

TA/TL/2022/1435

TUGAS AKHIR

KINERJA *BATCH* REAKTOR BIODIESEL PADA MINYAK JELANTAH DENGAN UJI TRANSESTERIFIKASI MENGGUNAKAN KATALIS KALSIUM OKSIDA (CaO)

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan



FURQON NUR HANIFAN
17513185

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2022

TUGAS AKHIR
KINERJA BATCH REAKTOR BIODIESEL PADA MINYAK JELANTAH
DENGAN UJI TRANSESTERIFIKASI MENGGUNAKAN KATALIS
KALSIUM OKSIDA (CaO)

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh
Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan



Disusun Oleh :

FURQON NUR HANIFAN
17513185

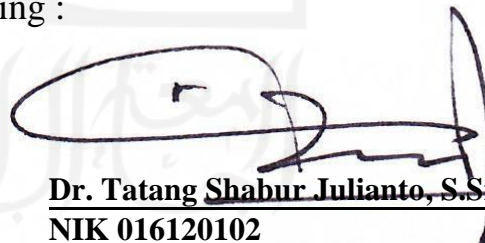
Disetujui,
Dosen Pembimbing :



Dr. Hijrah Purnama Putra, S.T., M.Eng.

NIK 095130404

Tanggal : 16 Februari 2022



Dr. Tatang Shabur Julianto, S.Si, M.Si

NIK 016120102

Tanggal : 14 Februari 2022

Mengetahui.

Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII



Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D.

NIK 025100406

Tanggal : 23 Maret 2022

HALAMAN PENGESAHAN
**KINERJA *BATCH* REAKTOR BIODIESEL PADA MINYAK
JELANTAH DENGAN UJI TRANSESTERIFIKASI
MENGUNAKAN KATALIS KALSIMUM OKSIDA (CaO)**

Telah diterima dan disahkan oleh tim penguji

Hari : Rabu

Tanggal : 16 Februari 2022

Disusun Oleh :

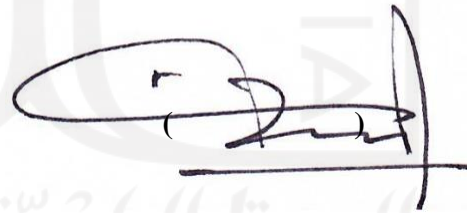
**FURQON NUR HANIFAN
17513185**

Tim Penguji :

Dr. Hijrah Purnama Putra, S.T., M.Eng



Dr. Tatang Shabur Julianto, S.Si., M.Si



Dr. Joni Aldilla Fajri, S.T., M.Eng



PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Karya tulis ini merupakan tulisan asli dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia maupun di tingkat perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini merupakan gagasan, perencanaan, dan penelitian saya seorang, tanpa adanya bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara jelas dicantumkan sebagai pedoman dalam naskah dengan disebutkan penulis atau sumbernya dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Alat pengolahan yang penulis buat dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggungjawab saya, bukan tanggungjawab Universitas Islam Indonesia.
5. Pernyataan ini saya buat dengan benar dan penuh tanggungjawab. Apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam karya tulis ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan peraturan yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta,


pernyataan
R
FURQON NUR ILANIFAN
NIM 17513185

PRAKATA

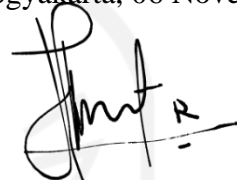
Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanahu wa ta'ala* yang telah memberikan rahmat dan berkahNya sehingga tugas akhir ini dapat penulis selesaikan. Topik penelitian ini dilaksanakan sejak Maret 2021 mengenai pengolahan biodiesel dengan mengambil judul “Kinerja *Batch* Reaktor Biodiesel pada Minyak Jelantah dengan Uji Transesterifikasi Menggunakan Katalis Kalsium Oksida (CaO).” Karya tulis ini disusun sebagai bentuk untuk memenuhi tugas akhir penyelesaian program sarjana pada Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

Tugas akhir ini disusun dukungan semangat, doa, serta bantuan baik moral maupun materiil oleh berbagai pihak, maka penulis menyampaikan puji syukur dan terima kasih kepada:

1. Allah *subhanahu wa ta'ala* yang telah melimpahkan segala berkah, ilmu, serta ridhonNya dalam keberjalanan menyelesaikan studi.
2. Bapak **Muhammad Tasngin** dan Ibu **Tri Sumasti Rahayuningsih** sebagai ayah dan ibu penulis yang selalu memberikan segalanya untuk penulis.
3. Adik-adik penulis, **Yusuf Agung Rizki**, **Ridho Abdul Latief**, dan **Shalima Nur Kusumastuti**. Tak lupa kerabat, serta keluarga yang menjadi pengingat penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Bapak **Dr. Hijrah Purnama Putra, S.T., M.Eng.** selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang sudah berkenan menjadi pembimbing penulis. Senantiasa juga memberikan saran, ilmu, masukan, serta bimbingannya dengan sabar selama penelitian ini.
5. Bapak **Dr. Tatang Shabur Julianto, M.Si.** selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang sudah berkenan menjadi pembimbing penulis. Berkenan membagi ilmu mengenai tugas akhir penulis ditengah kesibukanya ditambah dalam kondisi fakultas yang berbeda.
6. Bapak **Dr. Joni Aldilla Fajri S.T., M.Eng.** selaku dosen penguji yang sudah membimbing serta memberi saran dan arahan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
7. **Nurul Hardina A Mai** selaku rekan yang selalu membantu dan mendukung penulis.
8. Teman-teman, abang, mba, dan rekan-rekan penulis lain yang tidak dapat penulis sebutkan satu-satu yang sedang sama-sama berjuang memperoleh gelar sarjana.

Penulis secara penuh sadar dalam penyusunan tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis berterima kasih atas segala kritik dan saran yang bersifat membangun guna terbentuknya laporan tugas akhir ini yang lebih baik. Semoga tugas akhir ini dapat memiliki kebermanfaatan bagi orang banyak.

Yogyakarta, 06 November 2021



Furqon Nur Hanifan



ABSTRAK

FURQON NUR HANIFAN. Kinerja *Batch* Reaktor Biodiesel pada Minyak Jelantah dengan Uji Transesterifikasi Menggunakan Katalis Kalsium Oksida (CaO) Dibimbing oleh Dr. Hijrah Purnama Putra, S.T., M.Eng. dan Dr. Tatang Shabur Julianto, M.Si.

Minyak jelantah adalah minyak yang berasal dari minyak nabati maupun hewani yang sudah melalui proses penggorengan berulang-ulang sehingga dari komposisi kimianya mengandung senyawa-senyawa bersifat karsinogenik dan merusak lingkungan. Di lain hal, minyak jelantah dapat dikonversi menjadi sumber energi bahan bakar terbarukan yakni biodiesel. Bahan ini diubah menjadi metil ester asam lemak yang diproduksi melalui proses transesterifikasi dengan alkohol menggunakan katalis atau melalui proses transesterifikasi langsung asam lemak hasil hidrolisis minyak dengan alkohol. Penelitian ini dilakukan melalui perencanaan alat dan uji laboratorium dengan metode transesterifikasi menggunakan *batch* reaktor dengan katalis basa heterogen Kalsium Oksida (CaO). Pengujian dilakukan dengan 2 (perlakuan) yang berbeda berdasarkan pada suhu pengolahan, waktu pengolahan, putaran pengadukan. Pada perlakuan pertama dilakukan pengolahan pada suhu 60°C dengan kecepatan putar pengadukan 200 rpm, 100 gr katalis CaO, serta 60 menit waktu pengolahan. Perlakuan yang kedua pada suhu 65°C dengan pengadukan berkecepatan 250 rpm, 100 gr katalis CaO, dan 60 menit lama pengolahan. Data hasil uji menunjukkan bahwa pada dari 2 variabel perlakuan didapatkan hasil terbaik pada uji densitas sebesar 900 kg/m³; kadar air 349 ppm; serta kadar FFA memenuhi proses transesterifikasi menggunakan filter karbon menjadi senilai 1,83%. Minyak jelantah yang sudah diolah perlu diuji proses pengolahannya kembali meskipun sudah terdapat hasil kandungan gugus fungsi pembentuk senyawa metil ester (biodiesel) seperti gugus fungsi ikatan C-O, ester, karbonil, dan >CO pada kelompok senyawa ester. Hasil kadar *yield* biodiesel yang didapat paling optimal sebesar 62,1% pada perlakuan yang kedua.

Kata kunci: Minyak goreng bekas, Kalsium Oksida, Batch Reaktor, Biodiesel

ABSTRACT

FURQON NUR HANIFAN. Performance of Biodiesel Reactor Batch on Used Cooking Oil by Transesterification Test Using Calcium Oxide (CaO) Catalyst. Supervised by Dr. Hijrah Purnama Putra, S.T., M.Eng. and Dr. Tatang Shabur Julianto, M.Si.

Used is oil made from vegetable or animal that has been through the frying process many times so that it changes the chemical compounds and has the potential to cause cancer plus damage the environment. On the other hand, used cooking oil is an alternative raw material to produce biodiesel. This material is converted into fatty acid methyl esters (FAME) which are produced through the transesterification process between triglyceride and methanol aided by catalyst or through a direct transesterification process of fatty acids resulting from hydrolysis of oil with alcohol. This research was carried out through making prototype and laboratory tests with the transesterification method using a batch reactor with a heterogeneous base catalyst of Calcium Oxide (CaO). The test was carried out with variations of the temperature, processing time, and stirring process. In the first treatment, processing was carried out at a temperature of 60°C with 200 rpm of stirring speed, 750 grams of CaO catalyst, and processing time about 30 minutes. The second treatment was at a 65°C of temperature 250 rpm stirrer speed, 100 g of CaO catalyst, and 60 minutes of processing time. The optimum conditions for the reaction were obtained for density at 900 kg/m³; water content 349 ppm; and the FFA content occupied the transesterification process using a carbon filter at 1.83%. Used cooking oil that has been processed need to be reprocessed even though it has contained functional groups that form methyl ester compounds (biodiesel) such as functional groups of C-O bonds, esters, carbonyls, and >CO in the ester compound groups. The optimum yield of biodiesel can get was 62.1% in the second treatment.

Keywords: Used cooking oil, Calcium Oxide, Batch Reactor, Biodiesel

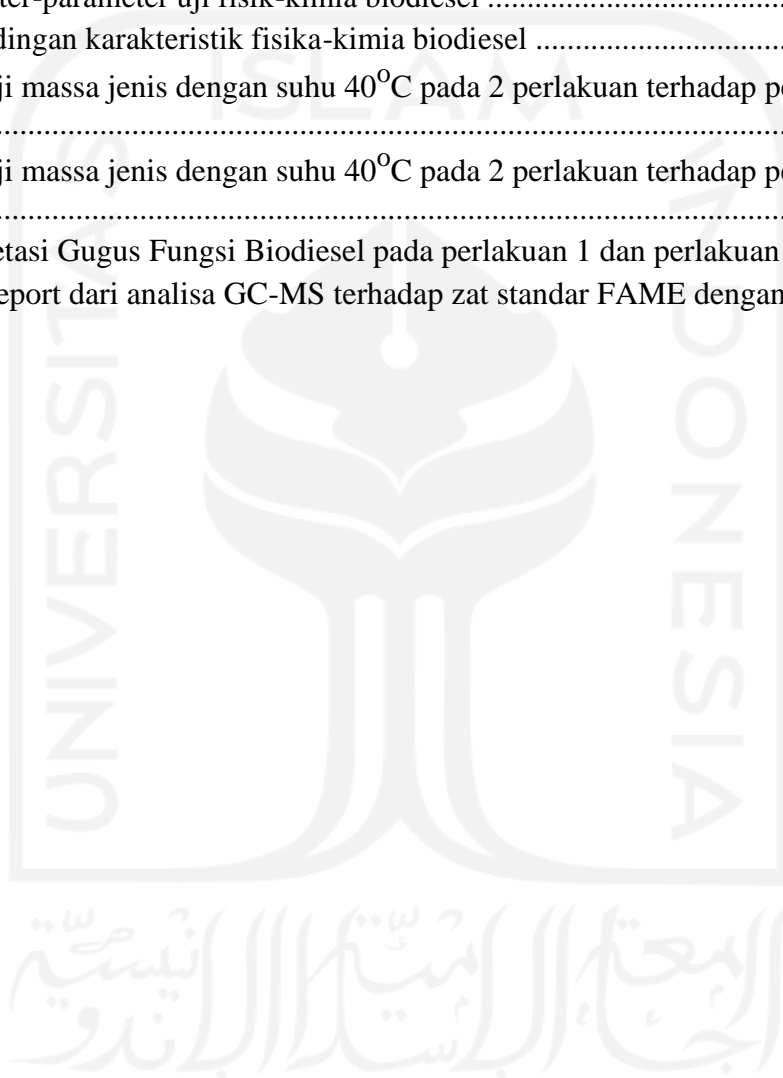
DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	4
PERNYATAAN	i
PRAKATA.....	ii
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Manfaat Penelitian.....	3
1.5. Ruang Lingkup.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Minyak Jelantah	5
2.2 Biodiesel.....	6
2.3 Transesterifikasi	6
2.4 Katalis Kalsium Oksida (CaO).....	7
2.5 <i>Batch</i> Reaktor.....	7
2.6 <i>Fourier Transform InfraRed (FTIR)</i>	8
2.7 <i>Gas Chromatography - Mass-Spectrometer (GC-MS)</i>	10
2.8 Penelitian Terdahulu.....	11
BAB III METODE PENELITIAN	14
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian.....	14
3.2 Alat dan Bahan	14
3.2.1. Alat.....	14

3.2.2.	Instrumen	14
3.2.3.	Bahan	15
3.3	Metode Penelitian	15
3.3.1.	Variabel Bebas	17
3.3.2.	Variabel Terikat	17
3.4	Pembuatan <i>Batch</i> Reaktor	17
3.5	Running Reaktor	19
3.5.1.	Proses Filtrasi	19
3.5.2.	Transesterifikasi	19
3.5.3.	Pengendapan	20
3.5.5.	Pemurnian (Destilasi)	20
3.6	Uji Sifat Fisik-Kimia Biodiesel.....	21
3.7	Uji Kandungan Metil Ester	23
3.7.1.	FTIR (<i>Fourier Transform Infra-Re</i>)	23
3.7.2.	GC-MS (<i>Gas Chromatography-Mass Spectroscopy</i>)	23
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	24
4.1	Karakteristik Minyak Goreng Bekas	24
4.1.1.	Analisis Kadar FFA	24
4.2	Operasional Reaktor	25
4.3	Pengujian Sifat Fisik-Kimia Biodiesel	26
4.3.1.	Analisis Massa jenis pada suhu 40°C	26
4.3.2.	Analisis Kadar Air	28
4.4	Hasil Uji Metil ester (FAME)	30
4.4.1.	Analisis Komposisi senyawa Biodiesel dengan FTIR	30
4.4.2.	Analisis Komposisi senyawa Biodiesel dengan GC-MS	33
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	38
5.1	Kesimpulan	40
5.2	Saran	40
DAFTAR PUSTAKA	41
LAMPIRAN	44

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Sifat Fisik-Kimia Minyak Jelantah	5
Tabel 2. 2 Penelitian-penelitian terdahulu	11
Tabel 3. 1 Uji perlakuan variabel bebas.....	17
Tabel 3. 2 Parameter-parameter uji fisik-kimia biodiesel	21
Tabel 4. 1 Perbandingan karakteristik fisika-kimia biodiesel	24
Tabel 4. 3 Hasil uji massa jenis dengan suhu 40°C pada 2 perlakuan terhadap pengolahan biodiesel	27
Tabel 4. 4 Hasil uji massa jenis dengan suhu 40°C pada 2 perlakuan terhadap pengolahan biodiesel	28
Tabel 4. 5 Interpretasi Gugus Fungsi Biodiesel pada perlakuan 1 dan perlakuan 2	32
Tabel 4. 6 Peak Report dari analisa GC-MS terhadap zat standar FAME dengan pelarut benzene	35



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Grafik FTIR.....	9
Gambar 3. 1 Diagram alir metode penelitian.....	16
Gambar 3. 2 Desain Perencanaan Batch Reaktor	18
Gambar 3. 3 Desain Perencanaan Batch Reaktor	18
Gambar 3. 4 Batch reaktor tampak atas	19
Gambar 3. 5 Batch reaktor tampak depan.....	19
Gambar 3. 6 Campuran Methanol dan Katalis.....	20
Gambar 3. 7 Thermocontroller Sumber : Dokumentasi (2021).....	20
Gambar 3. 8 Campuran Methanol dan Katalis CaO	20
Gambar 3. 9 Thermocontroller	20
Gambar 3. 10 Proses pengolahan biodiesel	21
Gambar 4. 1 Minyak goreng sesudah difilter.....	25
Gambar 4. 2 Minyak goreng sebelum difilter	25
Gambar 4. 3 Heater berbentuk siku 90 ^o dengan panjang 10 cm	26
Gambar 4. 4 Grafik analisis massa jenis pada suhu 40 ^o C terhadap biodiesel	28
Gambar 4. 5 Grafik analisis kadar air terhadap biodiesel pada 2 perlakuan.....	29
Gambar 4. 6 Spektrum FTIR Biodiesel	30
Gambar 4. 7 Hasil uji FTIR pada minyak jelantah	31
Gambar 4. 8 Hasil uji FTIR pada perlakuan pertama pengolahan biodiesel	31
Gambar 4. 9 Hasil uji FTIR pada perlakuan kedua pengolahan biodiesel.....	32
Gambar 4. 10 Reaksi Transesterifikasi	32
Gambar 4. 11 Hasil Analisa GC-MS pada zat standard Fatty Acid Methyl Ester (FAME) dengan pelarut benzene 0.5 mg/L injeksi 0.1 µL.	35

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN I Perhitungan	44
LAMPIRAN II Data Karakteristik FTIR	48
LAMPIRAN III Data Karakteristik GC-MS	58
LAMPIRAN IV Dokumentasi	68



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang memiliki kultur budaya memasak berbagai jenis makanan berminyak dan minyak goreng menjadi komoditi terbesar bahan bakar untuk keperluan memasak. Konsumsi minyak goreng rumah tangga di Indonesia dari minyak sawit mencapai 43 juta ton di tahun 2019 (Indonesian Oilseeds and Products Annual, 2019). Hal ini menunjukkan bahwa Indonesia menjadi negara terbesar sebagai penghasil minyak goreng utamanya dari kelapa sawit (*Crude Palm Oil*). Seiring dengan bertambahnya jumlah minyak goreng yang banyak tersebut, akan sebanding dengan meningkatnya jumlah minyak goreng bekas atau minyak jelantah yang dibuang.

Minyak jelantah adalah minyak yang berasal dari lemak nabati maupun hewani yang sudah melalui proses penggorengan berulang-ulang. Tahap pemanasan selama minyak digunakan merubah sifat fisika-kimia minyak karena pemanasan dapat mempercepat hidrolisis trigliserida dan meningkatkan kandungan asam lemak bebas (FFA) di dalam minyak (Mahreni, 2010). Meninjau dari komposisi kimianya, minyak jelantah mengandung senyawa-senyawa yang bersifat karsinogenik, sehingga dapat menyebabkan penyakit kanker jika dikonsumsi dalam jangka waktu yang panjang (Tamrin, 2013). Di lain hal, minyak jelantah yang dibuang sembarangan ke lingkungan seperti perairan sungai dapat menyebabkan peningkatan kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) serta *Biological Oxygen Demand* (BOD) karena tertutupnya permukaan air dengan lapisan minyak sehingga sinar matahari tidak mencapai dasar, akibatnya biota-biota perairan mati dan mengganggu ekosistem perairan tersebut (Haryono et al., 2010).

Biodiesel dapat menjadi salah satu energi terbarukan dengan bahan minyak goreng sawit karena energi ini dianggap lebih ramah lingkungan dengan sifatnya yang *biodegradable*, tidak beracun, dan memiliki karakteristik yang sama dengan solar (Tursi, 2019). Bahan baku biodiesel dapat diperoleh dari berbagai macam bahan seperti minyak sayur, minyak hewani, ataupun minyak jelantah. Biodiesel atau *fatty acid methyl esters* (FAME) diperoleh dari trigliserida minyak goreng yang diubah menjadi metil ester melalui proses transesterifikasi. Penggunaan biodiesel sebagai bahan bakar mempunyai beberapa keuntungan diantara lain

mengurangi ketergantungan terhadap pasar minyak dunia, menjadikan substitusi bahan bakar solar (biosolar) dan mengurangi emisi gas buang kendaraan (Wirawan et al. 2008). Selain itu, minyak jelantah yang dihasilkan dari aktivitas konsumsi minyak goreng di perkotaan mencapai 1,6 miliar liter pada tahun 2018. Hal tersebut menunjukkan besarnya potensi pengolahan biodiesel di Indonesia. Pengumpulan sektor lain dari restoran, hotel, dan sekolah di perkotaan dapat menyumbang 157 juta liter minyak jelantah atau dapat setara 121 juta liter biodiesel. Apabila pengumpulan diperluas ke sektor rumah tangga maka total pengumpulan mencapai 1.638 juta liter atau setara dengan 1.261 juta liter biodiesel. (*International Council On Clean Transportation*, 2018)

Proses produksi biodiesel dapat dilakukan dengan menggunakan batch reaktor melalui tiga (3) tahapan proses di antara lain proses pemurnian minyak jelantah (*pre-treatment*), transesterifikasi, dan juga pemisahan-pemurnian. Dengan proses tersebut pengolahan minyak jelantah dapat mencapai angka yang memuaskan karena dapat menghasilkan 97,6 % biodiesel atau metil ester pada uji pertama kali. Hal tersebut menunjukkan bahwa tidak ada kendala yang merusak pengerjaan dengan skala yang besar, dan juga memiliki pengeluaran ekonomi yang minim. (Fabiano Almeida & Luiz Antonio, 2017). Di lain hal katalis yang berguna untuk mempercepat laju reaksi salah satunya Kalsium Oksida (CaO) merupakan katalis heterogen dengan aktivitas katalitik dan kebasaaan yang cukup tinggi, memiliki kelarutan yang rendah dalam metanol serta penggunaannya lebih mudah karena tidak membutuhkan air pencucian yang berlebihan. (Kesic dkk., 2016).

Penggunaan minyak jelantah sebagai bahan baku biodiesel memiliki banyak manfaat. Jika dikalkulasikan setiap tahunnya hasil pengumpulan minyak goreng bekas dapat mengurangi pelepasan 6 juta ton emisi gas rumah kaca. Oleh karena itu penelitian dengan menggunakan teknologi batch reaktor biodiesel dengan katalis basa heterogen Kalsium Oksida (CaO) diharapkan menjadi jawaban untuk mengolah minyak jelantah sehingga permasalahan pencemaran lingkungan maupun kesehatan dapat terselesaikan lebih optimal.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang maka terdapat beberapa permasalahan, yaitu mengenai bahaya minyak jelantah bagi lingkungan serta minimnya pemanfaatan biodiesel dari minyak jelantah oleh sebab itu disusun rumusan masalah, yaitu:

1. Bagaimana hasil uji *batch* reaktor dalam mengolah biodiesel dari minyak jelantah?
2. Bagaimana perbandingan efektifitas pengolahan biodiesel yang diujikan dengan katalis Kalsium Oksida (CaO) pada variabel perlakuan yang berbeda?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari pelaksanaan penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui hasil uji *batch* reaktor dalam menghasilkan biodiesel dari minyak jelantah
2. Mengetahui hasil dari perbandingan efektifitas pengolahan biodiesel yang diujikan dengan katalis Kalsium Oksida (CaO) pada variabel perlakuan yang berbeda.

