



**SINTESIS BIODIESEL DARI MINYAK JELANTAH
DENGAN GELOMBANG MIKRO**

TUGAS AKHIR
disajikan sebagai salah satu syarat untuk
memperoleh gelar Ahli Madya Program Studi Teknik Kimia

oleh
Vicky Aulia Umami
5511312013

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2015

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama Mahasiswa : Vicky Aulia Umami

NIM : 5511312013

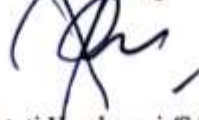
Tugas Akhir

Judul : Sintesis Biodiesel Dari Minyak Jelantah Dengan Gelombang Mikro

telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian Tugas

Akhir

Pembimbing



Prima Astuti Handayani / S.T., M.T.
NIP : 197203252000032001

PENGESAHAN KELULUSAN

Tugas Akhir

Judul : Sintesis Biodiesel Dari Minyak Jelantah Dengan Gelombang Mikro

Oleh : Vicky Aulia Umami

NIM 5511312013


telah dipertahankan dalam sidang Tugas Akhir Program Studi Teknik Kimia

Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang, dan disahkan pada :

Hari : Kamis

Tanggal : 27 Agustus 2016

Dekan Fakultas Teknik



Drs. Muhammad Harlanu, M.Pd

NIP : 196602151991021001

Ketua Prodi Teknik Kimia



Dr. Ratna Dewi K., S.T., M.T.

NIP : 197603112000122001

Penguji



Catur Rini Widyastuti, S.T., M.Sc.

NIP : 198601172012122003

Pembimbing



Prima Astuti Handayani, S.T., M.T.

NIP : 197203252000032001

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

“Keajaiban itu berpihak pada yang berani”

PERSEMBAHAN

Karya ini kupersembahkan untuk:

1. Allah SWT.
2. Bapak dan Ibuku, Arif Mahmudi dan Zahrotul Faizah.
3. Adikku, Yusril Aulia Rahman.
4. Dosen Pembimbingku, Ibu Prima Astuti Handayani, S.T., M.T.
5. Sahabat-sahabatku.
6. Teman-temanku, Teknik Kimia D3 2012.
7. Almamaterku.

INTISARI

Umami, Vicky. A., 2015. *Sintesis Biodiesel Dari Minyak Jelantah Dengan Gelombang Mikro*. Tugas Akhir, Teknik Kimia, Universitas Negeri Semarang. Pembimbing Prima Astuti Handayani, S.T., M.T.

Seiring dengan meningkatnya kebutuhan minyak bumi, mengakibatkan semakin menipisnya persediaan minyak bumi. Hal ini menjadikan masyarakat mencari solusi untuk menggantikan bahan bakar minyak bumi dengan bahan bakar yang dapat diperbarui. Salah satu sumber bahan bakar yang dapat dikembangkan di Indonesia adalah bahan bakar minyak, seperti biodiesel. Penelitian ini bertujuan mengetahui kualitas bahan bakar biodiesel dari bahan baku minyak jelantah serta untuk mengetahui suhu optimal dalam pembuatan biodiesel. Pada penelitian ini, dilakukan sintesis biodiesel melalui reaksi transesterifikasi minyak jelantah menggunakan radiasi gelombang mikro dengan katalis KOH. Adapun keuntungan pemanasan dengan gelombang mikro adalah untuk mempercepat waktu reaksi. Selain itu penggunaan *microwave* menunjukkan reaksi lebih efisien, dan dapat menurunkan konsumsi energi (Hernando, *et. al.*, 2007 diacu dalam Terigar, 2009).

Tahapan percobaan terdiri dari perlakuan awal yaitu pemucatan, transesterifikasi, pemisahan, pencucian, pengeringan dan analisis hasil biodiesel. Pemucatan (*bleaching*) merupakan usaha untuk menghilangkan zat warna yang tidak dikehendaki menggunakan karbon aktif sebagai adsorben. Transesterifikasi bertujuan untuk mengkonversi trigliserida menjadi alkil ester. Transesterifikasi minyak jelantah berlangsung dalam *microwave* dengan variasi suhu *microwave* (50, 60 dan 70 °C).

Hasil analisis bahan baku menunjukkan bahwa minyak jelantah memiliki kandungan asam lemak bebas sebesar 1,755%. Setelah dilakukan proses *bleaching* kadar asam lemak bebas pada minyak jelantah turun menjadi 1,02% dengan warna minyak kuning kecokelatan. Minyak hasil *bleaching* kemudian langsung dilakukan proses transesterifikasi menggunakan gelombang mikro dan kemudian biodiesel yang dihasilkan di analisis dengan GC-MS untuk mengetahui komponen penyusun biodiesel.

Berdasarkan uji karakteristik biodiesel yang dihasilkan meliputi densitas, viskositas dan bilangan asam, mutu biodiesel yang dihasilkan sudah memenuhi standar SNI. Densitas biodiesel pada suhu 0,883 gr/ml, viskositas 5,106 mm²/s dan bilangan asam 0,291 mg-KOH/g. Pada penelitian ini, *yield* maksimal menggunakan gelombang mikro yaitu pada suhu 70°C sebesar 98,89% dan berdasarkan analisis GC-MS biodiesel yang dihasilkan memiliki kemurnian 100% dimana kandungan senyawa terbesar adalah metil oleat.

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah, penulis panjatkan puji yang tak terhingga kepada Allah SWT yang telah melimpahkan hidayah dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Sintesis Biodiesel dari Minyak Jelantah Melalui Proses Transesterifikasi Menggunakan Gelombang Mikro”. Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi Diploma III untuk mendapatkan gelar Ahli Madya Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini tak lepas dari bantuan, bimbingan dan dukungan dari beberapa pihak, oleh karena itu penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
2. Ketua Prodi Teknik Kimia Universitas Negeri Semarang.
3. Ibu Prima Astuti Handayani, S.T., M.T., Dosen Pembimbing yang selalu memberi bimbingan dan pengarahan dalam penyusunan Tugas Akhir.
4. Ibu Catur Rini Widyastuti, S.T., M.Sc., Dosen Penguji yang telah memberikan pengarahan dan masukan untuk penyempurnaan Tugas Akhir.
5. Arif Mahmudi dan Zahrotul Faizah orang tua penulis yang selalu memberikan dukungan baik secara moral maupun material.
6. Desy Carlina Dewi dan Andika Heri Wibowo yang telah memberi semangat, dukungan dan saran serta nasihat kepada penulis.
7. Serta semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu dalam penelitian dan penyusunan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bila dalam penulisan laporan ini masih banyak kesalahan dan kekurangan, oleh karena itu penulis mohon maaf dan mengharapkan kritik dan saran yang membangun, semoga laporan ini bermanfaat bagi semua pihak.

Semarang, Agustus 2015

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERSETUJUAN PEMBIMBING.....	ii
PENGESAHAN KELULUSAN	iii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	iv
INTISARI.....	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Minyak nabati.....	5
2.2. Minyak Goreng Bekas (<i>Waste Cooking Oil</i>)	6
2.3. Biodiesel.....	8
2.4. Standar Mutu Biodiesel.....	9
2.5. Teknik Pembuatan Biodiesel	10
2.5.1. Esterifikasi.....	10
2.5.2. Transesterifikasi	10
2.6. Katalis	11
2.7. Metode Pemanasan.....	13
2.7.1. Konvensional	13
2.7.2. <i>Microwave</i>	14
2.8. <i>Preatreatment</i> Bahan Baku	15

2.8.1. Penghilangan Bumbu (<i>Despicing</i>)	15
2.8.2. Netralisasi.....	15
2.8.3. Pemucatan (<i>Bleaching</i>)	15
2.8.4. Penghilangan Bau (Deodorisasi).....	16
2.9. Analisis Bahan	16
2.9.1. Analisis Bahan Baku	16
2.9.2. Analisis Produk	17
2.10. Penelitian Pendukung.....	17
BAB III PROSEDUR KERJA	19
3.1. Alat.....	19
3.2. Bahan	20
3.3. Variabel	21
3.4. Rangkaian Alat.....	22
3.5. Prosedur Kerja.....	22
3.5.1 Analisis Bahan Baku	22
3.5.2 <i>Pretreatment</i> Minyak Jelantah Melalui <i>Bleaching</i> (Pemucatan) Menggunakan Karbon Aktif	24
3.5.3 Sintesis Biodiesel Dari Minyak Jelantah Melalui Reaksi Transesterifikasi Menggunakan <i>Microwave</i>	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1 Analisis Bahan Baku	27
4.2 <i>Bleaching</i> Minyak Jelantah Menggunakan Karbon Aktif.....	28
4.3 Pengaruh Suhu Reaksi Terhadap <i>Yield</i> Biodiesel	29
4.4 Uji Karakteristik Biodiesel Pada Berbagai Suhu	31
4.5 Uji Kualitas Biodiesel	32
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	35
5.1. Simpulan	35
5.2. Saran.....	35
DAFTAR PUSTAKA	36
LAMPIRAN.....	41

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Komposisi Asam Lemak Minyak Inti Kelapa Sawit	7
Tabel 2.2.	Persyaratan Kualitas Biodiesel Menurut SNI-04-7182-2006	9
Tabel 4.1.	Hasil Uji Kuantitatif Minyak Jelantah Sawit	27
Tabel 4.2.	Hasil Uji Sifat Fisik Biodiesel	31
Tabel 4.3.	Komponen Metil Ester pada Biodiesel Minyak Jelantah Pada Suhu Reaksi 50°C Berdasarkan Analisa GC-MS	33
Tabel 4.4.	Komponen Metil Ester pada Biodiesel Minyak Jelantah Pada Suhu Reaksi 60°C Berdasarkan Analisa GC-MS	34
Tabel 4.5.	Komponen Metil Ester pada Biodiesel Minyak Jelantah Pada Suhu Reaksi 70°C Berdasarkan Analisa GC-MS	34

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Struktur Umum Molekul Asam Lemak Bebas	6
Gambar 3.1 Rangkaian Alat Sintesis Biodiesel Menggunakan <i>Microwave</i>	22
Gambar 4.1 Pengaruh Suhu Reaksi Terhadap <i>Yield</i> Biodiesel	29
Gambar 4.2. Kromatogram Biodiesel Minyak Jelantah Pada Suhu Reaksi 50°C ..	32
Gambar 4.3. Kromatogram Biodiesel Minyak Jelantah Pada Suhu Reaksi 60°C ..	32
Gambar 4.4. Kromatogram Biodiesel Minyak Jelantah Pada Suhu Reaksi 70°C ..	33

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bahan bakar minyak adalah sumber energi dengan konsumsi yang terbesar untuk saat ini di seluruh dunia. Meningkatnya konsumsi energi dan semakin menipisnya cadangan minyak bumi, mengakibatkan terjadinya krisis energi terutama bahan bakar minyak. Hal tersebut menyebabkan berbagai kalangan melakukan penelitian dalam mencari bahan bakar alternatif pengganti minyak yang bersifat *renewable* atau dapat diperbarui. Salah satu sumber energi alternatif yang berpotensi untuk dikembangkan di Indonesia adalah biodiesel. Biodiesel dapat digunakan sebagai pengganti bahan bakar fosil jenis minyak solar.

Biodiesel dikenal sebagai bahan bakar yang ramah lingkungan dan menghasilkan emisi gas buang yang relatif lebih bersih dibandingkan bahan bakar fosil. Biodiesel tidak beracun, bebas dari belerang, aplikasinya sederhana dan berbau harum (Haryahto, 2002). Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif terbarukan yang dihasilkan dari minyak nabati (Knothe, *et al.*, 2005) seperti minyak sawit, minyak jarak pagar, dan minyak karet bahkan minyak goreng bekas (minyak jelantah).

Minyak nabati sebagai bahan baku pembuatan biodiesel dapat dikelompokkan menjadi dua jenis berdasarkan kandungan *FFA* yaitu:

- a. Minyak nabati dengan kandungan *FFA* kurang dari 2%

Contoh : Minyak kelapa sawit, minyak kemiri, minyak kanola.

- b. Minyak nabati dengan kandungan *FFA* lebih dari 2%

Contoh : Minyak jarak pagar, minyak nyamplung.

Ruhyat dan Firdaus (2006) telah menentukan bahwa jenis minyak nabati yang paling layak digunakan sebagai bahan baku adalah minyak goreng bekas (minyak jelantah). Minyak jelantah merupakan limbah sisa proses penggorengan dan bila ditinjau dari komposisi kimianya, minyak jelantah mengandung senyawa-senyawa yang bersifat karsinogenik. Salah

satu cara untuk mengatasi masalah pembuangan limbah minyak dan kesehatan masyarakat adalah sebagai bahan bakar alternatif yaitu biodiesel. Biodiesel pada umumnya diproduksi melalui reaksi transesterifikasi trigliserida dari minyak nabati menggunakan metanol dan katalis alkali. Jenis alkohol yang sering digunakan dalam reaksi transesterifikasi adalah metil alkohol atau metanol. Produk utama yang dihasilkan dari reaksi ini adalah metil ester atau biodiesel, sedangkan produk sampingnya berupa gliserol.

