

**STUDI LAJU ALIR MINYAK JARAK MENJADI BIODIESEL PADA REAKSI
TRANSESTERIFIKASI MENGGUNAKAN SUMBER ENERGI *MICROWAVE***

SKRIPSI

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



Disusun oleh:

ALBERTUS ARDIKA WIDYATAMA NIM. 115061101111005

RENANTO PANDU WIRAWAN NIM. 115061107111009

KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2015

PERNYATAAN SKRIPSI

Penulis yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa 1 : Renanto Pandu Wirawan

NIM : 115061107111009

Judul skripsi : "Studi Laju Alir Minyak Jarak Menjadi Biodiesel Pada Reaksi Transesterifikasi Menggunakan Sumber Energi *Microwave*"

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi ini disusun berdasarkan hasil penelitian di Laboratorium PSTK UB dengan dilengkapi data sekunder yang relevan. Jika terdapat karya orang lain, penulis mencantumkan sumber yang jelas. Penulis bersedia menerima sanksi jika terbukti melakukan penjiplakan.

Malang, Agustus 2015

Mahasiswa 1

Renanto Pandu Wirawan



PERNYATAAN SKRIPSI

Penulis yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa 2 : Albertus Ardika Widyatama

NIM : 115061101111005

Judul skripsi : "Studi Laju Alir Minyak Jarak Menjadi Biodiesel Pada Reaksi Transesterifikasi Menggunakan Sumber Energi *Microwave*"

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi ini disusun berdasarkan hasil penelitian Laboratorium PSTK UB dengan dilengkapi data sekunder yang relevan. Jika terdapat karya orang lain, penulis mencantumkan sumber yang jelas. Penulis bersedia menerima sanksi jika terbukti melakukan penjiplakan.

Malang, Agustus 2015

Mahasiswa 2

Albertus Ardika Widyatama



LEMBAR PERSETUJUAN

**STUDI LAJU ALIR MINYAK JARAK MENJADI BODIESEL PADA REAKSI
TRANSESTERIFIKASI MENGGUNAKAN SUMBER ENERGI *MICROWAVE***

SKRIPSI

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh :

ALBERTUS ARDIKA WIDYATAMA NIM. 115061101111005

RENANTO PANDU WIRAWAN NIM. 115061107111009

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

.....

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Ir. Bambang Poerwadi, MS.
NIP.19600126 198603 1 001

Prof. Dr.Ir.Chandrawati Cahyani, MS.
NIP. 19520504 198002 2001



LEMBAR PENGESAHAN

**STUDI LAJU ALIR MINYAK JARAK MENJADI BIODIESEL PADA REAKSI
TRANSESTERIFIKASI MENGGUNAKAN SUMBER ENERGI *MICROWAVE*
SKRIPSI**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik

Disusun oleh:

ALBERTUS ARDIKA WIDYATAMA NIM. 115061101111005

RENANTO PANDU WIRAWAN NIM. 115061107111009

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
Tanggal 19 Agustus 2015

Penguji

Ir. Bambang Poerwadi, MS.
NIP.19600126 198603 1 001

Penguji

Prof. Dr. Ir. Chandrawati Cahyani, MS.
NIP. 19520504 198002 2 001

Penguji

Ir. Bambang Ismuyanto, MS.
NIP. 19600504 198603 1 003

Mengetahui

Ketua Program Studi Teknik Kimia

Prof. Dr. Ir. Chandrawati Cahyani, MS.
NIP. 19520504 198002 2 001

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Terima kasih kami ucapkan kepada :

Allah SWT

Orang tua kami tercinta

Dosen dan karyawan di Teknik Kimia Universitas Brawijaya

Teman-teman dan kerabat yang telah mendukung

tersusunnya skripsi ini

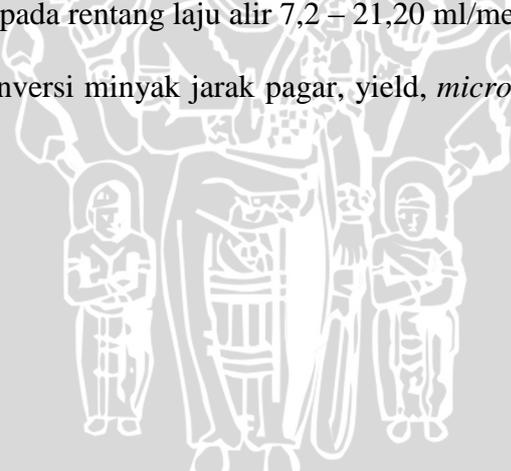


RINGKASAN

Albertus Ardika Widyatama, Renanto Pandu Wirawan, Bambang Poerwadi, Chandrawati Cahyani, Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas, Juni 2015, *Studi Laju Alir Minyak Jarak Menjadi Biodiesel Pada Reaksi Transesterifikasi Menggunakan Sumber Energi Microwave*.

Ketergantungan Indonesia terhadap bahan bakar fosil sudah mencapai 97%. Oleh karena itu, perlu adanya bahan bakar alternatif untuk mengurangi penggunaan bahan bakar fosil. Salah satu energi alternatif yang dapat dimanfaatkan untuk substitusi penggunaan BBM adalah minyak nabati. Biodiesel dari minyak nabati dapat diproduksi dari minyak jarak yang penggunaannya tidak bersaing dengan minyak pangan. Minyak jarak memiliki kandungan trigliserida yang tinggi mencapai 95,6%. Pada penelitian ini proses pembuatan biodiesel menggunakan metode transesterifikasi dengan bantuan sumber energi *microwave*. Proses pembuatan biodiesel dengan *microwave* pada reactor *batch* sudah sering digunakan. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh laju alir terhadap konversi minyak jarak menjadi biodiesel dengan katalis KOH menggunakan sumber energi *microwave*. Penelitian ini menggunakan variasi laju alir (7,20; 11,20; 16,40; 18,40; dan 21,20 ml/menit) dengan rasio mol metanol dan minyak 7,5:1 serta KOH 1,5% terhadap berat total minyak dan metanol. Konversi trigliserida pada minyak jarak menjadi biodiesel menggunakan *microwave* diperoleh optimal untuk laju alir 11,20 ml/menit sebesar 86,15%. Yield maksimal transesterifikasi minyak jarak menggunakan *microwave* diperoleh sebesar 96,48% pada rentang laju alir 7,2 – 21,20 ml/menit.

Kata kunci: Laju alir, konversi minyak jarak pagar, yield, *microwave*, transesterifikasi minyak jarak pagar.

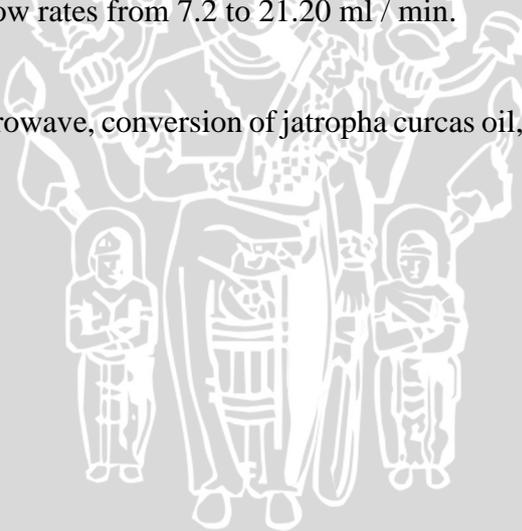


SUMMARY

Albertus Ardika Widyatama, Renanto Pandu Wirawan, Bambang Poerwadi, Chandrawati Cahyani, Chemical Engineering Department, Engineering Faculty, Brawijaya University, June 2015, *Flow Rate Study of Jatropha Oil Transesterification Reaction to Biodiesel in Transesterification Reaction Using Microwave as Energy Source.*

Indonesia's dependence on fossil fuels has reached 97%. Therefore, the need for alternative fuels to reduce the use of fossil fuels. One of the alternative energy that can be used to substitute the use of fuel is vegetable oil. Biodiesel from vegetable oils can be produced from jatropha curcas oil that its use does not compete with food oil. Jatropha curcas oil has a high content of triglycerides reached 95.6%. In this study the process of making biodiesel using transesterification methods with the aid of microwave energy sources. The process of making biodiesel with a microwave in a batch reactor has been frequently used. This research aims to study the effect of flow rate on the conversion of jatropha curcas oil into biodiesel by using a KOH catalyst with microwave as energy source. This study uses a variation of flow rate (7.20, 11.20, 16.40, 18.40, and 21.20 ml / min) with a mole ratio of methanol and oil 7.5: 1 and 1.5% by weight of KOH from total oil and methanol. Conversion of triglycerides in jatropha curcas oil into biodiesel using microwaves to obtained optimum flow rate of 11.20 ml / min with a value of 86.15%. Maximum yield jatropha curcas oil transesterification using microwave obtained by 96.48% over a range of flow rates from 7.2 to 21.20 ml / min.

Key word: Flow rate, microwave, conversion of jatropha curcas oil, yield, jatropha curcas oil, transesterification.



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penyusun panjatkan kehadirat Allah SWT karena atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya. Shalawat dan salam penyusun limpahkan kepada nabi besar Muhammad SAW beserta para keluarga dan sahabatnya. Skripsi dengan judul “STUDI LAJU ALIR MINYAK JARAK MENJADI BIODIESEL PADA REAKSI TRANSESTERIFIKASI MENGGUNAKAN SUMBER ENERGI *MICROWAVE*” dapat terselesaikan dengan baik berkat bantuan dan dorongan dari semua pihak.

Pembuatan skripsi ini bertujuan untuk memenuhi syarat memperoleh gelar sarjana teknik. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penyusun menyampaikan rasa terima kasih atas segala bimbingan dan bantuan kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Chandrawati Cahyani, MS., selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia Universitas Brawijaya.
2. Ir. Bambang Poerwadi, MS., selaku Dosen Pembimbing I mata kuliah Skripsi Rekayasa Perminyakan dan Energi Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
3. Prof. Dr. Ir. Chandrawati Cahyani, MS., selaku Dosen Pembimbing II mata kuliah Skripsi Rekayasa Perminyakan dan Energi Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
4. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Kimia FT-UB yang telah memberikan ilmunya kepada penulis.
5. Seluruh staf dan Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Brawijaya serta semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi.
6. Orang tua, saudara-saudara kami, atas doa, bimbingan, perhatian, serta kasih sayang yang selalu tercurah selama ini.

Penyusun mengharapkan saran dari semua pihak demi kebaikan penelitian ini. Demikian laporan ini dibuat, semoga dapat bermanfaat bagi semua pihak dan penyusun sendiri. Akhir kata penyusun ucapkan terima kasih.

Malang, Agustus 2015

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
PERNYATAAN SKRIPSI	
LEMBAR PENGESAHAN	
HALAMAN PERUNTUKAN	
RINGKASAN	
SUMMARY	
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR LAMPIRAN	vi
DAFTAR SIMBOL	vii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Pembatasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Biodisel	5
2.2 Jarak Pagar (<i>Jatropha Curcas L.</i>)	7
2.3 Gelombang Mikro	10
2.4 Produksi Biodiesel	11
2.4.1 Esterifikasi.....	11
2.4.2 Transesterifikasi	13
2.5 Metanol	14
2.5.1 Sifat – Sifat Metanol	16
2.5.2 Kegunaan Metanol	16
2.6 Katalis	17
2.6.1 Katalis Basa.....	18
2.6.2 KOH	18
2.7 Proses Pada Reaktor <i>Continue</i>	19
2.8 Penelitian Terdahulu	20
BAB III METODE PENELITIAN	21

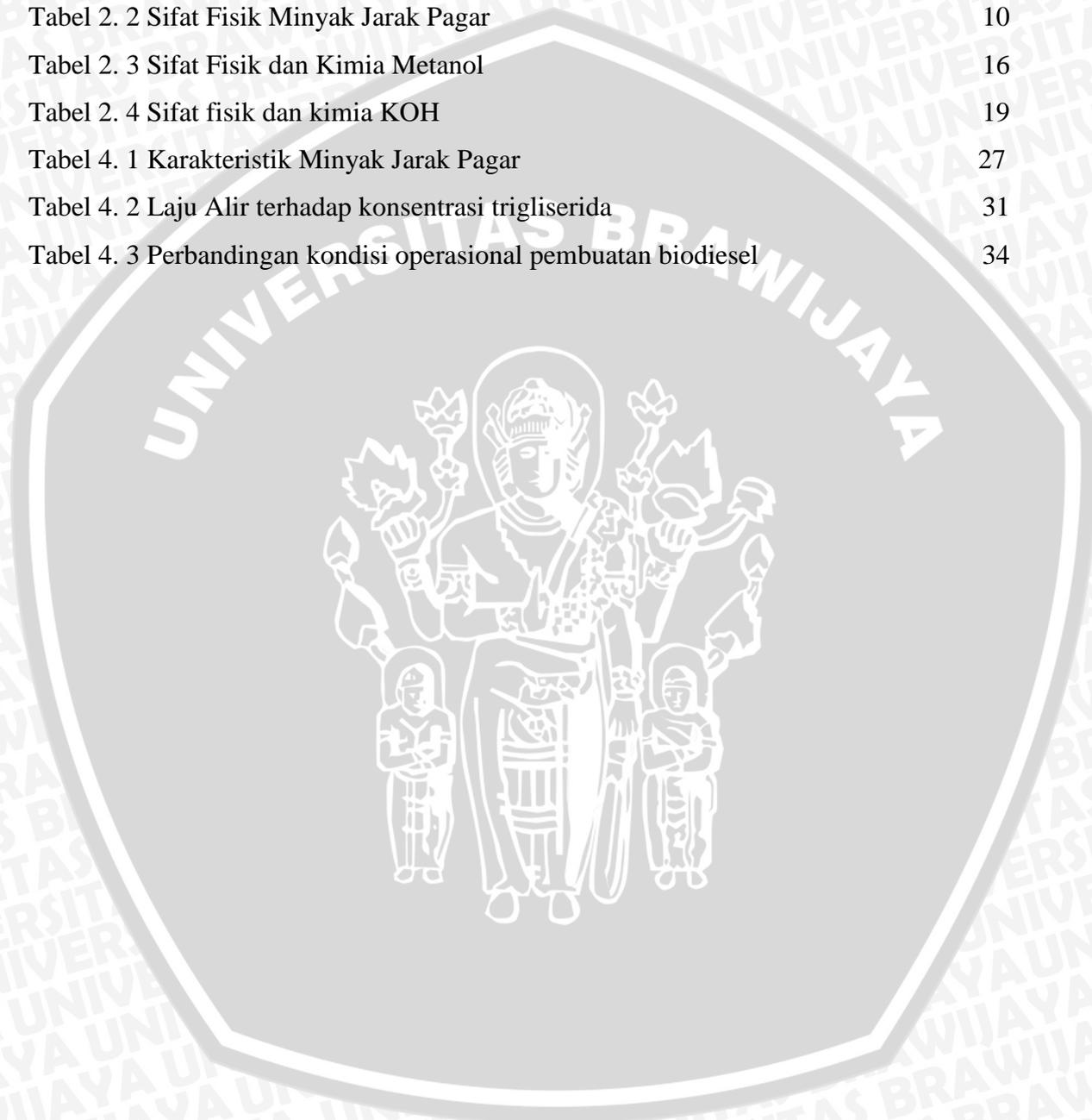


3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	21
3.2 Bahan dan Alat	21
3.3 Variabel Penelitian	21
3.4 Diagram Alir Penelitian	22
3.5 Prosedur Penelitian.....	23
3.5.1 Karakterisasi Minyak Jarak Pagar.....	23
3.5.2 Proses Transesterifikasi Minyak Jarak Pagar.....	23
3.5.3 Pemisahan <i>Methyl Ester</i> dan Gliserol	25
3.5.4 Pengujian FAME (<i>Fatty Acid Methyl Ester</i>).....	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1 Karakterisasi Minyak Jarak Pagar.....	27
4.2 Hasil Uji Gas Kromatografi	29
4.3 Hubungan Laju Alir Terhadap <i>Yield</i> Biodiesel	30
4.4 Hubungan Laju Alir terhadap Konversi Trigliserida	32
4.5 Perbandingan dengan Literatur	34
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	35
5.1 Kesimpulan	35
5.2 Saran.....	35
DAFTAR PUSTAKA.....	36
IAMPIRAN	



DAFTAR TABEL

Nomor	Judul	Hal.
Tabel 2. 1	Komposisi campuran asam-asam lemak minyak jarak	9
Tabel 2. 2	Sifat Fisik Minyak Jarak Pagar	10
Tabel 2. 3	Sifat Fisik dan Kimia Metanol	16
Tabel 2. 4	Sifat fisik dan kimia KOH	19
Tabel 4. 1	Karakteristik Minyak Jarak Pagar	27
Tabel 4. 2	Laju Alir terhadap konsentrasi trigliserida	31
Tabel 4. 3	Perbandingan kondisi operasional pembuatan biodiesel	34

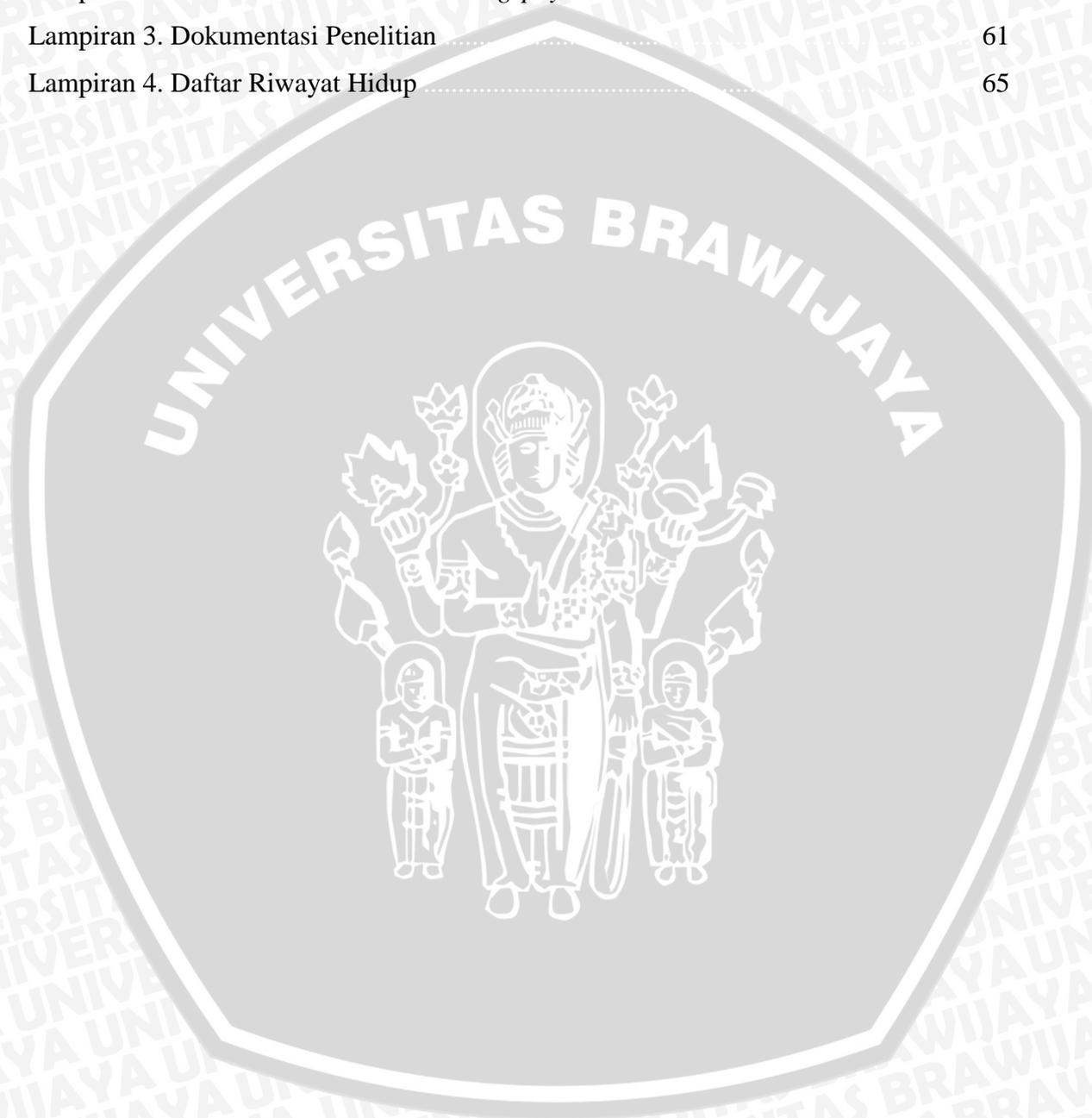


DAFTAR GAMBAR

Nomor	Judul	Hal.
Gambar 2.1	Struktur molekul monogliserida, digliserida, dan trigliserida	5
Gambar 2.2	Struktur molekul asam lemak bebas	6
Gambar 2.3	Reaksi pembentukan metil ester	6
Gambar 2.4	Reaksi pembentukan etil ester	7
Gambar 2.5	Spektrum Gelombang Elektromagnetik	11
Gambar 2.6	Mekanisme reaksi transesterifikasi menggunakan katalis basa	17
Gambar 2.7	Mekanisme reaksi transesterifikasi	18
Gambar 3.1	Diagram alir tahapan penelitian	22
Gambar 3.2	Transesterifikasi minyak jarak dengan reaktor kontinyu	25
Gambar 3.3	Rangkaian Alat Pemisahan	26
Gambar 4.1	Reaksi transesterifikasi minyak jarak	28
Gambar 4.2	Kromatogram pada laju alir 7,2 ml/menit	29
Gambar 4.3	Hubungan laju alir terhadap <i>yield</i> biodiesel	30
Gambar 4.4	Hubungan antara konversi trigliserida terhadap laju alir	32
Gambar 4.5	Grafik hubungan konversi trigliserida terhadap $-1/r_A$	33

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Judul	Hal.
Lampiran 1.	Data dan Perhitungan	39
Lampiran 2.	Hasil Analisis <i>Gas Chromatography</i>	46
Lampiran 3.	Dokumentasi Penelitian	61
Lampiran 4.	Daftar Riwayat Hidup	65



DAFTAR SIMBOL

Besaran Dasar	Satuan dan Singkatannya	Simbol
Densitas	gram/cm ³	ρ
Konsentrasi gliserol	mol/L	C_G
Konsentrasi metanol	mol/L	C_M
Konsentrasi metanol awal	mol/L	C_{M0}
Konsentrasi metil ester	mol/L	C_{ME}
Konsentrasi trigliserida	mol/L	C_{TG}
Konsentrasi trigliserida awal	mol/L	C_{TG0}
Konstanta laju reaksi	L/mol.menit	k
Konversi trigliserida	%	X_{TG}
Laju alir	ml/menit	Q
Temperatur	Celcius atau Kelvin	T
Waktu tinggal	menit	τ
Yield	%	Y

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi merupakan hal yang tidak terpisahkan dari kehidupan manusia. Dengan bertambahnya tahun, angka pertumbuhan penduduk di Indonesia terus meningkat. Hasil proyeksi menunjukkan bahwa jumlah penduduk Indonesia selama dua puluh lima tahun mendatang terus meningkat yaitu dari 205,1 juta pada tahun 2000 menjadi 273,2 juta pada tahun 2025 (BPPT, 2013). Peningkatan pertumbuhan manusia juga menyebabkan penggunaan energi semakin besar. Penggunaan energi terbesar adalah di sektor BBM (Bahan Bakar Minyak) dan penggunaan BBM terbesar terdapat pada sektor transportasi dan industri. Jenis bahan bakar yang paling banyak digunakan adalah solar (BPPT, 2013).

