

**SINTESIS MINYAK KELAPA SAWIT (*Elaeis guineensis*)
MENJADI BIODIESEL MENGGUNAKAN METIL ASETAT
DENGAN METODE INTERESTERIFIKASI**

SKRIPSI

Oleh:

NADIA IJKRI AULIA

NIM. 165100600111002

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



**JURUSAN KETEKNIKAN PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

MALANG

2020



**SINTESIS MINYAK KELAPA SAWIT (*Elaeis guineensis*)
MENJADI BIODIESEL MENGGUNAKAN METIL ASETAT
DENGAN METODE INTERESTERIFIKASI**

Oleh:

**NADIA IJKRI AULIA
NIM. 165100600111002**

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
gelar Sarjana Teknik



**JURUSAN KETEKNIKAN PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**MALANG
2020**



LEMBAR PERSETUJUAN

Judul TA : Sintesis Minyak Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis*) menjadi Biodiesel Menggunakan Metil Asetat dengan Metode Interesterifikasi

Nama : Nadia Ijkri Aulia

NIM : 165100600111002

Jurusan : Keteknikan Pertanian

Fakultas : Teknologi Pertanian

Pembimbing Pertama,

Pembimbing Kedua,

Dr. Ir. Sandra Malin Sutan, MP

Dr. Ir. Bambang Susilo, M.Sc.Agr

NIP. 19631231 199303 1 021

NIP. 19620719 198701 1 001

Tanggal Persetujuan :

Tanggal Persetujuan :

03 MAR 2020

LEMBAR PENGESAHAN

Judul TA : Sintesis Minyak Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis*) menjadi Biodiesel Menggunakan Metil Asetat dengan Metode Interesterifikasi

Nama : Nadia Ijkri Aulia

NIM : 165100600111002

Jurusan : Keteknikan Pertanian

Fakultas : Teknologi Pertanian

Dosen Penguji I,

Dosen Penguji II,

Dr. Ir. Sandra Malin Sutan, MP
NIP. 19631231 199303 1 021

Dr. Ir. Bambang Susilo, M.Sc.Agr
NIP. 19620719 198701 1 001

Ketua Jurusan

Dosen Penguji III,



La Choviya Hawa, STP, MP, Ph.D
NIP. 19780307 200012 2 001

Dr. Ir. Bambang Dwi Argo, DEA
NIP. 19610710 198601 1 001

03 MAR 2020

Tanggal Lulus TA:.....



Scanned with

LEMBAR PERUNTUKAN

ALHAMDULILLAH...

Sujud syukurku kupersembahkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan kesempatan dalam menyelesaikan skripsi saya dengan segala kekurangannya. Karya yang sederhana ini kupersembahkan untuk Ayah, Bunda, Adikku tercinta, dan semua orang yang ku sayang yang selalu memberikan doa, semangat, dukungan moral, dan spiritual.



PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nadia Ijkri Aulia

NIM : 165100600111002

Jurusan : Keteknikan Pertanian

Fakultas : Teknologi Pertanian

Judul TA : Sintesis Minyak Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis*) menjadi Biodiesel

Menggunakan Metil Asetat dengan Metode Interesterifikasi

Menyatakan bahwa,

Tugas Akhir dengan judul di atas merupakan karya asli penulis tersebut di atas. Apabila di kemudian hari terbukti pernyataan ini tidak benar saya bersedia dituntut sesuai hukum yang berlaku.

Malang, 7 Februari 2020

Pembuat Pernyataan,

Nadia Ijkri Aulia

NIM. 165100600111002

NADIA IJKRI AULIA. 165100600111002. Sintesis Minyak Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis*) menjadi Biodiesel Menggunakan Metil Asetat dengan Metode Interesterifikasi. Skripsi. Dosen Pembimbing: Dr. Ir. Sandra Malin Sutan, MP dan Dr. Ir. Bambang Susilo, M.Sc. Agr

RINGKASAN

Bahan Bakar Minyak (BBM) merupakan sumber energi yang sering digunakan oleh masyarakat Indonesia. Sehingga menyebabkan ketersediaan bahan baku BBM yang berupa sisa-sisa fosil semakin menipis karena jumlahnya yang tidak sebanding dengan jumlah pemakaian bahan bakar tersebut. Pengembangan sumber daya energi alternatif berbahan baku nabati seperti biodiesel dapat digunakan untuk pemecahan masalah energi pada saat ini. Biodiesel adalah bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan karena menghasilkan emisi gas buang yang relatif lebih bersih dibandingkan bahan bakar konvensional. Bahan baku nabati yang sering dipakai untuk biodiesel adalah minyak kelapa sawit (*Crude Palm Oil*).

Secara umum, proses pembuatan biodiesel dari minyak kelapa sawit dilakukan melalui metode transesterifikasi dengan menggunakan metanol. Namun, reaksi tersebut menghasilkan hasil samping berupa gliserol yang dapat mengurangi nilai ekonominya. Dalam penelitian kali ini, metode transesterifikasi diganti menjadi metode interesterifikasi dengan mengganti metanol menjadi metil asetat. Produk samping dari reaksi interesterifikasi berupa triasetil gliserol (triasetin) yang memiliki nilai jual lebih tinggi dibandingkan produk samping dari metode transesterifikasi. Tujuan dari penelitian kali ini adalah mengetahui kondisi optimal dari variasi konsentrasi katalis dan lama waktu sintesis terhadap karakteristik biodiesel dengan metode interesterifikasi. Penelitian ini menggunakan rancangan percobaan yaitu Rancang Acak Lengkap (RAL). Rancangan tersebut terdiri dari dua faktor, dimana faktor pertama adalah konsentrasi katalis NaOH dengan variasi level 1,0%, 1,5%, dan 2,0%, serta faktor kedua adalah lama waktu sintesis dengan

variasi level 3 jam dan 6 jam. Hasil biodiesel dilakukan pengujian nilai viskositas, rendemen, dan kandungan FAME.

Hasil analisis sidik ragam (ANOVA) menunjukkan adanya perlakuan variasi konsentrasi katalis NaOH dan waktu sintesis yang tidak memiliki pengaruh terhadap rendemen serta karakteristik biodiesel seperti viskositas, densitas, dan kandungan FAME. Diperoleh nilai rendemen antara 40,87% - 59,50%, viskositas antara 4,807 - 4,848 mm²/s, nilai densitas antara 0,869 - 0,870 g/ml, dan kandungan FAME antara 81,79 - 84,84 %. Dari hasil tersebut, karakteristik biodiesel telah sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) Biodiesel, kecuali FAME. Namun, kandungan FAME pada penelitian ini masih mendekati standar. Meskipun data yang dihasilkan tidak terdapat pengaruh secara signifikan, maka dalam menentukan perlakuan yang lebih baik dapat dikaitkan dengan keekonomisan (seperti waktu proses dan biaya). Perlakuan yang lebih baik pada penelitian ini adalah pada katalis NaOH 1% dan waktu sintesis selama 3 jam, dimana memiliki rendemen sebesar 49,16% dengan karakteristik yang memiliki nilai viskositas sebesar 4,813 mm²/s, densitas sebesar 0,869 g/ml, dan kandungan FAME sebesar 83,40%.

Kata Kunci: biodiesel, *crude palm oil*, interesterifikasi, metil asetat

NADIA IJKRI AULIA. 165100600111002. Synthesis of Palm Oil (*Elaeis guineensis*) to Biodiesel Using Methyl Acetate with Interesterification Method. Essay. Project Supervisor: Dr. Ir. Sandra Malin Sutan, MP and Dr. Ir. Bambang Susilo, M.Sc. Agr

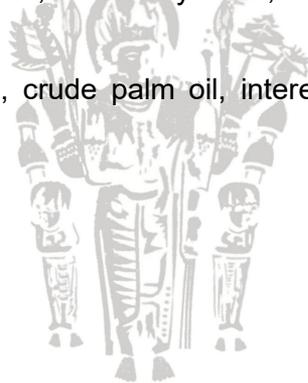
SUMMARY

Fuel oil (BBM) is an energy source that is often used by the people of Indonesia. Causing the availability of fuel raw materials in the form of fossil remains thinning because the amount is not proportional to the amount of fuel use. The development of alternative energy resources made from vegetable raw materials such as biodiesel can be used to solve energy problems at this time. Biodiesel is an alternative fuel that is environmentally friendly because it produces exhaust emissions that are relatively cleaner than conventional fuels. The vegetable raw material that is often used for biodiesel is Crude Palm Oil.

In general, the process of biodiesel manufacturing from palm oil is carried out through the transesterification method using methanol. However, the reaction produces a by-product of glycerol which can reduce its economic value. In this study, the transesterification method was changed to the interesterification method by changing methanol to methyl acetate. The by-product of the interesterification reaction is triacetyl glycerol (triacetin) which has a higher sale value than the by-product of the transesterification method. The purpose of this study is to determine the optimal condition of variation in catalyst concentration and synthesis time for biodiesel quality by interesterification method. This study uses an experimental design that is Completed Randomized Design (CRD). The design consists of two factors, where the first factor is the concentration of NaOH catalysts with levels of 1,0%, 1,5%, and 2,0%, and the second factor is the duration of synthesis with level of 3 hours and 6 hours. The results of biodiesel were tested for viscosity, yield, and FAME content.

Results of analysis of variance (ANOVA) showed that there were variations in NaOH catalyst concentration and synthesis time that did not have an effect on yield and biodiesel characteristics such as viscosity, density, and FAME content. Yield values between 40,87% - 59,50%, viscosity values between 4,807 - 4,848 mm²/s, density values between 0,869 - 0,870 g/ml, and FAME content between 81,79 - 84,84%. From these results in accordance with the Indonesian National Standard (SNI) Biodiesel, except FAME. However, the FAME content in this study is still approach to the standard. Although the resulting data have no significant effect, then in determining better treatment can be associated with economy (such as processing time and cost). The better treatment in this study was the 1% NaOH catalyst and the synthesis time for 3 hours, which has a yield of 49,16% with characteristics that have a viscosity value of 4,813 mm²/s, a density of 0,869 g/ml, and FAME content of 83,40%.

Keywords: biodiesel, crude palm oil, interesterification, methyl acetate



KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT, atas kelimpahan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal Tugas Akhir yang berjudul “Sintesis Minyak Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis*) menjadi Biodiesel Menggunakan Metil Asetat dengan Metode Interesterifikasi”.

Tugas Akhir merupakan salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik di Jurusan Keteknikan Pertanian, Prodi Teknik Bioproses. Dalam pelaksanaan dan penyusunan tugas akhir atau skripsi ini, banyak pihak yang telah berkontribusi. Oleh karena itu, saya mengucapkan terimakasih kepada:

1. Kedua orang tua, Rif'at, dan segenap keluarga yang selalu memberikan do'a, dukungan moril dan spiritual, serta semangat untuk menyelesaikan proposal Tugas Akhir ini.
2. Ibu La Choviya Hawa, STP. MP. PhD selaku Ketua Jurusan Keteknikan Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya Malang.
3. Bapak Dr. Ir. Sandra Malin Sutan, MP dan Dr. Ir. Bambang Susilo, M.Sc. Agr selaku dosen pembimbing atas segala kesabaran, nasihat, arahan, dan bimbingan kepada penulis.
4. Bapak Dr. Ir. Bambang Dwi Argo, DEA selaku dosen penguji skripsi atas masukan serta saran perbaikannya.
5. Anisha Zalika yang selalu memberi dukungan dan doa.
6. Aditha Riangputri, Berliana Permatasari, dan Sintiya Nur Aliza yang selalu memberikan semangat dalam menyelesaikan skripsi.
7. Addieny Sugesti, Ainayya Alfatiqah, Nur Millati Hanifah, Audilla Riska, Chika Algenisma, Firdha Dwi, Mervy Prasafriila, Salsabilla Firdaus, Yovanda, dan Yuni yang telah memberikan bantuan, semangat, dan doa sehingga proses penelitian dan penyusunan tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.
8. Teman-teman Teknik Bioproses angkatan 2016 yang selalu mengisi hari-hari kuliah dikelas, tugas dan belajar

kelompok, hingga menekuni topik penelitiannya masing-masing.

9. Semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari pihak pembaca. Semoga tulisan ini dapat memberikan manfaat kepada semua pihak yang memerlukannya.

Malang, Februari 2020

Nadia Ijcri Aulia



DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	i
LEMBAR PERSETUJUAN.....	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PENGESAHAN.....	Error! Bookmark not defined.
RIWAYAT HIDUP.....	iv
LEMBAR PERUNTUKAN.....	v
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	vi
RINGKASAN.....	vii
SUMMARY.....	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Kelapa Sawit.....	5
2.2 Biodiesel.....	6
2.3 Interesterifikasi.....	8
2.4 Triasetin.....	11
2.5 Kajian Pustaka Penelitian Sebelumnya.....	12
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	16
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	16
3.2 Alat dan Bahan.....	16
3.2.1 Alat.....	16
3.2.2 Bahan.....	17
3.3 Metode Penelitian.....	17
3.4 Pelaksanaan Penelitian.....	19
3.4.1 Persiapan metil asetat.....	19
3.4.2 Pelarutan NaOH ke dalam metil asetat.....	19
3.4.3 Interesterifikasi.....	20
3.4.4 Pemurnian Metil Ester.....	21



3.5 Diagram Alir Penelitian..... 22

3.5.1 Diagram Alir Persiapan Metil Asetat..... 22

3.5.2 Diagram Alir Pelarutan NaOH kedalam Metil Asetat 23

3.5.3 Diagram Alir Interesterifikasi..... 24

3.5.4 Diagram Alir Pemurnian Metil Ester..... 26

3.6 Parameter Penelitian dan Analisis Data..... 27

3.6.1 Parameter Penelitian..... 27

3.6.2 Analisis Data..... 28

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN..... 30

4.1 Analisa Hasil Data Biodiesel Minyak Sawit..... 31

4.1.1 Rendemen..... 31

4.1.2 Viskositas Kinematik..... 34

4.1.3 Densitas..... 38

4.1.4 FAME..... 42

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN..... 48

5.1 Kesimpulan..... 48

5.2 Saran..... 48

DAFTAR PUSTAKA..... 50



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi Asam Lemak Minyak Kelapa Sawit..... 6

Tabel 2.2 Syarat Mutu Biodiesel Skala Nasional..... 7

Tabel 2.3 Standar Mutu Biodiesel Skala Internasional..... 8

Tabel 2.4 Kajian Pustaka..... 12

Tabel 3.1 Alat yang Digunakan Dalam Penelitian..... 16

Tabel 3.2 Bahan yang Digunakan Dalam Penelitian..... 17

Tabel 3.3 Faktor Perlakuan Waktu Sintesis dan Konsentrasi Katalis..... 18



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Reaksi Interesterifikasi Menggunakan Etil Asetat.. 9

Gambar 2.2 Reaksi Interesterifikasi Menggunakan Metil Asetat 9

Gambar 2.3 Reaksi Pembentukan Triasetin..... 11

Gambar 4.1 Minyak Sawit..... 30

Gambar 4.2 Biodiesel Minyak Sawit..... 30

Gambar 4.3 Triasetin..... 30

Gambar 4.4 Rendemen Biodiesel Minyak Sawit..... 31

Gambar 4.5 Viskositas Kinematik Pada Biodiesel Minyak Sawit 35

Gambar 4.6 Densitas Pada Biodiesel Minyak Sawit..... 39

Gambar 4.7 Grafik Kromatogram FAME Biodiesel Minyak Sawit dengan Konsentrasi Katalis 1% dan Waktu Sintesis 3 Jam pada Ulangan 1..... 42

Gambar 4.8 Grafik Kromatogram FAME Biodiesel Minyak Sawit dengan Konsentrasi Katalis 1% dan Waktu Sintesis 3 Jam pada Ulangan 2..... 43

Gambar 4.9 Grafik Kromatogram FAME Biodiesel Minyak Sawit dengan Konsentrasi Katalis 1% dan Waktu Sintesis 3 Jam pada Ulangan 3..... 43

Gambar 4.8 Kandungan FAME Pada Biodiesel Minyak Sawit 45



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Perhitungan Jumlah Metil Asetat yang Digunakan	55
Lampiran 2.	Perhitungan Massa NaOH yang Digunakan.....	57
Lampiran 3.	Hasil Uji Nilai FFA pada Minyak Sawit.....	58
Lampiran 4.	Spesifikasi Metil Asetat.....	59
Lampiran 5.	Spesifikasi NaOH.....	60
Lampiran 6.	Perhitungan Rendemen.....	61
Lampiran 7.	Hasil Viskositas, Densitas, dan FAME.....	66
Lampiran 8.	Hasil GC Biodiesel Minyak Sawit.....	70
Lampiran 9.	Standar Deviasi pada Rendemen.....	88
Lampiran 10.	Standar Deviasi pada Viskositas.....	89
Lampiran 11.	Standar Deviasi pada Densitas.....	90
Lampiran 12.	Standar Deviasi pada FAME.....	91
Lampiran 13.	Analisis Sidik Ragam Pengaruh Jenis Katalis dan Lama Waktu Interesterifikasi Terhadap Nilai Rendemen Biodiesel.....	92
Lampiran 14.	Analisis Sidik Ragam Pengaruh Jenis Katalis dan Lama Waktu Interesterifikasi Terhadap Nilai Viskositas Biodiesel.....	93
Lampiran 15.	Analisis Sidik Ragam Pengaruh Jenis Katalis dan Lama Waktu Interesterifikasi Terhadap Nilai Densitas Biodiesel.....	94
Lampiran 16.	Analisis Sidik Ragam Pengaruh Jenis Katalis dan Lama Waktu Interesterifikasi Terhadap Nilai FAME Biodiesel.....	95
Lampiran 17.	Dokumentasi Kegiatan Penelitian.....	96

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penggunaan sumber energi di Indonesia masih didominasi oleh bahan bakar minyak (BBM). Bahan baku BBM adalah minyak bumi yang berasal dari proses penguraian organisme tumbuhan dan hewan berukuran sangat kecil (*plankton*) yang mati dan terkubur di lautan purba jutaan tahun yang lalu. Penguraian yang berjalan lambat menyebabkan minyak bumi terbentuk dalam jangka waktu yang sangat lama sehingga bersifat tidak dapat diperbaharui.

Menurut Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional (2018), jumlah penduduk Indonesia di tahun 2019 diproyeksikan mencapai 266,91 juta jiwa yang terdiri atas 134 juta jiwa laki-laki dan 132,89 juta jiwa perempuan. Jumlah tersebut mengalami peningkatan jika dibandingkan pada tahun 2018 dengan jumlah penduduk sebesar 265 juta jiwa. Peningkatan tersebut berpengaruh terhadap penggunaan sumber energi di Indonesia. Hal ini dikarenakan tingginya angka penduduk di Indonesia juga mempengaruhi peningkatan jumlah kendaraan guna mendukung terdistribusinya barang (produk) dan jasa ke berbagai kota maupun pelosok daerah. Oleh karena itu, dibutuhkan sumber daya energi alternatif selain minyak bumi untuk mengatasi permasalahan tersebut.

Indonesia merupakan negara yang memiliki sumber daya alam yang sangat potensial untuk dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif. Salah satu sumber energi alternatif yang terbarukan adalah biodiesel. Biodiesel adalah salah satu bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan. Hal ini dikarenakan biodiesel menghasilkan emisi gas buang yang relatif lebih bersih dibandingkan bahan bakar konvensional. Pembuatan biodiesel pada dasarnya dilakukan dengan mensintesis minyak nabati menjadi biodiesel, dimana arti dari sintesis adalah suatu integrasi dari dua atau lebih elemen yang menghasilkan suatu hasil yang baru. Sintesis biodiesel telah banyak dilakukan dengan memakai berbagai macam minyak nabati, salah satunya adalah minyak kelapa sawit (*Crude Palm Oil*).



Secara komersial, proses pembuatan biodiesel dari minyak kelapa sawit dilakukan melalui reaksi transesterifikasi dengan menggunakan alkohol. Namun, reaksi tersebut menghasilkan hasil samping berupa gliserol yang dapat mengurangi nilai ekonomi biodiesel. Gliserol juga masih belum banyak diolah, sehingga memiliki nilai jual lebih rendah. Selain itu, adanya penggunaan alkohol memiliki kelemahan yaitu proses pemurnian produk yang bercampur secara homogen, sehingga sulit untuk dipisahkan, serta apabila alkohol bereaksi dengan trigliserida dapat terjadi reaksi samping yaitu saponifikasi atau reaksi penyabunan yang mengakibatkan proses pemisahan produk semakin sulit.

Dengan demikian, untuk menyelesaikan masalah tersebut, maka pada penelitian kali ini digunakan metode interesterifikasi dengan menggunakan metil asetat sebagai pendonor alkil. Hal ini dikarenakan pada metode interesterifikasi dapat menghindari teknik pemurnian dan pemisahan yang kompleks sehingga memiliki kelebihan dibandingkan metode transesterifikasi. Selain itu, produk samping dari proses interesterifikasi ini menghasilkan triasetin yang memiliki nilai jual lebih tinggi dibandingkan nilai jual produk samping dari proses transesterifikasi berupa gliserol. Triasetin memiliki fungsi sebagai bahan aditif dalam industri pabrik baik di bidang makanan, farmasi, maupun kosmetik. Terdapat 3 tahap pembentukan triasetin beserta FAME-nya berturut-turut dimulai dari pembentukan monoacetindigliserida (MADG), diacetinmonogliserida (DAMG), dan Triasetin. *Treatment* dalam mengkonversi minyak kelapa sawit menjadi biodiesel telah dilakukan oleh Marno (2008). Pada penelitian tersebut menggunakan biokatalis berupa enzim *candida rugosa lipase* dan telah berhasil menghasilkan yield biodiesel sebesar 86,55%. Namun, penggunaan enzim sebagai biokatalis memiliki kelemahan yaitu harga yang relatif mahal, hanya dapat dipakai untuk satu kali reaksi, ketidak-stabilan enzim, dan ketersediaan enzim yang sangat sedikit (Setyahadi *et al.*, 2011). Jenis katalis yang akan digunakan pada penelitian ini adalah NaOH. Terdapat 4 tahap dalam melakukan penelitian ini yaitu pembuatan larutan metil asetat, pelarutan NaOH ke dalam metil asetat, interesterifikasi, dan pemurnian hasil interesterifikasi.

Setelah dilakukan tahapan tersebut, dilakukan uji analisis berupa nilai rendemen, viskositas, densitas, dan FAME.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana proses pembuatan biodiesel dengan metode interesterifikasi menggunakan variasi konsentrasi katalis dan lama waktu sintesis yang berbeda?
2. Bagaimana pengaruh variasi konsentrasi katalis dan lama waktu sintesis yang berbeda terhadap karakteristik biodiesel yang dihasilkan?
3. Bagaimana variabel perlakuan yang berpengaruh secara signifikan terhadap syarat mutu biodiesel diantara konsentrasi katalis serta lama waktu sintesis berdasarkan metode Rancang Acak Lengkap (RAL)?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menguraikan proses pembuatan biodiesel dengan metode interesterifikasi menggunakan variasi konsentrasi katalis dan lama waktu sintesis yang berbeda.
2. Menganalisis pengaruh variasi konsentrasi katalis dan lama waktu sintesis yang berbeda terhadap karakteristik biodiesel yang dihasilkan.
3. Menjelaskan variabel perlakuan yang berpengaruh secara signifikan terhadap syarat mutu biodiesel yang dihasilkan diantara konsentrasi katalis serta lama waktu sintesis berdasarkan metode Rancang Acak Lengkap (RAL).

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi Penulis



- Penulis mengetahui proses pembuatan biodiesel dengan menggunakan variasi konsentrasi katalis dan lama waktu sintesis yang berbeda.

- Penulis dapat mengaplikasikan ilmu yang telah didapatkan selama masa perkuliahan dan dapat menambah wawasan serta pengetahuan pada bidang penelitian terkait.

2. Bagi Peneliti Selanjutnya

Manfaat untuk penelitian ke depan adalah penelitian ini dapat dijadikan sebagai acuan untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

3. Bagi Masyarakat

- Memberikan wawasan kepada masyarakat mengenai proses pembuatan biodiesel dengan metode interesterifikasi.

- Memberikan wawasan mengenai mutu biodiesel hasil variasi konsentrasi katalis dan lama waktu sintesis yang dihasilkan.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Penelitian ini dilakukan dalam skala laboratorium.
2. Penelitian ini menggunakan substrat berupa minyak sawit yang dipakai untuk pembuatan biodiesel.
3. Penelitian ini menggunakan metil asetat sebagai penyuplai gugus alkil.
4. Penelitian ini menggunakan NaOH sebagai katalis.
5. Reaksi yang dilakukan dalam reaktor bersistem *batch*.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kelapa Sawit

Kelapa sawit merupakan jenis tanaman perkebunan berupa pohon yang secara komersial ditanam di Indonesia sejak tahun 1911. Umur ekonomis tanaman kelapa sawit yang dibudidayakan umumnya 25 tahun. Hal tersebut dikarenakan ketika umur tanaman lebih dari 25 tahun, maka tanaman sudah tinggi dan sulit untuk dipanen. Tanaman ini biasanya dapat dikenali dengan melihat ciri fisiologinya berupa daun majemuk yang berwarna hijau tua dan memiliki buah yang bercabang banyak. Menurut Pardamean (2013), buah kelapa sawit terdiri dari 3 lapisan sebagai berikut:

1. Eksoskarp : bagian kulit buah yang berwarna kemerahan dan licin
2. Mesoskarp : bagian serabut buah
3. Endoskarp : bagian cangkang pelindung inti. Inti sawit merupakan endosperm dan embrio dengan kandungan minyak inti yang berkualitas tinggi

Kelapa sawit menghasilkan dua jenis minyak yang berbeda yaitu CPO (*Crude Palm Oil*) dan PKO (*Palm Kernel Oil*). *Crude Palm Oil* atau minyak kelapa sawit adalah minyak yang diambil dari mesoskarp kelapa sawit, sedangkan PKO diperoleh dari inti (kernel) buah kelapa sawit (Maimun *et al.*, 2017). Produk yang dihasilkan dari pengembangan minyak sawit di antaranya adalah minyak goreng, mentega, kue, dan bahan baku penting untuk industri lain seperti bahan pembuatan biodiesel (*renewable energy*). Kelapa sawit memiliki beberapa keuntungan dalam pembuatan biodiesel yaitu mudah didapat karena Indonesia merupakan negara penghasil minyak kelapa sawit terbesar kedua didunia dan relatif murah. Selain itu, pembuatan bahan bakar yang dihasilkan dari minyak kelapa sawit telah diteliti lebih ramah lingkungan karena bebas dari nitrogen, sulfur, dan senyawa aromatik sehingga emisi pembakaran yang dihasilkan menjadi ramah lingkungan (Puspitaningati *et al.*, 2013). Menurut Umami (2015), komposisi

asam lemak minyak kelapa sawit yang dapat dilihat pada **Tabel**

2.1:

Tabel 2.1 Komposisi Asam Lemak Minyak Kelapa Sawit

Asam lemak	Jumlah (%)
Asam Oleat	30 - 45
Asam Linoleat	7 - 11
Asam Miristat	1,1 - 2,5
Asam Palmitat	40 - 46
Asam Stearat	3,6 - 4,7

Sumber: Umami, 2015

Minyak kelapa sawit atau minyak sawit termasuk kedalam bagian dari minyak nabati. Kandungan asam lemak bebas atau *Free Fatty Acid* (FFA) pada minyak nabati disarankan angka yang dapat ditoleransi oleh katalis basa pada reaksi interesterifikasi yaitu kurang dari 2% dan lebih baik apabila kurang dari 1%. Hal ini dikarenakan keberadaan FFA dapat menghidrolisis minyak. Selain itu, adanya FFA selama proses interesterifikasi akan menyebabkan terbentuknya sabun karena FFA bereaksi dengan katalis basa (Marno, 2008).