Reaksi transesterifikasi tidak cocok digunakan untuk minyak yang mengandung asam lemak bebas tinggi. Bahan baku yang digunakan untuk reaksi transesterifikasi harus tidak boleh mengandung asam lemak bebas lebih dari 2% (Ramadhas dkk, 2005). Pada reaksi transesterifikasi menggunakan katalis alkali menyebabkan terbentuknya sabun yang akan mengkonsumsi katalis seperti bahan baku. Pembentukan sabun pada proses produksi biodiesel menyebabkan kesulitan dalam proses pemisahan dan pemurnian biodiesel (Marchetti, dkk., 2007; Marchetti dan Errazu 2008). Untuk mengatasi hal ini, proses produksi biodiesel secara dua tahap (esterifikasi-transesterifikasi) dapat dijadikan sebagai teknologi alternatif. Proses ini diawali dengan *pretreatment* bahan baku melalui proses esterifikasi yang bertujuan untuk menurunkan kadar asam lemak bebas dalam bahan baku minyak dan mengubah asam lemak bebas (*FFA*) menjadi ester. Tahap berikutnya yaitu reaksi transesterifikasi dengan katalis homogen basa untuk menghasilkan metil ester (biodiesel).

Esterifikasi merupakan reaksi antara asam lemak dengan alkohol dengan bantuan katalis asam untuk menghasilkan ester. Esterifikasi dengan katalis asam mengkonversi *FFA* menjadi ester alkil. Tahap esterifikasi biasa diikuti dengan tahap transesterifikasi. Reaksi esterifikasi pada proses pembuatan biodiesel secara dua tahap (esterifikasi dan transesterifikasi) dapat meningkatkan produksi biodiesel dan mempengaruhi karakteristik biodiesel (Marchetti, dkk., 2007).

Esterifikasi maupun transesterifikasi dengan pemanasan secara konvensional, energi panas dipindahkan ke bahan baku melalui konveksi,

konduksi dan radiasi dari bagian permukaan bahan baku. Oleh karena itu pemanasan secara konvensional menghabiskan lebih banyak energi dan membutuhkan waktu reaksi lama (Lertsathapornsuk, dkk., 2004). Metode yang digunakan baru-baru ini dalam transesterifikasi dan esterifikasi adalah pemanasan menggunakan *microwave*. Pemanasan dengan gelombang mikro mempunyai karakteristik yang berbeda dengan pemanasan konvensional, karena panas dibangkitkan secara internal akibat getaran molekul-molekul bahan yang ingin dipanaskan oleh gelombang mikro. Radiasi *microwave* dapat meningkatkan kecepatan transesterifikasi dalam proses *batch* maupun kontinyu. Energi *microwave* dihantarkan secara langsung pada molekul-molekul yang bereaksi melalui reaksi kimia, sehingga pindah panas lebih efektif daripada pemanasan secara konvensional dimana panas dipindahkan dari lingkungan (Lertsathapornsuk, dkk., 2004).

Berdasarkan uraian diatas, maka dalam penelitian ini pembuatan biodiesel dari minyak jelantah yang merupakan suatu limbah yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif mesin diesel dimana gelombang mikro sebagai media pemanasnya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, maka dapat dirumuskan permasalahan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh suhu gelombang mikro pada reaksi transesterifikasi terhadap *yield* biodiesel?
2. Bagaimana pengaruh suhu gelombang mikro terhadap karakteristik biodiesel yang dihasilkan?
3. Apakah karakteristik produk biodiesel yang dihasilkan sesuai standar SNI?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian ini adalah;

1. Mengetahui pengaruh suhu gelombang mikro pada reaksi transesterifikasi terhadap *yield* biodiesel.

2. Mengetahui pengaruh suhu gelombang mikro terhadap karakteristik biodiesel.
3. Mengetahui apakah karakteristik produk biodiesel yang dihasilkan sesuai standar SNI.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini memiliki manfaat untuk perkembangan ilmu pengetahuan, teknologi serta manfaat bagi masyarakat dan negara. Adapun manfaat dari penelitian ini dalam bidang perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, berupa informasi tentang kondisi reaksi optimum untuk sintesis biodiesel yaitu mempelajari berapa waktu dan *power* optimal yang diperlukan untuk proses pembuatan biodiesel dengan radiasi *microwave* melalui reaksi esterifikasi dan transesterifikasi secara *batch*. Manfaat bagi masyarakat dan negara, penelitian ini mengolah bahan bakar alternatif sebagai pengganti bahan bakar fosil dari bahan baku yang merupakan limbah yaitu minyak jelantah.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1. Minyak Nabati

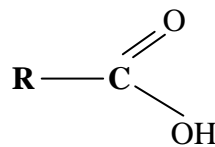
Minyak dan lemak adalah triester dari gliserol, yang dinamakan trigliserida. Minyak dan lemak sering dijumpai pada minyak nabati dan lemak hewan. Minyak umumnya berasal dari tumbuhan, contohnya minyak jagung, minyak zaitun, minyak kacang dan lain-lain. Minyak dan lemak mempunyai struktur dasar yang sama (Hart, 1990). Minyak merupakan salah satu kelompok dari golongan lipida. Satu sifat yang khas dari golongan lipida (termasuk lemak dan minyak) adalah daya larutnya dalam pelarut organik (eter, benzene, khloroform) atau sebaliknya ketidak-larutanya dalam pelarut air (Sudarmadji dan Haryono, 1989).

Berdasarkan sumbernya, lemak digolongkan menjadi dua, yaitu lemak hewani yang berasal dari hewan dan lemak nabati yang berasal dari tumbuhan. Perbedaan dari lemak hewani dan lemak nabati yaitu: lemak hewani umumnya bercampur dengan steroid hewani yang disebut kolesterol, lemak nabati umumnya bercampur dengan steroid nabati yang disebut fitosterol. Kadar asam lemak tidak jenuh dalam lemak hewani lebih sedikit dibandingkan lemak nabati (Ketaren, 2008).

Minyak nabati dapat digunakan dalam pembuatan biodiesel. Komposisi yang terdapat dalam minyak nabati terdiri dari trigliserida-trigliserida asam lemak, asam lemak bebas (ALB), monogliserida dan digliserida, serta beberapa komponen-komponen lain seperti phosphoglycerides, vitamin, mineral, atau sulfur. Penyusun utama minyak dan lemak adalah trigliserida, yang merupakan ester dari gliserol dan asam lemak rantai panjang. Trigliserida atau triasilgliserol adalah sebuah gliserida yaitu ester dari gliserol dan tiga asam lemak, penyusun utama minyak nabati atau lemak hewani adalah trigliserida, monogliserida dan digliserida. Rumus kimia trigliserida adalah $\text{CO}_2\text{COOR-CHCOOR}'\text{-CH}_2\text{-COOR}''$, dimana R, R' dan R'' masing-masing adalah sebuah rantai alkil yang panjang atau asam lemak jenuh dan tak jenuh dari rantai karbon (Mescha, dkk., 2007). Apabila terdapat dua gugus alkohol dari gliserol yang mengikat gugus asetil dan terdapat

satu gugus alkohol maka esternya dinamakan digliserida, dan jika hanya ada satu gugus alkohol pada gliserol yang mengikat gugus asetil asam lemak dan dua gugus alkohol lainnya bebas, esternya dinamakan monogliserida.

Asam lemak bebas (ALB) adalah asam lemak yang terpisahkan dari trigliserida, digliserida, monogliserida, dan gliserin bebas. Hal ini dapat disebabkan oleh pemanasan dan terdapatnya air sehingga terjadi proses hidrolisis. Oksidasi juga dapat meningkatkan kadar asam lemak bebas dalam minyak nabati (Handayani, 2010).



Gambar 2.1. Struktur Umum Molekul Asam Lemak Bebas

2.2. Minyak Goreng Bekas (*Waste Cooking Oil*)

Minyak goreng bekas (minyak jelantah) merupakan limbah yang berasal dari rumah tangga, terutama dari restoran dan industri pangan. Minyak jelantah mengandung beberapa senyawa yang berbahaya bagi kesehatan manusia yang dihasilkan selama proses pemanasan (penggorengan) dalam jangka waktu tertentu antara lain : polimer, aldehid, asam lemak bebas, dan senyawa aromatik. Selama penggorengan minyak mengalami reaksi degradasi yang disebabkan oleh panas, air dan udara, sehingga terjadinya oksidasi, hidrolisis dan polimerisasi (Miyagi dkk., 2001).

Penggunaan minyak goreng yang benar menurut ilmu kesehatan hanya dapat digunakan paling banyak empat kali penggorengan atau pemanasan karena setelah melampaui empat kali pemanasan telah mengandung radikal bebas yang dapat merugikan kesehatan karena bisa menumbuhkan sel kanker di tubuh manusia (Renaldi, 2009)

Minyak jelantah merupakan minyak nabati turunan dari minyak kelapa sawit (*palm oil*). Minyak kelapa sawit dapat dihasilkan dari inti kelapa sawit yang dinamakan minyak inti kelapa sawit. Rata-rata komposisi asam lemak minyak inti kelapa sawit dapat dilihat pada Tabel 2.1 (Ketaren, 2005).

Tabel 2.1 Komposisi Asam Lemak Minyak Inti Kelapa Sawit.

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

Sumber : Ketaren, 2005

Salah satu bentuk pemanfaatan minyak jelantah agar dapat bermanfaat ialah dengan mengubahnya secara proses kimia menjadi biodiesel. Pembuatan biodiesel dari minyak jelantah ini dapat dilakukan melalui reaksi transesterifikasi untuk mengubah minyak (trigliserida) menjadi asam lemak metil ester. Kandungan asam lemak bebas (*FFA*) pada bahan baku (minyak jelantah) merupakan salah satu faktor penentu metode pembuatan biodiesel. Penggunaan minyak goreng yang sering digunakan secara berulang – ulang menjadikan minyak dari berwarna kuning menjadi berwarna gelap. Proses oksidasi juga menyebabkan warna minyak menjadi gelap, tetapi mekanisme terjadinya komponen yang menyebabkan warna gelap ini masih belum sepenuhnya diketahui (Moreira, 1999; Maskan, 2003). Perubahan warna dapat disebabkan oleh perubahan zat warna alami atau tokoferol yang terkandung dalam minyak, produk degradasi minyak, reaksi *maillard* karena minyak yang panas akan mengekstraksi zat warna yang terdapat dalam bahan pangan, adanya logam seperti Fe, Cu, Mn atau adanya oksidasi (Ketaren, 2008). Untuk itu, sebelum dilakukan proses transesterifikasi terlebih dahulu dilakukan proses pemurnian terhadap minyak jelantah.

Pemurnian minyak goreng bekas merupakan pemisahan produk reaksi degradasi dari minyak. Minyak goreng yang sudah digunakan akan berubah warna menjadi coklat tua, untuk menghilangkan zat warna pada minyak sehingga warna minyak menjadi lebih jernih maka dilakukan proses pemucatan (*bleaching*) dengan menggunakan adsorben. Adsorben merupakan suatu zat padat yang dapat menyerap partikel fluida dalam suatu proses adsorpsi. Beberapa contoh adsorben yang dapat digunakan dalam pemurnian minyak jelantah adalah *bleaching earth*,

bentonit, karbon aktif, zeolit, CaO dan lain-lain. Dari beberapa contoh tersebut, karbon aktif yang biasa digunakan untuk memurnikan minyak jelantah.

Karbon aktif adalah suatu material yang memiliki pori-pori sangat banyak, pori-pori tersebut berfungsi untuk menyerap apa saja yang dilaluinya. Pariadi, dkk (2001) menyatakan bahwa karbon aktif merupakan adsorben yang menyediakan permukaannya sebagai tempat terkonsentrasinya ion-ion atau molekul-molekul pada fasa gas maupun cairan. Karbon aktif merupakan karbon yang telah diberi perlakuan untuk memperoleh kapasitas adsorpsi tinggi. Beberapa keuntungan menggunakan karbon aktif sebagai adsorben yaitu : penggunaan karbon aktif sebagai bahan pemucat minyak ialah karena lebih efektif untuk menyerap warna dibandingkan dengan *bleaching earth*, sehingga karbon aktif dapat digunakan dalam jumlah kecil. Selain warna, karbon aktif juga dapat menyerap sebagian bau yang tidak dikehendaki dan mengurangi jumlah kadar asam lemak bebas sehingga memperbaiki kualitas minyak (Rosita, 2009). Menurut Ketaren (1986) keuntungan penggunaan karbon aktif sebagai adsorben ialah waktu adsorpsi yang lebih lama akan menaikkan efektivitas adsorpsi sehingga bilangan asam akan menurun.

2.3. Biodiesel

Nama biodiesel telah disetujui oleh *Department Of Energy (DOE)*, *Environmental Protection Agency (EPA)* dan *American Society of Testing Material (ASTM)*. Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif terbarukan yang dihasilkan dari minyak nabati (Knothe, et al., 2005). Biodiesel merupakan monoalkil ester dari asam-asam lemak rantai panjang yang terkandung dalam minyak nabati atau lemak hewani untuk digunakan sebagai bahan bakar mesin diesel. Kandungan utama biodiesel adalah alkil ester asam lemak yang dihasilkan dari trigliserida dalam minyak nabati atau lemak hewani melalui reaksi transesterifikasi dengan alkohol, biasanya digunakan metanol. Hasilnya adalah suatu bahan bakar yang tidak berbeda karakteristiknya dengan bahan bakar diesel fosil (Rahmani, 2008).

Bahan bakar biodiesel bersifat ramah lingkungan karena menghasilkan emisi gas buang yang jauh lebih baik dibandingkan dengan diesel atau solar, yaitu

bebas sulfur, bilangan asap (*smoke number*) yang rendah, memiliki *octane number* yang lebih tinggi sehingga pembakaran lebih sempurna (*clear burning*), memiliki sifat pelumasan terhadap piston mesin, dan dapat terurai (*biodegradable*) sehingga tidak menghasilkan racun (*non toxic*).

