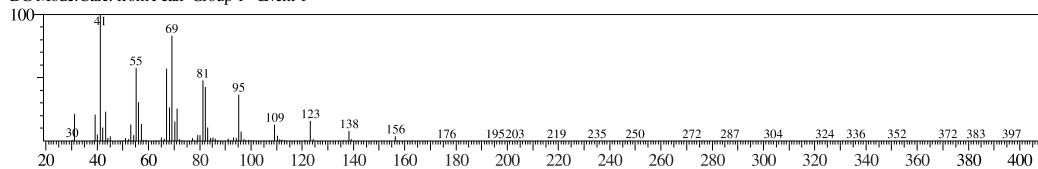
CompName:CITRONELLA \$\$ 6-Octenal, 3,7-dimethyl- (CAS) Citronellal \$\$ Rhodinal \$\$.beta.-Citronellal \$\$ 3,7-Dimethyl-6-octenal \$\$ 2,3-Dihydrocitra



Lampiran 7. Spektrum massa puncak ke-14

<< Target >>

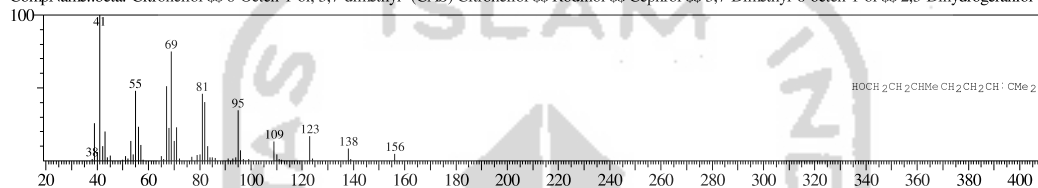
Line#:14 R.Time:7.460(Scan#:1493) MassPeaks:305
RawMode:Averaged 7.455-7.465(1492-1494) BasePeak:41.15(7956738)
BG Mode:Calc. from Peak Group 1 - Event 1



Hit#:1 Entry:46127 Library:WILEY7.LIB

SI:96 Formula:C10 H20 O CAS:106-22-9 MolWeight:156 RetIndex:0

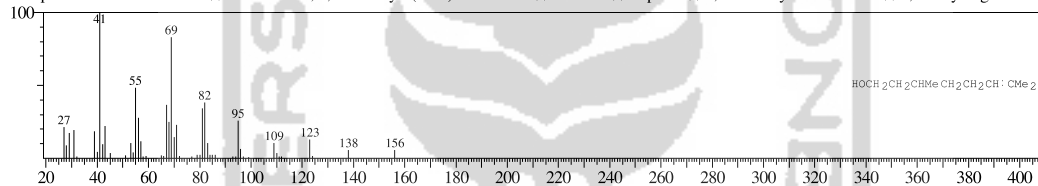
CompName:.beta.-Citronellol \$\$ 6-Octen-1-ol, 3,7-dimethyl- (CAS) Citronellol \$\$ Rodinol \$\$ Cephrol \$\$ 3,7-Dimethyl-6-octen-1-ol \$\$ 2,3-Dihydrogeraniol \$



Hit#:2 Entry:46124 Library:WILEY7.LIB

SI:96 Formula:C10 H20 O CAS:106-22-9 MolWeight:156 RetIndex:0

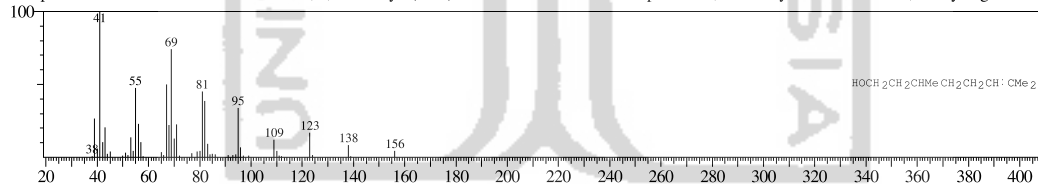
CompName:.beta.-Citronellol \$\$ 6-Octen-1-ol, 3,7-dimethyl- (CAS) Citronellol \$\$ Rodinol \$\$ Cephrol \$\$ 3,7-Dimethyl-6-octen-1-ol \$\$ 2,3-Dihydrogeraniol \$



Hit#:3 Entry:46136 Library:WILEY7.LIB

SI:96 Formula:C10 H20 O CAS:106-22-9 MolWeight:156 RetIndex:0

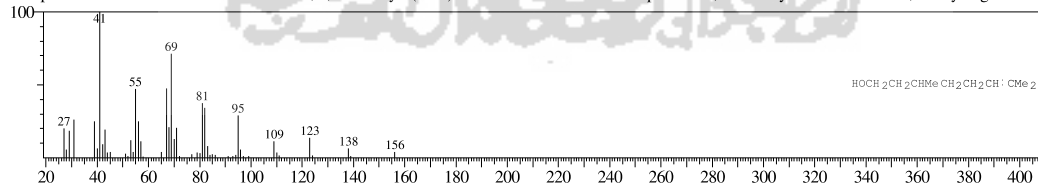
CompName:.beta.-Citronellol \$\$ 6-Octen-1-ol, 3,7-dimethyl- (CAS) Citronellol \$\$ Rodinol \$\$ Cephrol \$\$ 3,7-Dimethyl-6-octen-1-ol \$\$ 2,3-Dihydrogeraniol \$



Hit#:4 Entry:46128 Library:WILEY7.LIB

SI:96 Formula:C10 H20 O CAS:106-22-9 MolWeight:156 RetIndex:0

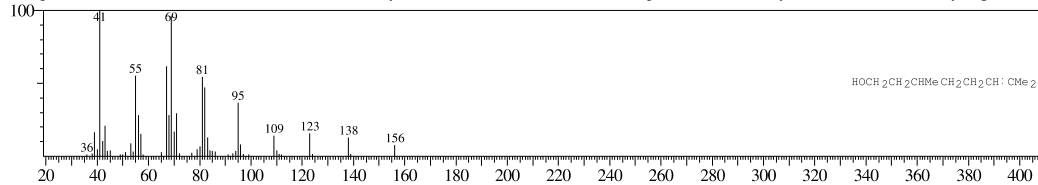
CompName:.beta.-Citronellol \$\$ 6-Octen-1-ol, 3,7-dimethyl- (CAS) Citronellol \$\$ Rodinol \$\$ Cephrol \$\$ 3,7-Dimethyl-6-octen-1-ol \$\$ 2,3-Dihydrogeraniol \$



Hit#:5 Entry:46130 Library:WILEY7.LIB

SI:95 Formula:C10 H20 O CAS:106-22-9 MolWeight:156 RetIndex:0

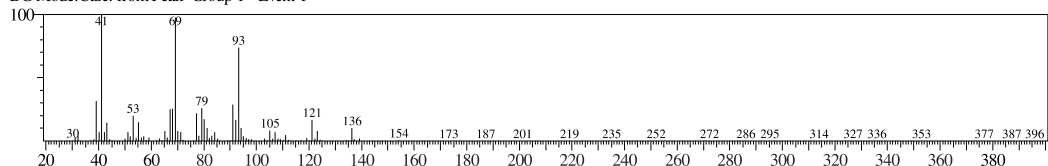
CompName:.beta.-Citronellol \$\$ 6-Octen-1-ol, 3,7-dimethyl- (CAS) Citronellol \$\$ Rodinol \$\$ Cephrol \$\$ 3,7-Dimethyl-6-octen-1-ol \$\$ 2,3-Dihydrogeraniol \$