1.4. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang didapat dari penelitian ini baik bagi perguruan tinggi, masyarakat dan pemerintah, yaitu:

1. Bagi Perguruan Tinggi

Memberikan referensi opsi teknologi pengolahan minyak jelantah menjadi biodiesel menggunakan *batch* reaktor biodiesel.

2. Bagi Masyarakat

Memberikan alternatif bagi masyarakat sekitar Sleman dalam pengolahan minyak jelantah menjadi biodiesel.

1.5. Ruang Lingkup

Batasan masalah dalam penelitian meliputi:

1. Penelitian berlokasi di Laboratorium Kualitas Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia (FTSP UII) Gedung M. Natsir, Jalan Kaliurang KM 14,5, Sleman, Yogyakarta.
2. Minyak jelantah yang digunakan dalam penelitian berasal dari rumah makan dan rumah tangga daerah Sleman
3. Parameter yang akan diuji antara lain kadar asam lemak bebas (FFA), metil ester (FAME), densitas, dan kadar air.
4. Rasio perbandingan pengolahan bahan-bahan biodiesel adalah dengan perbandingan rasio molaritas Methanol (CH_3OH) dan minyak goreng bekas sebesar 6:1.
5. Katalisator yang digunakan adalah senyawa Kalsium Oksida (CaO) dengan kadar 1 % dari berat sampel (minyak goreng bekas).
6. Pengolahan Biodiesel dilakukan dengan metode batch dengan batasan variabel penelitian sebagai berikut:
 - a. Jumlah sampel : 6 L
 - b. Waktu kontak : 60 menit
 - c. Kecepatan pengadukan : 200-250 rpm
 - d. Suhu : 65°C
7. Baku mutu pengolahan biodiesel mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) 7182:2015 tentang Biodiesel; ASTM D-6304 mengenai kadar air minyak bumi; serta ASTM D-7371 tentang pembentukan biodiesel dalam bahan bakar diesel menggunakan FTIR.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Minyak Jelantah

Minyak goreng tersusun atas campuran asam lemak yang berbeda - beda dengan kisaran 20 jenis asam lemak. Asam lemak yang dikandung oleh minyak sangat menentukan mutu dari minyak, karena asam lemak tersebut menentukan sifat kimia dan stabilitas minyak (Noriko dkk, 2012). Sifat-sifat minyak jelantah dibagi menjadi sifat fisik dan sifat kimia seperti yang terlihat pada tabel 2.1:

Tabel 2. 1 Sifat Fisik-Kimia Minyak Jelantah

Sifat Fisik	Sifat Kimia
Warna coklat kekuning-kuningan	Hidrolisa, minyak akan diubah menjadi asam lemak bebas dan gliserol.
Berbau tengik	Proses oksidasi berlangsung bila terjadi kontak antara sejumlah oksigen dengan minyak.
Terdapat endapan	Proses hidrogenasi untuk menumbuhkan ikatan rangkap dari rantai karbon asam lemak pada minyak.

Sumber (Geminastiti, 2012)

Minyak jelantah merupakan minyak yang kualitasnya sudah kurang baik diketahui dari pecahnya trigliserida menjadi komponen volatil-non volatil yang larut dalam minyak, kemudian akan mempengaruhi bau dan rasa makanan yang dimasak (Yates dan Caldwell, 1993). Maka dari itu, jika minyak goreng digunakan berulang kali, asam lemak yang terkandung akan semakin jenuh dan akan berubah warna. Minyak goreng bekas tersebut dikatakan telah rusak dan kurang baik untuk dikonsumsi (Kusumaningtyas et al, 2018). Di lain hal, minyak jelantah yang dibuang sembarangan ke perairan dapat menyebabkan rusaknya ekosistem karena meningkatnya kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) serta *Biological Oxygen Demand* (BOD) yang disebabkan tertutupnya permukaan air dengan lapisan minyak sehingga sinar matahari tidak dapat masuk ke

perairan, akibatnya biota-biota perairan mati dan mengganggu ekosistem di lingkungan. (Haryono et al.,2010).

Salah satu sumber bahan baku yang potensial dikembangkan dalam pembuatan biodiesel adalah minyak jelantah. Minyak jelantah merupakan salah satu alternatif bahan baku pembuatan biodiesel yang murah, ramah lingkungan, dan mereduksi limbah rumah tangga atau industri makanan serta tidak bersaing dengan kebutuhan pangan. (Aziz et al,2012)

2.2 Biodiesel

Biodiesel merupakan sumber energi bahan bakar terbarukan, berasal dari minyak tumbuhan atau lemak hewan. Bahan ini diubah menjadi metil ester asam lemak (*fatty acids methyl ester*) yang secara umum diproduksi melalui proses transesterifikasi minyak nabati atau lemak hewan dengan alkohol rantai pendek (biasanya methanol atau etanol) menggunakan katalis ataupun melalui proses esterifikasi langsung asam lemak hasil hidrolisis minyak dengan alkohol (Ma dan Hanna, 1999).

Kandungan energi biodiesel lebih rendah sebesar 10% dibandingkan dengan solar, sedangkan efisiensi bahan bakar biodiesel dapat dikatakan sama dengan solar hal itu menunjukkan jika daya dan torsi yang dihasilkan proporsional dengan kandungan nilai kalor pembakarannya. Kandungan asam lemak dalam minyak nabati yang merupakan bahan baku dari biodiesel mampu menyebabkan ketidakstabilan sehingga menambah kandungan asam lemak bebas, menaikkan viskositas, terbentuknya *gums*, dan terbentuknya sedimen yang dapat menyumbat saringan bahan bakar (Hikmah, 2010)

2.3 Transesterifikasi

Transesterifikasi merupakan suatu proses penggantian alkohol dari suatu gugus ester (trigliserida) dengan ester lain atau mengkonversi asam–asam lemak ke dalam wujud ester sehingga terbentuk alkil ester. Reaksi transesterifikasi bertujuan untuk menurunkan viskositas minyak guna memenuhi spesifikasi sebagai bahan bakar. Reaksi transesterifikasi merupakan reaksi bolak balik yang relatif lambat, untuk mempercepat reaksi dan meningkatkan hasil proses diperlukan pengadukan yang baik, penambahan katalis dan pemberian reaktan berlebih agar reaksi bergeser ke kanan. Transesterifikasi menghasilkan metil ester asam lemak (Fatty Acids

Methyl Esters/FAME) atau biodiesel dan gliserol (gliserin) sebagai produk samping. Katalis yang digunakan pada proses transesterifikasi adalah basa/alkali (Hikmah, 2010)

2.4 Katalis Kalsium Oksida (CaO)

Katalis yang digunakan dalam proses biodiesel umumnya menggunakan katalis homogen. Namun penggunaan katalis ini menghasilkan produk samping air limbah yang berlebihan dari proses pencucian residu dan tidak dapat dipakai kembali sehingga akan larut bersama pengotor (Vicente et al, 2007). Pengembangan katalis heterogen menjadi satu alternatif penyelesaian dari kurangnya katalis homogen karena katalis tersebut mempunyai sifat *reuseable* (dapat digunakan kembali) dan tidak terbuang pada akhir reaksi. Selain itu, perlakuan untuk netralisasi katalis sehingga menghasilkan air limbah dalam jumlah besar dapat dihilangkan. Zabeti et al. (2009) menyebutkan beberapa katalis heterogen yang telah digunakan untuk produksi biodiesel antara lain MgO, CaO, dan *hydrotalcities*.

Katalis CaO merupakan katalis heterogen dengan aktivitas katalitik dan kebasaaan yang cukup tinggi, memiliki kelarutan yang rendah dalam metanol serta penggunaannya lebih mudah karena tidak membutuhkan air pencucian yang berlebihan. Namun dalam penggunaannya, katalis CaO mudah bereaksi dengan Karbondioksida (CO₂) dan Air (H₂O) di udara sehingga menyebabkan aktivitas katalitiknya menjadi kurang efektif. Sehingga diperlukan penambahan zat aktif dengan mengkombinasikan katalis CaO dengan menggunakan katalis logam lain (Kesic dkk., 2016).

2.5 Batch Reaktor

Batch reaktor atau reaktor tangki berpengaduk adalah proses pengolahan biodiesel yang cukup mudah untuk dilakukan. Hal tersebut didukung dari prosesnya pencampuran bahan baku yang mudah, pengumpanan bahan kimia yang efisien, serta pengawasan kualitasnya mudah untuk dilakukan. Pada pengolahannya digunakan rasio mol bahan antara alkohol dan trigliserida dengan rentang dari 4:1 hingga 20:1, namun rasio yang biasa paling optimal digunakan yaitu 6:1. Produksi biodiesel dilakukan dengan suhu berkisar 65°C. Katalis yang sering digunakan adalah NaOH ataupun KOH berjumlah antara 0,3% - 1,5%. Proses dengan pengolahan ini mampu menghasilkan biodiesel dengan kadar konversi 85% - 95%. Secara sederhana proses ini diawali dengan memasukkan reaktor yakni minyak kemudian ditambahkan katalis dan alkohol.

Pengaduk dijalankan selama reaksi berlangsung, produk dari reaktor dipompa menuju tangki separator atau dipisahkan dengan *centrifuge*. Alkohol dipisahkan dari ester dan gliserol menggunakan evaporator atau unit pemanas lainnya. Biodiesel dilakukan proses netralisasi dengan air hangat yang bersifat sedikit asam guna menghapus sisa methanol lalu dikeringkan. Setelah itu biodiesel dialirkan menuju tangki penyimpanan dan gliserol kemudian dinetralkan dan dicuci dengan *soft water*. Terakhir, gliserol dialirkan menuju unit pemurnian. (Arief et al, 2014)

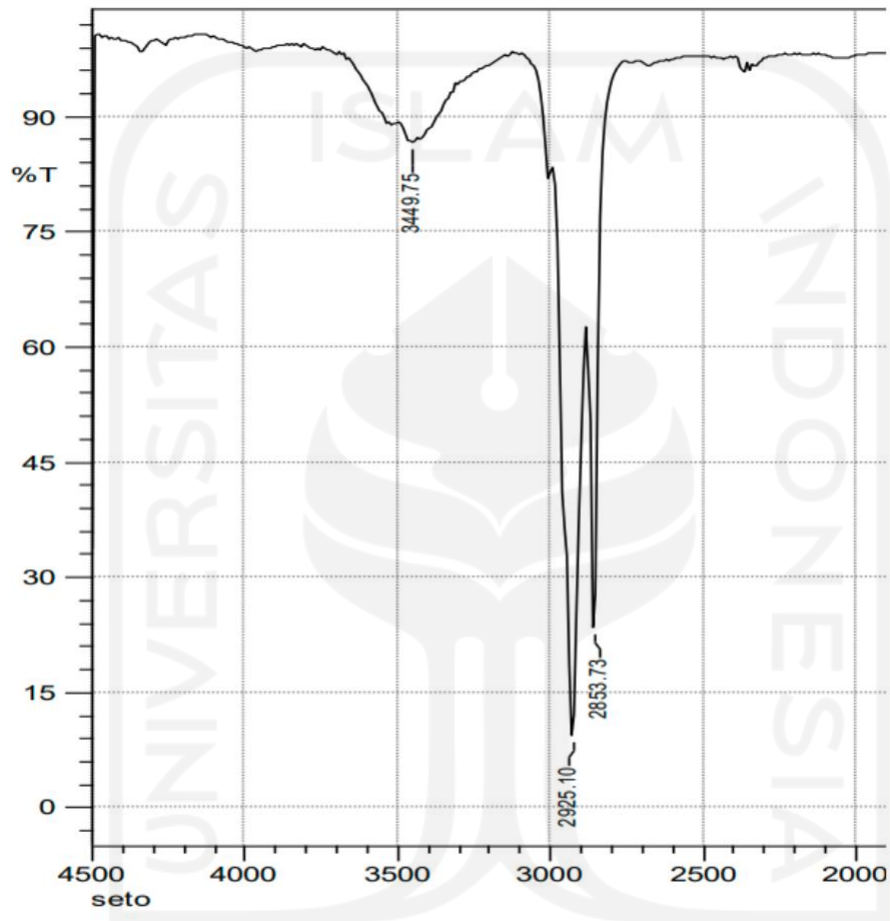
2.6 *Fourier Transform InfraRed (FTIR)*

Pengujian FTIR dilakukan guna mengetahui faktor penuaan isolasi minyak transformator terhadap perubahan gugus fungsi komposisi ikatan kimia pada sampel (U. M. Rao et al, 2017). Setiap molekul struktur kimia yang tidak sama akan menghasilkan jejak spektrum infra merah yang berbeda dengan yang lain, Sehingga spektrum infra-merah dapat digunakan untuk mengidentifikasi molekul-molekul yang terbentuk, mirip seperti sidik jari manusia. Sebagai contoh apabila dua jenis ikatan yang sama dilarutkan dalam larutan atau campuran yang berlainan, maka ia akan tetap memiliki lingkungan yang berbeda pula.

Spektrofotometer merupakan suatu alat yang dapat mendeteksi dan membedakan tingkat penyerapan larutan atau campuran suatu bahan kimia. Menurut T. K. Saha dan P. Purkait. (2008) *Fourier Transform Infrared Spectrometer (FTIR)* adalah salah satu alat pendeteksi yang dapat digunakan untuk mengetahui penyerapan bahan kimia. Alat tersebut dapat berfungsi memperoleh jejak sesuai dengan desain optiknya yang disebut interferogram. Interferogram merupakan suatu sinyal kompleks yang memuat informasi frekuensi didalamnya yang mampu dideteksi oleh spektrum inframerah dari berbagai macam larutan atau campuran dengan rentang 500 cm^{-1} sampai 6000 cm^{-1} seperti yang dapat dilihat pada gambar 2.1.

Spektrofotometer juga mampu menampilkan interferogram kurang dari satu detik, sehingga dapat dikonversikan dalam memori komputer yang lebih besar. Hasil pengujian FTIR ini disajikan dalam grafik yang menunjukkan adanya presentase transmitansi inframerah pada panjang gelombang tertentu. Pada grafik FTIR sumbu vertikal yaitu % T menyatakan persentase transmitansi yaitu perbandingan sinar inframerah yang tidak diserap sampel yang diuji terhadap

sinar inframerah yang diberikan pada sampel. Pada sumbu horizontal menyatakan bilangan gelombang dengan satuan 1/cm.



Sumber: Analisa Spektroskopi Inframerah Transformasi Fourier dan Gas Terlarut Terhadap Perubahan Gugus Fungsi Komposisi Minyak Ester (2020)

Gambar 2. 1 Grafik FTIR

2.7 Gas Chromatography - Mass-Spectrometer (GC-MS)

Gas Chromatography (GC) merupakan salah satu teknik kromatografi yang digunakan untuk mendeteksi senyawa - senyawa yang mudah menguap pada kondisi vakum tinggi, bertekanan rendah, serta dapat dipanaskan (Drozd, 1985). Cara kerja dari GC yakni suatu fase gerak berbentuk gas mengalir di bawah tekanan melalui pipa yang dipanaskan dan dilapisi dengan fase diam cair pada suatu penyangga padat. Analit tersebut dimuatkan ke bagian atas kolom melalui suatu portal injeksi yang dipanaskan. Suhu oven dijaga agar meningkat secara bertahap. Ketika sudah berada dalam kolom, terjadi proses pemisahan antar komponen. Pemisahan ini akan bergantung pada lamanya waktu yang dibutuhkan oleh komponen-komponen tersebut di fase diam (Sparkman et al., 2011).

Seiring dengan perkembangan teknologi maka instrumen GC dapat digunakan dengan instrumen lain seperti *Mass-Spectrometer* (MS). Spektrometer massa berfungsi untuk mengetahui suatu senyawa sebagai penentu bobot molekul dan penentuan rumus molekul. Terdapat 4 (empat) proses dalam spektrometri massa yakni ionisasi, percepatan, pembelokkan dan pendeteksian. Menurut David (2005) Prinsip dari MS adalah pengionan senyawa-senyawa kimia menghasilkan molekul bermuatan kemudian diukur rasio massa/muatan. Molekul yang telah terionisasi akibat penembakan elektron berenergi tinggi tersebut akan menghasilkan ion dengan muatan positif, kemudian ion tersebut diarahkan menuju medan magnet dengan kecepatan tinggi. Medan magnet akan membelokkan ion tersebut agar dapat menentukan bobot molekulnya dan bobot molekul semua fragmen yang dihasilkan. Kemudian detektor akan menghitung muatan arus yang dihasilkan ketika ion dilewatkan atau mengenai permukaan, pemeriksaan massa dan menghitung ion sebagai *mass to charge ratio* (m/z).

2.8 Penelitian Terdahulu

Tabel 2. 2 Penelitian-penelitian terdahulu

No	Jenis Reaktor	Topik	Metode	Keterangan	Sumber
1	Reaktor biodiesel	Desain Reaktor Biodiesel dengan Pemisahan Gliserol untuk Meningkatkan Hasil Produksi Biodiesel.	Struktur desain dari reactor terdiri atas kolom kaca dengan diameter 8cm dan tinggi 20 cm sebagai tangki reaktor; pengaduk dengan tegangan: 12 V; arus: 3.5-3.9 A; debit: 36 cm ³ /second); <i>mixer static</i> dengan diameter 8 mm dengan plat spiral bagian pemisah; semprotan berlubang (1 mm); pemanas elektrik 20 Watt; thermostat EGO dengan suhu 110 C; thermometer; gliserol ; kran untuk keluar gliserol dan biodiesel; pipa penyambung polyurethane 8x5; Power supply Montana SPS 7A.	Teknologi dengan pemisahan gliserol pada reactor biodiesel dapat mengurangi methanol dengan rasio molar 5:1 dalam 20 menit tanpa mempengaruhi hasil dari biodiesel (terjadi peningkatan 49,34% dari 42,73%)	Budy Rahmat, dkk. (2013)
No	Jenis Reaktor	Topik	Metode	Keterangan	Sumber
2	Reaktor Biodiesel dengan metode arduino	Rancang Bangun Alat Pengolahan Biodiesel Menggunakan Arduino	Pengolahan dimulai dengan memanaskan tangki transesterifikasi dilakukan selama 6 hari. Pada proses	Alat pengolahan biodiesel menggunakan arduino dapat bekerja sesuai dengan	Joko Tri Jayadi., (2018)

			<p>transesterifikasi, proses berlangsung selama 60 menit dan Selanjutnya pada proses pendingin, <i>microcontroller</i> hanya mengendalikan timer sesuai yang diatur (40 menit). Pada proses pemisah, mikrokontroler dan pengaduk berputar selama 30 menit.</p>	<p>perancangan. Rata-rata waktu pemanasan tangki transesterifikasi untuk mencapai suhu 60°C yaitu selama 4 jam 40 menit.</p>	
3	Reaktor Biodiesel	Sustainable Biodiesel Reactor Prototype Energetically Powered By Solar Energy	<p>Alternatif cadangan untuk daya tahan elektrik yang digunakan pada pemanasan transesterifikasi adalah dengan menggunakan panel surya guna memenuhi kebutuhan energi dari proses tersebut. Panel surya dapat menghemat biaya serta ramah lingkungan. Pada uji menunjukkan bahwa metode ini layak dan mampu mencapai suhu yang diinginkan. Biodiesel yang didapat sebesar 97,1 % lebih tinggi dari buku mutu yang distandarkan.</p>	<p>Produksi biodiesel mencapai angka yang memuaskan karena dapat menghasilkan 97,6 % pada uji pertama kali. Hal tersebut menunjukkan bahwa tidak ada kendala yang merusak pengerjaan dengan skala yang besar, dan juga memiliki pengeluaran ekonomi yang minim.</p>	<p>Fabiano Almeida & Luiz Antonio., (2017)</p>

Berdasarkan tabel diatas dapat disampaikan proses *batch* reaktor mampu menghasilkan biodiesel dengan kualitas sesuai standar 97,1 % dengan efisiensi tingkat keberhasilan pembuatan biodiesel berbeda-beda dan dipengaruhi oleh jenis katalis yang digunakan, pengadukan, suhu pemanasan, dan system alat yang digunakan. Pada penelitian-penelitian sebelumnya, yang ditekankan hanya proses pengolahan ataupun hasil dari pengolahan tersebut, pengolahan biodiesel dengan reaktor berfokus pada skala dengan volume kecil serta menggunakan katalis yang masih mengeluarkan banyak energi. Oleh karena itu, penulis akan mengangkat pengolahan biodiesel ditinjau dar keefektifan desain kerja pembuatan alat menggunakan reaktor ditambah dengan katalis yang memiliki kelarutan yang rendah dalam metanol serta penggunaannya lebih mudah karena tidak membutuhkan air pencucian yang berlebihan sehingga sangat potensial sebagai sumber katalis untuk pembuatan biodiesel. Penelitian yang akan dilakukan adalah “Kinerja *Batch* Reaktor Biodiesel pada Minyak Jelantah dengan Uji Transesterifikasi menggunakan Katalis Kalsium Oksida (CaO).” Pada penelitian ini yang ditekankan oleh penulis yaitu tentang katalis yang efektif serta bagaimana cara kerja alat selama proses pengolahan biodiesel.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian berjalan selama 9 bulan terhitung dari Bulan Maret 2021 sampai dengan November 2021. Lokasi penelitian dilakukan di Laboratorium Kualitas Lingkungan, Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1. Alat

- | | |
|--------------------------------|--------------------|
| a. Cawan Porselen 100ml; 50 ml | j. Kaca arloji |
| b. Piknometer 50 ml | k. Sendok sugu |
| c. Crustang | l. Pengaduk |
| d. Thermometer | m. Botol winkler |
| e. Pipet tetes | n. Neraca analitik |
| f. Gelas ukur 250 ml; 100 ml | o. Oven listrik |
| g. Erlenmeyer 250 ml; | p. Desikator |
| h. Gelas beker 250 ml; 100 ml | q. <i>Heater</i> |
| i. Labu takar 250 ml; 100 ml | r. Buret |

3.2.2. Instrumen

- a. *Fourier-transform Infrared Spectroscopy* (FTIR)
- b. *Gas Chromatography – Mass Spectrometry* (GC-MS)
- c. *Batch* Reaktor Biodiesel

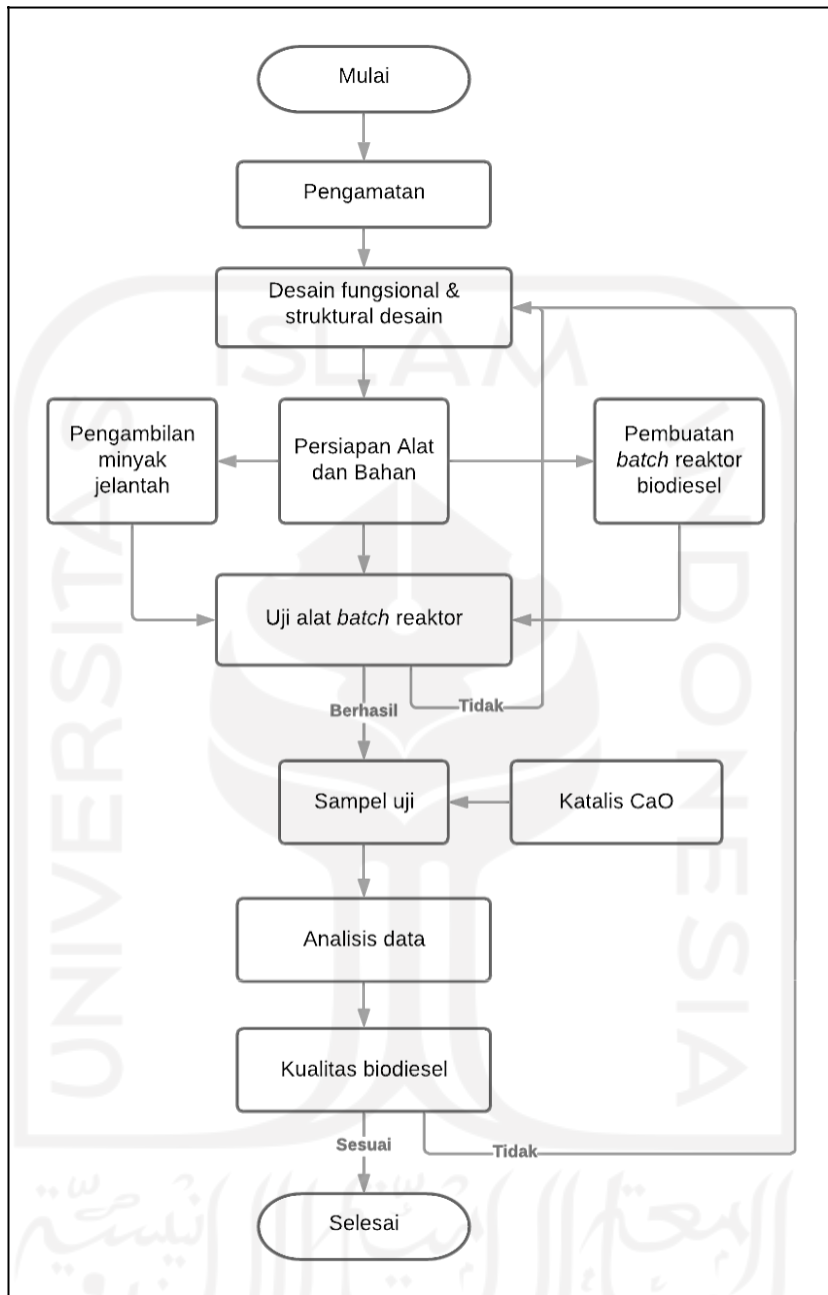
3.2.3. Bahan

- a. Minyak goreng bekas
- b. Katalis Kalsium Oksida (CaO)
- c. Larutan KOH 0,1 N
- d. Indikator PP 0,5%
- e. Etanol 99%
- f. Aquades

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk membuktikan efektivitas kinerja *batch* reaktor biodiesel dengan katalis basa heterogen sehingga dapat mengubah minyak jelantah menjadi biodiesel (metil ester). Katalis jenis ini memiliki kelarutan yang rendah dalam metanol serta penggunaannya lebih mudah karena tidak membutuhkan air pencucian yang berlebihan sehingga potensial sebagai sumber katalis untuk pembuatan biodiesel.

