

**PENENTUAN EFISIENSI KONSUMSI MESIN DIESEL
DENGAN PENAMBAHAN FRAKSI-FRAKSI *CITRONELLA*
OIL SEBAGAI BIOADITIF BAHAN BAKAR DEXLITE (*LIGHT*
DIESEL)**

SKRIPSI

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



diajukan oleh :

MUHAMMAD KURNIA AKBARI

No. Mahasiswa : 16612076

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2020**

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

HASIL TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Kurnia Akbari

NIM : 16612076

Menyatakan seluruh komponen dan isi laporan dalam tugas akhir ini merupakan hasil karya sendiri. Apabila dikemudian hari terbukti ada beberapa bagian dari karya ini bukan hasil sendiri, maka saya siap menanggung risiko dan konsekuensinya.

Yogyakarta, 12 Agustus 2020



Muhammad Kurnia Akbari

**PENENTUAN EFISIENSI KONSUMSI MESIN DIESEL
DENGAN PENAMBAHAN FRAKSI-FRAKSI *CITRONELLA*
OIL SEBAGAI BIOADITIF BAHAN BAKAR DEXLITE (*LIGHT*
DIESEL)**

SKRIPSI

Yang diajukan oleh :

MUHAMMAD KURNIA AKBARI

No. Mahasiswa : 16612076

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Penguji Skripsi
Prodi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Islam Indonesia

Tanggal: 12 Agustus 2020

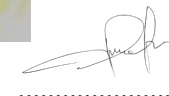
Dewan Penguji

1. Dr. Noor Fitri, S.Si., M.Si.
2. Argo Khoirul Anas, S.Si., M.Sc.
3. Amri Setyawati, S.Si., M.Sc.

Tanda tangan

.....


.....


.....


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




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

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Wr.Wb

Segala puji syukur atas kehadiran Allah SWT serta sholawat salam salam kepada Nabi Muhammad SAW dan sahabat-sahabatnya. Penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik dan lancar. Penulisan skripsi ini merupakan persyaratan untuk mendapat gelar Sarjana Sains (S.Si) Program Studi Ilmu Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia dengan judul “Penentuan Efisiensi Konsumsi Mesin Diesel Dengan Penambahan Fraksi-Fraksi Citronella Oil Sebagai Bioaditif Bahan Bakar Dexlite (Light Diesel)”.

Penyusunan skripsi ini bisa selesai dengan bantuan dan dorongan semangat dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada pihak-pihak berikut ini:

1. Allah SWT dan Nabi Muhammad S.A.W.
2. Bapak Prof. Riyanto., S.Pd., M.Si., Ph.D. sebagai Dekan FMIPA UII.
3. Bapak Dr. Dwiarso Rubiyanto, S.Si., M.Si. sebagai Ketua Program Studi Kimia FMIPA UII.
4. Ibu Dr. Noor Fitri, S.Si., M.Si. sebagai Dosen Pembimbing skripsi.
5. Kedua orang tua dan adik atas doa, kasih sayang serta kepercayaan dan dukungannya selama ini.
6. Teman satu tim penelitian bioaditif, Nada Khonitah dan Rifaldi Lutfi Fahmi.
7. Teman satu pergaulan dan visi, Renaldi Daffa Utama, Muhamad Ridwanto, Erdie Mastur Sudarajat, Andri Ramadhani, Eldiva ilkariskia Ayustra, dan Tika Ramadhina.
8. Teman satu kontrakan, Armyn Musyaddad, Ulul Dwi Yulianda, Choerul Noor Hidayat, Ilham Setiawan.
9. Semua pihak yang telah membantu sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan lancar dan tepat waktu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan dan jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat

diharapkan demi kelengkapan dan kesempurnaan skripsi ini. Semoga proposal ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua. Amin.

Wassalamu'alaikum Wr, Wb

Yogyakarta, 12 Agustus 2020
Penulis,

Muhammad Kurnia Akbari



PENENTUAN EFISIENSI KONSUMSI MESIN DIESEL DENGAN PENAMBAHAN FRAKSI-FRAKSI *CITRONELLA* OIL SEBAGAI BIOADITIF BAHAN BAKAR DEXLITE (*LIGHT* *DIESEL*)

INTISARI

Muhammad Kurnia Akbari

NIM. 16612076

Peningkatan konsumsi bahan bakar minyak terjadi diberbagai daerah di dunia. Akan tetapi cadangan minyak dunia menurun dari tahun ke tahun sehingga menjadi langka dan menyebabkan harga minyak melonjak naik. Penyelesaian masalah tersebut dapat dilakukan dengan penghematan konsumsi bahan bakar minyak. Salah satu metode penghematan bahan bakar dextrite yaitu dengan penambahan bioaditif dari minyak serai wangi pada bahan bakar minyak. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan fraksi-fraksi minyak serai wangi terhadap karakteristik fisik dan efisiensi konsumsi mesin diesel. Alur penelitian dilakukan mulai dari penyulingan minyak serai wangi, pemurnian secara distilasi fraksinasi vakum, formulasi campuran dextrite-bioaditif, karakterisasi fisika dan GC-MS serta uji efisiensi konsumsi dextrite. Hasil menunjukkan minyak serai wangi mengandung 3 kandungan terbesar yaitu senyawa sitronelal (19,01%), senyawa sitronelol (20,48%), dan senyawa geraniol (18,81%). Fraksinasi minyak serai wangi diperoleh fraksi F2 dengan sitronelal (89,37%) dan F3 dengan sitronelol (31,73%) dan geraniol (27,36%). Hasil uji efisiensi konsumsi menunjukkan fraksi F2 (F2D15 31,71%) lebih efisien dibanding F3 (F3D15 30,49%) dan minyak serai wangi (MD50 26,93%). Karakteristik densitas dan viskositas kinematis campuran dextrite-bioaditif tidak menunjukkan perubahan signifikan dibanding SNI 8220:2017 yaitu berturut-turut berada direntang 831,713-841,851 kg/m³ dan 3,631-4,021 m²/s.

Kata Kunci: minyak serai wangi; bioaditif; dextrite

DETERMINATION OF EFFICIENCY OF DIESEL ENGINE CONSUMPTIONS WITH THE ADDITION OF CITRONELLA OIL FRACTIONS AS BIOADITIVE OF DEXLITE (LIGHT DIESEL) FUEL

ABSTRACT

Muhammad Kurnia Akbari

NIM. 16612076

Escalation fuel consumption occurs in various regions of the world. However, world oil reserves decline from year to year so that it becomes scarce and causes oil prices to surge up. To solve this problem can be done by saving fuel consumption. One method of saving fuel is by adding bioaditives from citronella oil to fuels. This study aims to determine the effect of adding citronella fractions to the physical characteristics and efficiency of diesel engine consumption. The flow of research was carried out starting from distillation of citronella oil, vacuum fractionation distillation purification, dextrite-bioadditive blending formulation, physical and GC-MS characterization and dextrite consumption efficiency test. The results showed that citronella oil contained 3 main components, namely citronellol (20,48%), citronellal (19,01%), and geraniol (18,81%). Fractionation of citronella oil obtained by fraction F2 with citronellal (89,37%) and F3 with citronellol (31,73%) and geraniol (27,36%). The consumption efficiency test results showed the fraction F2 (F2D15 31.71%) was more efficient than F3 (F3D15 30.49%) and citronella oil (MD50 26.93%). The density and kinematic viscosity characteristics of the dextrite-bioadditive blends did not show significant changes compare SNI 8220:2017 which were in the range of 831,713-841,851 kg/m³ dan 3,631-4,021 m²/s, respectively.

Keywords: citronella oil; bioaditives; dextrite

DAFTAR ISI

SAMPUL	i
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
INTISARI	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
BAB III DASAR TEORI	10
3.1 Minyak Atsiri	10
3.2 Minyak Serai Wangi.....	10
3.3 Distilasi Fraksinasi Vakum	12
3.4 Geraniol	14
3.5 Sitronelal.....	14
3.6 Sitronelol.....	15
3.7 Bahan Bakar Minyak.....	15
3.8 Bahan Bakar Solar Ringan (Dexlite).....	17
3.9 Aditif Bahan Bakar.....	18
3.10 Efisiensi Konsumsi Bahan Bakar	19
3.11 Gas Chromatography-Mass Spectroscopy (GC-MS)	20
3.12 Densitas, Indeks Bias dan Viskositas	20
BAB IV METODE PENELITIAN	24
4.1 Peralatan.....	24
4.2 Bahan-bahan.....	24
4.3 Diagram Alir Prosedur Penelitian	24

4.4 Penyulingan Minyak Serai Wangi.....	25
4.5 Karakterisasi Sifat Fisika-Kimia Minyak Serai Wangi	25
4.5.1 Uji Warna	25
4.5.2 Uji Indeks Bias	25
4.5.3 Uji Densitas	25
4.5.4 Uji GC-MS (<i>Gas Chromatography-Mass Spectroscopy</i>)	26
4.6 Distilasi Fraksinasi Minyak Serai Wangi	26
4.6.1 Persiapan Pompa Vakum.....	26
4.6.2 Pengisian Labu Umpan	27
4.6.3 Pemanasan	27
4.6.4 Pendinginan	27
4.7 Formulasi <i>Blending</i>	28
4.8 Karakterisasi Sifat Fisika-Kimia <i>Blending</i>	28
4.8.1 Uji Densitas	28
4.8.2 Uji Viskositas Kinematik	28
4.8.3 Uji Konsumsi Bahan Bakar	29
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	30
5.1 Karakteristik Fisika-Kimia Minyak Serai Wangi Dan Fraksi-Fraksinya	30
5.1.1 Karakteristik Fisika Minyak Serai Wangi Dan Fraksi-Fraksinya.....	30
5.1.2 Karakteristik Komponen Minyak Serai Wangi	31
5.2 Karakteristik GC-MS Fraksi-Fraksi Minyak Serai Wangi	32
5.2.1 Kandungan Kimia Pada Fraksi Minyak Serai Wangi	32
5.2.2 Karakteristik MS Fraksi F2 dan F3.....	34
5.3 Karakteristik Formulasi <i>Blending</i>	38
5.4 Hasil Uji Efisiensi Konsumsi Dexlite.....	39
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	43
6.1 Kesimpulan	43
6.2 Saran	43
DAFTAR PUSTAKA	44
LAMPIRAN	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Unit Alat Distilasi Fraksinasi Vakum	13
Gambar 2. Struktur Senyawa a) Sitronelal; b) Sitronelol; c) Geraniol	15
Gambar 3. Mekanisme Perengkahan Bahan Bakar Minyak.....	16
Gambar 4. Bagan Instrumen GC-MS	21
Gambar 5. Diagram Alir Prosedur Penelitian.....	24
Gambar 6. Pola Fragmentasi Sitronelal (F2).....	36
Gambar 7. Pola Fragmentasi Sitronelol (F3).....	36
Gambar 8. Pola Fragmentasi Geraniol (F3).....	37
Gambar 9. Hasil Uji Efisiensi Konsumsi Dexlite	40



DAFTAR TABEL

Tabel 1. Standar Citronella Oil Indonesia (SNI 06-3953-1995).....	12
Tabel 2. Kualitas Minyak Solar	17
Tabel 3. Spesifikasi Dexlite.....	18
Tabel 4. Optimasi Instrumen GC-MS	26
Tabel 5. Optimasi Alat Distilasi Fraksinasi Vakum	27
Tabel 6. Formulasi Blending	28
Tabel 7. Karakteristik Fisika Minyak Serai dan Fraksi-Fraksinya	30
Tabel 8. Karakteristik GC-MS Minyak Serai Wangi.....	33
Tabel 9. Karakteristik GC-MS Fraksi Minyak Serai Wangi Rasio Refluks 20:1.	34
Tabel 10. Karakteristik Fisika Blending.....	39



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil GC minyak serai wangi	50
Lampiran 2. Hasil GC Fraksi F2.....	51
Lampiran 3. Hasil GC Fraksi F3.....	52
Lampiran 4. Hasil MS Puncak 11 Fraksi 2 (Sitronelal).....	53
Lampiran 5. Hasil MS Puncak 9 Fraksi 3 (Sitronelol).....	54
Lampiran 6. Hasil MS Puncak 11 Fraksi 3 (Geraniol).....	55
Lampiran 7. Hasil Efisiensi Konsumsi Dextrite	56
Lampiran 8. Hasil Densitas Sampel.....	56
Lampiran 9. Hasil Viskositas Sampel	57
Lampiran 10. Hasil Perhitungan Dari Persamaan Clausius Clapeyron	57



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sejak awal revolusi industri, bahan bakar fosil telah menjadi sumber utama energi dan bahan kimia industri. Beberapa dekade, tolak ukur untuk pengembangan negara telah dikaitkan dengan tingkat konsumsi bahan bakar fosil. Semakin jelas bahwa cadangan bahan bakar fosil bersifat terbatas. Badan Energi Internasional (IEA) memperkirakan bahwa produksi minyak maksimum dunia akan dicapai antara 1996 dan 2035. Beberapa ahli telah memperkirakan bahwa minyak saat ini mungkin benar-benar habis pada tahun 2050 (Nda-Umar *et al.*, 2019). Sedangkan penggunaan bahan bakar solar meningkat setiap tahun di seluruh dunia. Di Indonesia, konsumsi bahan bakar umum meningkat 10 persen pada tahun 2016 yaitu 48.655.055.967 liter/tahun dibanding tahun 2015 yaitu 44.453.906.861 liter/tahun (Muhyi *et al.*, 2019). Pada 2015, sebanyak 41% dari konsumsi energi Indonesia didasarkan pada minyak. Minyak tetap menjadi bahan bakar dominan Indonesia (44,1% dari konsumsi energi primer), diikuti oleh batubara (32,6%) dan gas alam (19,2%) (Alfian *et al.*, 2019). Menurut Badan Pengatur Hilir Minyak dan Gas Bumi Indonesia (BPH Migas) (2017), persentase konsumsi bahan bakar tertinggi berada pada sektor rumah tangga yaitu 35%, diikuti sektor transportasi (31%), industri (29%), komersial (4%) dan lainnya (2%). Sektor transportasi mengalami pertumbuhan terbesar yaitu 5,2% per tahun. Akan tetapi, peningkatan konsumsi bahan bakar tidak imbangi dengan peningkatan cadangan minyak bumi di Indonesia. Sifat terbatas, ditambah dengan tantangan meroketnya biaya minyak konvensional, isu pemanasan global, dan masalah pencemaran lingkungan lainnya, telah mengarah pada penelitian mendalam mengenai penggunaan bahan bakar alternatif yang terbarukan dan berkelanjutan.

Beberapa solusi telah ditawarkan oleh berbagai peneliti, seperti produksi biodiesel dan penambahan bahan aditif. Banyak peneliti melakukan penelitian tentang biodiesel sebagai sumber energi alternatif pengganti solar. Lebih dari 40 jenis tanaman telah diteliti untuk dijadikan turunan biodiesel. Biodiesel memiliki

karakteristik *biodegradable*, tidak toksik, terbarukan, dan ramah lingkungan, serta aman di gunakan, disimpan dan ditranportasikan. Biodiesel mengemisikan sedikit gas karbon monoksida (CO), hidrokarbon (HC), dan partikulat (PM) (Tamilselvan *et al.*, 2017). Akan tetapi, biodiesel memiliki kekurangan dibanding solar yaitu memiliki viskositas tinggi, konsumsi bahan bakau spesifik (BSFC) yang tinggi, emisi gas NO_x yang tinggi, dan rendahnya efisiensi termal rem. Selain itu, produksi biodiesel dari biomassa memerlukan biaya yang besar sehingga produk yang diperoleh memiliki harga 1,5-3,0 kali lebih mahal dibanding solar (Nda-Umar *et al.*, 2019). Produksi biodiesel secara masal akan menghasilkan limbah lebih banyak, dimana gliserol sebagai produk samping yang dominan. Selain itu, biodiesel diperoleh dari minyak tanaman yang *edible (raw material feedstock)*, padahal kebutuhan pangan manusia di dunia meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk yang meningkat. Oleh karena itu, solusi untuk masalah ini adalah dengan memanfaatkan sumber daya alam yang tersedia berlimpah di Indonesia dan *non-edible* seperti minyak atsiri.

Minyak atsiri merupakan minyak yang diperoleh dari bagian tanaman dengan berbagai teknik ekstraksi. Minyak atsiri memiliki titik uap yang rendah dan larut dalam solar. Selain itu, minyak atsiri terkandung berbagai macam senyawa kimia yang mengandung atom oksigen sehingga mampu menyempurnakan sistem pembakaran pada mesin diesel (Lawang dkk., 2019). Minyak atsiri berperan sebagai bioaditif untuk meningkatkan kualitas solar. Aditif bahan bakar adalah zat yang ditambahkan atau dicampur dengan bahan bakar terutama bensin, diesel dan atau biodiesel untuk meningkatkan sifat bahan bakarnya sehingga menghasilkan kinerja yang sangat baik. Ketika ditambahkan ke bahan bakar, mampu mengurangi emisi berbahaya seperti hidrokarbon (HC), partikel, emisi CO₂ dan NO_x. Selain itu digunakan untuk meningkatkan viskositas, *antiknock*, oktan, setana dan sifat aliran dingin (*cold flow*) dari bahan bakar serta meningkatkan stabilitas termal, kebersihan dan mencegah korosi mesin dan bagian-bagian mesin (Cornejo *et al.*, 2017). Aditif konvensional seperti tetra-etil-timbal (TEL) dan tetra-metil-timbal (TML) telah lama ditinggalkan dikarenakan mengandung logam berat (Pb) yang menghasilkan gas toksik dan berbahaya bagi manusia dan lingkungan.

Beberapa minyak atsiri telah dikembangkan oleh para peneliti sebagai bioaditif seperti minyak daun cengkeh, minyak nilam, minyak terpentin, minyak jeruk, minyak kayu putih, dan minyak pinus (Muhyi *et al.*, 2019; Alfian *et al.*, 2019; Lawang dkk., 2019; Nabi *et al.*, 2019; Rahman *et al.*, 2019). Hasil para penelitian menunjukkan bahwa minyak atsiri mampu menurunkan konsumsi pembakaran solar, menurunkan kadar emisi gas, dan mencegah karatan (deposit) pada mesin. Selain itu, minyak serai wangi berpotensi dijadikan bioaditif karena mengandung sitronelal, geraniol dan sitronelol (kandungan utama) yang mengandung atom oksigen. Hingga ini, sedikit dilaporkan mengenai manfaat minyak serai wangi sebagai bioaditif bahan bakar solar dan biosolar, serta belum ada dilaporkan mengenai pengaruh fraksi-fraksi dari minyak serai wangi dalam meningkatkan performa dan emisi mesin diesel. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh gugus fungsional oksigenat dari fraksi sitronelal, genaniol dan sitronelol pada minyak serai wangi terhadap peningkatan kualitas solar dan performa mesin diesel. Diharapkan dengan bioaditif dari fraksi-fraksi minyak serai wangi dapat menurunkan konsumsi pemakaian solar, menjaga performa mesin diesel, serta menurunkan kadar emisi gas buang.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh penambahan bioaditif fraksi-fraksi minyak serai wangi terhadap karakteristik fisika bahan bakar jenis solar?
2. Bagaimana pengaruh penambahan bioaditif fraksi-fraksi minyak serai wangi terhadap efisiensi konsumsi bahan bakar jenis solar?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini dijabarkan sebagai berikut :

1. Mengetahui pengaruh bioaditif fraksi-fraksi minyak serai wangi terhadap karakteristik fisika bahan bakar jenis solar.
2. Mengetahui pengaruh bioaditif fraksi-fraksi minyak serai wangi terhadap efisiensi konsumsi bahan bakar jenis solar.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini dijabarkan sebagai berikut:

1. Memberikan solusi alternatif kepada masyarakat dalam menghemat bahan bakar jenis solar pada mesin diesel.
2. Memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dalam bidang energi terbarukan dan berkelanjutan.
3. Memaksimalkan fungsi tanaman serai wangi sebagai bioaditif dalam meningkatkan kualitas bahan bakar jenis solar.
4. Memberikan solusi terbaru dalam mengurangi emisi gas buang mesin diesel yang berbahaya bagi kesehatan manusia dan lingkungan.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Solar merupakan bahan bakar fosil yang diperoleh dari fraksinasi bertingkat minyak bumi (*crude oil*) didasarkan atas perbedaan titik didih. Solar memiliki berbagai jenis, dari kualitas terendah hingga terbaik. Masyarakat cenderung menggunakan solar kualitas menengah ke bawah dikarenakan faktor harga yang ekonomis dan mudah diperoleh. Biasanya untuk meningkatkan performa pembakaran solar jenis tersebut, dilakukan modifikasi mesin diesel. Selain itu bisa digunakan aditif untuk meningkatkan kualitas solar (Priyadarshi *et al.*, 2019). Penggunaan aditif pada bahan bakar solar dapat memperbaiki sifat fisika-kimianya. Berbagai jenis aditif yang cocok digunakan pada solar dan biosolar telah dikaji. Berdasarkan fungsinya, ada berbagai macam jenis aditif pada solar seperti *metal organic compound, oxygenates, ignition promoters, wax dispersants, anti-knocking agent, lead scavenger, fuel dyes* yang ditambahkan dalam jumlah sedikit pada bahan bakar solar. Tujuan penambahan aditif untuk meningkatkan kualitas solar, efisiensi mesin dan mengurangi emisi gas buang (Shah *et al.*, 2018).