2.4. Standar Mutu Biodiesel

Persyaratan mutu biodiesel di Indonesia sudah dilakukan dalam SNI-04-718-2006, yang telah disahkan dan diterbitkan oleh badan Standarisasi nasional (BSN) tanggal 22 Februari 2006. Persyaratan kualitas biodiesel disajikan dalam Tabel 2 berikut.

Tabel 2.2 Persyaratan Kualitas Biodiesel Menurut SNI-04-7182-2006

Parameter dan satuannya	Batas nilai	Metode Uji	Metode setara
Massa jenis pada 40 °C, kg/m ³	850-890	ASTM D 1298	ISO 3675
Viskositas kinematik pada 40 °C, mm ² /s (cSt)	2,3-6,0	ASTM D 445	ISO 3104
Titik nyala (mangkok tertutup) °C	min. 100	ASTM D 92	ISO 2710
Titik kabut, °C	Min. 18	ASTM D 2500	-
Korosi bilah tembaga (3 jam, 50 °C)	Maks. No. 3	ASTM D 130	ISO 2160
Angka setana	Min. 51	ASTM D 613	ISO 5165
Air dan sedimen, %-vol	Maks. 0,05	ASTM D 2709	-
Temperatur distilasi 90%, °C	Maks. 360	ASTM D 1160	-
Abu tersulfatkan, %-berat	Maks. 0,02	ASTM D 874	ISO 3987
Belerang, ppm-b (mg/kg)	Maks. 100	ASTM D 5453	prEN ISO 20884
Fosfor, ppm-b (mg/kg)	Maks. 10	AOCS Ca 12-55	FBI-A05-03
Angka asam, mg-KOH/g	Maks. 0,8	AOCS Cd 3-63	FBI-A01-03
Gliserol bebas, %-berat	Maks.0,02	AOCS Ca 14-56	FBI-A02-03
Gliserol total, %-berat	Maks. 0,24	AOCS Ca 14-56	FBI-A02-03
Kadar ester alkil, %-berat	Min. 96,5	-	FBI-A03-03

Sumber: Soerawidjaja, 2006

2.5. Teknik Pembuatan Biodiesel

2.5.1. Esterifikasi

Esterifikasi merupakan reaksi antara asam lemak bebas dengan alkohol dengan bantuan katalis asam, misalnya asam klorida (HCl), asam sulfat (H₂SO₄) ataupun katalis asam padat untuk menghasilkan ester. Asam sulfat, asam sulfonat organik atau resin penukar kation asam kuat merupakan katalis yang biasa dipakai dalam industri. Reaktan alkohol rantai pendek, seperti metanol harus ditambahkan dalam jumlah yang sangat berlebih dan air sebagai produk samping harus disingkirkan dari fasa reaksi, yaitu fasa minyak. Melalui kombinasi-kombinasi yang tepat dari kondisi-kondisi reaksi dan metode penyingkiran air, konversi sempurna asam-asam lemak menjadi metil ester dapat dituntaskan dalam waktu 1 jam (Listiadi dan Putra, 2013).

Reaksi esterifikasi mengkonversi asam lemak bebas yang terkandung di dalam minyak menjadi metil ester. Reaksi esterifikasi ditunjukkan pada persamaan reaksi berikut:

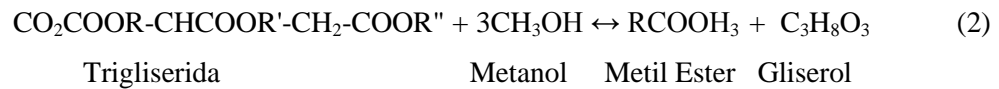


Esterifikasi biasa dilakukan untuk membuat biodiesel dari minyak berkadar asam lemak bebas tinggi (berangka-asam ≥ 5 mg-KOH/g). Tahap esterifikasi biasa diikuti dengan tahap transesterifikasi. Namun sebelum produk esterifikasi diumpankan ke tahap transesterifikasi, air dan bagian terbesar katalis asam yang dikandungnya harus disingkirkan terlebih dahulu.

2.5.2. Transesterifikasi

Reaksi transesterifikasi secara umum merupakan reaksi alkohol dengan trigliserida menghasilkan metil ester dan gliserol dengan bantuan katalis basa. Alkohol yang umumnya digunakan adalah metanol dan etanol. Reaksi ini cenderung lebih cepat membentuk metil ester dari pada reaksi esterifikasi yang menggunakan katalis asam. Namun, bahan baku yang akan digunakan pada reaksi transesterifikasi harus memiliki asam lemak bebas yang kecil (< 2 %) untuk

menghindari pembentukan sabun. Reaksi transesterifikasi trigliserida menjadi metil ester adalah :



Transesterifikasi juga menggunakan katalis dalam reaksinya. Tanpa adanya katalis, konversi yang dihasilkan maksimum namun reaksi berjalan dengan lambat (Mittlebatch, 2004). Katalis yang biasa digunakan pada reaksi transesterifikasi adalah katalis basa, karena katalis ini dapat mempercepat reaksi. Produk yang diinginkan dari reaksi transesterifikasi adalah ester metil asam-asam lemak. Terdapat beberapa cara agar kesetimbangan lebih ke arah produk, yaitu:

- a. Menambahkan metanol berlebih ke dalam reaksi
- b. Memisahkan gliserol
- c. Menurunkan temperatur reaksi (transesterifikasi merupakan reaksi eksoterm).

2.6. Katalis

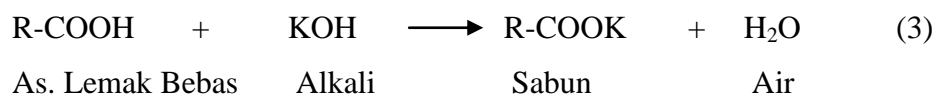
Katalis merupakan zat yang dapat mempercepat reaksi tanpa ikut dikonsumsi oleh keseluruhan reaksi. Pada dasarnya, katalis justru harus ikut bereaksi dengan reaktan untuk membentuk suatu zat antara yang aktif. Zat antara ini kemudian bereaksi dengan molekul reaktan yang lain menghasilkan produk. Pada akhirnya, produk kemudian terlepas dari permukaan katalis (Wahyu Hidayat dan Michael Hutagalung 2007). Pada umumnya reaksi transesterifikasi dan esterifikasi merupakan reaksi lambat. Tanpa adanya katalis, proses pembuatan biodiesel dengan reaksi transesterifikasi hanya dapat menghasilkan konversi sebesar 85% setelah 10 jam reaksi pada suhu 235 °C dengan tekanan 62 bar (Diasakou, dkk., 2001).

a. Katalis Basa

Terdapat dua jenis katalis basa yang dapat digunakan dalam pembuatan biodiesel, yaitu katalis basa homogen dan katalis basa heterogen. Katalis yang banyak digunakan dalam reaksi transesterifikasi adalah katalis basa

homogen seperti NaOH atau KOH (Darnoko dan Cheryan, 2000; Meher dkk., 2006). Laju reaksi transesterifikasi dengan katalis basa lebih cepat jika dibandingkan dengan katalis asam. Karena dalam larutan basa, suatu karbonil dapat diserang langsung oleh nukleofilik tanpa protonasi sebelumnya. Berdasarkan alasan ini, proses industri sering menggunakan katalis basa (Supandi, 2003).

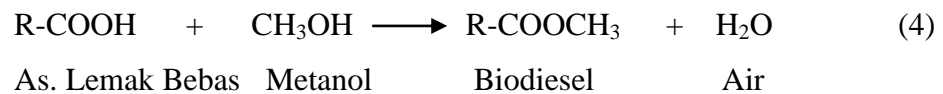
Kelemahan pada reaksi transesterifikasi berkatalis basa yaitu tidak dapat diterapkan untuk bahan baku minyak yang memiliki kandungan asam lemak bebas di atas 2%. Keberadaan asam lemak bebas yang tinggi akan menyebabkan terjadinya reaksi samping berupa reaksi penyabunan yang akan mengkonsumsi katalis sehingga menurunkan yield biodiesel, dan mempersulit proses pemisahan produk (Atadashi dkk., 2011). Berikut adalah reaksi yang terjadi antara asam lemak bebas dengan katalis basa :



Katalis basa heterogen seperti zeolit, SnCl₂, CaO, SnCl₂, ZrO₂, Al₂O₃ dan lain-lain. Memiliki kemampuan katalisator yang sedikit lebih rendah dibandingkan dengan katalis basa homogen, dapat menjadi alternatif yang baik dalam proses pembuatan biodiesel. Katalis basa heterogen dapat dengan mudah dipisahkan dari campuran reaksi sehingga dapat digunakan kembali. Namun, katalis heterogen menghasilkan konversi yang rendah tidak seperti katalis homogen yang dapat menghasilkan konversi yang lebih tinggi.

b. Katalis asam

Pembuatan biodiesel dapat juga dengan menggunakan katalis asam. Selain dapat mengkatalisis reaksi transesterifikasi minyak menjadi biodiesel, katalis asam juga dapat mengkatalisis reaksi esterifikasi asam lemak bebas yang terkandung di dalam minyak menjadi biodiesel mengikuti reaksi berikut ini:



Katalis asam umumnya digunakan dalam proses *pretreatment* terhadap bahan baku minyak yang memiliki kandungan asam lemak bebas yang tinggi namun sangat jarang digunakan dalam proses utama pembuatan biodiesel. Katalis asam homogen seperti asam sulfat, bersifat sangat korosif, sulit dipisahkan dari produk dan dapat ikut terbuang dalam pencucian sehingga tidak dapat digunakan kembali sekaligus dapat menyebabkan terjadinya pencemaran lingkungan (Santoso, 2013). Penggunaan katalis asam cair pada produksi biodiesel seperti asam sulfat memerlukan temperatur tinggi dan waktu yang lama.

Sedangkan untuk katalis asam heterogen seperti Nafion, meskipun tidak sekorosif katalis asam homogen dan dapat dipisahkan untuk digunakan kembali, cenderung sangat mahal dan memiliki kemampuan katalisasi yang jauh lebih rendah dibandingkan dengan katalis basa (Santoso, 2013).

2.7. Metode Pemanasan

2.7.1. Konvensional

Pembuatan biodiesel umumnya dilakukan dengan pemanasan secara konvensional baik proses *batch*, kontinyu maupun super kritikal metanol. Pada umumnya menggunakan pindah panas dari sumber panas konvensional seperti *heat exchanger* atau pemanasan langsung dari *heater*. Esterifikasi maupun transesterifikasi dengan pemanasan secara konvensional, energi panas dipindahkan ke bahan baku melalui konveksi, konduksi dan radiasi dari bagian permukaan bahan baku. Alat pemanas akan memanaskan wadah bahan baku terlebih dahulu yang kemudian energi panas akan berpindah ke bahan baku dimana panas dipindahkan dari lingkungan. Oleh karena itu pemanasan secara konvensional menghabiskan lebih banyak energi dan membutuhkan waktu reaksi lama (Lertsathapornsuk, dkk., 2004).

2.7.2. *Microwave*

Reaksi-reaksi kimia dan reaksi organik banyak yang dapat berlangsung apabila mendapatkan energi dari luar. Reaksi-reaksi organik umumnya berlangsung lambat, seperti pembuatan biodiesel dari minyak nabati secara konvensional berlangsung beberapa jam, dan hasil yang diperoleh memerlukan pemisahan juga relatif lama. Gelombang mikro merupakan alternatif sumber energi yang dapat digunakan untuk mensuplai energi dalam reaksi kimia dan proses. Melalui pemanasan dielektrik, campuran reaksi dapat bercampur secara homogen tanpa kontak dengan dinding. Waktu yang diperlukan untuk reaksi secara keseluruhan dapat tereduksi secara signifikan (Santoso, 2008).

Gelombang mikro (*microwave*) adalah gelombang elektromagnetik dengan frekuensi super tinggi (*Super High Frequency, SHF*), yaitu diatas 3GHz (3×10^9 Hz). Sebenarnya gelombang ini merupakan gelombang radio, tetapi panjang gelombangnya lebih kecil dari gelombang radio biasa. Panjang gelombangnya termasuk *ultra-short* (sangat pendek) sehingga disebut juga mikro, dari sinilah lahir istilah *microwave* (Handayani, 2010). Pemanasan dengan gelombang mikro mempunyai karakteristik yang berbeda dengan pemanasan konvensional, karena panas dibangkitkan secara internal akibat getaran molekul-molekul bahan yang ingin dipanaskan oleh gelombang mikro. Pemanasan dengan gelombang mikro mempunyai kelebihan yaitu pemanasan lebih merata serta pemanasannya juga dapat bersifat selektif artinya tergantung dari dielektrik properties bahan (Handayani, 2010). Hal ini akan menghemat energi untuk pemanasan energi *microwave* diberikan atau dihantarkan secara langsung pada molekul-molekul yang bereaksi melalui reaksi kimia. Pindah panas menggunakan *microwave* lebih efektif daripada pemanasan secara konvensional dimana panas dipindahkan dari lingkungan (Lertsathapornsuk, dkk., 2004).