Limbah minyak goreng yang didapatkan berasal dari rumah makan yang berada di lingkungan sekitar Kampus Universitas Islam Indonesia. Proses pengolahan minyak goreng mengacu pada prinsip transesterifikasi yang diawali dengan pemurnian minyak jelantah dari pengotor dengan filter karbon. Selanjutnya proses utamanya yaitu transesterifikasi dengan mengkonversi asam–asam lemak ke dalam wujud ester sehingga terbentuk alkil ester pada pengadukan 200 rpm, pengguna katalis basa heterogen Kalsium Oksida (CaO) sebesar 1% dari total minyak, dan perbandingan rasio molaritas dari methanol dengan limbah sebesar 1 : 6. Terakhir, melakukan pemisahan dan pemurnian dari produk samping gliserol. Karakteristik fisik dan kimia dari minyak jelantah menjadi biodiesel diidentifikasi hasilnya dengan menentukan juga parameter-parameter yang perlu diukur seperti metil ester (FAME), viskositas, densitas, asam lemak bebas (FFA) dan kadar air. Adapun proses secara keseluruhan seperti yang tertera pada diagram alir Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Diagram alir metode penelitian

Variabel pada penelitian ini meliputi variabel bebas dan variabel terikat sebagai berikut:

3.3.1. Variabel Bebas

Penggunaan reaktor untuk pengolahan biodiesel dilakukan pada dua (2) perlakuan yang dibedakan atas faktor-faktor pengaruh dari suhu, pengadukan, serta lamanya proses waktu pengolahan. Hal tersebut berdasarkan pada penelitian yang sudah dilakukan Rini Andiwika (2016) menunjukkan besar kecepatan putar dan waktu pengadukan yang optimum akan menghasilkan biodiesel berkualitas baik selama proses yang telah dilakukan.

Tabel 3. 1 Uji perlakuan variabel bebas

Perlakuan	Suhu	Pengadukan	Minyak	Katalis	Methanol	Waktu reaksi
Uji 1	65°C	200 rpm	6 L	100 gr	1 L	60 menit
Uji 2	65°C	250 rpm	6 L	100 gr	1 L	60 menit

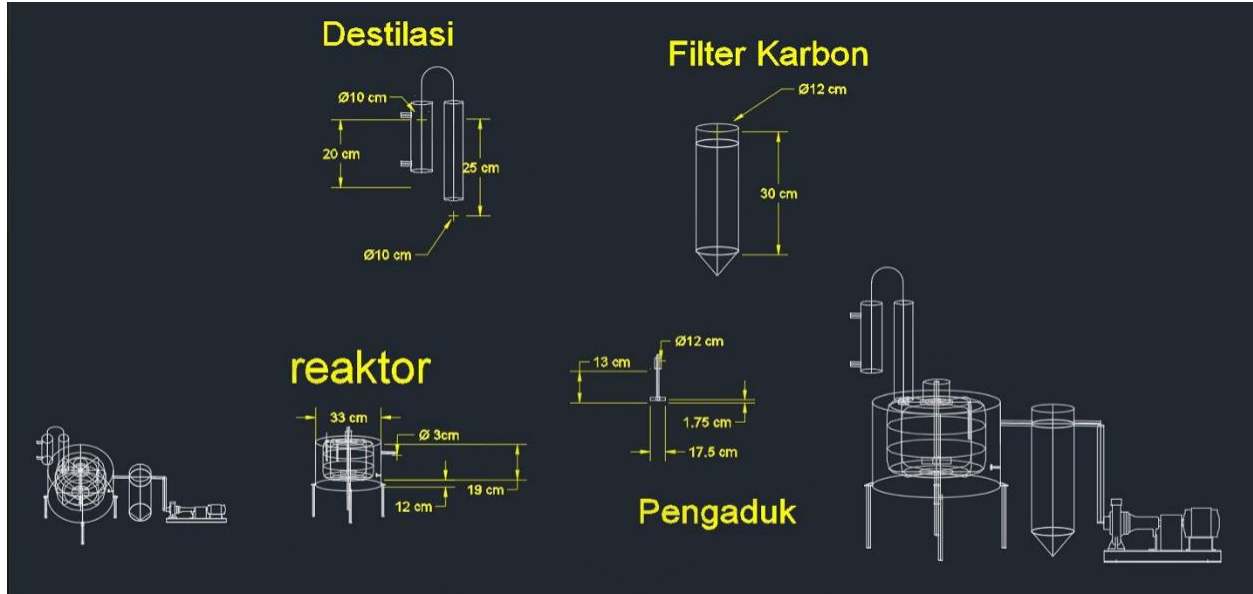
3.3.2. Variabel Terikat

1. Rasio perbandingan pengolahan bahan-bahan biodiesel adalah dengan perbandingan rasio molaritas Methanol (CH₃OH) dan minyak goreng bekas sebesar 6:1 berdasarkan rasio pembanding yang sering digunakan pada Arief et al (2014).
2. Katalisator yang digunakan adalah senyawa Kalsium Oksida (CaO) dengan kadar 1 % dari berat sampel (minyak goreng bekas).

3.4 Pembuatan Batch Reaktor

Pada penelitian ini reaktor yang digunakan bertipe *batch*, reaktor berbahan dasar aluminium stainless steel dengan volume tabung berdiameter 33 cm & tinggi 31 cm. Reaktor berpengaduk dilengkapi dengan dudukan dengan tinggi 30 cm dan 4 roda untuk memudahkan mobilitas alat. Kapasitas pengolahan minyak jelantah reaktor ini mampu memproduksi sebanyak 20 liter dalam sekali proses, setelah itu di rakit dengan 1 buah filter dengan adsorben karbon berdiameter 10 cm dengan susunan kerangka seperti pada Gambar 3.2. Penggunaan filter menggunakan sekat karbon aktif guna menyaring minyak jelantah sebelum masuk ke reaktor sehingga polutan dan asam lemak bebas (*Free Fatty Acid*) dapat berkurang bahkan hilang. Reaktor dilengkapi dengan agitator atau pengadukan dengan panjang 15 cm terdiri dari 2 bilah pengaduk yang dapat diatur kecepatannya menjadi 3 kecepatan mulai dari 150 – 250 rpm. Terdapat juga kontrol suhu dengan termometer dan

heater hingga 200°C untuk membantu proses pemanasan minyak jelantah. Penyambung selang hot water dengan panjang 5 cm berfungsi sebagai penyambung menuju kondensor destilasi sehingga terdapat proses penyulingan dari alkohol yang tidak terbentuk sempurna



Gambar 3. 2 Desain Perencanaan Batch Reaktor menjadi biodiesel



Sumber: Dokumentasi (2021)

Gambar 3. 5 Batch reaktor tampak depan

Sumber: Dokumentasi (2021)

Gambar 3. 4 Batch reaktor tampak atas

3.5 Running Reaktor

Proses pembuatan biodiesel dengan reaktor dari minyak jelantah melalui beberapa tahapan diantaranya:

3.5.1. Proses Filtrasi

Proses pemurnian minyak jelantah (filtrasi) dengan menggunakan housing filter 3/4" berisi karbon aktif agar mengurangi saponifikasi minyak jelantah dengan kadar asam lemak bebas atau *free fatty acids* (FFA) mencapai kurang dari 1% yang diuji sesuai parameter dengan SNI 7182: 2015 tentang biodiesel.

3.5.2. Transesterifikasi

Pencampuran larutan methanol dengan pembeding 1 : 6 molaritas dari jumlah sampel minyak goreng bekas serta katalis kalsium oksida (CaO) sebanyak 0,3% - 1% dari total sampel minyak yang akan diuji. Minyak jelantah dituang ke dalam reaktor hingga dipanaskan pada suhu berkisar 50 °C – 65°C. Suhu dapat diatur dengan *thermocontroller* hingga mencapai titik 200°C yang terletak pada bagian dudukan reaktor dan sumber panas yang berada pada penutup atas reaktor. Campuran katalis dan methanol ditambahkan ke reaktor dengan pengaturan pengadukan secara merata antara 150 rpm – 200 rpm dengan variasi waktu reaksi 60 menit. Pada reaktor terdapat wadah yang lebih kecil didalamnya dengan diameter 30 cm berfungsi sebagai separator katalis padatan agar mudah untuk dipisahkan saat terbentuknya biodiesel maupun gliserol.



Sumber : Dokumentasi (2021)

Gambar 3. 9 Thermocontroller

Sumber : Dokumentasi (2021)

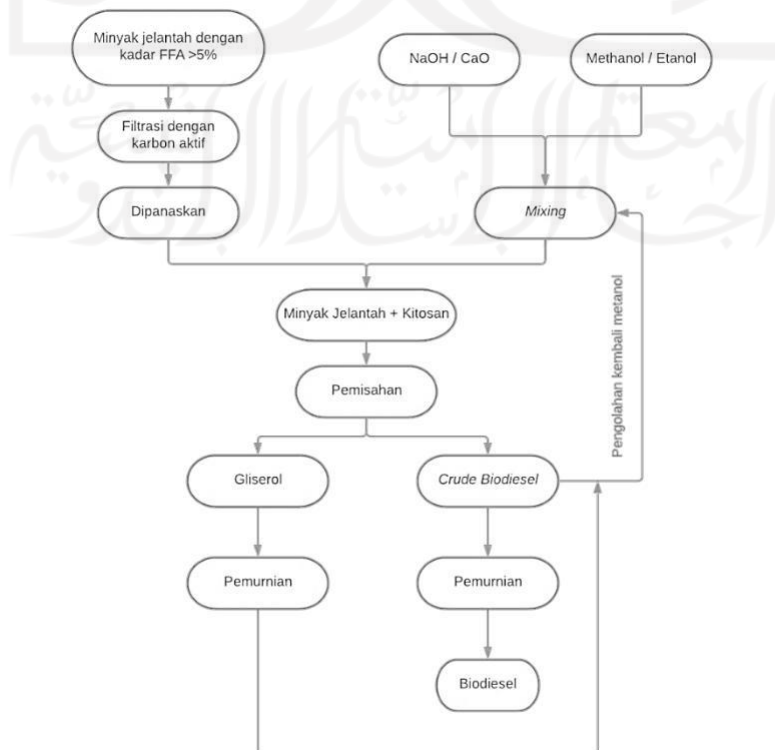
Gambar 3. 6 Campuran Methanol dan Katalis

3.5.3. Pengendapan

Hasil dari pengolahan didiamkan selama ± 3 jam sehingga menjadi 2 hasil produk berupa biodiesel (metil ester) dan gliserol yang akan mengendap di bagian dasar dari reaktor. Proses pemisahan dilakukan dengan mengalirkan gliserol yang sudah mengendap melalui kran bawah reaktor yang diberi selang untuk mengetahui fasa produk yang keluar.

3.5.4. Pemurnian (Destilasi)

Proses terakhir merupakan pengeringan atau pemurnian pada biodiesel menggunakan distilasi sederhana yang dirakit bersamaan dengan kondensornya untuk melakukan penguapan pada biodiesel guna terbentuknya kembali sisa methanol sebagai bahan baku pengolahan. Proses pemurnian dilakukan dengan pemanasan suhu 105°C selama 60 menit. Tahapan ini untuk menghasilkan kadar biodiesel yang lebih tinggi maupun juga untuk mengolah produk samping gliserol.



Gambar 3. 10 Proses pengolahan biodiesel

3.6 Uji Sifat Fisik-Kimia Biodiesel

Hasil biodiesel yang diperoleh dari minyak goreng bekas kemudian dianalisa sifat kimianya diantaranya massa jenis (densitas), angka asam, kadar air, dan metil ester dengan instrument FTIR serta GC-MS

Tabel 3. 2 Parameter-parameter uji fisik-kimia biodiesel

No.	Parameter Uji	Standar yang Digunakan	Metode Uji	Persyaratan	Satuan Min/Max	Prinsip Kerja
1	Kadar Ester Metil	SNI 7182: 2015 dan ASTM D 7371	<i>Fourier Transform InfraRed (FTIR; Gas Cromatography-Mass-Spectrometry (GC-MS)</i>	96,5	%- massa, min	

2	Kadar air	ASTM D-6304	Gravimetri	350	ppm, maks	<p>Analisa kadar air dalam sampel minyak goreng dilakukan dengan metode gravimetri.</p> <p>Metode ini mengacu pada ASTM D-6304 mengenai kadar air pada minyak bumi dengan mencari selisih massa sampel setelah dipanaskan</p>
3	Massa Jenis pada 40°C	SNI 7182: 2015	Piknometer pada suhu 40°C	850-890	Kg/m ²	<p>Densitas atau massa jenis menunjukkan perbandingan berat persatuan volume.</p> <p>Karakteristik ini berkaitan dengan nilai kalor dan daya yang dihasilkan oleh mesin per satuan volume bahan bakar.</p>
4	Angka Asam	SNI 7182: 2015	Titration	0,8000	m KOH/g	<p>Penentuan kadar asam lemak bebas dilakukan dengan</p>

						titrasi menggunakan larutan KOH dan PP guna menghindari adanya penyabunan (terbentuk buih- buih) pada saat pengolahan biodiesel
--	--	--	--	--	--	---

Sumber: Peraturan Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (2019)

3.7 Uji Kandungan Metil Ester

3.7.1. FTIR (*Fourier Transform Infra-Red*)

Uji kandungan metil ester dilakukan dengan menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infra-Red*). Adapun analisis FTIR (*Fourier Transform Infra-Red*) dilakukan untuk mengetahui gugus fungsi yang terkandung dalam biodiesel.

3.7.2. GC-MS (*Gas Chromatography-Mass Spectroscopy*)

Menurut Hermanto (2010) pengujian GC-MS dapat dilakukan dengan menguji Sampel sebanyak 1 μL diinjeksikan ke dalam kolom GC dengan menggunakan kolom autosampler. Preparasi sampel yang dilakukan sebelum injeksi adalah pelarutan dan filtrasi dengan mikrofilter. Pelarut yang dibandingkan adalah heptan, metanol, dan isopropanol dengan konsentrasi 0.5, 1.0, dan 2.0 mg/mL pelarut. Volume injeksi yang dibandingkan adalah 0.1, 0.5, 0.7, dan 0.8 μL . Sampel yang digunakan untuk optimasi adalah PFAD. Pemisahan dilakukan dalam kolom RTx 1-Ms Restech, 30 m x 0,25 mm ID, 0.25 μm , dengan fase diam Poly dimethyl siloxane, suhu injektor 2800 $^{\circ}\text{C}$, suhu kolom 700 $^{\circ}\text{C}$ dinaikkan sampai 3000 $^{\circ}\text{C}$ dengan kenaikan 100C/menit, laju alir 1,15 mL/menit. Hasil analisis berupa spektrum massa dibandingkan dengan library software GCMS postrum analysis.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Minyak Goreng Bekas

4.1.1. Analisis Kadar FFA

Sampel minyak goreng diperoleh dari warung makan burjo yang berada di sekitar Jalan Kaliurang KM 14 di lingkup kampus Universitas Islam Indonesia. Menurut Geminastiti, (2012) secara sifat fisiknya sampel-sampel minyak goreng dapat dilihat dari warna, bau, maupun endapan yang terbentuk bebas yang terdapat dalam sampel minyak goreng. Semakin gelap warna dari minyak menunjukkan bahwa kualitas dari minyak goreng tersebut telah berubah. Hal ini menjelaskan juga bahwa pengotor-pengotor atau asam lemak bebas akan semakin meningkat. Meskipun demikian, warna dan bau tidak dapat dijadikan sebagai tolok ukur baik atau tidaknya kualitas dari minyak goreng tersebut. Tetap diperlukannya uji kadar asam lemak bebas menggunakan metode titrasi alkali.

Tabel 4. 1 Perbandingan karakteristik fisika-kimia biodiesel

Karakteristik Fisika-Kimia	Sebelum Penyaringan dengan filter karbon	Setelah Penyaringan dengan filter karbon
Warna	Coklat	Kuning kecoklatan
Bau	Menyengat bekas penggorengan masakan	Berbau tidak menyengat
Kadar FFA	2,36%	1,89%

Dari data pengujian pada tabel 4.1 dapat diketahui bahwa kadar FFA dalam minyak goreng bekas sebesar 2,36% sebelum dilakukannya penyaringan dengan filter karbon. Nilai ini lebih kecil dari batas yang ditetapkan yaitu maksimal 5%. Jika kadar FFA > 5% maka diperlukan pretreatment untuk menghilangkan FFA. Sehingga dapat langsung dilakukan proses transesterifikasi. Agar menghindarinya terjadinya penyabunan pada proses pengolahan biodiesel dilakukan filtrasi dengan karbon dan didapatkan hasil sebesar 1,89% kadar asam lemak bebas. Selanjutnya dapat dilakukan uji transesterifikasi.



Sumber : Dokumentasi (2021)

Gambar 4. 2 Minyak goreng sebelum difilter



Sumber : Dokumentasi (2021)

Gambar 4. 1 Minyak goreng sesudah difilter

4.2 Operasional Reaktor

Pembuatan alat reaktor berdasarkan pada perencanaan alat yang sudah dilakukan disesuaikan kembali dengan pengerjaan alat. Pada pembuatan heater yang semula direncanakan diletakkan pada dasar reaktor, dipasang pada tutup reaktor guna menghindari adanya kebocoran pada inti reaktor dengan panjang heater 10 cm berbentuk siku 90° seperti pada gambar 4.3. Sehingga, proses pengolahan biodiesel yang tidak memenuhi dengan kapasitas penuh 20L maka tidak akan tersalurkan panas secara sempurna, hanya teraliri panas melalui selimut dari reaktor. Maka dari itu suhu yang ditetapkan dari 60°C – 65°C harus dinaikkan suhunya menjadi 70°C – 75°C untuk mempercepat pemanasan.



Gambar 4. 3 Heater berbentuk siku 90^o dengan panjang 10 cm

Kemudian, reaktor belum mampu memisahkan produk samping berupa gliserol dengan biodiesel. Hal tersebut dapat terjadi karena katalis Kalsium Oksida (CaO) berupa padatan terbentuk dengan methanol menggumpal pada dasar reaktor yang menghalangi mengalirnya gliserol melalui pipa outlet reaktor. Oleh karena itu, diperlukan pemisahan secara terpisah dengan separator lain. Pada proses penyulingan atau pemurnian, destilator untuk menghasilkan alkohol kembali dari sisa proses pengolahan masih belum mampu melakukan penyulingan diakibatkan oleh bagian kondensor yang berfungsi pendingin untuk mengubah wujud gas pemanasan menjadi cair tidak dapat dialiri air sehingga hanya dilakukan pemanasan untuk pemurnian biodiesel pada suhu 105^oC selama 15 menit.