Metal base additives seperti magnesium, besi, barium, sesium, kalsium, platinum dan lainnya telah ditambahkan ke solar untuk meningkatkan kualitas solar dan mempercepat jeda pembakaran sehingga diperoleh efisiensi pembakaran pada mesin dan menurunkan emisi gas buang. Nanopartikel oksida serium, sebagai aditif bahan bakar, mampu menurunkan emisi NO_x dan meningkatkan *Brake Thermal Efficiency* (BTE). Penelitian dilakukan dengan menambahkan aditif nanopartikel grafena oksida ke biodiesel menunjukkan bahwa terjadi penurunan emisi gas CO, dan HC kecuali NO_x (Hoseini *et al.*, 2020).

Jenis aditif *ignition promotor* seperti 2-etilheksil nitrat, heksil nitrat, oktil nitrat mampu menurunkan jeda pembakaran sehingga mengurangi emisi gas CO, HC, NO_x, asap dan jelaga (Ickes *et al.*, 2009). Selain itu, iso-amil nitrat dan di-ter-butyl peroksida telah dilakukan percobaan untuk meningkatkan performa mesin diesel dengan hasil yaitu di-ter-butyl peroksida memiliki efektivitas yang lebih baik

dalam mereduksi emisi gas CO, NO_x, HC dibanding iso-amil nitrat (Vallinayagam *et al.*, 2014).

Jenis aditif *oxygenates* merupakan jenis yang banyak digunakan pada solar seperti metoksi etil asetat (MEA), dimetil karbonat (DMC), etilena glikol monoasetat, metanol, dan dimetoksi metana mampu menurunkan kadar emisi dari gas CO, NO_x, hidrokarbon (HC), asap dan jelaga pada pembakaran di mesin diesel (Shah *et al.*, 2018). Aditif bahan bakar turunan gliserol meminimalkan NO_x, ketebalan asap, dan hasil partikulat, tetapi menghasilkan emisi HC dan emisi karbon dioksida yang relatif lebih tinggi (Hernández *et al.*, 2012). Ester etanol, asetoasetat dan asam dikarboksilat, metil-tert-butyl eter, dimetoksimetana, etana dan propana, dimetil eter, N-oktil nitramin, dan JP-8 banyak digunakan sebagai aditif bahan bakar teroksidasi (Labeckas *et al.*, 2015). Etanol sebagai aditif pada pencampuran biodiesel-solar menunjukkan bahwa adanya peningkatan emisi gas NO_x, CO, jeda pembakaran dan konsumsi bahan bakar spesifik (BSFC) dibandingkan dengan solar (Sathiyamoorthi and Sankaranarayanan, 2017). Butanol meningkatkan efisiensi termal biodiesel dan menghasilkan emisi CO 37,5% lebih sedikit dan hasil NO_x 9% lebih tinggi daripada diesel. Aditif bahan bakar lain, *butylated hydroxytoluene*, dalam kombinasi dengan biodiesel, terukur serupa efisiensi termal dan konsumsi bahan bakar spesifik seperti diesel tetapi menghasilkan emisi CO, HC, dan NO_x yang lebih tinggi daripada biodiesel murni (Senthur Prabu *et al.*, 2017). Selanjutnya yaitu gliserol-ter-butyl eter (GTBE) yang merupakan produk samping dari reaksi trans-esterifikasi. Sebanyak 2,5% dan 5% GTBE ditambahkan pada solar-minyak serai wangi menunjukkan bahwa terjadi penurunan emisi gas CO dan NO_x (Priyadarshi *et al.*, 2019). Aditif oksigenat yang dihasilkan dari gliserol banyak dan bersifat *biodegradable*, tidak beracun, dan terbarukan. Mereka dapat diklasifikasikan menjadi tiga kelompok besar yaitu asetin (asetil gliserol), eter gliserol dan gliserol formal, solketal dan asetal (Nda-Umar *et al.*, 2019). Penelitian juga dilakukan dengan mencampurkan anisol dan metil asetat dengan konsentrasi 10% ke biosolar dan solar pada mesin diesel menunjukkan bahwa terjadi penurunan emisi gas HC dan CO kecuali NO_x, peningkatan puncak tekanan dalam silinder, puncak laju pelepasan panas (HRR) dan BSFC (*brake-specific fuel consumption*)

(Londhe *et al.*, 2019). Selanjutnya dilakukan dengan mencampurkan dietil eter (aditif) ke solar dan biosolar pada berbagai konsentrasi menunjukkan bahwa terjadi kenaikan *brake specific fuel consumption* (BSFC) pada konsentrasi 12,5% dibandingkan solar dan biosolar murni. Selain itu, terjadi penurunan emisi gas HC, CO, dan NO_x, kecuali asap (Nanthagopal *et al.*, 2019). Penelitian lebih lanjut telah dilakukan dengan penambahan aditif seperti aseton, solketal, gliserol formal, tripropionin, triasetin dan dimetil azelat pada berbagai biodiesel komersial untuk meningkatkan kemampuan *cold flow properties*, menunjukkan bahwa tripropionin dan dimetil azelat memiliki kemampuan yang baik sebagai *cloud point depressants* dikarenakan efek dari polidispersitas dari biodiesel (Senra *et al.*, 2019). Sebuah *review* juga telah dilakukan mengenai konversi gliserol menjadi solketal (sebagai aditif pada biodiesel) melalui berbagai katalis heretogen (Fatimah *et al.*, 2019).

Minyak atsiri termasuk jenis aditif oksigenat. Banyak peneliti telah mengembangkan macam-macam minyak atsiri untuk dimanfaatkan dalam meningkatkan kualitas bahan bakar solar. Jenis minyak atsiri yang telah diteliti yaitu minyak cengkeh, minyak *tea tree*, minyak pinus, minyak jeruk, minyak terpenin, minyak serai, minyak kayu putih (Rahman *et al.*, 2019). Sebuah penelitian dilakukan dengan mencampur minyak cengkeh dengan berbagai konsentrasi ke solar, menunjukkan bahwa *brake-specific fuel consumption* dan *brake-thermal efficiency* meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi minyak cengkeh, dan menurunkan emisi gas HC walaupun meningkatkan gas NO_x jika dibandingkan dengan solar (Mbarawa, 2010). Kadarohman *et al.* (2012) meneliti tentang minyak cengkeh sebagai bioaditif pada mesin diesel. Penelitian menunjukkan bahwa minyak cengkeh, eugenol dan eugenil asetat mampu mempercepat pembakaran dan menurunkan jeda pembakaran pada mesin diesel (*one-cylinder diesel engine*) sehingga mengurangi emisi gas buang CO, NO_x, dan asap. Hal tersebut disebabkan karena adanya kandungan oksigen pada minyak cengkeh. Peneliti lainnya meneliti minyak serai wangi sebagai aditif terhadap mesin diesel. Hasil diperoleh yaitu pada pencampuran minyak serai wangi-solar konsentrasi 1%, 0,5% dan 0,1% diperoleh penurunan konsumsi bahan bakar solar sebesar berturut-turut 15,5%, 3,6%, dan 2,6% dengan maksimum penurunan

konsumsi mencapai 0,055 L/jam pada pembebanan 200 W konsentrasi 0,1% (Muhyi *et al.*, 2019). Penelitian lainnya juga dilakukan dengan mencampurkan biodiesel minyak jarak (B20) dalam berbagai konsentrasi ke mesin diesel menunjukkan bahwa terjadi peningkatan 4% *specific fuel consumption* (CFS) dan penurunan 2,2% *brake thermal efficiency* (BTE) dibandingkan dengan solar. Selain itu, terjadi penurunan emisi gas CO (8,6%), HC (8,1%), dan NO_x serta asap (4,3%) dibanding solar (Arunkumar *et al.*, 2019). Penelitian selanjutnya dilakukan dengan mencampurkan minyak lobak konsentrasi 5% dan 20% pada solar ke mesin diesel *compression ignition* (CI) menunjukkan bahwa terjadi penurunan tekanan silinder mesin, jeda pembakaran, *heat rate release* (HRR), dan meningkatkan *brake thermal efficiency* (BTE) dan *brake-specific fuel consumption* (BSFC) dibandingkan solar (Čedík *et al.*, 2019). Penelitian lainnya dilakukan dengan menguji gugus fungsional oksigenat pada minyak *tea tree* dan minyak kayu putih terhadap performa dan karakteristik emisi dari mesin diesel. Hasil pengujian menunjukkan bahwa minyak kayu putih-solar dan minyak *tea tree* (2,2 % kandungan oksigen w/v) menurunkan konsumsi bahan bakar masing-masing 2,4-3,7% dan 3,9-5,3% serta menurunkan emisi gas CO tetapi menaikkan emisi gas NO_x (Rahman *et al.*, 2019). Penelitian lainnya yaitu membandingkan hasil pencampuran antara metil ester pada minyak mahua dan *jatropha* terhadap performa dan karakteristik gas buang pada mesin VCR, menunjukkan hasil bahwa mampu meningkatkan angka cetana, menurunkan emisi NO_x dan asap, serta menurunkan konsumsi spesifik bahan bakar diesel (Sivaganesan *et al.*, 2019). Peneliti lain menambahkan beberapa minyak atsiri seperti minyak jeruk, kayu putih dan *tea tree* dengan konsentrasi masing-masing 5% dan 10% pada solar, diperoleh hasil yaitu mampu menurunkan emisi gas NO_x dan CO dikarenakan memiliki kandungan oksigen sehingga pembakaran bahan bakar terjadi secara sempurna. Akan tetapi, emisi partikulat massa (PM) lebih tinggi. Hasil pencampuran menunjukkan karakteristik sedikit lebih tinggi densitas, titik nyala, angka setana, tegangan permukaan dan lebih rendah viskositasnya (Rahman *et al.*, 2019). Alfian *et al.* (2019) meneliti tentang minyak nilam sebagai bioaditif pada bensin dengan bilangan oktan 90, menunjukkan bahwa pada formulasi 1%, 0,6%, dan 0,3% minyak nilam terhadap volume total minyak nilam-

bensin memiliki efisiensi bahan bakar sebesar berturut-turut 21%, 16% dan 0,3% pada variasi muatan 200-2000 W dan kecepatan konstan pada 2500 rpm. Penelitian Muhyi *et al.* (2019) meneliti tentang bioaditif untuk solar dari minyak cengkeh menunjukkan bahwa pada formulasi 1,0%, 0,5% dan 0,1% total volume minyak cengkeh-solar terdapat efisiensi pembakaran yaitu berturut-turut 2,94%, 6,12%, dan 4,74% pada variasi muatan 200-2000 W dan kecepatan konstan pada 1500 rpm. Penelitian lainnya juga menunjukkan bahwa bioaditif minyak serai wangi dan minyak daun cengkeh mampu menurunkan kadar emisi CO 23-30%, NO_x 31-36%, SO_x 12-22% dan total partikulat 30-33% dibanding solar tanpa penambahan bioaditif (Lawang dkk., 2019). Secara signifikan, minyak atsiri bisa diandalkan sebagai aditif yang paling cocok untuk meningkatkan stabilitas oksidatif dan sifat suhu rendah dari biodiesel masing-masing. Sejumlah laporan telah cukup menyarankan berbagai cara meningkatkan kualitas biodiesel melalui suplemen bioaditif. Namun, hanya sedikit perhatian diberikan pada pemanfaatan minyak atsiri sebagai bioaditif untuk peningkatan stabilitas oksidasi biodiesel dan solar (Lawan *et al.*, 2019).

Pada minyak serai wangi, kandungan utama yaitu sitronelal, sitronelol, dan geraniol. Pemisahan ketiga senyawa dari minyak serai wangi dapat dilakukan dengan cara isolasi menggunakan metode distilasi fraksinasi vakum. Pemilihan pemisahan dengan distilasi fraksinasi vakum dibanding metode ekstraksi biasa dikarenakan pemisahan 1,5 kali lebih cepat, tidak memerlukan pelarut organik, dan tidak merusak (terdekomposisi) komponen senyawa minyak serai wangi pada suhu dan tekanan tinggi. Pada penelitian Lestari (2012), diperoleh kadar optimum sitronelal, sitronelol dan geraniol berturut-turut sebesar 84,51%; 23,88%; 33,79% pada tekanan 1 mBar dan rasio refluks 20:10. Selain itu, penelitian Eden, dkk., (2018) menunjukkan bahwa diperoleh kadar sitronelol dan geraniol berturut-turut sebesar 19,33% dan 34,31% pada tanama serai jawa melalui metode distilasi fraksinasi vakum *batch* di tekanan -76 mmHg dan rasio refluks 5:1.

BAB III

DASAR TEORI

3.1 Minyak Atsiri

Minyak atsiri juga dikenal sebagai minyak eterik, minyak aromatik atau minyak terbang yang diproduksi oleh tumbuhan. Minyak atsiri merupakan salah satu produk sampingan dari proses metabolisme pada tumbuhan yang terbentuk karena adanya reaksi antara berbagai senyawa kimia dengan adanya air. Selain diproduksi oleh tumbuhan, minyak atsiri juga dapat dibentuk dari hasil degradasi trigliserida oleh enzim atau dapat disintesis (Ketaren, 1985). Minyak atsiri mengandung berbagai senyawa, namun secara umum dapat diklasifikasikan menjadi empat senyawa dominan yaitu terpena, hidrokarbon rantai lurus, turunan benzene, dan senyawa lain yang spesifik untuk masing-masing tumbuhan (Guenther, 2006).

Minyak atsiri diproduksi oleh akar, batang, buah, daun, dan bunga dari berbagai jenis tumbuhan. Penggunaan minyak atsiri sangat luas di berbagai bidang industri, termasuk di industri kosmetik seperti sabun, pasta gigi, bedak atau sampo atau dalam industri makanan digunakan sebagai anti nyeri, anti infeksi, atau antibakteri. Kegunaan minyak atsiri lainnya adalah sebagai pengawet dan sebagai insektisida (Nugroho, 2017).

Bahan yang mengandung minyak esensial dapat diperoleh dengan distilasi. Ada tiga jenis distilasi yaitu (Sastrohamidjojo, 2004) :

1. Distilasi rebus (*water*)
2. Distilasi kukus (*modification*)
3. Distilasi uap (*steam*)

3.2 Minyak Sereh Wangi

Minyak sereh wangi merupakan salah satu minyak atsiri dari tanaman serai wangi (*Cymbopogon winterianus*) biasanya diperoleh pada daun dan batangnya dan dimanfaatkan sebagai obat dan parfum (Ferdayanti, *et al.*, 2004). Minyak sereh

wangi biasanya mengandung banyak sitronelal sebagai ciri khas. Minyak serih wangi dapat diperoleh dengan distilasi kukus.

Indonesia merupakan negara dengan keberagaman hayati melimpah terhadap tanaman minyak atsiri, termasuk minyak serai wangi. Secara umum serai dibedakan menjadi 2 jenis yaitu serai wangi (*citronella*) dan serai dapur (*lemongrass*). Keduanya memiliki karakteristik aroma yang unik. Minyak serai yang sudah terkenal di Indonesia adalah minyak serai (*Citronella oil*). Dalam hal komposisi kimianya, mereka memiliki komponen utama yang berbeda. Sitronellal merupakan bahan utama serai wangi, sedangkan serai dapur adalah sitral (Astuti dan Putra, 2015).

Minyak serai berasal dari daun tanaman serai. Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-3953-1995 disebutkan bahwa minyak serai wangi Indonesia harus mengandung paling sedikit 35% kandungan sitronelal dan 85% total geraniol. Dari kandungan tersebut terdapat manfaat minyak serai wangi yang dapat digunakan di berbagai bidang industri, termasuk dalam industri flavor dan wewangian (Lestari, 2012). Secara umum minyak serih (*Cymbopogon nardus Rendle*) mengandung tiga kandungan utama, yaitu senyawa sitronelal, geraniol, dan ester geraniol dan sitronelol.

Penyebab utama bau minyak serai wangi adalah sitronelal yang merupakan bahan baku pembuatan parfum. Oleh karena itu, minyak serai dengan kandungan sitronelal tinggi lebih disukai. Jenis minyak seperti itu akan diperoleh dari fraksi pertama distilasi. Khusus di Indonesia, minyak serai wangi komersial diperoleh dengan penyulingan daun tanaman *Cymbopogon nardus*. Minyak serai wangi Indonesia diklasifikasikan dalam satu jenis kualitas utama dengan nama " *Java Citronella Oil* " (Ketaren, 1985).

Standar mutu minyak serai wangi untuk kualitas ekspor dapat dianalisis menurut kriteria fisik yaitu berdasarkan warna, bobot jenis, indeks bias, ataupun secara kimia berdasarkan total geraniol dan total sitronelal (Utomo dan Widiyatmoko, 2008). Standar mutu minyak serai di Indonesia ditetapkan oleh Badan Standardisasi Nasional (BSN) tahun 1995 dan menjadi patokan standar

nasional untuk serai wangi hingga saat ini. Baku mutu minyak serai Indonesia dapat dilihat pada tabel 1.

3.3 Distilasi Fraksinasi Vakum

Distilasi adalah perubahan dari cairan menjadi gas dan gas tersebut didinginkan kembali menjadi bentuk cairan. Distilasi adalah metode yang dipakai untuk pemisahan komponen-komponen kimia yang terkandung dalam larutan atau campuran dan bergantung pada distribusi komponen tersebut antara fasa gas dan fasa air. Semua komponen ini berada dalam kesetimbangan fase cair dan uap. Fase uap diperoleh dari fase cair melalui evaporasi pada titik didihnya (Irawan *et al.*, 2010).

Tabel 1. Baku Mutu Minyak Serai Wangi Indonesia (SNI 06-3953-1995)

No	Parameter	Satuan	Nilai
1	Densitas 20 °C	-	0,888-0,922
2	Indeks bias 20 °C	-	1,466-1,475
4	Geraniol	%	> 85
5	Sitronelal	%	> 35
8	Warna	-	Kuning pucat-coklat
9	Kelarutan dalam alkohol 95%	-	1:2 jernih
10	Minyak lemak	-	Negatif (-)

Distilasi vakum merupakan teknik pemurnian dua komponen dengan titik didih yang berdekatan, dengan cara menurunkan tekanan hingga lebih rendah dari 1 atm, sehingga titik didihnya menjadi lebih rendah juga (Walangare *et al.*, 2013)

Menurut tekanan operasi yang digunakan, terdapat tiga jenis fraksinasi, yaitu fraksinasi atmosfer, fraksinasi vakum, dan fraksinasi tekanan tinggi (lebih dari 1 atm). Fraksinasi vakum biasanya digunakan jika senyawa yang akan dipisahkan termolabil (tidak stabil), artinya dapat terurai sebelum atau mendekati titik didihnya atau jika campuran memiliki titik didih di atas 150 °C (Dewi, 2012).