Ketergantungan Indonesia terhadap bahan bakar fosil sudah mencapai 97% (BPPT, 2013). Akan tetapi, bahan bakar fosil ini akan habis jika digunakan terus menerus karena tidak terbarukan. Oleh karena itu, perlu adanya bahan bakar alternatif untuk mengurangi penggunaan bahan bakar fosil. Solar sebagai bahan bakar fosil yang paling banyak digunakan dapat digantikan dengan biodiesel. Biodiesel merupakan bahan yang terdiri dari campuran *mono-alkyl ester* dari rantai panjang asam lemak, yang dapat dipakai sebagai alternatif bagi bahan bakar dari mesin diesel dan terbuat dari sumber terbarukan seperti minyak sayur ataupun lemak hewan.

Bahan bakar alternatif yang dikehendaki adalah yang bahan bakunya tersedia secara lokal, mudah didapat dan terpulihkan (*renewable*). Salah satu pengganti bahan bakar minyak dari minyak bumi adalah minyak nabati. Minyak nabati tersedia dalam jenis dan jumlah yang besar di Indonesia, misalnya minyak kelapa, minyak kelapa sawit, kemiri, kacang tanah, jarak dan jarak pagar. Tanaman jarak pagar (*Jatropha curcas L.*) merupakan tanaman yang mulai dibudidayakan di Indonesia dengan target areal budidaya seluas 2,4 juta hektar pada tahun 2025 (Prabowo et al., 2006). Minyak Jarak pagar merupakan salah satu minyak nabati yang potensial. Tanaman Jarak pagar (*Jatropha curcas L.*) sudah banyak diteliti dan dikembangkan, terutama berkaitan dengan kemampuannya untuk tumbuh dan berkembang di lahan kering. Minyak jarak pagar bersifat *non-edible* sehingga penggunaannya sebagai bahan bakar tidak bersaing dengan minyak pangan.

Reaksi transesterifikasi minyak jarak dapat dilakukan dengan menggunakan pemanasan (seperti *hot plate* dan *oil bath*). Akan tetapi, reaksi transesterifikasi menggunakan pemanasan ini membutuhkan waktu yang lama, yaitu 1 sampai 2 jam dengan temperatur reaksi 40-100°C. Waktu reaksi transesterifikasi minyak jarak pada metode pemanasan dapat dipersingkat dengan menggunakan metode lain, seperti dengan menggunakan *microwave* sebagai sumber energinya. Reaksi transesterifikasi dengan menggunakan *microwave* pada kondisi temperatur reaksi 40-100°C dapat berlangsung dalam waktu singkat antara 0,05 sampai 0,1 jam (Gude dkk., 2013).

Waktu yang dibutuhkan untuk berlangsungnya reaksi dapat ditempuh dalam waktu singkat karena *microwave oven* memancarkan radiasinya langsung ke tingkat molekul dan menyebabkan adanya pergerakan molekul yang menghasilkan panas sehingga panas lebih cepat merata dan temperatur reaksi lebih cepat tercapainya. *Microwave* memiliki frekuensi 2,5 GHz sehingga tidak dapat diserap oleh bahan-bahan gelas dan keramik (Handayani, 2010). Oleh karena itu, energi yang hilang dalam proses transesterifikasi menggunakan *microwave* menjadi lebih kecil dibandingkan dengan metode pemanasan. Selain itu, proses transesterifikasi dengan menggunakan *microwave* dapat meningkatkan laju reaksi, *yield* biodiesel, dan kemurnian biodiesel dibandingkan metode pemanasan biasa (Lin dkk., 2014).

Pada penelitian terdahulu telah dilakukan oleh Lin dkk (2014) mengenai produksi biodiesel dari minyak jarak yang menggunakan sistem *microwave* dan NaNH_2 (natrium amida) sebagai katalisnya. Dalam penelitian tersebut didapatkan bahwa minyak jarak dapat menjadi bahan baku yang ideal untuk biodiesel dan NaNH_2 dapat menurunkan laju reaksi sebesar 33,3%. Penggunaan sistem pemanas *microwave* dapat meningkatkan hasil, laju reaksi, dan kemurnian produk biodiesel. Selain itu, energi yang dibutuhkan *microwave* untuk memproduksi biodiesel 10 kali lebih rendah dari sistem pemanas. Produk biodiesel yang dihasilkan paling baik dengan menggunakan sistem *microwave* ini sebesar 96,2% ketika menggunakan katalis NaNH_2 1 % berat, rasio mol methanol : minyak jarak 8, waktu reaksi selama 90 menit, dan suhu operasi pada 65°C.

Sherbiny dkk. (2010) mengemukakan bahwa reaksi transesterifikasi dengan sumber energi *microwave* dapat menurunkan waktu reaksi menjadi 2 menit dan tidak memerlukan pengolahan awal. Radiasi *microwave* dapat mempercepat transesterifikasi pada minyak yang berasal dari tumbuhan atau minyak jarak. *Yield* yang tinggi sebesar 96% didapatkan dengan waktu reaksi yang singkat dan jumlah katalis yang sedikit. Pemanasan menggunakan *microwave* memberikan pemanasan yang efisien untuk

konversi minyak jarak menjadi biodiesel. Proses transesterifikasi secara kontinyu dapat dilakukan dengan mudah dan waktu yang singkat, serta memberikan metode alternatif untuk meningkatkan laju reaksi dan mengurangi energi yang digunakan untuk produksi biodiesel (Tippayawong, 2012). Dalam penelitian ini digunakan variasi terhadap laju alir untuk mengetahui pengaruhnya terhadap konversi minyak jarak menjadi biodiesel (FAME).

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana pengaruh laju alir umpan terhadap konversi yang dihasilkan pada transesterifikasi biodiesel dari minyak jarak dengan menggunakan sumber energi *microwave*?

1.3 Pembatasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah tersebut, maka dibuat batasan masalah sebagai berikut:

- a. Minyak jarak yang digunakan berasal dari BALITTAS (Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat) di daerah Karangploso, Malang.
- b. Proses yang digunakan adalah transesterifikasi dengan menggunakan gelombang mikro dalam reaktor kontinyu.
- c. Katalis yang digunakan adalah katalis basa KOH
- d. Variasi kondisi dalam pembuatan biodiesel adalah laju alir
- e. Temperatur yang digunakan adalah 55°C

1.4 Tujuan Penelitian

Mengetahui pengaruh laju alir umpan terhadap konversi yang dihasilkan pada transesterifikasi biodiesel dari minyak jarak dengan menggunakan sumber energi *microwave*.

1.5 Manfaat Penelitian

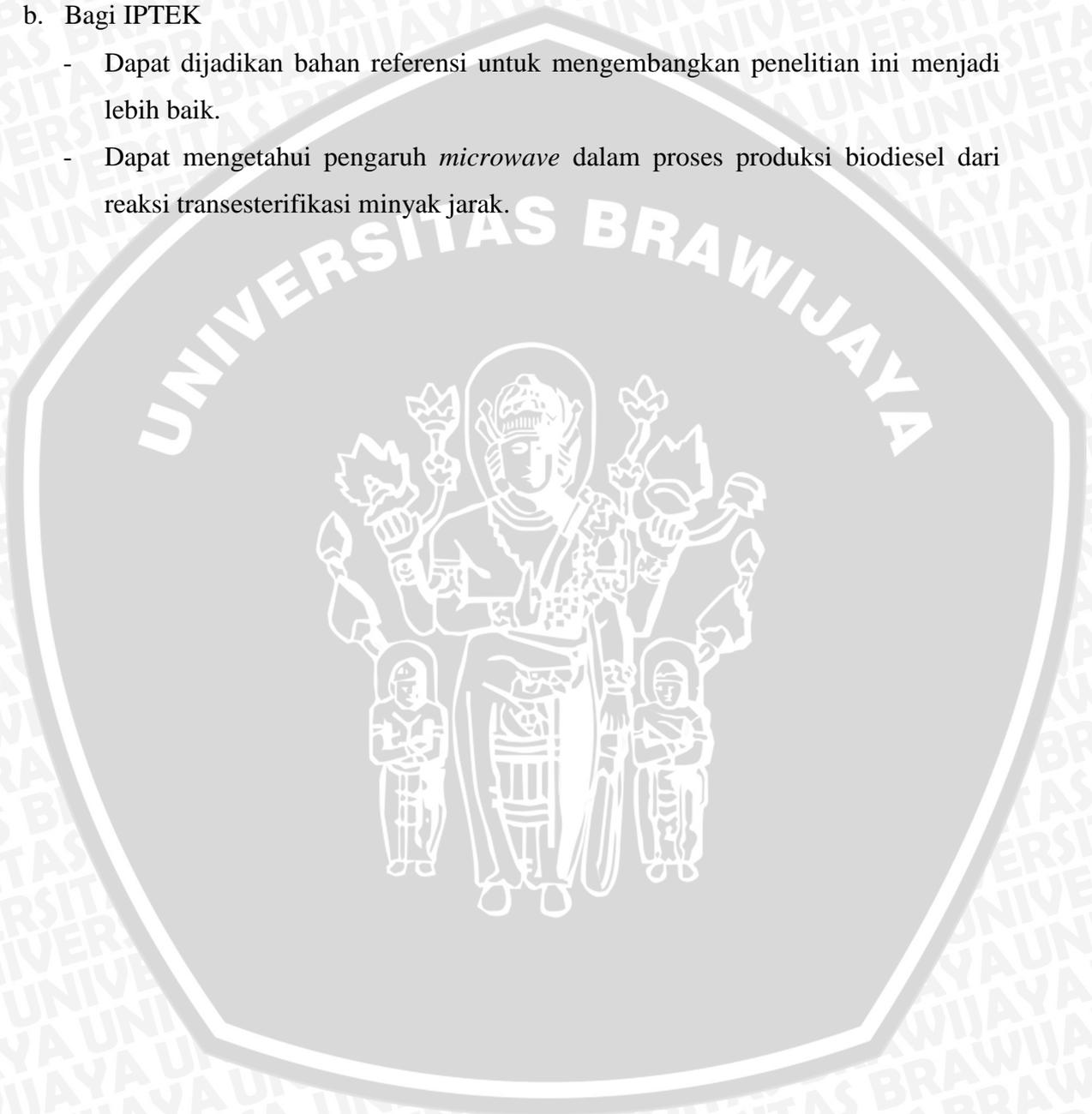
Penelitian ini diharapkan mempunyai manfaat atau kegunaan dalam pendidikan baik secara langsung maupun tidak langsung. Adapun manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Bagi Peneliti

- Dapat menambah pengetahuan dan pengalaman dalam menerapkan *microwave* sebagai sumber energi untuk reaksi transesterifikasi minyak jarak menjadi biodiesel.

b. Bagi IPTEK

- Dapat dijadikan bahan referensi untuk mengembangkan penelitian ini menjadi lebih baik.
- Dapat mengetahui pengaruh *microwave* dalam proses produksi biodiesel dari reaksi transesterifikasi minyak jarak.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Biodiesel

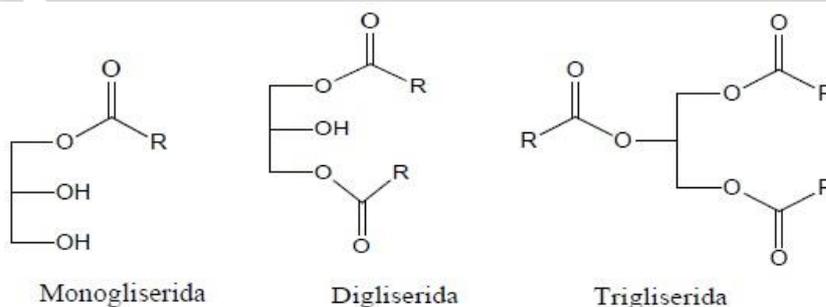
Biodiesel secara umum adalah bahan bakar mesin diesel yang terbuat dari bahan terbarukan atau secara khusus merupakan bahan bakar mesin diesel yang terdiri atas ester alkil dari asam-asam lemak. Biodiesel dapat dibuat dari minyak nabati, minyak hewani atau dari minyak goreng bekas/daur ulang. Biodiesel merupakan bahan bakar mesin diesel yang ramah lingkungan dan dapat diperbarui (*renewable*). Biodiesel tersusun dari berbagai macam ester asam lemak yang dapat diproduksi dari minyak tumbuhan maupun lemak hewan. Minyak tumbuhan yang sering digunakan antara lain minyak sawit (*palm oil*), minyak kelapa, minyak jarak pagar dan minyak biji kapuk randu, sedangkan lemak hewani seperti lemak babi, lemak ayam, lemak sapi, dan juga lemak yang berasal dari ikan (Wibisono, 2007; Sathivel, 2005).

Biodiesel bisa digunakan dengan mudah karena dapat bercampur dengan minyak solar, mempunyai sifat-sifat fisik yang mirip dengan solar sehingga dapat diaplikasikan langsung untuk mesin-mesin diesel yang ada hampir tanpa modifikasi (Prakoso, 2003).

Bahan-bahan mentah pembuatan biodiesel menurut Mittelbach, 2004 adalah:

- trigliserida-trigliserida, yaitu komponen utama aneka lemak dan minyak-lemak, dan
- asam-asam lemak, yaitu produk samping industri pemulusan (*refining*) lemak dan minyak-lemak.

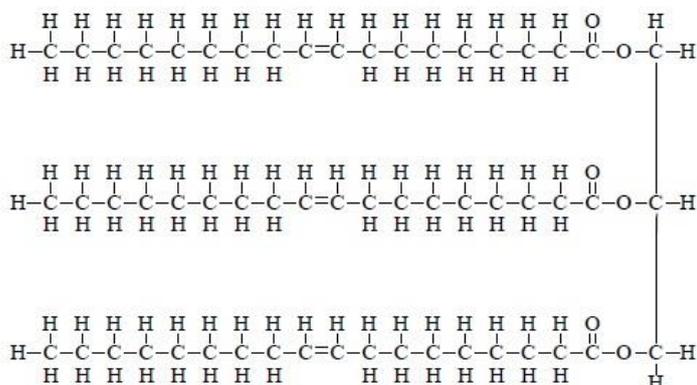
Trigliserida adalah triester dari gliserol dengan asam-asam lemak, yaitu asam asam karboksilat beratom karbon 6 sampai dengan 30. Trigliserida banyak terkandung dalam minyak dan lemak. Trigliserida merupakan komponen terbesar penyusun minyak nabati. Selain trigliserida, terdapat juga monogliserida dan digliserida. Struktur molekul dari ketiga macam gliserida tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Struktur molekul monogliserida, digliserida, dan trigliserida

Sumber : Mittelbach, 2004

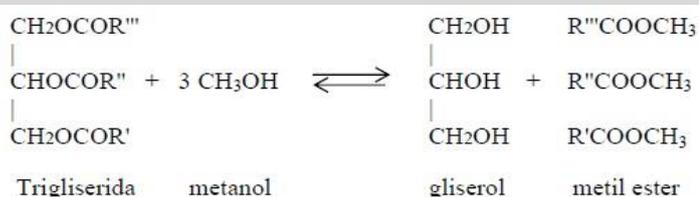
Asam lemak bebas adalah asam lemak yang terpisahkan dari trigliserida, digliserida, monogliserida, dan gliserin bebas. Hal ini dapat disebabkan oleh pemanasan dan terdapatnya air sehingga terjadi proses hidrolisis. Oksidasi juga dapat meningkatkan kadar asam lemak bebas dalam minyak nabati.



Gambar 2. 2 Struktur molekul asam lemak bebas

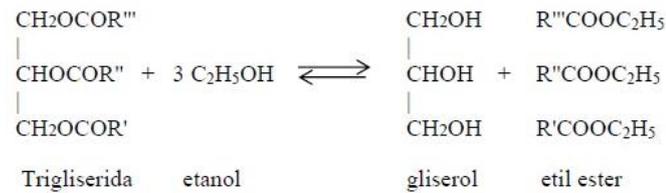
Sumber : Mittelbach, 2004

Biodiesel adalah senyawa alkil ester yang diproduksi melalui proses alkoholisis (transesterifikasi) antara trigliserida dengan metanol atau etanol dengan bantuan katalis basa menjadi alkil ester dan gliserol atau esterifikasi asam-asam lemak (bebas) dengan metanol atau etanol dengan bantuan katalis asam menjadi senyawa alkil ester dan air. Berbagai produk turunan minyak nabati telah banyak diteliti untuk memperbaiki sifat minyak nabati, termasuk diantaranya ester alkohol dari minyak nabati (Korus, 2000). Metanol lebih banyak digunakan sebagai sumber alkohol karena rantainya lebih pendek, lebih polar dan harganya lebih murah dibanding alkohol lainnya (Ma dan Hanna, 2001). Gambar 2.3 menunjukkan reaksi pembentukan metil ester, sementara Gambar 2.4 menunjukkan reaksi pembentukan etil ester.



Gambar 2. 3 Reaksi pembentukan metil ester

Sumber : Ma dan Hanna, 2001



Gambar 2. 4 Reaksi pembentukan etil ester

Sumber : Ma dan Hanna, 2001

Biodiesel mentah (*crude*) yang dihasilkan proses transesterifikasi minyak (atau esterifikasi asam-asam lemak) biasanya masih mengandung sisa-sisa katalis, metanol, dan gliserol (atau air) sehingga perlu dimurnikan terlebih dahulu. Proses pemurnian biodiesel mentah (*crude*) tersebut bisa dicuci dengan air, sehingga pengotor-pengotor tersebut larut ke dalam dan terbawa oleh fase air pencuci yang selanjutnya dipisahkan. Langkah pertama, menggunakan air yang dipakai mencuci disarankan mengandung sedikit asam/basa untuk menetralkan sisa-sisa katalis. Biodiesel yang sudah dicuci kemudian dikeringkan pada kondisi vakum untuk menghasilkan produk yang jernih dan bertitik nyala 100 °C.

Dibanding bahan bakar solar, biodiesel memiliki beberapa keunggulan, yaitu:

1. Biodiesel diproduksi dari bahan pertanian, sehingga dapat diperbaharui.
2. Biodiesel memiliki nilai *centane* yang tinggi, volatil rendah, dan bebas sulfur.
3. Ramah lingkungan karena tidak ada emisi SOx.
4. Menurunkan keausan ruang piston karena sifat pelumasan bahan bakar yang bagus (kemampuan untuk melumasi mesin dan sistem bahan bakar).
5. Aman dalam penyimpanan dan transportasi karena tidak mengandung racun.
6. Meningkatkan nilai produk pertanian.
7. *Biodegradable*: jauh lebih mudah terurai oleh mikroorganisme dibandingkan minyak mineral. Pencemaran akibat tumpahnya biodiesel pada tanah dan air bisa teratasi secara alami.

2.2 Jarak Pagar (*Jatropha Curcas L.*)

Tanaman jarak pagar merupakan tanaman tahunan yang tahan kekeringan. Jarak pagar mampu tumbuh cepat dan kuat di lahan yang beriklim panas, tandus, dan berbatu. Wilayah yang cocok sebagai tempat tumbuhnya adalah di dataran rendah hingga ketinggian 300 m di atas permukaan laut. Tanaman jarak pagar dapat tumbuh hingga

ketinggian 1.000 m di atas permukaan laut dengan suhu sekitar 18-28,5°C. Jarak pagar merupakan tumbuhan perdu dengan tinggi 1,5-5 m dengan ranting bulat dan tebal (Agustian, 2008).

Jarak pagar adalah tanaman asli Amerika Latin yang menyebar luas di berbagai daerah kering, semi kering dan sub-tropik dan tropik di seluruh dunia. Jarak pagar diperkenalkan oleh bangsa Jepang pada tahun 1942-an sebagai bahan bakar kendaraan perang. Tanaman jarak pagar banyak ditanam masyarakat sebagai pagar pekarangan dan cocok untuk reboisasi hutan. Indonesia memiliki berbagai jenis tanaman jarak antara lain jarak kepyar (*Ricinus communis L.*), jarak bali (*Jatropha podagrica Hook.*), jarak ulung (*Jatropha gossypifolia L.*) dan jarak pagar (*Jatropha curcas L.*). Di antara jenis tanaman jarak tersebut yang memiliki potensi sebagai penghasil minyak bakar (*biofuel*) adalah jarak pagar (*Jatropha curcas L.*) (Agustian, 2008).

Minyak biji jarak pagar diekstraksi dengan alat penekan biji yang akan mengeluarkan minyak dari biji jarak. Minyak yang didapatkan kemudian diproses lebih lanjut untuk menghasilkan biodiesel. Proses pembuatan biodiesel dari minyak nabati disebut transesterifikasi. Transesterifikasi merupakan perubahan bentuk dari satu jenis ester (trigliserida) menjadi bentuk ester yang lain (gliserol). Satu molekul minyak nabati terdiri atas tiga ester yang terikat pada molekul gliserol. Sekitar 20% molekul minyak nabati adalah gliserol (Agustian, 2008).

Minyak jarak berbeda dari minyak nabati lainnya, karena minyak jarak mempunyai bobot jenis, viskositas, bilangan asetil dan kelarutan dalam alkohol yang tinggi. Ciri khas yang dimiliki minyak jarak adalah kandungan asam lemak tidak jenuh yang mengandung gugus hidroksil (*unsaturated hydroxyl fatty acid*), *cis 9,12 hydroxy octadecanoic acid*, yang umum disebut risonoleat (*ricinoleic acid*) dengan rumus molekul sebagai berikut: $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_5-\text{CHOH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$.