4.3 Pengujian Sifat Fisik-Kimia Biodiesel

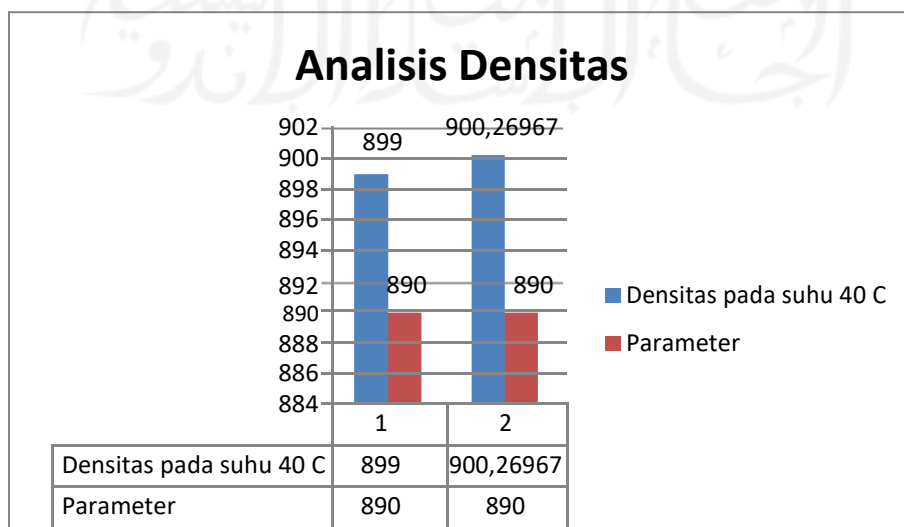
4.3.1. Analisis Massa jenis pada suhu 40^oC

Densitas atau massa jenis menunjukkan perbandingan berat persatuan volume. Karakteristik ini berkaitan dengan nilai kalor dan daya yang dihasilkan oleh mesin

berbahan bakar biodiesel per satuan volume bahan bakar. Standar SNI untuk densitas biodiesel adalah 850-890 kg/m³ pada suhu 40°C (Hasanatan, 2012). Pada tabel 4.3 diperoleh nilai rata-rata massa jenis sebesar 899 kg/m³ pada perlakuan pertama dengan suhu pengolahan 60°C, pengadukan 200 rpm selama 60 menit, perbandingan rasio volume dari molaritas adalah 6:1 dengan jumlah minyak goreng bekas 6 L dan methanol (CH₃OH) sebanyak 1 L, serta katalis CaO sebesar 100 gr. Sedangkan pada perlakuan yang ke-2 dengan rasio volume metanol:minyak goreng bekas 1:6, memiliki variabel penambahan katalis CaO sebanyak 1%, dengan waktu reaksi 60 menit dan kecepatan putaran 250 rpm yaitu diperoleh nilai massa jenis 900,267 kg/m³.

Tabel 4. 2 Hasil uji massa jenis dengan suhu 40°C pada 2 perlakuan terhadap pengolahan biodiesel

Analisis	Sampel	Suhu	Pengadukan	Minyak	Katalis	Methanol	Waktu reaksi	Hasil analisis (kg/m ³)	Rata-rata (kg/m ³)	SNI 7182:2015
Densitas pada suhu 40°C	Perlakuan 1	1	200 rpm	6 L	100 gr	1 L	60 menit	900,02	899	850-890 kg/m ³
		2						899		
		3						900,8		
	Perlakuan 2	1	250 rpm	6 L	100 gr	1 L	60 menit	900,433	900,267	
		2						901,385		
		3						898,991		



Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa biodiesel belum memenuhi standar mutu yaitu $850 - 890 \text{ kg/m}^3$. Densitas berkaitan dengan nilai kalor dan daya yang dihasilkan oleh mesin diesel. Densitas yang rendah akan menghasilkan nilai kalor yang tinggi. Hal ini dapat terjadi disebabkan dari penjagaan suhu hingga 40°C yang belum mencapai titik yang diharuskan. Selain itu, uji ini belum sesuai dengan literatur yang menyatakan semakin banyak jumlah katalis yang digunakan pada pembuatan biodiesel, maka semakin besar densitas dari produk biodiesel yang dihasilkan. Jumlah katalis basa yang lebih banyak mendorong terjadinya reaksi penyabunan. Hal ini dapat menimbulkan zat-zat sisa atau pengotor dari reaksi yang tidak terkonversi menjadi metil ester akan menyebabkan densitas metil ester semakin besar. Penggunaan katalis basa yang lebih sedikit akan menghasilkan metil ester dengan densitas yang lebih rendah. (Faizal, 2013)

Gambar 4.4 Grafik analisis massa jenis pada suhu 40°C terhadap biodiesel

4.3.2. Analisis Kadar Air

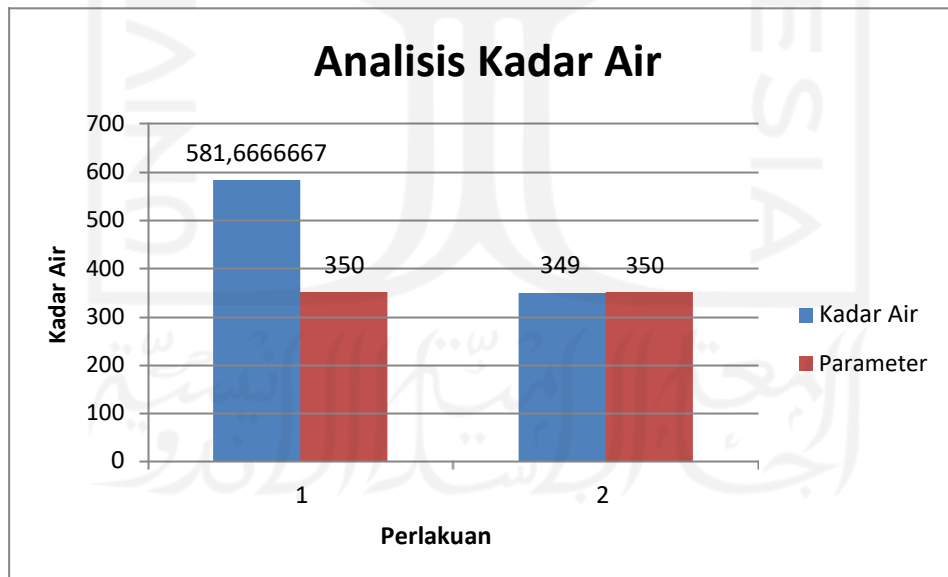
Kandungan kadar air dalam biodiesel dapat mempengaruhi kualitas biodiesel. Biodiesel berkualitas tinggi memiliki kandungan kadar air yang rendah. Menurut SNI 7182:2015, batas maksimal kadar air pada biodiesel adalah 350 ppm. Kadar air pengolahan biodiesel minyak goreng yang didapat dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.3 Hasil uji massa jenis dengan suhu 40°C pada 2 perlakuan terhadap pengolahan biodiesel

Analisis	Sampel	Suhu	Pengadukan	Minyak	Katalis	Methanol	Waktu reaksi	Hasil analisa (ppm)	Rata-rata (ppm)	SNI 7182:2015
Kadar Air	Perlakuan 1	1	200 rpm	6 L	100 gr	1 L	60 menit	520	459	350 ppm, maks
		2						46		
		3						812		

Perlakuan 2	1	65°C	250 rpm	6 L	100 gr	1 L	60 menit	274	349
	2							333	
	3							440	

Kadar air biodiesel dengan minyak goreng bekas pada penelitian ini pada perlakuan yang kedua didapatkan senilai 349 ppm yang telah memenuhi standar SNI 7182:2015 yakni paling besar 350 ppm. Sedangkan pada perlakuan yang pertama kadar air masih melebihi baku mutu yang ditetapkan dengan perolehan uji rata-rata 581 ppm. Grafik 4.2 menunjukkan kadar air biodiesel mengalami penurunan saat suhu proses transesterifikasi ditingkatkan. Sehingga semakin tinggi suhu yang digunakan, maka kandungan air yang terkandung pada minyak pun akan semakin banyak yang teruapkan. Perbedaan nilai titik didih pada air dan biodiesel menyebabkan tidak terjadinya penguapan secara bersamaan. Air yang memiliki titik didih lebih rendah akan teruapkan lebih cepat. Rendahnya kandungan kadar air dalam biodiesel dapat mencegah terjadinya hidrolisis yang dapat meningkatkan kadar asam lemak. (Aziz, 2007)

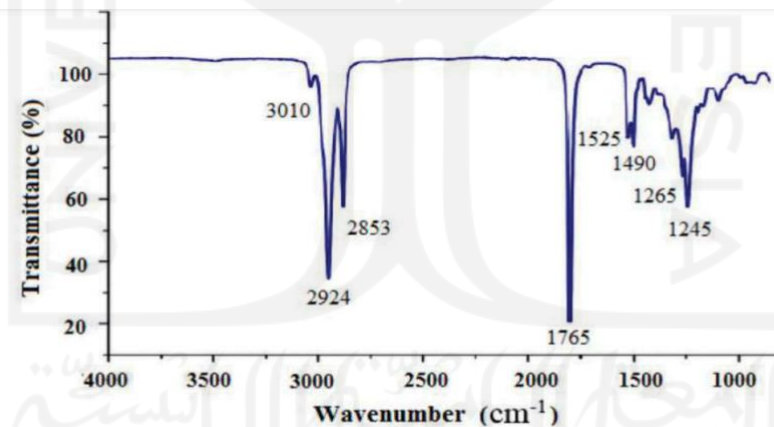


Gambar 4. 5 Grafik analisis kadar air terhadap biodiesel pada 2 perlakuan

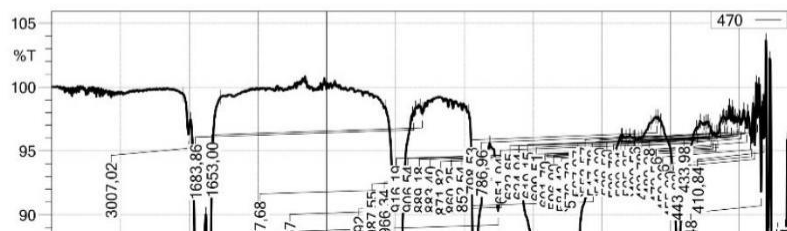
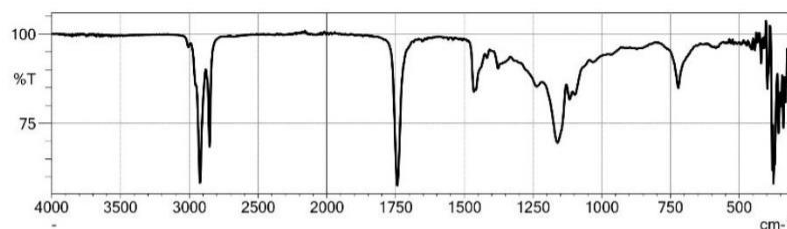
4.4 Hasil Uji Metil ester (FAME)

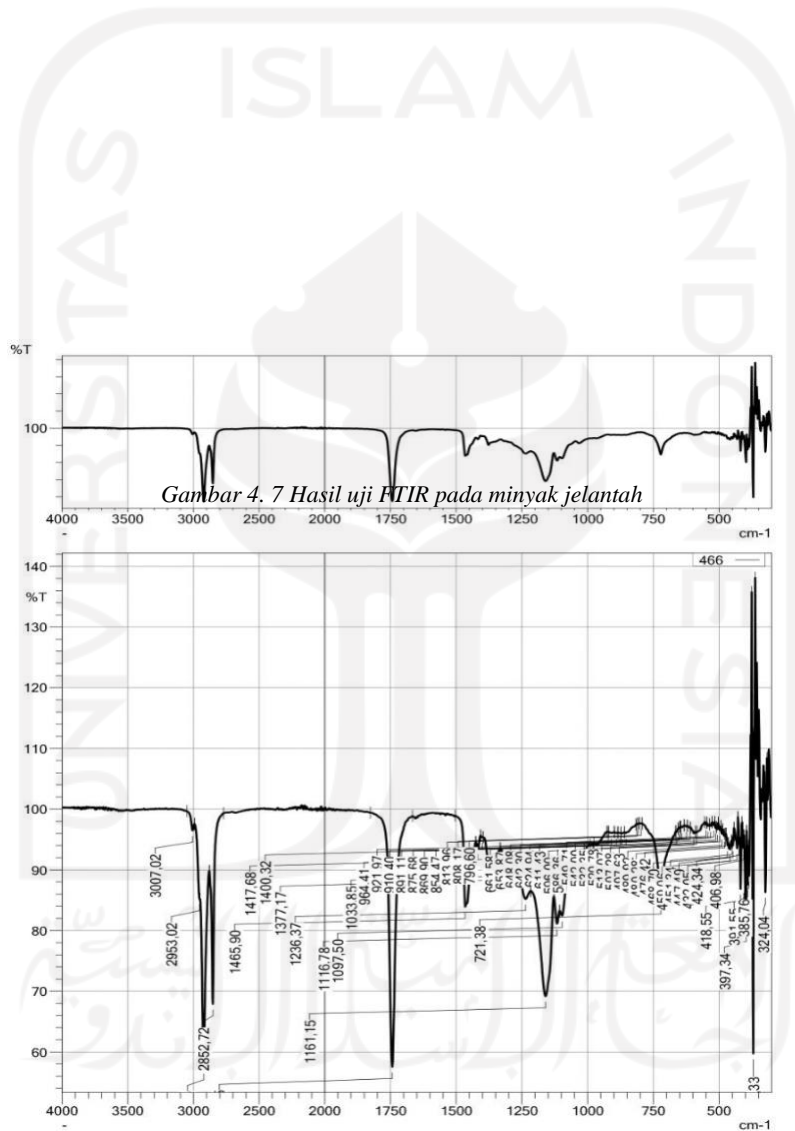
4.4.1. Analisis Komposisi senyawa Biodiesel dengan FTIR

Fourier Transform Infrared (FTIR) adalah instrumen spektroskopi inframerah yang digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi pada suatu sampel secara kualitatif. Pada penelitian ini, FTIR digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi dalam senyawa yang terdapat pada biodiesel (minyak goreng bekas). Pembacaan gelombang FTIR dilakukan pada area spektrum menengah (*mid-infrared*) pada rentang panjang gelombang $500\text{--}4000\text{ cm}^{-1}$. Pengujian FTIR menghasilkan grafik antara bilangan gelombang (λ) pada sumbu x dan intensitas cahaya yang dipantulkan atau persentase (%) transmittan pada sumbu y. Hasil uji kemudian dianalisis dengan cara mengidentifikasi puncak (peak) spesifik pada panjang gelombang tertentu serta dapat dibandingkan dengan spektrum FTIR dari biodiesel yang diperoleh pada Gambar 4.5. Setiap puncak spesifik merepresentasikan jenis gugus fungsi tertentu pada biodiesel, dengan hasil sebagaimana dapat diamati pada Gambar. 4.6.



Gambar 4. 6 Spektrum FTIR Biodiesel

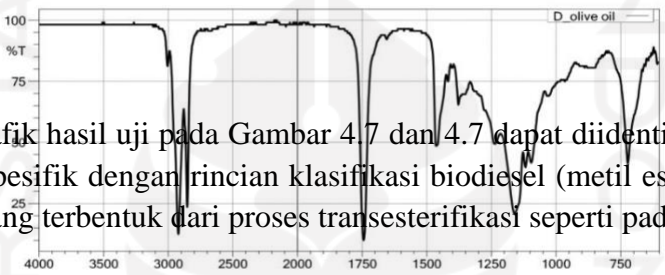
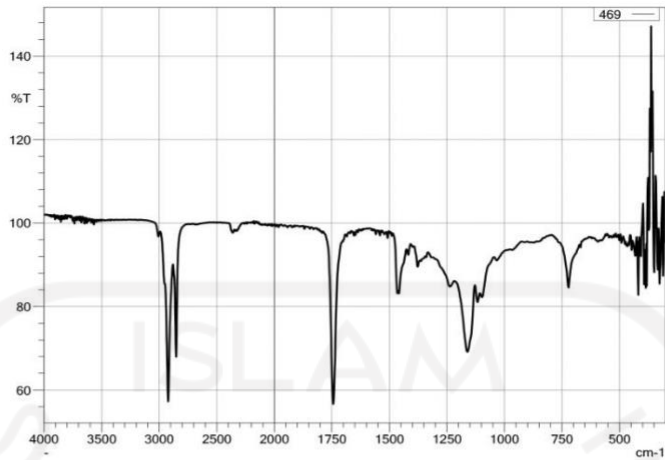




Gambar 4. 7 Hasil uji FTIR pada minyak jelantah

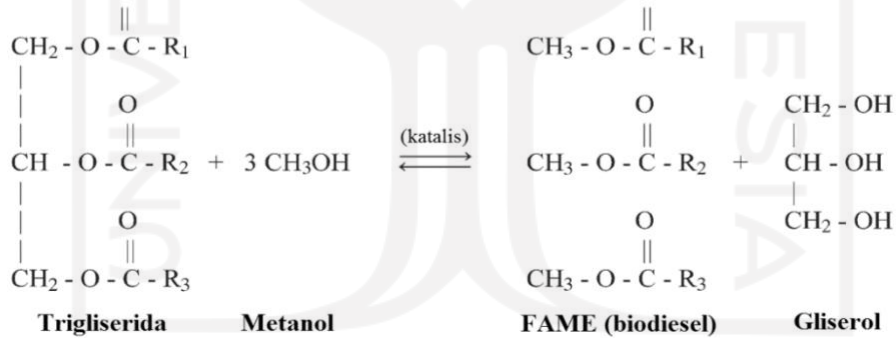
Gambar 4. 8 Hasil uji FTIR pada perlakuan pertama pengolahan biodiesel

Adapun hasil uji FTIR terhadap perlakuan kedua dapat diamati pada Gambar 4.8.



Dari grafik hasil uji pada Gambar 4.7 dan 4.7 dapat diidentifikasi titik puncak serapan yang spesifik dengan rincian klasifikasi biodiesel (metil ester) sesuai dengan gugus fungsi yang terbentuk dari proses transesterifikasi seperti pada tabel 4.5.

Gambar 4. 9 Hasil uji FTIR pada perlakuan kedua pengolahan biodiesel



Gambar 4. 10 Reaksi Transesterifikasi

Tabel 4. 4 Interpretasi Gugus Fungsi Biodiesel pada perlakuan 1 dan perlakuan 2

Gugus Fungsi	Bilangan gelombang (cm ⁻¹)*	Kelompok Senyawa	Perlakuan 1		Perlakuan 2	
			Frekuensi (cm ⁻¹)	Intensitas	Frekuensi (cm ⁻¹)	Intensitas
-OH	3200-3600	Alkohol	-	-	-	-
>CO	2000-2300	Ester	-	-	2360,87	97,66

C=O	1650	Ester	-	-	1647,21	97,15
C-O-C	900-1270	Eter	12363,7	85,2	1236,37	84,79

*Keterangan: Dasli Nurdin (1986) dan Anissa Gani (2017)

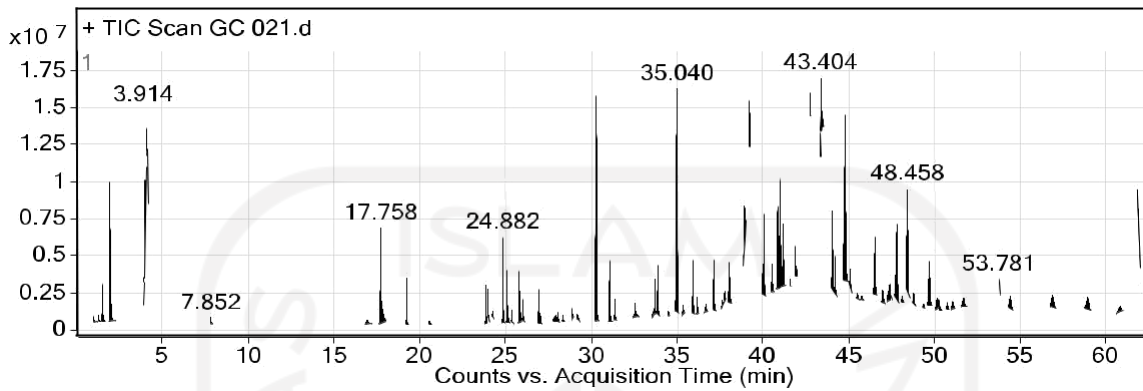
Pada perlakuan pertama puncak serapan yang menunjukkan terbentuk gugus fungsi metil ester sebagai biodiesel hanya ada pada frekuensi 1236cm^{-1} menunjukkan adanya kelompok eter dengan ikatan (C-O-C). Hal ini menjelaskan juga bahwa gugus fungsi pembentuk metil ester belum terbentuk sempurna. Sedangkan pada perlakuan kedua 4 gugus fungsi pembentuk metil ester dapat terbaca pada masing-masing frekuensi dimana frekuensi puncak serapan $1236,37\text{ cm}^{-1}$ mengindikasikan keberadaan senyawa ikatan C-O dengan intensitas 84,79. Pada rentang frekuensi $1647,21\text{ cm}^{-1}$ terbentuk ester. Selain itu, puncak serapan pada terbentuk gugus ester pada hasil spektrum FTIR yang ditandai dengan adanya gugus karbonil pada panjang gelombang $1701,22\text{ cm}^{-1}$ dengan intensitas 95,6 dan gugus >CO pada serapan puncak $2360,87\text{cm}^{-1}$ dengan kelompok senyawa Ester.

4.4.2. Analisis Komposisi senyawa Biodiesel dengan GC-MS

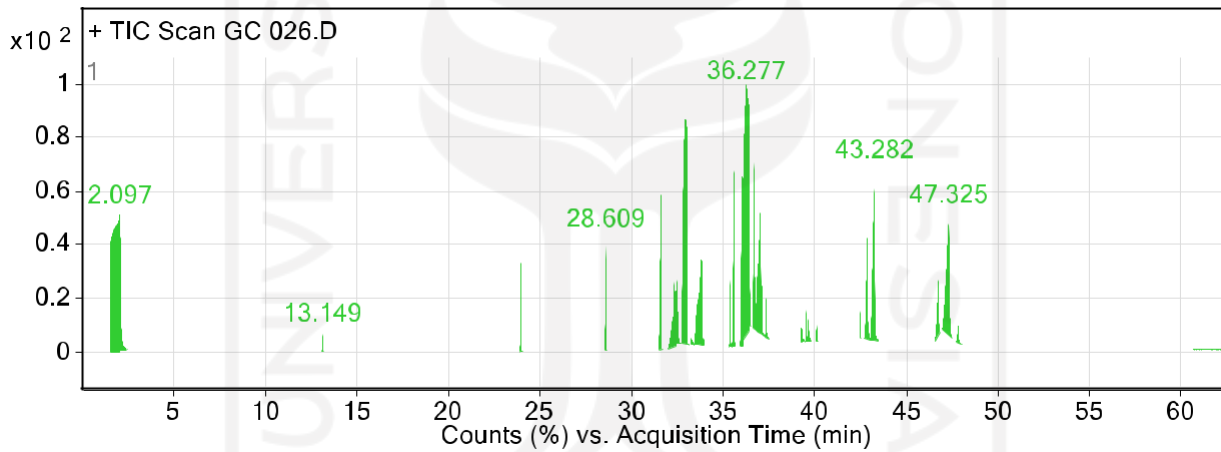
Optimasi konsentrasi sampel pada 0.5 mg/mL dilakukan dengan pelarut heptan dan metanol pada sampel minyak jelantah. Pelarut heptan dan metanol menunjukkan sampel tidak dapat larut karena biodiesel masih berupa minyak. Sehingga pelarut diganti menggunakan chloroform dengan konsentrasi 0.5 mg/mL pada injeksi $0.1\text{ }\mu\text{L}$. Untuk mengetahui *retention time* metil-metil ester, maka dilakukan analisis terhadap zat standar FAME yang hasilnya terlihat pada Gambar 4.11. Pada perlakuan sesuai Gambar 4.11 dengan data 10 jumlah titik puncak belum terlihat masing-masing metil ester. Pengujian dilanjutkan dengan memperluas sampel hingga 50 data titik puncak dengan *retention time* dan jenis metil esternya terdapat pada Tabel 4.5. Dari tabel tersebut dapat ditentukan persen area dari metil ester pada perlakuan pertama hanya sebesar 3%. Kemudian, pada perlakuan kedua didapatkan hasil methyl ester yang lebih tinggi sebesar 62.1% menggunakan pelarut methanol seperti yang tertera pada Tabel 4.6. Hal ini menunjukkan perbedaan hasil yang sangat jauh, kecilnya jumlah metil ester yang terbentuk pada perlakuan pertama dikarenakan zat-zat pengotor yang ikut dan tidak melalui proses mikrofiltrasi menyebabkan

kandungan pengotor dalam sampel masih banyak sehingga titik puncak tidak dapat terbaca dengan jelas meskipun senyawa-senyawa yang terbaca dominan terbentuk nonyl vinyl ester serta methyl lain. Sedangkan pada perlakuan kedua sudah dilakukan mikrofiltrasi kemudian dihomogenkan dengan pelarut methanol sehingga hasil yang terbentuk methyl ester serta ester-ester lain.