Salah satu metode pemurnian komponen minyak atsiri adalah distilasi fraksional vakum (gambar 1). Dalam proses destilasi fraksionasi vakum, terdapat komponen-komponen penting yang mempengaruhi fraksi atau distilat yang dihasilkan antara lain temperatur, tekanan, fraksi kolom, dan rasio refluks. Penentuan temperatur destilat yang digunakan dapat berupa titik didih senyawa,

sehingga perkiraan temperatur destilasi dapat ditentukan sesuai dengan titik didih senyawa penyusunnya. Penentuan tekanan yang digunakan dapat berpengaruh terhadap kualitas destilat yang dihasilkan. Menurut Mangun *et al.*, (2005) bahwa untuk menjaga kualitas destilat minyak atsiri sebaiknya minyak difraksinasi dalam ruang hampa (vakum), karena pada tekanan dan temperatur yang tinggi dapat menyebabkan dekomposisi minyak yang dihasilkan. Penentuan kolom fraksinasi dapat berpengaruh terhadap keberhasilan, kolom yang lebih panjang akan memberikan jalur yang lebih besar untuk kontak antara uap air dan minyak sehingga senyawa dapat terpisah, sedangkan kolom yang lebih pendek akan menyebabkan terjadinya akumulasi cairan sehingga kolom terpanjang ditetapkan sebagai kolom yang terbaik untuk distilasi fraksinasi (Pavia, 2005).



Gambar 1. Unit Alat Distilasi Fraksinasi Vakum

Penentuan tekanan uap pada distilasi fraksinasi vakum dapat dilakukan melalui perhitungan dalam persamaan *Clausius-Clapeyron* dalam kondisi likuid menjadi gas (vaporisasi). Persamaan *Clausius-Clapeyron* merupakan sebuah hubungan tekanan, temperatur, perubahan entalpi, dan volume jenis yang dikaitkan dengan perubahan fase. Persamaan Clausius-Clapeyron dijabarkan pada persamaan 4 sebagai berikut:

$$\ln \frac{P_2}{P_1} = \frac{\Delta \bar{H}_{vap}}{R} \times \frac{(T_2 - T_1)}{(T_2 \times T_1)} \quad (1)$$

Dimana P_2 adalah tekanan akhir (mmHg), P_1 adalah tekanan awal (mmHg), $\Delta \bar{H}_{vap}$ adalah perubahan entalpi penguapan (Joule), T_2 adalah temperatur akhir (K), T_1 adalah temperatur awal (K) dan R adalah tetapan gas ideal (8,314 J/K•mol) (Atkins, 1994).

3.4 Geraniol

Geraniol (gambar 2c) adalah suatu terpenoid (monoterpenoid) dan memiliki gugus alkohol (-OH). Merupakan bagian utama dari minyak mawar, minyak serai (jenis Jawa) dan minyak palmarosa. Itu juga ditemukan dalam jumlah kecil di pada lemon dan geranium serta tanaman atsiri lainnya. Menurut penelitian Ngadiwiyana, *et al.*, (2008), geraniol memiliki rumus $C_{10}H_{18}O$, dengan bobot molekul 154 g/mol, terdapat gugus OH dan ikatan rangkap.

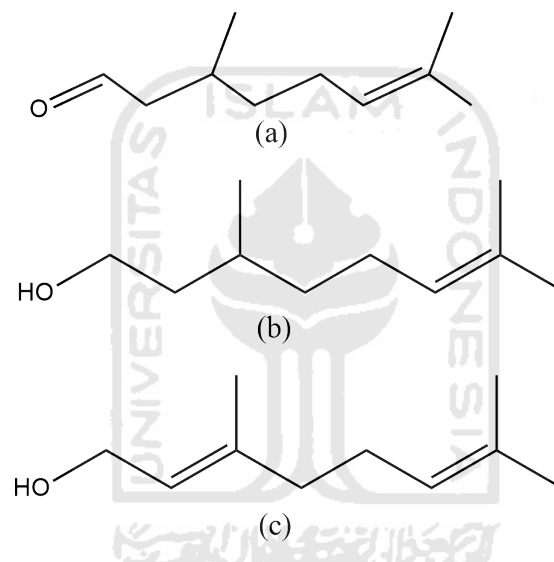
Geraniol dikategorikan sebagai D2B (zat beracun yang menyebabkan efek lain) digunakan di Sistem Informasi Bahan Berbahaya Tempat Kerja (WHMIS). Geraniol adalah minyak tidak berwarna, meskipun sampel komersial berwarna kuning. Geraniol sedikit larut di dalam air dan larut dalam pelarut organik. Geraniol dianggap bermanfaat sebagai pengusir nyamuk (repelen) (Barnard dan Xue, 2004).

3.5 Sitronelal

Sitronelal (Gambar 2a) merupakan senyawa yang memiliki rumus kimia $C_{10}H_{18}O$ dan massa molekul 154,24 g/mol. Sitronelal adalah senyawa penyusun utama minyak serai wangi dan minyak esensial lainnya, seperti minyak melissa, serai dan lemon. Sitronelal berbentuk cairan, larut dalam alkohol, memiliki titik didih 47 °C pada tekanan 1 mmHg dan sangat sedikit larut di dalam air. Citronellal dimanfaatkan sebagai repelen dan parfum sabun. Sitronelal merupakan suatu senyawa aldehida tak jenuh dan memiliki satu atom karbon kiral pada C nomor tiga, sehingga berenansiomer, (S)-sitronelal dan (R)-sitronelal. Sitronelal murni adalah cairan tidak berwarna dengan bau menyegarkan yang menyerupai balsem. Citronellal digunakan terbatas untuk parfum detergen dan sabun. Penggunaan utamanya adalah untuk sintesis hidroksisitronelal, isopulegol, dan sitronelol (Bauer *et al.*, 1997).

3.6 Sitronelol

Sitronellol (Gambar 2b) adalah senyawa monoterpenoid asiklik natural. Sitronelol merupakan penyusun dari tanaman serai, lemon dan geranium (*Pelargonium sp.*) (Oliveira *et al.*, 2010). Sepasang enansiomer yang terjadi di alam yaitu (R)-Citronellol dan (S)-Citronellol. Sitronelol memiliki rumus molekul $C_{10}H_{20}O$, berat molekul 156,27 g / mol, densitas 0,855 g / cm³ dan titik didih 225 °C. Sitronelol dapat diproduksi dengan hidrogenasi nerol dan geraniol (Robert, 2007). Sitronelol dimanfaatkan dalam parfum dan repelen (Taylor dan Schreck, 1985).



Gambar 2. Struktur Senyawa a) Sitronelal; b) Sitronelol; c) Geraniol

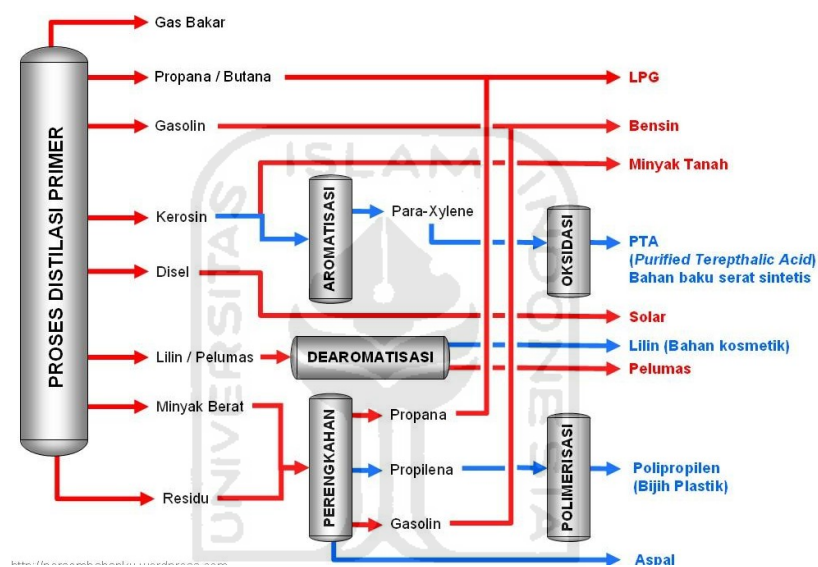
3.7 Bahan Bakar Minyak

Bahan bakar minyak (BBM) adalah bahan bakar yang diolah dari penyulingan minyak bumi. Penyulingan adalah proses pengubahan minyak mentah menjadi produk yang dapat dipasarkan melalui kombinasi proses fisik dan kimia (Zuhra, 2003). Gambar 3 mengilustrasikan mekanisme pemurnian minyak bumi untuk menghasilkan suatu produk komersial.

BBM merupakan senyawa organik yang dibutuhkan dalam pembakaran untuk mendapatkan energi pada mesin. BBM merupakan hasil proses penyulingan minyak mentah menjadi fraksi ringan (Anonim, 2006).

Bahan bakar merupakan suatu senyawa yang mengandung unsur hidrokarbon. Bahan bakar ialah suatu material yang dapat terbakar dan melepaskan energi. Bahan bakar secara umum terdiri dari hidrogen dan karbon dan dituliskan dengan rumus umum C_nH_m (Muchammad, 2010). Bahan bakar dibagi menjadi tiga jenis, yaitu :

- Bahan bakar fosil
- Bahan bakar mineral
- Bahan bakar nabati atau organik



Gambar 3. Mekanisme Penyulingan Bahan Bakar Minyak
(Sumber: *Petroleum Refining and The Production of ULSG ULSD*, 2011)

Dalam kendaraan bermesin, reaksi pembakaran bbm berlangsung sempurna apabila memiliki parameter sifat fisika, kimia serta alamiahnya. Berikut ini dijabarkan sifat fisika dan kimianya:

- Tidak toksik
- Stabilitas panas
- Nilai bakar bbm itu sendiri
- Densitas energi yang tinggi
- Rendah polusi
- Mudah digunakan

Sedangkan sifat alamiah dari bbm, yaitu :

- Titik nyala adalah temperatur spesifik dimana bbm dapat terbakar dengan sendirinya tanpa pematik.
- Volatilitas adalah kemampuan menguap dari bbm pada temperatur spesifik dalam proses penyulingan.

- c. Nilai bakar merupakan total jumlah energi yang terdapat dalam bbm.
- d. Gravitasi spesifik merupakan suatu perbandingan densitas bbm terhadap acuan standar tertentu (terhadap densitas udara ataupun air).

3.8 Bahan Bakar Solar Ringan (Dexlite)

Bahan bakar solar tersusun dari ratusan rantai hidrokarbon yang berbeda yaitu pada rentang C-12 sampai C-18. Hidrokarbon yang terkandung dalam solar antara lain aromatik (24% tersusun bensena, toluena dan silena), parafin, naftalen, olefin dimana temperatur penyalaan akan lebih tinggi dengan adanya hidrokarbon yang lebih volatil. Kualitas/baku mutu solar dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Kualitas Minyak Solar Indonesia

Parameter	Indonesia	Tipe I	Tipe II	Tipe III
Angka Setana	45	48	53	55
Densitas @15 °C, kg/m ³	-	820-860	820-850	820-840
Viskositas @40 °C, mm ² /s	1,6 – 5,8	2-4,5	2-4,0	2-4,0
Kandungan Sulfur (% wt)	0,5	0,5	0,03	bebas
T95 °C maks	-	370	355	340

(sumber: Minyak dan Gas, 1996)

Dexlite (*light diesel*) merupakan jenis terbaru solar yang dikeluarkan Pertamina pada 2016. Dexlite merupakan termasuk katagori *Dex Series*, mempunyai kandungan sulfur maksimal 1200 ppm dan *cetane number* minimal 51. Saat ini diperlukan solar yang mempunyai tingkat setana lebih tinggi dari solar bersubsidi (Fachrizal, 2018).

Dexlite sangat cocok untuk mereka yang menginginkan pengalaman yang lebih bertenaga untuk sebuah mobil diesel, namun dengan harga yang terjangkau. Keunggulan dari dexlite adalah memiliki *cetane number* minimal 51, terjangkau, memiliki kandungan sulfur yang lebih rendah serta aditif khusus sehingga emisi gas buang kendaraan lebih bersih dibandingkan solar bersubsidi. Angka setana minimal 51 dapat menghasilkan pembakaran lebih sempurna dan hasilnya akan meningkatkan perfoma mesin (Ramadhany, 2017). Berikut ini spesifikasi dexlite dijabarkan pada tabel 3:

3.9 Aditif Bahan Bakar

Aditif adalah senyawa organik yang ditambahkan pada kendaraan bermotor, baik diesel maupun bensin. Aditif dimanfaatkan untuk memberikan peningkatan sifat dasar tertentu yang dimiliki oleh bbm, seperti antioksidan pada pelumas dan antidetonasi pada bensin (Akhbar, 2013). Manfaat aditif yaitu untuk meningkatkan performa mesin mulai dari akselerasi, keawetan, hingga *power* mesin. Berikut dijabarkan kegunaan aditif lainnya (Endyani dan Putra, 2011):

- a. Mampu membersihkan karburator.
- b. Mampu mengurangi jelaga.
- c. Mampu meningkatkan tenaga mesin.
- d. Mampu mencegah pengkaratan.
- e. Mampu menghemat BBM dan mengurangi emisi gas buang.

Tabel 3. Spesifikasi Dexlite

No.	Parameter	Satuan	Dexlite ^a	SNI 8220:2017	
				Min	Max
1	Angka Setane	-	56,7	48	-
2	Index Setane	-	51,1	45	-
3	Berat Jenis pada 15 °C	kg/m ³	845,7	815	860
4	Viskositas pada 40 °C	mm ² /s	2,92	2	4,5
5	Kandungan Sulfur	% m/m	0,078	-	0,3
6	Distilasi T90	°C	344	-	370
7	Titik Nyala	°C	65	52	-
8	Titik Tuang	°C	-3	-	18
9	Residu Karbon	% m/m	Nihil	-	0,1
10	Kandungan Air	mm/kg	159,63	-	500
11	Kandungan FAME	% v/v	20	-	20
12	Korosi Bilah Tembaga	Merit	1a	Kelas 1	
13	Kandungan Abu	% m/m	0,001	-	0,01
14	Kandungan Sedimen	% m/m	Nihil	-	0,01
15	Bilangan Asam Kuat	mg KOH/g	0	-	0
16	Bilangan Asam Total	mg KOH/g	0,1	-	0,6
17	Penampilan Visual	-	Jernih dan terang	Jernih dan terang	
18	Warna	No. ASTM	1,1	-	3
19	Lubrisifikasi (HFRR)	Mikron	236	-	460
20	Stabilitas Oksidasi	Jam	>48	35	-

^a Hasil Uji dari Ramadhany (2017)

Aditif pada bbm berfungsi untuk menghasilkan radikal bebas dalam senyawa kompleks hidrokarbon. Radikal bebas mampu mengubah rantai karbon 14 untuk menghasilkan cabang baru. Pengaruh munculnya cabang baru adalah meningkatkan nilai kalor, oktan dan setana (Sebayang, 2013). Syarat-syarat aditif yang baik adalah memiliki karakteristik yang mirip dengan bbm seperti titik didih, bobot jenis, dan sifat mudah menguap serta mengandung oksigen tinggi.

Jenis aditif yang sering digunakan yaitu anti korosi, anti busa, pelumas, tahan air, kestabilan oksidasi dan pengoperasian pada temperatur rendah. Terobosan baru pemilihan aditif yaitu aditif alami (bioaditif) yang diperoleh dari tanaman atsiri (Sebayang, 2013). Bioaditif yang digunakan adalah minyak atsiri. Kandungan oksigen dalam minyak atsiri dapat meningkatkan total oksigen dalam mesin sehingga menghasilkan pembakaran sempurna dan energi yang diperoleh lebih besar. Oleh karenanya, bioaditif minyak atsiri dapat menghemat penggunaan bbm (Setiawan, 2015).

3.10 Konsumsi Bahan Bakar

Konsumsi bahan bakar spesifik merupakan suatu parameter digunakan untuk mengukur jumlah pemakaian bbm yang terpakai untuk setiap daya yang dihasilkan (Arismunandar, 2002). Konsumsi bahan bakar adalah total bbm per satuan waktunya untuk memperoleh daya sebesar 1 *horse power* (HP) (Winarno dan Karnowo, 2008).

Pernentuan konsumsi bahan bakar digunakan untuk mengetahui total bbm yang diperlukan untuk menghasilkan daya dalam satuan waktu tertentu. konsumsi bahan bakar spesifik dirumuskan sebagai berikut (Arismunandar, 2004):

$$\text{SFC} = \frac{mf}{P} \quad (2)$$

dimana SFC merupakan konsumsi bbm spesifik (kg/kWh), mf yaitu konsumsi bbm (kg/jam), P yaitu daya (kW).

Lalu laju aliran massa bahan bakar (mf) dapat dihitung dengan persamaan berikut ini (Petrovsky, 1989):

$$mf = \frac{Sgf \times Vf \times 10^{-3}}{tf} \times 3600 \quad (3)$$

dimana m_f adalah konsumsi bahan bakar (kg/jam), S_{gf} adalah gravitasi spesifik (g/ml), V_f yaitu volume bbm yang diuji, t_f yaitu waktu konsumsi bbm yang diuji (detik).

Sedangkan efisiensi konsumsi bahan bakar dihitung melalui persamaan 3 sebagai berikut:

$$Eff = \frac{V_p}{V_k} \times 100\% \quad (4)$$

dimana V_p merupakan volume pemakaian bahan bakar (mL), V_k merupakan volume control (mL).

3.11 Kromatografi Gas-Spektrometri Massa (GC-MS)

Instrumen GC-MS merupakan alat untuk memisahkan komponen kimia. GC-MS memiliki dua alat yang menyatu yaitu kromatografi gas sebagai pemisah komponen kimia dan MS sebagai identifikasi senyawa. Prinsip dari GC-MS yaitu suatu sampel diinjek pada *injector* lalu gas pembawa (inert) membawa uap sampel menuju kolom, pada kolom terjadi pemisahan berdasarkan tingkat kepolaran senyawa terhadap fase diam kolom, lalu senyawa keluar menuju MS. Pada MS, senyawa ditembak elektron bertegangan tinggi hingga menghasilkan ion molekuler (M^+) dan anaknya lalu ditingkatkan tenaga translasi menuju medan magnet melengkung untuk pemisahan molekul berdasarkan bobot molekul lalu diteruskan menuju detektor dan dicatat pada kolektor sebagai data dan ditampilkan sebagai spektra melalui monitor. Adapun bagan alat Kromatografi Gas-Spektrometri Massa (GC-MS) dapat ditunjukkan pada Gambar 4.

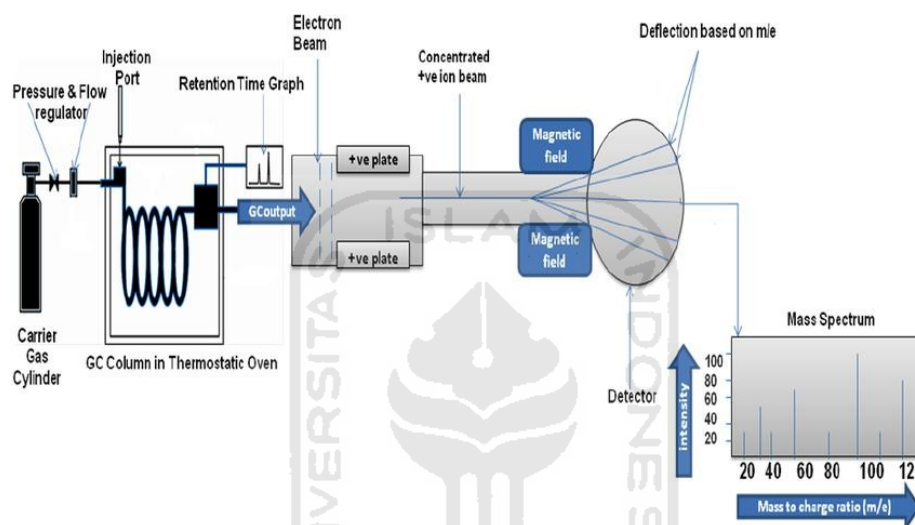
3.12 Densitas, Indeks Bias dan Viskositas

Densitas adalah pengukuran massa setiap satuan volume zat. Satuan densitas adalah kilogram per meter kubik (kg/m^3) (SI). Massa jenis atau densitas memiliki fungsi yaitu untuk menentukan karakteristik suatu zat. Setiap zat memiliki karakteristik densitas yang berbeda-beda dikarenakan adanya perbedaan kerapatan antar molekul-molekul yang menyusunnya. Semakin tinggi massa jenis, maka semakin rapat molekul-molekul penyusunnya. Air memiliki massa jenis 1 g/cm^3 atau 1000 kg/m^3 . Dalam menentukan suatu massa jenis larutan, massa jenis air

dijadikan sebagai pembanding. Oleh karena itu, densitas dapat ditentukan melalui persamaan 5 (Soedjo,1999).

$$\rho_m = \frac{m_{pm} - m_{po}}{m_{pa} - m_{po}} \times \rho_a \quad (5)$$

dimana ρ_m adalah massa jenis minyak (kg/m^3), ρ_a adalah massa jenis air (kg/m^3), m_{pm} adalah massa piknometer berisi minyak (g), m_{pa} adalah massa piknometer berisi air (g) dan m_{po} adalah massa piknometer kosong (g).