Tanaman jarak pagar dapat menghasilkan 4-12 ton biji/ha per tahun dengan kadar minyak 40% dalam lima tahun. Komposisi campuran dari asam-asam lemak minyak jarak seperti terlihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Komposisi campuran asam-asam lemak minyak jarak

Jenis Asam Lemak	Sifat dan Komposisi	Komposisi (%)
Asam Oleat	Tidak Jenuh C _{18:1}	35-64
Asam Linoleat	Tidak Jenuh C _{18:2}	19-42
Asam Linolenat	Tidak Jenuh C _{18:3}	2-4
Asam Palmitat	Jenuh C _{16:0}	12-17
Asam Stearat	Jenuh C _{18:0}	5-10

Sumber: Sembiring, 2010

Asam lemak yang dominan terdapat pada minyak jarak pagar adalah asam oleat dan linoleat yang merupakan asam lemak tidak jenuh. Asam oleat memiliki satu ikatan rangkap, sedangkan asam linoleat memiliki dua ikatan rangkap. Tingginya asam lemak tidak jenuh pada minyak jarak ini menyebabkan minyak jarak berbentuk cair pada suhu ruang. Asam oleat dan linoleat memiliki titik cair yang rendah, yaitu 14°C untuk oleat dan 11°C untuk asam linoleat. Minyak jarak larut dalam etil alkohol pada suhu kamar serta pelarut organik yang polar, dan sedikit larut dalam golongan hidrokarbon alifatis. Nilai kelarutan dalam petroleum eter relatif lebih rendah, dan dapat dipakai untuk membedakannya dengan golongan trigliserida lainnya. Minyak jarak pagar merupakan cairan bening, berwarna kuning, berbau khas, tidak berasa, dan tidak menjadi keruh meskipun disimpan dalam jangka waktu yang lama. Asam-asam penyusun minyak terdiri atas 22,7% asam jenuh dan 77,3% asam lemak tak jenuh. Kekentalan (viskositas) dan bilangan asetil serta kelarutan dalam alkohol nilainya relatif tinggi. Kandungan tokoferolnya rendah (0.05%) dan kandungan asam lemak essensial yang sangat tinggi menyebabkan minyak jarak pagar tersebut berbeda dengan minyak jarak yang lainnya (Sembiring, 2010).

Adapun sifat fisik dari minyak jarak pagar adalah seperti tertera pada tabel berikut ini :

Tabel 2. 2 Sifat Fisik Minyak Jarak Pagar

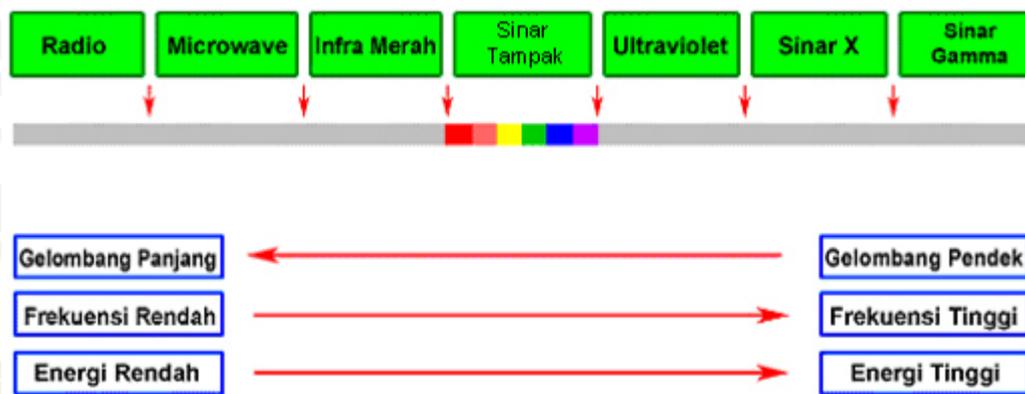
Sifat Fisik	Satuan	Nilai
Titik nyala (<i>flash point</i>)	°C	236
Berat jenis pada 20°C	g/cm ³	0.9177
Viskositas pada 30°C	mm ² /s	49.15
Residu karbon (<i>carbon residue on 10% destillation residue</i>)	%(m/m)	0.34
Kadar abu sulfat (<i>sulfated ash content</i>)	%(m/m)	0.007
Titik tuang (<i>pour point</i>)	°C	-2.5
Kandungan air (<i>water content</i>)	ppm	935
Kandungan sulfur (<i>sulfur content</i>)	ppm	<1
Bilangan asam (<i>acid value</i>)	Mg KOH/g	4.75
Bilangan iod (<i>iodine value</i>)	G iod/100 g minyak	96.5

Sumber: Sembiring, 2010

2.3 Gelombang Mikro

Gelombang mikro atau mikrogelombang (*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*.

Gelombang ini tidak dapat dilihat mata kita karena panjang gelombangnya (walaupun sangat kecil dibanding gelombang radio) jauh lebih besar dari panjang gelombang cahaya (di luar spektrum sinar tampak). Keduanya sama-sama terdapat dalam spektrum gelombang elektromagnetik (Gambar 2.5). Panjang gelombang cahaya berkisar antara 400-700 nm ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$), sedangkan kisaran panjang gelombang mikro sekitar 1-30 cm ($1 \text{ cm} = 10^{-2} \text{ m}$).



Gambar 2. 5 Spektrum Gelombang Elektromagnetik

Sumber: Lin, 2014

Penggunaan *microwave* yang paling umum tentunya *microwave oven*. Sebenarnya sewaktu kita menggunakan telepon seluler, kita menggunakan *microwave*. Siaran televisi dari daerah-daerah terpencil bisa dilakukan dengan juga bantuan *microwave*. Data-data komputer juga dikirimkan melalui gelombang mikro. *Microwave* sendiri bisa bekerja begitu cepat dan efisien karena gelombang elektromagnetiknya menembus makanan dan mengeksitasi molekul-molekul air dan lemak secara merata (tidak cuma permukaan saja).

Gelombang pada frekuensi 2.500 MHz (2,5 GHz) ini diserap oleh air, lemak, dan gula. Saat diserap, atom tereksitasi dan menghasilkan panas. Proses ini tidak memerlukan konduksi panas seperti oven biasa. Gelombang mikro pada frekuensi ini tidak diserap oleh bahan-bahan gelas, keramik, dan sebagian jenis plastik. Bahan logam bahkan memantulkan gelombang ini.

Pemanasan dengan gelombang mikro mempunyai kelebihan yaitu pemanasan lebih merata karena bukan mentransfer panas dari luar tetapi membangkitkan panas dari dalam bahan tersebut. Pemanasannya juga dapat bersifat selektif artinya tergantung dari dielektrik properties bahan. Hal ini akan menghemat energi untuk pemanasan.

2.4 Produksi Biodiesel

2.4.1 Esterifikasi

Esterifikasi adalah tahap konversi dari asam lemak bebas menjadi ester. Esterifikasi mereaksikan minyak lemak dengan alkohol. Katalis-katalis yang cocok adalah zat berkarakter asam kuat dan karena ini, asam sulfat, asam sulfonat organik atau resin penukar kation asam kuat merupakan katalis-katalis yang biasa dipilih dalam praktek industrial. Untuk mendorong agar reaksi bisa berlangsung ke konversi yang

sempurna pada temperatur rendah (misalnya paling tinggi 120°C), reaktan metanol harus ditambahkan dalam jumlah yang berlebih (Sitorus, 2011).

Faktor – faktor yang berpengaruh pada reaksi esterifikasi antara lain:

a. Waktu Reaksi

Semakin lama waktu reaksi maka kemungkinan kontak antar zat semakin besar sehingga akan menghasilkan konversi yang besar. Jika kesetimbangan reaksi sudah tercapai maka dengan bertambahnya waktu reaksi tidak akan menguntungkan karena tidak memperbesar hasil.

b. Pengadukan

Pengadukan akan menambah frekuensi tumbukan antara molekul zat pereaksi dengan zat yang bereaksi sehingga mempercepat reaksi dan reaksi menjadi sempurna.

Sesuai dengan persamaan Archenius :

$$k = A e^{(-E_a/RT)}$$

dimana,

T = Suhu absolut (°C)

R = Konstanta gas umum (cal/gmol °K)

E = Tenaga aktivasi (cal/gmol)

A = Faktor tumbukan (t-1)

k = Konstanta kecepatan reaksi (t-1)

Semakin besar tumbukan maka semakin besar pula harga konstanta kecepatan reaksi. Sehingga dalam hal ini pengadukan sangat penting mengingat larutan minyak-katalis metanol merupakan larutan yang *immiscible*.

c. Katalisator

Katalisator berfungsi untuk mengurangi energi aktivasi pada suatu reaksi sehingga pada suhu tertentu harga konstanta kecepatan reaksi semakin besar. Pada reaksi esterifikasi yang sudah dilakukan biasanya menggunakan konsentrasi katalis antara 1 - 4 % berat sampai 10 % berat campuran pereaksi.

d. Suhu Reaksi

Semakin tinggi suhu yang digunakan maka semakin banyak konversi yang dihasilkan, hal ini sesuai dengan persamaan Archenius. Bila suhu naik maka harga k makin besar sehingga reaksi berjalan cepat dan hasil konversi makin besar (Nurul, 2010).

2.4.2. Transesterifikasi

Transesterifikasi adalah proses mereaksikan trigliserida seperti pada minyak tumbuhan dengan alkohol dengan menggunakan katalis berupa alkali untuk menghasilkan ester asam lemak dan gliserol. Pada penggunaan alkohol, metanol dan etanol adalah bahan yang sering digunakan karena harganya yang murah. Metanol dan etanol sangat mudah larut dan cepat bereaksi dengan trigliserida dan katalis basa. Katalis digunakan untuk mempercepat reaksi dan meningkatkan *yield*. Katalis alkali yang digunakan pada proses transesterifikasi biasanya berupa natrium dan kalium metoksida (Nurul, 2010).

Reaksi transesterifikasi berlangsung dalam 3 tahap yaitu sebagai berikut:

1. Trigliserida (TG) + CH₃OH + katalis ↔ Digliserida (DG) + R₁COOCH₃
2. Digliserida (DG) + CH₃OH + katalis ↔ Monogliserida (MG) + R₂COOCH₃
3. Monogliserida (MG) + CH₃OH + katalis ↔ Gliserol (GL) + R₃COOCH₃

Sumber : Nurul, 2010

Produk yang diinginkan dari reaksi transesterifikasi adalah metil ester asam lemak. Terdapat beberapa cara agar reaksi kesetimbangan bergerak lebih ke arah produk (Nurul, 2010), yaitu:

- a. Menambahkan metanol berlebih ke dalam reaksi
- b. Memisahkan gliserol
- c. Menurunkan temperature reaksi

Tahapan reaksi transesterifikasi pembuatan biodiesel selalu menginginkan agar didapatkan produk biodiesel dengan jumlah yang maksimum. Beberapa kondisi reaksi yang mempengaruhi konversi serta perolehan biodiesel melalui transesterifikasi adalah sebagai berikut:

- a. Pengaruh air dan asam lemak bebas

Minyak nabati yang akan ditransesterifikasi harus memiliki angka asam yang lebih kecil dari 1. Selain itu, semua bahan yang akan digunakan harus bebas dari air. Karena air akan bereaksi dengan katalis, sehingga jumlah katalis menjadi berkurang. Katalis harus terhindar dari kontak dengan udara agar tidak mengalami reaksi dengan uap air dan karbon dioksida (Nurul, 2010).

- b. Pengaruh perbandingan molar alkohol dengan bahan mentah

Secara stoikiometri, jumlah alkohol yang dibutuhkan untuk reaksi adalah 3 mol untuk setiap 1 mol trigliserida untuk memperoleh 3 mol alkil ester dan 1 mol gliserol. Perbandingan alkohol dengan minyak nabati 4,8:1 dapat menghasilkan konversi 98%. Secara umum ditunjukkan bahwa semakin banyak jumlah alkohol yang digunakan, maka

konversi yang diperoleh juga akan semakin bertambah. Pada rasio molar 6:1, setelah 1 jam konversi yang dihasilkan adalah 98-99%, sedangkan pada 3:1 adalah 74-89%. Nilai perbandingan yang terbaik adalah 6:1 karena dapat memberikan konversi yang maksimum (Nurul, 2010).

c. Pengaruh jenis alkohol

Pada rasio 6:1, metanol akan memberikan perolehan ester yang tertinggi dibandingkan dengan menggunakan etanol atau butanol (Nurul, 2010).

d. Pengaruh jenis katalis

Katalis alkali (katalis basa) akan mempercepat reaksi transesterifikasi bila dibandingkan dengan katalis asam. Katalis basa yang paling sering digunakan untuk reaksi transesterifikasi adalah natrium hidroksida (NaOH), kalium hidroksida (KOH), natrium metoksida (NaOCH₃), dan kalium metoksida (KOCH₃). Reaksi transesterifikasi akan menghasilkan konversi yang maksimum dengan jumlah katalis 0,5-1,5%w minyak nabati. Jumlah katalis yang efektif untuk reaksi adalah 0,5%w minyak nabati untuk natrium metoksida dan 1%w minyak nabati untuk natrium hidroksida (Nurul, 2010).

e. Metanolisis *Crude* dan *Refined* Minyak Nabati

Perolehan metil ester akan lebih tinggi jika menggunakan minyak nabati yang telah dimurnikan. Namun apabila produk metil ester akan digunakan sebagai bahan bakar mesin diesel, cukup digunakan bahan baku berupa minyak yang telah dihilangkan getahnya dan disaring (Nurul, 2010).

f. Pengaruh temperatur

Reaksi transesterifikasi dapat dilakukan pada temperatur 30 - 65° C (titik didih metanol sekitar 65° C). Semakin tinggi temperatur, konversi yang diperoleh akan semakin tinggi untuk waktu yang lebih singkat (Nurul, 2010).

2.5 Metanol

Pada proses transesterifikasi mereaksikan minyak nabati dengan pelarut alkohol. Pelarut alkohol dapat menggunakan metanol atau etanol. Menurut Gude, dkk (2013), metanol merupakan bahan yang memiliki absorpsi kuat terhadap gelombang mikro dan adanya gugus -OH mengikat molekul besar berperilaku seolah-olah bergerak dan rotasi yang mengakibatkan *superheating* yang membantu menyelesaikan reaksi lebih cepat.

Metanol merupakan cairan polar yang dapat bercampur dengan air, alkohol - alkohol lain, ester, keton, eter, dan sebagian besar pelarut organik. Metanol sedikit larut dalam lemak dan minyak. Secara fisika metanol mempunyai afinitas khusus terhadap

karbon dioksida dan hidrogen sulfida. Titik didih metanol berada pada $64,7^{\circ}\text{C}$ dengan panas pembentukan (cairan) $-239,03 \text{ kJ/mol}$ pada suhu 25°C . Metanol mempunyai panas fusi 103 J/g dan panas pembakaran pada 25°C sebesar $22,662 \text{ J/g}$. Tegangan permukaan metanol adalah $22,1 \text{ dyne/cm}$ sedangkan panas jenis uapnya pada 25°C sebesar $1,370 \text{ J/(gK)}$ dan panas jenis cairannya pada suhu yang sama adalah $2,533 \text{ J/(gK)}$.

Metanol juga dikenal sebagai metil alkohol atau spiritus. Metanol adalah senyawa kimia dengan rumus kimia CH_3OH . Sebagai alkohol alifatik yang paling sederhana, reaktifitas metanol ditentukan oleh group hidroksil fungsional. Metanol bereaksi melalui pemutusan ikatan C-O atau O-H yang dikarakterisasi dengan penggantian group -H atau -OH. Pada "keadaan atmosfer" metanol berbentuk cairan yang ringan, mudah menguap, tidak berwarna, mudah terbakar, dan beracun dengan bau yang khas (berbau lebih ringan daripada etanol). Metanol digunakan sebagai bahan pendingin anti beku, pelarut, bahan bakar dan sebagai bahan additif bagi etanol industri. Metanol diproduksi secara alami oleh metabolisme anaerobik oleh bakteri. Hasil proses tersebut adalah uap metanol (dalam jumlah kecil) di udara.

Api dari metanol biasanya tidak berwarna. Oleh karena itu, harus berhati-hati bila berada dekat metanol yang terbakar untuk mencegah cedera akibat api yang tak terlihat. Karena sifatnya yang beracun, metanol sering digunakan sebagai bahan additif bagi pembuatan alkohol untuk penggunaan industri. Penambahan "racun" ini akan menghindarkan industri dari pajak yang dapat dikenakan karena etanol merupakan bahan utama untuk minuman keras (minuman beralkohol). Dengan dosis 30 mL saja yang dikonsumsi dapat menyebabkan kebutaan permanen karena kerusakan dari seraf saraf mata. Pada dosis 100 mL metanol ini dapat menyebabkan kematian. Metanol sebenarnya bukanlah bahan beracun, namun dalam mengalami metabolisme (penguraian zat) menjadi formaldehyde selanjutnya diurai lagi menjadi asam format (*formic acid*) oleh enzim *alcohol dehydrogenase*. Asam format inilah yang mempunyai daya rusak yang kuat pada hati (*lever*) dan ginjal (*kidney*). Metanol terkadang juga disebut sebagai *fuel cell* untuk laptop dan juga disebut *wood alcohol* karena dahulu merupakan produk samping dari distilasi kayu.

2.5.1. Sifat – Sifat Metanol

Tabel 2. 3 Sifat Fisik dan Kimia Metanol

Sifat	Nilai satuan
Massa molar	32.04 g/mol
Wujud	Cairan tidak berwarna
<i>Specific gravity</i>	0.7918
Titik leleh	-97°C, -142.9°F (176 K)
Titik didih	64.7°C, 148.4°F (337.8 K)
Kelarutan dalam air	Sangat larut
Keasaman (pKa)	-15.5

Sumber : Perry, 1984

2.5.2. Kegunaan Metanol

Metanol digunakan secara terbatas dalam mesin pembakaran dalam, dikarenakan metanol tidak mudah terbakar dibandingkan dengan bensin. Metanol campuran merupakan bahan bakar dalam model radio kontrol. Salah satu kelemahan metanol sebagai bahan bakar adalah sifat korosi terhadap beberapa logam, termasuk aluminium. Metanol, merupakan asam lemah, menyerang lapisan oksida yang biasanya melindungi aluminium dari korosi dengan reaksi sebagai berikut:



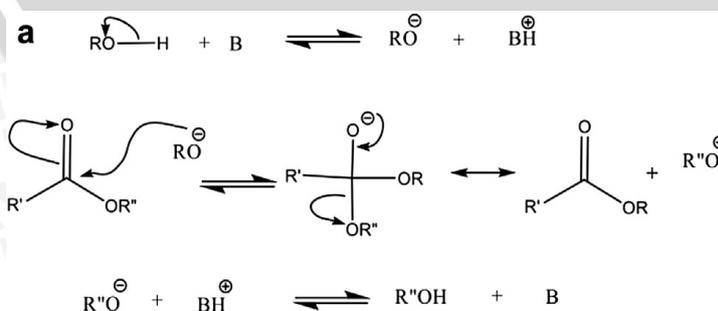
Ketika diproduksi dari kayu atau bahan organik lainnya, metanol organik tersebut merupakan bahan bakar terbaru yang dapat menggantikan hidrokarbon. Namun mobil *modern* pun masih tidak bisa menggunakan BA100 (100% bioalkohol) sebagai bahan bakar tanpa modifikasi. Metanol juga digunakan sebagai solven dan sebagai *antifreeze*, dan fluida pencuci kaca depan mobil. Penggunaan metanol terbanyak adalah sebagai bahan pembuat bahan kimia lainnya. Sekitar 40% metanol diubah menjadi *formaldehide*, dan menjadi berbagai macam produk seperti plastik, *polywood*, cat, peledak, dan tekstil. Dalam beberapa pabrik pengolahan air limbah, metanol dalam jumlah sedikit digunakan pada air limbah sebagai bahan makanan karbon untuk denitrifikasi bakteri, yang akan mengubah nitrat menjadi nitrogen. Bahan bakar *direct methanol* memiliki keunikan karena suhunya yang rendah dan beroperasi pada tekanan atmosfer, ditambah lagi dengan penyimpanan dan penanganan yang mudah dan aman membuat metanol dapat digunakan dalam perlengkapan elektronik.

2.6 Katalis

Katalis adalah zat yang ditambahkan didalam reaksi kimia dengan tujuan untuk mempercepat reaksi tersebut. Di industri, penggunaan katalis sangat penting karena meningkatkan konversi produk dan mengurangi biaya produksi. Katalis mempunyai beberapa sifat yaitu (Hariska, 2012):

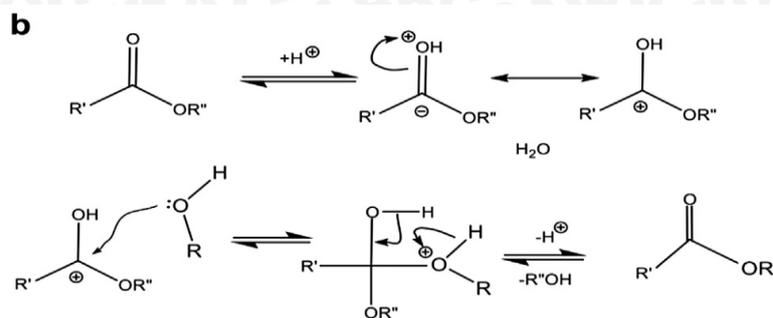
- Katalis tidak berubah selama reaksi, terdapat kemungkinan katalis ikut dalam reaksi.
- Katalis tidak mempengaruhi kesetimbangan reaksi. Katalis hanya mempercepat reaksi dalam mencapai kesetimbangan sebab semua reaksi berakhir dengan kesetimbangan.
- Katalis tidak mengawali suatu reaksi. Reaksi yang dikataliser harus berjalan walaupun sangat lambat.

Metode transesterifikasi melibatkan penggunaan katalis dalam bentuk cair, terutama katalis basa. Faktor dasar dalam katalisis asam adalah protonasi gugus karbonil dalam trigliserida dan alkohol menyerang karbon terprotonasi untuk menciptakan sebuah tetra-hedral intermediet. Namun, dalam reaksi katalis basa, faktor terpenting adalah untuk menciptakan nukleofilik alkoksida dari alkohol untuk menyerang bagian elektrofilik dari gugus karbonil dari trigliserida. Pembentukan trigliserida membutuhkan tiga langkah: langkah pertama adalah untuk menghasilkan sebuah tetrahedral intermediet seperti yang ditunjukkan pada reaksi (Gambar 2.6 dan 2.7) langkah kedua adalah pemecahan tetrahedral intermediet yang tidak stabil menjadi ion digliserida dan ester asam lemak, dan langkah terakhir adalah pemulihan katalis dengan transfer proton. Ketiga mekanisme yang diulang untuk pemecahan setiap ester asam lemak sehingga tiga ester asam lemak dan gliserol terbentuk. Penggunaan katalis adalah metode pertama yang diterapkan dalam industri produksi biodiesel. Meskipun pada aplikasi di industrial telah jelas terbukti, baru-baru ini investigasi berfokus pada penerapan heterogen katalisis dengan tujuan untuk meningkatkan produktivitas. (Aransiola, 2013)



Gambar 2. 6 Mekanisme reaksi transesterifikasi menggunakan katalis basa

Sumber : Aransiola, 2013



Gambar 2. 7 Mekanisme reaksi transesterifikasi menggunakan katalis asam

Sumber: Aransiola, 2013

2.6.1 Katalis Basa

Katalis alkali pada transesterifikasi adalah metode yang paling umum digunakan di laboratorium, *pilot plant* dan tingkat skala industri. Proses ini menggunakan katalis hidroksida dari golongan logam alkali dan alkoksida serta natrium atau kalium karbonat. Biaya produksi katalis ini rendah dan mampu menunjukkan kinerja yang sangat bagus ketika bahan baku (minyak nabati) dengan kadar asam lemak bebas rendah digunakan. Reaksi menggunakan katalis ini menyebabkan konversi yang tinggi tri gliserida menjadi ester metil pada waktu reaksi yang singkat. Namun, metode ini juga memiliki kekurangan karena energi yang intensif, pemulihan gliserol sulit, katalis harus dikeluarkan dari produk, air limbah alkali membutuhkan penanganan, asam lemak bebas dan air mengganggu reaksi, dan selektivitas yang rendah menyebabkan hasil samping yang tidak diinginkan (Aransiola, 2013).