Proses pemanasan dengan *microwave* menggunakan waktu yang lebih singkat untuk memanaskan bahan baku tanpa pemanasan awal (Lertsathapornsuk, dkk., 2004). Selain itu penggunaan *microwave* menunjukkan reaksi lebih efisien, dengan lama reaksi dan proses pemisahan yang singkat, menurunkan jumlah produk samping dan dapat menurunkan konsumsi energi (Hernando, dkk., 2007

diacu dalam Terigar, 2009). Efisiensi dari transesterifikasi *microwave* berasal dari sifat dielektrik dari campuran polar dan komponen ion dari minyak, pelarut dan katalis. Pemanasan yang cepat dan efisien pada radiasi *microwave* lebih banyak karena gelombang *microwave* berinteraksi dengan sampel pada tingkat molekular, menghasilkan campuran inter molekular dan agitasi yang meningkatkan peluang dari sebuah molekul alkohol bertemu dengan sebuah molekul minyak (Terigar, 2009).

2.8. Pretreatment Bahan Baku

Minyak goreng yang sudah digunakan akan berubah warna menjadi cokelat tua atau kehitaman. Untuk mengatasi hal tersebut, maka harus dilakukan proses pemurnian. Pemurnian merupakan tahap pertama dari proses pemanfaatan minyak goreng bekas, baik untuk konsumsi kembali maupun untuk digunakan sebagai bahan baku produk. Untuk memperoleh minyak yang bermutu baik, lemak dan minyak harus dimurnikan dari bahan-bahan atau kotoran yang terdapat di dalamnya. Tujuan utama pemurnian minyak goreng adalah menghilangkan rasa serta bau yang tidak enak, warna yang tidak disukai dalam minyak dan memperpanjang masa simpan sebelum digunakan kembali.

2.8.1. Penghilangan Bumbu (*Despicing*)

Despicing merupakan proses pengendapan dan pemisahan kotoran akibat bumbu dan kotoran bahan pangan. Pemisahan ini dilakukan dengan pemanasan uap dan adsorben, kadang-kadang dilakukan sentrifuse (Winarno, 1997).

2.8.2. Netralisasi

Netralisasi merupakan proses untuk memisahkan asam lemak bebas dari minyak dengan mereaksikan asam lemak bebas tersebut dengan larutan alkali sehingga terbentuk sabun.

2.8.3. Pemucatan (*Bleaching*)

Bleaching merupakan usaha untuk menghilangkan zat warna yang disebabkan oleh degradasi zat alamiah, pengaruh logam dan proses oksidasi. Prinsip proses pemucatan adalah adsorpsi sehingga zat warna dan hasil degradasi minyak seperti peroksida akan diadsorpsi oleh permukaan adsorben.

2.8.4. Penghilangan Bau (Deodorisasi)

Deodorisasi dilakukan dalam botol vakum, kemudian dipanaskan dengan mengalirkan uap panas yang akan membawa senyawa volatil (Winarno, 1997). Tujuan dari deodorisasi untuk menghilangkan zat-zat yang menentukan rasa dan bau tidak enak pada minyak (Wijana, dkk., 2005).

2.9. Analisis Bahan

2.9.1. Analisis Bahan Baku

a. Bilangan Asam

Angka asam adalah ukuran dari jumlah asam lemak bebas. Angka asam dinyatakan sebagai jumlah miligram KOH yang digunakan untuk menetralkan asam lemak bebas yang terdapat dalam 1 gram minyak atau lemak (Ketaren, 1986). Bilangan asam yang besar menunjukkan asam lemak bebas yang besar pula, yang berasal dari hidrolisa minyak atau lemak, ataupun karena proses pengolahan yang kurang baik. Makin tinggi bilangan asam, maka makin rendah kualitasnya (Sudarmadji, 2003).

b. Densitas (Massa Jenis)

Densitas merupakan perbandingan massa dengan volume tertentu dari suatu fluida pada temperatur tertentu. Densitas minyak adalah massa minyak per satuan volume pada suhu tertentu. Berat jenis (*specific gravity*) minyak adalah perbandingan antara rapat minyak pada suhu tertentu rapat air pada suhu tertentu (A. Hardjono, 2001).

c. Viskositas

Viskositas atau kekentalan adalah ukuran ketahanan dari suatu fluida untuk mengalir. Viskositas merupakan suatu angka yang menyatakan besarnya hambatan dari suatu bahan cair untuk mengalir atau ukuran dari besarnya tahanan geser dari cairan. Makin tinggi viskositasnya, makin kental dan semakin sukar mengalir (Wardan S dan Zainal A, 2003).

2.9.2. Analisis Produk

Kromatografi Gas-Spektroskopi Massa (GC-MS)

Kromatografi gas-spektroskopi massa atau yang lebih dikenal dengan GC-MS merupakan suatu instrumen gabungan dari kromatografi gas dan spektroskopi massa. Instrumen GC memungkinkan untuk memisahkan molekul-molekul dari suatu campuran, dimana hal ini tidak mungkin dipisahkan dengan cara-cara lain. Karena sensitivitasnya yang tinggi maka hanya diperlukan sejumlah kecil cuplikan (mikroliter). Pemisahan komponen-komponen dari cuplikan terjadi diantara gas pengangkut dan fasa cair (Sastrohamidjojo, 2002).

Spektrometer massa merupakan alat analisis yang mempunyai kemampuan aplikasi yang paling luas, yang dapat dipergunakan untuk memperoleh informasi mengenai komposisi sampel dasar dari suatu bahan, struktur dari molekul anorganik, organik dan biologi, komposisi kualitatif dan kuantitatif dari kompleks, struktur dan komposisi dari permukaan padat dan perbandingan isotropik atom-atom di dalam sampel (Skoog, dkk., 1998).

Kromatografi gas-spektroskopi massa ini biasa digunakan untuk analisis kualitatif senyawa organik yang pada umumnya bersifat dapat diuapkan. Campuran metil ester hasil transesterifikasi minyak nabati memenuhi kriteria ini sehingga dapat dianalisis dengan kromatografi gas-spektroskopi massa. Pemisahan yang dihasilkan dari setiap jenis senyawa yang dianalisis bersifat khas untuk tiap senyawa. Demikian juga untuk senyawa-senyawa metil ester. Ion-ion pecahan dari metil ester diakibatkan penataan ulang hidrogen dan pecahan satu ikatan yang dipisahkan dari gugus C=O (Handayani, 2010).

2.10. Penelitian Pendukung

Penelitian pembuatan biodiesel menggunakan gelombang mikro sudah pernah dilakukan sebelumnya oleh Majid, dkk (2010) yaitu sintesis biodiesel dari minyak jelantah menggunakan gelombang mikro. Adapun variasi yang digunakan

adalah daya *microwave* (100, 150, 200, 250, dan 300 watt) dan variasi waktu reaksi (5, 10, 15, 20 dan 25 menit). Berdasarkan penelitian tersebut diperoleh *yield* maksimal pada rasio mol minyak-metanol (1:6) dengan konsentrasi katalis KOH 1% pada waktu reaksi 10 menit sebesar 93,06% pada daya 100 watt.

Penelitian serupa juga telah dilakukan oleh Handayani (2010) yaitu sintesis biodiesel menggunakan gelombang mikro dari minyak ikan. Adapun variasi yang dilakukan adalah perbandingan mol minyak ikan dengan metanol 1:6, 1:12, 1:18, dan 1:24. Variasi kondisi dalam pembuatan biodiesel adalah daya gelombang mikro yaitu 300, 400, 500, 650, dan 800 watt dan waktu reaksi yaitu 5, 10, 15, 20 dan 25 menit. *Yield* maksimal sebesar 84,5% pada rasio mol minyak ikan-metanol (1:18) dan pada daya 800 watt selama 10 menit.

BAB III PROSEDUR KERJA

Pada penelitian ini, sintesis biodiesel terdiri dari satu tahap yaitu melalui reaksi transesterifikasi trigliserida pada minyak jelantah dengan metanol secara *batch* dengan gelombang mikro menggunakan katalis kalium hidroksida (KOH). Reaksi transesterifikasi ini bertujuan untuk mengkonversi tligliserida menjadi metil ester (biodiesel).

3.1. Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah :

1. Neraca analitik
2. Piknometer 5 ml
3. Pipet tetes
4. Viskometer
5. *Ball filler*
6. *Stopwatch*
7. Erlenmeyer 100 ml
8. Pipet ukur 10 ml, 25 ml
9. *Hot plate*
10. Gelas arloji
11. Spatula
12. *Beaker glass* 100 ml, 500 ml
13. Pengaduk kaca
14. Labu takar 100 ml
15. Corong kaca
16. Buret
17. Statif dan klem
18. Gelas ukur 100 ml
19. Kondensor
20. *Microwave*
21. Selang, ember, pompa
22. Corong pisah 250 ml
23. *Magnetic stirrer*
24. Termometer
25. Pompa
26. Selang
27. Cawan poselen

3.2. Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah :

1. Minyak Jelantah

Minyak jelantah didapatkan dari minyak sisa penggorengan dari industri rumah tangga, Kendal, Jawa Tengah dengan spesifikasi :

Densitas	: 0,9366 gr/ml
Bilangan Asam	: 3,492 KOH/gr minyak
Presentase Asam Lemak Bebas	: 1,755 %
Berat Molekul	: 856,058 gr/gr mol
Warna	: Cokelat Tua
Viskositas pada 40°C	: 43,7795 mm ² /s

2. Metanol Teknis

Metanol teknis didapatkan dari Toko Indrasari, Semarang, Jawa Tengah dengan spesifikasi:

Densitas pada 28 °C	: 0,8 gr/ml
Kadar	: 94%
Titik didih	: 64,5 °C
Berat Molekul	: 32,2 gr/gmol
Warna	: Putih bening

3. KOH

KOH didapatkan dari Toko Heki Lab, Semarang, Jawa Tengah dengan spesifikasi :

Berat molekul	: 56,11 g/mol
Bentuk	: pellet
Warna	: putih

4. Etanol (95 %)

Etanol (95 %) didapatkan dari Toko Heki Lab, Semarang, Jawa Tengah dengan spesifikasi:

Densitas	: 0,789 g/ml
Berat molekul	: 46,07 g/mol
Titik didih	: 78,4 °C
Warna	: Putih bening

5. Indikator pp (fenolftalein)

Indikator pp didapatkan dari Laboratorium Teknik Kimia, Universitas Negeri Semarang dengan spesifikasi:

Bentuk	: cair
Warna	: putih bening

6. Asam Oksalat

Asam oksalat p.a dari Merck (Darmstadt, Germany) dengan spesifikasi:

Berat molekul	: 126,07 g/mol
Bentuk	: serbuk
Warna	: putih

7. Karbon Aktif

Karbon aktif didapatkan dari Toko Hepi Lab, Semarang, Jawa Tengah dengan spesifikasi :

Bentuk	: serbuk halus
Warna	: hitam

3.3. Variabel

Variabel yang dipelajari pada reaksi transesterifikasi trigliserida pada minyak jelantah menjadi metil ester (biodiesel) secara *batch* dengan gelombang mikro menggunakan katalis kalium hidroksida (KOH) ini adalah sebagai berikut.

Variabel tetap : Rasio mol metanol-minyak (1:6), kecepatan pengadukan ± 500 rpm, konsentrasi katalis 1% b/b berat minyak, waktu reaksi 10 menit, daya pada *microwave* 400 watt.

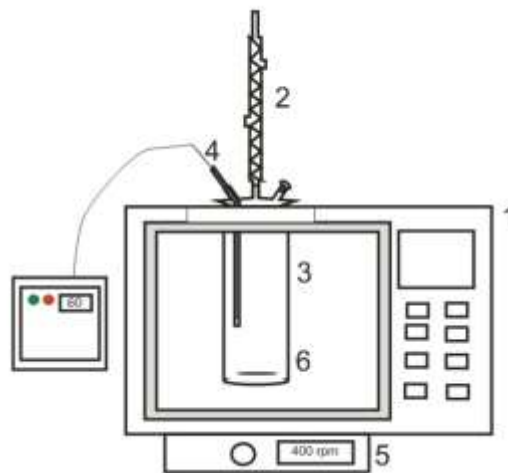
Variabel berubah : Suhu reaksi, yaitu 50 °C, 60°C dan 70°C

3.4. Rangkaian Alat

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini diantaranya adalah :

1. Rangkaian Alat Percobaan

Rangkaian alat yang digunakan untuk proses transesterifikasi minyak jelantah secara *batch* menggunakan *microwave* dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut ini :



Keterangan :

1. *Microwave*
2. Kondensor Bulb
3. Reaktor *Batch*
4. *Termocouple*
5. *Magnetic Stirer*

Gambar 3.1 Rangkaian Alat Sintesis Biodiesel Menggunakan *Microwave*

3.5. Prosedur Kerja

Pada penelitian ini prosedur kerja yang dilakukan adalah sebagai berikut.