Gambar 4. Bagan Alat Kromatografi Gas-Spektrometri Massa (GC-MS)
(Sumber: Bharathwaaj *et al.*, 2018)

Indeks bias adalah ukuran kelajuan cahaya dalam medium dibandingkan dengan di udara (Murdaka *et al.*, 2010). Indeks bias adalah menjadi salah satu sifat optis penting pada suatu medium. Dalam bidang kimia, pengukuran indeks bias digunakan untuk menentukan konsentrasi larutan (Subedi *et al.*, 2006) dan untuk menentukan kandungan larutan. Indeks bias juga dimanfaatkan untuk menentukan kualitas larutan. Penelitian yang dilakukan oleh Yunus *et al.* (2009) dan Sutiah *et al.*, (2008) menunjukkan bahwa indeks bias mampu menentukan kemurnian dan kadaluwarsa minyak.

Indeks bias menyatakan perbandingan (rasio) antara kelajuan cahaya di ruang hampa terhadap kelajuan cahaya di dalam bahan. Persamaan umum indeks bias dinyatakan melalui persamaan 6,

$$n = \frac{c}{v} \quad (6)$$

dimana n adalah indeks bias (D), c adalah kecepatan cahaya dalam ruang hampa (3×10^8 m/s) dan v adalah kecepatan cahaya dalam medium (m/s). Ketika cahaya melewati 2 medium yang memiliki kerapatan berbeda, maka hukum snellius berlaku untuk menentukan indeks bias suatu medium. Hukum snellius dinyatakan dalam persamaan 7,

$$n_1 \times \sin \theta_1 = n_2 \times \sin \theta_2 \quad (7)$$

dimana n_1 adalah indeks bias medium pertama, n_2 adalah indeks bias medium kedua, θ_1 adalah sudut datang cahaya, θ_2 adalah sudut bias cahaya (Zamroni, 2013).

Viskositas merupakan gaya gesekan antara lapisan-lapisan yang bersisian pada fluida pada waktu lapisan-lapisan tersebut bergerak satu melewati yang lainnya. Pada zat cair, viskositas terutama disebabkan oleh gaya kohesi antar molekul. Viskositas menentukan kemudahan suatu molekul bergerak karena adanya gesekan antar lapisan material. Karenanya viskositas menunjukkan tingkat ketahanan suatu cairan untuk mengalir. Besarnya viskositas dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti suhu, gaya tarik antar molekul, dan ukuran serta jumlah molekul terlarut (Lubis, 2018). Viskositas dibagi menjadi viskositas dinamis dan viskositas kinematis. Viskositas dinamis merupakan gaya tangensial per satuan luas yang dibutuhkan untuk memindahkan suatu benda dari bidang horizontal menuju bidang lainnya ketika mempertahankan jarak dalam sebuah cairan, sedangkan viskositas kinematis merupakan suatu rasio dari viskositas mutlak dan densitas dengan jumlah tidak ada kekuatan yang terlibat. Viskositas dinamis dirumuskan melalui melalui persamaan 8 (Poggio dkk., 2015),

$$\eta_m = \eta_a \frac{\rho_m \times T_m}{\rho_a \times T_a} \quad (8)$$

dimana η_m adalah viskositas dinamis larutan (Ns/m^2), η_a adalah viskositas dinamis pembanding (Ns/m^2), ρ_m adalah densitas larutan (kg/m^3), ρ_a adalah densitas pembanding (kg/m^3), T_m adalah temperatur larutan ($^\circ\text{C}$), dan T_a adalah temperatur pembanding ($^\circ\text{C}$). Sedangkan viskositas kinetis dirumuskan melalui persamaan 9,

$$v_m = \frac{\eta_m}{\rho_m} \quad (9)$$

dimana v_m adalah viskositas kinetis larutan (m^2/s), η_m adalah viskositas dinamis larutan (Ns/m^2), dan ρ_m adalah densitas larutan (kg/m^3).



BAB IV METODE PENELITIAN

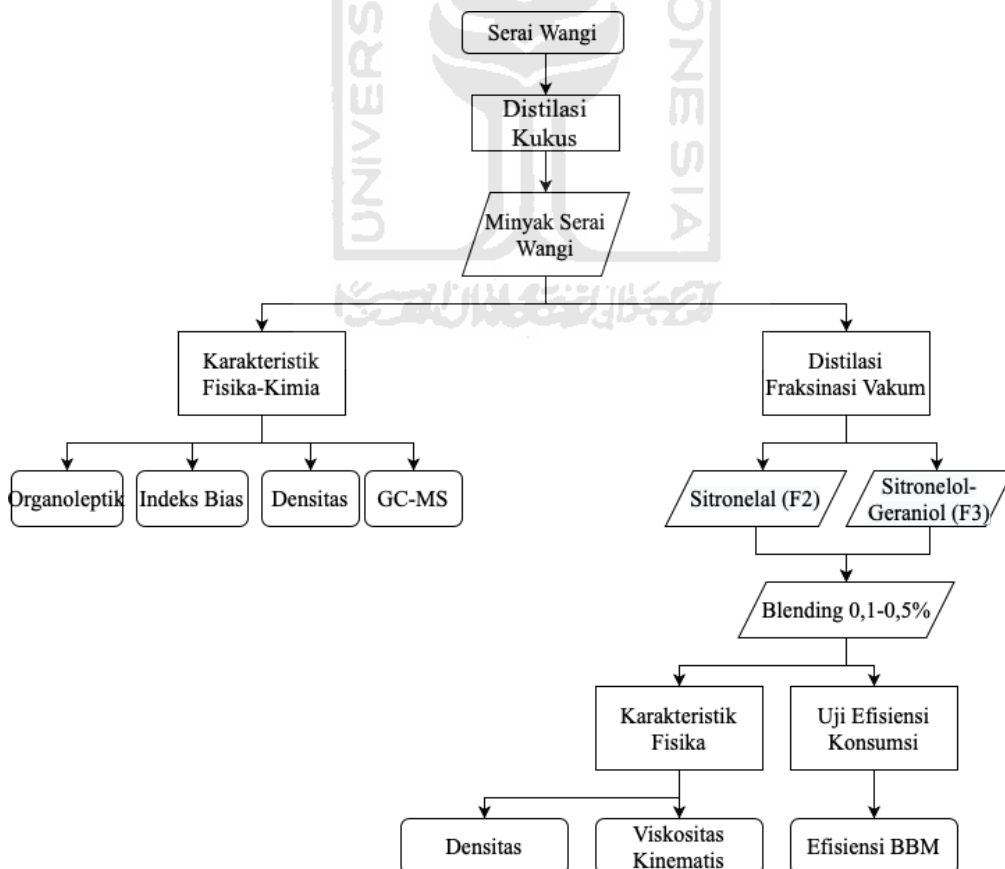
4.1 Alat

Alat yang digunakan yaitu peralatan alat gelas laboratorium, refraktometer, viskometer *oswald*, seperangkat alat distilasi kukus, seperangkat alat distilasi fraksinasi vakum (*36-100 automatic high efficiency distillation system*), *Gas Chromatography-Mass Spectroscopy* (GC-MS Shimadzu), mesin diesel *compression ignition* (CI), dan *dynotest hydraulic system*.

4.2 Bahan

Bahan yang digunakan yaitu tanaman minyak serai wangi, natrium sulfat anhidrat (Na_2SO_4), bahan bakar solar dan akuades.

4.3 Diagram Alir Prosedur Penelitian



Gambar 5. Diagram Alir Prosedur Penelitian

4.4 Penyulingan Minyak Serai Wangi

Sebanyak 25 kg tanaman serai wangi dipotong kecil-kecil, lalu dimasukkan ke dalam ketel distilasi kukus yang diisi air. Kemudian dikukus serai wangi selama 3-5 jam dengan nyala api sedang dan sistem sirkulasi air pendingin dinyalakan sebanyak 5 kali pengulangan. Setiap 30 menit dilakukan pengecekan sistem distilasi kukus. Setelah itu dipisahkan minyak serai wangi dengan hidrosol menggunakan separator. Minyak serai wangi dimurnikan dengan penambahan natrium sulfat anhidrat (Na_2SO_4) hingga kadar air dalam minyak terendapkan lalu didekantasi dan disaring.

4.5 Karakterisasi Sifat Fisika-Kimia Minyak Serai Wangi

4.5.1 Uji Warna

Sebanyak 2 mL minyak serai wangi dimasukkan ke dalam tabung reaksi, lalu diletakan di rak tabung reaksi dengan ditutupi kertas karton berwarna putih. Pengujian dilakukan secara organoleptik yaitu menggunakan indera penglihatan, dimana pengamatan dilakukan dengan jarak ± 30 cm dari tabung reaksi. Hasil pengujian dibandingkan dengan standar mutu SNI 06-3953-1995.

4.5.2 Uji Indeks Bias

Pengujian dilakukan menggunakan alat refraktometer. Optimasi alat dilakukan dengan membersihkan kaca lensa refraktometer dengan tisu yang dibubuhkan sedikit aseton, kemudian sebanyak 1-2 tetes minyak serai wangi pada lensa lalu ditutup rapat. Lensa diputar hingga batas tanda terang dan gelap tepat berhimpitan pada titik potong dari garis silang garis. Diperoleh hasil indeks bias minyak serai wangi dalam satuan (nD). Hasil pengujian dibandingkan dengan SNI 06-3953-1995.

4.5.3 Uji Densitas

Pengujian dilakukan dengan alat piknometer. Piknometer 1 mL kosong yang kering ditimbang (sebagai pembeda). Lalu diisi piknometer 1 mL dengan minyak serai wangi hingga penuh, ditutup rapat dan ditimbang. Hal serupa dilakukan dengan diisi piknometer 1 mL dengan akuades (sebagai pembanding) hingga penuh, ditutup rapat dan ditimbang. Konsep perhitungan densitas didasarkan

atas perbedaan berat yang terukur pada sampel dibanding dengan volume piknometer. Diperoleh hasil dalam satuan g/mL. Hasil pengujian dibandingkan dengan SNI 06-3953-1995.

4.5.4 Uji GC-MS (*Gas Chromatography-Mass Spectroscopy*)

Kandungan senyawa minyak serai wangi dianalisis dengan menggunakan *Gas Chromatography-Mass Spectroscopy* (GC-MS). Optimasi instrumen GC-MS dijabarkan pada tabel 5.

Tabel 4. Optimasi GC-MS

Spesifikasi Alat	Nilai
Model	GC-2010 Simadzu
Jenis Mesin	QP2010 SE
Temperatur Kolom	80,0 °C
Temperatur Injektor	300,00 °C
Mode Injektor	Berpisah
Mode Kontrol Aliran	Tekanan
Tekanan	42,3 kPa
Total Aliran	117,5 mL/menit
Aliran Kolom	0,74 mL/menit
Kecepatan Linear	31,8 cm/detik
Aliran Pembersihan	3,0 mL/mnt
Rate	10.00
Temperatur	80.0-320.0
Sumber Ion Temperatur	250,00 °C
Temperatur Antarmuka	300,00 °C
Mode Penguatan Detektor	Relatif
Gain Detector	0,98 kV + 0,00 kV
Kecepatan Pindai	1250

4.6 Distilasi Fraksinasi Minyak Serai Wangi

4.6.1 Persiapan Pompa Vakum

Persiapan dilakukan dengan mengisi tabung trap dengan campuran es dan garam untuk mencegah terbawanya fase gas ke dalam pompa vakum, kemudian dihubungkan alat distilasi fraksinasi dengan daya listrik 1000-1500 W. Optimasi alat dinyatakan pada tabel 6.

4.6.2 Pengisian Labu Umpan

Sebanyak 250 mL minyak serai wangi dimasukkan ke labu umpan. Labu umpan dilengkapi dengan batang pengaduk dan sensor khusus homogenitas minyak terjaga, jaket pemanas digunakan sebagai penghasil panas serta menjaga kestabilan temperatur, dan termokopel umpan digunakan untuk menjaga temperatur distilasi (Malahayati dan Rahmawati, 2014).

Tabel 5. Optimasi Distilasi Fraksinasi Vakum

Parameter	Rasio Refluks 20:1			
	F1	F2	F3	F4
Open cut (°C)	170	200	225	240
Close cut (°C)	200	225	240	280
Heat rate (%)	20	20	20	20
Tekanan (mmHg)	30	30	30	30
Temp. Kondensor (°C)	30	30	30	30
Temp. Kondensor maks. (°C)	300	300	300	300

4.6.3 Pemanasan

Pemanas pada labu umpan dinyalakan, lalu minyak serai wangi dipanaskan selama kurang lebih 10 jam pada tekanan vakum (30 mmHg). Pada temperatur *open cut* tertentu maka pipa penyalur akan otomatis berpindah dari tabung fraksi satu ke tabung yang lain (baru). Proses diakhiri hingga temperatur mencapai 300 °C (*close cut*).

4.6.4 Pendinginan

Kondensor digunakan untuk merubah uap minyak pada kolom distilasi keluar menjadi cair. Proses distilasi fraksinasi vakum dihentikan dan ditunggu hingga temperatur 70 °C.

4.7 Formulasi *Blending*

Disiapkan sebanyak 5 L bahan bakar solar, lalu ditampung pada jerigen 5 L. Dicampurkan fraksi sitronelal (F2), fraksi geraniol-sitronelol (F3) dan minyak serai wangi sebesar 1; 1,5; 2; 5 mL pada setiap 1000 mL dexlite dengan pengadukan selama 30 menit hingga tercampur sempurna dan diperoleh konsentrasi berturut-turut 0,1%, 0,15%, 0,2%, dan 5% dijabarkan pada tabel 7.

4.8 Karakterisasi Sifat Fisika-Kimia *Blending*

4.8.1 Uji Densitas

Prosedur yang dilakukan sama seperti poin 4.5.3 dengan menggantikan sampel dengan hasil *blending*.

Tabel 6. Formulasi *Blending*

Kode Sampel	F2 (mL)	F3 (mL)	Minyak (mL)	Dexlite (mL)
F2D10	1	-	-	1000
F2D15	1,5	-	-	1000
F2D20	2	-	-	1000
F2D50	5	-	-	1000
F3D10	-	1	-	1000
F3D15	-	1,5	-	1000
F3D20	-	2	-	1000
F3D50	-	5	-	1000
MD10	-	-	1	1000
MD15	-	-	1,5	1000
MD20	-	-	2	1000
MD50	-	-	5	1000

4.8.2 Uji Viskositas Kinematik

Pengujian viskositas kinematik dilakukan dengan viskometer oswald dengan mengacu pada ASTM D 445. Cairan yang diuji dimasukkan ke viskometer oswald hingga mengisi batas tengah tabung viskometer, lalu cairan disedot naik

hingga mencapai garis atas tabung, lalu diukur waktu turun cairan dari garis atas hingga garis bawah tabung.

4.8.3 Uji Konsumsi Bahan Bakar

Sebanyak masing-masing 1000 mL hasil *blending* dimasukkan ke dalam mesin diesel, kemudian mesin diesel dinyalakan selama 7 menit (3 menit pemanasan dan 4 menit dikenakan beban/*load* pada interval 60 detik) dengan variasi putaran 1500, 2000 dan 4000 rpm, lalu disambungkan dengan alat *dynotest hydraulic system* pada torsi konstan dan beban 0, 25, 50, 75 dan 100 W.



BAB V
HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Karakteristik Fisika-Kimia Minyak Serai Wangi Dan Fraksi-Fraksinya

5.1.1 Karakteristik Fisika Minyak Serai Wangi Dan Fraksi-Fraksinya

Penentuan karakteristik fisika minyak serai wangi dan fraksi-fraksinya dilakukan untuk menentukan tingkat kualitas minyak serai wangi dibandingkan dengan SNI-06-3953-1995 tentang minyak serai wangi. Penentuan parameter warna dilakukan secara organoleptik atau dengan pengamatan mata secara langsung pada jarak 30 cm, diperoleh karakteristik warna pada minyak serai wangi hasil penyulingan menunjukkan warna kuning pucat, sedangkan fraksi-fraksinya dari hasil distilasi fraksinasi vakum pada rasio refluks 20:1 menunjukkan bahwa F2 dan F3 memiliki warna kuning pucat. Jika dibandingkan dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) menunjukkan tidak ada perbedaan warna yaitu kuning pucat-kecoklatan. Sedangkan parameter organoleptik lain yaitu bau dilakukan dengan indera penciuman pada jarak 5 cm menunjukkan bahwa minyak serai wangi memiliki bau segar khas serai, sedangkan fraksi-fraksinya yaitu F2 memiliki bau yang kuat dibandingkan F3. Hal ini disebabkan fraksi F2 memiliki kandungan sitronelal yang tinggi dimana sifatnya yaitu berbau seperti lemon menyengat dimana dalam keadaan murni digunakan sebagai repelen atau penolak nyamuk (Jeong-Kyu, dkk., 2005), sedangkan pada fraksi F3 memiliki kandungan geraniol yang berbau seperti mawar (lembut) (Ngadiwiyana dkk., 2008). Jika dibandingkan dengan SNI, maka memiliki kemiripan bau.

Tabel 7. Karakteristik Fisika Minyak Serai Wangi dan Fraksi-Fraksinya

Parameter	Satuan	Minyak Serai Wangi	Fraksi F2	Fraksi F3	SNI-06-3953-1995
Warna	-	Kuning pucat	Kuning pucat	Kuning pucat	Kuning pucat-kecoklatan
Bau	-	Segar khas serai	Kuat khas serai	Sedang khas serai	Segar khas serai
Massa Jenis	g/mL	0,882	0,867	0,878	0,880-0,922
Indeks Bias	nD	1,475	1,449	1,467	1,466-1,475

Karakteristik massa jenis dilakukan dengan menggunakan piknometer. Hasil menunjukkan bahwa massa jenis minyak serai wangi, F2 dan F3 berturut-turut yaitu 0,882; 0,867; 0,878 g/mL. Dalam keadaan murni, sitronelal ($C_{10}H_{18}O$ BM 154,25 g/mol) memiliki massa jenis yaitu 0,855 g/mL, sitronelol ($C_{10}H_{20}O$ BM 156,27 g/mol) yaitu 0,855 g/mL, dan geraniol ($C_{10}H_{18}O$ BM 154,25 g/mol) yaitu 0,889 g/mL (Mahalwal, dkk., 2003). Jika dibandingkan dengan SNI, maka menunjukkan hasil yang baik, yaitu berada pada rentang 0,880 hingga 0,922 g/mL. Sedangkan pada karakteristik indeks bias yaitu dengan pengukuran menggunakan refraktometer menunjukkan indeks bias minyak serai wangi, F2, dan F3 berturut-turut yaitu 1,475; 1,449; 1,467. Jika dibandingkan dengan SNI, maka menunjukkan hasil yang baik karena berada pada rentang indeks bias 1,466-1,375. Dari keempat parameter tersebut menunjukkan bahwa minyak serai wangi dan fraksi-fraksinya memiliki kualitas yang baik dengan dibandingkan SNI.

5.1.2 Karakteristik Komponen Minyak Serai Wangi

Karakterisasi GC-MS minyak serai wangi dilakukan untuk menentukan komponen-komponen kimia yang terkandung di dalam minyak serai wangi. Karakterisasi GC-MS memberikan informasi berupa waktu retensi (interaksi berdasarkan kepolaran terhadap fase diam/kolom), persen area, dan pemetaan senyawa berdasarkan referensi pustaka (*reference library*) dari spektra MS. Hasil GC-MS menunjukkan bahwa dalam minyak serai wangi terdapat total 45 senyawa dengan intensitas tertinggi yaitu 80.768.074.