2.2 Biodiesel

Biodiesel adalah bahan bakar alternatif yang berasal dari minyak nabati atau lemak hewani. Secara konvensional, biodiesel yang berasal dari minyak kelapa sawit dibuat dengan cara esterifikasi atau transesterifikasi minyak sawit (Pardamean, 2011). Pada reaksi transesterifikasi, trigliserida bereaksi dengan metanol atau etanol untuk menghasilkan ester sebagai produk utama dan gliserol sebagai produk samping (Sootchiewcharn *et al.*, 2015). Biodiesel ini termasuk bahan bakar ramah lingkungan karena menghasilkan emisi gas buang yang jauh lebih baik dibandingkan dengan diesel atau solar yaitu bebas sulfur, bilangan asap yang rendah, memiliki *cetane number* yang lebih



tinggi sehingga pembakaran lebih sempurna, memiliki sifat pelumasan terhadap piston mesin, dan dapat terurai (*biodegradable*) sehingga tidak menghasilkan racun (*non toxic*) (Marno, 2008). Produk biodiesel harus memenuhi syarat mutu yang sudah ditetapkan untuk dapat dipakai sebagai bahan bakar. Di Indonesia terdapat standar mutu biodiesel yaitu Standar Nasional Indonesia (SNI). Berikut syarat mutu biodiesel yang dapat dilihat pada **Tabel 2.2**.

Tabel 2.2 Syarat Mutu Biodiesel Skala Nasional

No	Parameter	Unit	Nilai
1.	Densitas (15°C)	g/ml	0,85-0,89
2.	Viskositas kinematik (40°C)	mm ² /s	2,3-6,0
3.	Angka setana		min. 51
4.	Titik nyala	°C	min. 100
5.	Air dan sedimen	%vol	maks. 0,05
6.	Abu tersulfatkan	% (m/m)	maks. 0,02
7.	Angka asam	mg-KOH/g	maks. 0,5
8.	Gliserol bebas	% (m/m)	maks. 0,02
9.	Gliserol total	% (m/m)	maks. 0,24
10.	Kadar metil ester	% (m/m)	min. 96,5

Sumber: Standar Nasional Indonesia (SNI) 7182:2015

Selain menggunakan Standar Nasional Indonesia (SNI), juga dapat menggunakan standar lain yang berlaku di beberapa negara di dunia misalnya Jerman, Italia, Swedia, USA, Europe, Prancis, dan Austria. Berikut ini syarat mutu biodiesel dalam skala Internasional yang dapat dilihat pada **Tabel 2.3**.

Tabel 2.3 Standar Mutu Biodiesel Skala Internasional

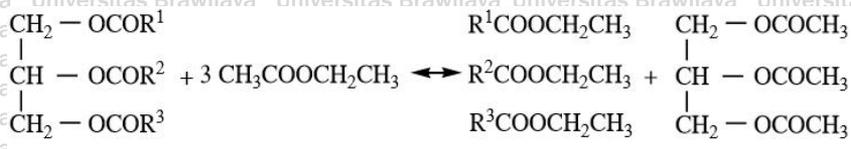
No.	Parameter	Unit	Negara						
			Jerman	Italia	Swedia	USA	Eropa	Pra-nasional	Australia
1.	Standar		DIN	UNI	SS	AS	PrE	Jou	ON
						TM	N	OR	
						D67		M	
						5			
2.	Viskositas kinematik (40°C)	mm ² /s	3,5-5,0	3,5-5,0	3,5-5,0	1,9-6,0	3,5-5,0	3,5-5,0	3,5-5,0
3.	Densitas (15°C)	kg/m ³	875-900	860-900	870-900	-	860-900	870-900	850-890
4.	Titik nyala	°C	110	100	100	130	120	100	100
5.	Total sulfur	%mas	0,01	0,01	0,01	0,05	0,01	-	0,02
6.	Kandungan air	mg/kg	300	700	300	-	500	200	-
7.	Bilangan cetana		49	-	48	47	51	49	49
8.	Bilangan penyabunan	mg KO/H/g	-	170	-	-	-	-	-

Sumber: Hambali *et al.*, 2006 dalam Solikhah 2010

2.3 Interesterifikasi

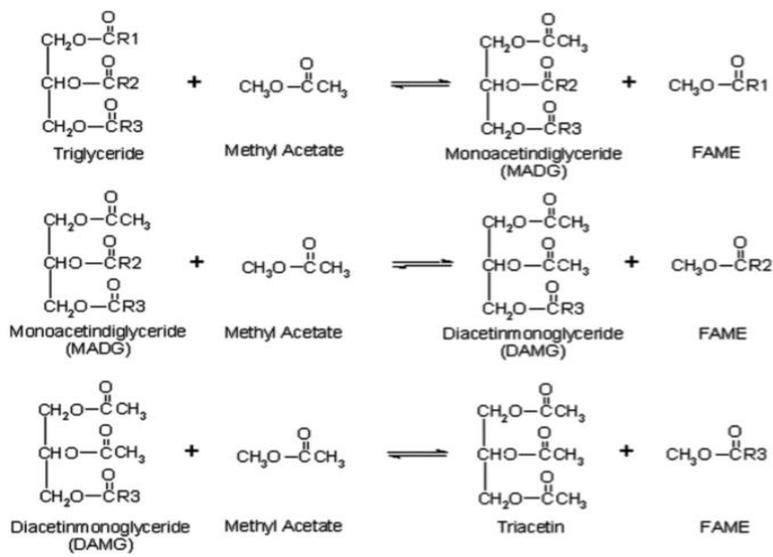
Sintesis biodiesel terbagi menjadi 2 cara yaitu melalui rute alkohol dan rute non alkohol. Pada sintesis biodiesel melalui rute alkohol atau biasa disebut dengan reaksi transesterifikasi, metanol berperan sebagai penyuplai alkil (metil), sedangkan pada rute non alkohol disebut sebagai reaksi interesterifikasi dimana metanol akan digantikan perannya oleh etil asetat maupun metil asetat sebagai penyuplai alkil (Maulana, 2012).

Adapun reaksi stoikiometri antara trigliserida dan etil asetat sebagai berikut (Sootchiewcham *et al.*, 2015):



Triglycerides Ethyl acetate FAEE Triacetin
Gambar 2.1 Reaksi Interesterifikasi Menggunakan Etil Asetat

Adapun reaksi stoikiometri antara trigliserida dan metil asetat sebagai berikut (Casa *et al.*, 2011):



Gambar 2.2 Reaksi Interesterifikasi Menggunakan Metil Asetat

Adanya penggantian alkohol dengan alkil asetat ini diharapkan mampu menghasilkan *yield* yang baik. Selain itu, produk samping rute non-alkohol ini adalah triasetin yang memiliki nilai jual yang tinggi dibandingkan produk samping rute

alkohol yaitu gliserol (Pristiyani, 2015). Interesterifikasi dapat digambarkan sebagai pertukaran gugus antara dua buah ester (Maulana, 2012). Terdapat penelitian yang telah dilakukan oleh Listiadi *et al.* (2013) untuk proses interesterifikasi menggunakan minyak jelantah. Dalam penelitian yang dilakukan Listiadi *et al* mendapatkan hasil perlakuan terbaik yaitu pada lama waktu interesterifikasi 1 jam, suhu 60°C, perbandingan mol antara minyak dengan metil asetat 1:6, dan konsentrasi katalis KOH 1%. *Yield* terbaik yang dihasilkan sebesar 87,63%. Selain itu, terdapat penelitian Mahmudati (2016) menggunakan minyak jarak pagar. Perlakuan terbaik pada reaksi interesterifikasi tersebut adalah pada lama waktu interesterifikasi 8 jam, suhu 40°C, perbandingan mol antara minyak dengan etil asetat 1:6, dan konsentrasi katalis sodium metoksida 1%. *Yield* terbaik yang dihasilkan sebesar 87,42%. Interesterifikasi memiliki 2 jenis yaitu sebagai berikut:

1. Interesterifikasi Kimia

Interesterifikasi kimia atau acak adalah proses modifikasi interesterifikasi minyak dan lemak yang paling sering diterapkan karena dapat dilakukan dengan mudah dan lebih murah dibandingkan interesterifikasi enzimatik atau langsung (Amir *et al.*, 2012). Modifikasi lemak dengan cara kimia dilakukan dengan menggunakan katalis kimia, misalnya NaOH dan KOH (Listiadi *et al.*, 2013).

2. Interesterifikasi Enzimatik

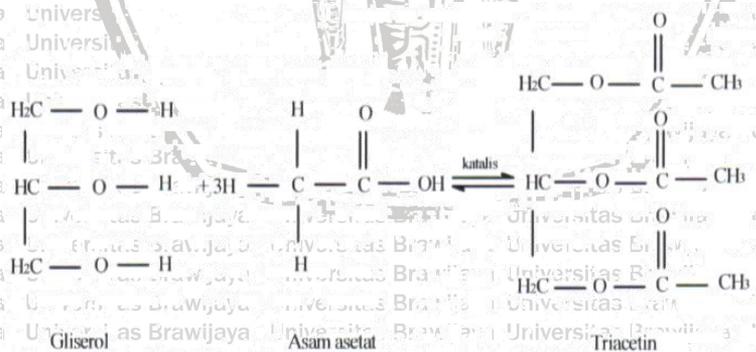
Reaksi interesterifikasi dengan cara enzim dapat dilakukan dengan menggunakan lipase dan papain sebagai katalis (Listiadi *et al.*, 2013). Pada kondisi air yang cukup, lipase akan cenderung mengkatalisis reaksi hidrolisis. Namun, apabila kondisi air yang terbatas, maka lipase akan cenderung melakukan reaksi interesterifikasi dibandingkan hidrolisis. Kelebihan dari reaksi interesterifikasi enzimatik dibandingkan dengan cara kimia adalah lebih spesifik. Hal ini dikarenakan enzim berlangsung pada kondisi dan tahapan yang lebih sederhana, dapat bekerja pada suhu dibawah 100°C, produk lebih mudah diperoleh kembali, mengurangi kehilangan lemak atau minyak sebagai pereaksi, dan mengurangi degradasi tokoferol. Namun, interesterifikasi enzimatik memiliki kekurangan yaitu mahal. Akan tetapi, hal tersebut dapat



dikurangi apabila enzim yang dipakai sebagai katalis bisa dipakai berulang dengan cara diamobilkan (Satrio, 2018).

2.4 Triasetin

Triasetin atau triacetyleglycerol merupakan salah satu bioaditif dan produk turunan gliserol yang banyak dikembangkan (Pristiyani, 2015). Triasetin adalah senyawa ester yang menghasilkan puncak-puncak serapan dalam analisis FTIR pada bilangan gelombang 1700-1750 cm^{-1} (Nuraeni *et al.*, 2019). Triasetin dihasilkan dari reaksi antara gliserol dan asam asetat, dimana gliserol dapat diperoleh dari hasil samping pembuatan biodiesel (Aktawan *et al.*, 2016). Triasetin dapat disintesis menggunakan katalis homogen dan membutuhkan waktu hingga 72 jam. Selain itu, triasetin dapat diproduksi menggunakan katalis heterogen (Widayat *et al.*, 2013). Kegunaan dari triasetin adalah sebagai aditif untuk meningkatkan *cold flow*, menurunkan viskositas biodiesel, *antiknocking*, meningkatkan nilai oktan pada bensin sebagai alternatif dari alkil eter komersial, serta bahan aditif dalam industri makanan, farmasi, dan kosmetik (Nuraeni *et al.*, 2019). Berikut reaksi pembentukan triasetin (Widayat *et al.*, 2013):



Gambar 2.3 Reaksi Pembentukan Triasetin

2.5 Kajian Pustaka Penelitian Sebelumnya

Metode interesterifikasi telah banyak dilakukan penelitian mulai dari tahun 2008 hingga tahun 2016. Rata-rata masih banyak menggunakan biokatalis sebagai katalis dalam penelitian yang dilakukan. Selain itu, terdapat penggunaan katalis kimia dalam proses yang dilakukan. Berikut kajian pustaka penelitian sebelumnya yang dapat dilihat pada **Tabel 2.4**.

Tabel 2.4 Kajian Pustaka

Judul Penelitian	Topik	Peneliti
Reaksi Interesterifikasi Minyak Jelantah dengan Metil Asetat menggunakan Biokatalis <i>Candida Rugosa</i> Lipase untuk Memproduksi Biodiesel	Topik yang diteliti adalah mengetahui kemampuan biokatalis dalam mengonversi asam lemak dari trigliserida minyak jelantah. Rasio mol minyak:metil asetat sebesar 1:12 selama 50 jam reaksi. Didapatkan uji efek inhibisi diperoleh % <i>yield</i> terbesar 28,30% untuk lipase tersuspensi, sedangkan untuk uji variasi diperoleh % <i>yield</i> terbedasar 26,49% pada suhu 50°C.	Rizkiyadi (2008)
Interesterifikasi Minyak Kelapa Sawit dengan Metil Asetat Menggunakan Biokatalis untuk Memproduksi Biodiesel	Topik yang diteliti adalah menyelidiki pengaruh biokatalis (Novozym 435) terhadap konsentrasi biodiesel yang dihasilkan. Kondisi optimal yang digunakan dengan menggunakan konsentrasi biokatalis Novozym 435 4% wt dan rasio minyak:metil asetat 1:12. Kondisi tersebut menghasilkan % <i>yield</i> biodiesel sebesar 86,55%.	Marno (2008)



<p>New Trends in Biodiesel Production: Chemical Interesterification of Sunflower Oil With Methyl Acetate</p>	<p>Topik yang diteliti adalah mencari penggunaan katalis kimia yang maksimal untuk membuat biodiesel dari minyak bunga matahari. Kondisi optimal yang didapatkan adalah pada rasio minyak:metil asetat (1:12), suhu 50°C, dan katalis potassium methoxide (katalis yang efisien digunakan dalam proses interesterifikasi kimia). Kondisi tersebut menghasilkan FAME sebesar 76,7%.</p>	<p>Casas <i>et al.</i> (2011)</p>
<p>Pemanfaatan <i>Whole Cell Candida Rugosa</i> Sebagai Biokatalis untuk Sintesis Biodiesel melalui Rute Non-Alkohol</p>	<p>Topik yang diteliti adalah sintesis biodiesel dengan memanfaatkan <i>whole cell Candida rugosa lipase</i> sebagai biokatalis. Didapatkan hasil biodiesel dengan <i>yield</i> sebesar 40,16% dan densitas berada dalam nilai <i>range</i> dari biodiesel yaitu 0,89 g/ml untuk sampel dengan biokatalis 20% berat dan 0,90 g/ml untuk biokatalis dengan 10% berat substrat</p>	<p>Maulana (2012)</p>
<p>Sintesis Biodiesel Rute Non Alkohol dari Minyak Goreng dengan Biokatalis Terimmobilisasi <i>Entrapment</i> Pada Reaktor <i>Batch</i> dan Reaktor <i>Packed Bed</i></p>	<p>Topik yang diteliti adalah optimalisasi metode imobilisasi enzim lipase terpilih yaitu metode <i>entrapment</i> (menggunakan serbuk zeolit dan NaF) dan sintesis biodiesel. Adapun sintesis biodiesel dilakukan pada rasio minyak kelapa sawit dan metil asetat sebesar 1:12. Dilakukan pada kondisi suhu 37°C, <i>shaker</i> 150 rpm, biokatalis 3% berbanding massa serbuk zeolit, dan dalam waktu reaksi 40 jam. Didapatkan hasil % <i>yield</i> biodiesel sebesar 64,52%.</p>	<p>Parthu (2012)</p>

<p>Intensifikasi Biodiesel dari Minyak Jelantah dengan Metode Interesterifikasi dan Pemurnian <i>Dry Washing</i></p>	<p>Topik yang diteliti adalah pengembangan sintesis biodiesel menggunakan rute non alkohol dan dilakukan tahap pemurnian <i>dry washing</i> untuk mengoptimalkan <i>yield</i> biodiesel. Kondisi terbaik didapatkan pada rasio minyak jelantah:metil asetat 1:6, suhu 60°C, katalis KOH 1%, dan waktu reaksi selama 1 jam. Kondisi tersebut menghasilkan <i>yield</i> 87,63%, densitas 880,3 kg/m³, dan viskositas 7,24 cSt</p>	<p>Listiadi <i>et al.</i> (2013)</p>
<p>The Synthesis Biodiesel from Palm Oil Through Interesterification Using Immobilized Lipase Enzymes as Catalyst</p>	<p>Topik yang diteliti adalah mengganti peran katalis basa dengan biokatalis Lipozyme untuk mensintesis biodiesel. <i>Shaker</i> yang digunakan 150 rpm. Hasil terbaik didapatkan pada kondisi rasio molar minyak:metil asetat 1:6, suhu 50°C, waktu reaksi selama 10 jam, dan jumlah biokatalis (Lipozyme RM IM) adalah 30%. Kondisi tersebut menghasilkan densitas 0,86524 g/ml dan viskositas 3,517 cSt</p>	<p>Manurung <i>et al.</i> (2014)</p>
<p>Sintesis Biodiesel dan <i>Fuel Bioadditive</i> Triasetin secara Simultan dengan Metode Interesterifikasi Minyak Jarak (<i>Jatropha curcas</i>)</p>	<p>Topik yang diteliti adalah mencari kondisi optimum dengan variasi konsentrasi katalis KOH (0,5%, 0,75%, 1%, dan 1,25%), variasi rasio mol etil asetat:minyak jarak (6:1, 9:1, 15:1, 30:1, dan 60:1), variasi suhu (60°C dan 70°C), dan variasi waktu (1, 3, 6, dan 8 jam). Didapatkan hasil terbaik pada katalis KOH 0,5%, rasio 1:6, suhu 70°C, dan waktu reaksi selama 6 jam. Namun, <i>yield</i> biodiesel yang dihasilkan belum sesuai dengan standar SNI yaitu 13,79%.</p>	<p>Pristiyani (2015)</p>



<p>Sintesis Biodiesel dari CPO Metode Non-Alkohol dengan Biokatalis Enzim Papain Tersuspensi</p>	<p>Topik yang diteliti adalah mensintesis biodiesel menggunakan biokatalis (enzim papain) melalui rute non-alkohol agar aktivitas dan stabilitas biokatalis tetap tinggi. Kondisi optimal yang didapatkan adalah pada rasio minyak:metil asetat 1:6, suhu 55°C, dan waktu reaksi selama 12 jam. Kondisi tersebut menghasilkan densitas 0,8769 g/ml dan viskositas 2,65 cSt.</p>	<p>Risnarno <i>et al.</i> (2016)</p>
--	---	--------------------------------------



BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Proses pengolahan biodiesel dan uji rendemen dilakukan di Laboratorium Biologi Dasar, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya. Pengujian yang terdiri dari uji viskositas, denstas, dan kandungan FAME dilakukan di Laboratorium Kimia Analisis dan Instrumentasi, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang. Adapun untuk waktu pelaksanaan penelitian akan dilakukan dari bulan Oktober hingga bulan Desember 2020.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Penelitian ini digunakan beberapa peralatan untuk menunjang pelaksanaan penelitian. Alat yang digunakan dapat dilihat pada **Tabel 3.1** sebagai berikut.

Tabel 3.1 Alat yang Digunakan Dalam Penelitian

Alat	Fungsi
<i>Waterbath shaker</i>	Sebagai alat utama proses interesterifikasi
Gelas ukur 100 ml	Untuk mengukur volume metil asetat
Labu erlenmeyer 250 ml	Sebagai wadah metil asetat dan proses interesterifikasi
<i>Aluminium foil</i>	Penutup erlenmeyer yang berisi metil asetat dan proses interesterifikasi
Neraca analitik	Untuk menghitung massa katalis NaOH
Corong	Untuk memasukkan metil asetat ke dalam labu erlenmeyer

Hotplate stirrer

Untuk melarutkan katalis ke dalam metil asetat

Stopwatch

Untuk menghitung waktu reaksi

Corong pisah 250 ml

Untuk memisahkan lapisan metil ester dan triasetin

Gelas arloji

Sebagai wadah katalis

Mortar dan alu

Untuk menghaluskan NaOH padat

Spatula

Untuk meletakkan NaOH kedalam erlenmeyer

Pipet tetes

Untuk mengambil metil asetat

Botol kaca

Untuk tempat meletakkan sampel

3.2.2 Bahan

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada **Tabel 3.2** sebagai berikut.

Tabel 3.2 Bahan yang Digunakan Dalam Penelitian

Bahan	Fungsi
Minyak kelapa sawit	Bahan baku penelitian
NaOH	Katalis
Metil asetat	Penyuplai gugus alkil
Aquades	Bahan untuk dimasukkan kedalam <i>waterbath shaker</i> dan sebagai cairan pembersih alat

3.3 Metode Penelitian

Penelitian akan dilakukan secara eksperimental dengan skala laboratorium. Metode yang dilakukan untuk pembuatan biodiesel ini adalah interesterifikasi. Rancangan percobaan ini menggunakan metode Rancang Acak Lengkap (RAL) faktorial 3 x 2 dengan 3 kali ulangan.



1. Faktor pertama adalah konsentrasi katalis yang digunakan terdiri dari 4 variasi konsentrasi, yaitu :

K1 = 1,0% NaOH

K2 = 1,5% NaOH

K3 = 2,0% NaOH

2. Faktor kedua adalah lamanya waktu sintesis yang terdiri dari 2 macam, yakni

T1 = 3 jam

T2 = 6 jam

Pemilihan 3 variasi konsentrasi katalis dan 2 variasi waktu sintesis tersebut didasarkan pada pernyataan dari Mahmudati (2016), dimana konversi biodiesel meningkat dengan semakin meningkatnya konsentrasi katalis dan lamanya waktu reaksi. Dari kedua faktor diatas, akan diperoleh 6 kombinasi rancangan percobaan yang dapat dilihat pada **Tabel 3.3**.

3.3.

Tabel 3.3 Faktor Perlakuan Waktu Sintesis dan Konsentrasi Katalis

Waktu sintesis (T)	Konsentrasi Katalis (K)		
	1,0% NaOH (K1)	1,5% NaOH (K2)	2,0% NaOH (K3)
3 jam (T1)	T1K1	T1K2	T1K3
6 jam (T2)	T2K1	T2K2	T2K3

Keterangan: T1K1 = Jenis katalis 1,0% NaOH dan waktu sintesis 3 jam

T1K2 = Jenis katalis 1,5% NaOH dan waktu sintesis 3 jam

T1K3 = Jenis katalis 2,0% NaOH dan waktu sintesis 3 jam

T2K1 = Jenis katalis 1,0% NaOH dan waktu sintesis 6 jam

T2K2 = Jenis katalis 1,5% NaOH dan waktu sintesis 6 jam

T2K3 = Jenis katalis 2,0% NaOH dan waktu sintesis 6 jam

Dari **Tabel 3.3**, terdapat 6 jenis perlakuan dan sebanyak 3 kali ulangan sehingga terdapat 18 sampel di dalam penelitian ini. Ulangan tersebut bertujuan agar adanya keseragaman data sehingga mendapatkan hasil penelitian yang akurat.

3.4 Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Persiapan metil asetat

Tahapan persiapan metil asetat dilakukan berdasarkan konsep penelitian yang telah dilakukan oleh Rizkiyadi (2008). Adapun tahapannya yaitu dilakukan pengukuran volume metil asetat sesuai perbandingan stoikiometri yang memiliki rasio minyak kelapa sawit:metil asetat (1:6) dengan menggunakan gelas ukur 100 ml. Perhitungan volume metil asetat yang digunakan dapat dilihat pada **Lampiran 1**. Setelah itu, metil asetat tersebut dituang ke dalam labu erlenmeyer 250 ml dengan menggunakan corong. Kemudian, ditutup erlenmeyer dengan menggunakan *aluminium foil* dan metil asetat siap untuk digunakan.

3.4.2 Pelarutan NaOH ke dalam metil asetat

Proses pelarutan NaOH dilakukan berdasarkan konsep penelitian yang telah dilakukan oleh Rizkiyadi (2008), yang membedakan adalah variasi konsentrasi katalis yang digunakan. Adapun tahapan dalam melarutkan NaOH ke dalam metil asetat yaitu pertama-tama NaOH padat dihaluskan menggunakan mortar dan alu. Kemudian, NaOH yang telah halus tersebut diambil sebanyak 1,0%, 1,5%, dan 2,0% dari massa total minyak sawit dan diletakkan di atas gelas arloji, lalu ditimbang dengan menggunakan neraca analitik. Perhitungan massa NaOH yang digunakan dapat dilihat pada **Lampiran 2**. Selanjutnya, masing-masing katalis dimasukkan ke dalam labu erlenmeyer 250 ml yang telah berisi metil asetat dengan menggunakan spatula. Lalu, ditutup erlenmeyer dengan

menggunakan *aluminium foil* dan katalis tersebut dilarutkan dengan metil asetat menggunakan *hotplate stirrer* tanpa adanya pemanasan.