Gambar 4. 11 Hasil Analisa GC-MS pada zat standard Fatty Acid Methyl Ester (FAME) dengan pelarut chloroform 0.5 mg/L injeksi 0.1 μ L pada perlakuan pertama



Gambar 4. 12 Hasil Analisa GC-MS pada zat standard Fatty Acid Methyl Ester (FAME) dengan pelarut chloroform 0.5 mg/L injeksi 0.1 μ L pada perlakuan kedua

Tabel 4. 5 Peak Report dari analisa GC-MS terhadap zat standar FAME dengan pelarut chloroform pada perlakuan pertama

Peak	Start	RT	End	Height	Area	Area %	Nama	%
1	1,47	1,52	1,71	3.585.419,52	14.423.310,61	12,45	Methyl Alcohol	1,32%
2	1,894	1,961	2,255	9.624.435,71	57.266.252,01	49,42	Ethanol	5,26%
3	3,913	3,914	3,934	13.148.602,15	2.936.979,78	2,53	Trichloromethane	0,27%
4	3,938	3,994	3,995	2.753.198,68	6.669.200,30	5,76	Methane, oxybis[dichloro	0,61%

5	4,068	4,105	4,124	1.718.069,00	3.392.837,32	2,93	Trichloromethane	0,31%
6	4,135	4,151	4,18	2.712.319,66	4.713.569,03	4,07	Trichloromethane	0,43%
7	17,64	17,758	18,009	6.480.794,25	40.173.493,76	34,67	undefined	3,69%
8	19,199	19,271	19,359	3.168.737,43	11.589.914,33	10	Octanoic acid, methyl ester	1,06%
9	23,816	23,886	23,942	2.584.961,10	9.568.256,67	8,26	2-Nonenal	0,88%
10	23,951	24,013	24,096	1.982.906,03	8.217.272,37	7,09	2-Nonenal	0,75%
11	24,803	24,882	24,992	5.837.590,20	23.579.229,10	20,35	undefined	2,16%
12	25,043	25,131	25,284	4.255.434,86	18.225.444,93	15,73	undefined	1,67%
13	25,752	25,83	25,962	3.883.093,58	21.223.137,04	18,32	2,3-Diazabicyclo [2.2.1] hept-2-ene,1,4-dimethyl-	1,95%
14	25,972	26,055	26,128	1.538.222,58	6.483.036,88	5,59	2,4 Decadienal	0,60%
15	26,869	26,969	27,037	2.411.700,52	11.484.377,87	9,91	2-Octenal	1,05%
16	30,192	30,332	30,465	15.702.097,37	115.538.009,29	99,71	undefined	10,60%
17	30,999	31,108	31,247	4.845.814,94	24.214.568,49	20,9	undefined	2,22%
18	31,32	31,406	31,501	1.472.855,11	6.716.794,11	5,8	Carbonic acid, nonyl vinyl ester	0,62%
19	33,674	33,75	33,816	2.346.384,76	9.968.361,07	8,6	Carbonic acid, nonyl vinyl ester	0,91%
20	33,825	33,906	34,006	3.856.725,04	18.110.557,60	15,63	Octane, 2,4,6-trimethyl	1,66%
21	34,891	35,04	35,126	15.142.867,46	115.878.062,70	100	undefined	10,64%
22	35,856	35,951	36,069	3.664.619,08	18.020.401,74	15,55	Carbonic acid, nonyl vinyl ester	1,65%
23	37,078	37,16	37,167	3.427.495,17	8.486.539,37	7,32	undefined	0,78%
24	37,167	37,172	37,303	3.426.521,97	9.951.504,97	8,59	undefined	0,91%
25	37,973	38,072	38,207	2.739.776,69	18.346.866,30	15,83	Carbonic acid, nonyl vinyl ester	1,68%
26	38,866	38,945	38,954	2.446.599,16	8.120.855,92	7,01	7-Nonenoic acid, methyl ester	0,75%
27	38,954	38,966	39,013	2.106.659,70	4.397.434,65	3,79	6-Nonenoic acid, methyl ester	0,40%
28	39,186	39,256	39,289	3.317.845,50	15.842.920,95	13,67	undefined	1,45%
29	39,952	40,023	40,045	2.339.304,42	7.749.124,48	6,69	Carbonic acid, nonyl vinyl ester	0,71%
30	40,045	40,111	40,201	5.447.262,06	24.751.449,73	21,36	Carbonic acid, nonyl vinyl ester	2,27%
31	40,488	40,567	40,665	2.051.985,17	10.470.726,33	9,04	undefined	0,96%
32	40,803	40,897	40,955	7.746.537,24	37.362.981,46	32,24	undefined	3,43%
33	40,955	41,035	41,04	7.307.210,50	24.601.953,36	21,23	undefined	2,26%
34	41,04	41,045	41,136	7.439.350,42	24.222.658,27	20,9	undefined	2,22%
35	41,136	41,211	41,334	4.286.671,47	25.440.459,88	21,95	undefined	2,33%
36	41,874	41,925	42	2.112.640,50	9.091.691,84	7,85	Carbonic acid, nonyl vinyl ester	0,83%
37	42,739	42,785	42,791	2.004.592,00	4.207.971,98	3,63	1-Dodecyne	0,39%
38	43,372	43,388	43,395	3.677.560,81	3.355.348,15	2,9	6-Nonenoic acid,	0,31%

							methyl ester	
39	43,395	43,404	43,406	3.691.775,56	2.333.874,87	2,01	8-Nonenoic acid, methyl ester	0,21%
40	43,406	43,412	43,48	3.605.557,92	10.342.958,68	8,93	undefined	0,95%
41	43,507	43,528	43,536	2.836.675,62	2.465.959,20	2,13	undefined	0,23%
42	43,982	44,085	44,181	6.021.132,82	30.894.870,08	26,66	Carbonic acid, nonyl vinyl ester	2,84%
43	44,181	44,243	44,332	2.595.045,22	11.484.773,13	9,91	undefined	1,05%
44	44,665	44,842	44,981	11.526.364,29	94.032.105,93	81,15	1,9 Nonanediol	8,63%
45	45,052	45,124	45,24	1.221.897,85	6.104.111,45	5,27	undefined	0,56%
46	46,427	46,565	46,569	3.944.654,77	14.546.250,10	12,55	Carbonic acid, nonyl vinyl ester	1,34%
47	46,569	46,572	46,657	3.946.068,37	10.441.944,56	9,01	undefined	0,96%
48	47,686	47,843	47,977	5.786.903,80	43.508.902,17	37,55	undefined	3,99%
49	48,339	48,458	48,576	7.136.545,63	53.873.326,21	46,49	undefined	4,94%
50	49,603	49,742	49,866	3.035.535,15	24.726.696,38	21,34	Carbonic acid, nonyl vinyl ester	2,27%
						1.089.549.327,40	940,27	100%

Tabel 4. 6 Peak Report dari analisa GC-MS terhadap zat standar FAME dengan pelarut methanol pada perlakuan kedua

Peak	Start	RT	End	Height	Area	Area %	Nama	%
1	1,839	1,864	1,867	21.891.879,13	36.189.236,33	5,19	Methyl Alcohol	1,2%
2	13,093	13,149	13,198	3.664.336,70	8.159.143,00	1,17	Octanoic acid, methyl ester	0,3%
3	23,898	23,975	24,071	15.349.860,44	40.393.058,51	5,8	Dodecanoic acid, methyl ester	1,4%
4	28,52	28,609	28,658	19.861.748,13	56.766.991,65	8,15	Tridecanoic acid, 12-methyl-, methyl ester	1,9%
5	31,458	31,618	31,704	26.796.214,13	125.774.452,53	18,05	Hexadecanoic acid, methyl ester	4,2%
6	32,418	32,481	32,544	10.963.229,74	62.846.957,14	9,02	n-Hexadecanoic acid	2,1%
7	32,716	32,941	33,038	39.014.014,32	545.305.569,06	78,27	Hexadecanoic acid, methyl ester	18,4%
8	33,038	33,052	33,097	38.503.714,87	43.325.451,33	6,22	Hexadecanoic acid, methyl ester	1,5%
9	33,63	33,804	33,811	14.713.556,35	113.752.156,88	16,33	n-Hexadecanoic acid	3,8%
10	35,462	35,618	35,653	31.672.514,43	140.696.241,95	20,2	9-Octadecenoic acid (Z), methyl ester	4,8%
11	35,906	36,057	36,089	30.313.098,62	182.073.479,78	26,14	6-Octadecenoic acid, methyl ester, (Z)	6,2%
12	36,089	36,277	36,388	43.328.612,31	696.660.057,28	100	9-Octadecenoic acid (Z), methyl ester	23,5%
13	36,74	36,754	36,802	9.104.401,14	23.362.123,23	3,35	Oleic acid	0,8%
14	36,91	37,06	37,088	22.288.913,80	179.389.310,78	25,75	cis-13-Octadecanoic acid	6,1%
15	42,68	42,882	43,032	18.049.915,09	111.362.289,63	15,99	Hexadecanoic acid, 2-hydroxyl-1-(hydroxymethyl)ethyl ester	3,8%
16	43,032	43,227	43,234	22.866.557,32	129.770.291,77	18,63	Hexadecanoic acid, 2-hydroxyl-1-(hydroxymethyl)ethyl ester	4,4%
17	43,234	43,282	43,432	30.097.269,03	124.238.356,22	17,83	Hexadecanoic acid, 2-hydroxyl-1-(hydroxymethyl) ethyl ester	4,2%

18	46,552	46,757	46,847	9.946.985,52	64.869.033,53	9,31	trans-9-Octadecenoic acid, pentyl ester	2,2%
19	46,951	47,325	47,504	21.406.335,59	258.665.995,81	37,13	Octadecanoic acid, 2,3-dihydroxypropyl ester	8,7%
20	47,699	47,83	48,001	2.970.395,28	16.686.897,95	2,4	Oleic acid	0,6%
				432.803.552	2.960.287.094	424,93		62,1%

4.5 Analisa Keuangan

Analisis biaya produksi biodiesel dari minyak jelantah dengan katalis CaO dapat dilihat pada Tabel dibawah ini :

4.5.1. Biaya Tetap

Biaya pembuatan reaktor

No	Keterangan	Kapasitas	Kuantitas	Harga Per Unit	Total Biaya
1	Reaktor	20 L	1	1.960.000	1.960.000
Total					1.960.000
Total/Bulan					75.385

No	Keterangan	Kuantitas	Satuan	Harga Per Unit	Total Biaya
1	Air	2	m ³	6.825	13.650
2	Listrik	30	kWH	1.445	43.341
Total					56.991

Total *Fixed Cost* per Bulan = **Rp 132.376**

4.5.2. Biaya Variabel

Biaya Bahan Baku

No	Keterangan	Kuantitas	Satuan	Harga Per Unit	Total Biaya
1	Minyak Goreng	1	L	2.000	2.000
2	Methanol	0,16	L	20.000	3.200
3	CaO	0,1	Kg	45.000	4.500
Total					9.700

Analisa Biaya

Total biaya produksi per hari	=	Rp 9.700
Biaya produksi per bulan (26 hari)	=	Rp 9.700 x 468
	=	Rp 4.539.600

Total Produksi biodiesel dari minyak goreng bekas perhari adalah 18 L	
Total Produksi perbulan	= 18 L x 26 =
	468L

Total Biaya produksi perbulan	=	<i>Fixed Cost (FC) + Variable Cost (VC)</i>
	=	Rp 132.376 + Rp 4.389.840
	=	Rp 4.671.976

Harga Pokok Produksi	=	Total Biaya produksi / Total Produksi
	=	Rp 4.522.216 / 468 Liter
	=	Rp 9.983

Harga Jual	=	HPP / (1-%Mark Up)
	=	Rp 9.663 / (1-0,3)
	=	Rp 14.261

Laba	=	Harga Jual - HPP
	=	Rp 12.079 - Rp 9.663
	=	Rp 4.278

Hasil penjualan per Bulan

Hasil Penjualan/Bulan produk/bulan	=	Harga jual x Jumlah
	=	Rp 6.674.251

Laba per Bulan

Laba/Bulan	=	Laba x Jumlah Produk/bulan
	=	Rp 2.002.275

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. *Batch* reaktor biodiesel dapat berjalan sesuai perencanaan alat yang disusun sesuai dengan proses-proses pengolahan yaitu penyaringan, proses transesterifikasi, serta pemurnian.
2. Hasil analisa biodiesel pada masing-masing perlakuan masih belum sesuai dengan parameter yang ada pada SNI 7182:2015. Dari 2 variabel perlakuan didapatkan hasil terbaik pada uji densitas sebesar 900 kg/m³; kadar air 349 ppm; serta kadar FFA memenuhi proses transesterifikasi menggunakan filter karbon menjadi nilai 1,83%. Pada proses pembuatan biodiesel ini didapatkan kualitas biodiesel yang paling baik pada saat kecepatan putar 250 rpm dengan lama proses pengolahan 60 menit dalam suhu 65°C.
3. Biodiesel hasil pengolahan minyak jelantah dapat dijadikan sebagai biodiesel dengan adanya kandungan gugus fungsi pembentuk senyawa metil ester (biodiesel) seperti gugus fungsi ikatan C-O, ester, karbonil, dan >CO pada kelompok senyawa ester. Kemudian, hasil kadar biodiesel yang terbentuk paling optimal sebesar 62,1 %

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan langkah metode *pre-treatment* yang tepat dan efisien guna mengurangi kadar FFA dan kadar air sehingga dapat dilakukan proses transesterifikasi.
2. Perlu dilakukan pengembangan alat lebih lanjut untuk uji kadar biodiesel agar sesuai dengan baku mutu SNI 7182:2015 serta dapat digunakan dalam skala kecil rumah tangga yang *portable*.
3. Untuk penelitian selanjutnya dapat menentukan metode pengolahan biodiesel yang tidak memerlukan energi dalam pengolahannya.
4. Untuk penelitian selanjutnya dapat membuat pengolahan biodiesel menggunakan bahan dasar yang tidak menghasilkan produk samping.

DAFTAR PUSTAKA

- Anastasia Kharina (2018). **The Potential Economic, Health And Greenhouse Gas Benefits Of Incorporating Used Cooking Oil Into Indonesia's Biodiesel.** The International Council on Clean Transportation
- Arief Budiman, dkk. 2014. **Biodiesel Bahan Baku, Proses, dan Teknologi.** Yogyakarta : Gajah Mada University Press
- Aziz, Islami. 2007. **Kinetika Reaksi Transesterifikasi Minyak Goreng Bekas.** Valensi, Vol. 1, No.1
- Riny Andwika Simatupang, dkk. 2016. **Optimasi Kecepatan Putar Pengadukan Dan Waktu Pengadukan Terhadap Kualitas Fisika Biodiesel Dari Minyak Kelapa.** *Pillar Of Physics*, Jurusan Fisika FMIPA UNP . Vol. 7. April 2016, 89-96 89
- Mahasiswa David, G. W., 2005. **Analisis Farmasi, Edisi kedua.** Jakarta : EGC.
- Dasli Nurdin. 1986. **Elusidasi Struktur Senyawa Organik.** Bandung : Angkasa.
- Drozd, J., 1985. **Chemical Derivatization in Gas Chromatography, Journal of Chromatography Library**, 19
- Faizal, M. 2013. **Pengaruh Kadar Methanol, Jumlah Katalis, dan Waktu Reaksi pada pembuatan Biodiesel dari Lemak Sapi Melalui Proses Transesterifikasi.** Jurnal Teknik Kimia No. 4, Vol. 19, 35.
- Haryono, dkk. 2010. **Pengolahan Minyak Goreng Kelapa Sawit Bekas menjadi Biodiesel.** Jurusan Teknik Kimia Institut Teknologi Nasional: Bandung.
- Hasanatan, D. 2012. **Pengaruh Ratio H₂SO₄ dan Waktu Reaksi Terhadap Kuantitas dan Kualitas Biodiesel dari Minyak Jarak Pagar.** Jurnal Teknik Kima No.2, Vol. 18, 29

- Hikmah, N. 2010. *Pembuatan metil ester (biodiesel) dari minyak dedak dan metanol dengan proses esterifikasi dan transesterifikasi*. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro Semarang
- Noriko Nita, dkk (2012) **Analisis Penggunaan dan Syarat Mutu Minyak Goreng pada Penjaja Makanan di Food Court UAI**, Universitas Al Azhar Indonesia. Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi. Vol 1 No.3, Jakarta
- Mahreni. 2010. **Peluang dan Tantangan Komersialisasi Biodiesel-Review**. *Jurnal Eksergi*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Pembangunan Nasional “Veteran”. 10(2): 18
- Riyanti, F. 2012. *Pengaruh Variasi Konsentrasi Katalis KOH pada Pembuatan Metil Ester dari Minyak Biji Ketapang (Terminalia catappa Linn)*. Jurnal Penelitian Sains Volume 15 Nomor 2(C)
- Rukunudin, I.H., White, P.J., Bern, C.J., Bailey, T.B. **A modified Method for Determining Free Fatty Acids from Small Soybean Oil Sample Sizes**. Journal of the American Oil Chemists' Society. 1998: 75 (5).
- Silvira Wahyuni, dkk. 2015. *Pillar Of Physics, Pengaruh Suhu Proses Dan Lama Pengendapan Terhadap Kualitas Biodiesel Dari Minyak Jelantah*. Vol. 6., 33-40
33 Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Negeri Padang
- Sparkman, O.D., Penton, Z., Fulton, G., 2011. *Gas chromatography and mass spectrometry : a practical guide*. Elsevier
- St. Annisa Gani Rachim , Indah Raya, Muhammad Zakir J. Chem. Res., 2017. *Modification of CaO Catalyst to Produce Biodiesel From Waste Cooking Oil Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences*. Hasanuddin
- T. K. Saha and P. Purkait. 2008. *Understanding the impacts of moisture and thermal ageing on transformer's insulation by dielectric response and molecular weight measurements*. IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul., doi: 10.1109/TDEI.2008.4483479.

Triana, K..2006. ***Pembuatan Bahan Bakar Biodiesel dari Minyak Jarak; Pengaruh Suhu dan Konsentrasi KOH pada Reaksi Transesterifikasi Berbasis Katalis Basa. Bioteknologi 3 (1): 20-26.***, ISSN: 0216-6887, DOI: 10.13057/biotek/c030104

U. M. Rao, Y. R. Sood, and R. K. Jarial. 2017. **Physiometric and Fourier transform infrared spectroscopy analysis of cellulose insulation in blend of mineral and synthetic ester oils for transformers.** IET Sci. Meas. Technol. doi: 10.1049/iet-smt.2016.0334.

USDA Foreign Agricultural Service: Global Agricultural Information Network (2019).
Indonesian Oilseeds and Product Annual 2019. United States

Vicente, G., Martinez, M., dan Aracil, J. 2007. ***Optimization of Integrated Biodiesel Production, Part I. A Study of The Biodiesel Purity and Yields, Bioresource Technology***, 98, 1724-1733

Zabeti, M., Wan Daud, W. M. A., dan Aroua, M. K..2009. ***Activity of Solid Catalysts for Biodiesel Production, A Review, Fuel Process. Technol.***, 90, 770–777

LAMPIRAN

LAMPIRAN I Perhitungan

A. Uji Kadar FFA

1. Uji FFA minyak sebelum dilakukan penyaringan filter karbon

Berat sampel (W) = 10,3201 gr

Volume yang dibutuhkan dengan titrasi KOH 0,1 N (V) = 9,5 mL

Normalisasi KOH hasil standarisasi (N) = 0,1 N

$$\begin{aligned} \text{Kadar FFA} &= \frac{\text{Volume} \times \text{Normalisasi}}{\text{Berat sampel}} \\ &= \frac{9,5 \times 0,1}{10,3201} \times 100\% \\ &= 2,356 \% \end{aligned}$$

2. Uji FFA minyak sesudah dilakukan penyaringan filter karbon

Berat sampel (W) = 10,0124 gr

Volume yang dibutuhkan dengan titrasi KOH 0,1 N (V) = 7,4 mL

Normalisasi KOH hasil standarisasi (N) = 0,1 N

$$\begin{aligned} \text{Kadar FFA} &= \frac{\text{Volume} \times \text{Normalisasi}}{\text{Berat sampel}} \\ &= \frac{7,4 \times 0,1}{10,0124} \times 100\% \\ &= 1,89 \% \end{aligned}$$

B. Perlakuan 1

Perlakuan	Suhu	Pengadukan	Minyak	Katalis	Methanol	Waktu reaksi
Uji 1	60°C	200 rpm	6 L	100 gr	1 L	60 menit

1. Uji Kadar air pada sampel minyak 6L

a. Berat awal sampel (m1) = 52,9166 gr

Berat akhir sampel (m2) = 52,8889 gr

$$\begin{aligned} \text{Kadar air} &= \frac{m1 - m2}{m1} \times 100\% \\ &= \frac{52,9166 - 52,8889}{52,9166} \times 100\% \\ &= 0,052 \% \\ &= 520 \text{ ppm} \end{aligned}$$

b. Berat awal sampel (m1) = 54,3405 gr
 Berat akhir sampel (m2) = 54,3380 gr
 Kadar air = _____
 = 0,0046 %
 = 46 ppm

c. Berat awal sampel (m1) = 35,4598 gr
 Berat akhir sampel (m2) = 35,4310 gr
 Kadar air = _____
 = 0,081%
 = 812 ppm
 Rerata kadar air = (520 ppm + 46 ppm + 812 ppm)/3
 = **459 ppm**

Jadi kadar air yang diperoleh pada uji biodiesel 18 L sebesar 518 ppm

2. Uji Massa Jenis pada suhu 40°C sampel minyak 6L

a. Berat Aquades (m0a) = 84,6431 gr
 Berat Sampel minyak (m0x) = 79,9539 gr
 Berat kosong (m0) = 34,1648 gr
 Massa Jenis pada suhu 40°C = 0,9922
 Massa Jenis pada suhu 40°C = _____ x 0,9922
 = 0,9002
 = 900,02 kg/m³

b. Berat Aquades (m0a) = 84,709 gr
 Berat Sampel minyak (m0x) = 80,012 gr
 Berat kosong (m0) = 34,2878 gr
 Berat jenis pada suhu 40°C = 0,9922
 Massa Jenis pada suhu 40°C = _____ x 0,9922
 = 0,899
 = 899 kg/m³

c. Berat Aquades (m0a) = 84,8079 gr
 Berat Sampel minyak (m0x) = 80,5319 gr
 Berat kosong (m0) = 34,2085 gr
 Berat jenis pada suhu 40°C = 0,9922

$$\begin{aligned} \text{Massa Jenis pada suhu } 40^{\circ}\text{C} &= \text{_____} \times 0,9922 \\ &= 0,9008 \\ &= 900,8 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Rerata Densitas} &= (900,02 \text{ kg/m}^3 + 899 \text{ kg/m}^3 + 900,8 \text{ kg/m}^3)/3 \\ &= \mathbf{889 \text{ kg/m}^3} \end{aligned}$$