2.6.2 KOH

Kalium hidroksida (KOH) memiliki nama lain *Potassium Hydrate*, *Pottasium Hidroksida*, *Dry Solid*, *Flake*, *Caustiic Potash*, dan *Lye*. Kalium hidroksida biasa digunakan sebagai bahan fotografi dan litografi, pembuatan sabun cair, pengabsorpsi karbon dioksida, penghilangan cat pernis, pewarna kain, dan juga tinta cetak. KOH akan berbahaya terhadap kesehatan, yaitu jika terjadi kontak dengan kulit, mata, dan jika tertelan. KOH memiliki bentuk umum berupa kristal, butir, serpih, padat, batang yang berwarna putih sampai kuning serta tidak memiliki bau (SIKerNas, 2012).

Tabel 2. 4 Sifat fisik dan kimia KOH

Massa molar	56.11 g/mol
Wujud	zat padat putih sampai kuning dan tidak berbau
<i>Specific gravity</i>	2.04
Titik leleh	360°C (680°F)
Titik didih	1320°C (2408°F)
Kelarutan dalam air	Mudah larut dalam air dingin
pH	13.5 (dalam larutan 0.1 M)

Sumber: SIKerNas (2012)

2.7 Proses Pada Reaktor *Continue*

Pengukuran laju alir cairan merupakan salah satu jenis pengukuran variabel proses. Pengukuran laju alir cairan merupakan variabel penting di dalam proses kimia. Pengukuran laju alir diperlukan untuk menentukan proporsi dan jumlah bahan yang mengalir masuk dan keluar proses. Dengan kata lain, pengukuran laju alir menunjukkan berapa banyak fluida yang digunakan atau didistribusikan di dalam proses.

Saat ini, efisiensi dan biaya dari suatu proses dibantu dengan berbagai variabel pengendali yang salah satunya adalah variabel laju alir. Ketepatan dan ketelitian yang baik pada proses akan berpengaruh pada efisiensi operasi. Semakin tinggi efisiensi maka konversi yang didapatkan akan semakin besar. Pengukuran laju alir yang tidak akurat akan menyebabkan kesalahan yang fatal dalam proses reaksi kimia.

Pengukuran laju alir ditentukan dengan mengukur kecepatan cairan tiap volume per satuan waktu. Perbedaan tekanan yang terjadi pada saat cairan melintasi pipa mempengaruhi kecepatan suatu aliran. Karena luas penampang pipa sudah diketahui, kecepatan rata-rata merupakan indikasi dari laju alirnya. Faktor-faktor yang mempengaruhi laju alir selain tekanan adalah viskositas, densitas, dan gaya gesek cairan terhadap dinding dalam pipa.

2.8 Penelitian Terdahulu

Pada penelitian terdahulu, menggunakan natrium amida (NaNH_2) sebagai katalis dan sistem pemanasan *microwave* digunakan untuk meningkatkan hasil metil ester, dan mengurangi baik waktu reaksi dan konsumsi energi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *yield* meningkat, waktu reaksi dan energi aktivasi menurun.

Metil ester yang dihasilkan oleh operasi menggunakan *microwave* adalah 95.6% ketika menggunakan 1,0 wt.% dari NaNH_2 sebagai katalis, perbandingan molar rasio metanol dan minyak adalah 8:1, waktu reaksi 7 menit, dan suhu 65°C . Hasil tertinggi yang diproduksi dengan menerapkan sistem pemanas adalah 96,2% saat menggunakan 1,0 wt.% dari NaNH_2 sebagai katalis, perbandingan molar rasio metanol dan minyak adalah 8:1, waktu reaksi 90 menit, dan suhu 65°C . Jumlah total energi yang dibutuhkan untuk MW (*microwave*) adalah 10 kali kurang dari yang dibutuhkan untuk CHS (*Conventional Heat System*). Hasil percobaan menunjukkan bahwa MW lebih menguntungkan dan lebih hemat energi dibandingkan dengan CHS, dan menawarkan produksi biodiesel sederhana (Lin, 2014).

Selain itu, menggunakan NaOH dan NaOCH_3 sebagai katalis dan sistem pemanasan *microwave* dengan proses kontinyu. Yield metil ester yang dihasilkan oleh operasi menggunakan proses ini adalah 96.5% ketika menggunakan 1,0 wt.% dari NaOH sebagai katalis, perbandingan molar rasio metanol dan minyak adalah 6:1, waktu reaksi 0,5 menit, dan suhu $59-73^\circ\text{C}$ (Tipayawong, 2012).

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan April 2015 sampai dengan Juni 2015. Produksi dan optimasi kondisi pada biodiesel ini dilakukan di Laboratorium Operasi Teknik Kimia Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang, sedangkan karakterisasi pengujian biodiesel hasil produksi berupa uji *Gas Chromatography* (GC) dilakukan di Laboratorium Teknik Kimia Politeknik Negeri Malang.

3.2 Bahan dan Alat

Bahan baku utama yang digunakan adalah minyak jarak (*Jatropha curcas L.*) yang dibeli dari Balittas. Sedangkan bahan penunjang yang digunakan antara lain metanol 99,8%, asam oksalat, etanol 95%, KOH, dan aquades.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas unit *microwave*, pipa silikon 3,2 m x 0,6 (ID), *thermocontroller*, *hot plate* dan *stirrer*, *beaker glass* 250 ml, *magnetic stirrer*, corong pisah 25ml, piknometer 10 ml, viskometer, buret 50ml, pipet volume 10ml, pipet volume 25ml, keran air, neraca analitik, *stopwatch*, *ceramic pad*, indikator pp, statif dan klem *holder*, dan tangki umpan.

3.3 Variabel Penelitian

Variabel dalam penelitian ini meliputi variabel tetap, bebas dan terikat. Variabel tetap adalah variabel yang nilainya tetap dan tidak berubah dalam setiap percobaan yang dilakukan. Variabel bebas adalah variabel yang nilainya tidak tergantung pada variabel lain dan divariasikan kondisi operasinya. Sedangkan variabel terikat adalah variabel yang nilainya ingin diketahui tergantung pada variabel lain, yaitu variabel bebas.

a. Variabel Tetap

Suhu (°C) = 55

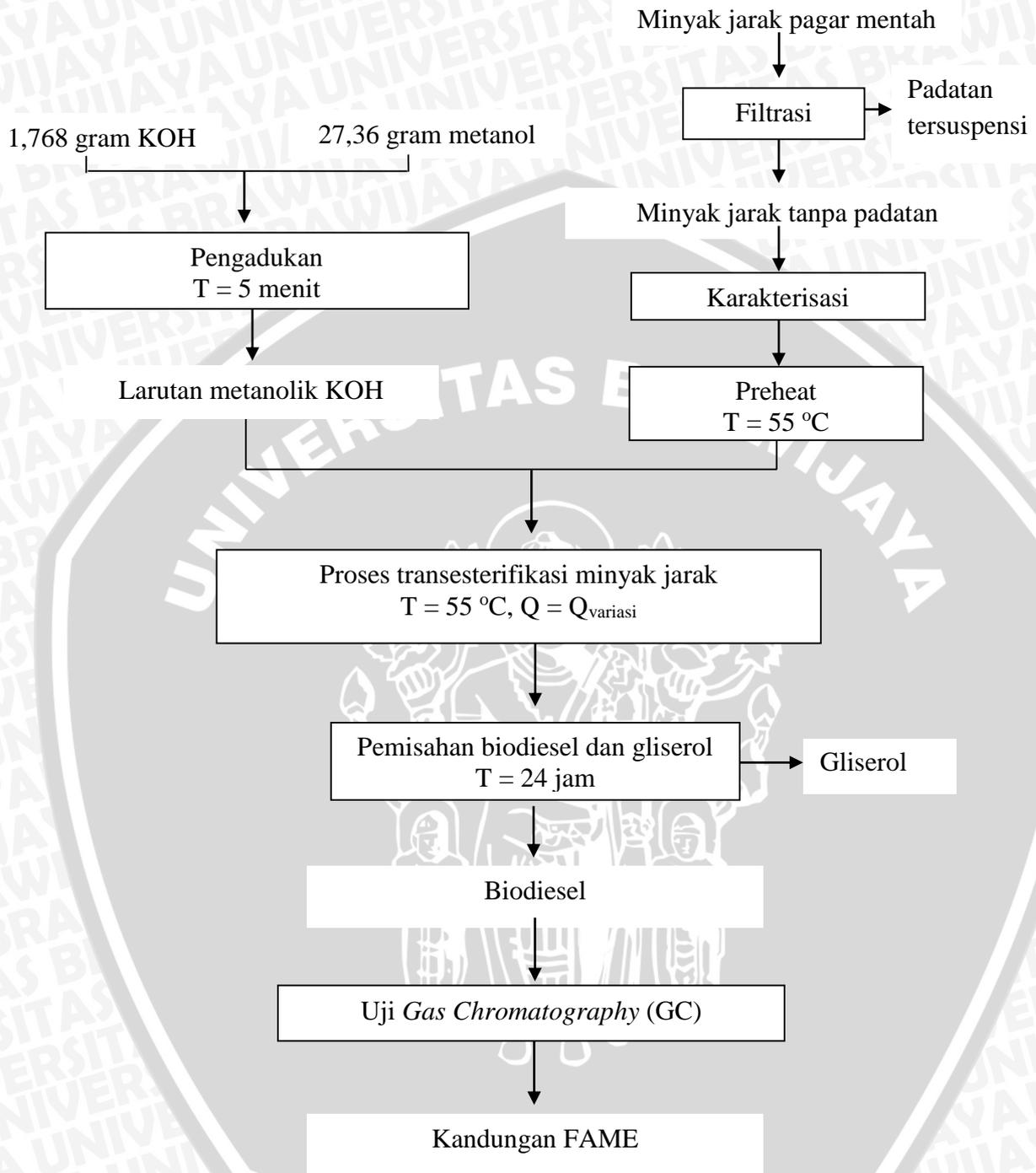
Rasio Metanol : Minyak = 7,5 : 1

Jumlah katalis KOH (% w gram) = 1,5

b. Variabel Bebas

Laju Alir (ml/menit) = 7,20; 11,20; 16,40; 18,40; 21,20

3.4 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. 1 Diagram alir tahapan penelitian

3.5 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian terdiri dari prosedur persiapan minyak jarak, persiapan katalis KOH, transesterifikasi minyak jarak dengan gelombang mikro, pemisahan lapisan biodiesel dengan lapisan gliserol dan pengujian FAME dari biodiesel yang dihasilkan. Prosedur-prosedur secara lengkap dijelaskan berikut ini:

3.5.1 Karakterisasi Minyak Jarak Pagar

Minyak jarak pagar berupa *crude* disaring terlebih dahulu. Filter yang digunakan adalah kertas saring dengan ukuran pori 0,01 μm . Filtrasi ini bertujuan untuk memisahkan partikel padatan yang terkandung dalam minyak mentah. Partikel padatan tersebut dapat mengganggu selama proses.

Pengukuran densitas minyak jarak dilakukan dengan menggunakan piknometer dan kadar air dalam minyak jarak diukur dengan menggunakan metode oven yang mengacu pada SNI 01-3555-1998. Pertama-tama, cawan porselen ditimbang terlebih dahulu untuk menentukan berat keringnya. Setelah itu, minyak jarak pagar ditimbang sebanyak 5 gram pada cawan porselen yang telah diketahui berat keringnya. Sampel minyak jarak dipanaskan dalam oven selama 1 jam pada temperatur 105°C dan didinginkan dalam desikator selama 30 menit. Cawan porselen dan minyak jarak pagar yang telah dingin kemudian ditimbang. Pemanasan dan pendinginan dilakukan secara berulang hingga diperoleh berat yang konstan. Kadar air dalam minyak jarak pagar ditentukan dengan rumus berikut:

$$\text{Kadar air} = \frac{\text{berat minyak awal} - \text{berat minyak setelah pemanasan}}{\text{berat minyak awal}} \times 100\%$$

Langkah selanjutnya adalah mengukur densitas minyak jarak yang dapat diketahui dengan menggunakan piknometer. Sedangkan untuk mengetahui kadar asam lemak bebas dapat dilakukan dengan cara titrasi menurut SNI 01-3555-1998. Larutan NaOH 0.1 N dititrasi ke campuran 5 gram minyak, 50 ml etanol 95%, dan 5 tetes indikator *phenolphthalein* hingga berubah warna menjadi merah muda tetap (tidak berubah selama 15 detik). Asam lemak bebas pada minyak jarak (FFA) dapat dihitung dengan rumus:

$$\%FFA = \frac{\text{Volum}_{\text{NaOH}}(\text{ml}) \times \text{Normalitas}_{\text{NaOH}}(\text{N}) \times \text{Berat molekul}_{\text{asam oleat}}}{10 \times \text{Berat sampel}(\text{g})}$$

3.5.2 Proses Transesterifikasi Minyak Jarak Pagar

Katalis yang digunakan adalah KOH dalam bentuk larutan metanolik. Padatan KOH yang digunakan sebanyak 1,5% dari berat minyak jarak dan metanol yang

digunakan. Untuk menghitung massa dari minyak jarak, maka dilakukan pengukuran densitas pada minyak jarak terlebih dahulu. Densitas minyak jarak mentah sebesar 905 kg/m^3 dan volum minyak jarak ditetapkan 100 ml sebagai basis. Dengan diketahui densitas dan volum sehingga:

$$\rho = \frac{\text{massa}}{\text{volum}} \rightarrow \text{massa} = \rho \times \text{volum} = 0,905 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \times 100 \text{cm}^3 = 90,5 \text{ gr}$$

Oleh karena itu, massa katalis KOH sebesar $1,768 \text{ gram}$.

Metanol yang dibutuhkan dapat diketahui dengan perbandingan rasio mol minyak jarak dan metanol sebesar $1:7,5$. Berdasarkan literatur (Sundarapandian dan Devaradjane, 2007), berat molekul minyak jarak adalah 800 g/mol . Besar mol dari minyak jarak yang digunakan dapat diketahui dengan rumus:

$$\text{mol minyak jarak} = \frac{\text{massa minyak jarak}}{\text{berat molekul minyak jarak}} = \frac{91 \text{ gr}}{800 \text{ gr/mol}} = 0,114 \text{ mol}$$

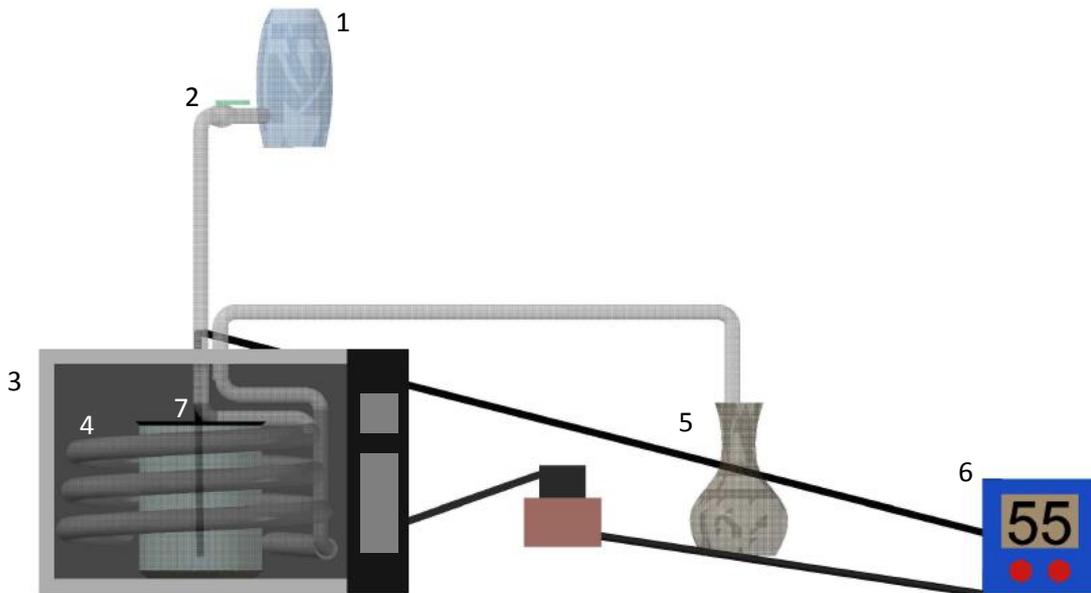
Metanol yang dibutuhkan sebesar $0,855 \text{ mol}$. Berdasarkan literatur, densitas metanol sebesar $0,792 \text{ gram/cm}^3$ dan berat molekul metanol sebesar 32 gram/mol (Perry, 1984). Oleh karena itu, massa metanol dapat diketahui sebesar:

$$\text{massa metanol} = \text{mol metanol} \times \text{berat molekul metanol}$$

$$\text{massa metanol} = 0,855 \text{ mol} \times 32 \frac{\text{gr}}{\text{mol}} = 27,36 \text{ gr}$$

Larutan metanolik KOH disiapkan secara langsung dengan cara melarutkan padatan KOH sebanyak $1,768 \text{ gram}$ ke $27,36 \text{ gram}$ metanol. Dalam pelarutan tersebut dilakukan pengadukan selama 5 menit .

Untuk pembuatan biodiesel dari minyak jarak, katalis KOH terlebih dahulu dicampurkan dengan metanol dimana kuantitas dari kedua bahan ini sesuai dengan yang ditentukan. Katalis KOH sebanyak $2,73 \text{ gram}$ dilarutkan dalam metanol sebanyak $54,72 \text{ gram}$. Pelarutan ini dilakukan secara kontinyu selama 5 menit dan terbentuk larutan metanolik KOH. Sementara itu, minyak jarak pagar sebanyak 200 ml dipanaskan menggunakan hot plate sampai suhu 55°C sebelum dicampur dengan larutan metanolik yang telah disiapkan. Campuran ini adalah *feed* yang akan digunakan dan dialirkan ke dalam reaktor. Selanjutnya dilakukan pemanasan, sesuai dengan masing-masing variabel laju alir. Proses transesterifikasi dikontrol pada suhu 55°C agar metanol tidak mendekati titik didihnya. *Microwave* dilengkapi dengan selang silikon untuk mengalirkan umpan di dalam *microwave* serta digunakan *thermocontroller* untuk memantau suhu reaksi.



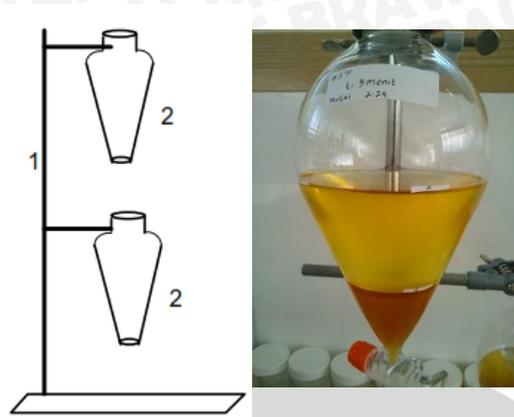
Gambar 3.2 Transesterifikasi minyak jarak dengan reaktor kontinyu

Keterangan gambar:

1. Tangki umpan
2. Kran
3. *Microwave*
4. Selang silikon
5. Tangki penampung
6. *Thermocontroller*
7. *Thermocouple*

3.5.3 Pemisahan *Methyl Ester* dan Gliserol

Hasil reaksi transesterifikasi dipisahkan terlebih dahulu untuk mendapatkan produk biodiesel mentahnya berupa metil ester. Pemisahan dilakukan dengan prinsip gravitasi menggunakan corong pisah. Metil ester terpisah di bagian atas sedangkan gliserol terpisah di bagian bawah corong pisah. Perbedaan densitas antara metil ester dengan gliserol (densitas metil ester lebih kecil dibandingkan densitas gliserol) menyebabkan terpisahnya metil ester dan gliserol. Pemisahan ini didiamkan selama 20 jam (Shahbazi, dkk 2012). Setelah 20 jam, produk biodiesel mentah dan gliserol kemudian ditimbang. Rangkaian alat pemisahan dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Rangkaian Alat Pemisahan

3.5.4 Pengujian FAME (*Fatty Acid Methyl Ester*)

Produk biodiesel mentah selanjutnya diuji kadar FAME (*Fatty Acid Methyl Ester*) yang terkandung di dalamnya dengan menggunakan GC (*Gas Chromatography*). Uji FAME menggunakan *Gas Chromatograph* (GC) dilakukan di Laboratorium Politeknik Negeri Malang. Kemurnian FAME (%massa) pada setiap sampel penelitian ini dilakukan dengan menggunakan *Gas Chromatography* (GC) HP 5890. Kondisi operasi dari pengujian dengan menggunakan GC HP 5890 yaitu kolom OV-17, gas pembawa nitrogen, kecepatan 28 ml/menit, suhu awal 125 °C, waktu awal 3 menit, laju 15 °/menit, suhu akhir 275 °C dan dengan detector FID.