Karakteristik GC-MS minyak serai wangi (tabel 9) menunjukkan persen area tertinggi berada puncak 7, 14 dan 16. Puncak ke-7 dengan waktu retensi (RT) 6,38 menit memiliki persen area 19,01% merupakan senyawa sitronelal (Td. 208 °C). Puncak 14 dengan RT 7,46 menit dan persen area 20,48% merupakan sitronelol (Td. 225 °C). Puncak 16 dengan RT 7,86 menit dan persen area 18,81% merupakan geraniol (Td. 230 °C). Senyawa lain yang teridentifikasi merupakan senyawa minor dengan persen area < 5%. Karakteristik GC-MS minyak serai wangi menunjukkan bahwa komponen utamanya merupakan golongan terpenoid (monoterpenoid C_{10}). Terpenoid banyak ditemukan pada minyak atsiri karena merupakan hasil metabolit sekunder dan menjadi ciri khas masing-masing minyak atsiri (Firn, 2010). Menurut

Harianingsih dkk., (2017) kandungan utama dari minyak serai wangi yaitu sitronelal (36,11%), geraniol (20,07%) dan sitronelol (20,82%). Sedangkan menurut ISO 3848:2016 tentang minyak serai wangi (tipe jawa) menyatakan rentang kandungan sitronelal (31,00-40,00%), sitronelol (8,00-14,00%) dan geraniol (20,00-25,00%).

Senyawa sitronelal, sitronelol dan geraniol memiliki kepolaran cenderung semipolar. Dalam pemisahan, interaksi ketiga senyawa dengan kolom GC (nonpolar) hanya dipengaruhi oleh titik didih senyawa tersebut. Hal ini dikarenakan ketiga senyawa utama memiliki kemiripan kepolaran dan berinteraksi lemah dengan kolom GC sehingga ketiga senyawa memiliki waktu retensi relatif singkat. Sitronelal memiliki titik didih lebih rendah dibanding sitronelol dan geraniol dikarenakan gugus -OH (alkohol) mampu membentuk ikatan hidrogen yang kuat sehingga titik didihnya menjadi lebih tinggi. Sitronelal merupakan jenis monoterpenoid aldehyd (-CHO). Oleh karena itu, sitronelal memiliki waktu retensi lebih cepat dibanding sitronelol dan geraniol.

5.2 Karakteristik GC-MS Fraksi-Fraksi Minyak Serai Wangi

5.2.1 Kandungan Kimia Pada Fraksi Minyak Serai Wangi

Isolasi minyak serai wangi dilakukan dengan distilasi fraksinasi vakum yaitu didasarkan perbedaan titik didih yang tidak jauh dalam keadaan vakum bertekanan 30 mmHg dengan rasio refluks 20:1. Pemilihan pemisahan secara distilasi fraksinasi vakum dikarenakan pemisahan 1,5 kali lebih cepat, tidak memerlukan pelarut organik, dan tidak merusak (terdekomposisi) komponen-komponen senyawa minyak serai wangi pada temperatur dan tekanan tinggi (Annisa, 2019) Penelitian Nuraeni (2018) tentang optimasi pemisahan minyak serai wangi dengan distilasi fraksi vakum pada tekanan 30 mmHg menunjukkan bahwa rasio refluks terbaik dalam pemisahan minyak serai wangi yaitu 20:1.

Ketika tekanan sistem berada pada kurang dari 1 atm (760 mmHg), maka titik uap suatu larutan akan mengalami penurunan. Penentuan titik uap larutan dalam keadaan ini dapat dilakukan melalui perhitungan dalam persamaan *Clausius–Clapeyron* pada tekanan 30 mmHg dengan entalpi penguapan masing-masing senyawa dominan yaitu sitronelal 44,22 kJ/mol, sitronelol 63,50 kJ/mol, dan

geraniol 54,61 kJ/mol. Diperoleh titik didih sitronelal, sitronelol dan geraniol pada tekanan 30 mmHg berturut-turut yaitu 97,86 138,91; 129,57 °C. Titik uap senyawa sitronelal, sitronelol dan geraniol dalam keadaan 1 atm adalah berturut-turut 201; 225; 226 °C. Penurunan titik uap dilakukan agar senyawa tersebut tidak mengalami dekomposisi pada titik uap sebenarnya sehingga menghasilkan rendemen yang lebih banyak pada pemisahan distilasi fraksinasi vakum.

Tabel 8. Karakteristik GC-MS Minyak Serai Wangi

No. Puncak	Waktu Retensi (menit)	Kadar (%)	Senyawa	(Nugroho, 2017)
1	4,670	3,840	Limonen	Limonen
7	6,380	19,010	Sitronelal	Sitronelal
14	7,460	20,480	Sitronelol	Isopulegol
16	7,860	18,810	Geraniol	Geraniol
20	9,210	3,720	Citronelil asetat	β -Elemena
23	9,620	3,850	Linalil asetat	Farnesol
26	10,300	5,030	Trans-kariofilen	Germakrena-D

Hasil diperoleh yaitu fraksi 1 diperoleh distilat 8,00 mL dengan kandungan tertinggi yaitu limonen (Td. 176 °C) RT 4,19 menit (64,45%) dan sitronelal (Td. 201 °C) RT 5,58 menit (15,62%), fraksi 2 diperoleh distilat 93,00 mL dengan kandungan tertinggi sitronelal (Td. 201 °C) RT 5,63 menit (89,37%), fraksi 3 diperoleh distilat 88 mL dengan kandungan tertinggi β -sitronelol (Td. 225 °C) RT 6,59 menit (31,73%) dan geraniol (Td. 226 °C) RT 6,96 menit (27,36%), fraksi 4 (residu) diperoleh distilat 61 mL dengan kandungan tertinggi geraniol linalool (Td. 250 °C) RT 15,91 menit (11,91%). Tiap fraksi memiliki perbedaan warna, yaitu pada fraksi 1-2 tidak berwarna, fraksi 3 kuning pucat, fraksi 4 kuning-kecoklatan. Pada fraksi 2, terjadi peningkatan kandungan sitronelal yaitu 89,37% jika dibandingkan minyak serai wangi hanya 19,01%. Begitu juga fraksi 3 mengalami peningkatan kandungan sitronelol dan geraniol berkisar 27,36-31,71% dibanding minyak serai wangi berkisar 18-20%. Menurut Lestari (2012), isolasi minyak serai wangi dengan distilasi fraksinasi vakum mampu meningkatkan kadar sitronelal hingga 90%, sitronelol hingga 30% dan geraniol hingga 45%.

Penelitian ini menggunakan fraksi 2 (F2) dan fraksi 3 (F3) sebagai bioaditif pada bahan bakar dextrite (*light diesel*). Fraksi 1 (limonen) merupakan golongan

terpena yang tidak memiliki gugus oksigenat. Menurut Kadorohman (2009), bioaditif yang baik harus memiliki kandungan oksigenat (atom O) dimana mampu meningkatkan kandungan oksigen (*oxygen content*) pada bahan bakar sehingga terjadi pembakaran efisien pada mesin diesel. Fraksi 2 dan 3 merupakan terpenoid yang memiliki gugus oksigenat sehingga mampu meningkatkan kualitas bahan bakar dexlite. Fraksi 4 merupakan senyawa residual yang mengalami oksidasi selama pemisahan sehingga fraksi berubah warna menjadi coklat-gelap. Walaupun fraksi 4 memiliki kandungan oksigenat, tetapi senyawa tersebut tidak stabil (terdekomposisi) dikarenakan senyawa tersebut teruapkan hingga temperatur maksimum (280 °C) pada distilasi fraksinasi vakum.

Tabel 9. Karakteristik GC-MS Fraksi Minyak Serai Wangi Rasio Refluks 20:1

Fraksi	Nama Senyawa	Waktu Retensi (menit)	Kadar (%)	Distilat (mL)
I	Limonen	4,19	64,45	8,00
	Sitronelal	5,58	15,62	
II	Sitronelal	5,63	89,37	93,00
III	β -Sitronelol	6,59	31,73	88,00
	Geraniol	6,96	27,36	
IV (Residu)	Geranil linalool	15,91	11,91	61,00

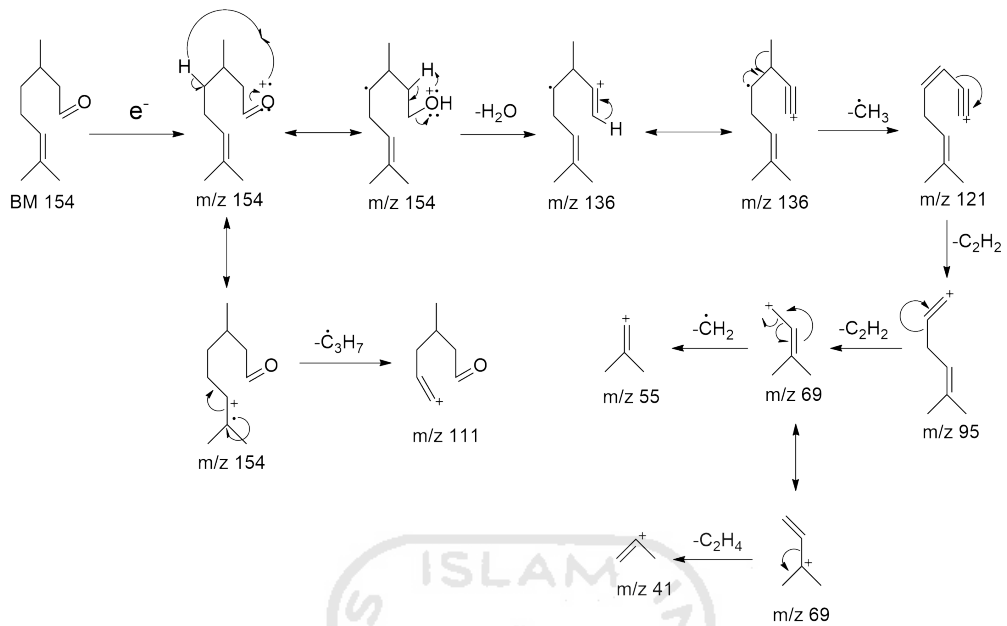
Senyawa sitronelol dan geraniol selalu ditemukan bersamaan dalam fraksi 3 dengan kadar yang hampir sama. Hal ini disebabkan karena sitronelol dan geraniol memiliki kemiripan sifat fisika-kimia seperti titik didih yang berdekatan yaitu berturut-turut 225 dan 226 °C sehingga sulit dipisahkan melalui distilasi fraksinasi vakum (fisika) yang mengandalkan perbedaan titik didih senyawa. Selain itu, sitronelol merupakan isomer gugus fungsi dari geraniol. Sitronelol dapat disintesis melalui reaksi hidrogenasi (H₂) geraniol pada temperatur dan tekanan tinggi (Morris dan Robert, 2007). Dalam perdagangan komoditas, campuran sitronelol dan geraniol diperdagangkan dengan nama rhodinol yang berfungsi sebagai parfum pada industri kosmetik (Gunawan, 2009).

5.2.2 Karakteristik MS Fraksi F2 dan F3

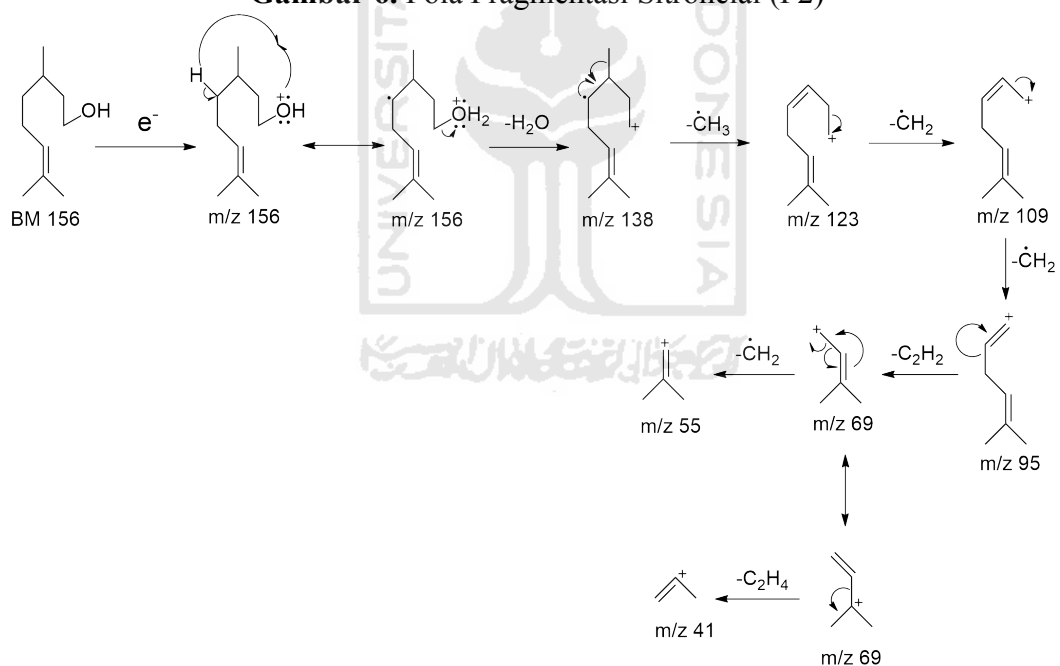
Karakterisasi GC-MS fraksi F2 dan F3 dilakukan untuk mengetahui kandungan utama dan berat molekul (BM) pada tiap fraksi. Pada F2, memiliki total

senyawa sebanyak 25, dengan sitronelal berada pada puncak 11 kandungan 76,48% (RT 6,41 menit), MS $C_{10}H_{18}O$, SI=97, m/z (intensitas relatif), 154 $[M]^+$ (9,2), 136 (12,7), 121 (31,6), 111 (27,3), 95 (67,9), 81 (23,8), 69 (95,7), 55 (59,1), 41 (100), 30 (1,2). Pada F3, memiliki total senyawa 30, dengan sitronelol berada pada puncak 9 kandungan 37,37% (RT 7,50 menit), MS $C_{10}H_{20}O$, SI=95, m/z (intensitas relatif), 156 $[M]^+$ (4,6), 138 (18,3), 123 (26,5), 109 (20,1), 95 (48,9), 81 (67,8), 69 (97,4), 55 (69,5), 41 (100), 30 (3,2). Sedangkan geraniol (F3) berada pada puncak 11 kandungan 22,04% (RT 7,88 menit), MS $C_{10}H_{18}O$, SI=95, m/z (intensitas relatif), 154 $[M]^+$ (0,8), 136 (10,3), 121 (14,7), 105 (8,5), 93 (66,3), 79 (25,6), 69 (96,2), 53 (20,7), 41 (100), 30 (2,9).

Ketika senyawa sitronelal ($C_{10}H_{18}O$) ditembakkan oleh elektron (pada MS), menghasilkan ion molekular $[M]^+$ m/z 154, kemudian terjadi penataulangan Mc. Lafferty dimana atom oksigen pada gugus karbonil (C=O) berbagi elektron dengan $H\gamma$ sehingga muatan atom O menjadi positif, dan $H\alpha$ yang bersifat asam menyumbangkan elektronnya ke karbonil sehingga terjadi pelepasan molekul air (H_2O) (BM 18) menghasilkan m/z 136. Selain itu, ion molekular mampu melepas molekul stabil propil ($\bullet C_3H_7$) (BM 43) sehingga menghasilkan m/z 111. Selanjutnya, m/z 136 melepas radikal metil ($\bullet CH_3$) (BM 15) membentuk m/z 121. Pada m/z 121 terjadi pelepasan molekul stabil asetilena (C_2H_2) (BM 26) menghasilkan m/z 95, dilanjutkan pelepasan asetilena lagi (C_2H_2) (BM 26) membentuk m/z 69. Pada m/z 69 terjadi resonansi elektron π sehingga melepas molekul stabil etilena (C_2H_4) (BM 28) membentuk m/z 41 (*base peak*). Selain itu, m/z 69 melepas ($\bullet CH_2$) (BM 14) membentuk m/z 55. Pada m/z 81 dan 30 merupakan ion metastabil, dimana m/z 81 adalah anak pecahan dari m/z 111 dan 95, sedangkan m/z 30 adalah anak pecahan dari m/z 55 dan 41. Prediksi pola fragmentasi sitronelal dijabarkan pada gambar 6.



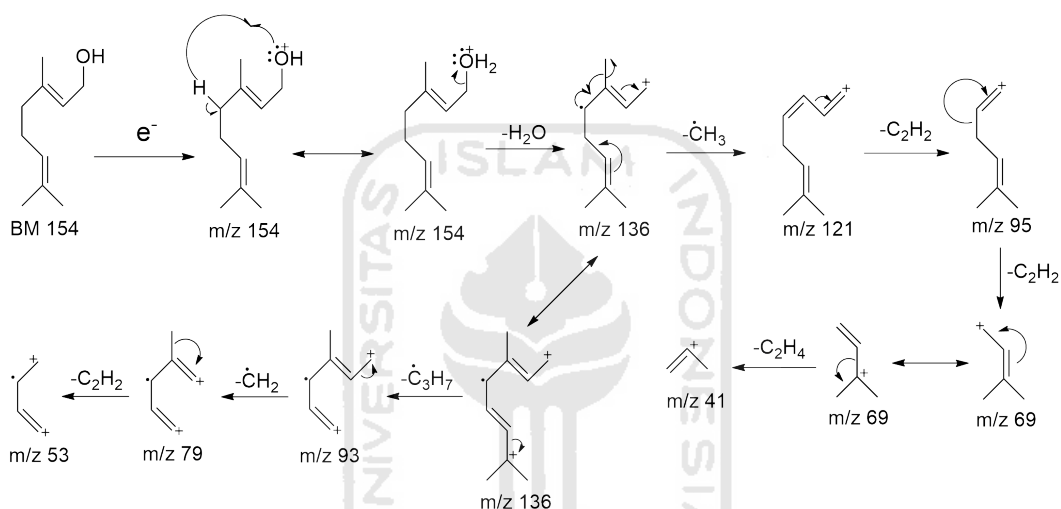
Gambar 6. Pola Fragmentasi Sitronelal (F2)



Gambar 7. Pola Fragmentasi Sitronelol (F3)

Senyawa sitronelol ($C_{10}H_{20}O$) ditembak dengan elektron bertegangan tinggi (eV) menghasilkan ion molekular $[M]^+$ m/z 156 dimana terjadi penataulangan Mc. Lafferty sehingga melepas molekul air (H_2O) (BM 18) menghasilkan m/z 138. Pada m/z 138 terjadi pelepasan molekul metil radikal ($\cdot CH_3$) (BM 15) membentuk m/z 123. Selain itu, m/z 138 melepas molekul radikal ($\cdot C_3H_7$) (BM 69) membentuk m/z 111. Selain itu, m/z 138 melepas molekul radikal ($\cdot C_5H_9$) (BM 69) membentuk m/z 95.

69, lalu dilanjutkan pelepasan ($\bullet\text{CH}_2$) (BM 14) membentuk m/z 55. Selanjutnya, m/z 123 melepas ($\bullet\text{CH}_2$) (BM 14) membentuk m/z 109 lalu dilanjutkan pelepasan ($\bullet\text{CH}_2$) (BM 14) membentuk m/z 95. Pada m/z 95 terjadi pelepasan molekul asetilena (C_2H_2) (BM 26) membentuk m/z 69, lalu m/z 69 mengalami resonansi elektron π hingga melepas molekul etilena (C_2H_4) (BM 28) membentuk m/z 41 (*base peak*). Pada m/z 81 dan 30 merupakan ion metastabil, dimana m/z 81 adalah anak pecahan dari m/z 109 dan 95, sedangkan m/z 30 adalah anak pecahan dari m/z 55 dan 41. Prediksi pola fragmentasi sitronelol dijabarkan pada gambar 7.



Gambar 8. Pola Fragmentasi Geraniol (F3)

Senyawa geraniol ($\text{C}_{10}\text{H}_{18}\text{O}$) ditembak dengan elektron pada kamar pengion (dalam MS) menghasilkan ion molekular $[\text{M}]^+$ m/z 154 dimana terjadi penataulangan Mc. Lafferty sehingga melepas molekul air (H_2O) (BM 18) menghasilkan m/z 136. Pada m/z 136 terjadi resonansi elektron π yang sedemikian rupa menghasilkan 2 anak yaitu m/z 121 dengan pelepasan molekul ($\bullet\text{CH}_3$) (BM 15) dan m/z 93 dengan pelepasan molekul propil radikal ($\bullet\text{C}_3\text{H}_7$) (BM 43). Pada m/z 121 terjadi pelepasan molekul asetilena (C_2H_2) (BM 26) membentuk m/z 95 lalu pelepasan molekul asetilena lagi (C_2H_2) (BM 26) menghasilkan m/z 69. Selanjutnya m/z 69 mengalami resonansi elektron π sehingga melepaskan molekul etilena (C_2H_4) (BM 28) membentuk m/z 41 (*base peak*). Pada m/z 93 terjadi pelepasan molekul radikal ($\bullet\text{CH}_2$) (BM 14) membentuk m/z 79, lalu dilanjutkan dengan pelepasan molekul asetilena (C_2H_2) (BM 26) menghasilkan m/z 53. Pada

m/z 105 dan 30 merupakan ion metastabil, dimana m/z 105 adalah anak pecahan dari m/z 136 dan 121, sedangkan m/z 30 adalah anak pecahan dari m/z 53 dan 41. Prediksi pola fragmentasi geraniol dijabarkan pada gambar 8.