Lampiran 8. Spektrum massa puncak ke-16

<< Target >>

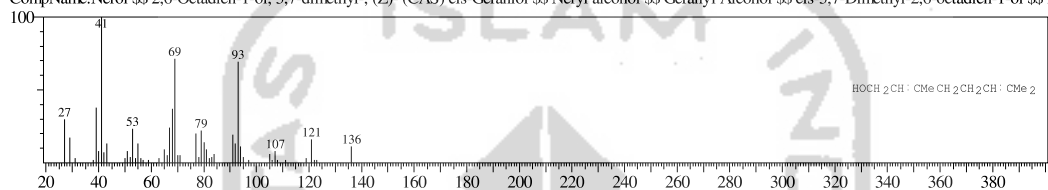
Line#:16 R.Time:7.855(Scan#:1572) MassPeaks:371
RawMode:Averaged 7.850-7.860(1571-1573) BasePeak:41.15(8196660)
BG Mode:Calc. from Peak Group 1 - Event 1



Hit#:1 Entry:43647 Library:WILEY7.LIB

SI:95 Formula:C10 H18 O CAS:106-25-2 MolWeight:154 RetIndex:0

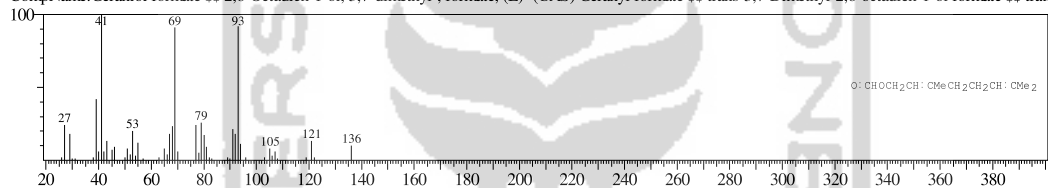
CompName:Nerol \$\$ 2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, (Z)- (CAS) cis-Geraniol \$\$ Neryl alcohol \$\$ Geranyl Alcohol \$\$ cis-3,7-Dimethyl-2,6-octadien-1-ol \$\$



Hit#:2 Entry:74386 Library:WILEY7.LIB

SI:92 Formula:C11 H18 O2 CAS:105-86-2 MolWeight:182 RetIndex:0

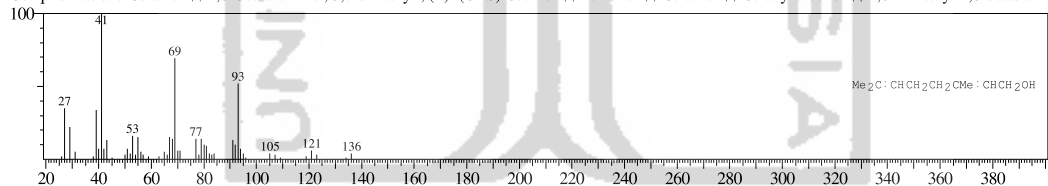
CompName:Geraniol formate \$\$ 2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, formate, (E)- (CAS) Geranyl formate \$\$ trans-3,7-Dimethyl-2,6-octadien-1-ol formate \$\$ trar



Hit#:3 Entry:43663 Library:WILEY7.LIB

SI:91 Formula:C10 H18 O CAS:106-24-1 MolWeight:154 RetIndex:0

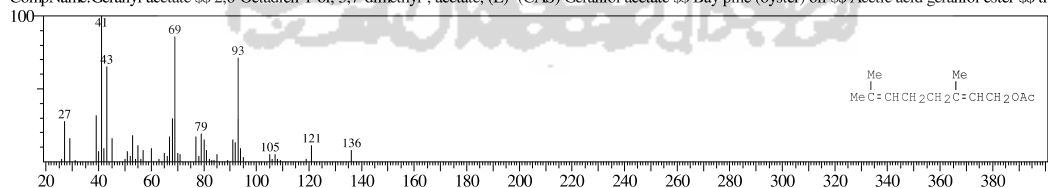
CompName:trans-Geraniol \$\$ 2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, (E)- (CAS) Guaniol \$\$ Lemonol \$\$ Geraniol \$\$ Geranyl alcohol \$\$ 2,6-Dimethyl-2,6-octadien-



Hit#:4 Entry:91010 Library:WILEY7.LIB

SI:90 Formula:C12 H20 O2 CAS:105-87-3 MolWeight:196 RetIndex:0

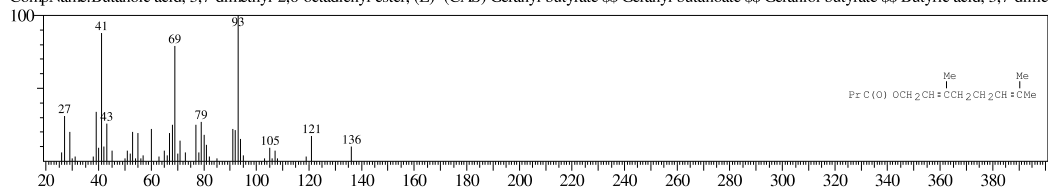
CompName:Geranyl acetate \$\$ 2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, acetate, (E)- (CAS) Geraniol acetate \$\$ Bay pine (oyster) oil \$\$ Acetic acid geraniol ester \$\$ tr



Hit#:5 Entry:126625 Library:WILEY7.LIB

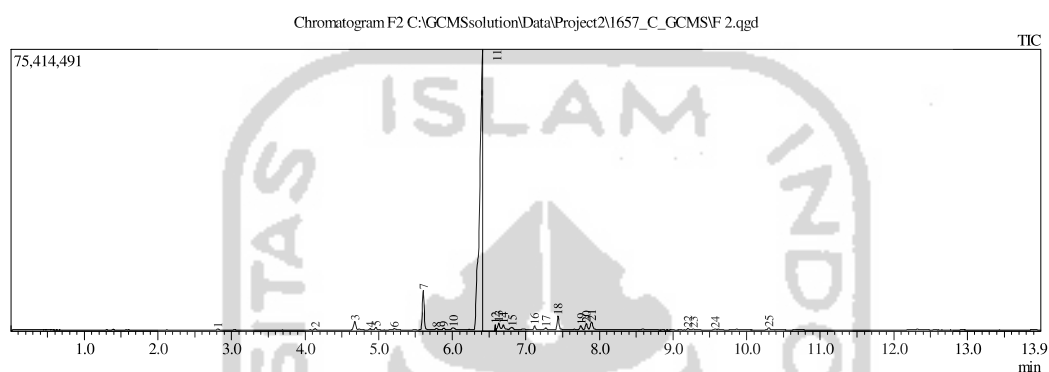
SI:90 Formula:C14 H24 O2 CAS:106-29-6 MolWeight:224 RetIndex:0

CompName:Butanoic acid, 3,7-dimethyl-2,6-octadienyl ester, (E)- (CAS) Geranyl butyrate \$\$ Geranyl butanoate \$\$ Geraniol butyrate \$\$ Butyric acid, 3,7-dime



Lampiran 9. Kromatogram Fraksi 2

Sample Information
 Analyzed by : Admin
 Analyze : 4/10/2019 10:40:02 AM
 Sample Name : F2
 Sample ID : 3
 Injection Volume : 0.1
 Data File : C:\GCMSsolution\Data\Project2\1657_C_GCMS\F 2.qgd
 Tuning File : C:\GCMSsolution\System1\Tuning\01082017.qgt