3.5.1. Analisis Bahan Baku

Analisis bahan baku yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Penentuan Densitas

Piknometer yang telah bersih dan kering ditimbang dengan teliti. Piknometer diisi dengan minyak jelantah, kemudian tutup kapiler dimasukkan sampai pada tanda yang telah diberikan, selanjutnya ditimbang. Densitas dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$\rho = \frac{G - G_0}{V} \dots\dots\dots(3.1)$$

Dimana:

ρ = densitas (g/ml)

- G = berat piknometer berisi minyak
 G₀ = berat piknometer kosong
 V = volume piknometer

2. Penentuan Viskositas

Pengukuran viskositas minyak jelantah dengan menggunakan viskometer *bath* pada suhu 40 °C. Pertama, viskometer *bath* dinyalakan terlebih dahulu kemudian minyak jelantah dituangkan dalam pipa kapiler dengan corong kaca. Minyak jelantah didiamkan dalam viskometer selama 30 menit agar suhu minyak di dalam pipa kapiler tepat 40°C. Ketinggian minyak dalam kapiler disesuaikan dengan menggunakan pompa hisap, yaitu dibawah garis batas pada *lower bulb*. Minyak dibiarkan mengalir melewati *lower bulb* dan *upper bulb*. Waktu yang diukur adalah waktu untuk melewati *lower bulb* (a) dan *lower bulb* (b) Nilai viskositas kemudian dihitung dengan persamaan 3.2 berikut.

$$\mu = C \times t \dots\dots\dots(3.2)$$

Dimana :

μ = viskositas kinematik (mm²/s)

C = konstanta kalibrasi viskometer (mm²/s²)

t = waktu mengalir (s)

3. Penentuan Bilangan Asam

a. Pembuatan larutan KOH 0,1 N

Sebanyak 0,561 gram KOH dimasukkan ke dalam *beaker glass* yang telah diisi sedikit aquades dan dilarutkan. Larutan KOH tersebut selanjutnya dimasukkan ke dalam labu takar volume 100 ml dan ditambahkan aquades sampai garis tanda kemudian digojok agar homogen.

b. Standarisasi larutan KOH 0,1 N

Sebanyak 0,63 gram asam oksalat dimasukkan ke dalam *beaker glass* yang telah diisi sedikit aquades dan dilarutkan. Larutan asam oksalat tersebut selanjutnya dimasukkan ke dalam labu takar volume 100 ml dan ditambahkan aquades sampai garis tanda kemudian digojok agar homogen.

Masukkan 5 ml larutan asam oksalat dalam erlenmeyer, tambahkan 3 tetes indikator pp dan dititrasi dengan larutan KOH 0,1 N yang akan distandarisasi hingga larutan menjadi merah muda. Normalitas larutan KOH dapat dihitung dengan persamaan 3.3 berikut:

$$V_a \times N_a = V_b \times N_b \quad \dots\dots\dots (3.3)$$

Dimana:

V_a = Volume larutan asam oksalat (ml)

V_b = Volume larutan KOH (ml)

N_a = Normalitas larutan asam oksalat (N)

N_b = Normalitas larutan KOH (N)

c. Analisis Bilangan Asam

Timbang 4 gram minyak jelantah di dalam erlenmeyer 100 ml. Tambahkan 10 ml etanol 95%, kemudian dipanaskan dengan menggunakan kompor listrik selama 30 menit sambil diaduk. Larutan didinginkan, kemudian ditambahkan larutan indikator *fenolftalein* sebanyak 3 tetes. Larutan dititrasi dengan KOH 0,1 N hingga berwarna merah jambu minimal 15 detik. Jumlah volume (ml) KOH yang terpakai untuk titrasi kemudian dihitung untuk mengetahui nilai bilangan asam dengan persamaan berikut:

$$\text{Bilangan asam} = \frac{A \times N \times 56,1}{G} \quad \dots\dots\dots (3.4)$$

Dimana:

A = volume KOH yang dibutuhkan untuk titrasi (ml)

N = normalitas larutan KOH

G = berat sampel (gram)

56,1 = bobot molekul KOH (g/mol)

3.5.2. Pretreatment Minyak Jelantah Melalui Bleaching (Pemucatan) Menggunakan Karbon Aktif

Prosedur kerja *bleaching* minyak jelantah menggunakan adsorben berupa karbon aktif. Mula-mula minyak goreng bekas disaring menggunakan kain atau

kertas saring untuk memisahkan kotoran yang berupa padatan. Menimbang karbon aktif (adsorben) 5% b/b dari berat minyak jelantah. Selanjutnya karbon aktif diaktivasi dengan cara di oven pada suhu 100 °C selama 1 jam. Sementara karbon aktif diaktivasi, kita dapat menyaring minyak goreng bekas menggunakan kain atau kertas saring untuk memisahkan kotoran yang berupa padatan. Selanjutnya sebanyak 200 gram minyak jelantah yang sudah disaring dipanaskan pada suhu 70°C dalam *beaker glass* 500 ml sambil diaduk menggunakan *magnetic stirer*. Kemudian campurkan karbon aktif kedalam minyak jelantah dan dipanaskan sampai suhu 90-100°C diatas *hot plate* sambil diaduk dengan *magnetic stirer* selama 1 jam. Kemudian minyak disaring dengan menggunakan kertas saring halus selanjutnya di uji bilangan asamnya.

3.5.3. Sintesis Biodiesel Dari Minyak Jelantah Melalui Reaksi Transesterifikasi Menggunakan *Microwave*

Prosedur kerja sintesis biodiesel minyak jelantah melalui reaksi transesterifikasi menggunakan *microwave* dengan katalis KOH. Langkah awal dengan membuat larutan metanol (perbandingan metanol : minyak = 6:1) yang ditambahkan katalis KOH sebanyak 1% b/b dari berat minyak. Kemudian keduanya diaduk rata dalam *beaker glass* 500 ml dan dimasukkan kedalam reaktor *bacth* pada *oven microwave* yang sebelumnya sudah diatur daya dan suhunya. Selanjutnya hasil dari tahap transesterifikasi dimasukkan kedalam corong pisah dan didiamkan selama ± 5 jam agar terbentuk 2 lapisan yaitu metil ester dan gliserol. Selanjutnya dilakukan pemisahan ester dengan gliserol. Biodiesel hasil transesterifikasi kemudian dicuci menggunakan aquades. Proses pencucian biodiesel dilakukan dengan menggunakan air yang bertujuan untuk menghilangkan alkohol dan katalis yang tidak bereaksi dan sabun yang tertinggal dalam biodiesel setelah reaksi. Pencucian dihentikan bila air cucian sudah terlihat jernih. Biodiesel yang telah dicuci kemudian dioven pada suhu 110 °C. Proses pemanasan pada biodiesel bertujuan untuk menghilangkan sisa-sisa air yang berada di dalam biodiesel.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Penggunaan radiasi gelombang mikro pada pembuatan biodiesel dari minyak jelantah dengan variasi suhu menghasilkan *yield* tertinggi pada suhu 70°C sebesar 98,89%.
2. Variasi suhu proses transesterifikasi tidak memberikan perbedaan yang signifikan pada karakter biodiesel yang dihasilkan, meliputi: nilai massa jenis, viskositas dan bilangan asam.
3. Karakteristik biodiesel yang dihasilkan dari minyak jelantah menggunakan radiasi gelombang mikro sudah memenuhi standar SNI yaitu meliputi densitas, viskositas dan bilangan asam.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian dari percobaan yang telah dilakukan, penulis memberikan saran bahwa :

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut proses transesterifikasi dengan daya pada *microwave* yang tepat untuk menghemat energi.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk menguji karakteristik biodiesel meliputi kandungan air, angka setana dan parameter lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Hardjono. 2001. Teknologi Minyak Bumi. UGM Press. Yogyakarta
- Atadashi, I. M., Aroua, M. K., & Abdul Aziz A., dkk. 2011. Biodiesel Separation and Purification: A Review. *Renew. Energy*, 36(2), 437-443.
- Budiman, A., R.D. Kusumaningtyas, Y. S. Pradana, dan N. A. Lestari. 2014. *Biodiesel Bahan Baku, Proses dan Teknologi*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Darnoko, D., Cheryan M, Perkins EG. 2000. Analysis of vegetable oil transesterification products by gel permeation chromatography. *J Liq Chrom Rel Technol*; 23(15):2327–35.
- Diasakou, M., Louloudi, A., & Papayannakos, N., 2001. Kinetics of the Non-catalic Transesterification of Soybean Oil. *Fuel*, 1297-1302.
- Dogra, SK dan Dogra, S. 1990. Kimia Fisika Dan Soal-Soal (terjemahan Umar Mansyur. UI Press.
- Handayani, S. P., 2010. Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Ikan Dengan Radiasi Gelombang Mikro. Skripsi. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Hart, H., 1990. Kimia Organik Suatu Bahan Kuliah Singkat, Jakarta: Erlangga. Hal: 276.
- Haryahto, Bode., 2002. Bahan Bakar Alternatif Biodiesel, Jurusan Teknik Kimia Universitas Sumatera Utara: USU digital library.
- Hernando J., Leton P., M.P. Matia, J.L. Novella and J. Alvarez-Builla., 2007. *Biodiesel and FAME synthesis assisted by microwaves: Homogeneous batch and flow processes*, *Fuel*, Volume 86, Issues 10-11, July-August 2007, pp. 1641-1644.
- Hikmah. M. N dan Zuliyana. 2010. Pembuatan Metil Ester (Biodiesel) Dari Minyak Dedak Dan Metanol Dengan Proses Esterifikasi Dan Transesterifikasi. Skripsi. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Ketaren, S. 1986. Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan. UI Press. Jakarta.
- Ketaren, S. 2005. Minyak dan Lemak Pangan. UI Press. Jakarta.

- Ketaren, S. 2008. Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan. UI Press. Jakarta.
- Knothe G, JV Gerpen and J. Krahl. 2005. *The Biodiesel Handbook*. United States of America: AOCS Press.
- Lele, S. 2005. Biodiesel in India. <http://www.svlele.com/biodiesel>.
- Lertsathapornsuk V., P. Ruangying, R.Pairintra dan K. Krisnangkura. 2004. *Continuous Transesthylation Of Vegetable Oils by Microwave Irradiation*. Thailand
- Lertsathapornsuk V., R.Pairintra dan K. Krisnangkura. 2004. Direct Conversion of Used Vegetable Oil to Biodiesel and Its Use As An Alternative Fuel For Compression Ignition Engine King Mongkut's University of Technology Thonburi. Bangkok. Thailand.
- Listiadi A. P., dan I. M. B. Putra. 2013. Intensifikasi Biodiesel dari Minyak Jelantah dengan Metode Interesterifikasi dan Pemurnian *Dry Washing*. Skripsi. Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Cilegon.
- Majid, Atsari. A, dkk. 2012. Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Jelantah Dengan Menggunakan Iradiasi Gelombang Mikro. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Marchetti JM, VU Miguel dan AF. Errazu. 2007. *Heterogeneous esterification of oil with high amount of free fatty acids*. J Fuel 86 : 906 – 910.
- Marchetti JM dan AF. Errazu. 2008. *Comparison of different heterogeneous catalysts and different alcohols for the esterification reaction of oleic acid*. J Fuel 87 : 3477 – 3480.
- Maskan, M., dan H.I. Bagci. 2003. “Effect of Different Adsorbents On Purification of Used Sunflower Seed Oil Utilized For Frying”. Journal of Food Research Technology. 217. 215-218.
- Maskan, M., dan H.I. Bagci. 2003. *The Recovery of Used Sunflower Seed Oil Utilized in Repeated Deep-Fat Frying Process, European Food Research and Technology*. 218. 26-31.
- Meher, L.C., Sagar, D.V., & Naik, S.N. 2006. Technical aspects of biodiesel production by Transesterification- a review. Renewable and Sustainable Energy Reviews Vol. 10: 248-268.
- Mescha, D., dkk. 2007. Intensifikasi Proses Produksi Biodiesel. Jurnal ITB. Bandung.

- Mittlebach, M., Remschmidt, Claudia. 2004. *Biodiesel The Comprehensive Handbook*. Vienna: Boersdruck Ges.m.bH.
- Miyagi, A., et al. 2001. *Feasibility Recycling Used Frying Oil Using Membrane Process*. Journal Lipid Science Technology. 103, 208-215.
- Moreira, R.G. 1999. “*Deep-Fat Frying Fundamentals and Application*”. Hal,46. 37-41. Aspen Publishers Inc. West Port. Connecticut.
- P. Shintawati Dyah. 2011. *Produksi Biodiesel Dari Mikroalga Chlorella Sp Dengan Metode Esterifikasi In-Situ*. Tesis. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Pariadi, Ismuyanto, B. Hastuti, D. 2001. *Synthesis of Activated Carbon from Tobacco Waste Using Sodium Hydroxide*. Malang: Departement of Chemistry. Faculty of Mathematic and Natural Science. Brawijaya University.
- Pristiyani, Riris. 2015. *Sintesis Biodiesel Dan Fuel Bioadditive Triasetin Secara Simultan Dengan Metode Interesterifikasi Minyak Jarak (Jatropha Curcas)*. Universitas Negeri Semarang. Semarang.
- Rahmani, R. 2008. *Penentuan Sifat Fisiko-Kimia dan Komposisi Asam Lemak Penyusun Trigliserida Serta Optimasi Kondisi Reaksi Sintesis Biodiesel (Metil Ester) Minyak Biji Sirsak (Annona mucirata)*. Skripsi. Universitas Indonesia. Depok.
- Rahayu.S. S., dan Rarasmedi, I. 2003. *Biodiesel dari Minyak Sawit dan Fraksi Ringan Minyak Fusel*. Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia. Yogyakarta.
- Ramadhas, A.S., Jayaraj, S., Muraleedharan, C. 2005. *Biodiesel Production from High FFA Rubber Seed Oil*. Fuel 84. 335-340.
- Renaldi, A. A. 2009. *Kajian Stabilitas Oksidasi Campuran Biodiesel Minyak Jelantah-Solar dan Kinerja Mesin Diesel*. Skripsi. Universitas Indonesia.
- Rosita, Alinda Fradiani. 2009. “*Peningkatan Kualitas Minyak Goreng Bekas dengan Menggunakan Adsorben Karbon Aktif*”. Seminar Skripsi. Semarang : Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik. Universitas Diponegoro.
- Ruhyat, N. dan Firdaus, A. 2006. *Analisis Pemilihan Bahan Baku Biodiesel di DKI Jakarta*. Universitas Mercu Buana. Jakarta.