Jadi massa jenis pada suhu 40°C yang diperoleh pada uji biodiesel 18 L sebesar 889 kg/m^3

C. Perlakuan 2

Perlakuan	Suhu	Pengadukan	Minyak	Katalis	Methanol	Waktu reaksi
Uji 2	65°C	250 rpm	6 L	100 gr	1 L	60 menit

1. Uji Kadar air pada sampel minyak 6L

$$\begin{aligned} \text{a. Berat awal sampel (m1)} &= 52,8078 \text{ gr} \\ \text{Berat akhir sampel (m2)} &= 52,7923 \text{ gr} \\ \text{Kadar air} &= \text{_____} \\ &= 0,274 \% \\ &= 274 \text{ ppm} \\ \text{b. Berat awal sampel (m1)} &= 54,2899 \text{ gr} \\ \text{Berat akhir sampel (m2)} &= 54,2718 \text{ gr} \\ \text{Kadar air} &= \text{_____} \\ &= 0,0333 \% \\ &= 333 \text{ ppm} \\ \text{c. Berat awal sampel (m1)} &= 35,4020 \text{ gr} \\ \text{Berat akhir sampel (m2)} &= 35,3864 \text{ gr} \\ \text{Kadar air} &= \text{_____} \\ &= 0,044\% \\ &= 440 \text{ ppm} \\ \text{Rerata kadar air} &= (274 \text{ ppm} + 333 \text{ ppm} + 440 \text{ ppm})/3 \\ &= \mathbf{349 \text{ ppm}} \end{aligned}$$

Jadi kadar air yang diperoleh pada uji biodiesel 5 L sebesar 349 ppm

2. Uji Massa Jenis pada suhu 40°C sampel minyak 6 L

$$\text{a. Berat Aquades (m0a)} = 84,4105 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Sampel minyak (m0x)} &= 79,4076 \text{ gr} \\
 \text{Berat kosong (m0)} &= 33,797 \text{ gr} \\
 \text{Massa Jenis pada suhu } 40^{\circ}\text{C} &= 0,9922 \\
 \text{Kadar air} &= \frac{\quad}{\quad} \times 0,9922 \\
 &= 0,9004 \\
 &= 900,4 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

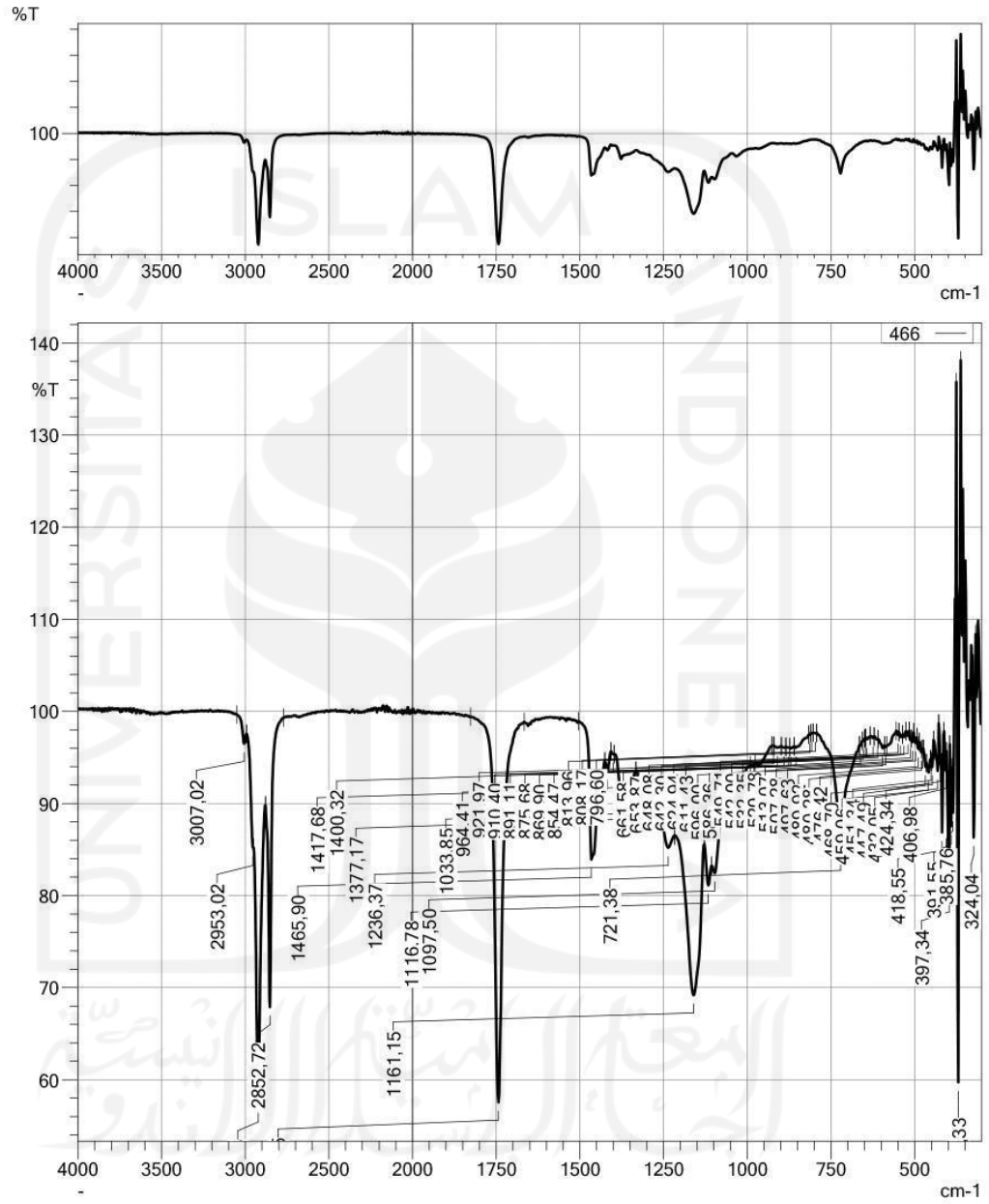
$$\begin{aligned}
 \text{b. Berat Aquades (m0a)} &= 84,9299 \text{ gr} \\
 \text{Berat Sampel minyak (m0x)} &= 79,9884 \text{ gr} \\
 \text{Berat kosong (m0)} &= 34,4510 \text{ gr} \\
 \text{Berat jenis pada suhu } 40^{\circ}\text{C} &= 0,9922 \\
 \text{Massa Jenis pada suhu } 40^{\circ}\text{C} &= \frac{\quad}{\quad} \times 0,9922 \\
 &= 0,901 \\
 &= 901 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{c. Berat Aquades (m0a)} &= 84,4155 \text{ gr} \\
 \text{Berat Sampel minyak (m0x)} &= 79,3415 \text{ gr} \\
 \text{Berat kosong (m0)} &= 33,8124 \text{ gr} \\
 \text{Berat jenis pada suhu } 40^{\circ}\text{C} &= 0,9922 \\
 \text{Massa Jenis pada suhu } 40^{\circ}\text{C} &= \frac{\quad}{\quad} \times 0,9922 \\
 &= 0,898 \\
 &= 898 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{Rerata Densitas} &= (900,4 \text{ kg/m}^3 + 901 \text{ kg/m}^3 + 898 \text{ kg/m}^3) / 3 \\
 &= \mathbf{900,26 \text{ kg/m}^3}
 \end{aligned}$$

Jadi massa jenis pada suhu 40°C yang diperoleh pada uji biodiesel 6 L sebesar $900,26 \text{ kg/m}^3$

LAMPIRAN II Data Karakteristik FTIR

1. Perlakuan 1



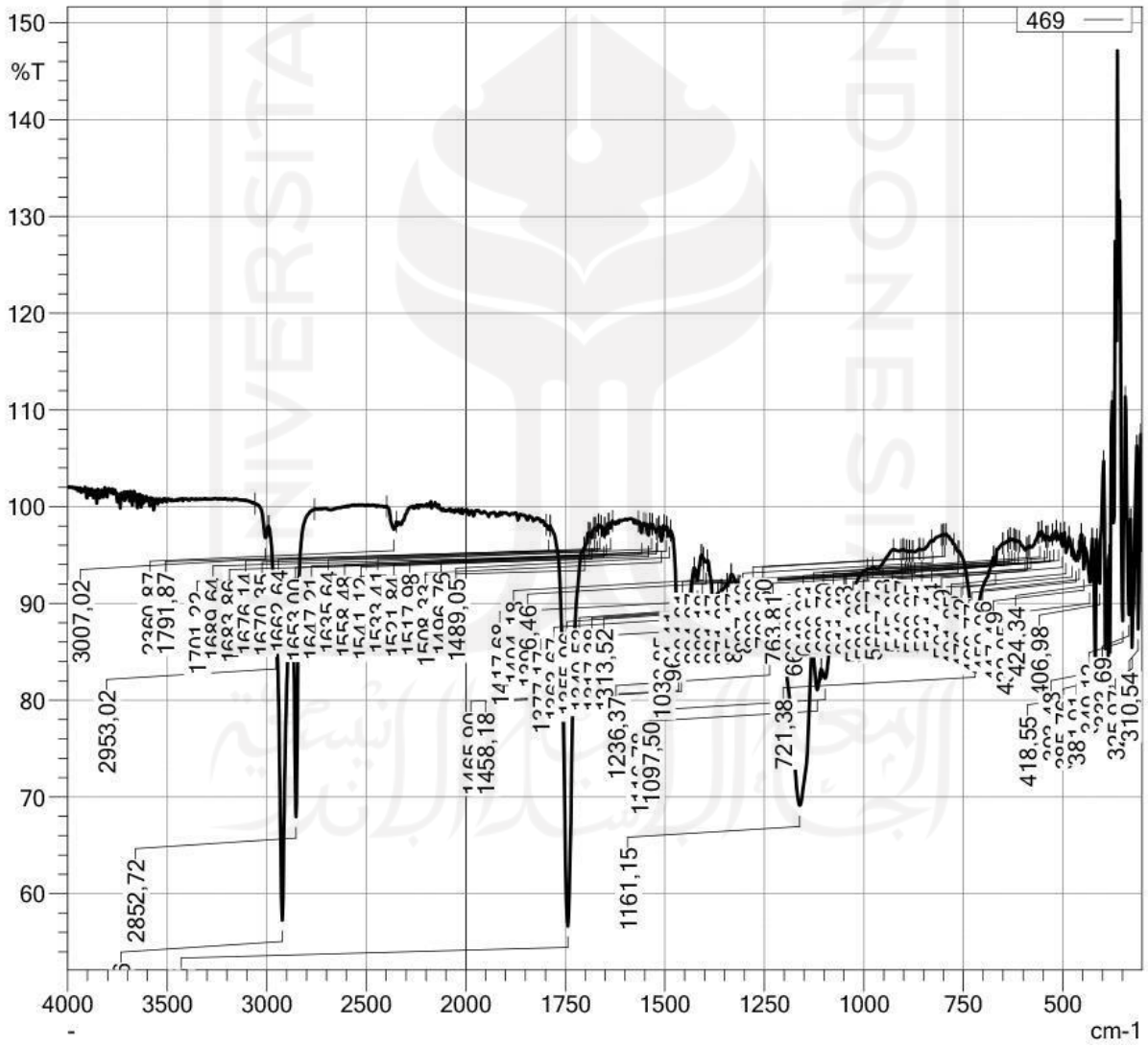
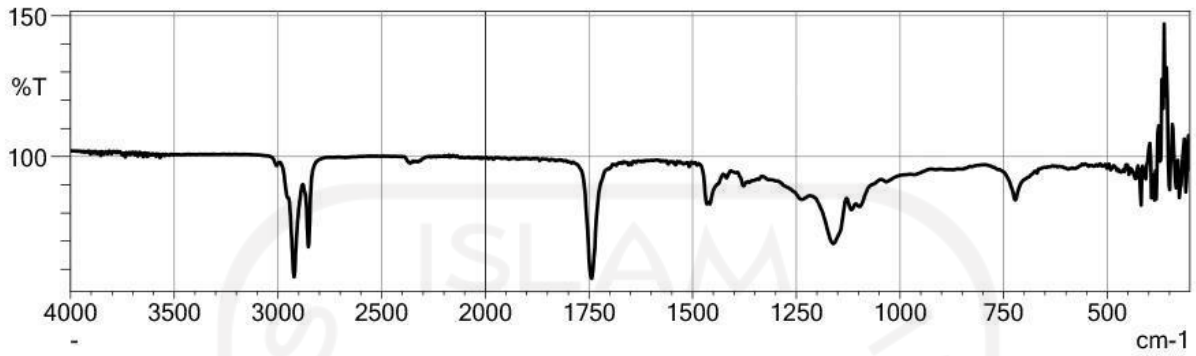
	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	Comment
1	324,04	86,31	20,72	327,90	318,25	42,667	112,620	
2	370,33	59,71	77,07	376,12	362,62	8,149	507,030	
3	385,76	89,00	9,49	387,69	379,98	27,807	51,433	
4	391,55	87,55	7,60	395,41	387,69	60,430	23,015	
5	397,34	80,16	16,09	405,05	395,41	117,048	78,821	
6	406,98	93,58	2,64	412,77	405,05	39,600	14,539	
7	418,55	86,87	9,46	422,41	412,77	66,178	33,174	
8	424,34	94,33	2,12	428,20	422,41	21,464	4,154	
9	432,05	93,54	4,69	443,63	428,20	70,988	36,728	
10	447,49	93,98	1,34	449,41	443,63	29,695	4,885	
11	451,34	94,43	0,24	453,27	449,41	21,022	0,461	
12	459,06	93,38	1,21	464,84	453,27	70,130	7,620	
13	468,70	94,01	1,00	474,49	464,84	50,960	4,342	
14	476,42	95,78	0,12	478,35	474,49	16,027	0,240	
15	480,28	95,55	0,53	486,06	478,35	30,170	1,490	
16	489,92	95,93	1,00	493,78	486,06	28,144	4,488	
17	497,63	96,58	0,83	503,42	493,78	29,074	4,605	
18	507,28	96,66	0,72	511,14	503,42	22,561	2,404	
19	513,07	96,87	0,44	516,92	511,14	16,623	1,889	
20	520,78	97,33	0,53	526,57	516,92	22,757	2,150	
21	532,35	97,21	0,42	536,21	526,57	24,463	1,961	
22	542,00	97,23	0,38	547,78	536,21	29,909	2,265	
23	549,71	97,44	0,34	555,50	547,78	18,210	1,305	
24	586,36	96,13	0,17	590,22	582,50	29,328	0,754	
25	596,00	96,02	0,48	609,51	590,22	68,843	3,963	
26	611,43	96,92	0,11	621,08	609,51	33,869	0,583	
27	624,94	97,12	0,18	632,65	621,08	32,024	0,880	
28	642,30	96,98	0,21	646,15	632,65	38,766	1,423	
29	648,08	97,04	0,05	650,01	646,15	11,330	0,105	
30	653,87	96,79	0,11	655,80	650,01	17,969	0,242	
31	661,58	96,28	0,25	665,44	655,80	34,050	1,012	
32	721,38	84,66	12,26	792,74	665,44	828,946	446,310	
33	796,60	97,60	0,07	804,32	792,74	27,209	0,255	
34	808,17	97,59	0,05	810,10	804,32	13,721	0,163	
35	813,96	97,44	0,07	815,89	810,10	14,347	0,144	
36	854,47	96,06	0,31	860,25	815,89	148,108	7,556	
37	869,90	95,99	0,14	873,75	860,25	52,930	0,939	
38	875,68	96,06	0,05	885,33	873,75	45,243	0,402	
39	891,11	96,05	0,14	898,83	885,33	52,480	1,113	
40	910,40	96,06	0,18	920,05	898,83	81,817	2,129	
41	921,97	96,22	0,04	925,83	920,05	21,700	0,083	
42	964,41	94,14	0,63	975,98	925,83	250,406	14,420	
43	1033,85	91,20	1,55	1045,42	991,41	396,915	32,188	
44	1097,50	82,44	2,22	1107,14	1045,42	744,428	-8,604	
45	1116,78	81,12	3,18	1128,36	1107,14	367,029	36,098	
46	1161,15	69,19	16,73	1217,08	1128,36	1936,105	697,805	
47	1236,37	85,20	2,48	1332,81	1217,08	1211,972	57,966	
48	1377,17	90,20	4,58	1398,39	1332,81	485,523	121,968	
49	1400,32	95,35	0,08	1408,04	1398,39	43,891	0,564	
50	1417,68	93,52	1,52	1425,40	1408,04	97,657	12,642	
51	1465,90	83,92	12,89	1504,48	1425,40	584,391	327,552	
52	1743,65	57,54	41,59	1826,59	1666,50	1330,378	1192,413	
53	2852,72	67,90	24,25	2879,72	2769,78	926,970	329,880	
54	2922,16	57,35	29,72	2951,09	2879,72	1727,330	836,072	
55	2953,02	85,19	0,61	2991,59	2951,09	313,098	-35,789	
56	3007,02	96,50	1,62	3049,46	2991,59	100,637	20,018	

	Score	Library	Name	Comment
1	955	46 - ATR-Organic2	D_olive oil	olive oil DuraSamplIR
2	946	49 - ATR-Organic2	D_butter	butter DuraSamplIR
3	941	47 - ATR-Organic2	D_sesame oil	sesame oil DuraSamplIR
4	915	43 - T-Organic2	T_butter	butter Transmission(Microscope)
5	910	44 - T-Organic2	T_margarine	margarine Transmission(Microscope)
6	908	40 - T-Organic2	T_olive oil	olive oil Transmission(Microscope)
7	906	41 - T-Organic2	T_sesame oil	sesame oil Transmission(Microscope)
8	899	1793 - Shimadzu Standard Library Vol. 2shim2404-1	GLYCEROL TRIOLEATE, TRIOLEYL GLYCERIDE; RILANIT GTO (TRIOLEIN SKO)	GLYCEROL TRIOLEATE, TRIOLEYL GLYCERIDE; RILANIT GTO (TRIOLEIN SKO) KBr MW: 885.5 © 2009 STJapan Inc S00655/ HS0655
9	898	80 - IRs Reagent2	SESAMI	SESAMI OIL ORIGIN Date: 92/03/27 File: SESAMI1.DX INFRARED SPECTROPHOTOMETER FTIR-8000 SERIES
10	887	48 - ATR-Organic2	D_cooking oil-Diacylglycerol	cooking oil(Diacylglycerol) DuraSamplIR
11	887	1780 - Shimadzu Standard Library Vol. 2shim2404-1	SORBITANTRIOLEATE; ARLACEL 85	SORBITANTRIOLEATE; ARLACEL 85 KBr MW: 957.5 © 2009 STJapan Inc S00642/ HS0642
12	885	42 - T-Organic2	T_cooking oil-Diacylglycerol	cooking oil(Diacylglycerol) Transmission(Microscope)
13	882	1409 - Shimadzu Standard Library Vol. 2shim2404-1	MIXTURE OF HIGH MOLECULAR WEIGHT FATTY ALCOHOLS, WAX ESTERS AND MINERAL	MIXTURE OF HIGH MOLECULAR WEIGHT FATTY ALCOHOLS, WAX ESTERS AND MINERAL KBr © 2009 STJapan Inc S00271/ HS0271

14	881	1444 - Shimadzu Standard Library Vol. 1SHIM1404-1	METHYL HEXADECANOATE	METHYL HEXADECANOATE C17H34O2 112-39-0 KBr MW: 270.46, MP: 32-34 C, BP: 163-164 C/4 mm Hg © 2011 A.I.S.T.; © 2011 STJapan Inc J07831/ K13488
15	880	1778 - Shimadzu Standard Library Vol. 2shim2404-1	PENTAERYTHRITOLTRIOLEATE; EMULGATOR 2 G	PENTAERYTHRITOLTRIOLEATE; EMULGATOR 2 G KBr MW: 929.5 © 2009 STJapan Inc S00640/ HS0640
16	880	698 - Shimadzu Standard Library Vol. 2shim2404-1	poly(octadecylacrylate)	poly(octadecylacrylate) C21H40O2MONOMER KBr white material © 2009 STJapan Inc D01597/ HM8356
17	878	486 - Shimadzu Standard Library Vol. 1SHIM1404-1	TRICAPRIN	TRICAPRIN C33H62O6 621-71-6 KBr MW: 554.85 © 2011 A.I.S.T.; © 2011 STJapan Inc J02172/ K03584
18	877	1791 - Shimadzu Standard Library Vol. 1SHIM1404-1	ETHYL STEARATE	ETHYL STEARATE C20H40O2 111-61-5 KBr MW: 312.54, MP: 33-35 C, BP: 213-215 C/15 mm Hg © 2011 A.I.S.T.; © 2011 STJapan Inc J02510/ K18239
19	876	74 - IRs Reagent2	OLIVE	Olive Oil ORIGIN Date: 92/02/21 File: OLIVE.DX INFRARED SPECTROPHOTOMETER FTIR-8000 SERIES

20	873	1820 - Shimadzu Standard Library Vol. 2shim2404-1	ETHYLENE GLYCOL STEARATE, STEARIC ACID ESTER OF ETHYLENE GLYCOL; GLYCOL	ETHYLENE GLYCOL STEARATE, STEARIC ACID ESTER OF ETHYLENE GLYCOL; GLYCOL KBr MW: 328.5 © 2009 STJapan Inc S00682/ HS0682
21	872	1251 - Shimadzu Standard Library Vol. 2shim2404-1	I-BUTYLSTEARATE; STEARIC ACID I-BUTYLESTER; EDENOL IBS	I-BUTYLSTEARATE; STEARIC ACID I-BUTYLESTER; EDENOL IBS KBr MW: 340.6 © 2009 STJapan Inc S00113/ HS0113
22	871	1252 - Shimadzu Standard Library Vol. 2shim2404-1	BUTYLSTEARATE, STEARIC ACID BUTYLESTER; EDENOL BS	BUTYLSTEARATE, STEARIC ACID BUTYLESTER; EDENOL BS KBr MW: 340.6 © 2009 STJapan Inc S00114/ HS0114
23	870	1738 - Shimadzu Standard Library Vol. 1SHIM1404-1	METHYL HEPTADECANOATE	METHYL HEPTADECANOATE C ₁₈ H ₃₆ O ₂ 1731-92-6 KBr MW: 284.48, MP: 31-32 C, BP: 152-153 C/0.05 mm Hg © 2011 A.I.S.T.; © 2011 STJapan Inc J00119/ K17624
24	870	1784 - Shimadzu Standard Library Vol. 2shim2404-1	ACETYLATED MONO-GLYCERIDE OF HARDENED PORK LARD; HARDENED PORK LARD,	ACETYLATED MONO-GLYCERIDE OF HARDENED PORK LARD; HARDENED PORK LARD, KBr © 2009 STJapan Inc S00646/ HS0646
25	868	1785 - Shimadzu Standard Library Vol. 2shim2404-1	ACETYLATED MONO-GLYCERIDE OF HARDENED TALLOW; HARDENED TALLOW,	ACETYLATED MONO-GLYCERIDE OF HARDENED TALLOW; HARDENED TALLOW, KBr © 2009 STJapan Inc S00647/ HS0647