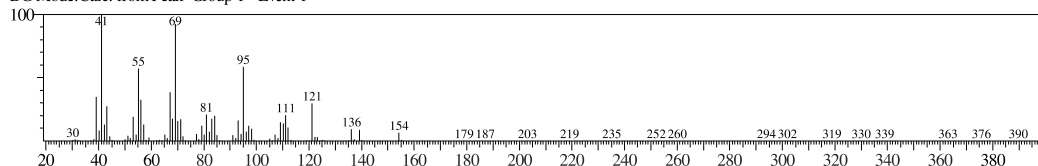


| Peak# | R.Time | I.Time | F.Time | Peak Report TIC | | Height |
|-------|--------|--------|--------|-----------------|--------|-----------|
| | | | | Area | Area% | |
| 1 | 2.816 | 2.785 | 2.845 | 393405 | 0.15 | 231628 |
| 2 | 4.136 | 4.105 | 4.170 | 483075 | 0.18 | 364446 |
| 3 | 4.674 | 4.625 | 4.715 | 4549177 | 1.71 | 2241904 |
| 4 | 4.884 | 4.850 | 4.915 | 470588 | 0.18 | 304841 |
| 5 | 4.962 | 4.915 | 5.005 | 1143537 | 0.43 | 711588 |
| 6 | 5.211 | 5.185 | 5.260 | 603871 | 0.23 | 269453 |
| 7 | 5.606 | 5.555 | 5.695 | 18505641 | 6.94 | 10598801 |
| 8 | 5.785 | 5.695 | 5.830 | 786752 | 0.30 | 347492 |
| 9 | 5.885 | 5.830 | 5.925 | 752765 | 0.28 | 455531 |
| 10 | 6.013 | 5.960 | 6.075 | 1591687 | 0.60 | 562387 |
| 11 | 6.408 | 6.280 | 6.425 | 203921160 | 76.48 | 75415489 |
| 12 | 6.580 | 6.575 | 6.585 | 532377 | 0.20 | 1771520 |
| 13 | 6.631 | 6.585 | 6.665 | 5237921 | 1.96 | 2151312 |
| 14 | 6.694 | 6.665 | 6.755 | 3846366 | 1.44 | 1556753 |
| 15 | 6.812 | 6.755 | 6.865 | 2169246 | 0.81 | 627280 |
| 16 | 7.118 | 7.090 | 7.160 | 1513876 | 0.57 | 958458 |
| 17 | 7.268 | 7.230 | 7.310 | 898029 | 0.34 | 482677 |
| 18 | 7.436 | 7.390 | 7.510 | 6287244 | 2.36 | 3633538 |
| 19 | 7.748 | 7.710 | 7.785 | 2000325 | 0.75 | 1115259 |
| 20 | 7.821 | 7.785 | 7.855 | 3051905 | 1.14 | 1670904 |
| 21 | 7.894 | 7.855 | 7.970 | 4869249 | 1.83 | 2026589 |
| 22 | 9.202 | 9.170 | 9.240 | 746717 | 0.28 | 429241 |
| 23 | 9.275 | 9.240 | 9.310 | 476461 | 0.18 | 257509 |
| 24 | 9.569 | 9.535 | 9.645 | 794603 | 0.30 | 212181 |
| 25 | 10.302 | 10.260 | 10.345 | 1012025 | 0.38 | 524540 |
| | | | | 266638002 | 100.00 | 108921321 |

Lampiran 10. Spektrum massa sitronelal pada fraksi 2

<< Target >>

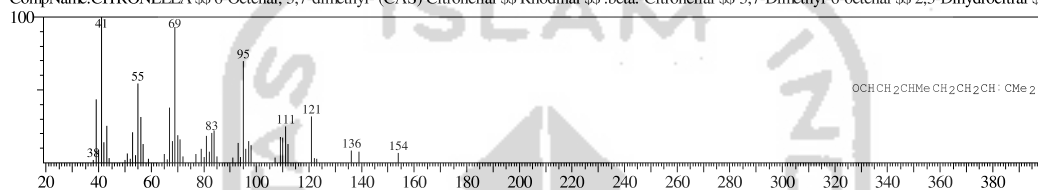
Line#:11 R.Time:6.410(Scan#:1283) MassPeaks:368
RawMode:Averaged 6.405-6.415(1282-1284) BasePeak:41.10(5558998)
BG Mode:Calc. from Peak Group 1 - Event 1



Hit#:1 Entry:43604 Library:WILEY7.LIB

SI:97 Formula:C10 H18 O CAS:106-23-0 MolWeight:154 RetIndex:0

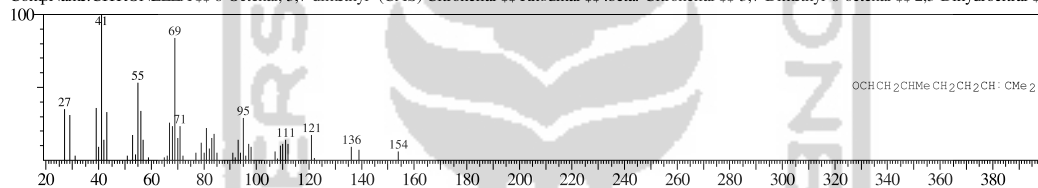
CompName:CITRONELLA \$\$ 6-Octenal, 3,7-dimethyl- (CAS) Citronellal \$\$ Rhodinal \$\$.beta.-Citronellal \$\$ 3,7-Dimethyl-6-octenal \$\$ 2,3-Dihydrocitra



Hit#:2 Entry:43603 Library:WILEY7.LIB

SI:95 Formula:C10 H18 O CAS:106-23-0 MolWeight:154 RetIndex:0

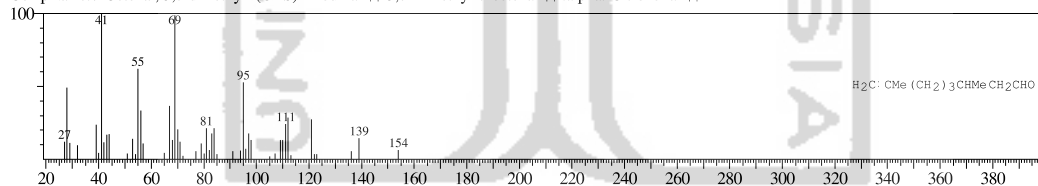
CompName:CITRONELLA \$\$ 6-Octenal, 3,7-dimethyl- (CAS) Citronellal \$\$ Rhodinal \$\$.beta.-Citronellal \$\$ 3,7-Dimethyl-6-octenal \$\$ 2,3-Dihydrocitra



Hit#:3 Entry:42744 Library:WILEY7.LIB

SI:94 Formula:C10 H18 O CAS:141-26-4 MolWeight:154 RetIndex:0

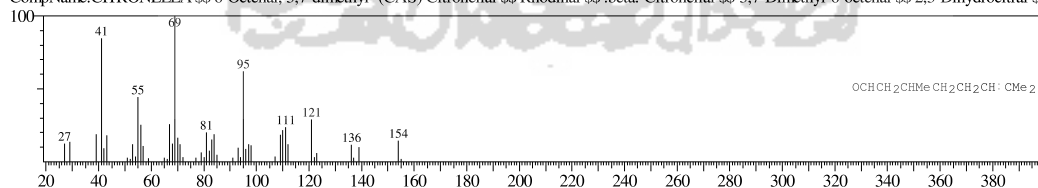
CompName:7-Octenal, 3,7-dimethyl- (CAS) Rhodinal \$\$ 3,7-Dimethyl-7-octenal \$\$.alpha.-Citronellal \$\$