3.4.3 Interesterifikasi

Reaksi interesterifikasi dilakukan di dalam labu erlenmeyer 250 ml yang diproses dengan menggunakan *waterbath shaker* dengan kecepatan 150 rpm. Sebelum menentukan apakah minyak sawit dapat langsung di interesterifikasi atau tidak, maka terlebih dahulu dilakukan uji FFA (*Free Fatty Acid*) terhadap minyak sawit. Hasil uji nilai FFA dapat dilihat pada **Lampiran 3**. Dihasilkan bahwa nilai FFA pada minyak sawit sebesar 0,17%, sehingga dapat langsung dilakukan proses interesterifikasi. Menurut Hambali (2007) dalam Mahmudati (2016), bahan baku minyak nabati berkadar asam lemak bebas <2% sehingga nilai FFA yang dihasilkan telah sesuai dengan literatur. Proses tahapan interesterifikasi terhadap minyak sawit dilakukan berdasarkan konsep penelitian yang dilakukan oleh Maulana (2012). Adapun tahapan interesterifikasi terhadap minyak kelapa sawit yaitu mempersiapkan minyak kelapa sawit sebanyak 100 ml dan direndam ke dalam *waterbath shaker* yang berisi aquades pada suhu 60°C menggunakan labu erlenmeyer. Lalu, campuran larutan NaOH dengan metil asetat yang telah dibuat ditambahkan sedikit demi sedikit ke dalam minyak kelapa sawit yang telah mencapai suhu 60°C. Kemudian, campuran tersebut *dishaker* dengan kecepatan 150 rpm dan dilakukan dengan variasi waktu selama 3 jam dan 6 jam. Perhitungan waktu reaksi dengan menggunakan *stopwatch*. Penentuan kecepatan pengadukan tersebut didasarkan dari penelitian yang telah dilakukan oleh Parthu (2012). Setelah *dishaker* diletakkan erlenmeyer kedalam air dingin dengan tujuan untuk menghentikan proses interesterifikasi. Hasil pengadukan dipisahkan menggunakan corong pisah dan didiamkan semalaman (± 15 jam) sampai terjadi pemisahan (terbentuk 2 fasa). 2 fasa tersebut terdiri dari lapisan metil ester (lapisan atas) dan triasetin (lapisan bawah).

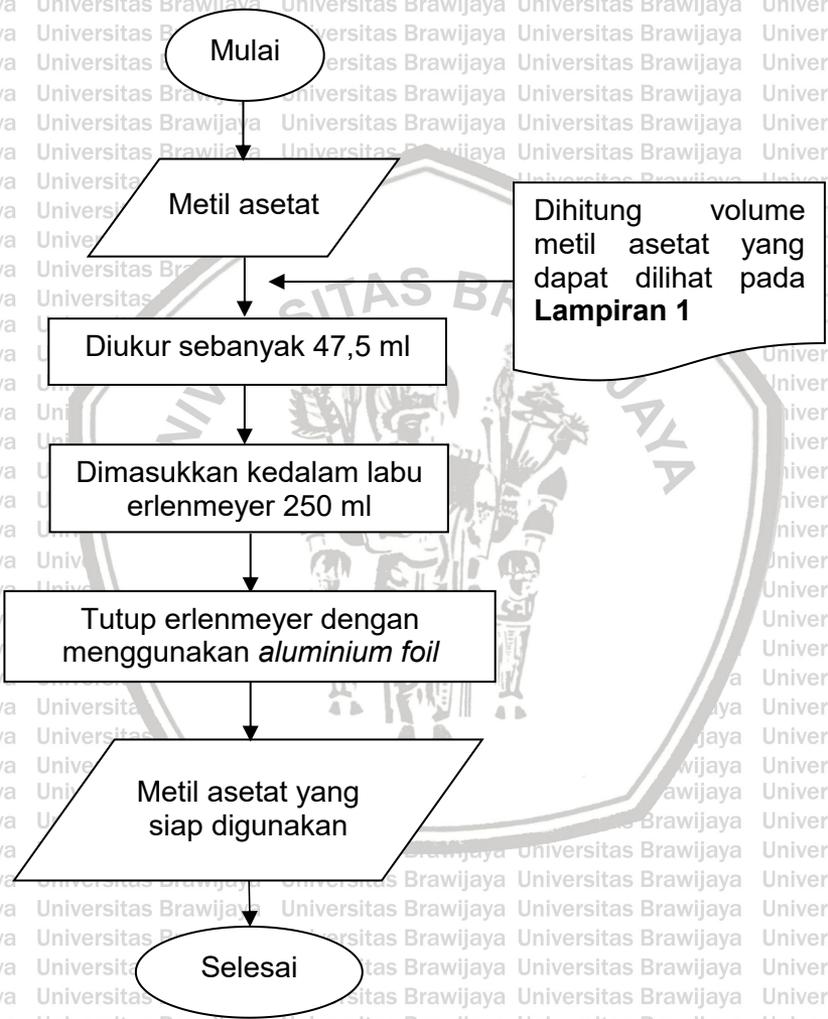


3.4.4 Pemurnian Metil Ester

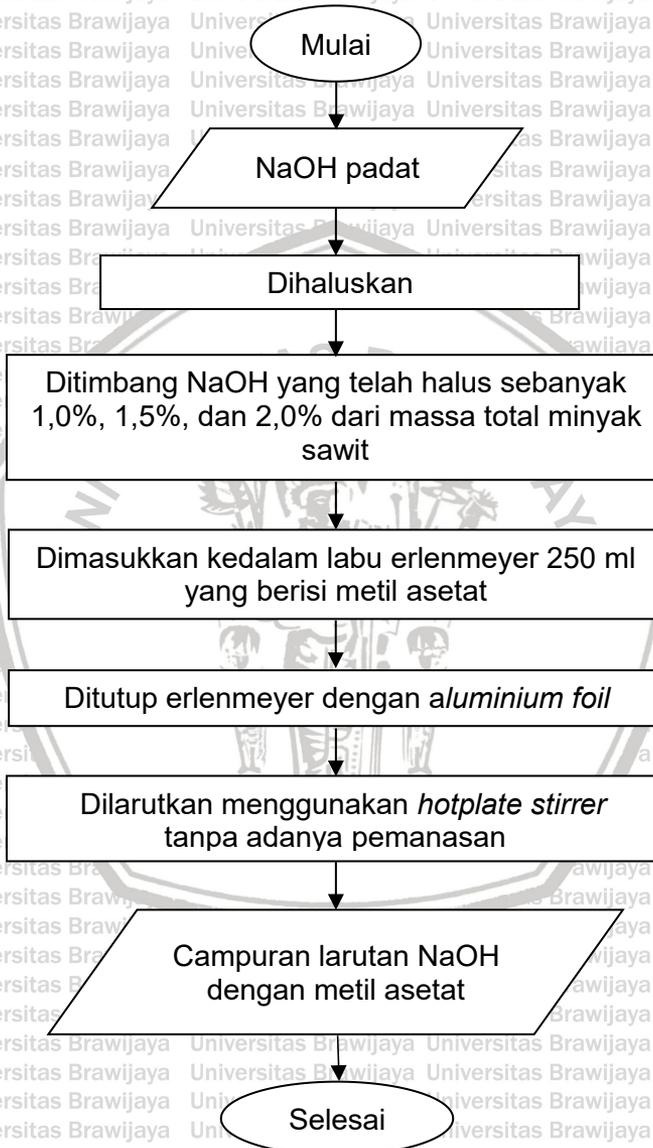
Metil ester yang telah dihasilkan melalui proses interesterifikasi masih mengandung triasetin, katalis, maupun sisa reaksi lainnya. Oleh karena itu, diperlukan adanya pemurnian (pencucian dengan aquades) agar biodiesel yang dihasilkan dalam keadaan murni. Proses pemurnian ini didasarkan dari penelitian yang dilakukan oleh Purba (2017). Proses ini diulang selama 2 kali agar metil ester yang dihasilkan secara visual terlihat jernih. Adapun tahapan pemurnian metil ester menjadi biodiesel murni yaitu dimana metil ester yang dihasilkan diukur volumenya dengan menggunakan gelas ukur 100 ml dan dimasukkan kedalam corong pisah. Kemudian, disiapkan aquades dengan perbandingan 1:1 terhadap volume metil ester. Setelah itu, aquades dipanaskan dengan menggunakan *hotplate stirrer* sampai mencapai suhu 60°C. Lalu, aquades dimasukkan kedalam corong pisah yang berisikan metil ester dan dihomogenkan (digocok) selama ± 5 menit serta didiamkan selama 1 jam. Setelah itu, terbentuk 2 fase yaitu biodiesel hasil pencucian (lapisan atas) dan aquades (lapisan bawah). Biodiesel hasil pencucian tersebut dipanaskan menggunakan *hotplate stirrer* hingga mencapai suhu 100°C. Pemanasan ini dilakukan agar biodiesel yang dihasilkan mengandung kadar air sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) 7182:2015. Setelah dilakukan pemanasan, maka terbentuklah biodiesel murni. Biodiesel murni tersebut diukur dengan menggunakan gelas ukur untuk mengetahui volume biodiesel yang dihasilkan. Biodiesel yang telah murni dilakukan pengujian rendemen, viskositas, densitas, dan FAME.

3.5 Diagram Alir Penelitian

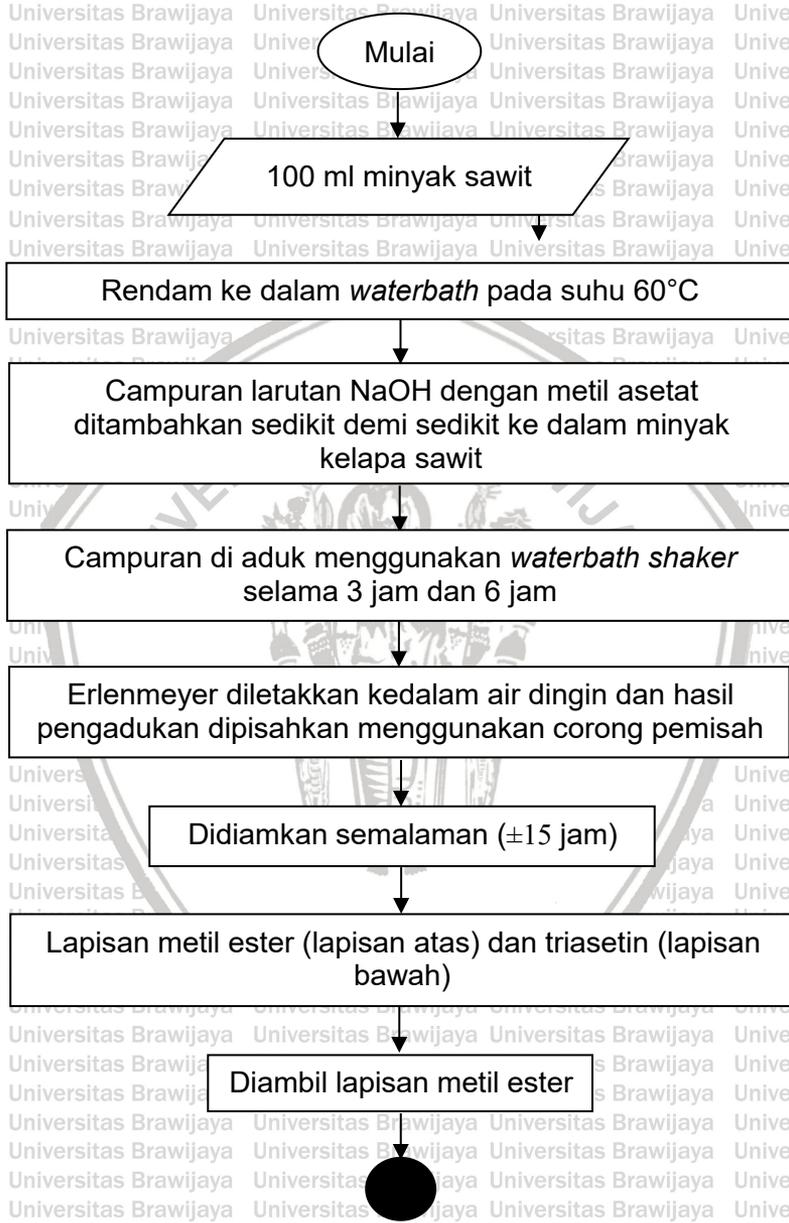
3.5.1 Diagram Alir Persiapan Metil Asetat

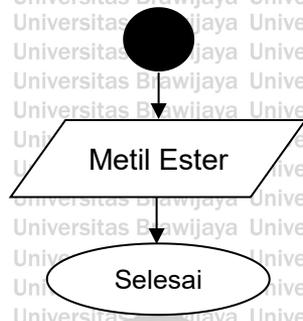


3.5.2 Diagram Alir Pelarutan NaOH kedalam Metil Asetat

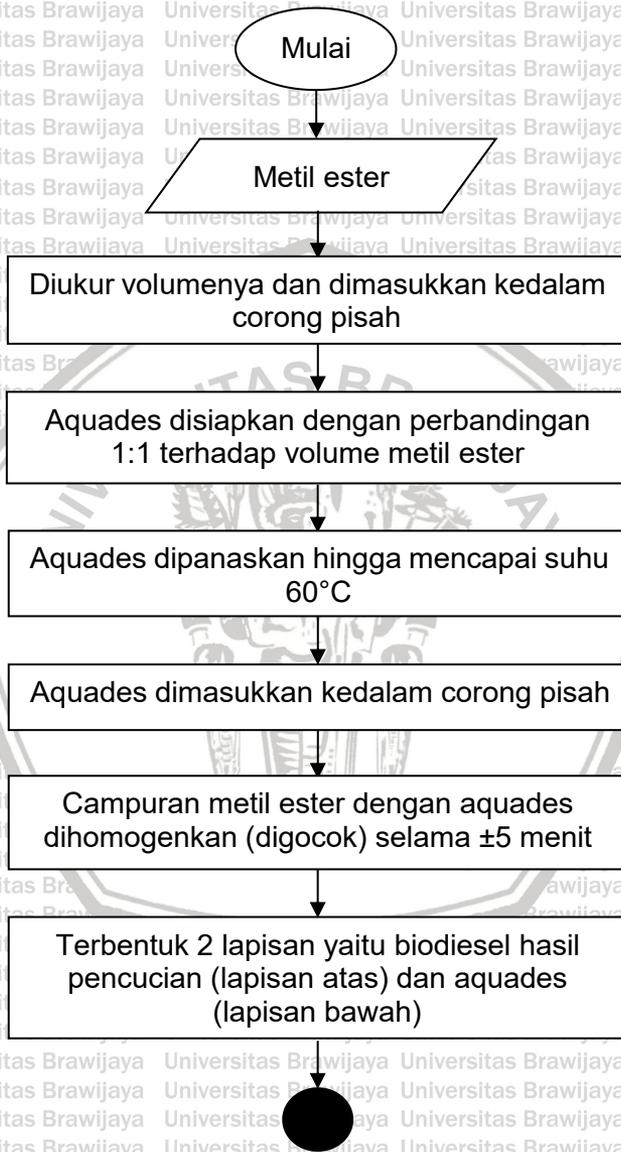


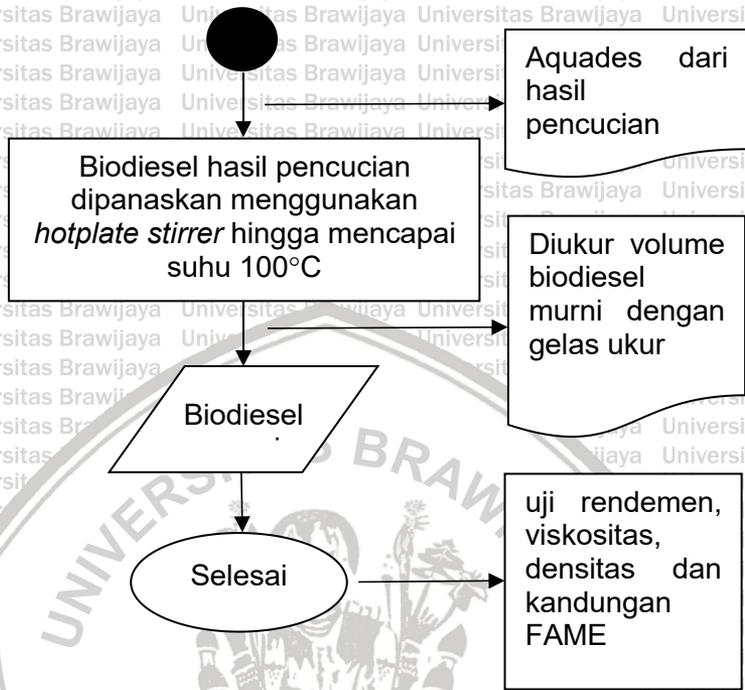
3.5.3 Diagram Alir Interesterifikasi





3.5.4 Diagram Alir Pemurnian Metil Ester





3.6 Parameter Penelitian dan Analisis Data

3.6.1 Parameter Penelitian

Parameter-parameter yang akan diteliti adalah sebagai berikut:

1. Rendemen

Faktor yang biasanya mempengaruhi rendemen metil ester adalah rasio molar, jenis katalis yang digunakan, suhu reaksi, waktu reaksi, kandungan air, dan kandungan asam lemak bebas. Penentuan % rendemen biodiesel pada penelitian ini merupakan rendemen bruto, dimana masih ada kemungkinan bahan yang belum terkonversi menjadi biodiesel seutuhnya ikut terukur massanya. Adapun rendemen dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{\text{massa akhir (hasil biodiesel)}}{\text{massa awal minyak sawit}} \times 100\%$$



2. Viskositas

Viskositas adalah ukuran yang menyatakan kekentalan dari suatu fluida atau cairan. Pengujian viskositas akan dilakukan apabila telah mendapatkan biodiesel yang murni dan dilakukan pengujian viskositas pada suhu 40°C sesuai SNI yang berlaku. Setelah didapatkan hasilnya, maka dilakukan perbandingan terhadap SNI 7182:2015.

3. Densitas

Densitas adalah berat jenis atau kerapatan molekul suatu zat yang diukur berdasarkan perbandingan massa dan volume zat tersebut. Semakin besar nilai densitas menyatakan bahwa semakin banyak komponen yang terkandung didalam minyak dan memperpanjang proses atomisasi komponen-komponen penyusun minyak saat pembakaran, sehingga meningkatkan nilai kalor hasil pembakaran minyak (Adhani *et al.*, 2016). Tinggi rendahnya densitas yang dihasilkan dapat dipengaruhi oleh adanya kandungan air didalam metil ester. Densitas yang telah dihasilkan akan dilakukan perbandingan terhadap SNI 7182:2015.

4. FAME

FAME (*Fatty Acid Methyl Ester*) atau kadar metil ester merupakan besarnya perubahan minyak menjadi metil ester. Semakin tinggi nilai kadar metil ester yang dihasilkan, maka semakin banyak minyak sawit yang terkonversi menjadi metil ester pada proses produksi biodiesel. Pengukuran FAME ini dilakukan dengan menggunakan metode *Gas Chromatography* (GC). Metode tersebut menghasilkan senyawa-senyawa utama yang terkandung dalam metil ester dilakukan dengan menganalisis puncak-puncak yang memiliki persentase tinggi. Pengukuran nilai kandungan FAME dilakukan sebanyak tiga kali ulangan sesuai dengan jumlah sampel pada masing-masing kombinasi perlakuan yang terdiri dari ulangan 1, ulangan 2, dan ulangan 3.

3.6.2 Analisis Data

Analisis data pada penelitian ini diperoleh berdasarkan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Metode RAL akan dianalisis menggunakan analisis ANOVA (*analysis of variances*).



Kemudian, hasil tersebut apabila berpengaruh nyata maka akan diuji lanjut dengan uji Duncan pada tingkat signifikansi $\alpha=5\%$.



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini menghasilkan biodiesel yang memiliki warna kuning, jernih, dan encer seperti pada **Gambar 4.2**. Warna biodiesel memiliki warna yang lebih cerah dibandingkan minyak sawit pada **Gambar 4.1**. Hal ini dikarenakan hasil reaksi dengan pelarut organik yaitu metil asetat. Adapun untuk hasil samping pada reaksi interesterifikasi adalah triasetin yang memiliki warna putih keruh seperti pada **Gambar 4.3**. Triasetin dapat dimanfaatkan sebagai bahan aditif dalam industri pabrik makanan (pelarut dalam perasa dan penambah aroma), farmasi (eksipien dalam produk farmasi dimana digunakan sebagai humektan, plastisizer, dan pelarut), dan kosmetik (sebagai bahan pelapis yang berfungsi agar kosmetik tidak mudah luntur dan pudar jika terkena gesekan).



Gambar 4.1
Minyak Sawit



Gambar 4.2
Biodiesel Minyak
Sawit



Gambar 4.3
Triasetin

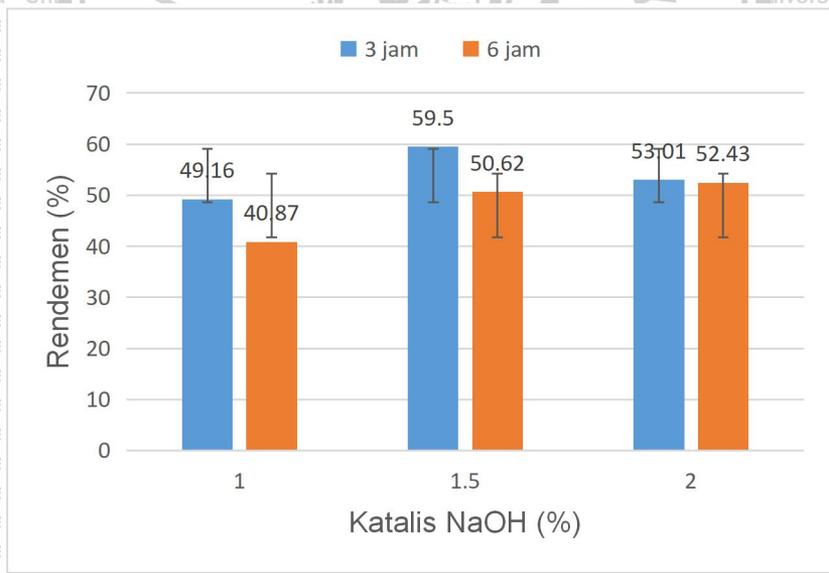
Dari hasil penelitian yang telah dilakukan menghasilkan biodiesel dengan menggunakan variasi konsentrasi katalis NaOH (1%, 1,5%, dan 2%) dan variasi waktu interesterifikasi (3 jam dan 6 jam). Biodiesel yang dihasilkan kemudian dilakukan perhitungan rendemen dan pengujian karakteristik berupa viskositas, densitas, dan kandungan FAME. Hasil yang ada

dianalisis menggunakan metode RAL (Rancang Acak Lengkap) dan kemudian dilakukan uji lanjut Duncan. Berikut adalah uraian data pengaruh perlakuan terhadap masing-masing karakteristik biodiesel.

4.1 Analisa Hasil Data Biodiesel Minyak Sawit

4.1.1 Rendemen

Pengujian nilai rendemen pada biodiesel dilakukan dengan cara menghitung perbandingan antara massa biodiesel yang dihasilkan terhadap bahan baku minyak sawit awal dan kemudian dikalikan 100%. Pada hasil penelitian ini, didapatkan nilai rendemen yang berkisar antara 40,87% hingga 59,50%. Berdasarkan data yang telah diperoleh dari **Lampiran 6**, maka dapat dibuat grafik rendemen biodiesel minyak sawit yang dapat dilihat pada **Gambar 4.4**.



Gambar 4.4 Rendemen Biodiesel Minyak Sawit

Berdasarkan **Gambar 4.4**, pada waktu sintesis selama 3 jam memiliki peningkatan rendemen dari NaOH 1% ke NaOH

1,5%. Lalu, terdapat penurunan dengan penambahan NaOH 2%. Terdapat peningkatan dan penurunan terhadap persentase rendemen biodiesel ini disebabkan oleh proses interesterifikasi yang berbeda konsentrasi katalis dan waktu reaksi. Selanjutnya, pada waktu sintesis selama 6 jam memiliki peningkatan seiring dengan penambahan konsentrasi katalis NaOH. Menurut Shiu *et al.* (2010) dalam Wijaya (2017) yang mengatakan bahwa peningkatan konsentrasi katalis NaOH dapat meningkatkan rendemen biodiesel, namun penambahan konsentrasi katalis yang terlalu tinggi dapat menyebabkan terjadinya proses saponifikasi sehingga menurunkan rendemen biodiesel. Sehingga, hasil dari penelitian ini telah sesuai dengan literatur. Secara keseluruhan, dapat dilihat bahwa pada waktu sintesis selama 3 jam memiliki nilai rendemen yang lebih tinggi dibandingkan dengan waktu sintesis selama 6 jam. Rendahnya rendemen yang dihasilkan pada waktu selama 6 jam disebabkan karena pada saat proses interesterifikasi di dalam *waterbath shaker* terdapat minyak yang keluar akibat *shaker* yang mungkin cukup kuat (150 rpm), sehingga hasil rendemen biodieselnnya kurang maksimal. Nilai rerata rendemen biodiesel tertinggi sebesar 59,50% pada katalis NaOH 1,5% dengan waktu sintesis selama 3 jam. Sedangkan, nilai rerata rendemen biodiesel terendah sebesar 40,87% pada katalis NaOH 1% dengan waktu sintesis selama 6 jam. Menurut Mahmudati (2016), nilai rendemen biodiesel akan meningkat dengan semakin lamanya waktu reaksi interesterifikasi, sehingga hasil penelitian yang didapat tidak sesuai dengan literatur. Namun, menurut Ramachandran *et al.* (2013) dalam Purwaningrum *et al.* (2018), dengan adanya penambahan waktu yang lebih panjang akan menyebabkan terjadinya reaksi balik (*reverse reaction*) dimana ketika kondisi proses sudah mencapai kesetimbangan maka bertambahnya waktu proses akan menyebabkan reaksi bergeser kembali ke arah reaktan. Dengan demikian, nilai rendemen biodiesel yang diperoleh akan berkurang. Jika dibandingkan dari penelitian Marno (2008) yang menghasilkan rendemen sebesar 86,55%, maka rendemen yang dihasilkan pada penelitian ini memiliki nilai yang lebih rendah. Namun, terdapat penelitian dari Pristiyani (2015) yang hanya



menghasilkan rendemen sebesar 13,79%, sehingga penelitian ini memiliki nilai rendemen yang cukup tinggi.