2. Perlakuan 2



	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	Comment
1	310.54	87.37	10.38	314.40	304.75	27,254	93,527	
2	325.97	85.47	15.12	329.83	314.40	85,466	123,835	
3	333.69	88.83	13.48	343.33	329.83	29,009	96,873	
4	349.12	89.22	16.38	356.83	347.19	-23,849	130,436	
5	381.91	84.95	14.01	383.83	376.12	10,343	32,907	
6	385.78	84.49	10.03	389.82	383.83	67,020	33,940	
7	393.48	85.32	13.80	397.34	389.82	55,708	48,930	
8	408.98	92.08	8.11	414.70	397.34	53,167	64,303	
9	418.55	82.79	13.31	422.41	414.70	80,862	50,782	
10	424.34	94.11	2.02	426.27	422.41	18,829	3,893	
11	432.05	92.18	4.18	443.63	426.27	100,835	35,069	
12	447.49	93.57	2.74	453.27	443.63	43,817	9,546	
13	459.06	94.68	1.13	460.99	453.27	32,062	3,192	
14	466.77	94.42	1.05	474.49	460.99	68,901	7,938	
15	476.42	94.93	0.91	484.13	474.49	39,654	3,227	
16	491.85	95.25	1.91	495.71	484.13	45,111	11,312	
17	501.49	95.91	1.34	505.35	495.71	31,398	4,998	
18	511.14	96.61	0.74	516.92	505.35	36,302	5,649	
19	522.71	96.84	0.62	526.57	516.92	28,689	2,836	
20	532.35	96.51	0.51	538.14	526.57	37,862	3,411	
21	540.07	96.87	0.05	542.00	538.14	11,977	0,100	
22	545.85	96.54	0.58	553.57	542.00	35,224	2,635	
23	557.43	97.00	0.39	561.29	553.57	21,556	1,395	
24	580.57	95.82	0.38	584.43	581.29	86,976	9,106	
25	588.29	95.73	0.09	590.22	584.43	24,367	0,364	
26	594.08	95.52	0.38	609.51	590.22	79,353	3,814	
27	611.43	96.35	0.09	617.22	609.51	27,632	0,346	
28	621.08	96.35	0.26	623.01	617.22	20,676	0,603	
29	628.79	96.55	0.15	632.65	623.01	32,619	0,734	
30	636.51	96.43	0.11	638.44	632.65	20,111	0,357	
31	648.08	96.18	0.10	650.01	638.44	43,032	0,549	
32	669.30	94.16	0.88	673.16	660.01	104,061	0,235	
33	721.38	84.56	10.57	761.88	673.16	749,846	314,708	
34	763.81	95.36	0.15	773.46	761.88	49,972	1,060	
35	796.60	97.06	0.08	798.53	792.74	16,775	0,254	
36	802.39	97.06	0.04	804.32	798.53	16,839	0,103	
37	827.46	96.41	0.13	829.39	804.32	80,903	0,361	
38	854.47	95.55	0.08	860.25	860.61	42,591	0,425	
39	871.82	95.32	0.16	877.61	860.25	79,230	1,474	
40	881.47	95.36	0.05	885.33	877.61	35,588	0,172	
41	889.18	95.35	0.08	893.04	885.33	35,582	0,351	
42	894.97	95.44	0.05	900.76	893.04	34,731	0,185	
43	904.61	95.52	0.03	908.54	900.76	25,808	0,124	
44	964.41	93.57	0.62	977.91	925.83	294,178	15,196	
45	1033.85	91.04	1.17	1045.42	991.41	417,652	23,416	
46	1097.50	82.25	2.30	1107.14	1045.42	769,849	-0,084	
47	1116.78	81.06	3.00	1128.38	1107.14	369,851	33,598	
48	1161.15	89.12	16.35	1217.08	1128.38	1658,849	682,066	
49	1236.37	84.79	2.51	1309.67	1217.08	1090,956	67,740	
50	1313.52	91.76	0.05	1315.45	1309.67	47,568	0,135	
51	1317.38	91.79	0.15	1332.81	1315.45	132,353	0,493	
52	1340.53	91.81	0.54	1344.38	1332.81	89,179	2,489	
53	1355.98	91.41	0.10	1357.89	1344.38	113,191	1,436	
54	1383.67	90.85	0.32	1365.60	1357.89	68,816	1,334	
55	1377.17	89.56	2.96	1392.61	1365.60	228,339	32,926	
56	1396.46	94.24	0.30	1402.25	1392.61	54,373	1,891	
57	1404.18	94.62	0.16	1408.04	1402.25	30,391	0,499	
58	1417.68	92.40	1.87	1425.40	1408.04	112,339	14,051	
59	1458.18	83.12	1.70	1462.04	1425.40	406,289	-6,846	
60	1465.90	83.18	2.90	1485.19	1462.04	204,591	-11,794	
61	1489.05	96.94	0.72	1494.83	1485.19	25,327	3,102	
62	1496.78	97.59	0.33	1502.55	1494.83	17,194	1,514	
63	1508.33	98.44	1.55	1514.12	1502.55	30,283	6,931	
64	1517.98	97.56	0.19	1519.91	1514.12	13,666	0,843	
65	1521.84	97.30	0.46	1531.48	1519.91	26,035	1,977	
66	1533.41	97.79	0.40	1537.27	1531.48	11,469	1,057	
67	1541.12	97.04	1.18	1548.91	1537.27	23,391	6,203	
68	1558.48	97.30	1.06	1566.20	1552.70	26,869	4,956	
69	1635.64	97.81	0.60	1641.42	1631.78	18,174	2,568	
70	1647.21	97.15	0.82	1651.07	1641.42	21,656	2,523	
71	1653.00	98.99	0.84	1660.71	1651.07	23,952	3,683	
72	1662.64	97.85	0.20	1666.50	1660.71	11,655	0,524	
73	1670.35	97.53	0.45	1674.21	1666.50	17,236	1,624	
74	1676.14	97.69	0.10	1678.07	1674.21	8,715	0,200	
75	1683.88	96.79	0.66	1687.71	1678.07	26,773	2,729	
76	1689.64	97.16	0.10	1691.57	1687.71	10,781	0,189	
77	1701.22	95.60	0.41	1703.14	1691.57	42,227	1,946	
78	1743.65	56.64	40.20	1788.01	1703.14	1277,100	1013,022	
79	1791.87	97.63	0.43	1797.66	1788.01	20,455	1,876	
80	2380.87	97.66	1.15	2397.52	2349.30	63,582	26,050	
81	2852.72	67.95	24.31	2879.72	2760.14	899,524	290,572	
82	2922.16	57.25	30.07	2951.09	2879.72	1719,113	845,782	
83	2953.02	85.42	0.62	2991.59	2951.09	299,137	-36,520	
84	3007.02	96.79	1.73	3059.10	2991.59	71,382	14,308	

	Score	Library	Name	Comment
1	945	46 - ATR-Organic2	D olive oil	olive oil DuraSamplIR
2	935	49 - ATR-Organic2	D_butter	butter DuraSamplIR
3	932	47 - ATR-Organic2	D sesame oil	sesame oil DuraSamplIR
4	908	43 - T-Organic2	T_butter	butter Transmission(Microscope)
5	904	44 - T-Organic2	T_margarine	margarine Transmission(Microscope)
6	901	40 - T-Organic2	T_olive oil	olive oil Transmission(Microscope)
7	898	41 - T-Organic2	T_sesame oil	sesame oil Transmission(Microscope)
8	898	1793 - Shimadzu Standard Library Vol. 2shim2404-1	GLYCEROL TRIOLEATE, TRIOLEYL GLYCERIDE; RILANIT GTO (TRIOLEIN SKO)	GLYCEROL TRIOLEATE, TRIOLEYL GLYCERIDE; RILANIT GTO (TRIOLEIN SKO) KBr MW: 885.5 © 2009 STJapan Inc S00655/ HS0655
9	888	80 - IRs Reagent2	SESAMI	SESAMI OIL ORIGIN Date: 92/03/27 File: SESAMI1.DX INFRARED SPECTROPHOTOMETER FTIR-8000 SERIES
10	884	1780 - Shimadzu Standard Library Vol. 2shim2404-1	SORBITANTRIOLEATE; ARLACEL 85	SORBITANTRIOLEATE; ARLACEL 85 KBr MW: 957.5 © 2009 STJapan Inc S00642/ HS0642
11	880	48 - ATR-Organic2	D_cooking oil-Diacylglycerol	cooking oil(Diacylglycerol) DuraSamplIR
12	880	42 - T-Organic2	T_cooking oil-Diacylglycerol	cooking oil(Diacylglycerol) Transmission(Microscope)
13	878	1409 - Shimadzu Standard Library Vol. 2shim2404-1	MIXTURE OF HIGH MOLECULAR WEIGHT FATTY ALCOHOLS, WAX ESTERS AND MINERAL	MIXTURE OF HIGH MOLECULAR WEIGHT FATTY ALCOHOLS, WAX ESTERS AND MINERAL KBr © 2009 STJapan Inc S00271/ HS0271

14	878	1444 - Shimadzu Standard Library Vol. 1SHIM1404-1	METHYL HEXADECANOATE	METHYL HEXADECANOATE C17H34O2 112-39-0 KBr MW: 270.46, MP: 32-34 C, BP: 163-164 C/4 mm Hg © 2011 A.I.S.T.; © 2011 STJapan Inc J07831/ K13488
15	876	698 - Shimadzu Standard Library Vol. 2shim2404-1	poly(octadecylacrylate)	poly(octadecylacrylate) C21H40O2MONOMER KBr white material © 2009 STJapan Inc D01597/ HM8356
16	875	1778 - Shimadzu Standard Library Vol. 2shim2404-1	PENTAERYTHRITOLTRIOLEATE; EMULGATOR 2 G	PENTAERYTHRITOLTRIOLEATE; EMULGATOR 2 G KBr MW: 929.5 © 2009 STJapan Inc S00640/ HS0640
17	874	486 - Shimadzu Standard Library Vol. 1SHIM1404-1	TRICAPRIN	TRICAPRIN C33H62O6 621-71-6 KBr MW: 554.85 © 2011 A.I.S.T.; © 2011 STJapan Inc J02172/ K03584
18	871	1791 - Shimadzu Standard Library Vol. 1SHIM1404-1	ETHYL STEARATE	ETHYL STEARATE C20H40O2 111-61-5 KBr MW: 312.54, MP: 33-35 C, BP: 213-215 C/15 mm Hg © 2011 A.I.S.T.; © 2011 STJapan Inc J02510/ K18239

19	869	1820 - Shimadzu Standard Library Vol. 2shim2404-1	ETHYLENE GLYCOL STEARATE, STEARIC ACID ESTER OF ETHYLENE GLYCOL; GLYCOL	ETHYLENE GLYCOL STEARATE, STEARIC ACID ESTER OF ETHYLENE GLYCOL; GLYCOL KBr MW: 328.5 © 2009 STJapan Inc S00682/ HS0682
20	868	74 - IRs Reagent2	OLIVE	Olive Oil ORIGIN Date: 92/02/21 File: OLIVE.DX INFRARED SPECTROPHOTOMETER FTIR-8000 SERIES
21	867	1252 - Shimadzu Standard Library Vol. 2shim2404-1	BUTYLSTEARATE, STEARIC ACID BUTYLESTER; EDENOL BS	BUTYLSTEARATE, STEARIC ACID BUTYLESTER; EDENOL BS KBr MW: 340.6 © 2009 STJapan Inc S00114/ HS0114
22	866	1738 - Shimadzu Standard Library Vol. 1SHIM1404-1	METHYL HEPTADECANOATE	METHYL HEPTADECANOATE C ₁₈ H ₃₆ O ₂ 1731-92-6 KBr MW: 284.48, MP: 31-32 C, BP: 152-153 C/0.05 mm Hg © 2011 A.I.S.T.; © 2011 STJapan Inc J00119/ K17624
23	866	1251 - Shimadzu Standard Library Vol. 2shim2404-1	I-BUTYLSTEARATE; STEARIC ACID I-BUTYLESTER; EDENOL IBS	I-BUTYLSTEARATE; STEARIC ACID I-BUTYLESTER; EDENOL IBS KBr MW: 340.6 © 2009 STJapan Inc S00113/ HS0113
24	866	1404 - Shimadzu Standard Library Vol. 2shim2404-1	MIXTURE OF PENTAERYTHRITOL-FATTY ACID ESTER AND CITRIC ACID FATTY	MIXTURE OF PENTAERYTHRITOL-FATTY ACID ESTER AND CITRIC ACID FATTY KBr © 2009 STJapan Inc S00266/ HS0266
25	866	1784 - Shimadzu Standard Library Vol. 2shim2404-1	ACETYLATED MONO-GLYCERIDE OF HARDENED PORK LARD; HARDENED PORK LARD,	ACETYLATED MONO-GLYCERIDE OF HARDENED PORK LARD; HARDENED PORK LARD, KBr © 2009 STJapan Inc 57 S00646/ HS0646

LAMPIRAN III Data Karakteristik GC-MS

Perlakuan pertama

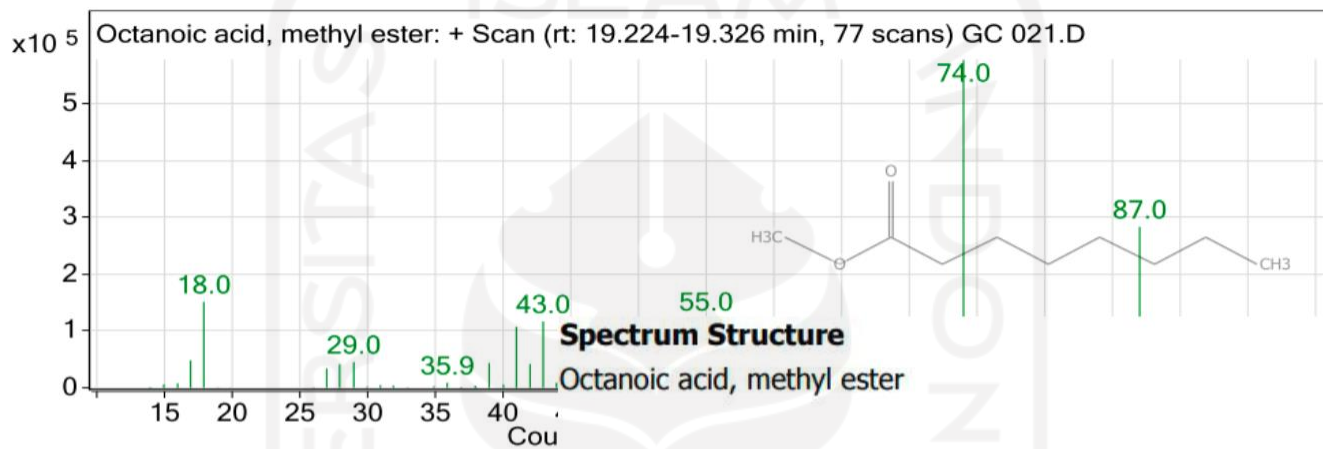
Integration Peak List

Peak	Start	RT	End	Height	Area	Area %
1	1.47	1.52	1.71	3585419.52	14423310.61	12.45
2	1.894	1.961	2.255	9624435.71	57266252.01	49.42
3	3.913	3.914	3.934	13148602.15	2936979.78	2.53
4	3.938	3.994	3.995	2753198.68	6669200.3	5.76
5	4.068	4.105	4.124	1718069	3392837.32	2.93
6	4.135	4.151	4.18	2712319.66	4713569.03	4.07
7	17.64	17.758	18.009	6480794.25	40173493.76	34.67
8	19.199	19.271	19.359	3168737.43	11589914.33	10
9	23.816	23.886	23.942	2584961.1	9568256.67	8.26
10	23.951	24.013	24.096	1982906.03	8217272.37	7.09
11	24.803	24.882	24.992	5837590.2	23579229.1	20.35
12	25.043	25.131	25.284	4255434.86	18225444.93	15.73
13	25.752	25.83	25.962	3883093.58	21223137.04	18.32
14	25.972	26.055	26.128	1538222.58	6483036.88	5.59
15	26.869	26.969	27.037	2411700.52	11484377.87	9.91
16	30.192	30.332	30.465	15702097.37	115538009.3	99.71
17	30.999	31.108	31.247	4845814.94	24214568.49	20.9
18	31.32	31.406	31.501	1472855.11	6716794.11	5.8
19	33.674	33.75	33.816	2346384.76	9968361.07	8.6
20	33.825	33.906	34.006	3856725.04	18110557.6	15.63
21	34.891	35.04	35.126	15142867.46	115878062.7	100
22	35.856	35.951	36.069	3664619.08	18020401.74	15.55
23	37.078	37.16	37.167	3427495.17	8486539.37	7.32
24	37.167	37.172	37.303	3426521.97	9951504.97	8.59
25	37.973	38.072	38.207	2739776.69	18346866.3	15.83
26	38.866	38.945	38.954	2446599.16	8120855.92	7.01
27	38.954	38.966	39.013	2106659.7	4397434.65	3.79
28	39.186	39.256	39.289	3317845.5	15842920.95	13.67
29	39.952	40.023	40.045	2339304.42	7749124.48	6.69
30	40.045	40.111	40.201	5447262.06	24751449.73	21.36
31	40.488	40.567	40.665	2051985.17	10470726.33	9.04
32	40.803	40.897	40.955	7746537.24	37362981.46	32.24
33	40.955	41.035	41.04	7307210.5	24601953.36	21.23
34	41.04	41.045	41.136	7439350.42	24222658.27	20.9
35	41.136	41.211	41.334	4286671.47	25440459.88	21.95
36	41.874	41.925	42	2112640.5	9091691.84	7.85
37	42.739	42.785	42.791	2004592	4207971.98	3.63
38	43.372	43.388	43.395	3677560.81	3355348.15	2.9
39	43.395	43.404	43.406	3691775.56	2333874.87	2.01
40	43.406	43.412	43.48	3605557.92	10342958.68	8.93
41	43.507	43.528	43.536	2836675.62	2465959.2	2.13
42	43.982	44.085	44.181	6021132.82	30894870.08	26.66
43	44.181	44.243	44.332	2595045.22	11484773.13	9.91
44	44.665	44.842	44.981	11526364.29	94032105.93	81.15
45	45.052	45.124	45.24	1221897.85	6104111.45	5.27
46	46.427	46.565	46.569	3944654.77	14546250.1	12.55
47	46.569	46.572	46.657	3946068.37	10441944.56	9.01
48	47.686	47.843	47.977	5786903.8	43508902.17	37.55
49	48.339	48.458	48.576	7136545.63	53873326.21	46.49
50	49.603	49.742	49.866	3035535.15	24726696.38	21.34

Spectrum Source
Peak (13) in "+ TIC Scan"

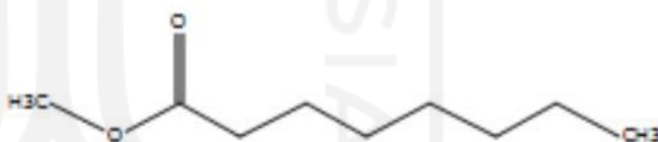
Collision Energy
0

Ionization Mode
Unspecified



Peak List

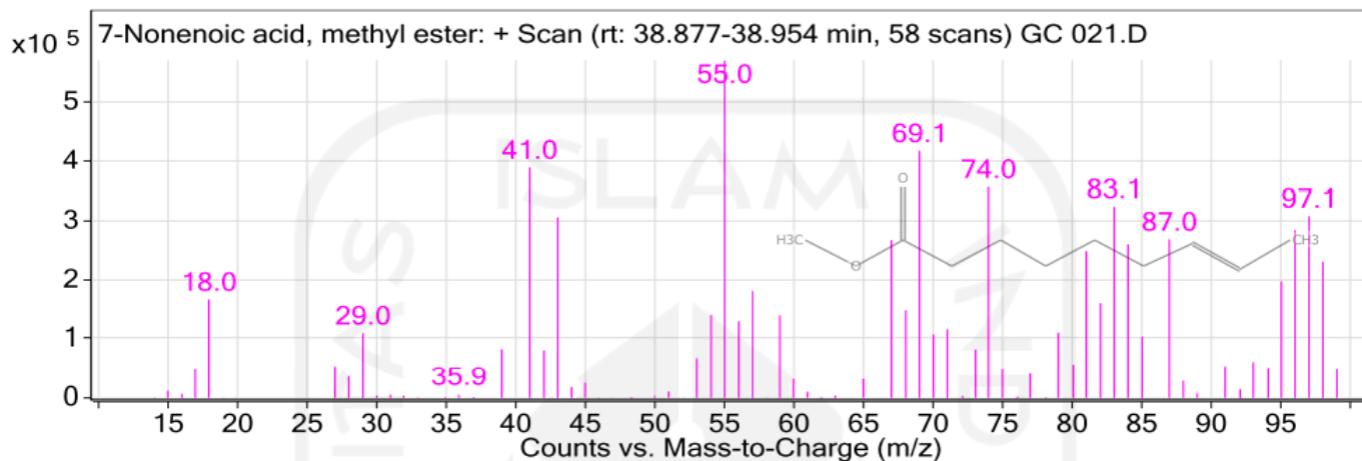
<i>m/z</i>	Abund
17	48248.6
18	151322.19
41	107326.36
43	116770.79
55	121230.69
57	87329.25
59	84782.7
69	46182.97
74	577706.19
87	283383.53



Spectrum Source
Peak (50) in "+ TIC Scan"

Collision Energy
0

Ionization Mode
Unspecified



Peak List

<i>m/z</i>	Abund
41	388768.63
43	305920.97
55	570121.56
67	267127.88
69.1	416822.34
74	356171.25
83.1	323625.19
87	268712.03
96.1	284315.91
97.1	307613.94

Spectrum Structure

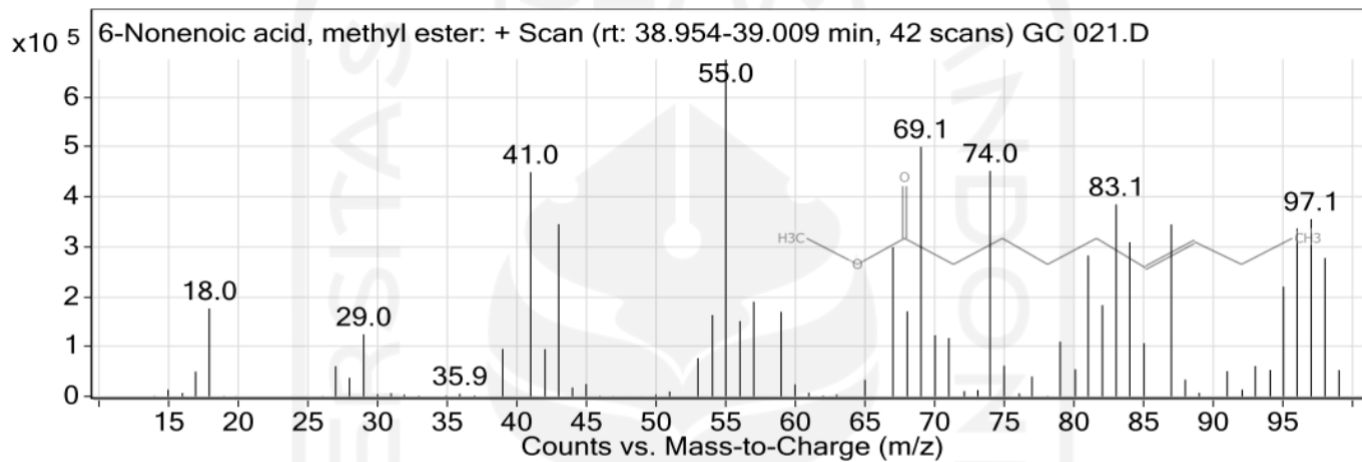
7-Nonenoic acid, methyl ester



Spectrum Source
Peak (51) in "+ TIC Scan"