5.3 Karakteristik Formulasi *Blending*

Penentuan formulasi pencampuran yaitu rentang 0,1-0,5% didasarkan pada penemuan oleh beberapa peneliti yang menyatakan bioaditif minyak serai wangi yang ditambahkan ke dalam bensin dengan variasi konsentrasi 0,1-1,0% mampu menghemat bahan bakar hingga 50% (Balitro, 2010; Hutabalian dkk., 2013; Astuti dan Putra, 2015). Karakteristik fisika hasil pencampuran ditentukan untuk melihat perubahan sifat fisika setelah penambahan bioaditif. Karakteristik massa jenis dilakukan menggunakan piknometer dan viskositas kinematis dilakukan menggunakan viskometer Oswald sesuai SNI 8220:2017. Pengukuran massa jenis penting dilakukan karena massa jenis menentukan zat karena tiap zat memiliki karakteristik massa jenis berbeda-beda. Viskositas menunjukkan kemampuan suatu fluida untuk mengalir melalui suatu area per satuan waktu. Hal ini penting berkaitan dengan mekanisme atomisasi bahan bakar sesaat setelah keluar dari *nozzle* menuju ruang pembakaran (Soerawidjaja, dkk., 2005).

Hasil menunjukkan bahwa massa jenis dan viskositas hasil pencampuran tiap konsentrasi memiliki massa jenis dan viskositas yang lebih kecil yaitu berturut-turut massa jenis 831,713 hingga 841,851 kg/m^3 dan viskositas 3,631 hingga 4,021 m^2/s jika dibandingkan dexlite (kontrol) yaitu massa jenis 839,873 kg/m^3 dan viskositas 4,185 m^2/s . Berdasarkan SNI 8220:2017 tentang spesifikasi bahan bakar solar tipe 48 yaitu massa jenis minimal 815 kg/m^3 maksimal 860 kg/m^3 dan viskositas yaitu minimal 2,0 m^2/s maksimal 4,5 m^2/s . Hal ini menunjukkan bahwa setelah penambahan bioaditif tidak menyebabkan perubahan sifat fisik yang berarti terhadap dexlite. Menurut Setyaningsih, dkk., (2018) penambahan bioaditif hanya dilakukan dalam konsentrasi kecil dan tidak merubah sifat fisik secara signifikan.

Hasil karakteristik sifat fisik menunjukkan hasil yang lebih rendah dibanding kontrol dikarenakan beberapa faktor. Faktor utama yaitu minyak serai wangi mampu larut di dalam solar. Selain itu, densitas dan viskositas yang lebih rendah sehingga memudahkan dalam pencampuran dengan dexlite (Ma'mun dkk.,

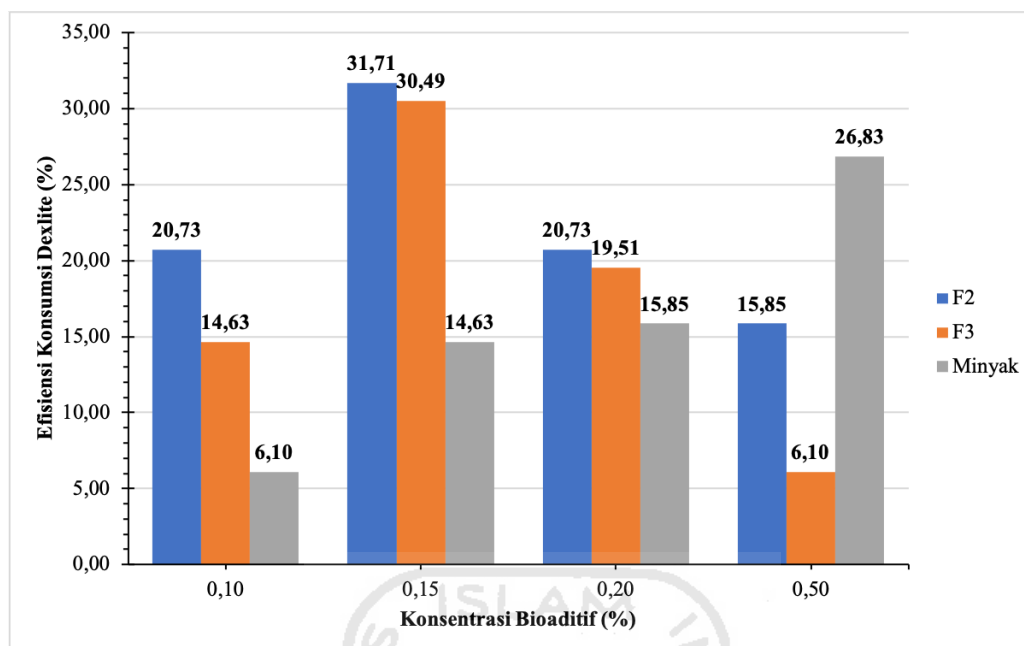
2011). Viskositas bahan bakar dengan pencampuran minyak atsiri menjadi lebih rendah disebabkan oleh adanya delokalisasi elektron pada senyawa aromatis sehingga menyebabkan molekul solar lebih aktif dalam bergerak. Viskositas bahan bakar solar yang rendah akan meminimalkan kemungkinan mesin kehilangan kekuatan pada pompa injeksi dan kebocoran injektor sehingga dapat menghemat bahan bakar (Setyaningsih, dkk., 2018).

Tabel 10. Karakteristik Fisika Blending

Kode Sampel	Massa Jenis (kg/m ³)	Viskositas Kinematis (m ² /s)
Dexlite	839,873	4,185
F2D10	832,702	4,021
F3D10	831,713	3,834
MD10	832,327	3,696
F2D15	836,888	3,810
F3D15	841,851	3,631
MD15	837,319	3,718
F2D20	837,444	3,957
F3D20	835,455	3,860
MD20	837,083	3,683
F2D50	835,985	3,598
F3D50	833,166	3,631
MD50	834,160	3,778
SNI 8220:2017	815-860	2,0-4,5

5.4 Hasil Uji Efisiensi Konsumsi Dexlite

Efisiensi konsumsi dexlite dilakukan secara volumetrik yaitu menghitung jumlah pemakaian ekonomi bahan bakar saat mesin menghasilkan daya (*power*) dalam waktu tertentu. Tujuan penentuan efisiensi konsumsi yaitu untuk mengetahui formulasi bioaditif yang baik terhadap peningkatan kualitas bahan bakar dexlite agar lebih ekonomis dan efisien. Mesin diesel yang digunakan yaitu jenis *one-cylinder compression ignition* (CI) pada putaran (rpm) maksimum 2500 selama 7 menit. Pengukuran dilakukan dengan dibanding volume konsumsi hasil *blending* dengan kontrol.

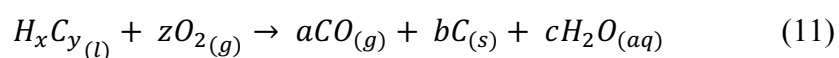
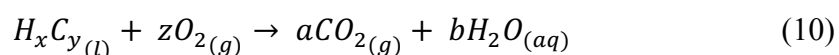


Gambar 9. Hasil Uji Efisiensi Konsumsi Dextrite

Hasil menunjukkan bahwa trend kenaikan efisiensi konsumsi (pemakaian) dextrite seiring dengan penambahan konsentrasi F2, yaitu F2D10 (20,73%), F2D15 (31,71%), F2D20 (20,73%), dan F2D50 (15,85%). Begitu juga pada pada formulasi F3 terjadi trend kenaikan efisiensi konsumsi sebesar F3D10 (14,63%), F3D15 (30,49%), F3D20 (19,51%), F3D50 (6,10%). Pada formulasi minyak serai wangi juga mengalami tren kenaikan efisiensi konsumsi sebesar MD10 (6,10%), MD15 (14,63%), MD20 (15,85%), MD50 (26,83%). Efisiensi tertinggi diperoleh pada 31,71% pada F2D15, 30,49% pada F3D15 dan 26,93% pada MD50. Menurut Alfian *et al.* (2019) bahwa pada formulasi 1%, 0,6%, dan 0,3% minyak nilambensin memiliki efisiensi bahan bakar sebesar berturut-turut 21%, 16% dan 0,3%. Penelitian Muhyi *et al.* (2019) menunjukkan bahwa pada formulasi 1,0%, 0,5% dan 0,1% total volume minyak cengkeh-solar terdapat efisiensi pembakaran yaitu berturut-turut 2,94%, 6,12%, dan 4,74%. Jika dibandingkan dengan temuan sebelumnya, formulasi F2D15, F3D15 dan MD50 memiliki efisien yang paling baik.

Pada penelitian ini, dibandingkan pengaruh gugus fungsi dan kelimpahan gugus oksigenat terhadap efisiensi konsumsi. Pada formulasi F2D15 memiliki efisiensi tertinggi dibandingkan F3D15 dan MD15. Hal ini disebabkan karena

F2D15 mengandung sitronelal (-CHO) yang kadarnya lebih dari 80% dibanding F3D15 yang mengandung sitronelol-geraniol (-OH) hanya kurang dari 60% sehingga akan menyumbang lebih banyak kelimpahan oksigen di dalam dextrite dan efisiensi pemakaiannya lebih baik. Gugus alkohol (-OH) dan aldehyd (-CHO) (mengandung oksigen) pada *blending* akan bereaksi dengan gas CO dan arang (C) sehingga membentuk CO₂ yang menyebabkan semakin sedikit emisi gas CO dan jelaga (Rahman *et al.*, 2019). Dalam ruang pembakaran, terdapat 3 reaksi utama yaitu inisiasi, propagasi dan terminasi. Senyawa alkohol mengalami pelepasan H α membentuk radikal hidroperoksialkil (RO₂) dilanjutkan dengan reaksi isomerisasi QOOH melalui pembentukan transisi cincin 5 membentuk enol dan air (H₂O) dilanjutkan dengan reaksi via Waddington dengan tranfer H pada β -hidroperoksialkil membentuk aldehyd dan alkohol radikal, dan terakhir terjadi reaksi dehidrasi pada temperatur tinggi menghasilkan air (H₂O). Sedangkan, senyawa aldehyd mengalami pelepasan H α dilanjutkan dengan pemutusan- α melalui adisi O₂ membentuk peroksialkil radikal dan dapat berlangsung reaksi eliminasi membentuk ikatan rangkap dan HO₂ radikal, lalu radikal tersebut berisomerisasi membentuk transisi cincin 5, 8, dan 9, dan dilanjutkan reaksi dekomposisi menjadi hidrokarbon rantai pendek, etilena, dan asam etil format (Boot *et al.*, 2017). Peranan ketersediaan oksigen penting untuk menghasilkan reaksi kimia konstan yang efisien dalam ruang pembakaran.



Ketika pembakaran di dalam mesin diesel, akan terjadi dua kemungkinan reaksi pembakaran yaitu reaksi pembakaran sempurna (persamaan 10) dan pembakaran tidak sempurna (persamaan 11). Pembakaran sempurna terjadi bila ketersediaan cukup oksigen di dalam ruang pembakaran mesin dan sebaliknya pembakaran tidak sempurna terjadi bila tidak cukup tersedia molekul oksigen untuk membakar sempurna 1 molekul hidrokarbon kompleks pada dextrite. Pada penelitian ini, dextrite dicampur dengan bioaditif dari fraksi F2 dan F3 minyak serai wangi, diharapkan bahwa campuran dextrite-bioaditif mampu menurunkan emisi

dari gas CO dan arang (jelaga). Hal ini dikarenakan di dalam fraksi F2 dan F3 mengandung sitronelal dan sitronelol-geraniol yang mempunyai gugus fungsi oksigenat aldehyd (-CHO) dan alkohol (-OH) sehingga mampu menyumbang ketersediaan oksigen di ruang pembakaran saat mesin diesel dijalankan. Pada penelitian Lawang, dkk., 2019 menemukan bahwa campuran minyak serai wangi-solar mampu menurunkan emisi gas CO sebesar 23-30%, NO_x 31-36%, SO_x 12-22% dan partikulat 30-33% dibanding tanpa penambahan bioaditif.

Oleh karena itu, pada konsentrasi bioaditif 0,15%, F2 dan F3 menunjukkan hasil optimal untuk efisiensi pemakaian, sedangkan minyak serai wangi hasil optimal pada konsentrasi bioaditif 0,5%. Hal ini akan mengalami penurunan volume konsumsi dextrite karena hasil pembakaran di dalam mesin diesel sempurna dan efisien. Menurut Kadarohman (2010), semakin tinggi konsentrasi bioaditif akan memberikan hasil yang optimum pada efisiensi konsumsi dan emisi mesin diesel. Dari hasil menunjukkan bahwa tren kenaikan efisiensi konsumsi yang paling baik berturut-turut yaitu pada formulasi F2, F3 lalu minyak serai wangi. Jadi, hasil pemurnian distilasi fraksinasi minyak serai wangi dengan meningkatkan kadar sitronelal dan sitronelol-geraniol mampu meningkatkan efisiensi konsumsi dextrite lebih baik dibandingkan dengan minyak serai wangi. Hal ini sejalan dengan penelitian Rahman *et al.*, (2019) menyatakan bahwa gugus fungsional oksigenat mampu meningkatkan efisiensi pemakaian diesel.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Penambahan bioaditif minyak serai wangi dan fraksi-fraksinya tidak mempengaruhi sifat fisika densitas dan viskositas kinematis dextrite secara signifikan dengan dibandingkan SNI 8220:2017 yaitu berturut-turut berada direntang 831,713-841,851 kg/m³ dan 3,631-4,021 m²/s.
2. Efisiensi konsumsi dextrite terbaik diperoleh pada formulasi bioaditif-dextrite F2D15 sebesar 31,71% (fraksi sitronelol), F3D15 sebesar 30,49% (fraksi sitronelol) dan MD50 sebesar 26,93% (minyak serai wangi) sehingga gugus oksigenat terbaik dalam peningkatan efisiensi konsumsi dextrite yaitu gugus aldehid (-CHO) dilanjutkan alkohol (-OH).

6.2 Saran

Pengukuran efisiensi konsumsi bahan bakar secara volumetrik harus dilakukan secara teliti dan akurat menggunakan alat gelas dengan akurasi dan presisi baik. Penentuan temperatur pengaturan pada distilasi fraksinasi vakum saat tekanan 30 mmHg perlu dihitung dengan baik agar pemisahan tidak menyebabkan senyawa dalam komponen terdekomposisi pada temperatur tinggi. Diperlukan studi lebih lanjut untuk pemisahan sitronelol dan geraniol menggunakan distilasi fraksinasi vakum.

DAFTAR PUSTAKA

- Akhbar, T., 2013, Pengaruh Penambahan Aditif *Octane Booster* Bahan Bakar Premium Terhadap Kandungan Emisi Gas Buang Pada Sepeda Motor Honda Vario Tecno 110 CC, *Jurnal penelitian*, Universitas Negeri Padang.
- Alfian, D.G.C., Prahmana, R.A., Silitonga, D.J., Muhyi, A., and Supriyadi, D., 2019, Performance Characterization of Gasoline Engine with Patchouli Oil as Bio-Additive for Gasoline with an Octane Number 90, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 258(1).
- Annisa, M.K., 2019, Aplikasi Bioaditif Fraksi Sitronelol dan Geraniol Dari Minyak Serai Wangi untuk Peningkatan Kualitas Bahan Bakar Minyak Pertalite, *Skripsi*, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Anonim, 2006, *Penelitian Pengembangan Energi Bahan Bakar*, Penerbit Universitas Petra Kristian, Jakarta.
- Arismunandar, W., dan Tsuda, K., 2004, *Motor Diesel Putaran Tinggi*. Penerbit Pradnya Paramita, Jakarta.
- Arismunandar, W., 2002, *Penggerak Mula Motor Bakar Torak*, ITB, Bandung.
- Arunkumar, M., Kannan, M. and Murali, G., 2019, Experimental studies on engine performance and emission characteristics using castor biodiesel as fuel in CI engine, *Renewable Energy*, 131, pp. 737-744.
- Astuti, W., dan Putra, N.N., 2015, Peningkatan Kadar Geraniol Dalam Minyak Serai Wangi dan Aplikasinya Sebagai Bio Additive Gasoline, *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, 4(1), 24-28.
- Atkins, P.W., 1994, *Kimia Fisika*, Penerbit Erlangga, Yogyakarta.
- Balai Penelitian Tanaman Obat dan Aromatik, 2010, *Penggunaan minyak serai wangi sebagai bahan bio-aditif bahan bakar minyak*, Sinar Tani, Jakarta.
- Barnard, D.R., and Xue R.D., 2004, Laboratory Evaluation of Mosquito Repellents Against *Aedes albopictus*, *Culex nigripalpus*, and *Ochlerotatus triseriatus*, *J. Med. Entomol*, 41(4), pp. 726-730.
- Bauer, K., Garbe, D., Surburg, H., 1997, *Common Fragrance and Flavor Materials, Preparation, Properties and Uses*, Third Edition, Wiley-VCH, Weinheim.
- Bharathwaaj, R., Nagarajan, P.K., Kabeel, A.E., Madhu, B., Mageshbabu, D., and Sathyaurthy R., 2018, Formation, Characterization and Theoretical Evaluation of Combustion of Biodiesel Obtained from Wax Esters of *A. Melliera*, *Alexandria Engineering Journal*, 57(2), 1205-15.
- Boot, M.D., Tian, M., Hensen, E.J.M., and Sarathy, S.M., 2017, Impact of fuel molecular structure on auto-ignition behavior - Design rule for future high performance gasolines, *Process in Energy and Combustion Science*, 60, 1-25
- Burak, G., Soyhan, H.S., Sarac, H., Bostan, Dilek., and Şengun, Y., 2008, Biodiesel Addition to Standard Diesel Fuels and Marine Fuels Used in a Diesel Engine: Effects on Emission Characteristics and First and Second Law

- Efficiencies, *Energy Fuel*, Sakarya University, Tukey.
- Čedík, J., Pexa, M., Mader, D., and Pražan, R., 2019, Combustion characteristics of compression ignition engine operating on rapeseed oil-diesel fuel blends, *Agronomy Research*, 17, pp. 957–973.
- Cornejo, A., Barrio, I., Campoy, M., Lázaro, J., and Navarrete, B., 2017, Oxygenated fuel additives from glycerol valorization, Main production pathways and effects on fuel properties and engine performance: A critical review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 79, pp. 1400–1413.
- Dewi, A.A.K., 2012, Kinerja Distilasi Rimpang Jahe Secara Kohobasi dan Distilasi Uap - Air, *Skripsi*, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Eden, W.T., Alighiri, D., Cahyono, E., Supardi, K.I., dan Wijayati, N., 2018, Fractionation of Java Citronella Oil and Citronellal Purification by Batch Vacuum Fractional Distillation, *Journal of Materials Science and Engineering: Conference Series*, 349(012067).
- Endyani, I., dan Putra, T., 2011, Pengaruh Penambahan Zat Aditif Pada Bahan Bakar Terhadap Emisi Gas Buang Mesin Sepeda Motor, *Proton*, 3(1), Hal 29-34.
- Fachrizal, A., 2018, Analisa performansi dengan bahan bakar dexlite (*Light Diesel*) pada teknologi mesin 4N15 2,4 L *Mivec Turbocharged Intercooled*, *Skripsi*, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Fatimah, I., Sahroni, I., Fadillah, G., Musawwa, M.M., Mahlia, T.M.I., Muraza, O., 2019, Glycerol to Solketal for Fuel Additive: Recent Progress in Heterogeneous Catalysts, *Energies*, 12(15), p. 2872.
- Ferdayanti, M., Sastrohamidjojo, H., Riyanto, 2004, Komponen dalam Minyak Serai Wangi (*Cymbopogon Nardus L.*) dengan Fraksinasi Distilasi dan Identifikasi menggunakan GC-MS, *Jurnal Teknik Kimia*, 2(1).
- Firn, R., 2010, *Nature's Chemicals*, Biology, Oxford.
- Gunawan, W., 2009, *Kualitas dan Nilai Minyak Atsiri, Implikasi pada Pengembangan Turunannya.*, Makalah disampaikan Seminar Nasional dengan tema: Kimia Bervisi SETS (Science, Environment, Technology, Society) Kontribusi Bagi Kemajuan Pendidikan dan Industri, diselenggarakan Himpunan Kimia Indonesia Jawa Tengah, pada tanggal 21 Maret 2009, Semarang.
- Hernández, D., Fernández, J.J., Mondragón, F., and López, D., 2012, Production and utilization performance of a glycerol derived additive for diesel engines, *Fuel*, 92(1).
- Hoseini, S. S. Najafi, G. Ghobadian, B. Ebadi, M. T. Mamat, R. Yusaf, T., 2020, Performance and emission characteristics of a CI engine using graphene oxide (GO) nano-particles additives in biodiesel-diesel blends, *Renewable Energy*, 145, pp. 458–465.
- Hutabalian, Y., Sutanto dan Anggaraini, R., 2013, *Formula Aditif Berbasis Minyak Atsiri Pada Bensin RON 88*, LEMIGAS, Jakarta.
- Ickes, A. M., Bohac, S. V. and Assanis, D. N., 2009, Effect of 2-ethylhexyl nitrate cetane improver on NOx emissions from premixed low-temperature diesel combustion, *Energy and Fuels*, 115.
- Irawan, Bambang dan Bakti, J., 2010, Peningkatan Mutu Minyak Nilam dengan