Waktu yang digunakan pada penelitian ini cukup lama dibandingkan pengolahan biodiesel menggunakan gelombang ultrasonik. Dari penelitian Susilo (2007) menyatakan bahwa cukup dengan waktu 0,5 - 7 menit, konversi maksimum trigliserida menjadi ester dan gliserol (menggunakan reaksi transesterifikasi) sudah terjadi diantara selang waktu proses tersebut. Sehingga, waktu pada penelitian ini kurang efektif untuk digunakan. Dapat memungkinkan apabila proses interesterifikasi pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan gelombang ultrasonik, agar hanya membutuhkan waktu yang singkat untuk sintesis sehingga hanya membutuhkan energi yang sedikit serta dapat menghasilkan produk samping berupa triasetin sehingga memiliki nilai jual yang lebih tinggi dibandingkan gliserol (hasil samping transesterifikasi).

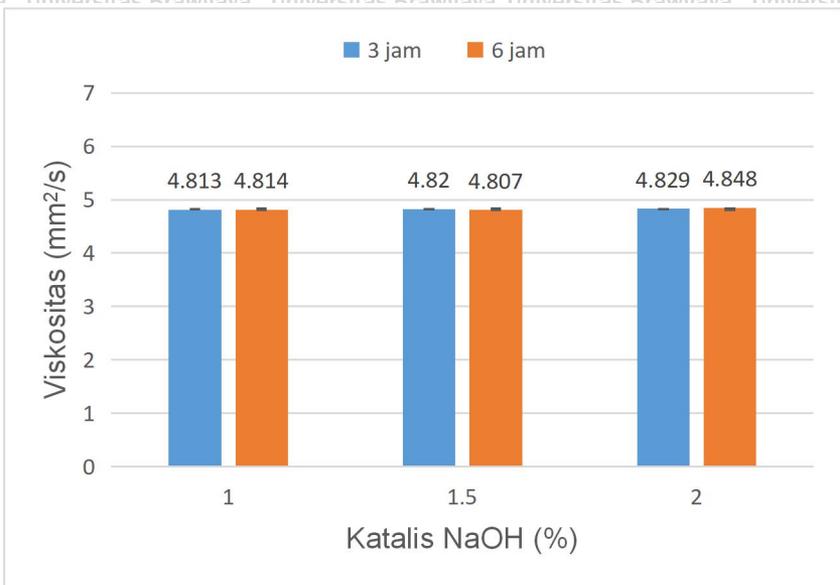
Hasil analisis sidik ragam rendemen pada taraf 5% dapat dilihat pada **Lampiran 13** yang menunjukkan bahwa variasi konsentrasi katalis (A), lama waktu sintesis (B), dan interaksi kedua perlakuan (AB) tidak berpengaruh nyata terhadap nilai rendemen biodiesel. Tidak adanya pengaruh tersebut memiliki arti bahwa semua perlakuan memiliki pengaruh yang sama terhadap hasil. Nilai rendemen dipengaruhi oleh kecepatan pengadukan dan suhu reaksi. Dimana semakin tinggi kecepatan pengadukan dan suhu reaksi maka semakin meningkat rendemen biodiesel yang dihasilkan (Kartika *et al.*, 2011).

Jika dilihat pada **Lampiran 9** terdapat nilai standar deviasi tertinggi yaitu sebesar 14,148 pada waktu sintesis selama 3 jam (katalis NaOH 1%) dan 6 jam (katalis NaOH 1,5%) dengan rata-rata berturut-turut sebesar 49,16% dan 50,62% dan standar deviasi terendah yaitu sebesar 1,842 pada waktu sintesis selama 3 jam dan katalis NaOH 2% dengan rata-rata 53,01%. Hal ini dikarenakan pada standar deviasi tertinggi memiliki hasil perubahan data yang bervariasi dibandingkan standar deviasi terendah. Sehingga, semakin tinggi standar deviasi tersebut menunjukkan adanya variasi pada suatu data yang ada. Menurut Sudyatno *et al.* (2011) menyatakan bahwa standar deviasi menggambarkan tingkat penyimpangan atau variabilitas dari

masing-masing variabel yang ada. Semakin tinggi standar deviasi maka semakin besar variabilitasnya, sedangkan semakin rendah standar deviasi maka semakin kecil variabilitasnya. Pada penelitian ini menunjukkan bahwa data yang tersedia dari variasi waktu sintesis selama 3 jam dan 6 jam serta variasi konsentrasi katalis NaOH 1%, 1,5%, dan 2% dengan 3 kali pengulangan adalah data yang memiliki variabilitas rendah atau homogen (sedikitnya variasi nilai pada suatu data). Adanya kehomogenan ini berpengaruh terhadap hasil analisis sidik ragam. Dimana hasilnya adalah tidak signifikan terhadap berbagai faktor perlakuan. Hal ini dikarenakan homogennya suatu data rendemen yang ada. Meskipun data yang dihasilkan homogen, namun dalam menentukan perlakuan yang lebih baik dapat dikaitkan dengan keekonomisan (seperti waktu proses dan biaya). Dimana, dengan waktu sintesis selama 3 jam dan katalis NaOH 1% memiliki waktu proses yang lebih rendah dibanding perlakuan dengan waktu sintesis selama 6 jam, serta biaya yang lebih murah akibat penggunaan katalis yang lebih sedikit dan penggunaan alat yang lebih cepat.

4.1.2 Viskositas Kinematik

Viskositas merupakan salah satu sifat fisik biodiesel yang cukup penting. Pengujian viskositas dilakukan untuk mengetahui tingkat kekentalan biodiesel. Dari data yang telah diperoleh pada **Lampiran 7**, maka dapat dibuat grafik viskositas kinematik pada biodiesel minyak sawit yang dapat dilihat pada **Gambar 4.5**.



Gambar 4.5 Viskositas Kinematik Pada Biodiesel Minyak Sawit

Berdasarkan **Gambar 4.5**, pada waktu sintesis selama 3 jam memiliki nilai viskositas yang semakin meningkat dengan meningkatnya jumlah atau konsentrasi katalis. Hal ini sesuai dengan literatur yang mengatakan bahwa peningkatan jumlah katalis dalam suatu campuran reaksi, maka dapat menyebabkan peningkatan viskositas. Peningkatan viskositas ini dapat mengurangi laju perpindahan massa reaktan ke permukaan katalis (Hidayati *et al.*, 2017). Menurut Fogler (2006) dalam Nuryoto *et al.* (2016) menjelaskan bahwa memperkecil ukuran katalisator akan menyebabkan semakin besarnya perpindahan massa reaktan dan laju reaksi yang terjadi. Sehingga, ukuran suatu katalisator memiliki peranan yang besar dalam mempercepat laju perpindahan massa reaktan ke gugus aktif katalisator. Selain itu, pada waktu sintesis selama 6 jam memiliki nilai viskositas yang menurun dari NaOH 1% ke NaOH 1,5%. Selanjutnya, terdapat peningkatan dengan menambahkan NaOH sebanyak 2%. Jika dibandingkan antara waktu sintesis 3 jam dengan waktu sintesis 6 jam, dimana waktu selama 3 jam memiliki nilai yang relatif lebih rendah

dibandingkan waktu selama 6 jam. Hal ini mungkin disebabkan karena adanya komponen gliserida yang belum terkonversi menjadi FAME, sehingga menyebabkan adanya nilai viskositas yang masih tinggi. Menurut Affandi *et al.* (2013) mengatakan bahwa nilai viskositas biodiesel akan mengalami penurunan dengan semakin lamanya waktu reaksi. Sehingga hasil penelitian belum sesuai dengan literatur.

Secara keseluruhan terdapat nilai viskositas biodiesel tertinggi pada perlakuan katalis NaOH 2% dan lama waktu reaksi 6 jam yaitu sebesar 4,848 mm²/s. Sedangkan nilai viskositas biodiesel terendah terdapat pada perlakuan katalis NaOH 1,5% dan lama waktu reaksi 6 jam yaitu sebesar 4,807 mm²/s. Ketika viskositas tinggi maka densitas juga mengalami peningkatan. Viskositas biodiesel yang dihasilkan telah memenuhi Standar Nasional Indonesia yang mensyaratkan viskositas berkisar antara 2,3-6,0 mm²/s. Selain menggunakan Standar Nasional Indonesia (SNI), juga dapat menggunakan standar Internasional dimana hasil viskositas ini telah sesuai dengan standar tersebut. Apabila viskositas terlalu rendah maka akan menyebabkan kebocoran dalam pompa injeksi bahan bakar. Sedangkan, apabila viskositas terlalu tinggi maka akan mempengaruhi kecepatan kerja alat injeksi dan mempersulit pengabutan bahan bakar (Soerawidjaja, 2003 dalam Ristianingsih *et al.*, 2015). Hasil yang diperoleh memiliki nilai lebih tinggi jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya. Jika pada penelitian ini hasil viskositas yang didapatkan mencapai 4,848 mm²/s, maka pada penelitian Maulana (2012) didapatkan hasil viskositas yang lebih rendah yaitu 2,873 mm²/s, dimana nilai tersebut masih terlalu encer meskipun sesuai dengan SNI. Adanya perbedaan disebabkan oleh faktor rasio reaktan, dimana penelitian lain menggunakan rasio reaktan 1:12. Hal ini dikarenakan volume yang sangat banyak dari metil asetat akan membuat biodiesel semakin encer sehingga akan menurunkan nilai viskositas biodiesel (Hartono *et al.*, 2013). Tidak hanya rasio reaktan, tetapi faktor lain yang dapat mempengaruhi viskositas adalah jenis minyak. Pada penelitian Listiadi *et al.* (2013) menghasilkan viskositas biodiesel sebesar 7,24 mm²/s. Hal ini disebabkan oleh penggunaan minyak jelantah, dimana minyak jelantah memiliki FFA yang lebih tinggi



dibanding FFA minyak sawit. Semakin tinggi FFA suatu minyak, maka semakin kental minyak tersebut.

Hasil analisis sidik ragam viskositas pada taraf 5% dapat dilihat pada **Lampiran 14** yang menunjukkan faktor perlakuan variasi konsentrasi katalis (A), lama waktu sintesis (B) dan interaksi kedua perlakuan (AB) tidak berpengaruh nyata terhadap nilai viskositas biodiesel. Tidak adanya pengaruh tersebut memiliki arti bahwa semua perlakuan memiliki pengaruh yang sama terhadap hasil. Nilai viskositas dipengaruhi oleh kandungan trigliserida yang tidak bereaksi dengan metil asetat, komposisi asam lemak penyusun metil ester biodiesel, serta senyawa intermediet seperti monogliserida dan digliserida yang memiliki polaritas dan bobot molekul yang cukup tinggi. Dimana viskositas akan meningkat seiring dengan panjangnya rantai asam lemak yang dimiliki biodiesel.

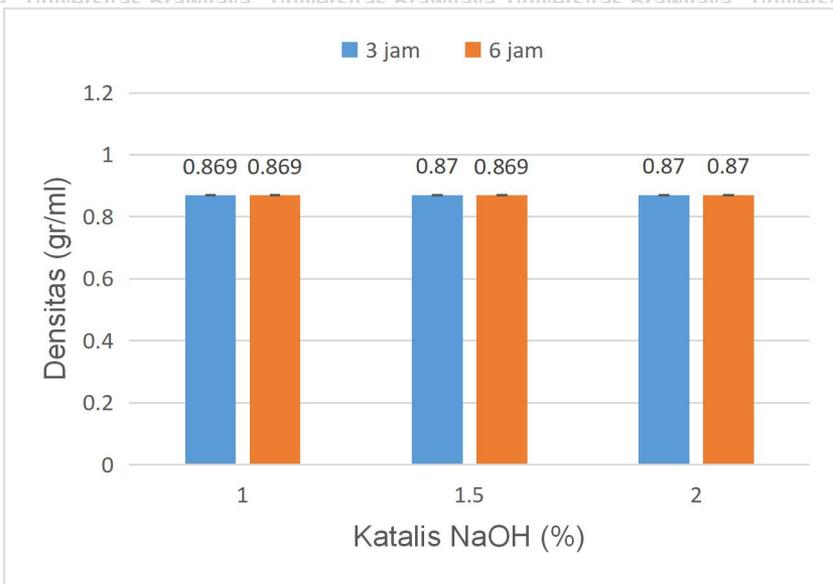
Jika dilihat pada **Lampiran 9** terdapat nilai standar deviasi tertinggi yaitu sebesar 0,055 pada waktu sintesis selama 6 jam dan katalis NaOH 1% dengan rata-rata 4,814 mm²/s dan standar deviasi terendah yaitu sebesar 0,008 pada waktu sintesis selama 3 jam dan katalis NaOH 2% dengan rata-rata 4,829 mm²/s. Hal ini dikarenakan pada standar deviasi tertinggi memiliki hasil perubahan data yang bervariasi dibandingkan standar deviasi terendah. Sehingga, semakin tinggi standar deviasi tersebut menunjukkan adanya variasi pada suatu data yang ada. Data yang memiliki perbedaan lebih banyak tersebut memungkinkan adanya proses interesterifikasi yang berjalan kurang sempurna. Semakin rendahnya variasi pada suatu data, menunjukkan bahwa penelitian yang dilakukan telah berjalan dengan sempurna karena data yang dimiliki (dengan konsentrasi katalis dan waktu sintesis yang sama) tidak terlalu memiliki banyak perubahan. Menurut teori dari Mahendra *et al.* (2015) mengatakan bahwa semakin besar selisih antara standar deviasi dengan rata-rata maka data semakin bervariasi, sedangkan semakin kecil selisih antara standar deviasi dengan rata-rata maka data kurang bervariasi. Pada penelitian ini menghasilkan standar deviasi yang lebih kecil dibanding rata-rata. Hal ini menunjukkan bahwa data yang tersedia dari variasi waktu sintesis selama 3 jam dan 6 jam serta variasi konsentrasi katalis NaOH 1%, 1,5%, dan 2% dengan 3 kali

pengulangan adalah data yang homogen (hampir sama). Meskipun data yang dihasilkan homogen, namun dalam menentukan perlakuan yang lebih baik dapat dikaitkan dengan keekonomisan (seperti waktu proses dan biaya). Adanya kehomogenan ini berpengaruh terhadap hasil analisis sidik ragam. Dimana hasilnya adalah tidak signifikan terhadap berbagai faktor perlakuan. Hal ini dikarenakan homogennya suatu data (tidak terdapat variasi data). Sesuai dengan pernyataan dari Hapsari (2013) menyatakan bahwa apabila suatu data tidak homogen maka akan menjadikan perlakuan menjadi signifikan dan apabila suatu data homogen maka akan menjadikan perlakuan menjadi tidak signifikan. Walaupun data yang dihasilkan homogen, akan tetapi dalam menentukan perlakuan yang lebih baik dapat dikaitkan dengan keekonomisan (seperti waktu proses dan biaya). Dimana, dengan waktu sintesis selama 3 jam dan katalis NaOH 1% memiliki waktu proses yang lebih rendah dibanding perlakuan dengan waktu sintesis selama 6 jam, serta biaya yang lebih murah akibat penggunaan katalis yang lebih sedikit dan penggunaan alat yang lebih cepat.

4.1.3 Densitas

Penelitian ini dilakukan uji densitas menggunakan suhu 40°C. Berdasarkan data yang telah diperoleh pada **Lampiran 7** maka dapat dibuat grafik densitas biodiesel minyak sawit seperti pada **Gambar 4.6**.





Gambar 4.6 Densitas Pada Biodiesel Minyak Sawit

Berdasarkan **Gambar 4.6**, pada waktu sintesis selama 3 jam memiliki nilai densitas yang semakin meningkat dengan meningkatnya jumlah atau konsentrasi katalis (mulai dari NaOH 1% hingga NaOH 1,5%). Namun, terdapat nilai yang konstan ketika konsentrasi NaOH dari 1,5% ke NaOH 2%. Lalu, pada waktu sintesis selama 6 jam memiliki nilai densitas yang konstan ketika konsentrasi NaOH 1% ke NaOH 1,5%. Kemudian, mengalami peningkatan pada saat penambahan jumlah konsentrasi NaOH menjadi 2%. Terdapat peningkatan nilai densitas dengan meningkatnya jumlah katalis. Hal ini didukung dengan teori dari Faizal *et al.* (2013) yang mengatakan bahwa semakin banyak jumlah katalis yang digunakan pada pembuatan biodiesel, maka semakin besar densitas dari suatu produk biodiesel yang dihasilkan.

Secara keseluruhan menunjukkan bahwa nilai densitas biodiesel tidak jauh berbeda antara waktu reaksi 3 jam dan 6 jam. Adapun nilai densitas tertinggi didapat pada perlakuan katalis NaOH 2% dan lama waktu reaksi 3 jam serta 6 jam yaitu sebesar 0,87 g/ml. Sedangkan nilai densitas biodiesel terendah

didapat pada perlakuan katalis NaOH 1% dan lama waktu reaksi 3 jam dan 6 jam yaitu sebesar 0,869 g/ml. Densitas yang dihasilkan telah memenuhi Standar Nasional Indonesia yaitu 0,85-0,89 g/ml. Selain menggunakan Standar Nasional Indonesia (SNI), juga dapat menggunakan standar Internasional dimana hasil densitas ini telah sesuai dengan standar tersebut. Apabila densitas biodiesel yang dihasilkan tidak memenuhi standar maka dapat menyebabkan kerusakan mesin, dimana terjadi peningkatan keausan pada mesin dan emisi buangan. Jika dibandingkan dengan densitas dari bahan baku yang digunakan yaitu minyak sawit sebesar 0,875 g/ml (Kalam *et al.*, 2002 *dalam* Kusumaningtyas, 2011), maka terdapat penurunan densitas yang dihasilkan. Penurunan ini dipengaruhi oleh tahap pemurnian karena tahap pemurnian yang kurang baik yang dapat menyebabkan densitas biodiesel memiliki densitas yang bervariasi (Wahyuni *et al.*, 2010 *dalam* Purwaningrum *et al.*, 2018).

Jika dilihat **Gambar 4.6**, terdapat kenaikan nilai densitas pada katalis NaOH 1% ke 1,5% dengan waktu reaksi 3 jam serta pada katalis NaOH 1,5% ke 2% dengan waktu reaksi 6 jam. Menurut Widyasanti *et al.* (2017), memiliki hasil penelitian menggunakan reaksi transesterifikasi dimana apabila terdapat kenaikan pada densitas biodiesel yang dihasilkan maka hal tersebut diakibatkan karena proses pemisahan yang tidak sempurna yang dapat menyisakan kandungan gliserol pada biodiesel yang dihasilkan. Kandungan gliserol didalam biodiesel dapat mempengaruhi densitas dimana akan terdapat peningkatan sebagian densitas biodiesel pada saat suhu ditingkatkan. Pada penelitian tersebut juga dilakukan proses pemisahan biodiesel secara manual menggunakan corong pisah yang sama seperti dilakukan pada penelitian ini. Pada penelitian ini hasil samping dari proses interesterifikasi adalah triasetin. Triasetin memiliki densitas yang tinggi sebesar 1,183 g/ml pada suhu 15°C, dimana densitas tersebut mirip dengan gliserol yaitu sebesar 1,26 g/ml (Casas *et al.*, 2013). Densitas yang dihasilkan dari biodiesel sawit lebih rendah dibandingkan biodiesel yang berbahan baku kedelai dan bunga matahari. Hal ini dikarenakan biodiesel memiliki kandungan metil ester palmitat yang lebih tinggi (C16:0) (Sanders, 2013). Selain itu,



terdapat kenaikan densitas lebih cepat pada waktu reaksi 3 jam dengan katalis NaOH 1,5%. Kenaikan tersebut juga dipengaruhi oleh lamanya waktu reaksi. Menurut Purwaningrum *et al.* (2018), semakin lama waktu reaksi (pemanasan) maka akan menurunkan densitas biodiesel sebaliknya semakin cepat waktu reaksi maka akan meningkatkan densitas biodiesel. Selain itu, pada hasil penelitian ini memiliki hasil yang tidak jauh berbeda jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya. Jika pada penelitian ini hasil densitas yang didapatkan mencapai 0,870 g/ml, maka pada penelitian Manurung *et al.* (2014) didapatkan hasil densitas yaitu 0,86524 g/ml. Hasil analisis sidik ragam densitas pada taraf 5% dapat dilihat pada **Lampiran 15** yang menunjukkan faktor perlakuan variasi konsentrasi katalis (A), lama waktu sintesis (B) dan interaksi kedua perlakuan (AB) tidak berpengaruh nyata terhadap nilai densitas biodiesel. Menurut teori termodinamika, nilai densitas lebih dipengaruhi oleh suhu. Semakin tinggi suhu suatu fluida, maka molekul fluida yang dalam hal ini adalah molekul reaktan berupa minyak sawit dan metil asetat akan bergerak lebih cepat atau energi kinetik yang dimiliki molekul-molekul pereaksi semakin besar. Pergerakan molekul yang lebih cepat ini menyebabkan peregangan pada jarak antar molekulnya sehingga semakin melebar atau semakin meningkat tumbukan antara molekul pereaksi. Pelebaran tersebut menyebabkan jarak antar molekul yang lebar akan mengakibatkan densitas menurun (Listiadi *et al.*, 2013).

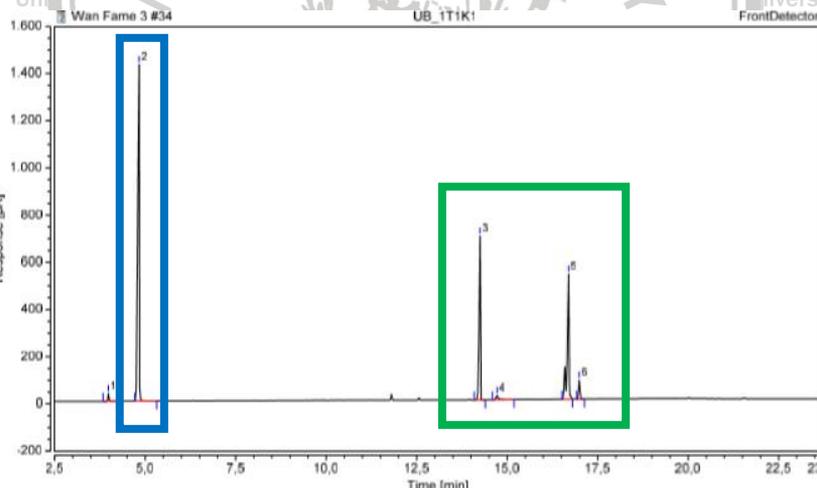
Jika dilihat pada **Lampiran 10** terdapat nilai standar deviasi yang sama pada semua variasi perlakuan mulai dari katalis NaOH 1%, 1,5%, dan 2% serta waktu sintesis selama 3 jam dan 6 jam yaitu sebesar 0,001. Hal ini disebabkan karena semua data pengamatan yang tersedia homogen atau semua data memiliki nilai yang sama (0,869-0,870). Kesamaan data ini terjadi dimungkinkan karena jarak konsentrasi katalis yang sedikit pada penelitian ini yaitu hanya 0,5% (dari 1% ke 1,5% dan 1,5% ke 2%). Menurut teori dari Fatimura *et al.* (2016) yang menyatakan bahwa banyaknya katalis dapat mempengaruhi densitas dari biodiesel. Adanya kehomogenan ini berpengaruh terhadap hasil analisis sidik ragam. Dimana hasilnya adalah tidak signifikan terhadap berbagai faktor perlakuan. Hal ini disebabkan oleh kehomogenannya suatu data (tidak terdapat



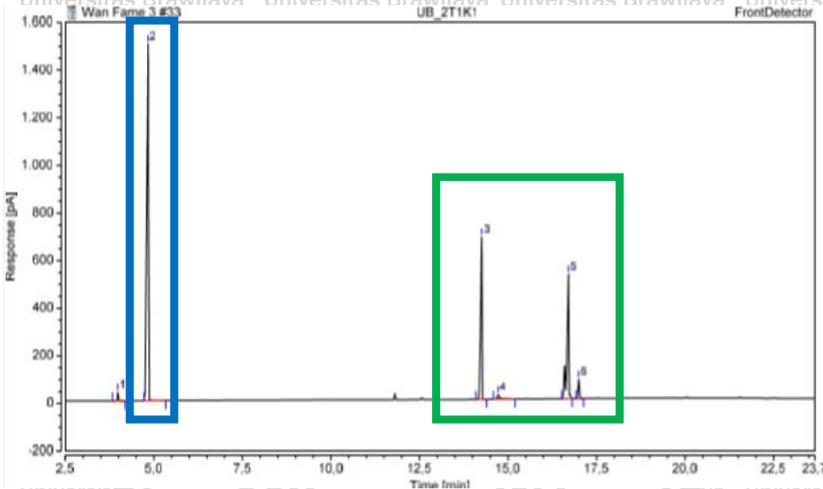
variasi data). Hal ini sesuai dengan pernyataan dari Putri (2013) menyatakan bahwa terdapat hubungan antara signifikan dengan kehomogenan data. Meskipun data yang dihasilkan homogen, namun dalam menentukan perlakuan yang lebih baik dapat dikaitkan dengan keekonomisan (seperti waktu proses dan biaya). Dimana, dengan waktu sintesis selama 3 jam dan katalis NaOH 1% memiliki waktu proses yang lebih rendah dibanding perlakuan dengan waktu sintesis selama 6 jam, serta biaya yang lebih murah akibat penggunaan katalis yang lebih sedikit dan penggunaan alat yang lebih cepat.

4.1.4 FAME

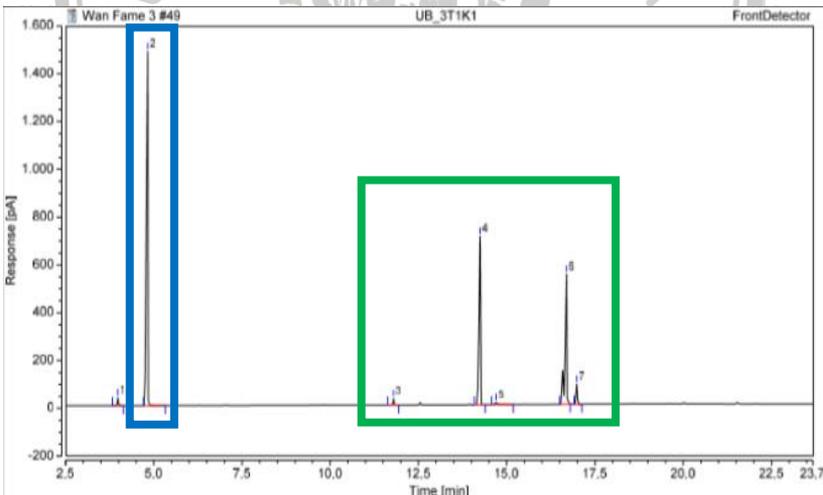
Metil ester minyak sawit yang telah dianalisis dengan GC rata-rata menunjukkan empat sampai lima puncak yang sama seperti pada **Gambar 4.7**, **Gambar 4.8**, **Gambar 4.9** dan untuk hasil dari sampel yang lain dapat dilihat pada **Lampiran 8**.