- Santoso, A. 2008. Pemanfaatan gelombang mikro untuk meningkatkan efisiensi sintesis biodiesel Sebagai energi terbarukan. Universitas Muhammadiyah. Malang.
- Santoso, H., I. Kristianto, dan A. Setyadi. 2013. Pembuatan Biodiesel Menggunakan Katalis Basa Heterogen Berbahan Dasar Kulit Telur. Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Universitas Katolik Prahayangan.
- Sembiring, Sinaga. 2003. Arang Aktif (Pengenalan dan Proses Pembuatannya); Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara; Sumatera Utara
- Setiawati, E., dan F. Edwar. 2012. *Teknologi Pengolahan Biodiesel dari Minyak Goreng Bekas dengan Teknik Mikrofiltrasi dan Transesterifikasi sebagai Bahan Bakar Mesin Diesel*. Jurnal Riset Industri 2: 117-127.
- Skoog, D.A., Holler, F.J & Nieman, A.T. 1998. *Principle of Instrumental Analysis*, Fifth Edition, New York, Hancourt Brace & Company.
- Soerawidjaja, Tatang H. 2006. *Fondasi-Fondasi Ilmiah dan Keteknikan dari Teknologi Pembuatan Biodiesel*. Handout Seminar Nasional “Biodiesel Sebagai Energi Alternatif Masa Depan” UGM Yogyakarta.
- Sudarmadji, S., dkk. 1989. Analisa Bahan Makanan Dan Pertanian. Bandung.
- Sudrajat, R, dkk. 2008. Proses Transesterifikasi Pada Pembuatan Biodiesel Menggunakan Minyak Nyamplung (*Calophyllum inophyllum* L.) Yang Telah Dilakukan Esterifikasi. Pusat Litbang hasil Hutan. Bogor.
- Supandi. 2003. Pembuatan Biodiesel Melalui Transesterifikasi Minyak Kelapa Menggunakan Metanol dengan Katalis Natrium Metoksida (NaOCH_2). Skripsi S1. Jurusan Kimia MIPA. UNS. Surakarta.
- Susilo, 2006. Biodiesel revisi sumber energy alternative pengganti solar yang terbuat dari ekstraksi minyak jarak pagar, Trubus agrisarana. Surabaya.
- Terigar, B.G. 2009. *Advanced Microwave Technology For Biodiesel Feedstock Processing* (Thesis). Aurel Vlaicu University of Arad. Romania.
- Wahyu, H. M. dan Michael J. H. 2007. Sintesis Dan Uji Aktivitas $\text{Cu/Zn/Al}_2\text{O}_3$ Untuk Katalis Reformasi Kukus Metanol Sebagai Penyedia Hidrogen Sel Tunam (*fuel cell*). ITB. Bandung.

Wardan Suyanto, Zainal Arifin. 2003. Bahan Bakar Dan Pelumas. Yogyakarta: Fakultas Teknik UNY.

LAMPIRAN I
PERHITUNGAN ANALISIS BAHAN BAKU

1. Penentuan Densitas

Diketahui : Berat piknometer kosong (G_o) = 10,78 gram
 Berat piknometer berisi minyak jelantah (G) = 20,146 gram
 Volume piknometer (V) = 10 ml

Ditanya : Densitas minyak jelantah (ρ) ?

Jawab :

$$\rho = \frac{G - G_o}{V}$$

$$\rho = \frac{20,146 \text{ g} - 10,78 \text{ g}}{10 \text{ ml}}$$

$$\rho = \frac{9,366 \text{ g}}{10 \text{ ml}}$$

$$\rho = 0,9366 \text{ g/ml}$$

2. Penentuan Viskositas

Pengujian	Waktu (s)		Konstanta ((mm ² /s)s)		Viskositas kinematis (mm ² /s)		Viskositas kinematis rata-rata (mm ² /s)
	Lower bulb	Upper bulb	Lower bulb	Upper bulb	Lower bulb	Upper bulb	
I	450,78	618,28	0,09277	0,07133	41,82	44,10	42,96
II	471,53	627,85			43,74	44,78	44,26
III	468,56	628,23			43,42	44,81	44,11
Viskositas kinematis rata-rata (mm ² /s)							43,77

3. Penentuan Bilangan Asam

a. Pembuatan larutan KOH 0,1 N

Diketahui : N KOH = 0,1 N

$$\text{Mr KOH} = 56,1 \text{ g/mol}$$

$$V \text{ KOH} = 100 \text{ ml}$$

Ditanya : Massa KOH ?

Jawab :

$$N = \frac{a}{Mr} \times \frac{1000}{v}$$

$$0,1 = \frac{a}{56,1} \times \frac{1000}{100}$$

$$5,61 = a \times 10$$

$$a = 0,561 \text{ gram}$$

b. Pembuatan larutan Asam Oksalat 0,1 N

Diketahui : N Asam Oksalat = 0,1 N

$$\text{Mr Asam Oksalat} = 126,07 \text{ g/mol}$$

$$V \text{ Asam Oksalat} = 100 \text{ ml}$$

Ditanya : Massa Asam Oksalat ?

Jawab :

$$N = M \times \text{valensi}$$

$$0,1 = M \times 2$$

$$M = 0,05 \text{ M}$$

$$M = \frac{a}{Mr} \times \frac{1000}{v}$$

$$0,05 = \frac{a}{126,07} \times \frac{1000}{100}$$

$$6,30 = a \times 10$$

$$a = 0,63 \text{ gram}$$

c. Standarisasi larutan KOH

Diketahui :

Pengujian	V Asam Oksalat	V KOH
I	5 ml	6 ml

II	5 ml	6 ml
Volume rata-rata	5 ml	6 ml

Ditanya : N KOH ?

Jawab :

$$Na \times Va = Nb \times Vb$$

$$0,1 \times 5 = Nb \times 6$$

$$0,5 = Nb \times 6$$

$$Nb = 0,0833 N$$

d. Uji bilangan asam

Diketahui :

Pengujian	G	V KOH
I	4 gram	3 ml
II	4 gram	3 ml
Volume rata-rata		3 ml

Ditanya : Bilangan asam ?

Jawab :

$$\text{Bilangan asam} = \frac{V \text{ KOH} \times N \times 56,1}{G}$$

$$\text{Bilangan asam} = \frac{3 \times 0,0833 \times 56,1}{4}$$

$$\text{Bilangan asam} = 3,492$$

$$\text{Keasaman} = \frac{N \text{ KOH} \times V \text{ KOH} \times Mr \text{ FFA}}{G \times 1000} \times 100\%$$

$$\text{Keasaman} = \frac{0,0833 \times 3 \times 282}{4 \times 1000} \times 100\%$$

$$\text{Keasaman} = 1,755 \%$$

LAMPIRAN 2

PERHITUNGAN BILANGAN ASAM SETELAH PROSES *BLEACHING*

Diketahui :

Standarisasi larutan KOH = 0,094 N

Pengujian	G	V KOH
I	4 gram	1,1 ml
II	4 gram	1,3 ml
Volume rata-rata		1,2 ml

Ditanya : Bilangan asam ?

Jawab :

$$\text{Bilangan asam} = \frac{V \text{ KOH} \times N \times 56,1}{G}$$

$$\text{Bilangan asam} = \frac{1,2 \times 0,094 \times 56,1}{4}$$

$$\text{Bilangan asam} = 1,582$$

$$\text{Keasaman} = \frac{N \text{ KOH} \times V \text{ KOH} \times Mr \text{ FFA}}{G \times 1000} \times 100\%$$

$$\text{Keasaman} = \frac{0,094 \times 1,2 \times 282}{4 \times 1000} \times 100\%$$

$$\text{Keasaman} = 0,795 \%$$

LAMPIRAN 3
PERHITUNGAN KEBUTUHAN BAHAN PADA PROSES
TRANSESTERIFIKASI

1. BERAT MOLEKUL MINYAK JELANTAH

Diketahui : BM H = 1,00794 g/mol

BM C = 12,0107 g/mol

Komposisi Asam Lemak dalam Minyak Jelantah

Asam Lemak	Persentase (%)	Berat Molekul (g/mol)
Palmitat	40 – 46	256
Oleat	30 – 45	282
Linoleat	7 – 11	280
Berat molekul rata-rata		272,67

Ditanya : Berat Molekul Minyak ?

Jawab :

$$BM = (3 \times BM_{Rata-rata}ALB - 3 \times BM H) + (3 \times BM C + 5 \times BM H)$$

$$BM = (3 \times 272,67 - 3 \times 1,00794) + (3 \times 12,0107 + 5 \times 1,00794)$$

$$BM = (818,01 - 3,02382) + (36,0321 + 5,0397)$$

$$BM = 814,9862 + 41,0718$$

$$BM = 854,058$$

2. VARIABEL KONSENTRASI KATALIS

Diketahui : Massa Minyak Jelantah = 150 gram

BM Minyak Jelantah = 854,058 g/mol

ρ Minyak Jelantah = 0,9366 g/ml

BM Metanol = 32,2 g/mol

ρ Metanol = 0,8 g/ml

Perbandingan mol minyak jelantah : metanol = 1 : 6

Ditanya : Kebutuhan volume metanol?

Jawab :

$$\begin{aligned} \text{Mol} &= \frac{\text{Massa}}{\text{BM}} \\ &= \frac{150 \text{ g}}{856,058 \text{ g/mol}} \\ &= 0,175 \text{ mol} \end{aligned}$$

➤ Rasio mol minyak jelantah : metanol = 1 : 6

$$\begin{aligned} \text{Mol metanol} &= 0,175 \times 6 \\ &= 1,05 \text{ mol} \end{aligned}$$

➤ Massa Metanol = mol x BM

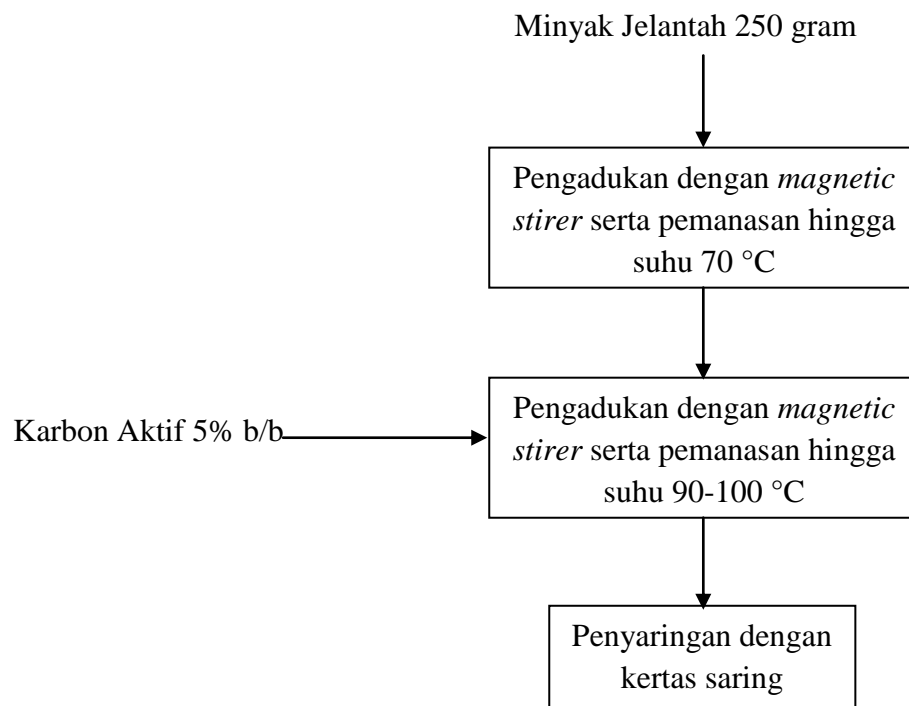
$$\begin{aligned} &= 1,05 \times 32,2 \\ &= 33,81 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume Metanol} &= \frac{\text{Massa}}{\rho} \\ &= \frac{33,81}{0,8} \\ &= 42,26 \text{ ml} \end{aligned}$$