Collision Energy
0

Ionization Mode
Unspecified

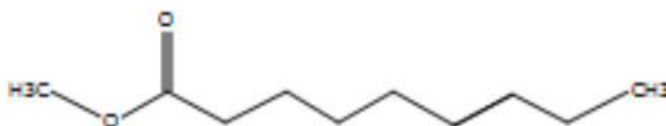


Peak List

<i>m/z</i>	Abund
41	448956.09
43	344885.22
55	674971
69.1	500008.44
74	451690.44
83.1	384503.38
84	308701.25
87	344254.81
96.1	336128.38
97.1	354924.63

Spectrum Structure

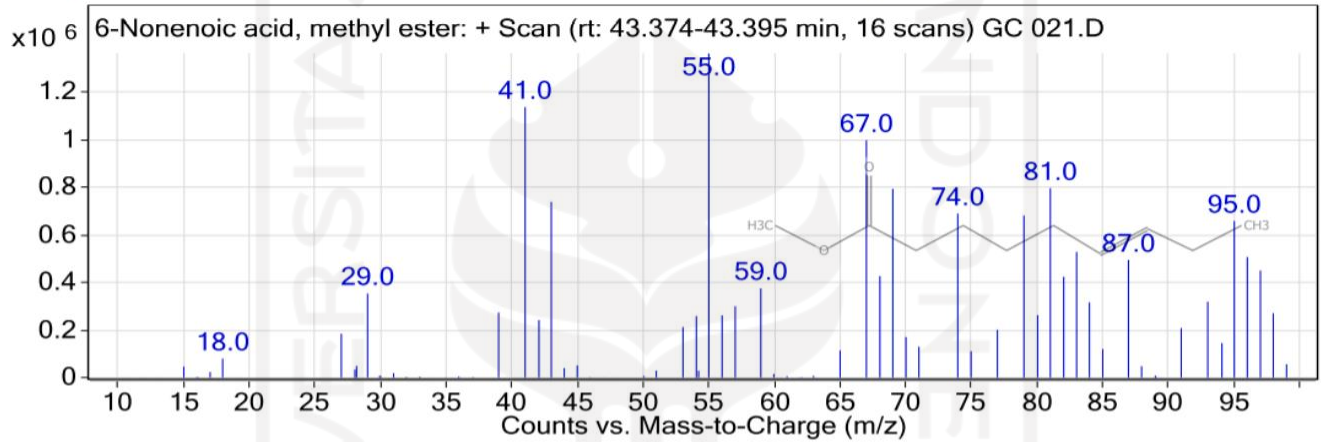
6-Nonenoic acid, methyl ester



Spectrum Source
Peak (64) in "+ TIC Scan"

Collision Energy
0

Ionization Mode
Unspecified

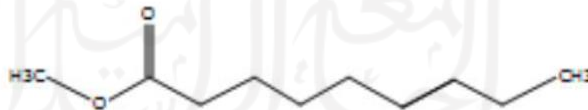


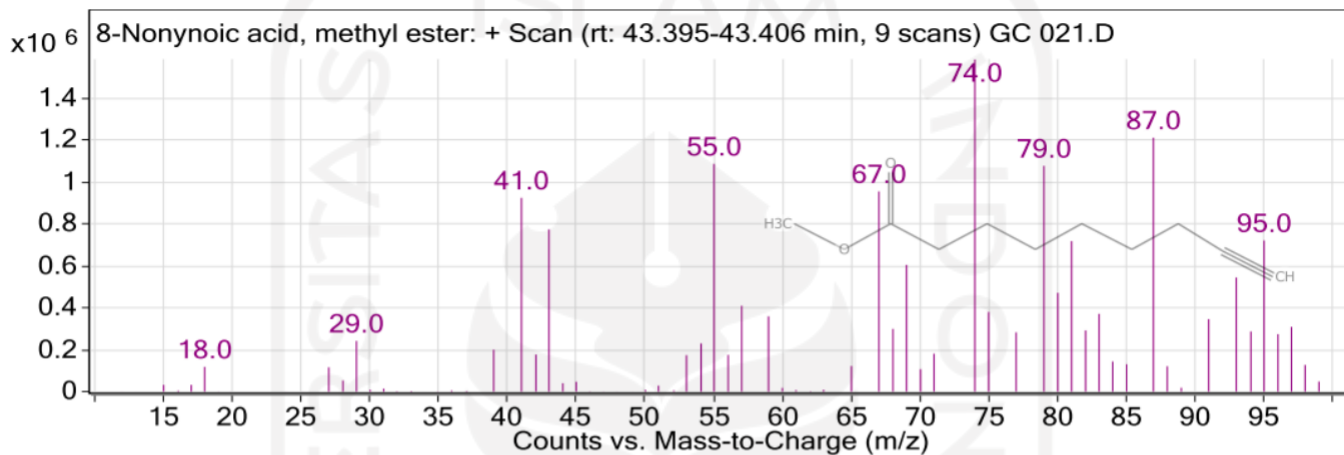
Peak List

<i>m/z</i>	Abund
41	1138978.38
43	739834.63
55	1365036.13
67	999412.5
69	794513.56
74	690745.63
79	682466.38
81	797285.25
83	528897
95	659287.44

Spectrum Structure

6-Nonenoic acid, methyl ester





Peak List

<i>m/z</i>	Abund
41	925873.69
43	775154.19
55	1088470.5
67	956522.13
69	605529.81
74	1588426.88
79	1078833.38
81	718912.56
87	1213409.38
95	722187.69

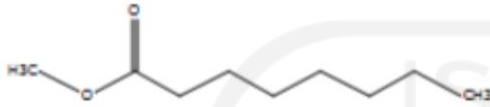
Spectrum Structure

8-Nonynoic acid, methyl ester



Perlakuan Kedua

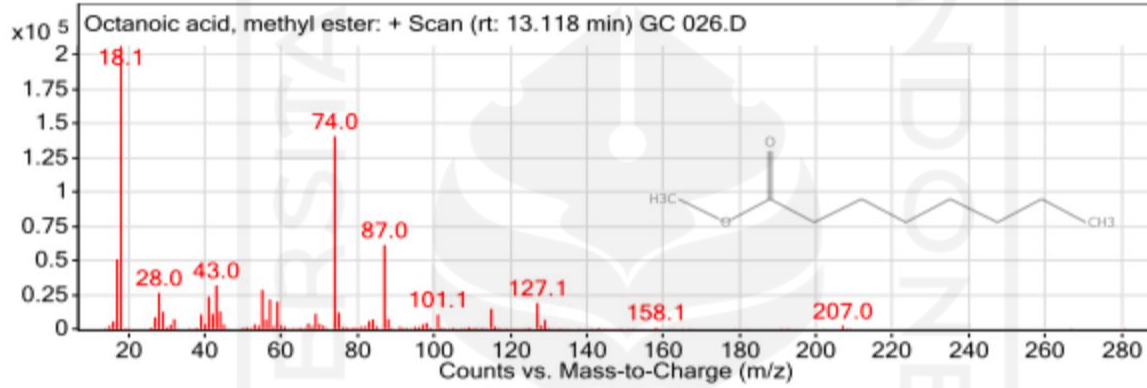
Octanoic acid, methyl ester



Collision Energy 0
Ionization Mode Unspecified

Peak List

m/z	Abund
17.1	50671.42
18.1	206768.11
28	26264.47
41	23594.25
43	31792.19
55.1	28484.29
57.1	21460.12
59	19880.96
74	140703.67
87	61185.44

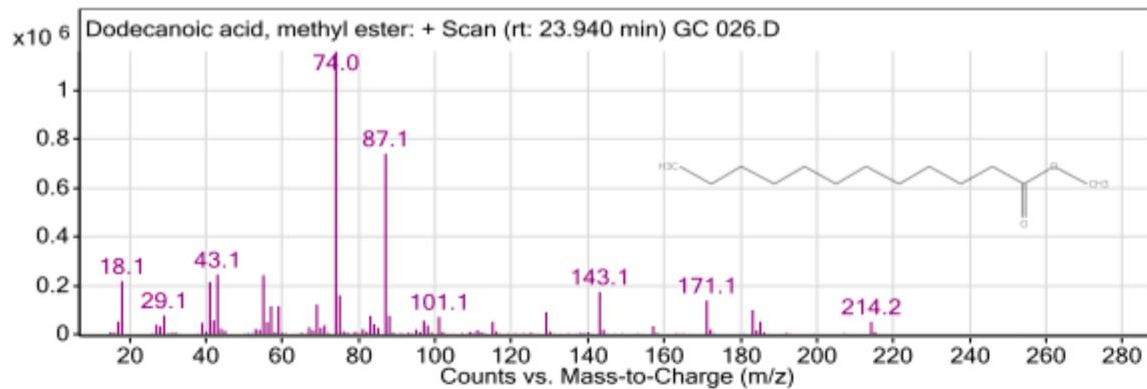


Dodecanoic acid, methyl ester



Peak List

m/z	Abund
18.1	218060.2
41.1	214836.05
43.1	244680.52
55.1	242360.53
69.1	122168.45
74	1161122.5
75.1	159720.72
87.1	740985.88
143.1	173762.22
171.1	138526.19

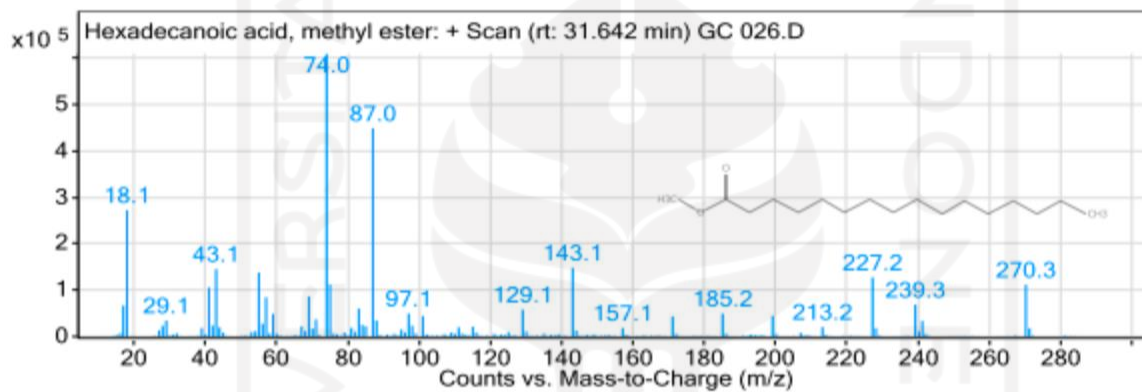


Tridecanoic acid, 12-methyl-, methyl ester



Peak List

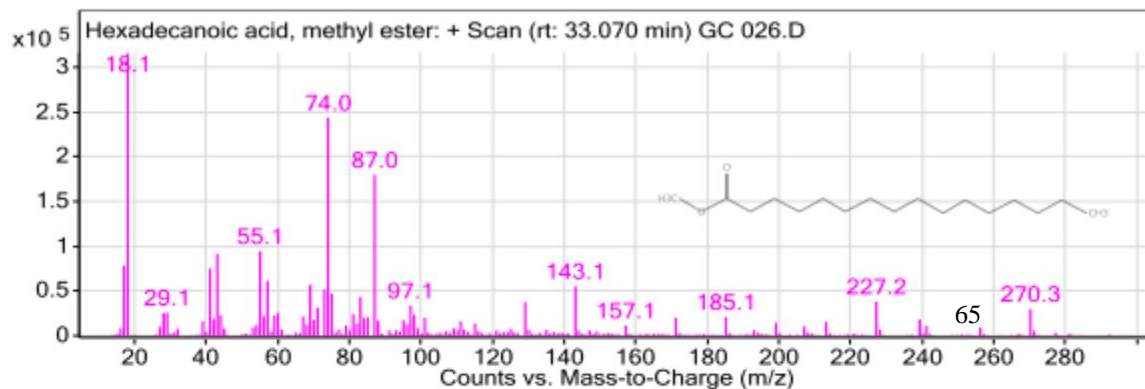
m/z	Abund
18.1	272716.25
41.1	105734.98
43.1	145682.89
55.1	137725.14
74	610601.88
75	112593.61
87	449099.72
143.1	148411.63
227.2	127426.59
270.3	111700.2

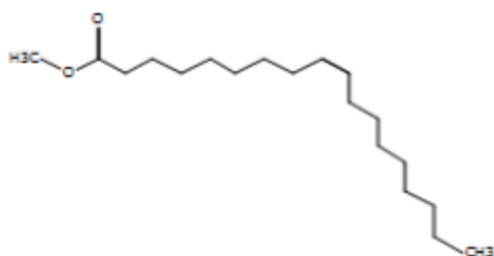


Peak List

m/z	Abund
17.1	78392
18.1	316331.84
41.1	75163.02
43.1	91492.96
55.1	94509.71
57.1	61539.14
69.1	57290.64
74	243539.08
87	179769.67
143.1	55296.73

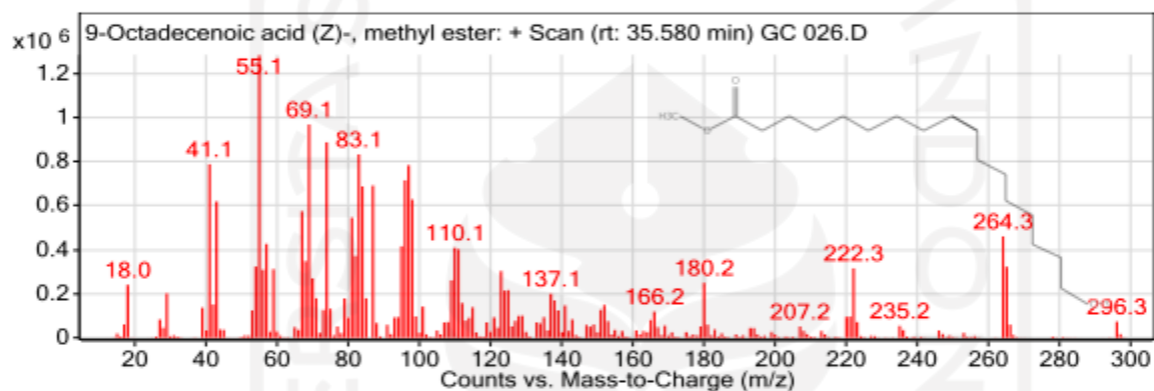
Hexadecanoic acid, methyl ester





Peak List

m/z	Abund
41.1	787504.63
55.1	1283292.63
69.1	967231.88
74.1	886822.63
83.1	831912.88
84.1	686012.63
87	690890.38
96.1	714345.13
97.1	783159.19
98.1	627365.75

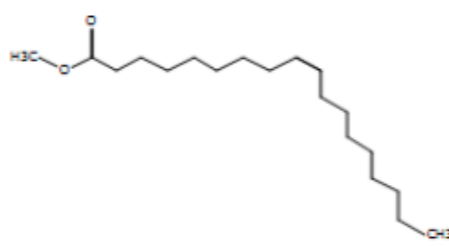


Peak List

m/z	Abund
17.1	84573.63
18.1	346957.59
41.1	54233.96
43.1	48651.95
55.1	72693.21
67.1	47932.84
69.1	46538.46
73	46322.52
81.1	41932.21
83.1	36198.54



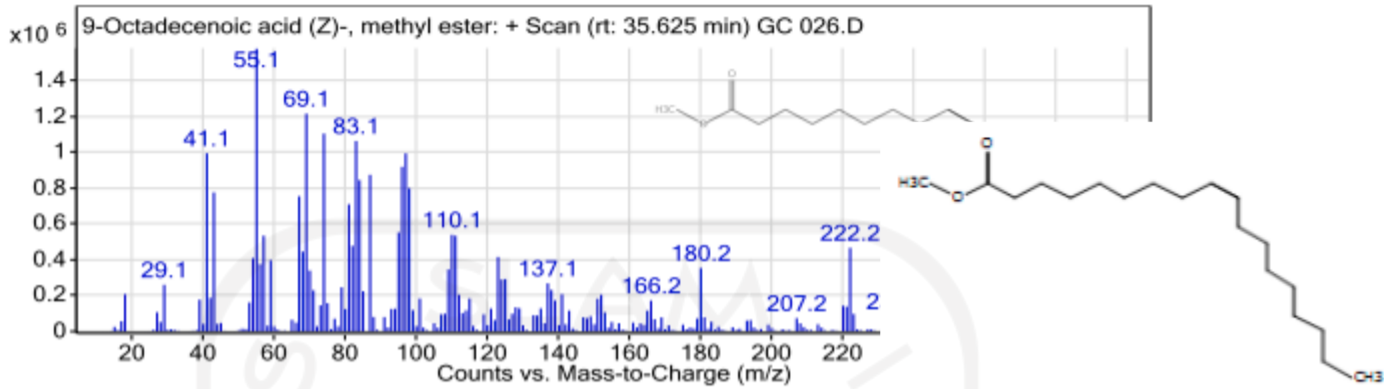
x10⁵ 6-Octadecenoic acid, methyl ester, (Z)-: + Scan (rt: 35.712 min) GC 026.D



Peak List

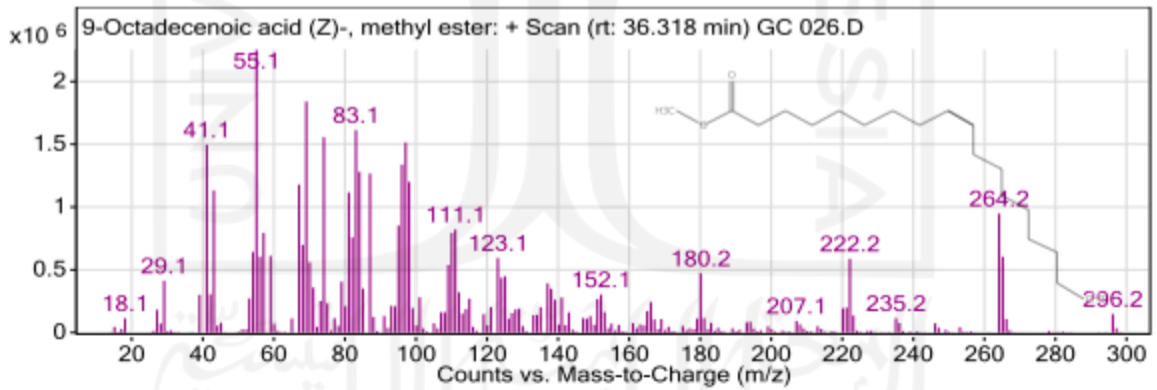
m/z	Abund
41.1	995884.31
55.1	1583541.5
69.1	1217376.63
74.1	1106050.25
83.1	1064769.25
84.1	846173.44
87.1	875519.94
96.1	920316.69
97.1	995424.94
98.1	801025.56

Counts vs. Mass-to-Charge



Peak List

<i>m/z</i>	Abund
41.1	1496507.25
55.1	2255656.5
69.1	1840884
74.1	1556622.13
83.1	1612796.5
84.1	1280228.25
87.1	1266241.75
96.1	1337499.88
97.1	1514861.75
1115.63	



LAMPIRAN IV Dokumentasi

1. Pembuatan Batch Reaktor Biodiesel



Pembuatan destilator dan kondensor



Pembuatan destilator dan kondensor



Pembuatan wadah separator reaktor



Perakitan destilator



Perakitan dudukan dengan reaktor



Perakitan keseluruhan instrumen alat

2. Running Batch Reaktor



Pemanasan Minyak bekas



Pemisahan Gliserol



Kran keluaran cairan

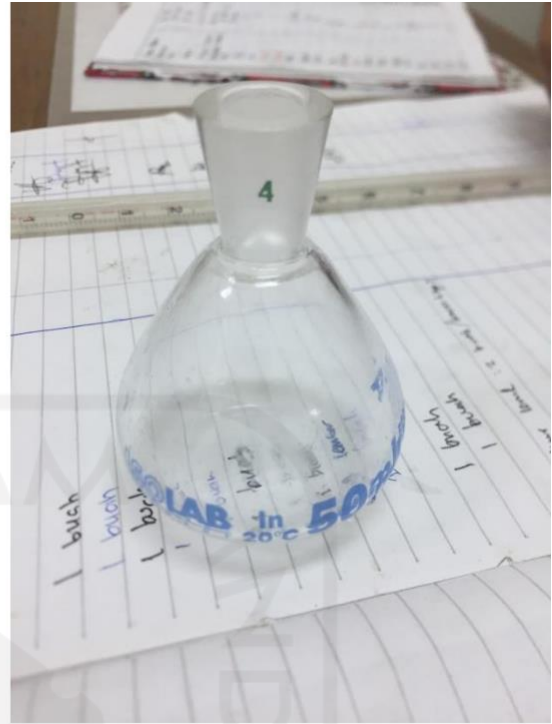
Uji massa jenis pada suhu 40°C dengan piknometer

3. Uji Analisis Kimia Fisika Biodiesel

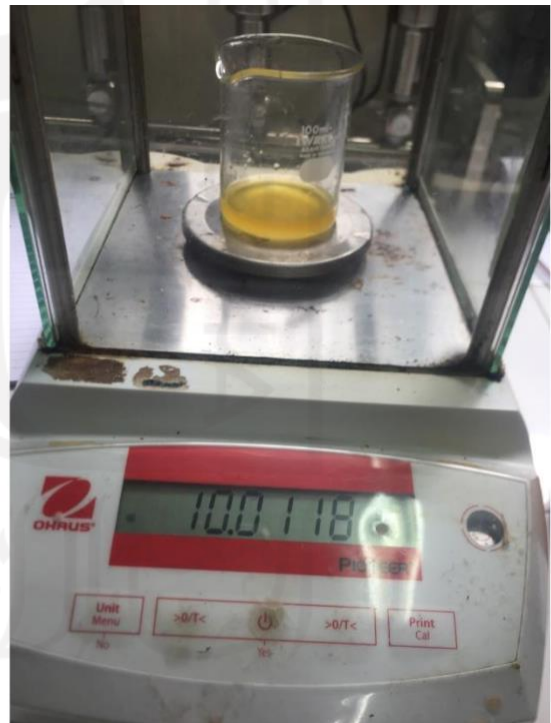




Penimbangan cawan porselen untuk uji Kadar Air



Penimbangan sampel pada uji FFA



Titrasi dengan larutan KOH pada uji FFA