Gambar 4.7 Grafik Kromatogram FAME Biodiesel Minyak Sawit dengan Konsentrasi Katalis 1% dan Waktu Sintesis 3 Jam pada Ulangan 1



Gambar 4.8 Grafik Kromatogram FAME Biodiesel Minyak Sawit dengan Konsentrasi Katalis 1% dan Waktu Sintesis 3 Jam pada Ulangan 2



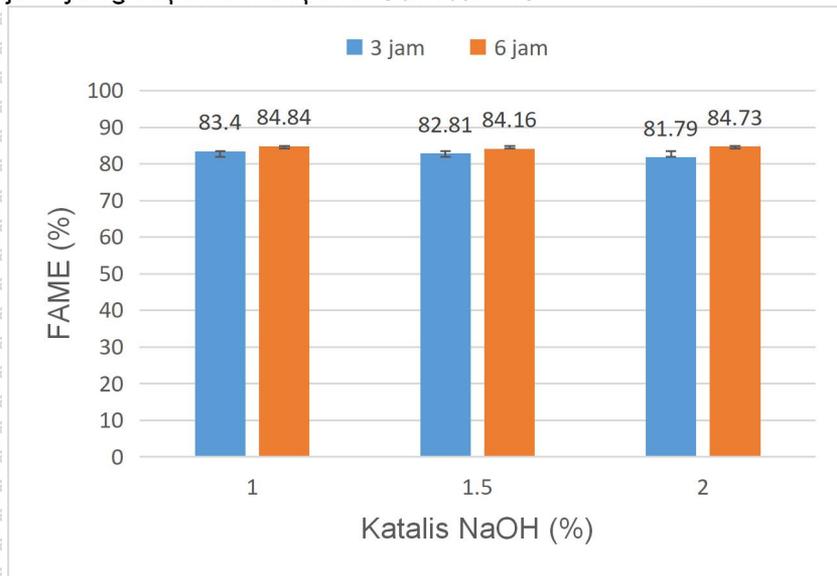
Gambar 4.9 Grafik Kromatogram FAME Biodiesel Minyak Sawit dengan Konsentrasi Katalis 1% dan Waktu Sintesis 3 Jam pada Ulangan 3



Kromatogram yang dipilih pada **Gambar 4.7**, **Gambar 4.8**, dan **Gambar 4.9** dikarenakan merupakan perlakuan yang lebih baik dibandingkan perlakuan yang lain. Perlakuan yang lebih baik didasarkan dari keekonomisan (seperti waktu proses dan biaya). Berdasarkan hasil ulangan pengukuran persentase metil ester baik pada ulangan 1, ulangan 2, maupun ulangan 3 terdapat keseragaman yang baik. Hal ini menunjukkan bahwa sampel uji mendapatkan perlakuan yang hampir seragam selama proses penelitian berlangsung. Menurut Umami (2012), bahan baku biodiesel dengan komposisi minyak sawit mengandung asam lemak yang dominan dalam minyak sawit adalah asam palmitat (C16:0). Sehingga dapat diduga bahwa jenis senyawa metil ester dengan persentase tinggi (*peak* tertinggi) yang terdapat pada biodiesel adalah metil ester palmitat. Terdapat dua puncak yang paling awal pada sebelah kiri (kotak biru) yang merupakan puncak untuk larutan standar pada pengukuran dengan menggunakan larutan benzyl alkohol (BZ-OH), sedangkan puncak-puncak pada sebelah kanan (kotak hijau) adalah metil ester yang terkandung didalam biodiesel. Semakin ke kanan *peak* maka membuktikan bahwa jenis senyawa metil ester yang terkandung dalam biodiesel memiliki nilai titik didih yang semakin tinggi, sedangkan semakin ke kiri *peak* maka membuktikan bahwa jenis senyawa metil ester yang terkandung dalam biodiesel memiliki nilai titik didih yang semakin rendah.

Pada **Gambar 4.7**, **Gambar 4.8**, dan **Gambar 4.9** arti dari puncak yang terdapat pada gambar kromatogram bagian kanan adalah pada waktu pengamatan 14,25 menit senyawa metil ester terdeteksi oleh perangkat GC dan hal ini berlaku untuk seterusnya. Meskipun komposisi trigliserida, digliserida, dan monogliserida belum dianalisa, namun dari hasil analisa GC dapat membuktikan keberhasilan konversi trigliserida menjadi metil ester. Hasil FAME pada biodiesel minyak sawit menunjukkan bahwa 81,79% sampai 84,84% rantai asam lemak dari trigliserida minyak sawit terkonversi menjadi ester (biodiesel). Dari data yang telah diperoleh pada **Lampiran 7**, maka dapat dibuat grafik hubungan antara nilai FAME terhadap variasi konsentrasi katalis NaOH. Selain itu, terdapat

perbandingan grafik antara waktu sintesis selama 3 jam dan 6 jam yang dapat dilihat pada **Gambar 4.8**.



Gambar 4.8 Kandungan FAME Pada Biodiesel Minyak Sawit

Berdasarkan **Gambar 4.8** pada waktu sintesis selama 3 jam memiliki kandungan FAME yang semakin menurun dengan meningkatnya jumlah atau konsentrasi katalis. Hal ini disebabkan karena adanya proses pengadukan (*shaker*) yang belum maksimum. Menurut (Simatupang *et al.*, 2016) menyatakan bahwa proses pengadukan yang secara merata akan menghasilkan jumlah dan kualitas biodiesel yang optimum dari minyak sawit. Dimana semakin tinggi kualitas biodiesel, maka kandungan FAME akan semakin tinggi. Lalu, pada waktu sintesis selama 6 jam memiliki penurunan kandungan FAME pada konsentrasi katalis NaOH 1% ke NaOH 1,5% dan mengalami peningkatan kembali pada konsentrasi katalis NaOH 2%. Adanya penurunan ini diakibatkan oleh terdapat reaksi samping antara katalis NaOH dengan minyak (reaksi saponifikasi) yang menyebabkan hasil penyabunan berupa surfaktan yang menghalangi kontak antara minyak dengan metil asetat. Sehingga menyebabkan kecepatan reaksi dan konversi metil ester yang dihasilkan menurun.

Secara keseluruhan, kandungan FAME biodiesel tertinggi terdapat pada perlakuan katalis NaOH 1% dan lama waktu reaksi 6 jam yaitu sebesar 84,84%. Sedangkan nilai FAME biodiesel terendah terdapat pada perlakuan katalis NaOH 2% dan lama waktu reaksi 3 jam yaitu sebesar 81,79%. FAME yang dihasilkan belum memenuhi Standar Nasional Indonesia dimana nilai FAME disyaratkan minimal sebesar 96,5%. Namun, nilai yang dihasilkan dari penelitian ini telah mendekati standar. Jika dilihat gambar grafik tersebut menunjukkan bahwa waktu reaksi selama 6 jam memiliki konversi metil ester lebih besar dibandingkan waktu reaksi selama 3 jam. Hal ini sesuai dengan literatur yang mengatakan bahwa semakin lama waktu reaksi untuk mensintesis biodiesel maka laju pembentukan ke arah produk yang dihasilkan akan menjadi semakin besar (Rizkiyadi, 2008). Hasil yang diperoleh memiliki nilai lebih tinggi jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya. Jika pada penelitian ini hasil FAME yang didapatkan mencapai 84,84%, maka pada penelitian Casas *et al.* (2011) didapatkan hasil FAME yang lebih rendah yaitu 76,7%. Hal ini disebabkan karena beberapa faktor diantaranya jenis minyak yang digunakan, rasio reaktan, suhu reaksi, dan jenis katalis.

Hasil analisis sidik ragam FAME pada taraf 5% dapat dilihat pada **Lampiran 16** yang menunjukkan faktor perlakuan variasi konsentrasi katalis (A), lama waktu sintesis (B) dan interaksi kedua perlakuan (AB) tidak berpengaruh nyata terhadap nilai FAME biodiesel. Tidak adanya pengaruh tersebut memiliki arti bahwa semua perlakuan memiliki pengaruh yang sama terhadap hasil. Jika dilihat pada **Gambar 4.8**, maka terdapat nilai FAME yang lebih tinggi pada waktu reaksi selama 6 jam. Hal ini dapat disimpulkan bahwa semakin lama waktu operasi interesterifikasi, maka konversi yang dihasilkan juga semakin meningkat (konsentrasi metil ester meningkat/FAME). Dibandingkan dengan literatur yang menggunakan reaksi transesterifikasi, terdapat kesamaan teori dimana semakin lama waktu reakti transesterifikasi maka FAME yang dihasilkan semakin tinggi (Jimmy, 2012).

Jika dilihat pada **Lampiran 11** terdapat nilai standar deviasi tertinggi yaitu sebesar 5,046 pada waktu sintesis selama 6 jam dan katalis NaOH 2% dengan rata-rata 84,73% dan standar

deviasi terendah yaitu sebesar 0,605 pada waktu sintesis selama 3 jam dan katalis NaOH 1% dengan rata-rata 83,40%. Hal ini dikarenakan pada standar deviasi tertinggi memiliki hasil perubahan data yang bervariasi dibandingkan standar deviasi terendah. Sehingga, semakin tinggi standar deviasi tersebut menunjukkan adanya variasi pada suatu data yang ada. Menurut Elfajrie (2012), standar deviasi dapat diartikan sebagai rata-rata jarak penyimpangan titik-titik data diukur dari nilai rata-rata data tersebut. Semakin rendah nilai simpangan baku, maka semakin rendah penyimpangan tiap data yang terjadi, sehingga dikatakan data memiliki variabilitas rendah. Sedangkan semakin tinggi nilai simpangan baku, maka semakin besar penyimpangan data yang terjadi sehingga dikatakan data memiliki variabilitas tinggi. Dilihat dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa data yang tersedia dari variasi waktu sintesis selama 3 jam dan 6 jam serta variasi konsentrasi katalis NaOH 1%, 1,5%, dan 2% dengan 3 kali pengulangan adalah data yang memiliki variabilitas rendah homogen (hampir sama). Dari hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa data yang tersedia memiliki variabilitas yang rendah (data homogen). Adanya kehomogenan ini berpengaruh terhadap hasil analisis sidik ragam. Dimana hasilnya adalah tidak signifikan terhadap berbagai faktor perlakuan. Hal ini dikarenakan homogennya suatu data (tidak terdapat variasi data). Sesuai dengan pernyataan dari Rahadi (2007) menyatakan bahwa heterogennya suatu data mempunyai arti yang signifikan dan sebaliknya. Walaupun data yang dihasilkan homogen, akan tetapi dalam menentukan perlakuan yang lebih baik dapat dikaitkan dengan keekonomisan (seperti waktu proses dan biaya). Dimana, dengan waktu sintesis selama 3 jam dan katalis NaOH 1% memiliki waktu proses yang lebih rendah dibanding perlakuan dengan waktu sintesis selama 6 jam, serta biaya yang lebih murah akibat penggunaan katalis yang lebih sedikit dan penggunaan alat yang lebih cepat.



BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Biodiesel minyak sawit dapat dihasilkan melalui metode interesterifikasi dengan rasio minyak sawit:metil asetat yaitu 1:6, suhu reaksi 60°C, dan *shaker waterbath* 150 rpm menggunakan katalis NaOH 1%, 1,5%, dan 2% serta waktu reaksi selama 3 jam dan 6 jam.
2. Perlakuan variasi konsentrasi katalis NaOH dan waktu sintesis tidak memiliki pengaruh terhadap karakteristik biodiesel seperti rendemen, viskositas, densitas, dan kandungan FAME. Diperoleh nilai rendemen antara 40,87% - 59,50% dengan karakteristik biodiesel seperti viskositas antara 4,807 - 4,848 mm²/s, nilai densitas antara 0,869 - 0,870 g/ml, dan kandungan FAME antara 81,79 - 84,84%. Dari hasil karakteristik tersebut telah sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) Biodiesel, kecuali FAME. Namun, kandungan FAME pada penelitian ini masih mendekati standar.
3. Meskipun data yang dihasilkan homogen (tidak ada variabel yang berpengaruh secara signifikan) maka dalam menentukan perlakuan yang lebih baik dapat dikaitkan dengan keekonomisan. Perlakuan yang lebih baik pada proses penelitian ini adalah pada katalis NaOH 1% dan waktu sintesis selama 3 jam, dimana menghasilkan rendemen sebesar 49,16% dengan karakteristik yang memiliki nilai viskositas sebesar 4,813 mm²/s, densitas sebesar 0,869 g/ml, dan FAME sebesar 83,40%.

5.2 Saran

1. Perlu adanya netralisir setelah berlangsungnya proses interesterifikasi.
2. Proses interesterifikasi dapat dilakukan percobaan dengan menggunakan gelombang ultrasonik.
3. Perlu dilakukan pengujian lebih lanjut mengenai kandungan TG, DG, dan MG.



4. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai variasi jenis katalis untuk mengetahui jenis katalis yang sangat berpengaruh terhadap metode interesterifikasi.



DAFTAR PUSTAKA

- Adhani, L., A. Isalmi, N. Siti dan O. O. Cristie. 2016. **Pembuatan Biodiesel dengan Cara Adsorpsi dan Transesterifikasi dari Minyak Goreng Bekas**. *Kimia VALENSI* 2(1): 71-80
- Affandi, R. D. N., R. A. Toni, Taslim dan Iriany. 2013. **Produksi Biodiesel dari Lemak Sapi dengan Proses Transesterifikasi dengan Katalis Basa NaOH**. *Teknik Kimia* 2(1): 1-6
- Aktawan, A. dan Mufrodi, Z. 2016. **Pembuatan Bioaditif Triasetin dengan Katalis Padat Silica Alumina**. *Bahan Alam Terbaru* 5(2): 92-100
- Amir, R. M., A. S. Muhammad, R. K. Moazzam dan H. Shahzad. 2012. **Interesterification of Fats and Oils**. *Pakistan Journal of Food Sciences* 22(3): 143-153
- Casas, A., J. R. Maria dan P. Angel. 2011. **New Trends in Biodiesel Production: Chemical Interesterification of Sunflower Oil with Methyl Acetate**. *Biomass and Bioenergy* 1702-1709
- Elfajrie, I. A. 2012. **Analisis Visualisasi dan Reaksi Dalam Peningkatan Konversi Pembuatan Biodiesel dari Crude Palm Oil (CPO) Pada Kolom Pancaran dengan Circular Jet**. *Skripsi*. Universitas Indonesia
- Faizal, M., M. Ulfa dan A. A. Wika. 2013. **Pengaruh Kadar Metanol, Jumlah Katalis, dan Waktu Reaksi Pada Pembuatan Biodiesel Dari Lemak Sapi Melalui Proses Transesterifikasi**. *Teknik Kimia* 4(19): 29-37
- Fatimura, M. dan S. Daryanti. 2016. **Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah Bekas Rumah Makan dengan Variasi Penambahan Katalis KOH Pada Proses Transesterifikasi**. *Redoks* 1(2): 35-44
- Hapsari, R. A. 2013. **Kajian Yield To Maturity (YTM) Obligasi Pada Perusahaan Korporasi**. *Accounting Analysis Journal* 2(1): 75-80
- Hartono, R., P. L. Abi dan B. P. I. Made. 2013. **Intensifikasi Biodiesel dari Minyak Jelantah dengan Metode Interesterifikasi dan Pemurnian Dry Washing**. *Teknologi Pengelolaan Limbah* 16: 49-56



- Hidayati, N., S. A. Tesa dan S. Henri. 2017. **Transesterifikasi Minyak Goreng Bekas Menjadi Biodiesel dengan Katalis Kalium Oksida**. *Teknologi Bahan Alam* 1(1): 1-5
- Jimmy. 2012. **Kinetika Reaksi Transesterifikasi Minyak Kelapa Sawit**. *Teknik Kimia* 7(1): 12-17
- Kartika, I. A., Y. Mohamad dan H. Dede. 2011. **Transesterifikasi In Situ Biji Jarak Pagar: Pengaruh Jenis Pereaksi, Kecepatan Pengadukan dan Suhu Reaksi Terhadap Rendemen dan Kualitas Biodiesel**. *Jurnal Teknologi Industri* 21(1): 24-33
- Kusumaningtyas, N. W. 2011. **Proses Esterifikasi Transesterifikasi In Situ Minyak Sawit dalam Tanah Pemucat Bekas untuk Proses Produksi Biodiesel**. *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor
- Listiadi, A. P. dan Putra, I. M. B. 2013. **Intensifikasi Biodiesel dari Minyak Jelantah dengan Metode Interesterifikasi dan Pemurnian Dry Washing**. *Skripsi*. Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
- Mahendra, I. P. dan S. Leny. 2015. **Pengaruh Komponen-Komponen Aktiva Produktif dan Dana Pihak Ketiga Terhadap Profitabilitas**. *e-Proceeding of Management* 2(3): 3318-3325
- Mahmudati, R. 2016. **Studi Kinetika Reaksi Interesterifikasi Minyak Jarak Pagar (*Jatropha curcas* L.) dengan Katalis Natrium Metoksida untuk Sintesis Biodiesel**. *Skripsi*. Universitas Negeri Semarang
- Maimun, T., A. Nasrul dan A. H. P. R. Fikriatul. 2017. **Penghambatan Peningkatan Kadar Asam Lemak Bebas (Free Fatty Acid) pada Buah Kelapa Sawit dengan menggunakan Asap Cair**. *Teknologi dan Industri Pertanian Indonesia* 9(2): 44-49
- Manurung, R., W. Melina dan A. Ricky. 2014. **The Synthesis Biodiesel from Palm Oil Through Interesterification Using Immobilized Lipase Enzym as Catalyst**. *International Journal of Science and Engineering* 7(2): 174-177
- Marno, S. 2008. **Interesterifikasi Minyak Kelapa Sawit dengan Metil Asetat menggunakan Biokatalis untuk Memproduksi Biodiesel**. *Skripsi*. Universitas Indonesia



- Maulana, M. A. 2012. **Pemanfaatan Whole Cell *Candida Rugosa* sebagai Biokatalis untuk Sintesis Biodiesel Melalui Rute Non-Alkohol.** *Skripsi*. Universitas Indonesia
- Nuraeni, N., F. Y. Yenny, M. A. Dewi. 2019. **Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah menggunakan Adsorben Karbon Aktif dan Pembuatan Triasetin dengan Katalis Asam Nitrat.** *Kartika Kimia* 2(1): 17-22
- Nuryoto, S. Hary, B. S. Wahyudi dan P. Indra. 2016. **Sintesis Bioaditif Gasoline Melalui Ketalisasi Gliserol Menggunakan Katalisator Padat.** *Bahan Alam Terbaru* 5(2): 74-83
- Pardamean, M. 2011. **Sukses Membuka Kebun dan Pabrik Kelapa Sawit.** Jakarta: Penebar Swadaya
- Parthu, R. D. 2012. **Sintesis Biodiesel Rute Non Alkohol dari Minyak Goreng dengan Biokatalis Terimmobilisasi Entrapment Pada Reaktor Batch dan Reaktor Packed Bed.** *Skripsi*. Universitas Indonesia
- Pristiyani, R. 2015. **Sintesis Biodiesel dan Fuel Bioadditive Triasetin Secara Simultan dengan Metode Interesterifikasi Minyak Jarak (*Jatropha curcas*).** *Skripsi*. Universitas Negeri Semarang
- Purba, D. A. 2017. **Pembuatan Biodiesel dari Minyak Nyamplung (*Calophyllum inophyllum* L.) dengan Proses Transesterifikasi Katalis KOH menggunakan Microwave.** *Skripsi*. Universitas Brawijaya
- Purwaningrum, S. D. dan Sukaryo. 2018. **Uji Karakteristik Biodiesel Dasar Limbah Jerolan Ikan Diproses Menggunakan Mikrogelombang.** *METANA* 14(2): 37-42
- Puspitaningati, S. R., P. Renata dan G. Ignatius. 2013. **Pembuatan Biodiesel dari Minyak Kelapa Sawit dengan Menggunakan Katalis Berpromotor Ganda Berpenyangga γ -Alumina ($\text{CaO/KI}/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$) dalam Reaktor Fluidized Bed.** *Teknik Pomits* 2(2): 193-197
- Putri, A. R. N. 2013. **Efektivitas Permainan Tradisional Jawa Dalam Meningkatkan Penyesuaian Sosial Pada Anak Usia 4-5 Tahun di Kecamatan Suruh.** *Early Childhood Education Papers* 2(1): 8-16



- Rahadi, D. R. 2007. **Peranan Teknologi Informasi Dalam Peningkatan Pelayanan Di Sektor Publik**. Seminar Nasional Teknologi, 24 November, Yogyakarta
- Ristianingsih, Y., H. Nurul dan W. S. Fradita. 2015. **Pembuatan Biodiesel dari Crude Palm Oil (CPO) sebagai Bahan Bakar Alternatif Melalui Proses Transesterifikasi Langsung**. *Teknologi* 2(1)
- Rizkiyadi, M. E. 2008. **Rekasi Interesterifikasi Minyak Jelantah dengan Metil Asetat menggunakan Biokatalis Candida Rugosa Lipase untuk Memproduksi Biodiesel**. *Skripsi*. Universitas Indonesia
- Sanders, D. A. 2013. **Acetate: Versatile Building Block of Biology and Chemistry**. Hauppauge: Nova Science Publishers
- Satrio, R. 2018. **Studi Interesterifikasi Minyak Kelapa Sawit menggunakan Lipase untuk Membuat Pengganti Mentega Kakao**. *Tesis*. Institut Teknologi Bandung
- Setyahadi, S., L. M. Achmadin dan S. M. Renny. 2011. **Kitin sebagai Penopang untuk Amobilisasi Lipase pada Proses Trans-esterifikasi Trigliserida**. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan"*
- Sholikhah, N. 2010. **Efek Penerapan Gelombang Ultrasonik pada Proses Transesterifikasi Minyak Sawit (*Elaeiss guineensis*) Menjadi Biodiesel**. *Skripsi*. Universitas Brawijaya. Malang
- Simatupang, R. A., Ramli dan Mahrizal. 2016. **Optimasi Kecepatan Putar Pengadukan dan Waktu Pengadukan Terhadap Kualitas Fisika Biodiesel dari Minyak Kelapa**. *Pillar of Physics* 7: 89-96
- Sootchiewcham, N., A. Lalita dan R. Prasert. 2015. **Biodiesel Production from Refined Palm Oil using Supercritical Ethyl Acetate in a Microreactor**. *Energy Procedia*. Hal. 697-703
- Sudiyatno, B. dan S. Toto. 2011. **Kinerja Keuangan Konvensional, Economic Value Added, dan Return Saham**. *Jurnal Dinamika Manajemen* 2(2): 153-161
- Susilo, B. 2007. **Studi Penggunaan Ultrasonik untuk Transesterifikasi Minyak Tanaman Menjadi Biodiesel**. *Prisiding Konferensi Nasional 2007-Pemanfaatan Hasil*



Samping Industri dan Industri Etanol Serta Pengembangan Industri Integratednya. Hotel Senayan Jakarta. SBRC LPPM-IPB Bogor. ISBN 978-979-1312-11-0

Umami, V. A. 2015. **Sintesis Biodiesel dari Minyak Jelantah dengan Gelombang Mikro**. *Skripsi*. Universitas Negeri Semarang

Widayat, S. Hantoro, Abdullah dan W. K. H. Ika. 2013. **Proses Produksi Triasetin dari Gliserol dengan Katalis Asam Sulfat**. *Teknik Kimia Indonesia* 11(4): 192-198

Widyasanti, A., N. Sarifah dan M. G. S. Tubagus. 2017. **Pengaruh Suhu dalam Proses Transesterifikasi Pada Pembuatan Biodiesel Kemiri Sunan (*Reautealis trisperma*)**. *Material dan Energi Indonesia* 7(1): 9-18

Wijayati, V. W. 2017. **Efek Suhu dan Konsentrasi Katalis Dalam Proses Transesterifikasi In Situ Terhadap Produksi Biodiesel dari Spent Bleaching Earth (SBE)**. *Skripsi*. Universitas Lampung

Zeleny, M. 1982. **Multiple Criteria Decisiom Making**. New York: Mc Graw Hill



Lampiran 1. Perhitungan Jumlah Metil Asetat yang Digunakan

Perbandingan rasio molar 1:6 minyak kelapa sawit dengan metil asetat

➤ Volume Trigliserida

$$\rho \text{ Trigliserida} = 0,9 \text{ g/ml}$$

$$\text{Mr Trigliserida} = 871 \text{ g/mol}$$

$$m \text{ Trigliserida} = n \times \text{Mr Trigliserida}$$

$$= 1 \text{ mol} \times \text{Mr Trigliserida}$$

$$= 1 \text{ mol} \times 871 \text{ g/mol}$$

$$= 871 \text{ g}$$

$$\text{Volume 1 mol Trigliserida} = \frac{m \text{ Trigliserida}}{\rho \text{ Trigliserida}}$$

$$= \frac{871 \text{ g}}{0,9 \text{ g/ml}}$$

$$= 967,78 \text{ ml}$$

➤ Volume Metil Asetat

$$\rho \text{ Metil Asetat} = 0,969 \text{ g/ml}$$

$$\text{Mr Metil Asetat} = 74 \text{ g/mol}$$

$$m \text{ Metil Asetat} = n \times \text{Mr Metil Asetat}$$

$$= 6 \text{ mol} \times \text{Mr Metil Asetat}$$

$$= 6 \text{ mol} \times 74 \text{ g/mol}$$

$$= 444 \text{ g}$$

$$\text{Volume 6 mol Metil Asetat} = \frac{m \text{ Metil Asetat}}{\rho \text{ Metil Asetat}}$$

$$= \frac{444 \text{ g}}{0,969 \text{ g/ml}}$$

$$= 458,20 \text{ ml}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, perbandingan rasio molar 1:6 minyak kelapa sawit dengan metil asetat diperoleh volume sebesar 967,78 ml : 458,20 ml. Reaksi interesterifikasi dengan menggunakan 100 ml minyak kelapa sawit, maka volume metil asetat yang dibutuhkan adalah:



$$\frac{\text{Volume minyak sawit yang dibutuhkan} \times \text{Volume metil asetat}}{\text{Volume minyak sawit}}$$

$$= \frac{100 \text{ ml} \times 458,20 \text{ ml}}{967,78 \text{ ml}}$$
$$= 47,35 \text{ ml} \approx 47,5 \text{ ml}$$