Hit#:4 Entry:43607 Library:WILEY7.LIB

SI:93 Formula:C10 H18 O CAS:106-23-0 MolWeight:154 RetIndex:0

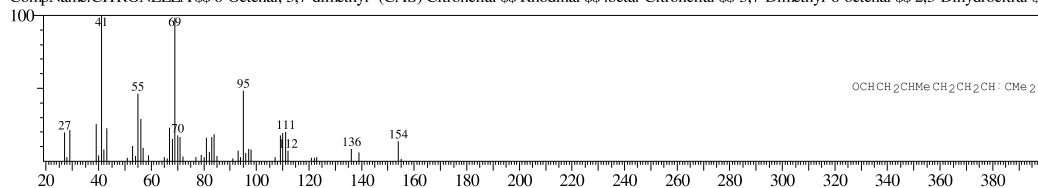
CompName:CITRONELLA \$\$ 6-Octenal, 3,7-dimethyl- (CAS) Citronellal \$\$ Rhodinal \$\$.beta.-Citronellal \$\$ 3,7-Dimethyl-6-octenal \$\$ 2,3-Dihydrocitra



Hit#:5 Entry:43602 Library:WILEY7.LIB

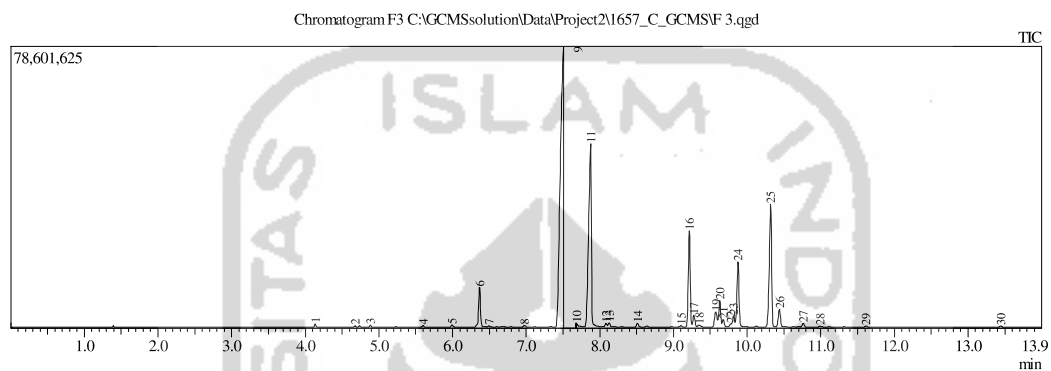
SI:93 Formula:C10 H18 O CAS:106-23-0 MolWeight:154 RetIndex:0

CompName:CITRONELLA \$\$ 6-Octenal, 3,7-dimethyl- (CAS) Citronellal \$\$ Rhodinal \$\$.beta.-Citronellal \$\$ 3,7-Dimethyl-6-octenal \$\$ 2,3-Dihydrocitra



Lampiran 11. Kromatogram fraksi 3

Sample Information
 Analyzed by : Admin
 Analyze Date : 4/10/2019 10:57:28 AM
 Sample Name : F3
 Sample ID : 4
 Injection Volume : 0.1 µl
 Data File : C:\GCMSsolution\Data\Project2\1657_C_GCMS\F 3.qgd
 Tuning File : C:\GCMSsolution\System1\Tuning\01082017.qgt

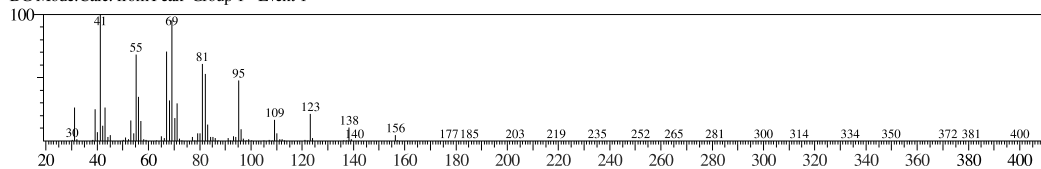


| Peak# | R.Time | I.Time | F.Time | Area | Area% | Height |
|-------|--------|--------|--------|-----------|--------|-----------|
| 1 | 4.135 | 4.100 | 4.170 | 1178673 | 0.19 | 923220 |
| 2 | 4.674 | 4.640 | 4.705 | 614331 | 0.10 | 404034 |
| 3 | 4.884 | 4.850 | 4.920 | 888510 | 0.14 | 648194 |
| 4 | 5.600 | 5.570 | 5.635 | 683391 | 0.11 | 481616 |
| 5 | 5.993 | 5.955 | 6.040 | 1140432 | 0.18 | 678856 |
| 6 | 6.368 | 6.290 | 6.430 | 20011914 | 3.18 | 11089528 |
| 7 | 6.495 | 6.430 | 6.550 | 877129 | 0.14 | 357563 |
| 8 | 6.976 | 6.935 | 7.030 | 1007466 | 0.16 | 510471 |
| 9 | 7.503 | 7.390 | 7.515 | 234920548 | 37.37 | 78616351 |
| 10 | 7.686 | 7.680 | 7.750 | 2917616 | 0.46 | 1301500 |
| 11 | 7.875 | 7.750 | 8.025 | 138571967 | 22.04 | 51241626 |
| 12 | 8.084 | 8.025 | 8.105 | 2106136 | 0.34 | 1050196 |
| 13 | 8.126 | 8.105 | 8.160 | 1708247 | 0.27 | 1046261 |
| 14 | 8.511 | 8.475 | 8.555 | 1871812 | 0.30 | 1059196 |
| 15 | 9.103 | 9.065 | 9.140 | 621739 | 0.10 | 337073 |
| 16 | 9.216 | 9.140 | 9.250 | 50288174 | 8.00 | 26868470 |
| 17 | 9.277 | 9.250 | 9.315 | 6279983 | 1.00 | 3344626 |
| 18 | 9.348 | 9.315 | 9.410 | 1345652 | 0.21 | 508572 |
| 19 | 9.574 | 9.520 | 9.600 | 10239138 | 1.63 | 4184332 |
| 20 | 9.629 | 9.600 | 9.655 | 13587076 | 2.16 | 7384189 |
| 21 | 9.675 | 9.655 | 9.725 | 3654625 | 0.58 | 2042813 |
| 22 | 9.775 | 9.725 | 9.785 | 1299857 | 0.21 | 820319 |
| 23 | 9.818 | 9.785 | 9.840 | 6561438 | 1.04 | 3096483 |
| 24 | 9.877 | 9.840 | 9.960 | 35714849 | 5.68 | 18184867 |
| 25 | 10.320 | 10.240 | 10.380 | 75924029 | 12.08 | 34306672 |
| 26 | 10.439 | 10.380 | 10.485 | 10258239 | 1.63 | 4917158 |
| 27 | 10.761 | 10.720 | 10.805 | 2022299 | 0.32 | 1056709 |
| 28 | 10.987 | 10.950 | 11.050 | 852641 | 0.14 | 334566 |
| 29 | 11.614 | 11.575 | 11.660 | 747844 | 0.12 | 387639 |
| 30 | 13.445 | 13.405 | 13.485 | 781957 | 0.12 | 370644 |
| | | | | 62867712 | 100.00 | 257553744 |