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakterisasi Minyak Jarak Pagar

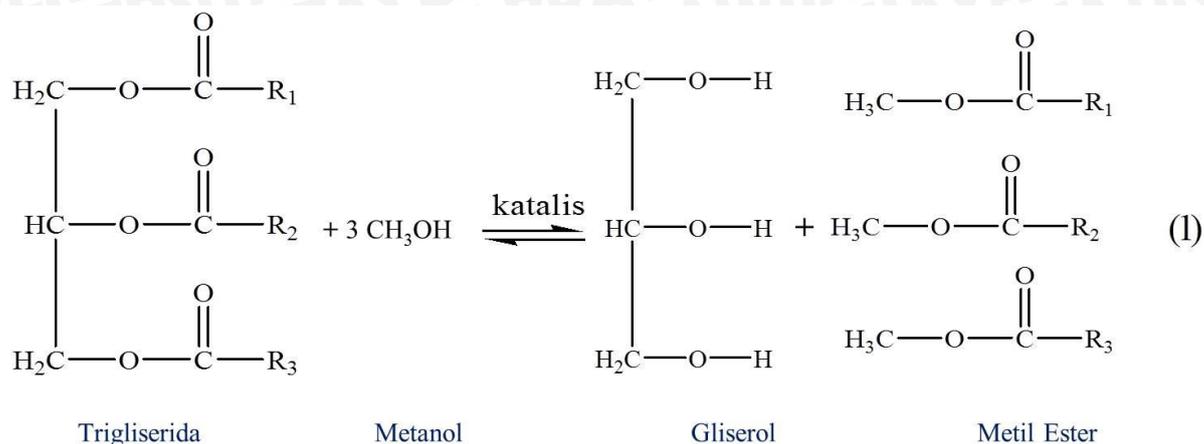
Minyak jarak pagar mentah yang digunakan pada penelitian ini didapatkan dari Balittas dimana masih mengandung partikel seperti FFA (*Free Fatty Acid*) dan air, partikel ini harus dihilangkan agar dapat digunakan dalam mesin dan mencegah kerusakan minyak selama penyimpanan. Karakteristik minyak jarak dapat dilihat pada Tabel 4.1

Tabel 4. 1 Karakteristik Minyak Jarak Pagar

Parameter	Nilai
Densitas	0,905 gram/cm ³
Kadar air	0 %
FFA (<i>Free Fatty Acid</i>)	4,4 %
Bilangan asam	8,752 mgram KOH/gram lemak

Penentuan kadar FFA dan kadar air digunakan untuk menentukan jumlah trigliserida dalam minyak jarak pagar. Kadar FFA yang diperoleh sebesar 4,4 % dan kadar air sebesar 0 % sehingga kadar trigliserida pada minyak jarak pagar diperoleh sebesar 95,6 %. Trigliserida ini yang nantinya mempengaruhi besarnya biodiesel yang dihasilkan.

Bilangan asam minyak jarak pagar pada penelitian ini sebesar 8,752 mgram KOH/gram lemak sedangkan pada literatur acuan (Liao dan Chung, 2011) menggunakan minyak jarak dengan kadar bilangan asam sebesar 1,57 mgram KOH/gram lemak. Selain itu, hasil karakteristik menunjukkan kadar FFA minyak jarak pagar yang digunakan sebesar 4,4%. Perbedaan ini mempengaruhi produk sehingga kemungkinan terjadinya reaksi penyabunan akibat bilangan asam dan kadar FFA semakin besar. Dampak dari terbentuknya sabun adalah sulitnya proses pemisahan produk FAME dan gliserol karena terbentuk emulsi. Hasil karakteristik juga menunjukkan kandungan air pada minyak jarak sebesar 0% sehingga kemungkinan terjadinya reaksi hidrolisis sangat kecil. Reaksi hidrolisis terjadi pada temperatur 563 K dan tekanan 11 MPa (Phuenduang dkk., 2012).



Gambar 4. 1 Reaksi transesterifikasi minyak jarak

Berdasarkan mekanisme di atas maka persamaan reaksi dapat ditulis sebagai berikut:



Dimana A, B, C, dan D masing-masing adalah trigliserida, metanol, gliserol, dan metil ester. Tiap molekul trigliserida mengandung tiga gugus asam lemak. Jadi, setiap mol trigliserida yang terkonversi akan dikonsumsi tiga mol metanol dan menghasilkan satu mol gliserol serta tiga mol metil ester. Persamaan kecepatan reaksi untuk reaksi di atas adalah:

$$r = -dC_A/dt = k_1(C_A)(C_B)^3 - k_2(C_C)(C_D)^3$$

$$C_A = C_{A0} (1 - X_A)$$

$$C_B = C_{B0} - 3(C_{A0} \cdot X_A)$$

$$C_C = C_{A0} \cdot X_A$$

$$C_D = 3(C_{A0} \cdot X_A)$$

Dimana C_A , C_B , C_C , dan C_D masing-masing adalah konsentrasi minyak, metanol, gliserol, dan metil ester, k_1 dan k_2 adalah konstanta kecepatan reaksi, X_A adalah fraksi konversi asam lemak bebas dalam minyak dan t adalah waktu reaksi.

Selama proses transesterifikasi, reaksi berlangsung dalam kondisi endotherm karena terjadi pemutusan ikatan trigliserida yang membutuhkan energi. Energi yang dibutuhkan berupa panas radiasi yang selama proses didapatkan dari microwave.

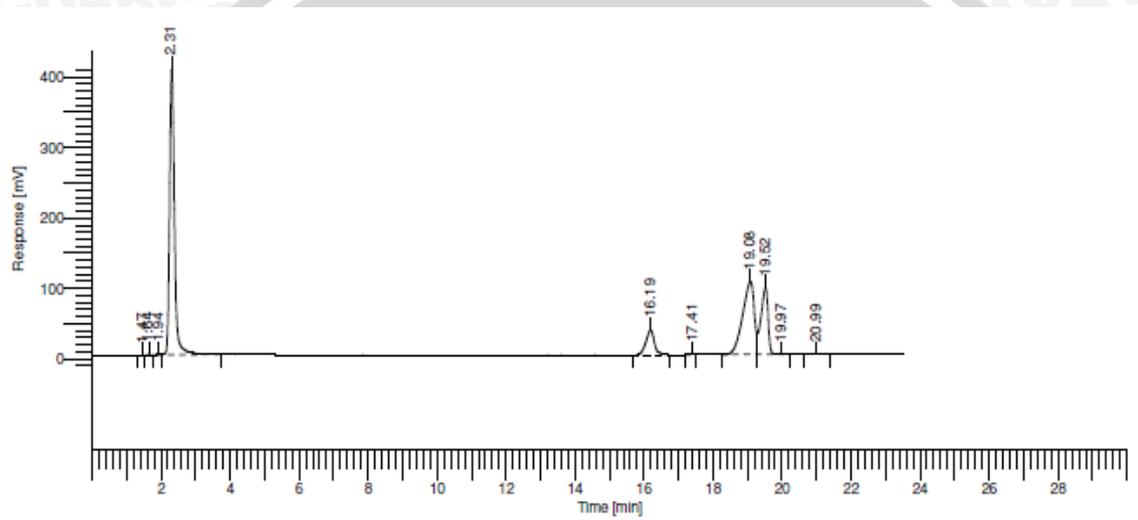
Microwave bekerja dengan cepat karena gelombang elektromagnetiknya menembus dan mengeksitasi molekul-molekul secara merata (tidak cuma permukaan saja). Saat diserap, atom tereksitasi dan menghasilkan panas dibandingkan perpindahan panas secara konveksi maupun konduksi yang terjadi di pemanasan. Hal ini sesuai dengan pernyataan Lin (2014) yang menyatakan bahwa dengan kondisi yang sama untuk



menghasilkan konversi yang sama pula akan menggunakan waktu yang lebih cepat pada *microwave*.

4.2 Hasil Uji Gas Kromatografi

Uji Gas Kromatografi dilakukan untuk mengetahui senyawa-senyawa yang terkandung didalam produk biodiesel yang dihasilkan tiap laju alir umpan. Senyawa-senyawa yang terkandung dalam produk biodiesel dapat diketahui dari kromatogram yang dihasilkan pada hasil uji gas kromatografi. Salah satu contoh kromatogram yang dihasilkan adalah sebagai berikut :



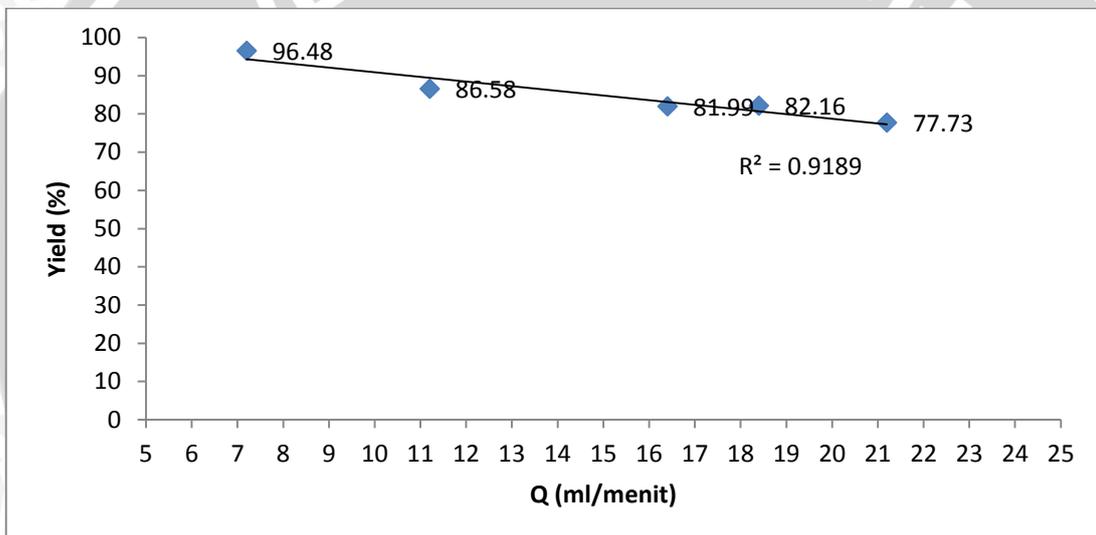
Gambar 4.2 Kromatogram pada laju alir 7,2 ml/menit

Pada Gambar 4.2 diketahui Kromatogram hasil uji Gas Kromatografi pada laju alir 7,2 ml/menit. Kromatogram yang ditampilkan adalah campuran Amyl alkohol dan crude biodiesel. Amyl alkohol digunakan sebagai larutan standar dalam perhitungan jumlah FAME yang terkandung dalam crude biodiesel. Amyl alkohol yang digunakan adalah Amyl alkohol dengan konsentrasi mendekati 100% sehingga spektrum Amyl alkohol tertampil luasan terbesar pada kromatogram dengan retensi time ke 2,31 selain itu dapat dibuktikan juga dengan titik didih amyl alkohol yang lebih rendah daripada metil ester. Sesuai dengan msds (*mechanical safety data sheet*) Amyl alkohol memiliki titik didih sebesar 137,5°C sedangkan pada golongan metil ester memiliki titik didih sekitar 220°C. Titik didih metil ester yang lebih besar dari amyl alkohol menyebabkan spektrum yang ditampilkan terletak setelah spektrum amyl alkohol, sehingga pada retensi time ke 15 hingga ke 21 merupakan komponen campuran penyusun FAME. Pernyataan ini dapat dibuktikan dengan penafsiran komposisi FAME (laurat, mirisat, palmitat, stearat, oleat,

linoelat, dan linolenat) dengan tabel *fatty acid composition (percentage)* pada website perusahaan Chempro yang bergerak dibidang industri *vegetable oil* di India (Chempro, 2015). Berdasarkan puncak spektrum metil ester pada perhitungan lampiran, diperoleh metil ester palmitat terletak pada retensi time ke 16.18 dengan 13,5% berat, sedangkan pada retensi time ke 19.08 dengan 55,15% berat merupakan metil ester oleat dan pada retensi time ke 19.52 dengan 30,6% berat adalah metil ester linoleat.

4.3. Hubungan Laju Alir Terhadap *Yield* Biodiesel

Pada penelitian ini digunakan variasi terhadap laju alir untuk mengetahui berapa besar *yield* biodiesel yang dihasilkan menggunakan *microwave*. Hasil *yield* biodiesel dapat dilihat pada gambar 4.3.



Gambar 4. 3 Hubungan laju alir terhadap *yield* biodiesel

Gambar 4.3 diatas menunjukkan penurunan *yield* biodiesel terhadap perubahan laju alir umpan. *Yield* maksimal pada rentang laju alir 7,2 ml/menit sampai 21,20 ml/menit berada pada laju alir 7,20 ml/menit sebanyak 96,48%. Kenaikan laju alir mengakibatkan waktu tinggal minyak jarak dalam reaktor semakin singkat. Pengaruh laju alir terhadap konsentrasi trigliserida terlihat pada tabel berikut:

Tabel 4. 2 Laju Alir terhadap konsentrasi trigliserida

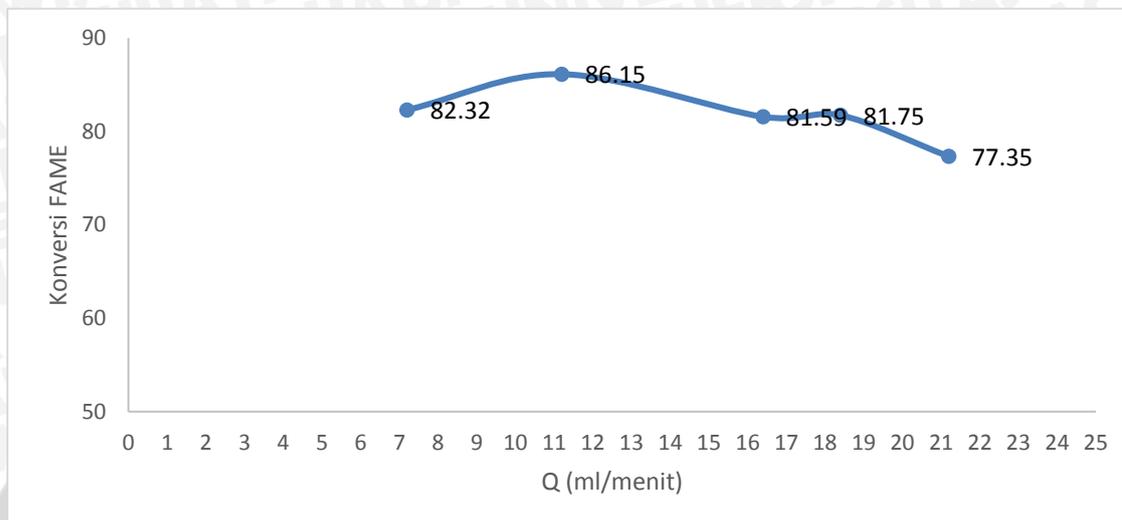
Laju Alir (ml/ menit)	Waktu tinggal (menit)	C_{TG} (mol)
7,20	9,38	0,056
11,20	6,03	0,087
16,40	4,12	0,128
18,40	3,67	0,144
21,20	3,18	0,166

Waktu tinggal yang lama mengakibatkan terjadinya reaksi transesterifikasi semakin besar. Dapat diketahui pula dari banyaknya FAME yang terbentuk, pada laju alir 7,20 didapatkan sebesar 11,68 gram. Pada kenaikan laju alir 21,20 massa FAME sebesar 27,72 gram menunjukkan semakin besar laju alirnya maka semakin banyak pula minyak jarak yang bereaksi sehingga biodiesel yang didapatkan semakin banyak.

Yield yang besar menunjukkan konsentrasi trigliserida sebelum menjadi biodiesel besar pula. Hal ini dapat dilihat melalui tabel 4.2 diatas yang menunjukkan semakin meningkatnya laju alir umpan semakin meningkat pula konsentrasi trigliserida. Semakin besar konsentrasi trigliserida maka tumbukan antar molekul semakin cepat tetapi dengan laju alir sebesar 7,20 ml/menit konsentrasi trigliserida sebesar 0,056 mol sedangkan pada laju alir sebesar 21,20 konsentrasi trigliserida sebesar 0,166 mol. Hal ini dikarenakan reaksi transesterifikasi dipengaruhi oleh *microwave*. Semakin lama berada didalam *microwave* semakin lama minyak jarak terkena radiasi. Radiasi dari *microwave* mengaktifkan molekul dipol dan ion sehingga saling bertubrukan dengan cepat sehingga FAME yang dihasilkan lebih banyak dibanding dengan konsentrasi trigliserida sebesar 0,166. Hal ini sesuai dengan pernyataan (Tipayawong dan Sittisun, 2012).

4.4. Hubungan Laju Alir terhadap Konversi Triglisierida

Pada penelitian ini, digunakan variable perbedaan laju alir untuk menentukan reaksi yang terjadi. Hubungan antara konversi triglisierida yang dihasilkan terhadap laju alir yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.4 berikut ini.



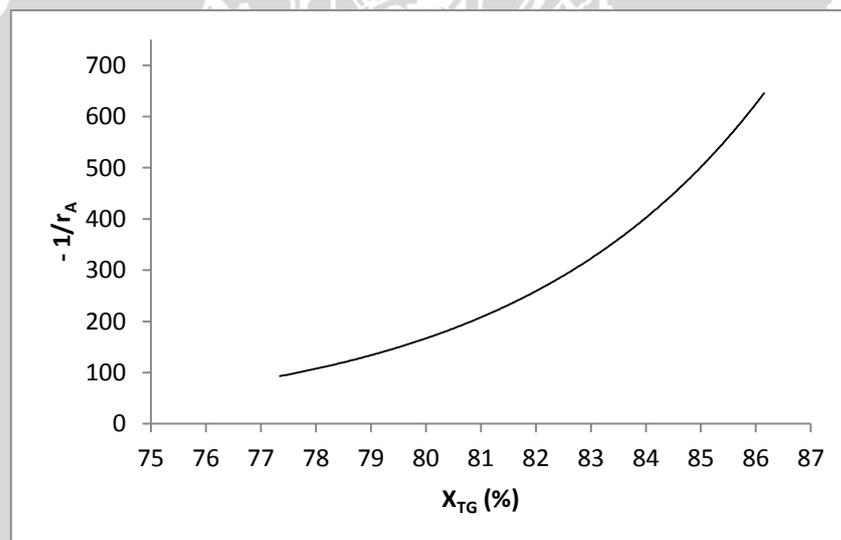
Gambar 4. 4 Hubungan antara konversi triglisierida terhadap laju alir

Berdasarkan Gambar 4.4 di atas dapat dilihat bahwa dengan laju alir yang bervariasi dari rendah ke tinggi yaitu 7,20; 11,20; 16,40; 18,40; 21,20 yang semuanya mempunyai satuan ml/menit akan didapatkan hasil konversi dengan nilai maksimal yang dapat dicapai adalah 86.15% pada saat menggunakan laju alir sebesar 11,20 ml/menit.

Banyaknya mol minyak jarak dan methanol sebagai umpan dalam bereaksi untuk menjadi produk triglisierida dan gliserol dapat dilihat dari stoikiometri, dimana stoikiometri yang memiliki nilai sisa mol paling sedikit dapat dikatakan memiliki nilai konversi maksimal karena banyaknya mol reaktan yang berubah menjadi mol produk dan setelah itu cenderung mengalami penurunan nilai konversi. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa setiap peningkatan nilai laju alir yang digunakan akan menghasilkan konversi triglisierida semakin rendah. Hal ini karena dalam reaksi transesterifikasi yang terjadi jika laju alirnya besar atau cepat maka terjadinya interaksi antara reaktan yaitu minyak jarak dan metanol yang ditambahkan dengan katalis KOH akan menjadi sedikit dan singkat, sehingga reaktan minyak jarak dan methanol belum sampai bereaksi sempurna atau berkontak seluruhnya sudah terbawa oleh aliran di dalam reaktor dan mengalir menuju wadah penampungan produk. Begitu pula jika laju alir yang digunakan kecil atau lambat maka terjadinya interaksi antara umpan yaitu minyak jarak dan methanol dengan katalis KOH akan menjadi lebih banyak dan lebih lama, sehingga reaktan minyak jarak dan metanol akan bereaksi atau berkontak lebih banyak di dalam

reaktor sebelum mengalir menuju wadah penampungan produk. Hal ini sesuai dengan pernyataan Liao and Chung (2010) yang menyatakan bahwa laju alir akan berbanding terbalik dengan konversi yang dihasilkan.

Dari Gambar 4.3 dan Gambar 4.4 dapat dikatakan bahwa nilai *yield* yang tinggi tidak selalu diikuti oleh nilai konversi yang juga tinggi. Untuk minyak jarak dan methanol yang digunakan sebagai reaktan mempunyai *yield* maksimum pada laju alir 7,20 ml/menit. Hal ini dikarenakan, pengukuran nilai konversi menggunakan massa yang dapat diketahui dari hasil uji Gas Chromatography dibanding dengan pengukuran nilai *yield* yang menggunakan perbandingan massa akhir dan awal trigliserida pada saat pemisahan metil ester dan gliserol menggunakan corong pisang. Dengan adanya perbedaan metode pengukuran secara otomatis menggunakan GC dan secara pemisahan biasa, terdapat kekurangan dalam hal ketepatan atau keakuratan dalam menentukan komponen-komponen di dalamnya yang selanjutnya digunakan untuk mengukur nilai massa sehingga *yield* yang dihasilkan terdapat perbedaan nilai dengan konversi.



Gambar 4.5 Grafik hubungan konversi trigliserida terhadap $-1/r_A$

Dari Gambar 4.5 diatas dapat dikatakan bahwa semakin meningkatnya nilai konversi trigliserida (X_{TG}) sebanding dengan kenaikan laju reaksinya. Hal ini sesuai dengan pernyataan Levenspiel, 1999 yang menyatakan grafik representasi dari persamaan untuk reaktor plug flow.

4.5. Perbandingan dengan Literatur

Tabel 4. 3 Perbandingan kondisi operasional pembuatan biodiesel

Raw materials	Journal	Proses type	Heating	Catalyst type and concentration (%)	Oil/ metanol molar ratio	Reaction time (min)	Yield (%)
Jatropha oil	This work	Continuous	Microwave	KOH 1.5	1:7.5	9	96.48
Jatropha oil	N. Tippayawong	Continuous	Microwave	NaOCH ₃ 1.0	1:6	0.5	96.5
Jatropha oil	Yuan-Chung Lin	Batch	Microwave	NaNH ₂ 1.0	1:8	7	95.6
Jatropha oil	Yuan-Chung Lin	Batch	Pemanasan	NaNH ₂ 1.0	1:8	90	96.2
Jatropha oil	Chitra et al.	Batch	Pemanasan	NaOH 1.0	1:6	90	98.0
Jatropha oil	Berchmans	Batch	Pemanasan	NaOH 1.4	1:7	120	90.0
Jatropha oil	Tiwari et al.	Batch	Pemanasan	KOH 0.6	1:4	24	99.0

Hasil biodiesel dari minyak jarak pagar pada kondisi optimum tercantum dalam Tabel 4.3 di atas. Chitra et al. dan Berchmans mempelajari transesterifikasi minyak jarak dengan pemanasan menggunakan katalis basa berupa NaOH. Dapat dikatakan bahwa 90%-98% dari yield biodiesel pada rasio molar dan konsentrasi katalis yang digunakan dapat dicapai setelah 90-120 menit dari waktu reaksi. Tiwari et al. juga menyatakan bahwa 99% yield diperoleh setelah memerlukan hanya 24 menit untuk pemanasan dengan 0,6% KOH. Sedangkan dari penelitian yang telah dilaksanakan yaitu transesterifikasi minyak jarak dengan pemanasan menggunakan sumber energi microwave didapatkan yield sebesar 96,48% tetapi dengan waktu reaksi 1 menit. Dari perbandingan, itu jelas bahwa hasil biodiesel yang diperoleh dalam penelitian ini adalah sebanding dengan yang dilaporkan dalam literatur. Selain itu jika dibandingkan terhadap pemanasan, hal ini juga menegaskan bahwa pemanasan dengan menggunakan sumber energi *microwave* dapat mempersingkat waktu reaksi transesterifikasi minyak jarak pagar dengan metanol, yang dalam konversi menjadi metil ester dan gliserol.