Lampiran 2. Perhitungan Massa NaOH yang Digunakan

1. Perhitungan Massa NaOH 1,0% b/v minyak

Massa minyak = ρ minyak x volume minyak

sawit

= 0,9 g/ml x 100 ml

= 90 gram

Massa NaOH yang digunakan = 1% x massa minyak

sawit

= $\frac{1}{100}$ x 90 g

= 0,9 gram

2. Perhitungan Massa NaOH 1,5% b/v minyak

Massa minyak = ρ minyak x volume minyak

sawit

= 0,9 g/ml x 100 ml

= 90 gram

Massa NaOH yang digunakan = 1,5% x massa minyak sawit

= $\frac{1,5}{100}$ x 90 g

= 1,35 gram

3. Perhitungan Massa NaOH 2,0% b/v minyak

Massa minyak = ρ minyak x volume minyak

sawit

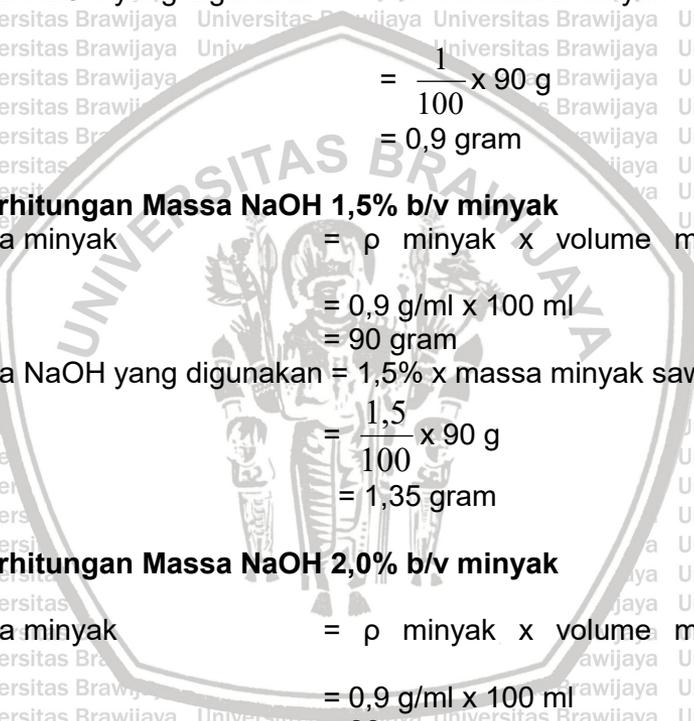
= 0,9 g/ml x 100 ml

= 90 gram

Massa KOH yang digunakan = 2% x massa minyak sawit

= $\frac{2,0}{100}$ x 90 g

= 1,8 gram



Lampiran 3. Hasil Uji Nilai FFA pada Minyak Sawit



LABORATORIUM PENGUJIAN MUTU DAN KEAMANAN PANGAN (TESTING LABORATORY OF FOOD QUALITY AND FOOD SAFETY)

JURUSAN TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Jl. Veteran, Malang 65145, Telp. (0341) 573358
E-mail : labujipangan_thpub@yahoo.com

KEPADA : Nadia Ijkri Aulia
FTP - UB
MALANG

LAPORAN HASIL UJI REPORT OF ANALYSIS

Nomor / Number : 0821/THP/LAB/2019
 Nomor Analisis / Analysis Number : 0821
 Tanggal penerbitan / Date of issue : 24 Oktober 2019
 Yang bertanda tangan di bawah ini menerangkan, bahwa hasil pengujian
 The undersigned ratifies that examination
 Dari contoh / of the sample (s) : MINYAK SAWIT
 Untuk analisis / For analysis :
 Keterangan contoh / Description of sample :
 Diambil dari / Taken from :
 Oleh / By :
 Tanggal penerimaan contoh / Received : 07 Oktober 2019
 Tanggal pelaksanaan analisis / Date of analysis : 07 Oktober 2019
 Hasil adalah sebagai berikut / Resulted as follows :

PARAMETER	HASIL
FFA (%)	0,17

HASIL PENGUJIAN INI HANYA BERLAKU UNTUK
 CONTOH-CONTOH TERSEBUT DI ATAS. PENGAMBIL
 CONTOH BERTANGGUNG JAWAB ATAS KEBENARAN
 TANDING BARANG

Plh. Kepala Laboratorium,

Dr. Ir. Joni Kusnadi, M.Si
NIP 19620612 196703 1 031 4



Lampiran 4. Spesifikasi Metil Asetat



Specification

8.09711.1000 Methyl acetate for synthesis

	Specification	
Assay (GC, area%)	≥ 99.0	% (a/a)
Density (d 20 °C/ 4 °C)	0.932 - 0.934	
Identity (IR)	passes test	

Dr. Oliver Schramel
Responsible laboratory manager quality control

This document has been produced electronically and is valid without a signature.

Lampiran 5. Spesifikasi NaOH



Specification

1.06498.5000 Sodium hydroxide pellets for analysis EMSURE®

	Specification	
Assay (acidimetric,NaOH)	≥ 99.0	%
Carbonate (as Na ₂ CO ₃)	≤ 1.0	%
Chloride (Cl)	≤ 0.012	%
Phosphate (PO ₄)	≤ 0.0005	%
Silicate (SiO ₂)	≤ 0.001	%
Sulfate (SO ₄)	≤ 0.010	%
Total nitrogen (N)	≤ 0.0003	%
Heavy metals (as Pb)	≤ 0.0005	%
Al (Aluminium)	≤ 0.0005	%
As (Arsenic)	≤ 0.0001	%
Ca (Calcium)	≤ 0.0005	%
Cu (Copper)	≤ 0.0002	%
Fe (Iron)	≤ 0.0005	%
K (Potassium)	≤ 0.05	%
Mg (Magnesium)	≤ 0.0005	%
Ni (Nickel)	≤ 0.00025	%
Pb (Lead)	≤ 0.0005	%
Zn (Zinc)	≤ 0.001	%

Dr. Manuel Schaffroth
Responsible laboratory manager quality control

This document has been produced electronically and is valid without a signature.

Lampiran 6. Perhitungan Rendemen

Ulangan I

$$\text{Rendemen (T1K1)} = \frac{\text{massa biodiesel}}{\text{massa awal minyak sawit}} \times 100\%$$

$$= \frac{36,70 \text{ gram}}{85 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$= 43,18 \%$$

$$\text{Rendemen (T1K2)} = \frac{\text{massa biodiesel}}{\text{massa awal minyak sawit}} \times 100\%$$

$$= \frac{45,59 \text{ gram}}{85 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$= 53,63 \%$$

$$\text{Rendemen (T1K3)} = \frac{\text{massa biodiesel}}{\text{massa awal minyak sawit}} \times 100\%$$

$$= \frac{43,42 \text{ gram}}{85 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$= 51,08 \%$$

$$\text{Rendemen (T2K1)} = \frac{\text{massa biodiesel}}{\text{massa awal minyak sawit}} \times 100\%$$

$$= \frac{42,87 \text{ gram}}{85 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$= 50,44 \%$$

$$\text{Rendemen (T2K2)} = \frac{\text{massa biodiesel}}{\text{massa awal minyak sawit}} \times 100\%$$

$$= \frac{33,09 \text{ gram}}{85 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$= 38,93 \%$$

Lampiran 6. Lanjutan

$$\begin{aligned} \text{Rendemen (T2K3)} &= \frac{\text{massa biodiesel}}{\text{massa awal minyak sawit}} \times 100\% \\ &= \frac{49,23 \text{ gram}}{85 \text{ gram}} \times 100\% \\ &= 57,92 \% \end{aligned}$$

Ulangan II

$$\begin{aligned} \text{Rendemen (T1K1)} &= \frac{\text{massa biodiesel}}{\text{massa awal minyak sawit}} \times 100\% \\ &= \frac{55,52 \text{ gram}}{85 \text{ gram}} \times 100\% \\ &= 65,32 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rendemen (T1K2)} &= \frac{\text{massa biodiesel}}{\text{massa awal minyak sawit}} \times 100\% \\ &= \frac{57,64 \text{ gram}}{85 \text{ gram}} \times 100\% \\ &= 67,81 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rendemen (T1K3)} &= \frac{\text{massa biodiesel}}{\text{massa awal minyak sawit}} \times 100\% \\ &= \frac{45,21 \text{ gram}}{85 \text{ gram}} \times 100\% \\ &= 53,19 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rendemen (T2K1)} &= \frac{\text{massa biodiesel}}{\text{massa awal minyak sawit}} \times 100\% \\ &= \frac{28,93 \text{ gram}}{85 \text{ gram}} \times 100\% \\ &= 34,02 \% \end{aligned}$$



Lampiran 6. Lanjutan

$$= 34,04 \%$$

$$\text{Rendemen (T2K2)} = \frac{\text{massa biodiesel}}{\text{massa awal minyak sawit}} \times 100\%$$

$$= \frac{56,40 \text{ gram}}{85 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$= 66,35 \%$$

$$\text{Rendemen (T2K3)} = \frac{\text{massa biodiesel}}{\text{massa awal minyak sawit}} \times 100\%$$

$$= \frac{48,68 \text{ gram}}{85 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$= 57,27 \%$$

Ulangan III

$$\text{Rendemen (T1K1)} = \frac{\text{massa biodiesel}}{\text{massa awal minyak sawit}} \times 100\%$$

$$= \frac{33,14 \text{ gram}}{85 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$= 38,99 \%$$

$$\text{Rendemen (T1K2)} = \frac{\text{massa biodiesel}}{\text{massa awal minyak sawit}} \times 100\%$$

$$= \frac{48,49 \text{ gram}}{85 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$= 57,05 \%$$

$$\text{Rendemen (T1K3)} = \frac{\text{massa biodiesel}}{\text{massa awal minyak sawit}} \times 100\%$$



Lampiran 6. Lanjutan

$$= \frac{46,54 \text{ gram}}{85 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$= 54,75 \%$$

Rendemen (T2K1) = $\frac{\text{massa biodiesel}}{\text{massa awal minyak sawit}} \times 100\%$

$$= \frac{32,41 \text{ gram}}{85 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$= 38,13 \%$$

Rendemen (T2K2) = $\frac{\text{massa biodiesel}}{\text{massa awal minyak sawit}} \times 100\%$

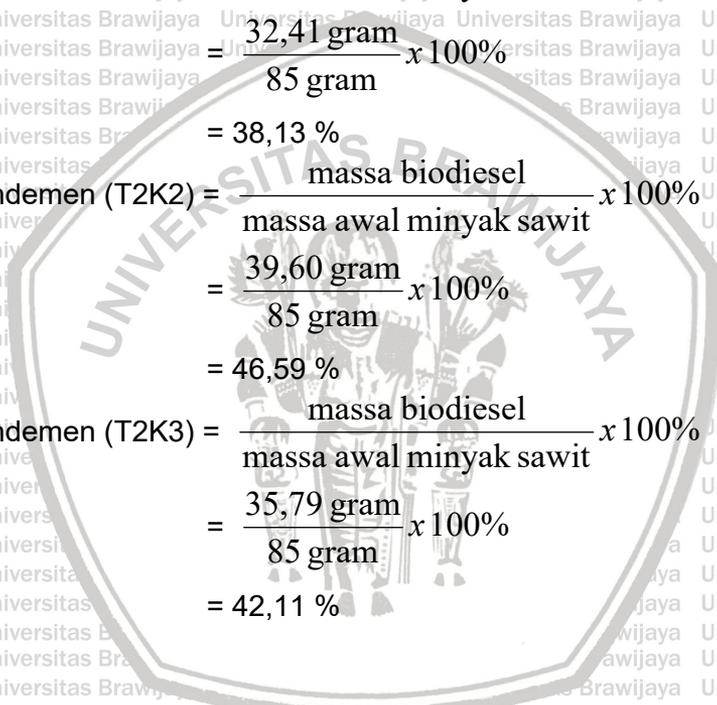
$$= \frac{39,60 \text{ gram}}{85 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$= 46,59 \%$$

Rendemen (T2K3) = $\frac{\text{massa biodiesel}}{\text{massa awal minyak sawit}} \times 100\%$

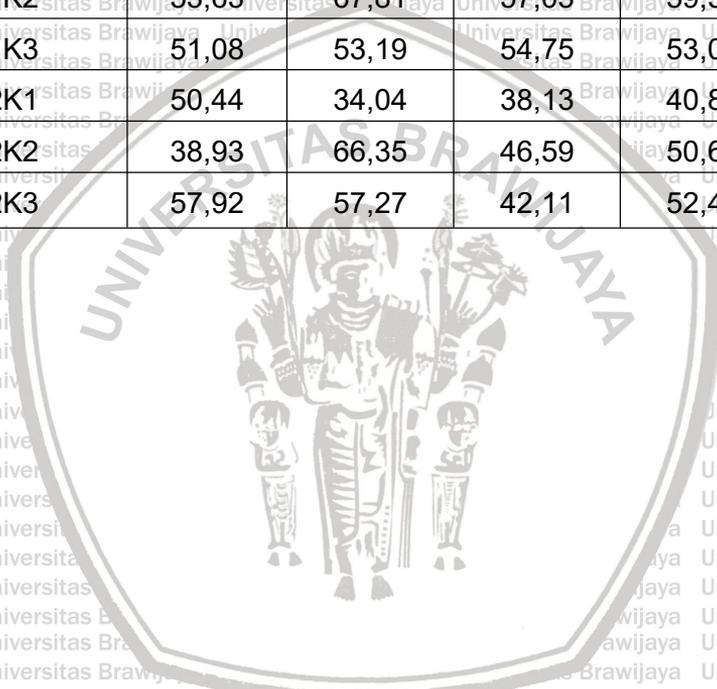
$$= \frac{35,79 \text{ gram}}{85 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$= 42,11 \%$$



Lampiran 6. Lanjutan

Perlakuan	Rendemen (%)			Rata-rata
	Ulangan I	Ulangan II	Ulangan III	
T1K1	43,18	65,32	38,99	49,16
T1K2	53,63	67,81	57,05	59,50
T1K3	51,08	53,19	54,75	53,01
T2K1	50,44	34,04	38,13	40,87
T2K2	38,93	66,35	46,59	50,62
T2K3	57,92	57,27	42,11	52,43



Lampiran 7. Hasil Viskositas, Densitas, dan FAME

LABORATORIUM KIMIA ANALISIS DAN INSTRUMENTASI
JURUSAN TEKNIK KIMIA POLITEKNIK NEGERI MALANG
JL. SOEKARNO HATTA NO. 09 PO. BOX 04 MALANG 65141

REKAPITULASI PERHITUNGAN ANALISIS BUAH MANGROVE

NO	NAMA SAMPEL	Densitas g/ml	Viskositas cps	Fame Persen
1	1T1K1	0,870	4,770	83,84
2	1T1K2	0,870	4,826	79,45
3	1T1K3	0,870	4,822	80,16
4	1T2K1	0,870	4,877	89,40
5	1T2K2	0,870	4,821	83,36
6	1T2K3	0,871	4,865	80,15
7	2T1K1	0,869	4,822	82,71
8	2T1K2	0,870	4,826	84,60
9	2T1K3	0,870	4,827	85,44
10	2T2K1	0,869	4,784	81,92
11	2T2K2	0,870	4,798	85,03
12	2T2K3	0,870	4,843	83,91
13	3T1K1	0,870	4,846	83,65
14	3T1K2	0,870	4,809	84,37
15	3T1K3	0,870	4,838	79,78
16	3T2K1	0,870	4,781	83,20
17	3T2K2	0,869	4,803	84,09
18	3T2K3	0,869	4,835	90,14

Malang, 02 Desember 2019
Pelaksana



Kaliawan

Lampiran 7. Lanjutan

LABORATORIUM KIMIA ANALISIS DAN INSTRUMENTASI
JURUSAN TEKNIK KIMIA POLITEKNIK NEGERI MALANG
JL. SOEKARNO HATTA NO. 09 PO. BOX 04 MALANG 65141

REKAPITULASI PERHITUNGAN FAME

NO	Kode	BERAT (gr)		AREA			RATIO AREA	BERAT		
		SAMPEL	BZ-OH	TOTAL	Unkown	FAME		TKR	THT (gr)	PERSEN
1	1T2K1	0.0864	0.1084	146.227	0.885	69.488	0.916	0.713	0.08	89.40
2	2T2K1	0.0845	0.1023	135.185	0.888	62.900	0.870	0.677	0.07	81.92
3	1T1K3	0.0866	0.1012	133.987	0.872	62.795	0.882	0.686	0.07	80.16
4	1T1K2	0.0856	0.1003	139.335	0.899	64.904	0.872	0.678	0.07	79.45
5	2T1K1	0.0859	0.1068	145.313	0.953	67.461	0.856	0.665	0.07	82.71
6	1T1K1	0.0891	0.1022	138.466	0.872	67.074	0.940	0.731	0.07	83.84
7	1T2K3	0.0883	0.1004	146.118	0.929	69.466	0.906	0.705	0.07	80.15
8	1T2K2	0.0871	0.1028	133.710	0.819	63.633	0.908	0.706	0.07	83.36
9	2T2K3	0.0872	0.1007	135.269	0.825	65.324	0.934	0.727	0.07	83.91
10	2T2K2	0.0855	0.1001	147.158	0.934	71.050	0.934	0.726	0.07	85.03
11	2T1K2	0.0839	0.1021	149.753	0.969	70.680	0.894	0.695	0.07	84.60
12	2T1K3	0.0879	0.1024	153.786	0.952	74.624	0.943	0.733	0.08	85.44
13	3T2K1	0.0841	0.0997	153.164	0.967	72.648	0.902	0.702	0.07	83.20

Lampiran 7. Lanjutan

LABORATORIUM KIMIA ANALISIS DAN INSTRUMENTASI
 JURUSAN TEKNIK KIMIA POLITEKNIK NEGERI MALANG
 JL. SOEKARNO HATTA NO. 09 PO. BOX 04 MALANG 65141

REKAPITULASI PERHITUNGAN FAME

NO	Kode	BERAT (gr)		AREA			RATIO AREA			BERAT			
		SAMPEL	BZ-OH	BZ-OH	TOTAL	Unknown	FAME	TKR	THT (gr)	PERSEN	TKR	THT (gr)	PERSEN
14	3T1K3	0,0872	0,1001	82,352	155,938	0,898	73,586	0,894	0,695	0,07	0,695	0,07	78,78
15	3T1K2	0,0887	0,1041	76,010	150,103	0,943	72,093	0,924	0,719	0,07	0,719	0,07	84,37
16	3T2K3	0,0865	0,1019	73,389	145,508	0,878	72,137	0,983	0,765	0,08	0,765	0,08	90,14
17	3T1K1	0,0873	0,1011	75,148	144,919	0,898	69,773	0,928	0,722	0,07	0,722	0,07	83,65
18	3T2K2	0,0855	0,1045	76,857	144,852	0,946	67,995	0,985	0,688	0,07	0,688	0,07	84,09

Malang, 13 Desember 2019



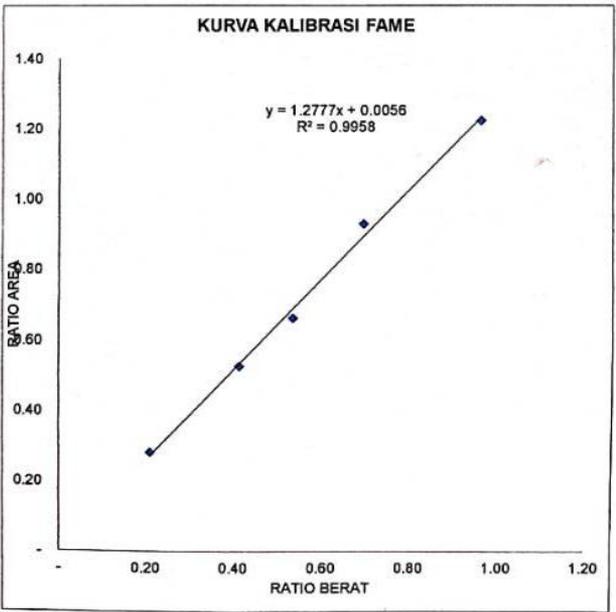
Kallawan

Lampiran 7. Lanjutan

STANDARISASI INTERNAL ANALISIS FAME
 LABORATORIUM KIMIA ANALISIS INSTRUMENTASI
 JURUSAN TEKNIK KIMIA POLITEKNIK NEGERI MALANG

REKAPITULASI STANDARISASI FAME

NO	BERAT (gr)		AREA		RATIO FAME		
	FAME	BZ-OH	BZ-OH	TOTAL	BERAT	AREA	
1	0.0170	0.0806	94.380	121.173	26.79	0.21	0.28
2	0.0337	0.0812	89.582	136.856	47.27	0.42	0.53
3	0.0439	0.0817	90.218	150.204	59.99	0.54	0.66
4	0.0551	0.0789	85.944	166.193	80.25	0.70	0.93
5	0.0789	0.0819	86.334	192.298	105.96	0.96	1.23



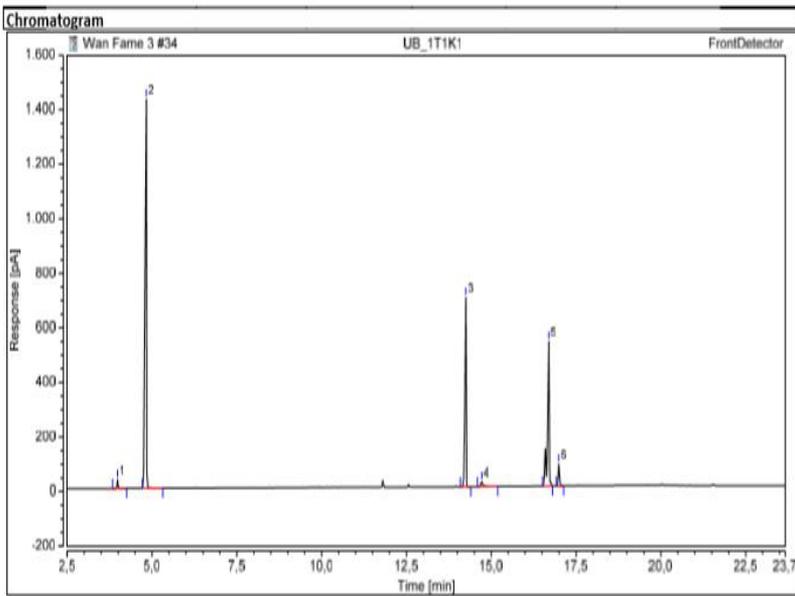
Lampiran 8. Hasil GC Biodiesel Minyak Sawit

Instrument:GC_FID Sequence:Wan Fame 3

Page 1 of 1

Chromatogram and Results

Injection Details		
Injection Name:	UB_1T1K1	Run Time (min): 23,67
Vial Number:	7	Injection Volume: 0,50
Injection Type:	Unknown	Channel: FrontDetector
Calibration Level:		Wavelength: n.a.
Instrument Method:	Wan_Fame	Bandwidth: n.a.
Processing Method:	Basic Quantitative	Dilution Factor: 1,0000
Injection Date/Time:	10/Dec/19 13:30	Sample Weight: 1,0000



Integration Results							
No.	Peak Name	Retention Time min	Area pA*min	Height pA	Relative Area %	Relative Height %	Amount n.a.
1		3,978	0,872	32,565	0,63	1,17	n.a.
2		4,830	71,392	1427,151	51,56	51,25	n.a.
3		14,253	30,018	694,621	21,68	24,95	n.a.
4		14,720	1,628	18,505	1,18	0,66	n.a.
5		16,700	31,619	530,386	22,84	19,05	n.a.
6		16,988	2,937	81,354	2,12	2,92	n.a.
Total:			138,466	2784,583	100,00	100,00	

Lampiran 8. Lanjutan

Instrument:GC_FID Sequence:Wan Fame 3

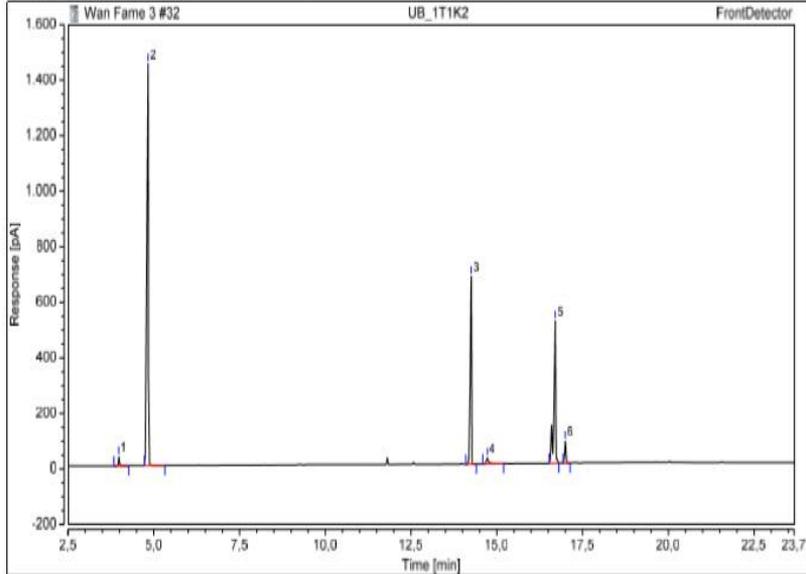
Page 1 of 1

Chromatogram and Results

Injection Details

Injection Name:	UB_1T1K2	Run Time (min):	23,67
Vial Number:	5	Injection Volume:	0,50
Injection Type:	Unknown	Channel:	FrontDetector
Calibration Level:		Wavelength:	n.a.
Instrument Method:	Wan_Fame	Bandwidth:	n.a.
Processing Method:	Basic Quantitative	Dilution Factor:	1,0000
Injection Date/Time:	10/Dec/19 12:35	Sample Weight:	1,0000