Lampiran 12. Spektrum massa sitronelol pada fraksi 3

<< Target >>

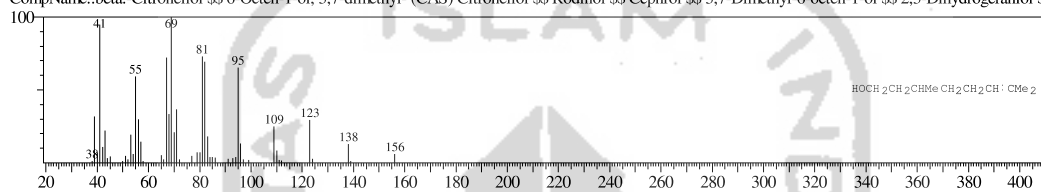
Line#:9 R.Time:7.500(Scan#:1501) MassPeaks:368
RawMode:Averaged 7.495-7.505(1500-1502) BasePeak:41.10(8333690)
BG Mode:Calc. from Peak Group 1 - Event 1



Hit#:1 Entry:46129 Library:WILEY7.LIB

SI:95 Formula:C10 H20 O CAS:106-22-9 MolWeight:156 RetIndex:0

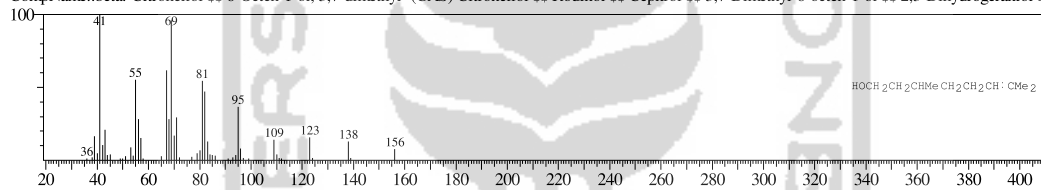
CompName:.beta.-Citronellol \$\$ 6-Octen-1-ol, 3,7-dimethyl- (CAS) Citronellol \$\$ Rodinol \$\$ Cephrol \$\$ 3,7-Dimethyl-6-octen-1-ol \$\$ 2,3-Dihydrogeraniol \$



Hit#:2 Entry:46130 Library:WILEY7.LIB

SI:94 Formula:C10 H20 O CAS:106-22-9 MolWeight:156 RetIndex:0

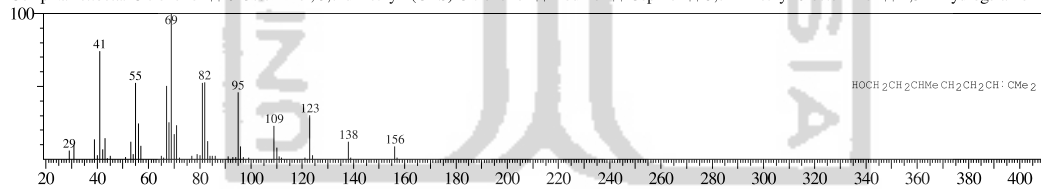
CompName:.beta.-Citronellol \$\$ 6-Octen-1-ol, 3,7-dimethyl- (CAS) Citronellol \$\$ Rodinol \$\$ Cephrol \$\$ 3,7-Dimethyl-6-octen-1-ol \$\$ 2,3-Dihydrogeraniol \$



Hit#:3 Entry:46132 Library:WILEY7.LIB

SI:93 Formula:C10 H20 O CAS:106-22-9 MolWeight:156 RetIndex:0

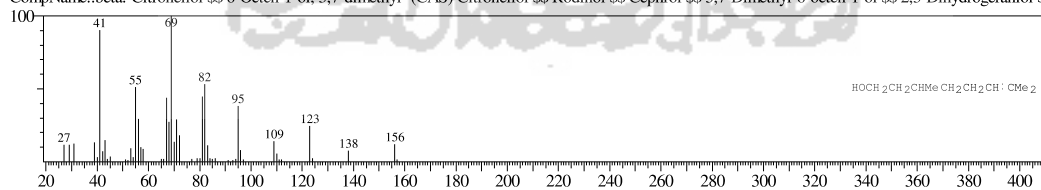
CompName:.beta.-Citronellol \$\$ 6-Octen-1-ol, 3,7-dimethyl- (CAS) Citronellol \$\$ Rodinol \$\$ Cephrol \$\$ 3,7-Dimethyl-6-octen-1-ol \$\$ 2,3-Dihydrogeraniol \$



Hit#:4 Entry:46125 Library:WILEY7.LIB

SI:93 Formula:C10 H20 O CAS:106-22-9 MolWeight:156 RetIndex:0

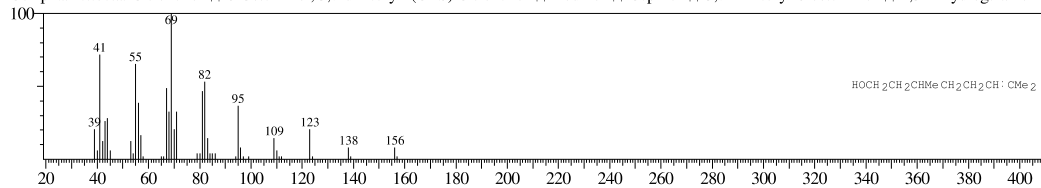
CompName:.beta.-Citronellol \$\$ 6-Octen-1-ol, 3,7-dimethyl- (CAS) Citronellol \$\$ Rodinol \$\$ Cephrol \$\$ 3,7-Dimethyl-6-octen-1-ol \$\$ 2,3-Dihydrogeraniol \$



Hit#:5 Entry:46134 Library:WILEY7.LIB

SI:93 Formula:C10 H20 O CAS:106-22-9 MolWeight:156 RetIndex:0

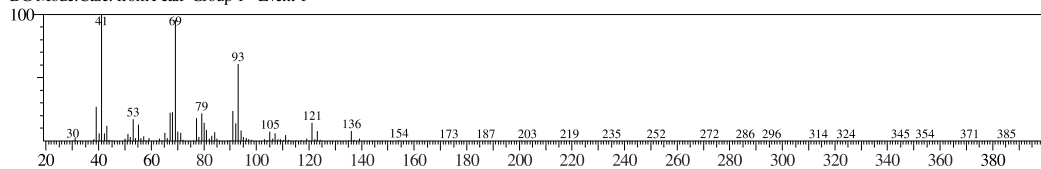
CompName:.beta.-Citronellol \$\$ 6-Octen-1-ol, 3,7-dimethyl- (CAS) Citronellol \$\$ Rodinol \$\$ Cephrol \$\$ 3,7-Dimethyl-6-octen-1-ol \$\$ 2,3-Dihydrogeraniol \$



Lampiran 13. Spektrum massa geraniol pada fraksi 3

<< Target >>

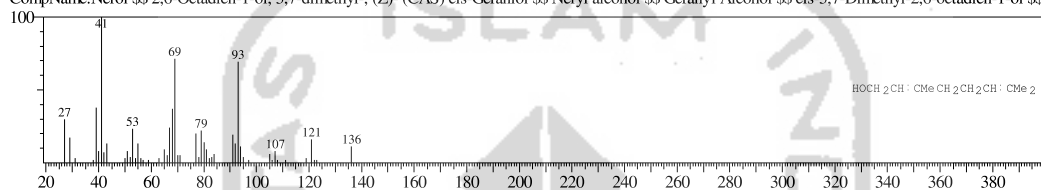
Line#:11 R.Time:7.875(Scan#:1576) MassPeaks:299
RawMode:Averaged 7.870-7.880(1575-1577) BasePeak:41.10(7589296)
BG Mode:Calc. from Peak Group 1 - Event 1