BAB V

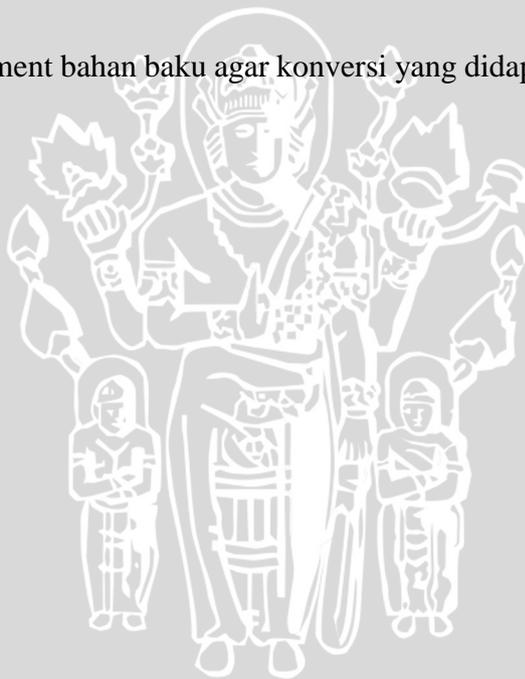
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. *Yield* biodiesel yang diperoleh dari laju alir minyak jarak sebesar 7,20 ml/menit adalah 96,48% dengan waktu tinggal 9,38 menit.
2. Konversi dipengaruhi waktu reaksi sehingga konversi optimal minyak jarak menjadi biodiesel menggunakan *microwave* dengan proses kontinu diperoleh sebesar 86,15%.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pengaruh laju alir pada reaktor kontinu.
2. Perlu dilakukan treatment bahan baku agar konversi yang didapatkan bisa maksimal.



DAFTAR PUSTAKA

- Agustian Andreas. 2008. *Karakterisasi Variasi Pemetaan DNA Jatropha Curcas L.* Jakarta: FMIPA Universitas Indonesia
- Aransiola, E.F. Ojumu, T.V. Oyekola, O.O. Madzimbamuto, T.F. Ikhu-Omoregbe, D.I.O. 2013. *A Review of Current Technology for Biodiesel Production: State of The Art.* Cape town: Cape Peninsula University of Technology, South Africa
- Badan Pengkajian dan Penetapan Teknologi. 2013. *Outlook Energi Indonesia 2013.* Jakarta: BPPT.
- Chempro. 2105. *Fatty acid composition.* <http://www.chempro.in/fattyacid.htm> (diakses 26 juli 2015)
- Freedman, B. Pride, E.H. and Mounts, t.L. 1984. *Variable Affecting the Yields of Fatty Esters from Transesterified Vegetable Oil.* JAOCS, 61 (10), 1643-1683.
- Gude, V.G., Prafulla, P., Edith M.G., Shuguang, D., dan Nagamany, N. 2013. *Microwave Energy Potential for Biodiesel Production. Sustainable Chemical Process.* USA: Mississippi State University.
- Harimurti, N. dan Sumangat, D. 2011. *Pengolahan Biji Jarak Pagar (Jatropha curcas L.) Menjadi Sumber Bahan Bakar Nabati dan Pemanfaatan Produk Samping.* *Buletin Teknologi Pascapanen Pertanian* 7:50.
- Hariska, A., Suciati, R.F., Ramdja A. F. 2012. *Pengaruh Methanol dan Katalis Pada Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah Secara Esterifikasi Dengan Menggunakan Katalis K₂CO₃.* *Jurnal Teknik Kimia* 18.
- Handayani, Septi Puji. 2010. *Pembuatan Biodisel dari Minyak Ikan dengan Radiasi Gelombang Mikro.* Skripsi tidak dipublikasikan. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Korus, Roger A., Dwight S. Hoffman, Narendra Bam, Charles L. Peterson, David C. Drown. 2000. *Transesterification Process to Manufacture Ethyl Ester of Rape Oil.* Department of Chemical Engineering. University of Idaho, Moscow.
- Liao, Chien-Chih. Chung, Tsair-Wang. 2011. *Analysis of parameters and interaction between parameters of the microwave-assisted continuous transesterification process of Jatropha oil using response surface methodology.* *Chemical Engineering Research and Design* 89, 2575–2581

- Lin, Yuan-Chung, Shang-Cyuan, C., Chin-En, C., Po-Ming, Y., dan Syu-Ruei, J. 2014. *Rapid Jatropha-Biodiesel Production Assisted by a Microwave System and Sodium Amide Catalyst. Journal of Fuel* 135, 435 - 442.
- Ma, Fangrui dan Hanna, Milford A. 2001. *Biodiesel Production: A Review. Bioresouce Tech.* 70: 77-82.
- Mittelbach, M., Remschmidt, C. 2004. *Biodiesel The Comprehensive Handbook. Karl Franzens University. Graz, Austria*
- Nurul H. Maharani. Zuliyana. 2010. *Pembuatan Metil Ester (Biodiesel) Dari Minyak Dedak dan Metanol dengan Proses Esterifikasi dan Transesterifikasi.* Semarang Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
- Perry, R.H. and Green, D.W. 1984. *Perry's Chemical Engineering Handbook. 6th ed, Mc Graw Hill Book Company. Inc, New York.*
- Prabowo, D., M. Herman dan Y. Ferry. 2006. *Pengaruh pengolahan tanah dan pemupukan terhadap pertumbuhan dan produksi awal jarak pagar. Di dalam E. Karmawati et al. (Eds.) Prosiding Lokakarya II Status Teknologi Tanaman Jarak Pagar (Jatropha curcas L.). Puslitbang Perkebunan, Bogor.*
- Prakoso, Tirto. 2003. *Potensi Biodiesel Indonesia.* Laboratorium Termofluida dan Sistem Utilitas. Departemen Teknik Kimia ITB, Bandung.
- Sembiring, R.B. 2010. *Sintesis Dan Karakterisasi Sabun Natrium Poliol Stearat Campuran Yang Diturunkan Dari Minyak Jarak Pagar (Jatropha Curcas Linn).* Medan : Universitas Sumatera Utara
- Sherbiny, Shakinaz A., Refaat AA, Shakinaz TES. 2010. *Production of Biodiesel Using the Microwave Technique. Journal Advanced Resources* 1:309–314.
- Sitorus, Parlindungan. 2011. *Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Jarak Pagar (Jatropha Curcas) Menggunakan Katalis KOH 4 % Dengan Variasi Lama Reaksi 2 ; 4 Dan 6 Jam.* Medan : Universitas Sumatera Utara
- Soerawidjaja, Tatang H. 2006. *Fondasi-Fondasi Ilmiah dan Keteknikan dari Teknologi Pembuatan Biodiesel.* Handout Seminar Nasional; Biodiesel Sebagai Energi Alternatif Masa Depan, UGM Yogyakarta
- Sudrajat. 2006. *Minyak Jarak dan Aplikasinya di Kehidupan.* Quatro. Bandung
- Skoog, D.A., Holler, F.J & Nieman, A.T.. 1997. *Principle of Instrumental Analysis, Fifth Edition.* New York, Hancourt Brace & Company.
- Tippayawong, N., Sittisun P. 2012. *Continuous-flow transesterification of crude jatropha oil with microwave irradiation. Research note* 19 (5), 1324–1328

Wibisono, Ardian. 2007. *Conoco Phillips Produksi Biodiesel dari Lemak Babi*, Jakarta.



LAMPIRAN 1
DATA DAN PERHITUNGAN

1. Data Penelitian

T (°C)	Q (ml/menit)	Massa awal (gram)	Massa FAME (gram)	t tinggal (menit)	Yield (%)	Konversi (%)
55	7,20	12,11	11,68	9,38	96,48	82,32
	11,20	18,84	16,31	6,03	86,58	86,15
	16,40	27,58	22,62	4,12	81,99	81,58
	18,40	30,95	25,43	3,67	82,16	81,75
	21,20	35,66	27,72	3,18	77,73	77,35

2. Pengukuran Densitas Minyak Jarak Pagar

Massa piknometer kosong = 15,8 gram

Volum piknometer = 10 ml

Rumus Densitas :

$$\text{Densitas minyak jarak} = \frac{\text{massa minyak jarak (gram)}}{\text{volum minyak jarak (cm}^3\text{)}}$$

Pengukuran ke-	Massa piknometer + minyak jarak (gram)	Massa minyak jarak (gram)	Densitas minyak jarak (gram/cm ³)
1	24,85	9,05	0,905
2	24,85	9,05	0,905
3	24,85	9,05	0,905
Densitas rata-rata minyak jarak			0,905

3. Pengukuran Kadar Asam Lemak Bebas dan Bilangan Asam Minyak Jarak Pagar

- **Pembuatan Larutan NaOH 0,1 N**

$$\text{Normalitas NaOH} = \text{valensi} \times \text{molaritas} = 1 \times 0,1 \text{ M} = 0,1 \text{ N}$$

$$\text{Molaritas NaOH} = \frac{\text{mol NaOH}}{\text{volum larutan}}$$

$$\begin{aligned} \text{mol NaOH} &= \text{molaritas NaOH} \times \text{volum larutan} = 0,1 \text{ M} \times 0,1 \text{ L} \\ &= 0,01 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\text{Mol NaOH} = \frac{\text{massa NaOH}}{\text{berat molekul NaOH}}$$

$$\begin{aligned} \text{massa NaOH} &= \text{mol NaOH} \times \text{berat molekul NaOH} \\ &= 0,01 \text{ mol} \times 40 \frac{\text{gram}}{\text{mol}} = 0,4 \text{ gram} \end{aligned}$$

- **Standarisasi Larutan NaOH 0,1 N**

$$\text{Normalitas asam oksalat} = \text{valensi} \times \text{molaritas} = 2 \times 0,1 \text{ M} = 0,2$$

$$\text{Molaritas asam oksalat} = \frac{\text{mol asam oksalat}}{\text{volum larutan}}$$

$$\text{mol asam oksalat} = \text{molaritas asam oksalat} \times \text{volum larutan}$$

$$\text{mol asam oksalat} = 0,1 \text{ M} \times 0,1 \text{ L} = 0,01 \text{ mol}$$

$$\text{massa asam oksalat} = \text{mol Asam Oksalat} \times \text{BM Asam Oksalat}$$

$$\text{massa asam oksalat} = 0,01 \text{ mol} \times 90 \frac{\text{gram}}{\text{mol}} = 0,9 \text{ gram}$$

Titration ke-	Volum NaOH (ml)	Volum NaOH rata-rata (ml)
1	10	10
2	10	
3	10	

$$N_{\text{NaOH}} \times v_{\text{NaOH}} = N_{\text{asam oksalat}} \times v_{\text{asam oksalat}}$$

$$N_{\text{NaOH}} \times 10 \text{ ml} = 0,1 \text{ N} \times 10 \text{ ml}$$

$$N_{\text{NaOH}} = 0,1 \text{ N}$$

- **Titration Uji Asam Lemak Bebas Minyak Jarak Pagar**

Pengukuran ke-	Volum NaOH (ml)	Volum NaOH rata-rata (ml)
1	7,8	7,8
2	7,8	
3	7,8	

Rumus kadar asam lemak bebas minyak jarak :

$$\begin{aligned} \text{Asam lemak bebas minyak jarak} &= \frac{M \times V \times T}{10 \times m} = \frac{282 \times 7,8 \times 0,1}{10 \times 5} \\ &= 4,4\% \end{aligned}$$

Keterangan:

- M adalah berat molekul asam lemak (minyak jarak dinyatakan dengan asam oleat)
- V adalah volum NaOH yang diperlukan (ml)
- T adalah normalitas NaOH
- m adalah berat minyak jarak (gram)

Rumus bilangan asam minyak jarak :

$$\begin{aligned} \text{Bilangan asam minyak jarak} &= \frac{56,1 \times V \times T}{m} = \frac{56,1 \times 7,8 \times 0,1}{5} \\ &= 8,752 \text{ mgm KOH/ gram lemak} \end{aligned}$$

4. Pengukuran Kadar Air Minyak Jarak Pagar

Massa cawan porselen = 68,15 gram

Massa minyak jarak = 5 gram

Pengukuran ke-	Massa cawan + minyak jarak (gram)	Massa minyak jarak setelah pengeringan (gram)
1	73,15	5
2	73,15	5
3	73,15	5

Rumus kadar air minyak jarak :

$$\begin{aligned} \text{Kadar air minyak jarak} &= \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100\% = \frac{5 \text{ gram} - 5 \text{ gram}}{5 \text{ gram}} \times 100\% \\ &= 0\% \end{aligned}$$

Keterangan :

- m_1 adalah berat minyak jarak (gram)
- m_2 adalah berat minyak jarak setelah pengeringan (gram)

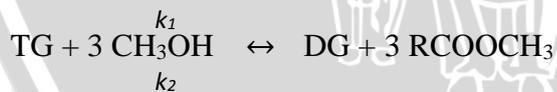
5. Perhitungan Massa

Variabel Q1 = 7,20 ml/menit

Volume minyak jarak	= 200 ml
Massa minyak jarak	= 181 gram
Massa trigliserida	= 172,629 gram
Volume metanol	= 69 ml
Massa metanol	= 44,9 gram
Massa metanol (96%)	= 43,104 gram
Massa KOH	= 2,72 gram
Massa minyak jarak setelah transesterifikasi	= 26,36 gram
Massa metil ester	= 12,5 gram

6. Perhitungan Stoikiometri

Reaksi menyeluruh:



Asumsi = Reaksi berorde 2. Reaksi diharapkan berjalan ke arah kanan dengan cara menggunakan metanol berlebih sehingga harga $k_1 \gg \gg \gg k_2$ dan diharapkan reaksi *irreversible*.

Sehingga persamaan diasumsikan sebagai berikut:



Ket : TG = Trigliserida

DG = Digliserida

GL = Gliserol
 RCOOCH₃ = Metil Ester
 CH₃OH = Metanol

Variabel Q1

m A_o = 12.11 Gram
 m B_o = 7.25 gram
 m_r A = 800 gram/mol
 m_r B = 32 gram/mol
 mol A_o
 = 0.015138 Mol
 mol B_o
 = 0.226563 mol

m D = 12.5 Gram
 %FAME
 = 93.47
 m_r D = 312.5367 gram/mol
 = massa D
 = 11.68375 gram
 mol D = 0.037384 Mol

	A	+	3B	-->	C	+	3D
m	0.015138		0.226563				
r	0.012461		0.037384		0.012461		0.037384
s	0.002676		0.189179		0.012461		0.037384

Densitas minyak jarak = 0.905 gram/ml
 Densitas metanol = 0.791 gram/ml
 massa minyak jarak = 181 gram
 Volume minyak jarak = 200 ml
 massa metanol = 54.579 gram
 Volume metanol = 69 ml
 Volume total = 0.269 L

7. Perhitungan Konsentrasi

Variabel Q1 = 7,20 ml/menit

CA₀ = mol TG mula-mula x volume total
 = 0,015138 mol x 0,269 L
 = 0.056273

CA = mol TG sisa x volume total
 = 0,002676 mol x 0,269 L
 = 0,009949

CB₀ = mol CH₃OH mula-mula x volume total

$$= 0,226563 \text{ mol} \times 0,269 \text{ L}$$

$$= 0.84224$$

$$\text{CB} = \text{mol CH}_3\text{OH sisa} \times \text{volume total}$$

$$= 0,189179 \text{ mol} \times 0,269 \text{ L}$$

$$= 0.703267$$

$$\text{CC} = \text{mol GL sisa} \times \text{volume total}$$

$$= 0,012461 \times 0,269 \text{ L}$$

$$= 0.046324$$

$$\text{CD} = \text{mol RCOOCH}_3 \times \text{volume total}$$

$$= 0,037384 \times 0,269 \text{ L}$$

$$= 0.138973$$

7. Perhitungan Konversi Minyak Jarak

Variabel $Q_1 = 7,20 \text{ ml/menit}$

$$\begin{aligned} \text{Konversi minyak jarak} &= \frac{CA_0 - CA}{CA} = \frac{0,056273 - 0,009949}{0,009949} \\ &= 82,3201\% \end{aligned}$$

8. Perhitungan Yield Minyak Jarak

Variabel $Q_1 = 7,20 \text{ ml/menit}$

$$\text{Yield} = \frac{(m D \times \%FAME)}{m A_0} \times 100\% = \frac{11,68375}{12,11} \times 100\% = 96,48018\%$$

9. Perhitungan Laju Reaksi

Variabel $X_{TG} = 82,32 \%$

$$-1/r_A = \frac{d\tau}{dC_A} = \frac{9,38}{0,00995} = 942,3007$$

10. Perhitungan Waktu Tinggal

Variabel $Q_1 = 7,20$ ml/menit dengan volume selang 67,5 ml

$$\tau = \frac{V}{Q} = \frac{67,5}{7,20}$$

$$= 9,38 \text{ menit}$$

11. Perhitungan Methyl Ester

Peak #	Time [min]	Area [uV*sec]	Height [uV]	Area [%]
1	1.472	412.79	92.54	0.00
2	1.643	2036.08	254.40	0.02
3	1.935	4629.17	735.81	0.06
4	2.310	4013020.97	407742.19	47.74
5	16.189	593508.58	35291.76	7.06
6	17.414	1071.21	89.36	0.01
7	19.082	2422772.73	103553.06	28.82
8	19.516	1344634.44	94747.58	16.00
9	19.975	10887.09	724.90	0.13
10	20.987	12959.78	596.58	0.15
		8405932.84	643828.17	100.00

Missing Component Report
Component Expected Retention (Calibration File)

All components were found

Total area terbaca = 8.405.932,84 uV*sec

Area Amyl alkohol = 4.013.020,97 uV*sec

Total area crude biodiesel = Total area terbaca – area Benzyl alkohol

$$= 8.405.932,84 - 4.013.020,97$$

$$= 4.392.911,87 \text{ uV*sec}$$

Komposisi Metil ester pada retensi time ke 16.189 = $\frac{\text{area pada retensi time ke } n}{\text{total area crude biodiesel}} \times 100\%$

$$= \frac{593.508,58}{4.392.911,87} \times 100\% = 13,5\%$$

Komposisi Metil ester pada retensi time ke 19.082 = $\frac{\text{area pada retensi time ke } n}{\text{total area crude biodiesel}} \times 100\%$

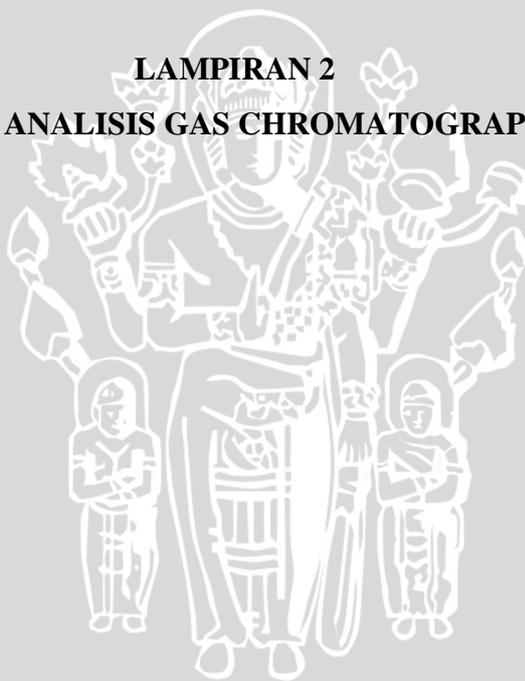
$$= \frac{2.422.772,73}{4.392.911,87} \times 100\% = 55,15\%$$

Komposisi Metil ester pada retensi time ke 19.516 = $\frac{\text{area pada retensi time ke } n}{\text{total area crude biodiesel}} \times 100\%$

$$= \frac{1.344.634,44}{4.392.911,87} \times 100\% = 30,6\%$$

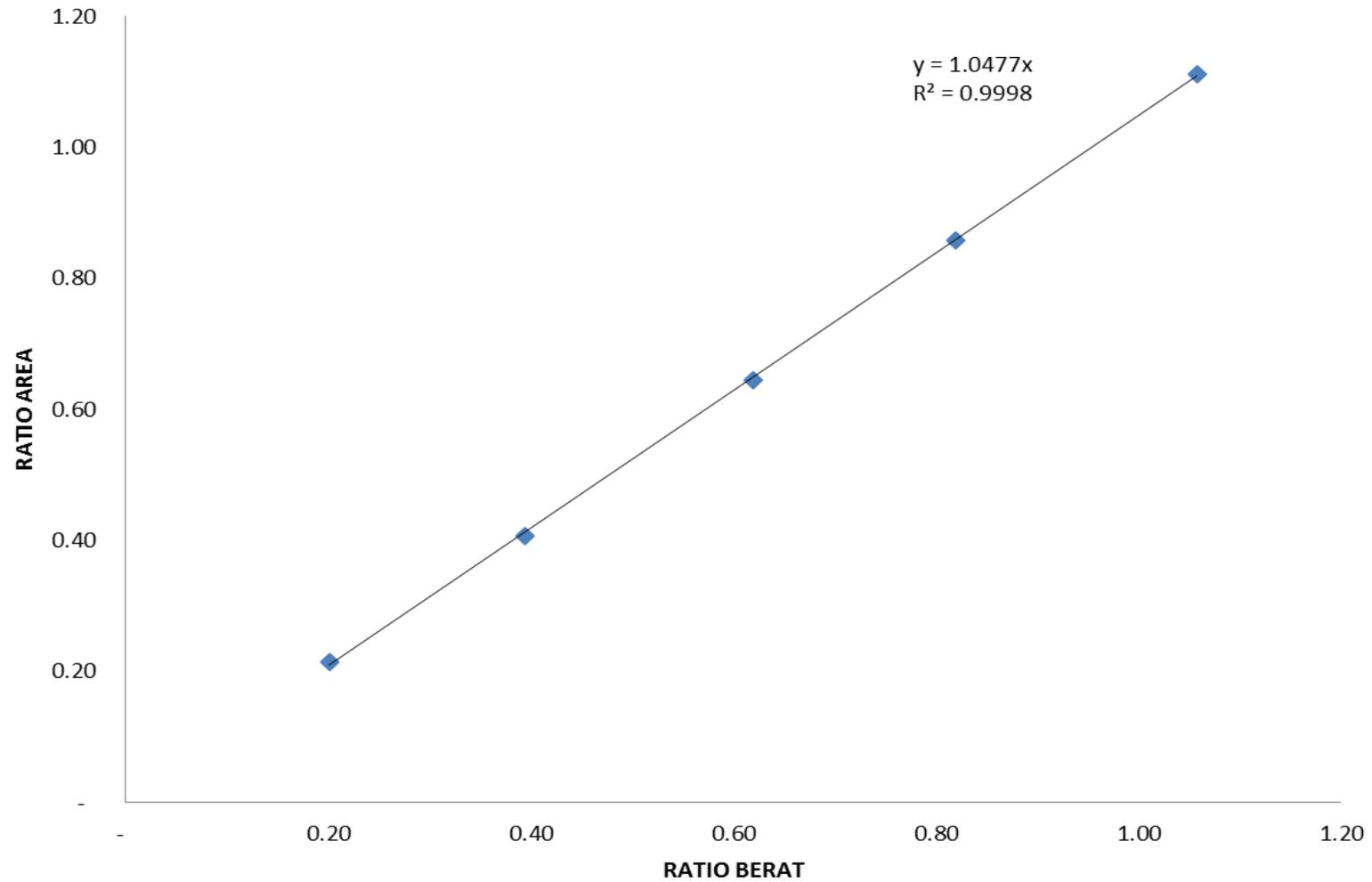
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