Chromatogram



Integration Results

No.	Peak Name	Retention Time min	Area pA*min	Height pA	Relative Area %	Relative Height %	Amount
1		3,978	0,899	33,424	0,65	1,21	n.a.
2		4,832	73,431	1448,575	52,70	52,23	n.a.
3		14,255	29,314	676,136	21,04	24,38	n.a.
4		14,725	2,009	22,442	1,44	0,81	n.a.
5		16,705	30,818	512,925	22,12	18,50	n.a.
6		16,995	2,864	79,712	2,06	2,87	n.a.
Total:			139,335	2773,214	100,00	100,00	



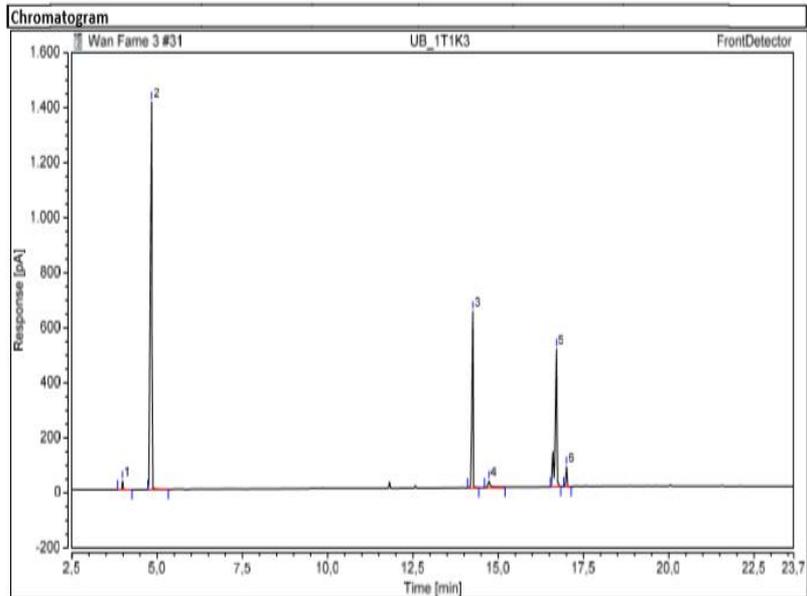
Lampiran 8. Lanjutan

Instrument:GC_FID Sequence:Wan Fame 3

Page 1 of 1

Chromatogram and Results

Injection Details			
Injection Name:	UB_1T1K3	Run Time (min):	23,67
Vial Number:	4	Injection Volume:	0,50
Injection Type:	Unknown	Channel:	FrontDetector
Calibration Level:		Wavelength:	n.a.
Instrument Method:	Wan_Fame	Bandwidth:	n.a.
Processing Method:	Basic Quantitative	Dilution Factor:	1,0000
Injection Date/Time:	10/Dec/19 12:08	Sample Weight:	1,0000



Integration Results							
No.	Peak Name	Retention Time min	Area pA*min	Height pA	Relative Area %	Relative Height %	Amount n.a.
1		3,982	0,872	32,814	0,65	1,22	n.a.
2		4,837	71,192	1409,284	53,13	52,53	n.a.
3		14,257	27,821	641,642	20,76	23,92	n.a.
4		14,730	2,216	24,875	1,65	0,93	n.a.
5		16,710	29,190	501,381	21,79	18,69	n.a.
6		17,000	2,696	72,917	2,01	2,72	n.a.
Total:			133,987	2682,913	100,00	100,00	

Lampiran 8. Lanjutan

Instrument:GC_FID Sequence:Wan Fame 3

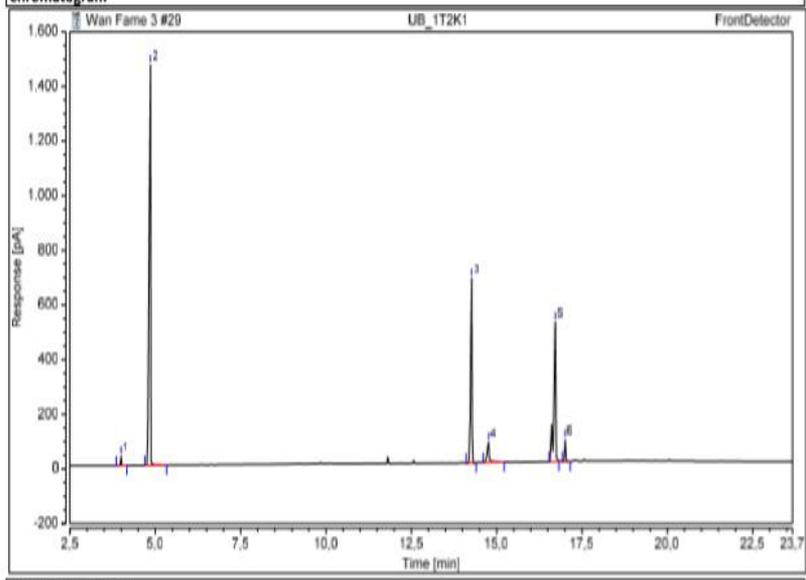
Page 1 of 1

Chromatogram and Results

Injection Details

Injection Name:	UB_1T2K1	Run Time (min):	23,67
Vial Number:	2	Injection Volume:	0,50
Injection Type:	Unknown	Channel:	FrontDetector
Calibration Level:		Wavelength:	n.a.
Instrument Method:	Wan_Fame	Bandwidth:	n.a.
Processing Method:	Basic Quantitative	Dilution Factor:	1,0000
Injection Date/Time:	10/Dec/19 11:13	Sample Weight:	1,0000

Chromatogram



Integration Results

No.	Peak Name	Retention Time min	Area pA*min	Height pA	Relative Area %	Relative Height %	Amount n.g.
1		3,998	0,885	34,840	0,61	1,23	n.a.
2		4,858	75,854	1485,862	51,87	51,57	n.a.
3		14,267	29,632	676,633	20,26	23,81	n.a.
4		14,762	5,796	74,096	3,96	2,61	n.a.
5		16,718	31,148	510,445	21,30	17,96	n.a.
6		17,007	2,915	80,467	1,09	2,83	n.a.
Total:			146,227	2842,342	100,00	100,00	

Lampiran 8. Lanjutan

Instrument:GC_FID Sequence:Wan Fame 3

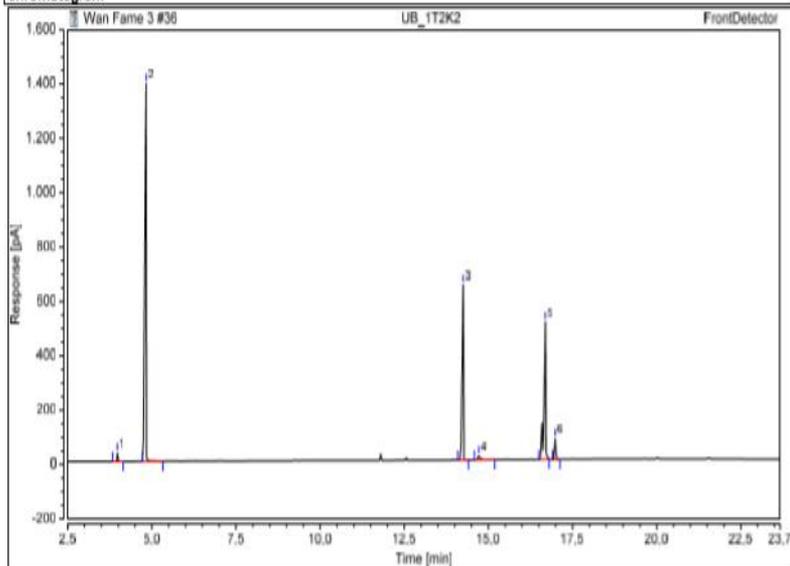
Page 1 of 1

Chromatogram and Results

Injection Details

Injection Name:	UB_1T2K2	Run Time (min):	23,67
Vial Number:	1	Injection Volume:	0,50
Injection Type:	Unknown	Channel:	FrontDetector
Calibration Level:		Wavelength:	n.a.
Instrument Method:	Wan_Fame	Bandwidth:	n.a.
Processing Method:	Basic Quantitative	Dilution Factor:	1,0000
Injection Date/Time:	10/Dec/19 14:24	Sample Weight:	1,0000

Chromatogram



Integration Results

No.	Peak Name	Retention Time min	Area pA*min	Height pA	Relative Area %	Relative Height %	Amount n.g.
1		3,975	0,819	31,863	0,61	1,10	n.a.
2		4,827	70,077	1391,080	52,41	52,13	n.a.
3		14,248	28,561	646,451	21,36	24,22	n.a.
4		14,715	1,421	15,741	1,06	0,50	n.a.
5		16,095	30,048	508,495	22,47	18,98	n.a.
6		16,095	2,785	76,912	2,08	2,88	n.a.
Total:			133,710	2668,542	100,00	100,00	

Lampiran 8. Lanjutan

Instrument:GC_FID Sequence:Wan Fame 3

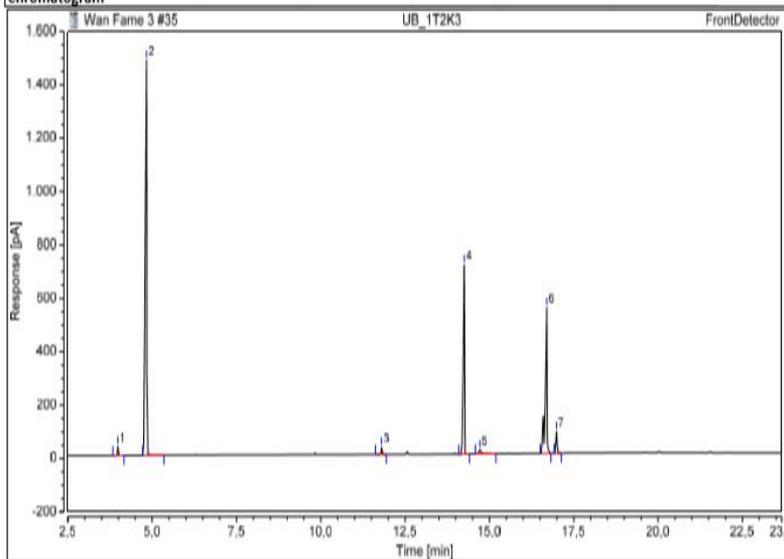
Page 1 of 1

Chromatogram and Results

Injection Details

Injection Name:	UB_1T2K3	Run Time (min):	23,67
Vial Number:	8	Injection Volume:	0,50
Injection Type:	Unknown	Channel:	FrontDetector
Calibration Level:		Wavelength:	n.a.
Instrument Method:	Wan_Fame	Bandwidth:	n.a.
Processing Method:	Basic Quantitative	Dilution Factor:	1,0000
Injection Date/Time:	10/Dec/19 13:57	Sample Weight:	1,0000

Chromatogram



Integration Results

No.	Peak Name	Retention Time min	Area pA*min	Height pA	Relative Area %	Relative Height %	Amount n.a.
1		3,978	0,929	35,199	0,64	1,21	n.a.
2		4,833	76,652	1480,615	52,46	51,07	n.a.
3		11,800	0,704	26,979	0,48	0,93	n.a.
4		14,252	30,846	710,697	21,11	24,52	n.a.
5		14,715	1,510	16,375	1,03	0,56	n.a.
6		16,698	32,470	547,174	22,22	18,87	n.a.
7		16,987	3,006	81,956	2,06	2,83	n.a.
Total:			146,118	2898,995	100,00	100,00	

Lampiran 8. Lanjutan

Instrument:GC_FID Sequence:Wan Fame 3

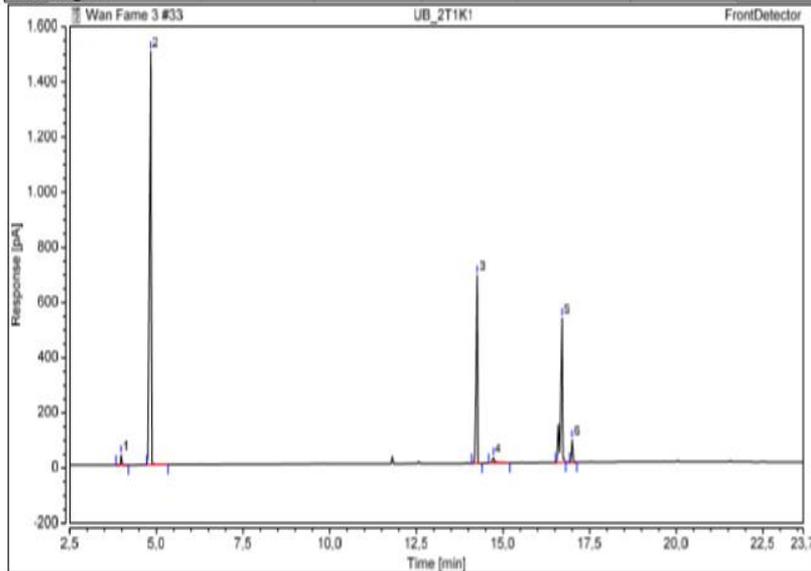
Page 1 of 1

Chromatogram and Results

Injection Details

Injection Name:	UB_2T1K1	Run Time (min):	23,67
Vial Number:	6	Injection Volume:	0,50
Injection Type:	Unknown	Channel:	FrontDetector
Calibration Level:		Wavelength:	n.a.
Instrument Method:	Wan_Fame	Bandwidth:	n.a.
Processing Method:	Basic Quantitative	Dilution Factor:	1,0000
Injection Date/Time:	10/Dec/19 13:02	Sample Weight:	1,0000

Chromatogram



Integration Results

No.	Peak Name	Retention Time min	Area pA*min	Height pA	Relative Area %	Relative Height %	Amount n.a.
1		3,980	0,953	36,354	0,65	1,28	n.a.
2		4,838	78,852	1499,790	53,89	52,75	n.a.
3		14,257	30,084	682,347	20,56	24,00	n.a.
4		14,723	1,819	19,823	1,24	0,70	n.a.
5		16,707	31,668	523,522	21,64	18,41	n.a.
6		16,995	2,937	81,335	2,01	2,86	n.a.
Total:			146,313	2843,170	100,00	100,00	



Lampiran 8. Lanjutan

Instrument:GC_FID Sequence:Wan Fame 3

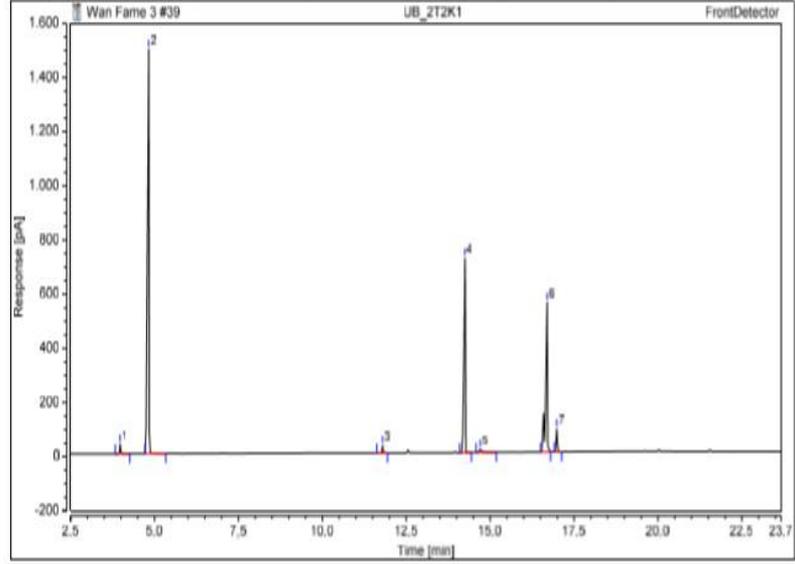
Page 1 of 1

Chromatogram and Results

Injection Details

Injection Name:	UB_2T2K1	Run Time (min):	23,67
Vial Number:	4	Injection Volume:	0,50
Injection Type:	Unknown	Channel:	FrontDetector
Calibration Level:		Wavelength:	n.a.
Instrument Method:	Wan_Fame	Bandwidth:	n.a.
Processing Method:	Basic Quantitative	Dilution Factor:	1,0000
Injection Date/Time:	10/Dec/19 15:46	Sample Weight:	1,0000

Chromatogram



Integration Results

No.	Peak Name	Retention Time min	Area pA*min	Height pA	Relative Area %	Relative Height %	Amount n.a.
1		3,975	0,989	36,037	0,85	1,23	n.a.
2		4,828	79,073	1493,575	52,80	51,06	n.a.
3		11,795	0,719	27,386	0,48	0,94	n.a.
4		14,247	31,526	718,781	21,05	24,57	n.a.
5		14,705	1,159	12,481	0,77	0,43	n.a.
6		16,897	33,214	551,926	22,18	18,87	n.a.
7		16,983	3,082	84,011	2,06	2,90	n.a.
Total:			149,753	2925,077	100,00	100,00	

Lampiran 8. Lanjutan

Instrument:GC_FID Sequence:Wan Fame 3

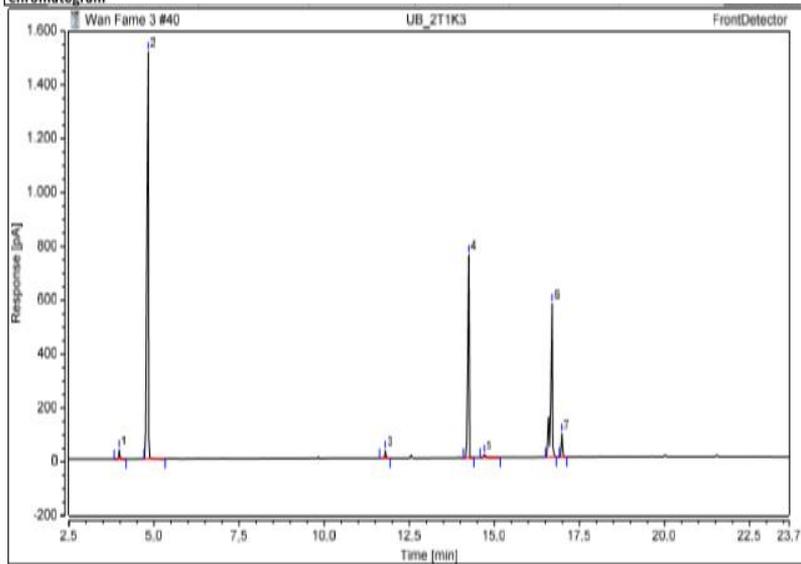
Page 1 of 1

Chromatogram and Results

Injection Details

Injection Name:	UB_2T1K3	Run Time (min):	23,67
Vial Number:	5	Injection Volume:	0,50
Injection Type:	Unknown	Channel:	FrontDetector
Calibration Level:		Wavelength:	n.a.
Instrument Method:	Wan_Fame	Bandwidth:	n.a.
Processing Method:	Basic Quantitative	Dilution Factor:	1,0000
Injection Date/Time:	10/Dec/19 16:13	Sample Weight:	1,0000

Chromatogram



Integration Results

No.	Peak Name	Retention Time min	Area pA*min	Height pA	Relative Area %	Relative Height %	Amount
1		3,975	0,952	35,697	0,82	1,19	n.a.
2		4,830	79,182	1512,265	51,48	50,38	n.a.
3		11,795	0,761	28,957	0,50	0,06	n.a.
4		14,250	33,395	754,106	21,71	25,12	n.a.
5		14,708	1,110	12,015	0,72	0,40	n.a.
6		16,698	35,134	570,571	22,85	19,01	n.a.
7		16,985	3,271	88,106	2,13	2,94	n.a.
Total:			153,786	3001,717	100,00	100,00	

Lampiran 8. Lanjutan

Instrument:GC_FID Sequence:Wan Fame 3

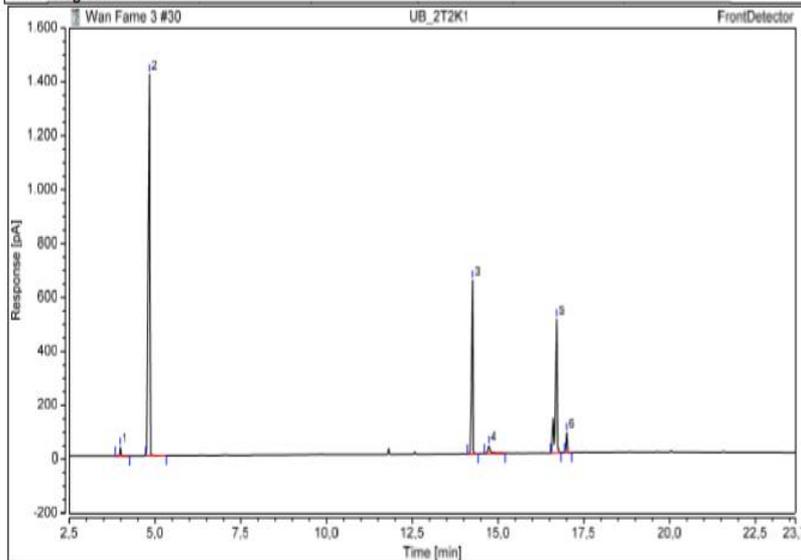
Page 1 of 1

Chromatogram and Results

Injection Details

Injection Name:	UB_2T2K1	Run Time (min):	23,67
Vial Number:	3	Injection Volume:	0,50
Injection Type:	Unknown	Channel:	FrontDetector
Calibration Level:		Wavelength:	n.a.
Instrument Method:	Wan_Fame	Bandwidth:	n.a.
Processing Method:	Basic Quantitative	Dilution Factor:	1,0000
Injection Date/Time:	10/Dec/19 11:41	Sample Weight:	1,0000

Chromatogram



Integration Results

No.	Peak Name	Retention Time min	Area pA*min	Height pA	Relative Area %	Relative Height %	Amount n.a.
1		3,983	0,888	33,096	0,66	1,23	n.a.
2		4,830	72,285	1416,560	53,47	52,55	n.a.
3		14,258	27,729	644,745	20,51	23,92	n.a.
4		14,733	2,555	29,122	1,89	1,08	n.a.
5		16,710	29,039	497,198	21,48	18,44	n.a.
6		17,000	2,688	74,865	1,99	2,78	n.a.
Total:			135,185	2695,586	100,00	100,00	

Lampiran 8. Lanjutan

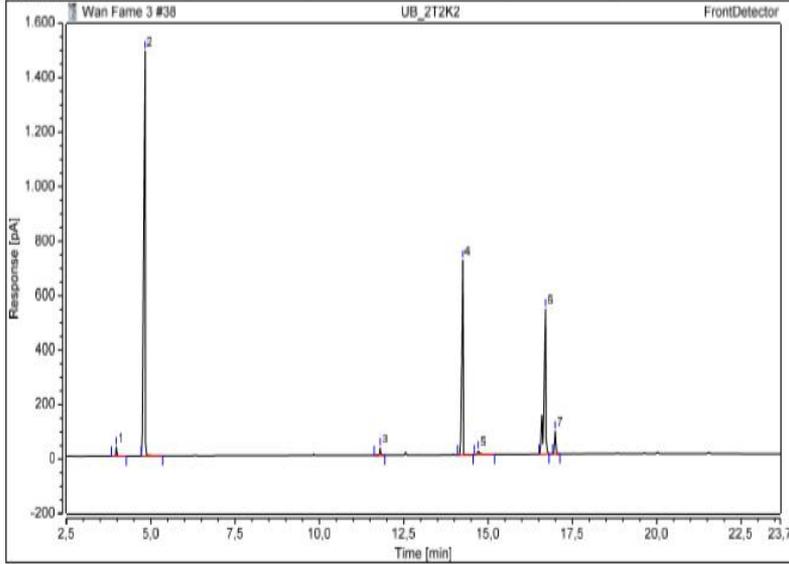
Instrument:GC_FID Sequence:Wan Fame 3

Chromatogram and Results

Injection Details

Injection Name:	UB_2T2K2	Run Time (min):	23,67
Vial Number:	3	Injection Volume:	0,50
Injection Type:	Unknown	Channel:	FrontDetector
Calibration Level:		Wavelelength:	n.a.
Instrument Method:	Wan_Fame	Bandwidth:	n.a.
Processing Method:	Basic Quantitative	Dilution Factor:	1,0000
Injection Date/Time:	10/Dec/19 15:18	Sample Weight:	1,0000

Chromatogram



Integration Results

No.	Peak Name	Retention Time min	Area pA*min	Height pA	Relative Area %	Relative Height %	Amount n.a.
1		3,975	0,934	34,231	0,63	1,18	n.a.
2		4,830	76,108	1487,161	51,72	51,38	n.a.
3		11,798	0,724	27,424	0,49	0,95	n.a.
4		14,250	31,824	715,237	21,63	24,71	n.a.
5		14,712	1,222	13,402	0,83	0,46	n.a.
6		16,702	33,256	532,419	22,60	18,39	n.a.
7		16,988	3,090	84,695	2,10	2,93	n.a.
Total:			147,158	2894,569	100,00	100,00	

Lampiran 8. Lanjutan

Instrument:GC_FID Sequence:Wan Fame 3

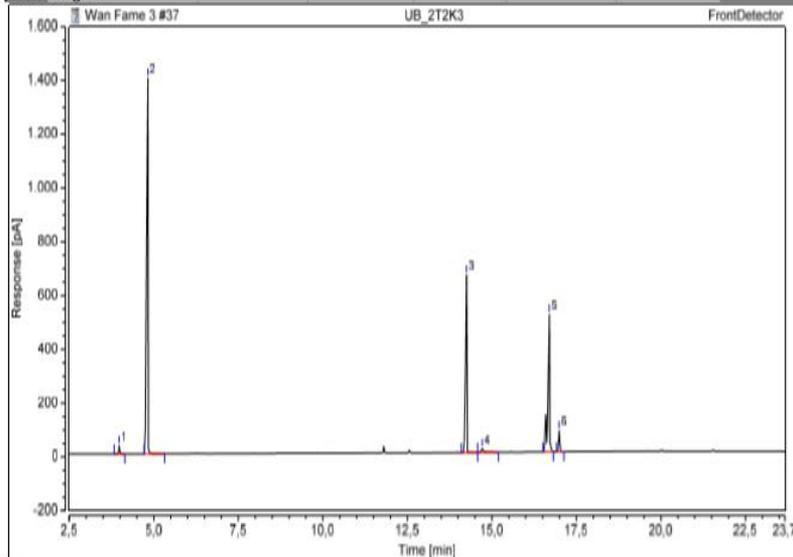
Page 1 of 1

Chromatogram and Results

Injection Details

Injection Name:	UB_2T2K3	Run Time (min):	23,67
Vial Number:	2	Injection Volume:	0,50
Injection Type:	Unknown	Channel:	FrontDetector
Calibration Level:		Wavelength:	n.a.
Instrument Method:	Wan_Fame	Bandwidth:	n.a.
Processing Method:	Basic Quantitative	Dilution Factor:	1,0000
Injection Date/Time:	10/Dec/19 14:51	Sample Weight:	1,0000