Hit#:1 Entry:43647 Library:WILEY7.LIB

SI:95 Formula:C10 H18 O CAS:106-25-2 MolWeight:154 RetIndex:0

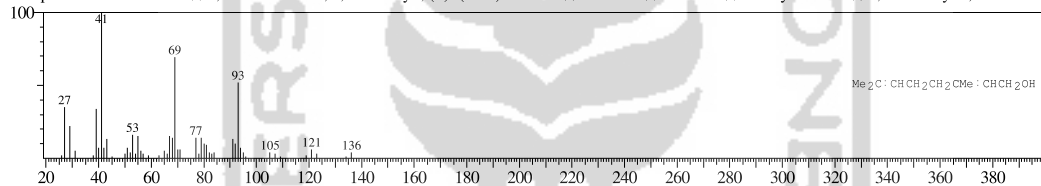
CompName:Nerol \$\$ 2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, (Z)- (CAS) cis-Geraniol \$\$ Neryl alcohol \$\$ Geranyl Alcohol \$\$ cis-3,7-Dimethyl-2,6-octadien-1-ol \$\$



Hit#:2 Entry:43663 Library:WILEY7.LIB

SI:92 Formula:C10 H18 O CAS:106-24-1 MolWeight:154 RetIndex:0

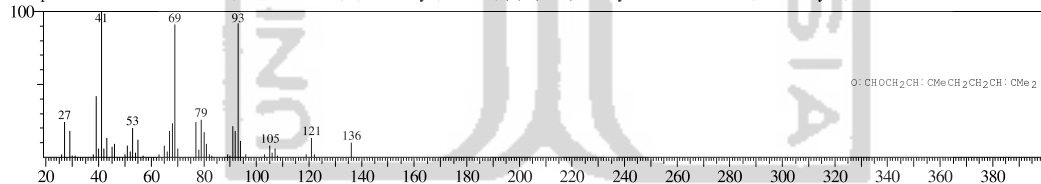
CompName:trans-Geraniol \$\$ 2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, (E)- (CAS) Guaniol \$\$ Lemonol \$\$ Geraniol \$\$ Geranyl alcohol \$\$ 2,6-Dimethyl-2,6-octadien-



Hit#:3 Entry:74386 Library:WILEY7.LIB

SI:91 Formula:C11 H18 O2 CAS:105-86-2 MolWeight:182 RetIndex:0

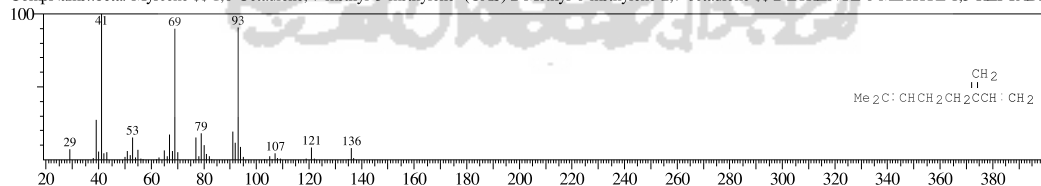
CompName:Geraniol formate \$\$ 2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, formate, (E)- (CAS) Geranyl formate \$\$ trans-3,7-Dimethyl-2,6-octadien-1-ol formate \$\$ trar



Hit#:4 Entry:26198 Library:WILEY7.LIB

SI:91 Formula:C10 H16 CAS:123-35-3 MolWeight:136 RetIndex:0

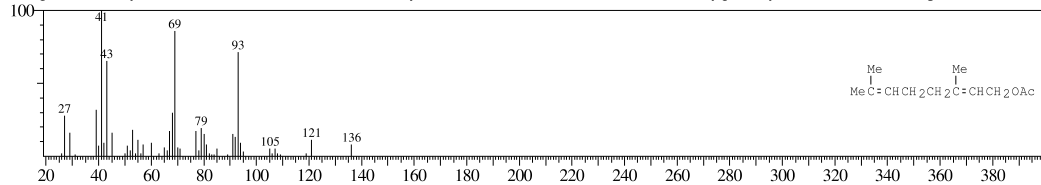
CompName:.beta.-Myrcene \$\$ 1,6-Octadiene, 7-methyl-3-methylene- (CAS) 2-Methyl-6-methylene-2,7-octadiene \$\$ 2-ETHENYL-6-METHYL-1,5-HEPTADIH



Hit#:5 Entry:91010 Library:WILEY7.LIB

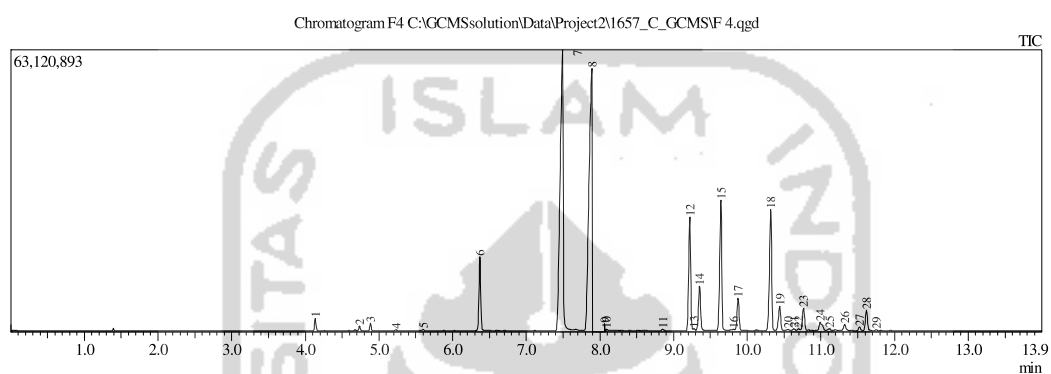
SI:91 Formula:C12 H20 O2 CAS:105-87-3 MolWeight:196 RetIndex:0

CompName:Geranyl acetate \$\$ 2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, acetate, (E)- (CAS) Geraniol acetate \$\$ Bay pine (oyster) oil \$\$ Acetic acid geraniol ester \$\$ tr



Lampiran 14. Kromatogram fraksi 4

Sample Information
 Analyzed by : Admin
 Analyzed : 4/10/2019 11:14:46 AM
 Sample Name : F4
 Sample ID : 5
 Injection Volume : 0.10
 Data File : C:\GCMSsolution\Data\Project2\1657_C_GCMS\F 4.qgd
 Tuning File : C:\GCMSsolution\System\Tune1\Tuning 01082017.qgt