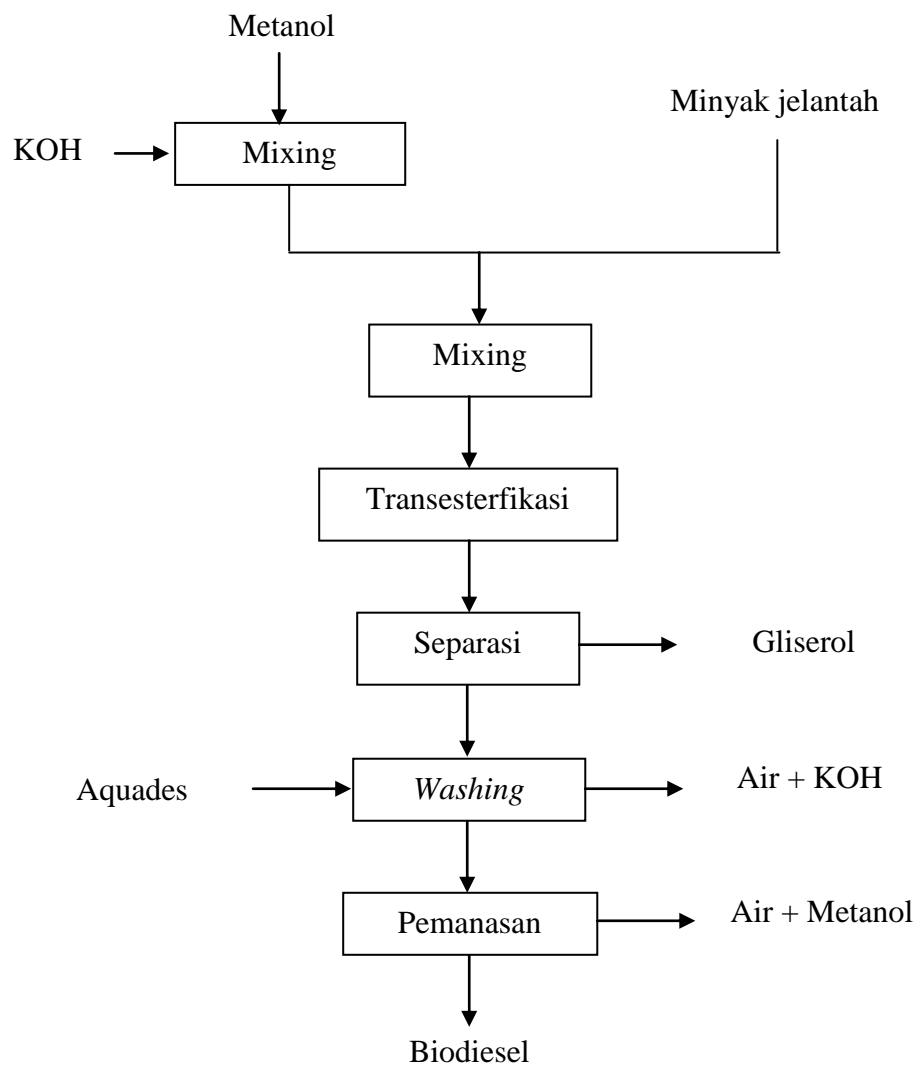
a. Konsentrasi katalis 1% berat minyak

$$\text{KOH} = \frac{1}{100} \times 150 \text{ g} = 1,5 \text{ g}$$

LAMPIRAN 4
DIAGRAM ALIR PROSES *BLEACHING*



LAMPIRAN 5
DIAGRAM ALIR SINTESIS BIODIESEL DARI MINYAK JELANTAH
MENGGUNAKAN *MICROWAVE*



LAMPIRAN 6
PERHITUNGAN ANALISIS BIODIESEL MINYAK JELANTAH

1. Penentuan Densitas

A. Penentuan densitas biodiesel pada suhu reaksi 50°C

Diketahui : Berat piknometer kosong (G_o) = 10,78 g

Berat piknometer berisi minyak jarak (G) = 19,59 g

Volume piknometer (V) = 10 ml

Ditanya : Densitas minyak jarak (ρ) ?

Jawab :

$$\rho = \frac{G - G_o}{V}$$

$$\frac{19,59 \text{ g} - 10,78 \text{ g}}{10 \text{ ml}}$$

$$\rho = \frac{8,81 \text{ g}}{10 \text{ ml}}$$

$$\rho = 0,881 \text{ g/ml}$$

B. Penentuan densitas biodiesel suhu reaksi 60°C

Diketahui : Berat piknometer kosong (G_o) = 10,78 g

Berat piknometer berisi minyak jarak (G) = 19,60 g

Volume piknometer (V) = 10 ml

Ditanya : Densitas minyak jarak (ρ) ?

Jawab :

$$\rho = \frac{G - G_o}{V}$$

$$\rho = \frac{19,60 \text{ g} - 10,78 \text{ g}}{10 \text{ ml}}$$

$$\rho = \frac{8,82 \text{ g}}{10 \text{ ml}}$$

$$\rho = 0,882 \text{ g/ml}$$

C. Penentuan densitas biodiesel suhu reaksi 70°C

Diketahui : Berat piknometer kosong (G_o) = 10,78 g

Berat piknometer berisi minyak jarak (G) = 19,61 g

Volume piknometer (V)= 10 ml

Ditanya: Densitas minyak jarak (ρ) ?

Jawab :

$$\rho = \frac{G - G_o}{V}$$

$$\frac{19,61 \text{ g} - 10,78 \text{ g}}{10 \text{ ml}}$$

$$\rho = \frac{8,83 \text{ g}}{10 \text{ ml}}$$

$$\rho = 0,883 \text{ g/ml}$$

2. Penentuan Viskositas

A. Perhitungan Viskositas Biodiesel Suhu 50°C

Pengujian	Waktu (s)		Konstanta ((mm ² /s)s)		Viskositas kinematis (mm ² /s)		Viskositas kinematis rata-rata (mm ² /s)
	Lower bulb	Upper bulb	Lower bulb	Upper bulb	Lower bulb	Upper bulb	
I	128,80	185,46	0,03995	0,02834	5,145	5,139	5,200
II	128,63	185,90			5,256	5,268	
Viskositas kinematis rata-rata (mm ² /s)							5,201

B. Perhitungan Viskositas Biodiesel Suhu 60°C

Pengujian	Waktu (s)		Konstanta ((mm ² /s)s)		Viskositas kinematis (mm ² /s)		Viskositas kinematis rata-rata (mm ² /s)
	Lower bulb	Upper bulb	Lower bulb	Upper bulb	Lower bulb	Upper bulb	
I	127,81	182,98	0,03995	0,02834	5,106	5,186	5,146
II	125,72	184,83			5,022	5,238	
Viskositas kinematis rata-rata (mm ² /s)							5,138

C. Perhitungan Viskositas Biodiesel Suhu 70°C

Pengujian	Waktu (s)		Konstanta ((mm ² /s)s)		Viskositas kinematis (mm ² /s)		Viskositas kinematis rata-rata (mm ² /s)
	Lower bulb	Upper bulb	Lower bulb	Upper bulb	Lower bulb	Upper bulb	
I	126,02	181,99	0,03995	0,02834	5,034	5,064	5,095
II	126,75	182,46			5,157	5,171	5,117
Viskositas kinematis rata-rata (mm ² /s)							5,106

3. Penentuan Bilangan Asam

a. Pembuatan larutan KOH 0,1 N

Diketahui : N KOH = 0,1 N

Mr KOH = 56,1 g/mol

V KOH = 100 ml

Ditanya : Massa KOH ?

Jawab :

$$N = \frac{a}{Mr} \times \frac{1000}{v}$$

$$0,1 = \frac{a}{56,1} \times \frac{1000}{100}$$

$$5,61 = a \times 10$$

$$a = 0,561 \text{ gram}$$

b. Pembuatan larutan Asam Oksalat 0,1 N

Diketahui : N Asam Oksalat = 0,1 N

Mr Asam Oksalat = 126,07 g/mol

V Asam Oksalat = 100 ml

Ditanya : Massa Asam Oksalat ?

Jawab :

$$N = M \times \text{valensi}$$

$$0,1 = M \times 2$$

$$M = 0,05 M$$

$$M = \frac{a}{Mr} \times \frac{1000}{v}$$

$$0,05 = \frac{a}{126,07} \times \frac{1000}{100}$$

$$6,30 = a \times 10$$

$$a = 0,63 \text{ gram}$$

c. Standarisasi larutan KOH

Diketahui :

Pengujian	V Asam Oksalat	V KOH
I	5 ml	5 ml
II	5 ml	6 ml
Volume rata-rata	5 ml	6 ml

Ditanya : N KOH ?

Jawab :

$$Na \times Va = Nb \times Vb$$

$$0,1 \times 5 = Nb \times 6$$

$$0,5 = Nb \times 6$$

$$Nb = 0,083 N$$

d. Uji bilangan asam

- Uji bilangan asam biodiesel suhu reaksi 50°C

Diketahui :

Pengujian	G	V KOH
I	4 gram	0,3 ml
II	4 gram	0,3 ml

Volume rata-rata	0,3 ml
------------------	--------

Ditanya : Bilangan asam ?

Jawab :

$$\text{Bilangan asam} = \frac{V \text{ KOH} \times N \times 56,1}{G}$$

$$\text{Bilangan asam} = \frac{0,3 \times 0,083 \times 56,1}{4}$$

$$\text{Bilangan asam} = 0,349$$

$$\text{Keasaman} = \frac{N \text{ KOH} \times V \text{ KOH} \times Mr \text{ FFA}}{G \times 1000} \times 100\%$$

$$\text{Keasaman} = \frac{0,083 \times 0,3 \times 282}{4 \times 1000} \times 100\%$$

$$\text{Keasaman} = 0,1755 \%$$

• Uji bilangan asam biodiesel suhu reaksi 60°C

Diketahui :

Pengujian	G	V KOH
I	4 gram	0,3 ml
II	4 gram	0,25 ml
Volume rata-rata		0,275 ml

Ditanya : Bilangan asam ?

Jawab :

$$\text{Bilangan asam} = \frac{V \text{ KOH} \times N \times 56,1}{G}$$

$$\text{Bilangan asam} = \frac{0,275 \times 0,083 \times 56,1}{4}$$

$$\text{Bilangan asam} = 0,320$$

$$\text{Keasaman} = \frac{N \text{ KOH} \times V \text{ KOH} \times Mr \text{ FFA}}{G \times 1000} \times 100\%$$

$$\text{Keasaman} = \frac{0,083 \times 0,275 \times 282}{4 \times 1000} \times 100\%$$

$$\text{Keasaman} = 0,161 \%$$

- Uji bilangan asam biodiesel suhu reaksi 50°C

Diketahui :

Pengujian	G	V KOH
I	4 gram	0,3 ml
II	4 gram	0,3 ml
Volume rata-rata		0,3 ml

Ditanya : Bilangan asam ?

Jawab :

$$\text{Bilangan asam} = \frac{V \text{ KOH} \times N \times 56,1}{G}$$

$$\text{Bilangan asam} = \frac{0,25 \times 0,083 \times 56,1}{4}$$

$$\text{Bilangan asam} = 0,291$$

$$\text{Keasaman} = \frac{N \text{ KOH} \times V \text{ KOH} \times Mr \text{ FFA}}{G \times 1000} \times 100\%$$

$$\text{Keasaman} = \frac{0,083 \times 0,25 \times 282}{4 \times 1000} \times 100\%$$

$$\text{Keasaman} = 0,146 \%$$

LAMPIRAN 7

Dokumentasi

Gambar 1. Proses *bleaching* minyak jelantahGambar 2. Minyak sebelum dan sesudah di *bleaching*



Gambar 3. Pembuatan Biodiesel Dengan *Microwave*



Gambar 4. Dekantasi Biodiesel



Gambar 5. Pemisahan Gliserol dari Biodiesel



Gambar 6. Pencucian Biodiesel



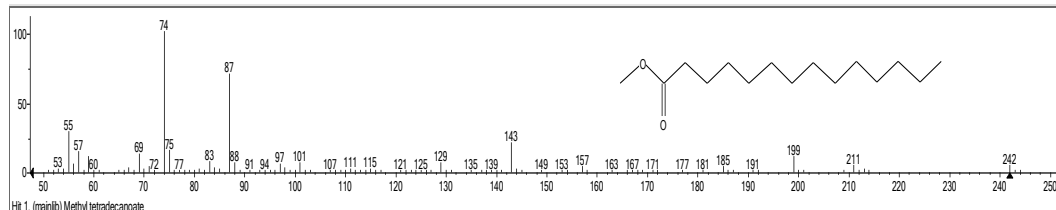
Gambar 7. Biodiesel Hasil Pencucian

LAMPIRAN 8 HASIL ANALISIS GC-MS

1. Hasil analisis GC-MS metil ester pada suhu reaksi 50°C

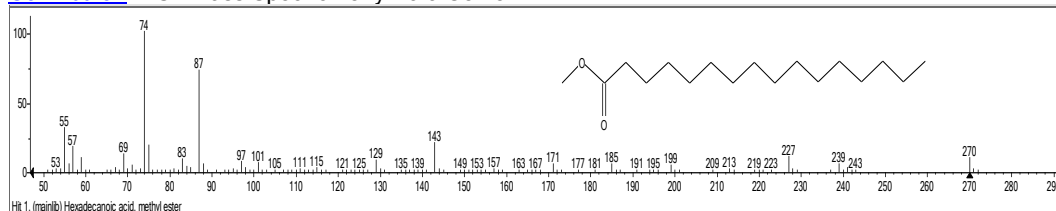
Name: Methyl tetradecanoate/ Tetradecanoic acid, methyl ester/ Methyl n-tetradecanoate

Contributor: NIST Mass Spectrometry Data Center



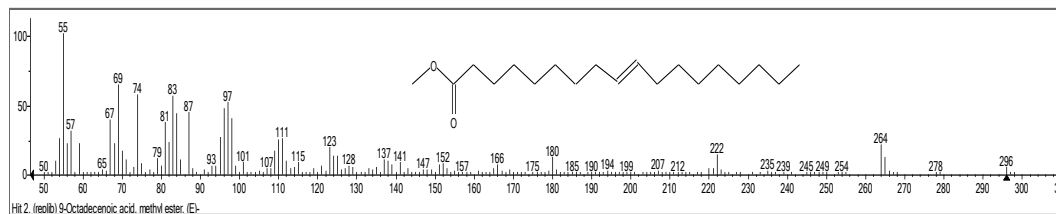
Name: Hexadecanoic acid, methyl ester

Contributor: NIST Mass Spectrometry Data Center



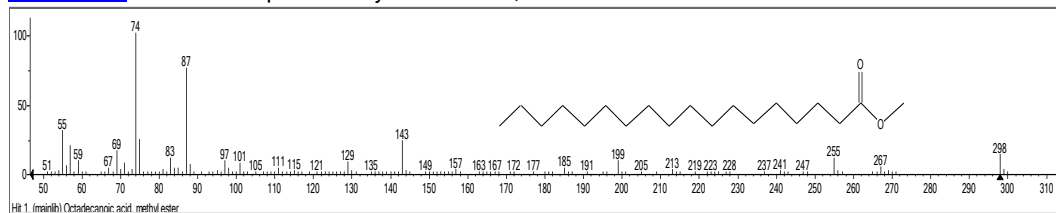
Name: 9-Octadecenoic acid, methyl ester, (E)-

Contributor: NIST Mass Spectrometry Data Center



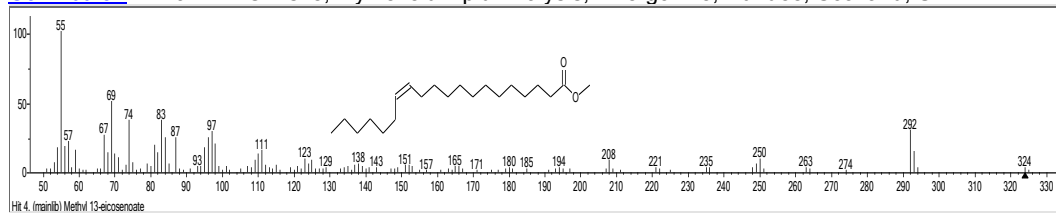
Name: Octadecanoic acid, methyl ester

Contributor: NIST Mass Spectrometry Data Center, 1998.