- Ekstraksi dan Distilasi pada Berbagai Komposisi Pelarut, *Jurnal Rekayasa Kimia Dan Proses*.
- Kadarohman, A., Hernani, Rohman, I., Kusri, R., Astuti, R., and Maryam, 2012, Combustion characteristics of diesel fuel on one cylinder diesel engine using clove oil, eugenol, and eugenyl acetate as fuel bio-additives, *Fuel*, 98, pp. 73–79.
- Kadarohman, A., 2010, *Eksplorasi Minyak Atsiri Sebagai Bioaditif Bahan Bakar Solar*, Fmipa Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung
- Labeckas, G., Slavinskas, S. and Vilutiene, V., 2015, Effect of the cetane number improving additive on combustion, performance, and emissions of a diesel engine operating on JP-8 fuel, *Journal of Energy Engineering*, ISSN:07339402.
- Lawan, I., Zhou, W., Garba, Z.N., Zhang, M., Yuan, Z., and Chen, L., 2019, Critical insights into the effects of bio-based additives on biodiesels properties, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 102, pp. 83–95.
- Lawang, A.T. Setyaningsih, D. Syahbana, M., 2019, Evaluasi Minyak Daun Cengkeh Dan Minyak Serai Wangi Sebagai Bioaditif Bahan Bakar Solar Dalam Menurunkan Emisi Gas Buang Pada Mesin Diesel, *Jurnal Teknologi Pertanian*, 20(2), pp. 95–102.
- Lestari, R.S.E., 2012, Perancangan Proses Fraksinasi Minyak Serai Wangi dan Isolasi Sitronelal serta Kajian Kelayakan Finansial untuk Penerapannya di Industri, *Disertasi*, IPB, Bogor.
- Londhe, H., Luo, G., Park, S., Kelley, S.S., and Fang, T., 2019, Testing of anisole and methyl acetate as additives to diesel and biodiesel fuels in a compression ignition engine, *Fuel*, 246, pp. 79–92.
- Lubis, N.A., 2018, Pengaruh Kekentalan Cairan Terhadap Waktu Jatuh Benda menggunakan *Falling Ball Method*, *Jurnal Ilmu Fisika dan Teknologi*, 2(2): 26-32.
- Ma'mun, Suhirman, S., Mulyana, H., dan Kustiwa, D., 2011, *Minyak Atsiri Sebagai Bio Additif Untuk Penghematan Bahan Bakar Minyak*, Balitro, Bogor.
- Mahalwal, Vijender S., Ali, M., 2003, Volatile constituents of *Cymbopogon nardus* (Linn.) Rendle, *Flavour and Fragrance Journal*, 18(73).
- Malahayati, M. dan Rahmawati, 2014, Optimasi Tekanan dan Rasio Refluks pada Distilasi, *Jurnal Konversi*, 3(2).
- Mangun, H.M.S., Waluyo, H., dan Purnama, A., 2005, *Nilam*, Penerbit Penebar Swadaya Grup., Depok.
- Mbarawa, M., 2010, The effect of clove oil and diesel fuel blends on the engine performance and exhaust emissions of a compression-ignition engine, *Biomass and Bioenergy*, 34(11), pp. 1555–1561.
- Morris and Robert, H., 2007, *Ruthenium and Osmium*, Wiley-VCH, Weinheim.
- Muchammad, 2010, Analisa Energi Campuran Bioetanol Premium, *ROTASI*, 12(2), Hal 31-33.
- Muhyi, A., Prahmana, R.A., Alfian, D.G.C., Silitonga, D.J., dan Supriyadi, D., 2019, Aplikasi Penggunaan Serai Wangi Sebagai Bioaditif Alami untuk Karakterisasi Unjuk Kerja dari Mesin Diesel, *Journal of Science and Applicative Technology*, 3(1), p. 37.

- Muhyi, A., Prahmana, R.A., Alfian, D.G.C., Silitonga, D.J., dan Supriyadi, D., 2019, Performance Characterization of Diesel Engine Generator Set with the addition of clove oil as Bio-Additives for Diesel fuel, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 258(1).
- Murdaka, B., Karyono dan Supriyatin, 2010, Penyetaraan Nilai Viskositas terhadap Indeks Bias pada Zat Cair Bening, *Jurnal Berkala Fisika*, 13, hal 119-124.
- Nabi, M. N., Rasul, M. G., Rahman, S. M.A., Dowell, Ashley, Ristovski, Z. D., and Brown, R. J., 2019, Study of performance, combustion and emission characteristics of a common rail diesel engine with tea tree oil-diglyme blends, *Energy*, 180, pp. 216–228.
- Nanthagopal, K., Ashok, B., Garnepudi, Srivatsava, R., Tarun, K.R., and Dhinesh, B., 2019, Investigation on diethyl ether as an additive with Calophyllum Inophyllum biodiesel for CI engine application, *Energy Conversion and Management*, 179, pp. 104–113.
- Nda-Umar, U.I., Ramli, I., Taufiq-Yap, Y.H., and Muhamad, E.N., 2019, An overview of recent research in the conversion of glycerol into biofuels, fuel additives and other bio-based chemicals, *Catalysts*, 9(1).
- Ngadiwiyana, Fitriadi, B., dan Ismiyanto, 2008, Pemanfaatan Geraniol Dari Minyak Serai Sebagai Senyawa Penarik Lebah Madu, *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, 11(1), hal 1-5.
- Nugroho, S., 2017, Pengaruh Zat Aditif Fraksi Sitronelol dan Geraniol Minyak Serai Wangi Terhadap Bilangan Oktan dan Emisi Gas Buang Bahan Bakar Peralite, *Skripsi*, UII, Yogyakarta.
- Oliveira, M.M.M., Brugnera, Cardoso, M.G., Alves, and Piccoli, R.H., 2010, Disinfectant action of *Cymbopogon sp.* essential oils in different phases of biofilm formation by *Listeria monocytogenes* on stainless steel surface, *Food Control*, 21, 549–53.
- Pavia, D.L., 2005, *Introduction to organic laboratory techniques: a small scale approach*, Thomson Learning Inc., USA.
- Permen LH No. 05, 2006, *Ambang Batas Emisi Gas Buang Bermotor Kendaraan Bermotor Lama*, Kementerian Lingkungan Hidup, Jakarta.
- Petrovsky, N., 1989, *Marine Internal Combustion Engines*, MIR Publishers, Moscow.
- Poggio, C., Ceci, M., Beltrami, R., Colombo, M., and Dagna, A., 2015, Viscosity of Endodontic Irrigants: Influence of Temperature, *Dental Research Journal*, 12(5), pg. 427.
- Priyadarshi, D., Paul, K. K. and Pradhan, S., 2019, Impacts of Biodiesel, Fuel Additive, and Injection Pressure on Engine Emission and Performance, *Journal of Energy Engineering*, 145(3), pp. 1–13.
- Rahmadany, Q.A., 2017, Studi Eksperimen Pengaruh Variasi *Timing Injection* Terhadap Unjuk Kerja dan Emisi Mesin Diesel 4-Langkah Silinder Tunggal Berbahan Bakar Campuran Dextrite Dan Etanol, *Skripsi*, Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Industri Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.
- Rahman, S.M.A., Mahila, T. M. I., Ahmad, A., Nabi, M.N., Jafari, M., Dowell, A., Islam, M. A., Marchese, A. J., Tryner, J., Brooks, P. R., Bodisco, T. A.,

- Stevanovic, S., Rainey, T., Ristovski, Z. D., 2019, Effect of Oxygenated Functional Groups in Essential Oils on Diesel Engine Performance, Emissions, and Combustion Characteristics, *Energy and Fuels*, 33, pp. 9828–9834.
- Rahman, S. M.A., Van, T. C., Hossain, F. M., Jafari, M. Dowell, A., Islam, M. A., Nabi, M. N., Marchese, A. J., Tryner, J., Rainey, T., Ristovski, Z. D., Brown, R.J., 2019, Fuel properties and emission characteristics of essential oil blends in a compression ignition engine, *Fuel*, 238, pp. 440–453.
- Sastrohamidjojo, H., 2004, *Kimia Minyak Atsiri*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Sathiyamoorthi, R. and Sankaranarayanan, G., 2017, The effects of using ethanol as additive on the combustion and emissions of a direct injection diesel engine fuelled with neat lemongrass oil-diesel fuel blend, *Renewable Energy*, 101, pp. 747–756.
- Sebayang, M., 2013, Pemanfaatan Minyak Serai Wangi Sebagai Bioaditif pada *Blending* Bahan Bakar Solar dan Biodiesel untuk Penurunan Emisi Gas Buang pada Kendaraan Bermotor, *Tesis*, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Senra, M., McCartney, S. N. and Soh, L., 2019, The effect of bio-derived additives on fatty acid methyl esters for improved biodiesel cold flow properties?, *Fuel*, 242, pp. 719–727.
- Senthur-Prabu, S., Asokan, M.A., Roy, R., Francis, S., and Sreelekh, M.K., 2017, Performance, combustion and emission characteristics of diesel engine fuelled with waste cooking oil bio-diesel/diesel blends with additives, *Energy*, 122, pp. 638–648.
- Setiawan, N.A., 2015, Pengaruh Penambahan Bioaditif Minyak Kayu Putih Pada Bahan Bakar Premium Terhadap Performa Konsumsi Bahan Bakar Dan Emisi Gas Buang Sepeda Motor, *Skripsi*, Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang, Semarang.
- Setyaningsih, D., Faiziin, M.N., dan Muna, N., 2018, Pemanfaatan Minyak Atsiri sebagai Bioaditif Penghemat Bahan Bakar Biosolar, *Indonesia Journal of Essential Oil*, 3(1), 45-54.
- Shah, P. R., Gaitonde, U. N. and Ganesh, A., 2018, Influence of soy-lecithin as bio-additive with straight vegetable oil on CI engine characteristics, *Renewable Energy*, 115, pp. 685–696.
- Sivaganesan, S., Dhanasekaran, C., Parthiban, A., and Pugazhenthii, R., 2019, Comparison of performance and emission characteristics of Mahua and Jatropha methyl ester with bioadditive in VCR engine, *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 1, pp. 725–734.
- Standar Nasional Indonesia, 1995, *Minyak Serai Wangi*, BSN, Jakarta.
- Subedi, D.P., Adhikari, P.R., Joshi, U.M., Poudel, H.N., and Niraula, B., 2006, Study of Temperature and Concentration Dependence of Refractive Index of Liquids Using a Novel Technique, *Kathmandu University Journal of Science, Engineering and Technology*, 2(1).

- Sutiah, Firdausi, K.S., dan Budi, W.S., 2008, Studi Kualitas Minyak Goreng Dengan Parameter Viskositas dan Indeks Bias, *Jurnal Berkala Fisika*, 53-58.
- Soedjojo, P., 1999, *Fisika Dasar*, PT. Ganeca Exact, Yogyakarta.
- Soerawidjaja, T.H., Adrisman, T.U.W., Siagian, T., Prakoso, I.K, Reksowardojo K.S., Permana., 2005, *Studi kebijakan penggunaan biodiesel di Indonesia*, Kementrian Ristek dan Teknologi RI-MAKSI IPB, Bogor.
- Suyanto, W., 1989, *Teori Motor Bensin*, DEPDIKBUD, Jakarta.
- Tamilselvan, P., Nallusamy, N. and Rajkumar, S., 2017, A comprehensive review on performance, combustion and emission characteristics of biodiesel fuelled diesel engines, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 79, pp. 1134–1159.
- Taylor, W.G., and Schreck, C.E., 1985, Chiral-Phase Capillary Gas Chromatography and Mosquito Repellent Activity of Some Oxazolidine Derivatives Of (+)- and (-)-Citronellol, *J. Pharm. Sci.*, 74(5), 534–539.
- Utomo, H.P., dan Widiatmoko, N., 2008, *Isolasi Rhodinol Dalam Ekstraksi Minyak Serai Jawa*, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Vallinayagam, R., Vedharaj, S., Yang, W. M., Saravanan, C. G., Lee, P. S., Chua, K. J.E., Chou, S. K., 2014, Impact of ignition promoting additives on the characteristics of a diesel engine powered by pine oil-diesel blend, *Fuel*, 117.
- Walangare, K. B. A., Lumenta, M. A. S., Wuwung, J. O., Sugiarto, B. A., 2013, *Rancang bangun Alat Konversi Air Laut Menjadi Air Minum Dengan Proses Distilasi Sederhana Menggunakan Pemanas Elektrik*, e-jurnal Teknik Elektro dan Komputer UNSRAT, Manado.
- Winarno dan Karnowo, 2008, *Buku Ajar Mesin Konversi Energi*, PKUPT UNNES/PUSAT PENJAMIN MUTU-Universitas Negeri Semarang, Semarang.
- Yunus, W.M.M., Fen, Y.W., and Lim, M.Y., 2009, Refractive Index and Fourier Transform Infrared Spectra of Virgin Coconut Oil and Virgin Olive Oil. *American Journal of Applied Sciences*, 6(2), 328-31.
- Zamroni, A., 2013, Pengukuran Indeks Bias Cair Melalui Metode Pembiasan Menggunakan Plan Paralel, *Jurnal Fisika*, 3(2): 108-109.
- Zuhra, C.F., 2003, *Penyulingan, Pemrosesan & Penggunaan Minyak Bumi*, Universitas Sumatra Utara, Medan.

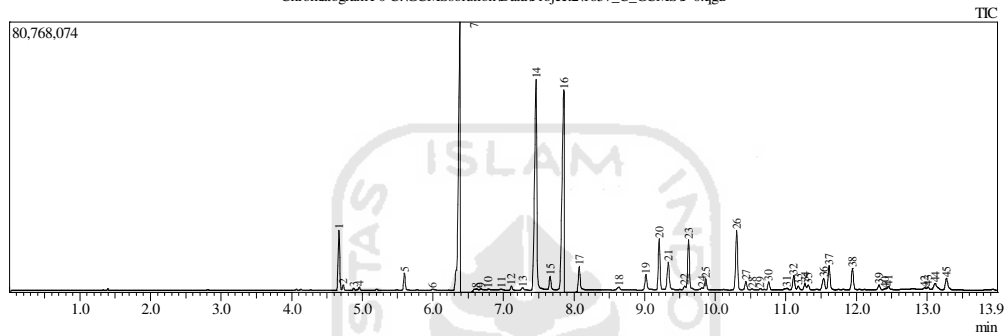
LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil GC minyak serai wangi

Analyzed by : Admin
 Analyzed : 4/10/2018 10:05:11 AM
 Sample Name : F0
 Sample ID : 1
 Injection Volume : 0.10
 Data File : C:\GCMSsolution\Data\Project2\1657_C_GCMSVF 0.qgd
 Tuning File : C:\GCMSsolution\System\Tune1\Tuning 01082017.qgt

Sample Information

Chromatogram F0 C:\GCMSsolution\Data\Project2\1657_C_GCMSVF 0.qgd



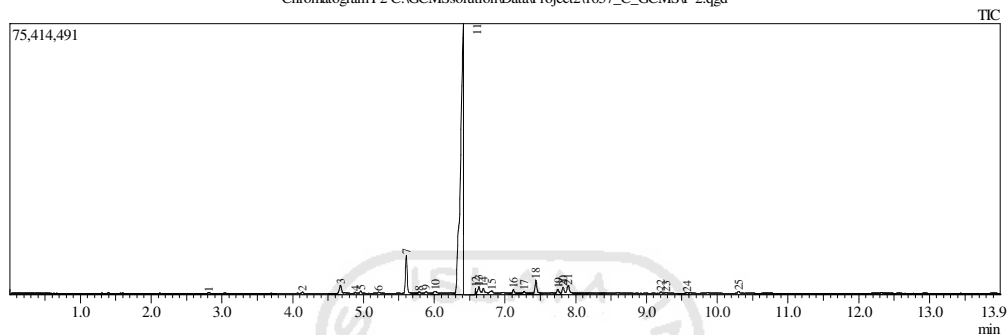
Peak#	R.Time	I.Time	F.Time	Area	Area%	Height
1	4.669	4.620	4.705	27562246	3.84	17883912
2	4.729	4.705	4.770	2282164	0.32	1608022
3	4.879	4.845	4.905	884714	0.12	608934
4	4.956	4.905	5.000	1608527	0.22	981318
5	5.597	5.535	5.675	8463466	1.18	5139252
6	5.995	5.960	6.060	770171	0.11	316274
7	6.383	6.285	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

Lampiran 2. Hasil GC Fraksi F2

Analyzed by : Admin
 Analyzed : 4/10/2018 10:40:02 AM
 Sample Name : F2
 Sample ID : 3
 Injection Volume : 0.10
 Data File : C:\GCMSsolution\Data\Project2\1657_C_GCMSF 2.qgd
 Tuning File : C:\GCMSsolution\System1\Tuning\Tuning 01082017.qgt

Sample Information

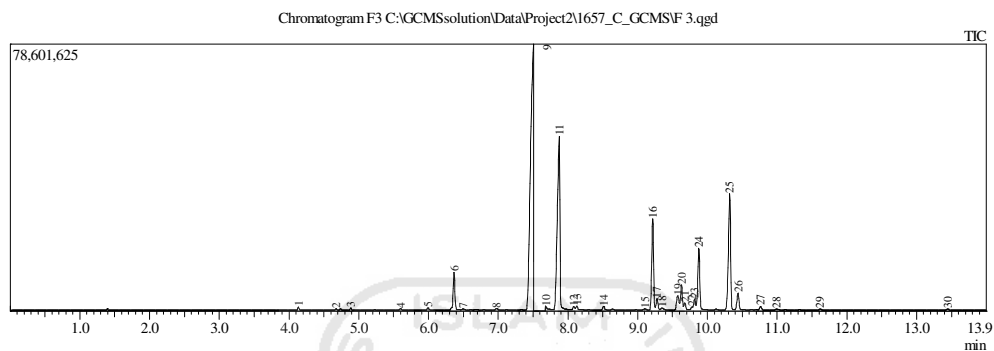
Chromatogram F2 C:\GCMSsolution\Data\Project2\1657_C_GCMSF 2.qgd



Peak#	R.Time	L.Time	F.Time	Area	Area%	Height
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 3. Hasil GC Fraksi F3

Sample Information
 Analyzed by : Admin
 Analyzed : 4/10/2018 10:57:28 AM
 Sample Name : F3
 Sample ID : 4
 Injection Volume : 0.10
 Data File : C:\GCMSsolution\Data\Project2\1657_C_GCMS\F 3.qgd
 Tuning File : C:\GCMSsolution\System\Tune\1\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
				628677712	100.00	257553744

Lampiran 4. Hasil MS Puncak 11 Fraksi 2 (Sitronelal)