LAMPIRAN 2
HASIL ANALISIS GAS CHROMATOGRAPHY



STANDARISASI INTERNAL ANALISIS FAME										
LABORATORIUM KIMIA ANALISIS INSTRUMENTASI										
JURUSAN TEKNIK KIMIA POLITEKNIK NEGERI MALANG										
REKAPITULASI STANDARISASI FAME										
NO	BERAT (gr)		AREA					RATIO FAME		
	FAME	BZ ALKOHOL	BZ ALKOHOL	UNKNOWN 1	UNKNOWN 2		TOTAL	FAME	BERAT	AREA
1	0.0789	0.3923	5,102,833.5700	5,589.39			6,200,653.03	1,092,230.07	0.20	0.21
2	0.1568	0.3978	5,723,436.0800	7,507.79			8,061,939.81	2,330,995.94	0.39	0.41
3	0.2427	0.3921	4,040,074.6800	5,135.14			6,646,288.73	2,601,078.91	0.62	0.64
4	0.3196	0.3903	3,599,748.2900	4,531.08			6,692,554.28	3,088,274.91	0.82	0.86
5	0.4222	0.3992	3,781,196.5100	4,737.75	389.10		7,991,412.40	4,205,089.04	1.06	1.11

KURVA KALIBRASI FAME



LABORATORIUM KIMIA ANALISIS INSTRUMENTASI														
JURUSAN TEKNIK KIMIA POLITEKNIK NEGERI MALANG														
REKAPITULASI PERHITUNGAN FAME														

NO File (pdf)	Kode	BERAT (gr)		AREA							RATIO	BERAT			
		SAMPEL	AM ALCOHOL	AM ALCOHOL	UNKNOWN 1	UNKNOWN 2	UNKNOWN 3	UNKNOWN 4	UNKNOWN 5	TOTAL	FAME	AREA	TERUKUR	PERHITUNG (gr)	PERSEN
1	D1 Q = 18.4	0.4292	0.381	4,199,903.86	50,954.92	7,438.47				8,678,549.57	4,420,252.32	1.052	1.00	0.3827	89.17
2	D1 Q = 18.4	0.3757	0.3931	4,122,160.65	52,479.34	7,399.34				7,998,703.45	3,816,664.12	0.926	0.88	0.3474	92.47
3	E1 Q = 11.2	0.4294	0.3948	3,688,785.76	42,152.60	6,218.20				7,436,158.95	3,699,002.39	1.003	0.96	0.3779	88.00
4	E1 Q = 11.2	0.4201	0.382	3,589,913.38	30,507.32	6,379.93				7,442,215.44	3,815,414.81	1.063	1.01	0.3875	92.24
5	Biodiesel Murni	0.4271	0.3804	3,549,482.91	4,803.16					7,627,966.86	4,073,680.79	1.148	1.10	0.4167	97.57
6	A1 Q = 16.4	0.4274	0.379	4,617,176.30	48,468.78	676.77	7,082.28			9,551,669.75	4,878,265.62	1.057	1.01	0.3822	89.42
7	A1 Q = 16.4	0.439	0.3799	3,502,091.25	33,651.56	5,836.92	33,651.56			7,394,908.90	3,819,677.61	1.091	1.04	0.3955	90.09
8	B1 Q = 21.2	0.4201	0.3926	4,057,106.96	38,186.27	6,957.05				8,300,528.69	4,198,278.41	1.035	0.99	0.3878	92.30
9	B1 Q = 21.2	0.4404	0.3811	3,445,120.59	50,100.82	6,923.14				7,209,281.78	3,707,137.23	1.076	1.03	0.3914	88.88
10	C1 Q = 7.2	0.4196	0.3824	4,013,020.97	2,036.08	4,629.17	412.79			8,405,932.84	4,385,833.83	1.093	1.04	0.3989	95.07
11	C1 Q = 7.2	0.4235	0.3812	3,738,764.28	27,434.80	6,369.79				7,770,398.48	3,997,829.61	1.069	1.02	0.3891	91.87

Malang, 04 Juni 2015

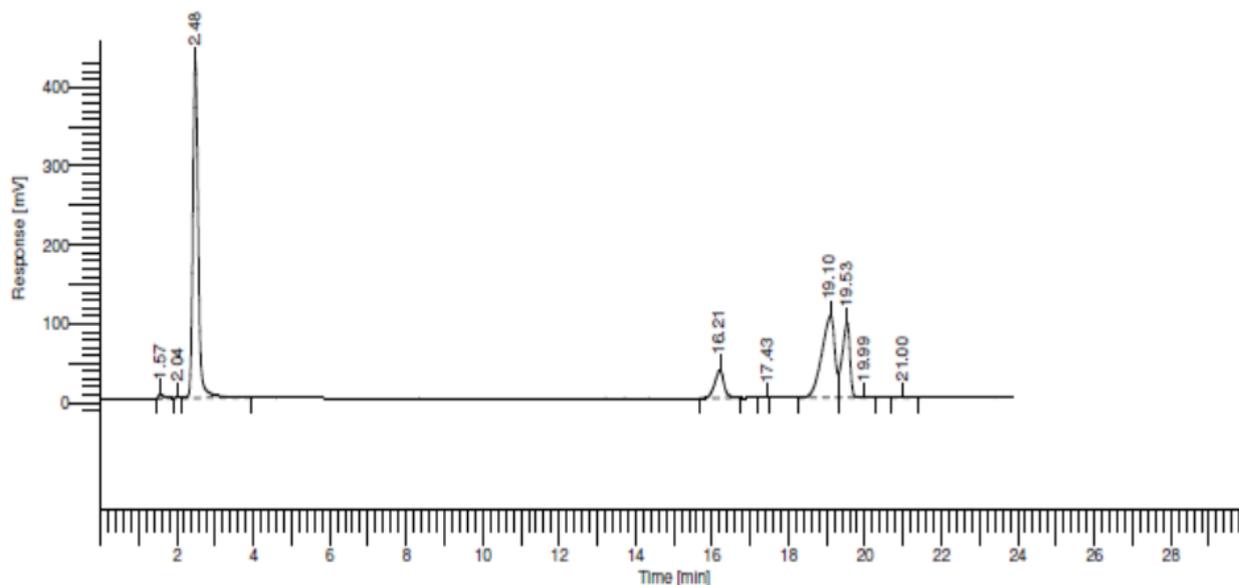
Pelaksana

Kaliawan

Software Version : 6.2.1.0.104:0104
 Sample Name : Sampel 1
 Instrument Name : HP 5890
 Rack/Vial : 0/0
 Sample Amount : 1.000000
 Cycle : 1

Date : 2/06/2015 12:59:07 PM
 Data Acquisition Time : 2/06/2015 12:35:00 PM
 Channel : A
 Operator : JurTeknikKimia
 Dilution Factor : 1.000000

Result File :
 Sequence File : D:\GC\Prtk\Praktek.seq



DEFAULT REPORT

Peak #	Time [min]	Area [uV*sec]	Height [uV]	Area [%]
1	1.567	50954.92	5462.47	0.59
2	2.039	7438.47	932.49	0.09
3	2.483	4199903.86	425842.18	48.39
4	16.206	600348.24	35569.00	6.92
5	17.432	1057.98	86.41	0.01
6	19.097	2447237.40	103584.19	28.20
7	19.530	1348891.22	95107.12	15.54
8	19.993	10640.26	720.88	0.12
9	21.002	12077.21	560.31	0.14
		8678549.57	667865.05	100.00

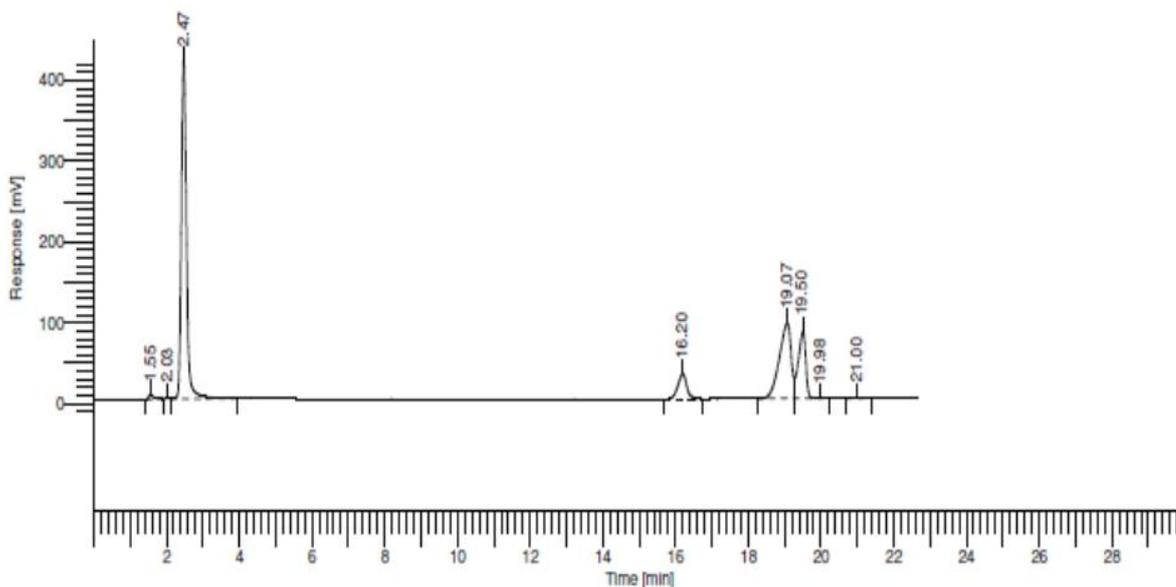
Missing Component Report
 Component Expected Retention (Calibration File)



Software Version : 6.2.1.0.104:0104
 Sample Name : Sampel 2
 Instrument Name : HP 5890
 Rack/Vial : 0/0
 Sample Amount : 1.000000
 Cycle : 1

Date : 2/06/2015 1:25:43 PM
 Data Acquisition Time : 2/06/2015 1:02:52 PM
 Channel : A
 Operator : JurTeknikKimia
 Dilution Factor : 1.000000

Result File :
 Sequence File : D:\GC\Prtk\Praktek.seq



DEFAULT REPORT

Peak #	Time [min]	Area [uV*sec]	Height [uV]	Area [%]
1	1.554	52479.34	5764.33	0.66
2	2.030	7399.34	916.24	0.09
3	2.471	4122160.65	418214.14	51.54
4	16.197	522371.23	31115.41	6.53
5	19.067	2103026.55	93086.49	26.29
6	19.500	1171416.02	82540.88	14.65
7	19.979	9535.91	633.97	0.12
8	21.004	10314.41	485.45	0.13
		7998703.45	632756.92	100.00

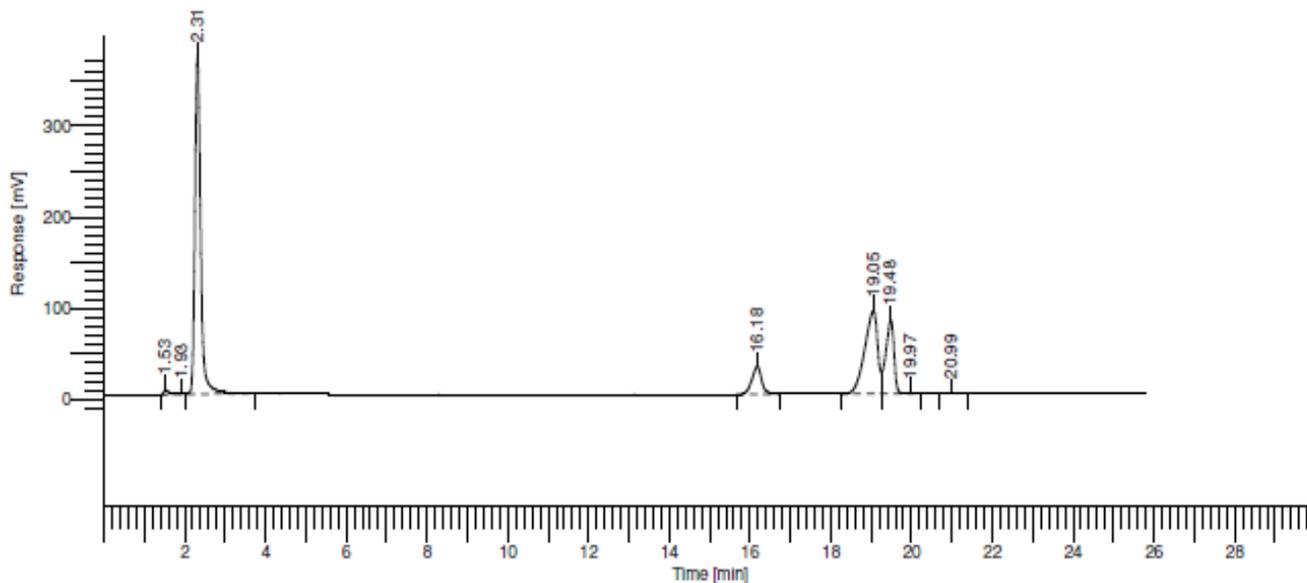
Missing Component Report
 Component Expected Retention (Calibration File)

All components were found

Software Version : 6.2.1.0.104:0104
 Sample Name : Sampel 3
 Instrument Name : HP 5890
 Rack/Vial : 0/0
 Sample Amount : 1.000000
 Cycle : 1

Date : 2/06/2015 1:53:44 PM
 Data Acquisition Time : 2/06/2015 1:27:39 PM
 Channel : A
 Operator : JurTeknikKimia
 Dilution Factor : 1.000000

Result File :
 Sequence File : D:\GC\Prk\Praktek.seq



DEFAULT REPORT

Peak #	Time [min]	Area [uV*sec]	Height [uV]	Area [%]
1	1.535	42152.60	4678.35	0.57
2	1.932	6218.20	817.52	0.08
3	2.315	3688785.76	368997.95	49.61
4	16.177	507857.71	30242.78	6.83
5	19.049	2031468.36	90772.90	27.32
6	19.483	1140810.14	80129.61	15.34
7	19.968	8879.72	597.97	0.12
8	20.986	9986.46	472.90	0.13
		7436158.95	576709.99	100.00

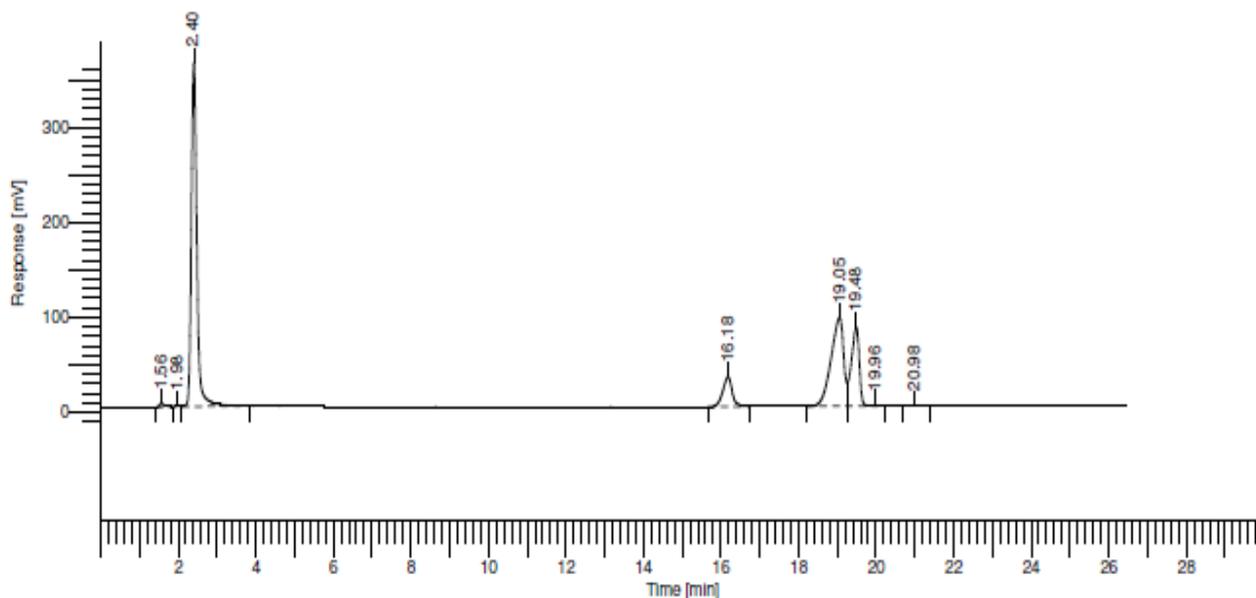
Missing Component Report
 Component Expected Retention (Calibration File)



Software Version : 6.2.1.0.104:0104
 Sample Name : Sampel 4
 Instrument Name : HP 5890
 Rack/Vial : 0/0
 Sample Amount : 1.000000
 Cycle : 1

Date : 2/06/2015 2:22:50 PM
 Data Acquisition Time : 2/06/2015 1:56:10 PM
 Channel : A
 Operator : JurTeknikKimia
 Dilution Factor : 1.000000

Result File :
 Sequence File : D:\GC\Prtk\Praktek.seq



DEFAULT REPORT

Peak #	Time [min]	Area [uV*sec]	Height [uV]	Area [%]
1	1.560	30507.32	3190.80	0.41
2	1.985	6379.93	815.74	0.09
3	2.401	3589913.38	361120.77	48.24
4	16.179	523469.99	31331.71	7.03
5	19.051	2095641.95	92927.40	28.16
6	19.485	1176192.38	82701.79	15.80
7	19.965	9987.06	655.60	0.13
8	20.984	10123.43	479.39	0.14
		7442215.44	573223.19	100.00

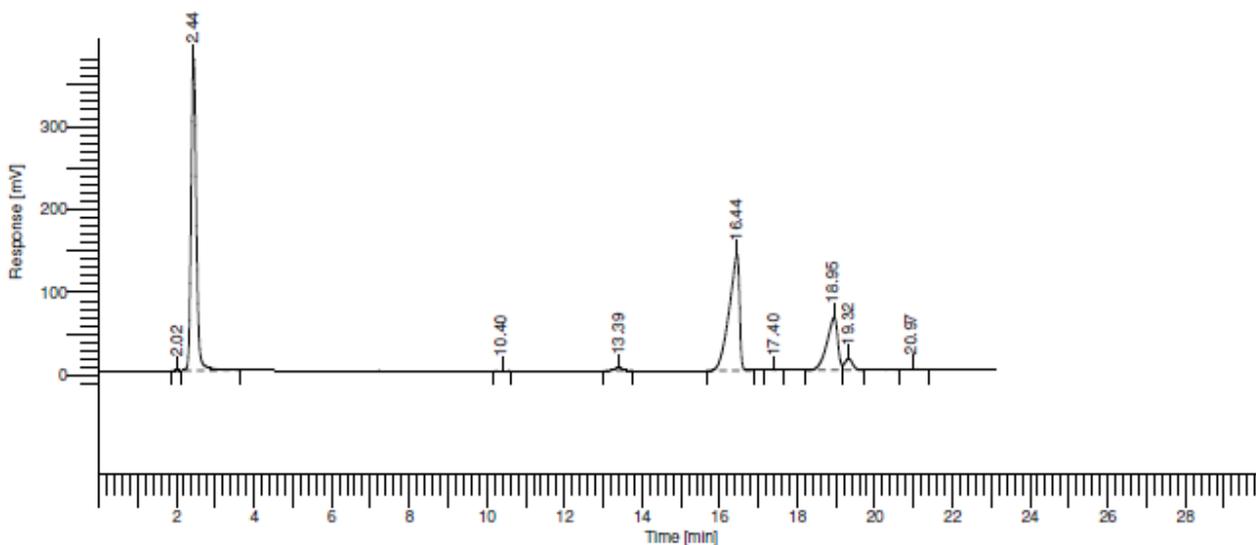
Missing Component Report
 Component Expected Retention (Calibration File)



Software Version : 6.2.1.0.104:0104
 Sample Name : Sampel 5
 Instrument Name : HP 5890
 Rack/Vial : 0/0
 Sample Amount : 1.000000
 Cycle : 1

Date : 2/06/2015 2:49:03 PM
 Data Acquisition Time : 2/06/2015 2:25:35 PM
 Channel : A
 Operator : JurTeknikKimia
 Dilution Factor : 1.000000

Result File :
 Sequence File : D:\GC\Prk\Praktek.seq



DEFAULT REPORT

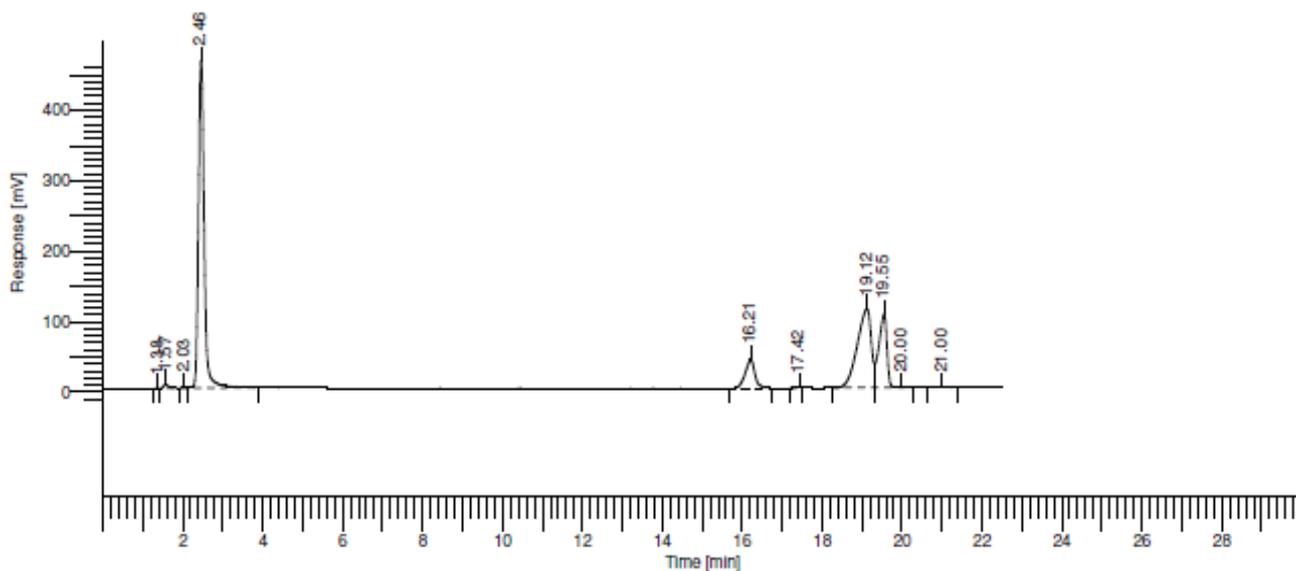
Peak #	Time [min]	Area [uV*sec]	Height [uV]	Area [%]
1	2.019	4803.16	718.22	0.06
2	2.440	3549492.91	378542.23	46.53
3	10.399	3590.49	255.65	0.05
4	13.389	46226.80	3017.00	0.61
5	16.442	2588141.60	140307.75	33.93
6	17.403	3981.53	286.61	0.05
7	18.949	1226457.30	63680.54	16.08
8	19.325	187519.21	13576.88	2.46
9	20.971	17763.85	889.49	0.23
		7627966.86	601274.37	100.00