Chromatogram



Integration Results

No	Peak Name	Retention Time min	Area pA*min	Height pA	Relative Area %	Relative Height %	Amount n.a.
1		3,975	0,825	31,685	0,61	1,17	n.a.
2		4,825	69,945	1398,110	51,71	51,84	n.a.
3		14,250	29,662	661,247	21,93	24,52	n.a.
4		14,717	1,333	14,660	0,99	0,54	n.a.
5		16,698	30,662	512,014	22,67	18,98	n.a.
6		16,987	2,842	79,263	2,10	2,94	n.a.
Total:			135,269	2696,979	100,00	100,00	

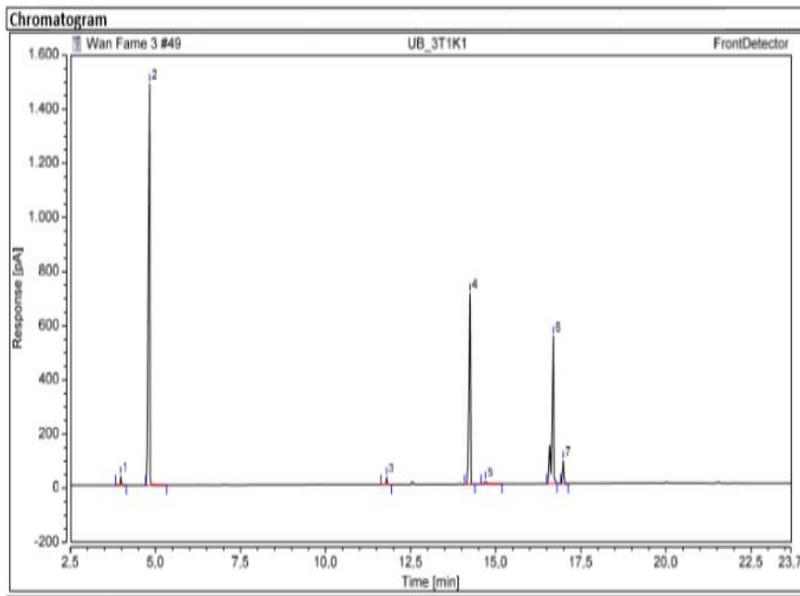
Lampiran 8. Lanjutan

Instrument:GC_FID Sequence:Wan Fame 3

Page 1 of 1

Chromatogram and Results

Injection Details		
Injection Name:	UB_3T1K1	Run Time (min): 23,67
Vial Number:	2	Injection Volume: 0,50
Injection Type:	Unknown	Channel: FrontDetector
Calibration Level:		Wavelength: n.a.
Instrument Method:	Wan_Fame	Bandwidth: n.a.
Processing Method:	Basic Quantitative	Dilution Factor: 1,0000
Injection Date/Time:	11/Dec/19 11:01	Sample Weight: 1,0000



Integration Results							
No.	Peak Name	Retention Time min	Area pA*min	Height pA	Relative Area %	Relative Height %	Amount n.a.
1		3,975	0,898	34,318	0,62	1,19	n.a.
2		4,827	75,146	1483,302	51,85	51,34	n.a.
3		11,793	0,713	27,350	0,49	0,95	n.a.
4		14,247	31,332	705,891	21,62	24,43	n.a.
5		14,700	0,912	9,718	0,63	0,34	n.a.
6		16,693	32,857	544,479	22,67	18,84	n.a.
7		16,983	3,061	84,311	2,11	2,92	n.a.
Total:			144,919	2889,370	100,00	100,00	

Lampiran 8. Lanjutan

Instrument:GC_FID Sequence:Wan Fame 3

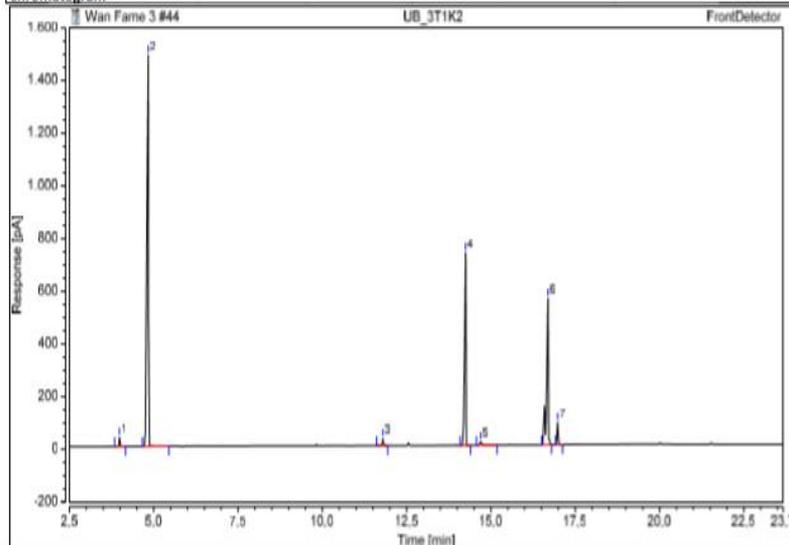
Page 1 of 1

Chromatogram and Results

Injection Details

Injection Name:	UB_3T1K2	Run Time (min):	23,67
Vial Number:	1	Injection Volume:	0,50
Injection Type:	Unknown	Channel:	FrontDetector
Calibration Level:		Wavelength:	n.a.
Instrument Method:	Wan_Fame	Bandwidth:	n.a.
Processing Method:	Basic Quantitative	Dilution Factor:	1,0000
Injection Date/Time:	10/Dec/19 18:04	Sample Weight:	1,0000

Chromatogram



Integration Results

No.	Peak Name	Retention Time min	Area pA*min	Height pA	Relative Area %	Relative Height %	Amount n.a.
1		3,980	0,943	35,730	0,03	1,22	n.a.
2		4,835	78,010	1480,404	51,97	90,54	n.a.
3		11,795	0,733	28,258	0,40	0,90	n.a.
4		14,247	32,253	733,203	21,49	24,93	n.a.
5		14,897	1,194	14,948	0,80	0,51	n.a.
6		16,693	33,818	556,440	22,53	18,92	n.a.
7		19,978	3,151	85,944	2,10	2,92	n.a.
Total:			150,103	2940,942	100,00	100,00	

Lampiran 8. Lanjutan

Instrument:GC_FID Sequence:Wan Fame 3

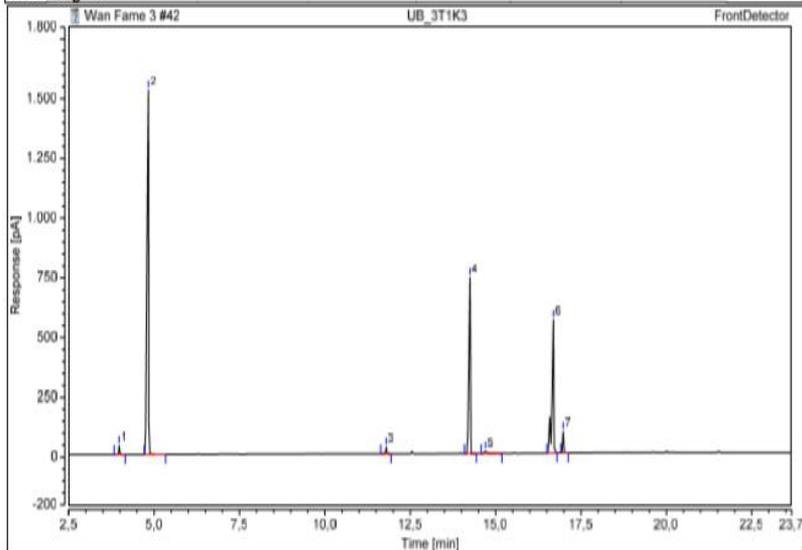
Page 1 of 1

Chromatogram and Results

Injection Details

Injection Name:	UB_3T1K3	Run Time (min):	23.67
Vial Number:	7	Injection Volume:	0,50
Injection Type:	Unknown	Channel:	FrontDetector
Calibration Level:		Wavelength:	n.a.
Instrument Method:	Wan_Fame	Bandwidth:	n.a.
Processing Method:	Basic Quantitative	Dilution Factor:	1,0000
Injection Date/Time:	10/Dec/19 17:07	Sample Weight:	1,0000

Chromatogram



Integration Results

No.	Peak Name	Retention Time min	Area pA*min	Height pA	Relative Area %	Relative Height %	Amount
1		3,975	0,988	37,641	0,63	1,26	n.a.
2		4,832	82,352	1526,529	52,81	51,07	n.a.
3		11,793	0,753	28,625	0,48	0,96	n.a.
4		14,247	33,012	737,835	21,17	24,69	n.a.
5		14,703	0,996	10,204	0,64	0,34	n.a.
6		16,693	34,617	557,915	22,20	18,67	n.a.
7		16,978	3,220	90,055	2,07	3,01	n.a.
Total:			155,938	2988,804	100,00	100,00	

Lampiran 8. Lanjutan

Instrument:GC_FID Sequence:Wan Fame 3

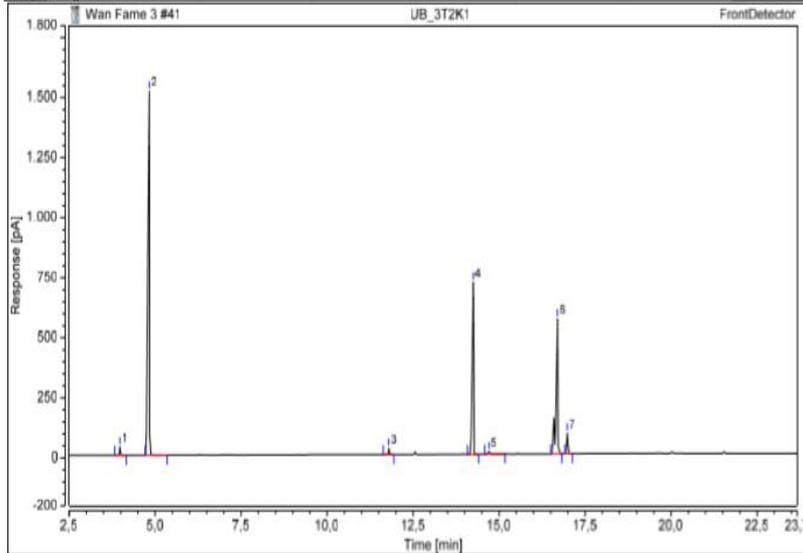
Page 1 of 1

Chromatogram and Results

Injection Details

Injection Name:	UB_3T2K1	Run Time (min):	23,67
Vial Number:	6	Injection Volume:	0,50
Injection Type:	Unknown	Channel:	FrontDetector
Calibration Level:		Wavelength:	n.a.
Instrument Method:	Wan_Fame	Bandwidth:	n.a.
Processing Method:	Basic Quantitative	Dilution Factor:	1,0000
Injection Date/Time:	10/Dec/19 16:40	Sample Weight:	1,0000

Chromatogram



Integration Results

No.	Peak Name	Retention Time min	Area pA*min	Height pA	Relative Area %	Relative Height %	Amount
1		3,975	0,967	36,512	0,63	1,23	n.a.
2		4,832	80,516	1517,723	52,57	51,25	n.a.
3		11,795	0,742	28,404	0,48	0,96	n.a.
4		14,250	32,531	717,694	21,24	24,24	n.a.
5		14,708	1,049	11,306	0,69	0,38	n.a.
6		16,698	34,177	562,505	22,31	18,99	n.a.
7		16,985	3,181	87,234	2,08	2,95	n.a.
Total:			153,164	2961,378	100,00	100,00	

Lampiran 8. Lanjutan

Instrument:GC_FID Sequence:Wan Fame 3

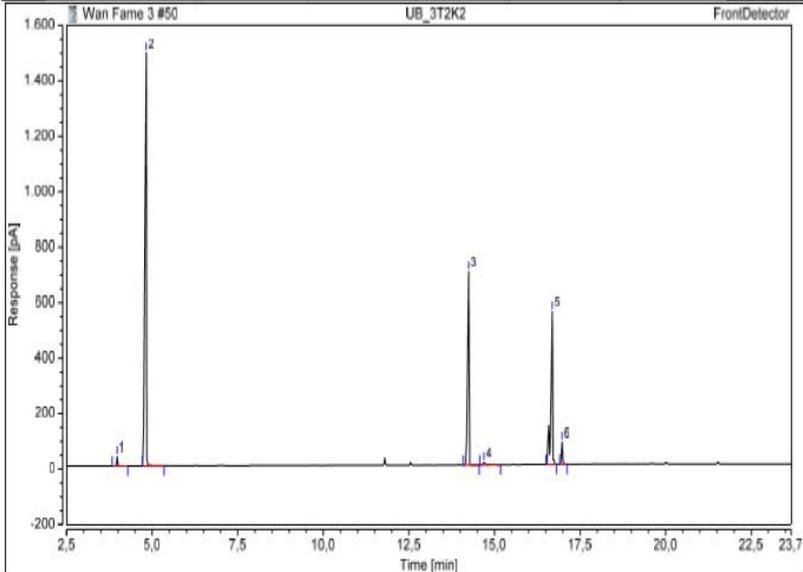
Page 1 of 1

Chromatogram and Results

Injection Details

Injection Name:	UB_3T2K2	Run Time (min):	23,67
Vial Number:	3	Injection Volume:	0,50
Injection Type:	Unknown	Channel:	FrontDetector
Calibration Level:		Wavelength:	n.a.
Instrument Method:	Wan_Fame	Bandwidth:	n.a.
Processing Method:	Basic Quantitative	Dilution Factor:	1,0000
Injection Date/Time:	11/Dec/19 11:28	Sample Weight:	1,0000

Chromatogram



Integration Results

No.	Peak Name	Retention Time min	Area pA*min	Height pA	Relative Area %	Relative Height %	Amount
1		3,973	0,946	34,939	0,65	1,22	n.a.
2		4,827	76,857	1490,836	53,16	52,04	n.a.
3		14,243	30,715	698,392	21,24	24,38	n.a.
4		14,695	0,803	8,849	0,56	0,31	n.a.
5		16,688	32,261	551,468	22,31	19,25	n.a.
6		16,978	2,999	80,550	2,07	2,81	n.a.
Total:			144,582	2865,035	100,00	100,00	

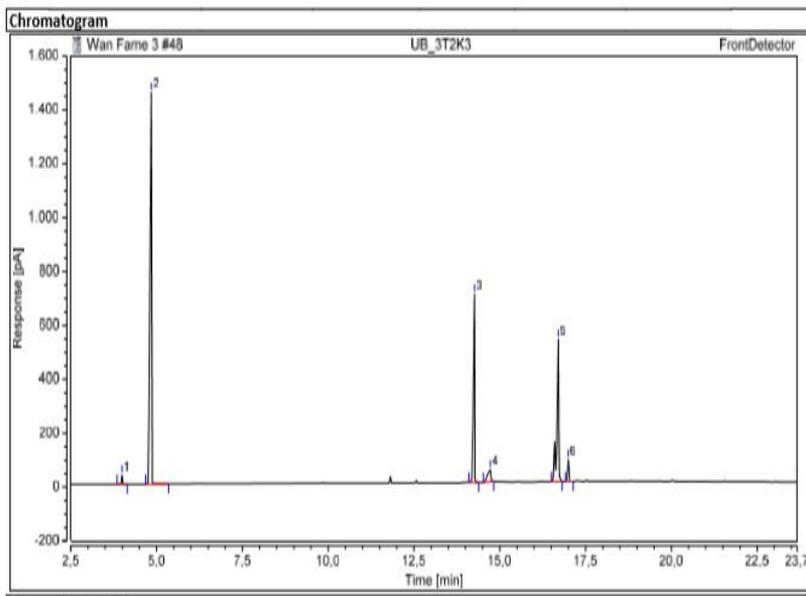
Lampiran 8. Lanjutan

Instrument:GC_FID Sequence:Wan Fame 3

Page 1 of 1

Chromatogram and Results

Injection Details		
Injection Name:	UB_3T2K3	Run Time (min): 23,67
Vial Number:	1	Injection Volume: 0,50
Injection Type:	Unknown	Channel: FrontDetector
Calibration Level:		Wavelength: n.a.
Instrument Method:	Wan_Fame	Bandwidth: n.a.
Processing Method:	Basic Quantitative	Dilution Factor: 1,0000
Injection Date/Time:	11/Dec/19 10:34	Sample Weight: 1,0000



Integration Results							
No.	Peak Name	Retention Time min	Area pA*min	Height pA	Relative Area %	Relative Height %	Amount
1		3,990	0,878	34,143	0,60	1,20	n.a.
2		4,645	73,369	1453,959	50,42	51,16	n.a.
3		14,262	30,470	699,045	20,94	24,60	n.a.
4		14,720	5,103	44,637	3,51	1,57	n.a.
5		16,708	32,624	528,716	22,42	18,60	n.a.
6		16,995	3,062	81,672	2,10	2,87	n.a.
Total:			145,506	2842,172	100,00	100,00	

Lampiran 9. Standar Deviasi pada Rendemen

Perlakuan		Rendemen (%)			Jumlah	Rata-Rata
Waktu (Jam)	Katalis NaOH (%)	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3		
3	1	43,18	65,32	38,99	147,49	49,16 ± 14,148
3	1,5	53,63	67,81	57,05	178,49	59,50 ± 7,400
3	2	51,08	53,19	54,75	159,02	53,01 ± 1,842
6	1	50,44	34,04	38,13	122,61	40,87 ± 8,536
6	1,5	38,93	66,35	46,59	151,87	50,62 ± 14,148
6	2	57,92	57,27	42,11	157,30	52,43 ± 8,946
Jumlah		295,18	343,98	277,62	916,78	

Keterangan:  : standar deviasi terendah
 : standar deviasi tertinggi



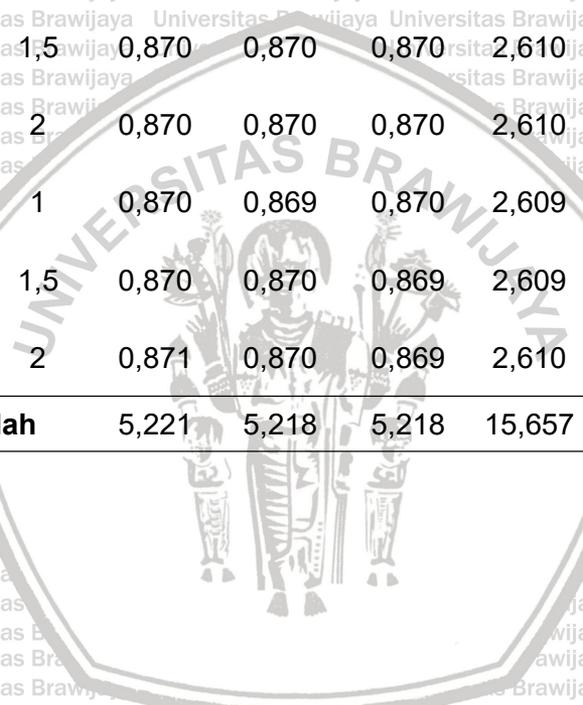
Lampiran 10. Standar Deviasi pada Viskositas

Perlakuan	Waktu (Jam)	Katalis NaOH (%)	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Jumlah	Rata-Rata
	3	1	4,770	4,822	4,846	14,438	4,813 ± 0,039
	3	1,5	4,826	4,826	4,809	14,461	4,820 ± 0,010
	3	2	4,822	4,827	4,838	14,487	4,829 ± 0,008
	6	1	4,877	4,784	4,781	14,442	4,814 ± 0,055
	6	1,5	4,821	4,798	4,803	14,422	4,807 ± 0,012
	6	2	4,865	4,843	4,835	14,543	4,848 ± 0,016
	Jumlah		28,981	28,9	28,912	86,793	

Keterangan: : standar deviasi terendah
 : standar deviasi tertinggi

Lampiran 11. Standar Deviasi pada Densitas

Waktu (Jam)	Katalis NaOH (%)	Densitas (g/ml)			Jumlah	Rata-Rata
		Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3		
3	1	0,870	0,869	0,870	2,609	0,869 ± 0,001
3	1,5	0,870	0,870	0,870	2,610	0,870 ± 0,001
3	2	0,870	0,870	0,870	2,610	0,870 ± 0,001
6	1	0,870	0,869	0,870	2,609	0,869 ± 0,001
6	1,5	0,870	0,870	0,869	2,609	0,869 ± 0,001
6	2	0,871	0,870	0,869	2,610	0,870 ± 0,001
Jumlah		5,221	5,218	5,218	15,657	



Lampiran 12. Standar Deviasi pada FAME

Perlakuan	Katalis NaOH (%)	FAME (%)			Jumlah	Rata-Rata
		Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3		
3	1	83,84	82,71	83,65	250,20	83,40 ± 0,605
3	1,5	79,45	84,60	84,37	248,42	82,81 ± 2,909
3	2	80,16	85,44	79,78	245,38	81,79 ± 3,164
6	1	89,40	81,92	83,20	254,52	84,84 ± 4,001
6	1,5	83,36	85,03	84,09	252,48	84,16 ± 0,837
6	2	80,15	83,91	90,14	254,20	84,73 ± 5,046
Jumlah		496,36	503,61	505,23	1505,2	

Keterangan: : standar deviasi terendah
 : standar deviasi tertinggi

Lampiran 13. Analisis Sidik Ragam Pengaruh Jenis Katalis dan Lama Waktu Interesterifikasi Terhadap Nilai Rendemen Biodiesel

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Yield

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	553.137 ^a	5	110.627	1.086	.416
Intercept	46693.643	1	46693.643	458.240	.000
Waktu	157.354	1	157.354	1.544	.238
Katalis	331.371	2	165.685	1.626	.237
Waktu * Katalis	64.412	2	32.206	.316	.735
Error	1222.775	12	101.898		
Total	48469.554	18			
Corrected Total	1775.912	17			

a. R Squared = .311 (Adjusted R Squared = .025)

	F Hitung	F Tabel α 5%
Katalis	1,626	3,89
Waktu	0,1,544	4,75
Katalis*Waktu	0,316	3,89

Kesimpulan Karena F Hitung < F Tabel 5%, maka kesimpulannya adalah tidak berbeda nyata

Lampiran 14. Analisis Sidik Ragam Pengaruh Jenis Katalis dan Lama Waktu Interesterifikasi Terhadap Nilai Viskositas Biodiesel

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Densitas

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	5.000E-007 ^a	5	1.000E-007	.300	.904
Intercept	13.619	1	13.619	40856941.50	.000
Katalis	3.333E-007	2	1.667E-007	.500	.619
Waktu	5.556E-008	1	5.556E-008	.167	.690
Katalis * Waktu	1.111E-007	2	5.556E-008	.167	.848
Error	4.000E-006	12	3.333E-007		
Total	13.619	18			
Corrected Total	4.500E-006	17			

a. R Squared = .111 (Adjusted R Squared = -.259)

	F Hitung	F Tabel α 5%
Katalis	0,500	3,89
Waktu	0,167	4,75
Katalis*Waktu	0,167	3,89

Kesimpulan Karena F Hitung < F Tabel 5%, maka kesimpulannya adalah tidak berbeda nyata

Lampiran 15. Analisis Sidik Ragam Pengaruh Jenis Katalis dan Lama Waktu Interesterifikasi Terhadap Nilai Densitas Biodiesel

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Viskositas

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.003 ^a	5	.001	.769	.590
Intercept	418.501	1	418.501	498281.839	.000
Katalis	.002	2	.001	1.459	.271
Waktu	2.450E-005	1	2.450E-005	.029	.867
Katalis * Waktu	.001	2	.000	.449	.649
Error	.010	12	.001		
Total	418.515	18			
Corrected Total	.013	17			

a. R Squared = .243 (Adjusted R Squared = -.073)

	F Hitung	F Tabel α 5%
Katalis	1,459	3,89
Waktu	0,29	4,75
Katalis*Waktu	0,449	3,89

Kesimpulan Karena F Hitung < F Tabel 5%, maka kesimpulannya adalah tidak berbeda nyata

Lampiran 16. Analisis Sidik Ragam Pengaruh Jenis Katalis dan Lama Waktu Interesterifikasi Terhadap Nilai FAME Biodiesel

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: FAME

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	21.198 ^a	5	4.240	.417	.828
Intercept	125868.169	1	125868.169	12379.745	.000
Katalis	2.375	2	1.188	.117	.891
Waktu	16.436	1	16.436	1.617	.228
Katalis * Waktu	2.388	2	1.194	.117	.890
Error	122.007	12	10.167		
Total	126011.374	18			
Corrected Total	143.206	17			

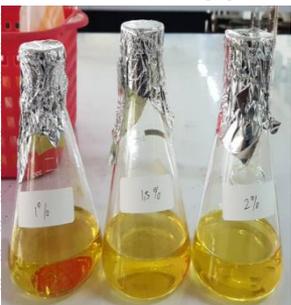
a. R Squared = .148 (Adjusted R Squared = -.207)

	F Hitung	F Tabel α 5%
Katalis	0,117	3,89
Waktu	1,617	4,75
Katalis*Waktu	0,117	3,89

Karena F Hitung < F Tabel 5%,
maka kesimpulannya adalah tidak
berbeda nyata

Kesimpulan

Lampiran 17. Dokumentasi Kegiatan Penelitian



Minyak sawit 100 ml



Penimbangan NaOH menggunakan



Pelarutan NaOH kedalam metil asetat menggunakan magnetic stirrer



NaOH yang larut dalam metil asetat

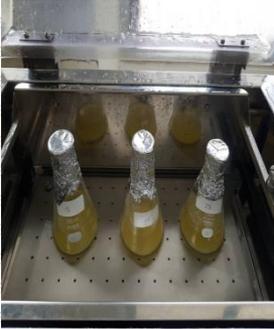


Minyak sawit yang telah mencapai



Mencampurkan larutan metil asetat+NaOH kedalam minyak sawit

Lampiran 17. Lanjutan



Reaksi interesterifikasi berlangsung selama 3 jam dan 6 jam



Hasil interesterifikasi dipisahkan menggunakan corong pemisah dan didiamkan semalaman (± 15 jam)



Metil ester (biodiesel kasar) dan triasetin



Pencucian biodiesel dengan aquades



Pengeringan biodiesel



Biodiesel murni