Name: Methyl 13-eicosenoate

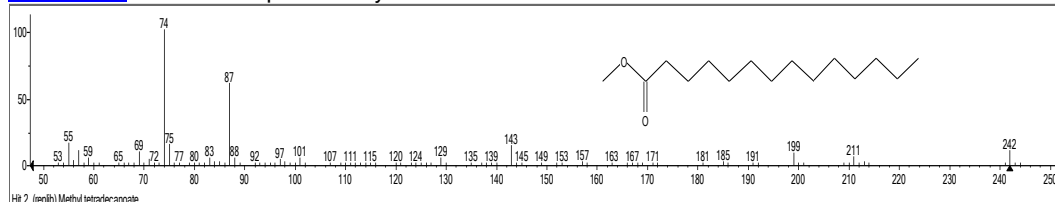
Contributor: William W. Christie, Mylnefield Lipid Analysis, Invergowrie, Dundee, Scotland, UK



2. Hasil analisis GC-MS metil ester pada suhu reaksi 60°C

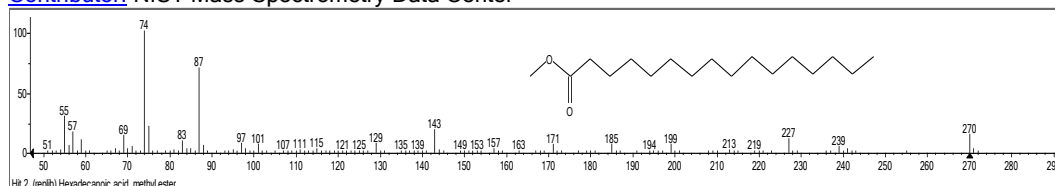
Name: Methyl tetradecanoate/ Tetradecanoic acid, methyl ester/ Methyl n-tetradecanoate

Contributor: NIST Mass Spectrometry Data Center



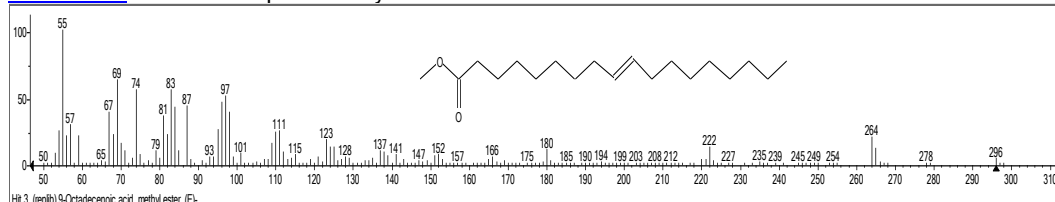
Name: Hexadecanoic acid, methyl ester/ Palmitic acid, methyl ester/ Methyl palmitate

Contributor: NIST Mass Spectrometry Data Center



Name: 9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester/ Oleic acid, methyl ester

Contributor: NIST Mass Spectrometry Data Center

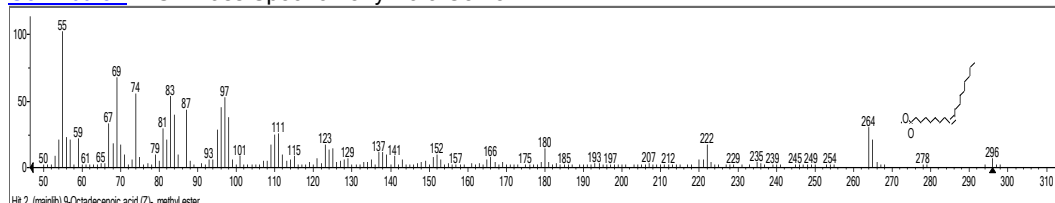


Name: 9-Octadecenoic acid, methyl ester, (E)-/ Elaidic acid, methyl ester/ Methyl trans-9-octadecenoate

Contributor: NIST Mass Spectrometry Data Center

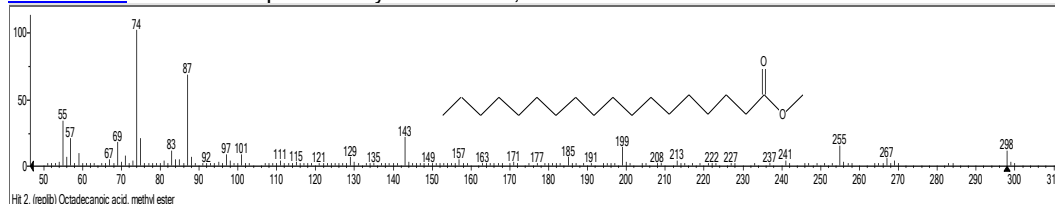
Name: cis-13-Octadecenoic acid, methyl ester

Contributor: NIST Mass Spectrometry Data Center



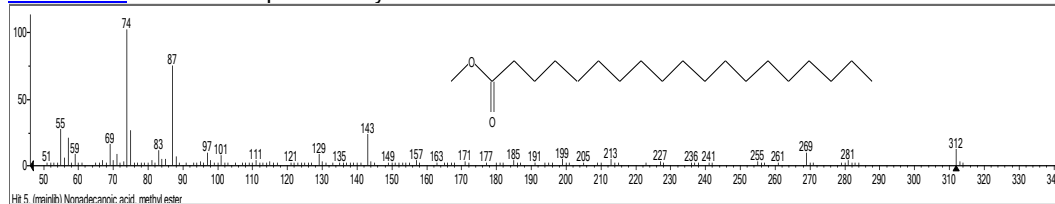
Name: Octadecanoic acid, methyl ester/ Stearic acid, methyl ester

Contributor: NIST Mass Spectrometry Data Center, 1998.

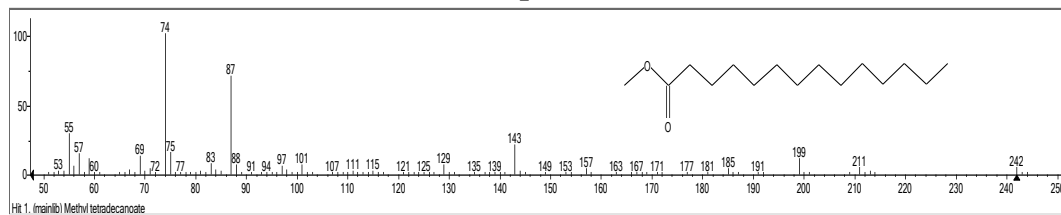


Name: Methyl 18-methylnonadecanoate

Contributor: NIST Mass Spectrometry Data Center

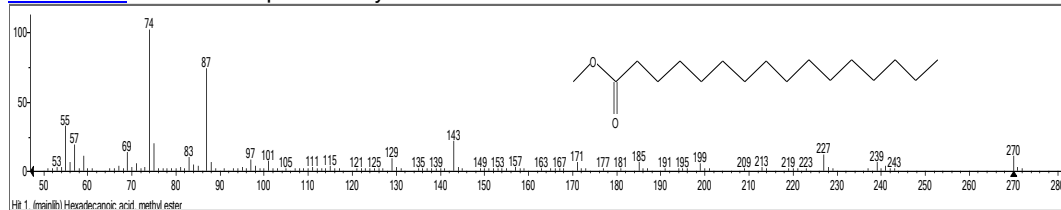


3. Hasil analisis GC-MS metil ester pada suhu reaksi 70°C



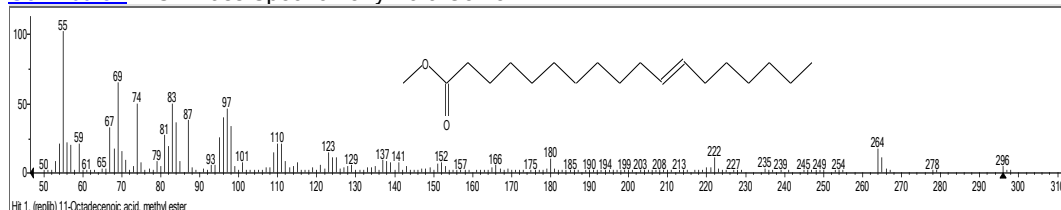
Name: Methyl tetradecanoate

Contributor: NIST Mass Spectrometry Data Center



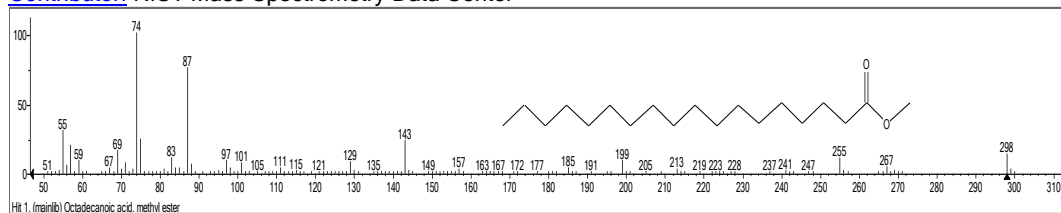
Name: Hexadecanoic acid, methyl ester

Contributor: NIST Mass Spectrometry Data Center



Name: 11-Octadecenoic acid, methyl ester

Contributor: NIST Mass Spectrometry Data Center



Name: Octadecanoic acid, methyl ester

Contributor: NIST Mass Spectrometry Data Center, 1998.

LAMPIRAN 9
PERHITUNGAN *YIELD* BIODIESEL DARI MINYAK JELANTAH

A. Perhitungan Yield Biodiesel Pada Suhu Reaksi 50°

Diketahui : Volume biodiesel yang dihasilkan = 164 ml

Massa jenis = 0,881 gr/ml

Ditanya : Yield biodiesel ?

Jawab :

No.	Nama Senyawa	Konsentrasi (%)	Waktu Retensi (Menit)
1.	Metil Miristat	1.70	16.935
2.	Metil Palmitat	32.10	19.226
3.	Metil Oleat	58.16	20.931
4.	Metil Stearat	6.11	21.041
5.	Metil Arachidat	1.93	22.417
	Total	100 %	

Massa = volume x massa jenis

Massa = 146 ml x 0,881 g/ml

Massa = 144,484 g

Yield

= $\frac{\text{Berat Biodiesel}}{\text{Berat Minyak}} \times \text{Total Konsentrasi Penyusun Biodiesel (\%)}$

Yield = $\frac{144,484}{150 \text{ gram}} \times 100\%$

Yield = 96,3%

B. Perhitungan Yield Biodiesel Pada Suhu Reaksi 60°

Diketahui : Volume biodiesel yang dihasilkan = 168 ml

Massa jenis = 0,882 gr/ml

Ditanya : Yield biodiesel ?

Jawab :

No.	Nama Senyawa	Konsentrasi (%)	Waktu Retensi (Menit)
1.	Metil Miristat	1.61	16.935
2.	Metil Palmitat	32.38	19.231
3.	Metil Oleat	58.34	20.926
4.	Metil Stearat	6.37	21.042
5.	Metil Arachidat	1.31	22.622
	Total	100 %	

Massa = volume x massa jenis

Massa = 148 ml x 0,882 g/ml

Massa = 148,176 g

Yield

= $\frac{\text{Berat Biodiesel}}{\text{Berat Minyak}} \times \text{Total Konsentrasi Penyusun Biodiesel (\%)}$

Yield = $\frac{148,176}{150 \text{ gram}} \times 100\%$

Yield = 98,78%

C. Perhitungan Yield Biodiesel Pada Suhu Reaksi 70°

Diketahui : Volume biodiesel yang dihasilkan = 168 ml

Massa jenis = 0,883 gr/ml

Ditanya : Yield biodiesel ?

Jawab :

No.	Nama Senyawa	Konsentrasi (%)	Waktu Retensi (Menit)
1.	Metil Miristat	1.79	16.955
2.	Metil Palmitat	32.83	19.246
3.	Metil Oleat	59.15	20.941
4.	Metil Stearat	6.24	21.046
	Total	100 %	

Massa = volume x massa jenis

Massa = 148 ml x 0,883 g/ml

Massa = 148,344 g

Yield

= $\frac{\text{Berat Biodiesel}}{\text{Berat Minyak}} \times \text{Total Konsentrasi Penyusun Biodiesel (\%)}$

Yield = $\frac{148,344}{150 \text{ gram}} \times 100\%$

Yield = 98,89%