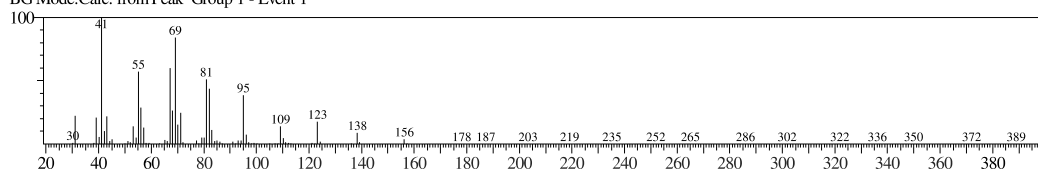


| Peak Report TIC | | | | | | |
|-----------------|--------|--------|--------|-----------|--------|-----------|
| Peak# | R.Time | L.Time | F.Time | Area | Area% | Height |
| 1 | 4.135 | 4.105 | 4.180 | 3684589 | 0.56 | 2814698 |
| 2 | 4.736 | 4.705 | 4.770 | 1553904 | 0.24 | 1113011 |
| 3 | 4.883 | 4.845 | 4.920 | 2334072 | 0.36 | 1644132 |
| 4 | 5.229 | 5.200 | 5.265 | 426814 | 0.07 | 282138 |
| 5 | 5.600 | 5.585 | 5.635 | 441508 | 0.07 | 314632 |
| 6 | 6.371 | 6.300 | 6.460 | 27740552 | 4.23 | 16541928 |
| 7 | 7.491 | 7.390 | 7.715 | 191799116 | 29.24 | 62921492 |
| 8 | 7.890 | 7.715 | 7.910 | 181845831 | 27.73 | 59113592 |
| 9 | 8.065 | 8.060 | 8.070 | 531364 | 0.08 | 1766549 |
| 10 | 8.087 | 8.070 | 8.120 | 751868 | 0.11 | 510372 |
| 11 | 8.851 | 8.815 | 8.895 | 572237 | 0.09 | 296487 |
| 12 | 9.220 | 9.160 | 9.260 | 48123436 | 7.34 | 25397343 |
| 13 | 9.275 | 9.260 | 9.305 | 728961 | 0.11 | 412882 |
| 14 | 9.352 | 9.305 | 9.435 | 19869494 | 3.03 | 9874732 |
| 15 | 9.643 | 9.575 | 9.710 | 57262252 | 8.73 | 29175927 |
| 16 | 9.814 | 9.795 | 9.835 | 530851 | 0.08 | 286902 |
| 17 | 9.875 | 9.835 | 9.950 | 13894722 | 2.12 | 7178680 |
| 18 | 10.319 | 10.240 | 10.380 | 58490292 | 8.92 | 27187515 |
| 19 | 10.440 | 10.380 | 10.490 | 11876852 | 1.81 | 5417866 |
| 20 | 10.553 | 10.490 | 10.595 | 729656 | 0.11 | 251531 |
| 21 | 10.632 | 10.595 | 10.670 | 825493 | 0.13 | 360031 |
| 22 | 10.697 | 10.670 | 10.720 | 688827 | 0.11 | 357591 |
| 23 | 10.764 | 10.720 | 10.810 | 9917162 | 1.51 | 5013898 |
| 24 | 10.991 | 10.945 | 11.060 | 5620808 | 0.86 | 1844230 |
| 25 | 11.113 | 11.060 | 11.155 | 947146 | 0.14 | 433333 |
| 26 | 11.323 | 11.270 | 11.390 | 2970859 | 0.45 | 1313662 |
| 27 | 11.524 | 11.485 | 11.570 | 1784795 | 0.27 | 893750 |
| 28 | 11.617 | 11.570 | 11.705 | 9455153 | 1.44 | 4575992 |
| 29 | 11.752 | 11.715 | 11.790 | 449197 | 0.07 | 237222 |
| | | | | 655847811 | 100.00 | 267532118 |

Lampiran 15. Spektrum massa sitronelol pada fraksi 4

<< Target >>

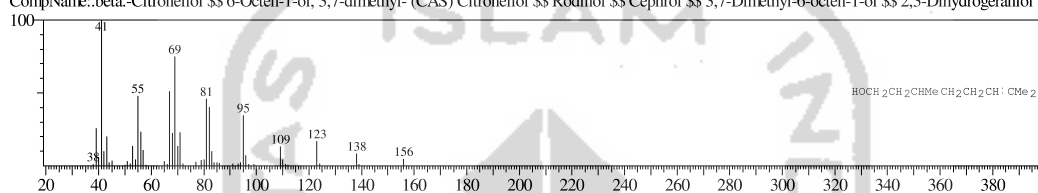
Line#:7 R.Time:7.490(Scan#:1499) MassPeaks:297
RawMode:Averaged 7.485-7.495(1498-1500) BasePeak:41.10(7854398)
BG Mode:Calc. from Peak Group 1 - Event 1



Hit#:1 Entry:46127 Library:WILEY7.LIB

SI:96 Formula:C10 H20 O CAS:106-22-9 MolWeight:156 RetIndex:0

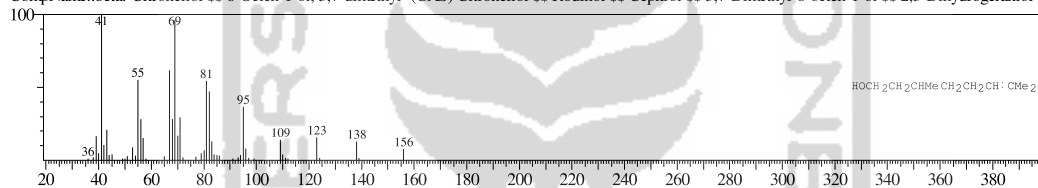
CompName:beta-Citronellol \$\$ 6-Octen-1-ol, 3,7-dimethyl- (CAS) Citronellol \$\$ Rodinol \$\$ Cephrol \$\$ 3,7-Dimethyl-6-octen-1-ol \$\$ 2,3-Dihydrogeraniol \$



Hit#:2 Entry:46130 Library:WILEY7.LIB

SI:96 Formula:C10 H20 O CAS:106-22-9 MolWeight:156 RetIndex:0

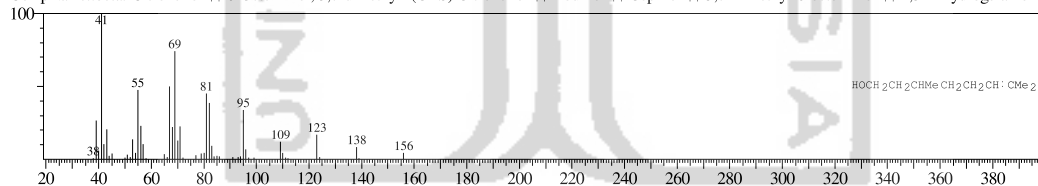
CompName:beta-Citronellol \$\$ 6-Octen-1-ol, 3,7-dimethyl- (CAS) Citronellol \$\$ Rodinol \$\$ Cephrol \$\$ 3,7-Dimethyl-6-octen-1-ol \$\$ 2,3-Dihydrogeraniol \$



Hit#:3 Entry:46136 Library:WILEY7.LIB

SI:95 Formula:C10 H20 O CAS:106-22-9 MolWeight:156 RetIndex:0

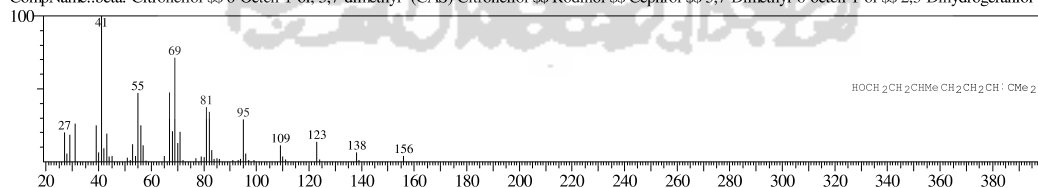
CompName:beta-Citronellol \$\$ 6-Octen-1-ol, 3,7-dimethyl- (CAS) Citronellol \$\$ Rodinol \$\$ Cephrol \$\$ 3,7-Dimethyl-6-octen-1-ol \$\$ 2,3-Dihydrogeraniol \$