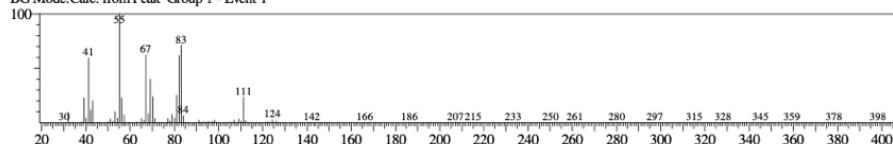
Library

<< Target >>

Line#:1 R.Time:2.815(Scan#:564) MassPeaks:239

RawMode:Averaged 2.810-2.820(563-565) BasePeak:55.10(33833)

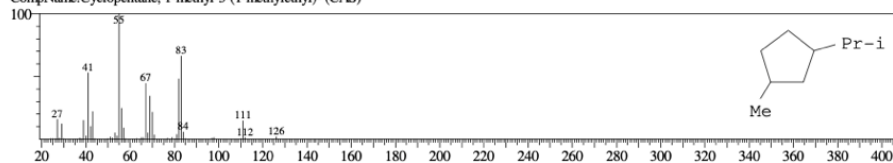
BG Mode:Calc. from Peak Group 1 - Event 1



Hit#:1 Entry:18542 Library:WILEY7.LIB

SE:92 Formula:C9 H18 CAS:53771-88-3 MolWeight:126 RetIndex:0

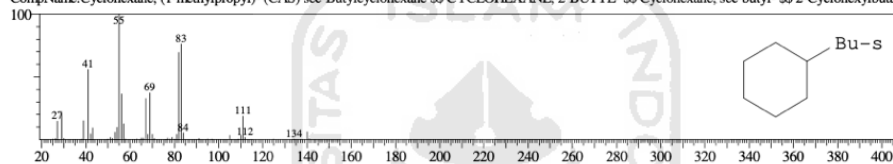
CompName:Cyclopentane, 1-methyl-3-(1-methylethyl)- (CAS)



Hit#:2 Entry:29950 Library:WILEY7.LIB

SE:89 Formula:C10 H20 CAS:7058-01-7 MolWeight:140 RetIndex:0

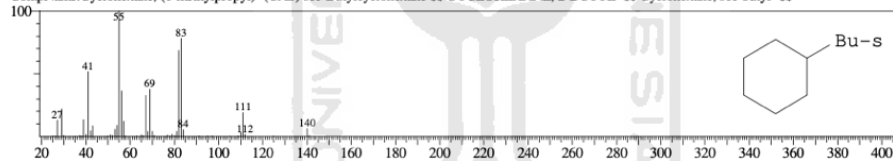
CompName:Cyclohexane, (1-methylpropyl)- (CAS) sec-Butylcyclohexane \$\$ CYCLOHEXANE, 2-BUTYL- \$\$ Cyclohexane, sec-butyl- \$\$ 2-Cyclohexylbutane



Hit#:3 Entry:29949 Library:WILEY7.LIB

SE:89 Formula:C10 H20 CAS:7058-01-7 MolWeight:140 RetIndex:0

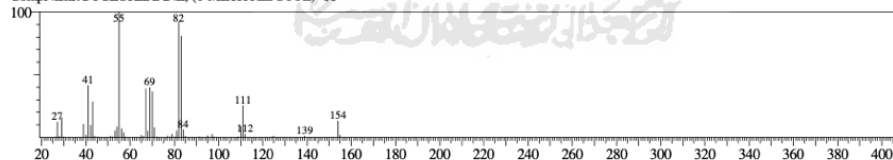
CompName:Cyclohexane, (1-methylpropyl)- (CAS) sec-Butylcyclohexane \$\$ CYCLOHEXANE, 2-BUTYL- \$\$ Cyclohexane, sec-butyl- \$\$



Hit#:4 Entry:43225 Library:WILEY7.LIB

SE:88 Formula:C11 H22 CAS:61208-94-4 MolWeight:154 RetIndex:0

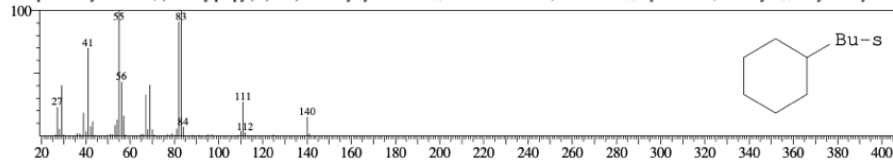
CompName:CYCLOHEXANE, (1-METHYLBUTYL)- \$\$



Hit#:5 Entry:29948 Library:WILEY7.LIB

SE:87 Formula:C10 H20 CAS:7058-01-7 MolWeight:140 RetIndex:0

CompName:Cyclohexane, (1-methylpropyl)- (CAS) sec-Butylcyclohexane \$\$ CYCLOHEXANE, 2-BUTYL- \$\$ Cyclohexane, sec-butyl- \$\$ 2-Cyclohexylbutane



Lampiran 5. Hasil MS Puncak 9 Fraksi 3 (Sitronelol)

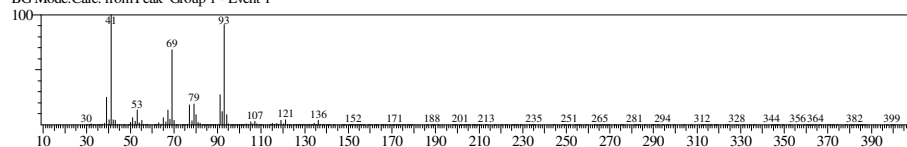
Library

<< Target >>

Line#:1 R.Time:4.135(Scan#:828) MassPeaks:225

RawMode:Averaged 4.130-4.140(827-829) BasePeak:41.10(161444)

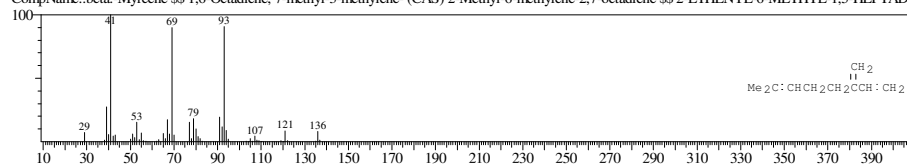
BG Mode:Calc. from Peak Group 1 - Event 1



Hit#:1 Entry:26198 Library:WILEY7.LIB

SI:96 Formula:C10 H16 CAS:123-35-3 MolWeight:136 RetIndex:0

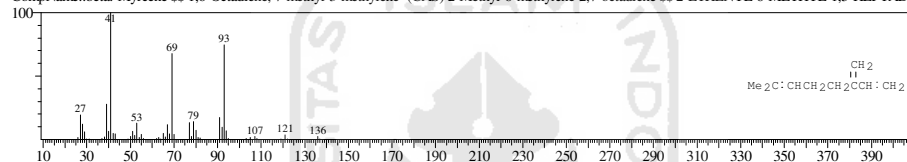
CompName:.beta.-Myrcene SS 1,6-Octadiene, 7-methyl-3-methylene- (CAS) 2-Methyl-6-methylene-2,7-octadiene SS 2-ETHENYL-6-METHYL-1,5-HEPTADIENE



Hit#:2 Entry:26199 Library:WILEY7.LIB

SI:96 Formula:C10 H16 CAS:123-35-3 MolWeight:136 RetIndex:0

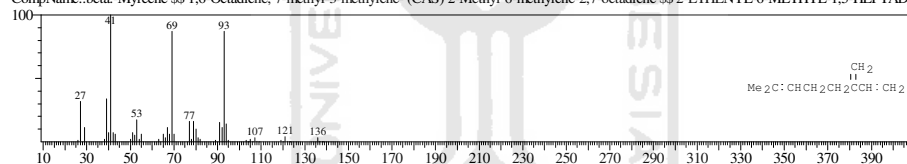
CompName:.beta.-Myrcene SS 1,6-Octadiene, 7-methyl-3-methylene- (CAS) 2-Methyl-6-methylene-2,7-octadiene SS 2-ETHENYL-6-METHYL-1,5-HEPTADIENE



Hit#:3 Entry:26195 Library:WILEY7.LIB

SI:95 Formula:C10 H16 CAS:123-35-3 MolWeight:136 RetIndex:0

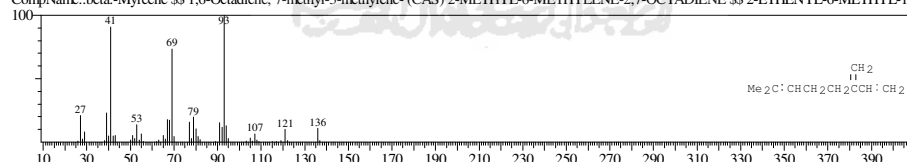
CompName:.beta.-Myrcene SS 1,6-Octadiene, 7-methyl-3-methylene- (CAS) 2-Methyl-6-methylene-2,7-octadiene SS 2-ETHENYL-6-METHYL-1,5-HEPTADIENE



Hit#:4 Entry:26193 Library:WILEY7.LIB

SI:95 Formula:C10 H16 CAS:123-35-3 MolWeight:136 RetIndex:0

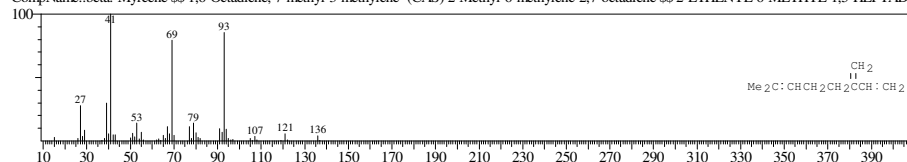
CompName:.beta.-Myrcene SS 1,6-Octadiene, 7-methyl-3-methylene- (CAS) 2-METHYL-6-METHYLENE-2,7-OCTADIENE SS 2-ETHENYL-6-METHYL-1,5-HEPTADIENE



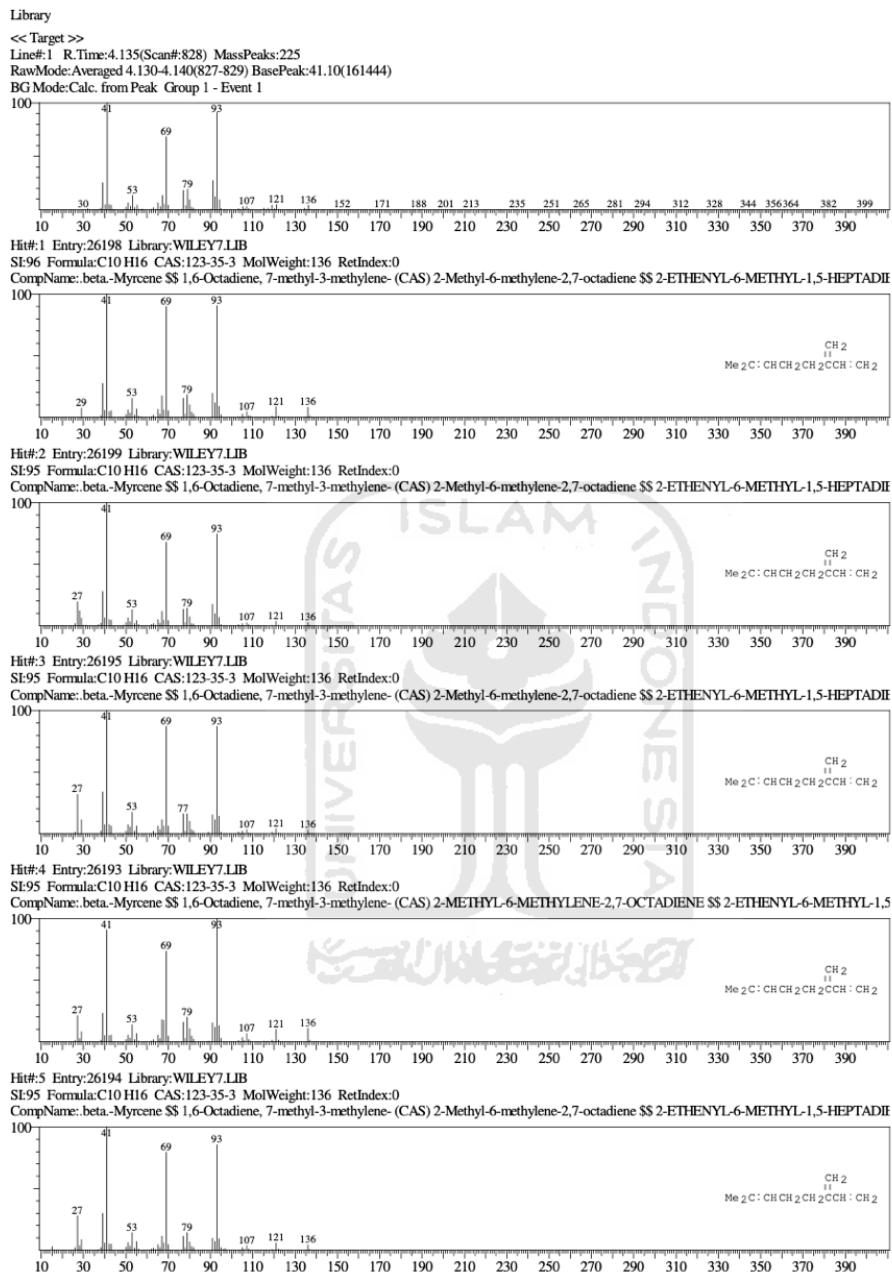
Hit#:5 Entry:26194 Library:WILEY7.LIB

SI:95 Formula:C10 H16 CAS:123-35-3 MolWeight:136 RetIndex:0

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



Lampiran 6. Hasil MS Puncak 11 Fraksi 3 (Geraniol)



Lampiran 7. Hasil Efisiensi Konsumsi Dexlite

Kode Sampel	Volume Awal (mL)	Volume Akhir (mL)	Volume Konsumsi (mL)	Efisiensi Konsumsi (%) ^a
F2D10	700	635	65	20,73
F2D15	700	644	56	31,71
F2D20	700	635	65	20,73
F2D50	700	631	69	15,85
F3D10	700	630	70	14,63
F3D15	700	643	57	30,49
F3D20	700	634	66	19,51
F3D50	700	623	77	6,10
MD10	700	623	77	6,10
MD15	700	630	70	14,63
MD20	700	631	69	15,85
MD50	700	640	60	26,83

^a Efisiensi diukur mengacu pada volume konsumsi kontrol (dexlite)

Lampiran 8. Hasil Densitas Sampel

Sampel	m_p (gr)	m_{pa} (gr)	m_{pm} (gr)	ρ (kg/m ³) ^a
Dexlite	8,465	13,840	12,994	839,873
F2D10	9,519	14,570	13,739	832,702
F3D10	9,525	14,570	13,735	831,713
MD10	9,521	14,571	13,738	832,327
F2D15	9,521	14,575	13,764	836,888
F3D15	9,522	14,536	13,757	841,851
MD15	9,529	14,570	13,763	837,319
F2D20	9,523	14,577	13,769	837,444
F3D20	10,059	15,844	14,908	835,455
MD20	9,525	14,579	13,770	837,083
F2D50	10,044	15,827	14,894	835,985
F3D50	9,529	14,579	13,750	833,166
MD50	10,047	15,842	14,897	834,160
F2	8,528	13,783	13,098	866,912
F3	8,528	13,783	13,158	878,218
Sereh	8,528	13,783	13,180	882,334

^a mengacu pada *physical properties of water (SI units) pada temperatur 26 °C (996,740 kg/m³)*

Lampiran 9. Hasil Viskositas Sampel

Kode Sampel	t_1 (s)	t_2 (s)	$t_{\bar{x}}$ (s)	T (°C)	η ($\times 10^{-3}$ kg/m.s)	ν ($\times 10^{-6}$ m ² /s)
Air	2,650	2,680	2,665	26,000	0,872	0,874
Dexlite	12,770	12,740	12,755	26,000	3,515	4,185
F2D10	12,240	12,270	12,255	26,000	3,348	4,021
F3D10	11,680	11,690	11,685	26,000	3,189	3,834
MD10	11,230	11,300	11,265	26,000	3,077	3,696
F2D15	11,560	11,660	11,610	26,000	3,188	3,810
F3D15	11,110	11,020	11,065	26,000	3,057	3,631
MD15	11,370	11,290	11,330	26,000	3,113	3,718
F2D20	12,090	12,030	12,060	26,000	3,314	3,957
F3D20	11,600	11,930	11,765	26,000	3,225	3,860
MD20	11,290	11,160	11,225	26,000	3,083	3,683
F2D50	11,180	10,750	10,965	26,000	3,008	3,598
F3D50	11,080	11,050	11,065	26,000	3,025	3,631
MD50	11,470	11,560	11,515	26,000	3,152	3,778

Lampiran 10. Hasil Perhitungan Dari Persamaan Clausius Clapeyron

1. Sitronelal

$$\ln \frac{P_2}{P_1} = \frac{\Delta \bar{H}_{vap}}{R} \times \frac{(T_2 - T_1)}{(T_2 \times T_1)}$$

$$\ln \frac{30 \text{ mmHg}}{760 \text{ mmHg}} = \frac{44,22 \times 10^3 \text{ Jmol}^{-1}}{8,314 \text{ Jmol}^{-1} \text{ K}^{-1}} \times \frac{(T_2 - 481 \text{ K})}{(T_2 \times 481 \text{ K})}$$

$$-3,23 = 5,32 \times 10^3 \text{ K} \times \frac{(T_2 - 481 \text{ K})}{(T_2 \times 481 \text{ K})}$$

$$-0,62 \times 10^{-3} \text{ K}^{-1} = \frac{(T_2 - 481 \text{ K})}{(T_2 \times 481 \text{ K})}$$

$$-0,297 T_2 = (T_2 - 481 \text{ K})$$

$$T_2 + 0,297 T_2 = 481 \text{ K}$$

$$1,297 T_2 = 481 \text{ K}$$

$$T_2 = 370,86 \text{ K}$$

$$T_2 = 97,86 \text{ }^\circ\text{C}$$

2. Sitronelol

$$\ln \frac{P_2}{P_1} = \frac{\Delta \bar{H}_{vap}}{R} \times \frac{(T_2 - T_1)}{(T_2 \times T_1)}$$

$$\ln \frac{30 \text{ mmHg}}{760 \text{ mmHg}} = \frac{63,50 \times 10^3 \text{ Jmol}^{-1}}{8,314 \text{ Jmol}^{-1}\text{K}^{-1}} \times \frac{(T_2 - 498 \text{ K})}{(T_2 \times 498 \text{ K})}$$

$$-3,23 = 7,64 \times 10^3 \text{ K} \times \frac{(T_2 - 498 \text{ K})}{(T_2 \times 498 \text{ K})}$$

$$-0,42 \times 10^{-3} \text{ K}^{-1} = \frac{(T_2 - 498 \text{ K})}{(T_2 \times 498 \text{ K})}$$

$$-0,209 T_2 = (T_2 - 498 \text{ K})$$

$$T_2 + 0,209 T_2 = 498 \text{ K}$$

$$1,209 T_2 = 498 \text{ K}$$

$$T_2 = 411,91 \text{ K}$$

$$T_2 = 138,91 \text{ }^\circ\text{C}$$

3. Geraniol

$$\ln \frac{P_2}{P_1} = \frac{\Delta \bar{H}_{vap}}{R} \times \frac{(T_2 - T_1)}{(T_2 \times T_1)}$$

$$\ln \frac{30 \text{ mmHg}}{760 \text{ mmHg}} = \frac{54,61 \times 10^3 \text{ Jmol}^{-1}}{8,314 \text{ Jmol}^{-1}\text{K}^{-1}} \times \frac{(T_2 - 502 \text{ K})}{(T_2 \times 502 \text{ K})}$$

$$-3,23 = 6,57 \times 10^3 \text{ K} \times \frac{(T_2 - 502 \text{ K})}{(T_2 \times 502 \text{ K})}$$

$$-0,49 \times 10^{-3} \text{ K}^{-1} = \frac{(T_2 - 502 \text{ K})}{(T_2 \times 502 \text{ K})}$$

$$-0,247 T_2 = (T_2 - 502 \text{ K})$$

$$T_2 + 0,247 T_2 = 502 \text{ K}$$

$$1,247 T_2 = 502 \text{ K}$$

$$T_2 = 402,57 \text{ K}$$

$$T_2 = 129,57 \text{ }^\circ\text{C}$$