Hit#:4 Entry:46128 Library:WILEY7.LIB

SI:95 Formula:C10 H20 O CAS:106-22-9 MolWeight:156 RetIndex:0

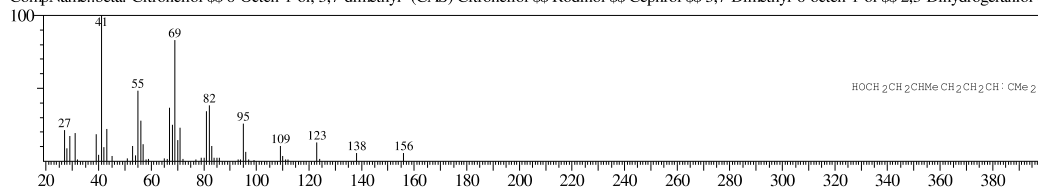
CompName:beta-Citronellol \$\$ 6-Octen-1-ol, 3,7-dimethyl- (CAS) Citronellol \$\$ Rodinol \$\$ Cephrol \$\$ 3,7-Dimethyl-6-octen-1-ol \$\$ 2,3-Dihydrogeraniol \$



Hit#:5 Entry:46124 Library:WILEY7.LIB

SI:95 Formula:C10 H20 O CAS:106-22-9 MolWeight:156 RetIndex:0

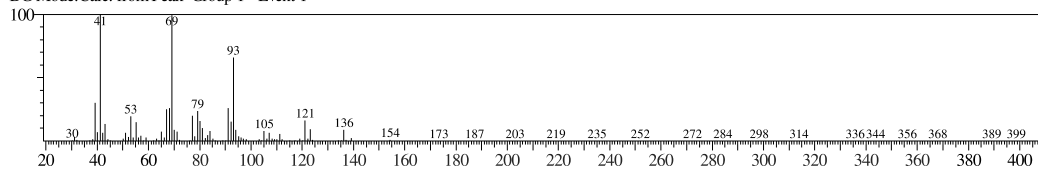
CompName:beta-Citronellol \$\$ 6-Octen-1-ol, 3,7-dimethyl- (CAS) Citronellol \$\$ Rodinol \$\$ Cephrol \$\$ 3,7-Dimethyl-6-octen-1-ol \$\$ 2,3-Dihydrogeraniol \$



Lampiran 16. Spektrum massa geraniol pada fraksi 4

<< Target >>

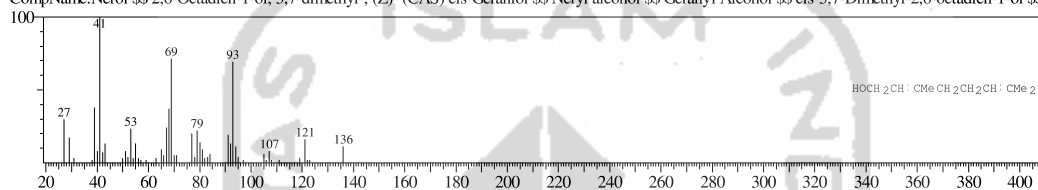
Line#:8 R.Time:7.890(Scan#:1579) MassPeaks:371
RawMode:Averaged 7.885-7.895(1578-1580) BasePeak:41.10(8252445)
BG Mode:Calc. from Peak Group 1 - Event 1



Hit#:1 Entry:43647 Library:WILEY7.LIB

SI:95 Formula:C10 H18 O CAS:106-25-2 MolWeight:154 RetIndex:0

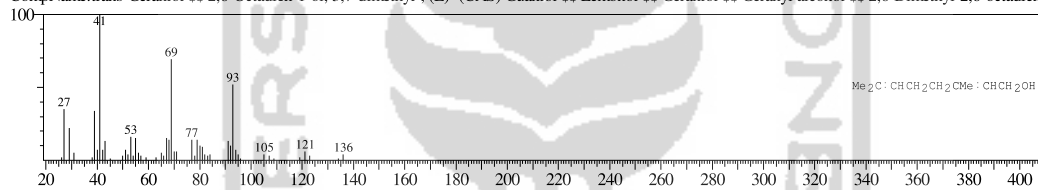
CompName:Nerol \$\$ 2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, (Z)- (CAS) cis-Geraniol \$\$ Neryl alcohol \$\$ Geranyl Alcohol \$\$ cis-3,7-Dimethyl-2,6-octadien-1-ol \$\$



Hit#:2 Entry:43663 Library:WILEY7.LIB

SI:91 Formula:C10 H18 O CAS:106-24-1 MolWeight:154 RetIndex:0

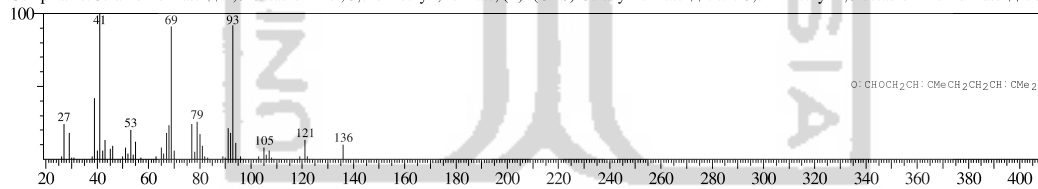
CompName:trans-Geraniol \$\$ 2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, (E)- (CAS) Guaniol \$\$ Lemonol \$\$ Geraniol \$\$ Geranyl alcohol \$\$ 2,6-Dimethyl-2,6-octadien-1-ol \$\$



Hit#:3 Entry:74386 Library:WILEY7.LIB

SI:91 Formula:C11 H18 O2 CAS:105-86-2 MolWeight:182 RetIndex:0

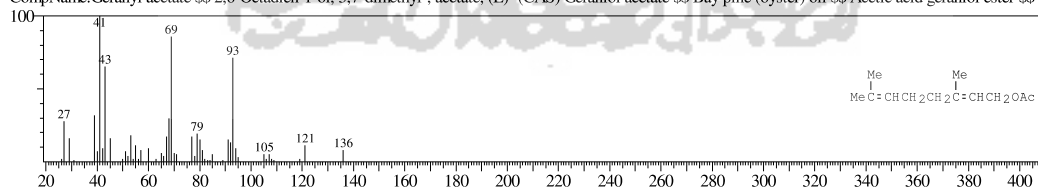
CompName:Geraniol formate \$\$ 2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, formate, (E)- (CAS) Geranyl formate \$\$ trans-3,7-Dimethyl-2,6-octadien-1-ol formate \$\$ trans-3,7-Dimethyl-2,6-octadien-1-yl formate



Hit#:4 Entry:91010 Library:WILEY7.LIB

SI:90 Formula:C12 H20 O2 CAS:105-87-3 MolWeight:196 RetIndex:0

CompName:Geranyl acetate \$\$ 2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, acetate, (E)- (CAS) Geraniol acetate \$\$ Bay pine (oyster) oil \$\$ Acetic acid geraniol ester \$\$ trans-3,7-Dimethyl-2,6-octadien-1-yl acetate



Hit#:5 Entry:26198 Library:WILEY7.LIB

SI:89 Formula:C10 H16 CAS:123-35-3 MolWeight:136 RetIndex:0

CompName:beta-Myrcene \$\$ 1,6-Octadiene, 7-methyl-3-methylene- (CAS) 2-Methyl-6-methylene-2,7-octadiene \$\$ 2-ETHENYL-6-METHYL-1,5-HEPTADIENE