Missing Component Report
 Component Expected Retention (Calibration File)

Software Version : 6.2.1.0.104:0104
 Sample Name : Sampel 6
 Instrument Name : HP 5890
 Rack/Vial : 0/0
 Sample Amount : 1.000000
 Cycle : 1

Date : 2/06/2015 3:14:43 PM
 Data Acquisition Time : 2/06/2015 2:51:55 PM
 Channel : A
 Operator : JurTeknikKimia
 Dilution Factor : 1.000000

Result File :
 Sequence File : D:\GC\Prtk\Praktek.seq



DEFAULT REPORT

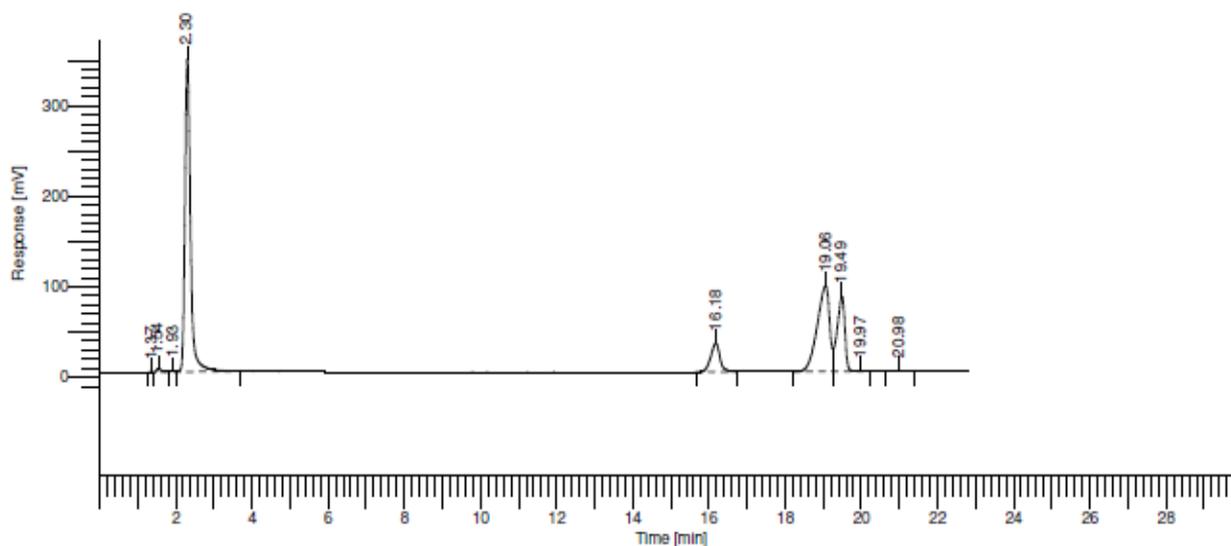
Peak #	Time [min]	Area [uV*sec]	Height [uV]	Area [%]
1	1.379	676.77	152.13	0.01
2	1.566	48468.78	5328.01	0.51
3	2.027	7082.28	921.76	0.07
4	2.457	4617176.30	464870.84	48.34
5	16.212	672148.80	39949.48	7.04
6	17.424	1234.00	102.78	0.01
7	19.115	2720162.11	111821.37	28.48
8	19.546	1459695.75	103599.65	15.28
9	19.996	11423.23	781.33	0.12
10	20.996	13601.72	633.13	0.14
		9551669.75	728160.49	100.00



Software Version : 6.2.1.0.104:0104
 Sample Name : Sampel 7
 Instrument Name : HP 5890
 Rack/Vial : 0/0
 Sample Amount : 1.000000
 Cycle : 1

Date : 2/06/2015 3:39:36 PM
 Data Acquisition Time : 2/06/2015 3:16:32 PM
 Channel : A
 Operator : JurTeknikKimia
 Dilution Factor : 1.000000

Result File :
 Sequence File : D:\GC\Prtk\Praktek.seq



DEFAULT REPORT

Peak #	Time [min]	Area [$\mu\text{V}\cdot\text{sec}$]	Height [μV]	Area [%]
1	1.367	670.10	152.86	0.01
2	1.542	33651.56	3715.93	0.46
3	1.927	5836.92	758.75	0.08
4	2.304	3502091.25	345117.67	47.36
5	16.178	533056.77	31869.87	7.21
6	19.057	2135161.76	94818.68	28.87
7	19.487	1165070.32	82248.40	15.76
8	19.967	8740.07	595.01	0.12
9	20.985	10630.16	503.97	0.14
		7394908.90	559781.14	100.00

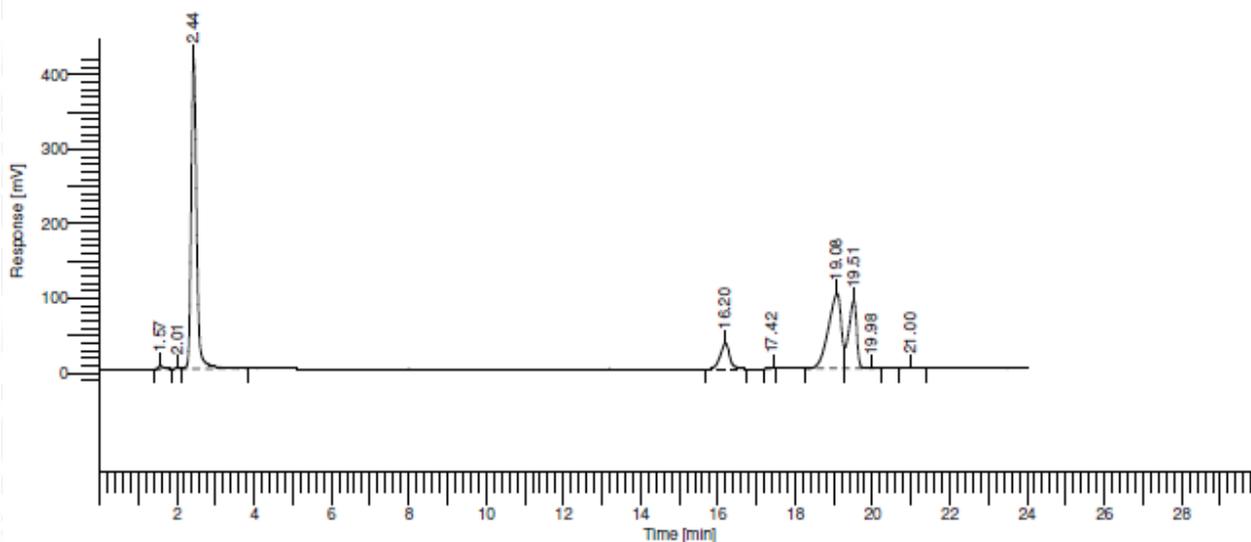
Missing Component Report

Component Expected Retention (Calibration File)

Software Version : 6.2.1.0.104:0104
 Sample Name : Sampel 8
 Instrument Name : HP 5890
 Rack/Vial : 0/0
 Sample Amount : 1.000000
 Cycle : 1

Date : 2/06/2015 4:06:31 PM
 Data Acquisition Time : 2/06/2015 3:42:17 PM
 Channel : A
 Operator : JurTeknikKimia
 Dilution Factor : 1.000000

Result File :
 Sequence File : D:\GC\Prtk\Praktek.seq



DEFAULT REPORT

Peak #	Time [min]	Area [uV*sec]	Height [uV]	Area [%]
1	1.569	38186.27	4071.14	0.46
2	2.013	6957.05	901.17	0.08
3	2.435	4057106.96	415591.02	48.88
4	16.196	570850.17	34234.81	6.88
5	17.422	1132.43	93.84	0.01
6	19.080	2317314.35	100171.06	27.92
7	19.513	1287139.08	90958.74	15.51
8	19.980	10140.54	682.19	0.12
9	20.996	11701.85	547.57	0.14
		8300528.69	647251.55	100.00

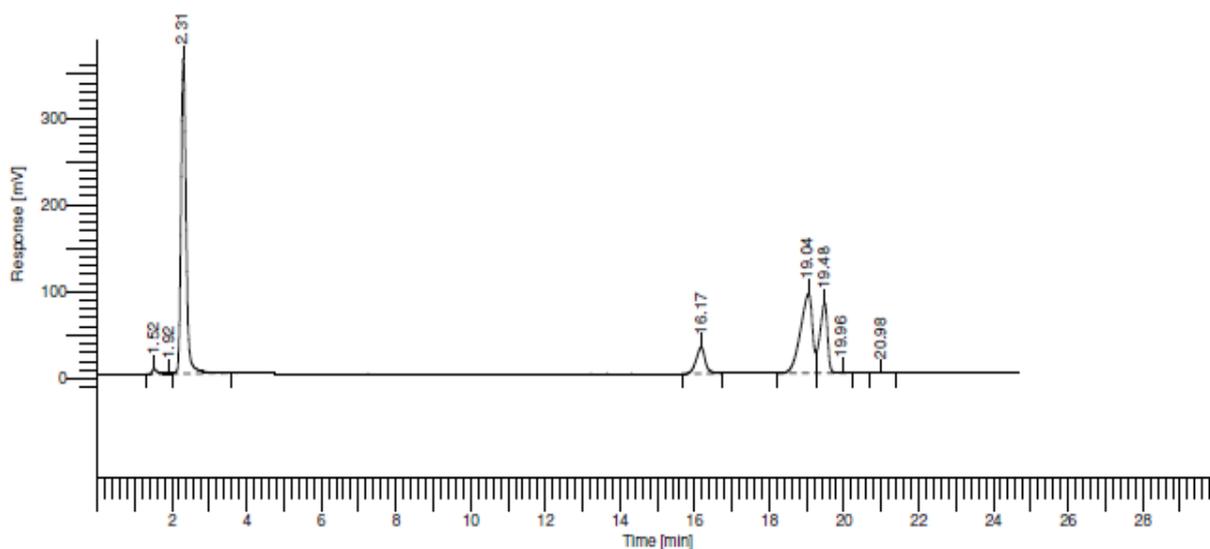
Missing Component Report
 Component Expected Retention (Calibration File)



Software Version : 6.2.1.0.104:0104
 Sample Name : Sampel 9
 Instrument Name : HP 5890
 Rack/Vial : 0/0
 Sample Amount : 1.000000
 Cycle : 1

Date : 2/06/2015 4:33:22 PM
 Data Acquisition Time : 2/06/2015 4:08:29 PM
 Channel : A
 Operator : JurTeknikKimia
 Dilution Factor : 1.000000

Result File :
 Sequence File : D:\GC\Prk\Praktek.seq



DEFAULT REPORT

Peak #	Time [min]	Area [uV*sec]	Height [uV]	Area [%]
1	1.522	50100.82	5773.49	0.69
2	1.925	6923.14	841.93	0.10
3	2.306	3445120.59	362422.03	47.79
4	16.173	507460.71	30218.63	7.04
5	19.044	2038211.20	91378.40	28.27
6	19.478	1141445.73	80553.03	15.83
7	19.957	9937.58	641.56	0.14
8	20.982	10082.01	483.75	0.14
		7209281.78	572312.82	100.00

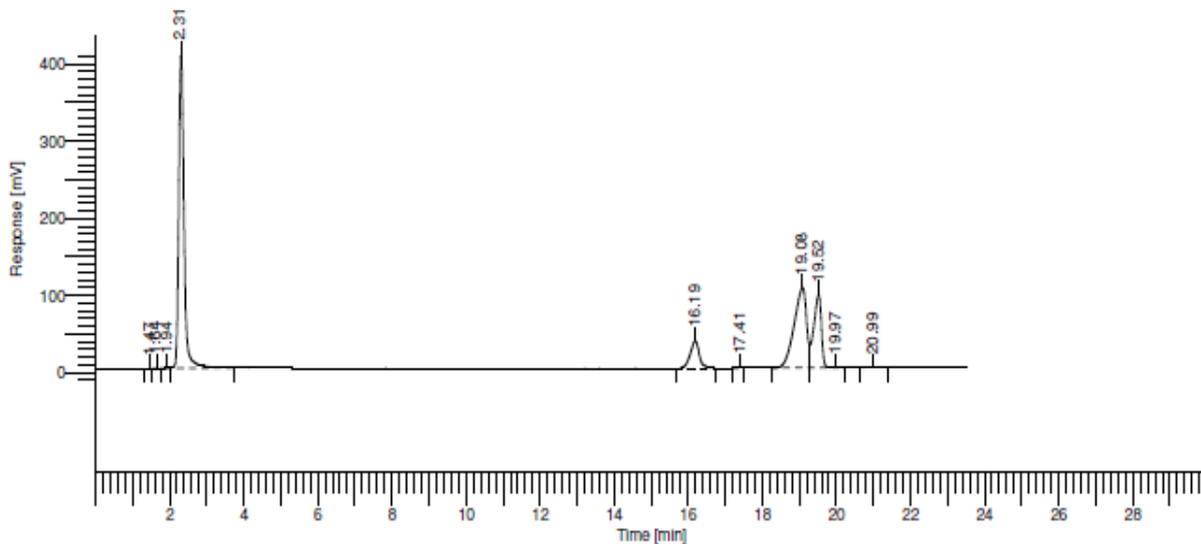
Missing Component Report
 Component Expected Retention (Calibration File)



Software Version : 6.2.1.0.104:0104
 Sample Name : Sampel 10
 Instrument Name : HP 5890
 Rack/Vial : 0/0
 Sample Amount : 1.000000
 Cycle : 1

Date : 2/06/2015 4:59:05 PM
 Data Acquisition Time : 2/06/2015 4:35:17 PM
 Channel : A
 Operator : JurTeknikKimia
 Dilution Factor : 1.000000

Result File :
 Sequence File : D:\GC\PrtK\Praktek.seq



DEFAULT REPORT

Peak #	Time [min]	Area [uV*sec]	Height [uV]	Area [%]
1	1.472	412.79	92.54	0.00
2	1.643	2036.08	254.40	0.02
3	1.935	4629.17	735.81	0.06
4	2.310	4013020.97	407742.19	47.74
5	16.189	593508.58	35291.76	7.06
6	17.414	1071.21	89.36	0.01
7	19.082	2422772.73	103553.06	28.82
8	19.516	1344634.44	94747.58	16.00
9	19.975	10887.09	724.90	0.13
10	20.987	12959.78	596.58	0.15
		8405932.84	643928.17	100.00

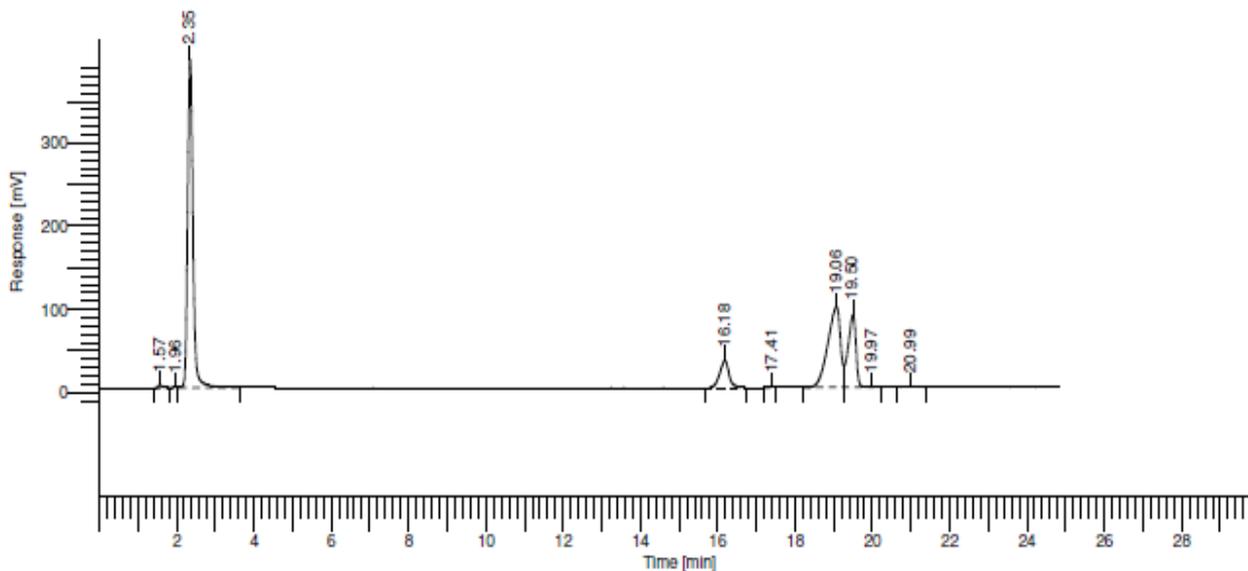
Missing Component Report
 Component Expected Retention (Calibration File)



Software Version : 6.2.1.0.104:0104
 Sample Name : Sampel 11
 Instrument Name : HP 5890
 Rack/Vial : 0/0
 Sample Amount : 1.000000
 Cycle : 1

Date : 2/06/2015 5:26:09 PM
 Data Acquisition Time : 2/06/2015 5:01:06 PM
 Channel : A
 Operator : JurTeknikKimia
 Dilution Factor : 1.000000

Result File :
 Sequence File : D:\GC\Prtk\Praktek.seq



DEFAULT REPORT

Peak #	Time [min]	Area [uV*sec]	Height [uV]	Area [%]
1	1.567	27434.80	3029.40	0.35
2	1.963	6369.79	855.53	0.08
3	2.348	3738764.28	393667.73	48.12
4	16.182	542371.90	32575.41	6.98
5	17.412	1020.19	85.27	0.01
6	19.063	2203816.44	96762.35	28.36
7	19.497	1229214.31	86882.00	15.82
8	19.966	10469.91	670.08	0.13
9	20.986	10936.86	519.80	0.14
		7770398.48	615047.58	100.00

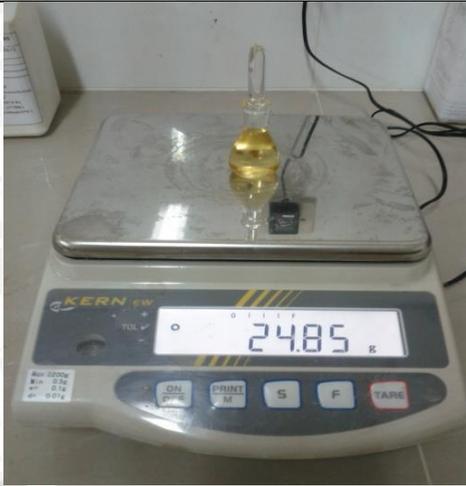
Missing Component Report

Component Expected Retention (Calibration File)



LAMPIRAN 2
DOKUMENTASI PENELITIAN

No	Gambar	Kegiatan
1		<p>Proses filtrasi minyak jarak pagar mentah menggunakan pompa vakum</p>
2		<p>Titration minyak jarak untuk mengetahui kadar FFA</p>

<p>3</p>		<p>Pengukuran densitas minyak jarak</p>
<p>4</p>		<p>Pengukuran kadar air minyak jarak</p>
<p>5</p>		<p>Perakitan rangkaian <i>thermocontroller</i></p>

<p>6</p>		<p>Rangkaian alat <i>microwave</i></p>
<p>7</p>		<p>Keran pengatur laju alir umpan</p>
<p>8</p>		<p>Proses pemisahan biodisel</p>

9



Produk biodisel





LAMPIRAN 3
DAFTAR RIWAYAT HIDUP



MAHASISWA I

Nama : Renanto Pandu Wirawan
 Jenis Kelamin : Laki - laki
 Tempat / Tanggal Lahir : Malang / 21 Juli 1992
 Kewarganegaraan : Indonesia
 Status Perkawinan : Belum Menikah
 Alamat : Jl. Danau kerinci V G6D No. 14
 Kecamatan Kendungkandang, Kota Malang, Jatim
 No. Telp./HP : 082234636461
 Email : renantowirawan@yahoo.com
 Pendidikan Formal :

Periode	Jenjang	Kota / Kab.
2011 – sekarang	Universitas Brawijaya	Kota Malang
2007 – 2010	SMA Negeri 3 Malang	Kota Malang
2004 – 2007	SMP Negeri 6 Malang	Kota Malang
1998 – 2004	SD Negeri Sawojajar 1	Kota Malang
1996 – 1998	TK R.A. Kartini	Kota Malang

Pengalaman Organisasi :

2012 Anggota Bidang Screening PK2 (Pengenalan Kehidupan Kampus) Mahasiswa Baru Program Studi Teknik Kimia Universitas Brawijaya

2012 Anggota Screening Krida Mahasiswa Baru Program Studi Teknik Kimia Universitas Brawijaya

2014 Koordinator Dewan Perwakilan Mahasiswa Program Studi Teknik Kimia Universitas Brawijaya

Seminar atau Training :

2012 Kuliah Tamu Instrumentasi Kimia

2013 Lokakarya Pengembangan Organisasi dan Tata Kelola PSTK-FTUB

2013 Lokakarya Peningkatan Layanan Kuliah Kerja Nyata-Praktek (KKN-P), Tugas Perancangan Pabrik, dan Skripsi

2013 Seminar Nasional K3 “Kesehatan, Keselamatan, Kerja” Badan Koordinasi Kegiatan Mahasiswa Teknik Kimia Indonesia

2013 Sarasehan dan Kuliah Tamu Rekayasa Sumber Daya Alam Sebagai Sumber Energi

- 2014 Lokakarya Praktek Kerja Lapang dan Pengenalan Industri Kimia oleh PT. Sasa Inti, PT. Cheil Jedang, dan PG Krebet
- 2014 Kuliah Tamu Material Energitika “Bahan Peledak” oleh Dinas Pertahanan Indonesia
- 2014 Seminar Nasional “Bahan Bakar Gas (BBG) sebagai bahan alternatif pengganti BBM pada kendaraan

Pengalaman Kerja :

2013 Asisten Laboratorium Bidang Praktikum Mikrobiologi

2015 Praktek Kerja Lapang di PT. BP Petrochemical Indonesia Departemen *Process Engineering*

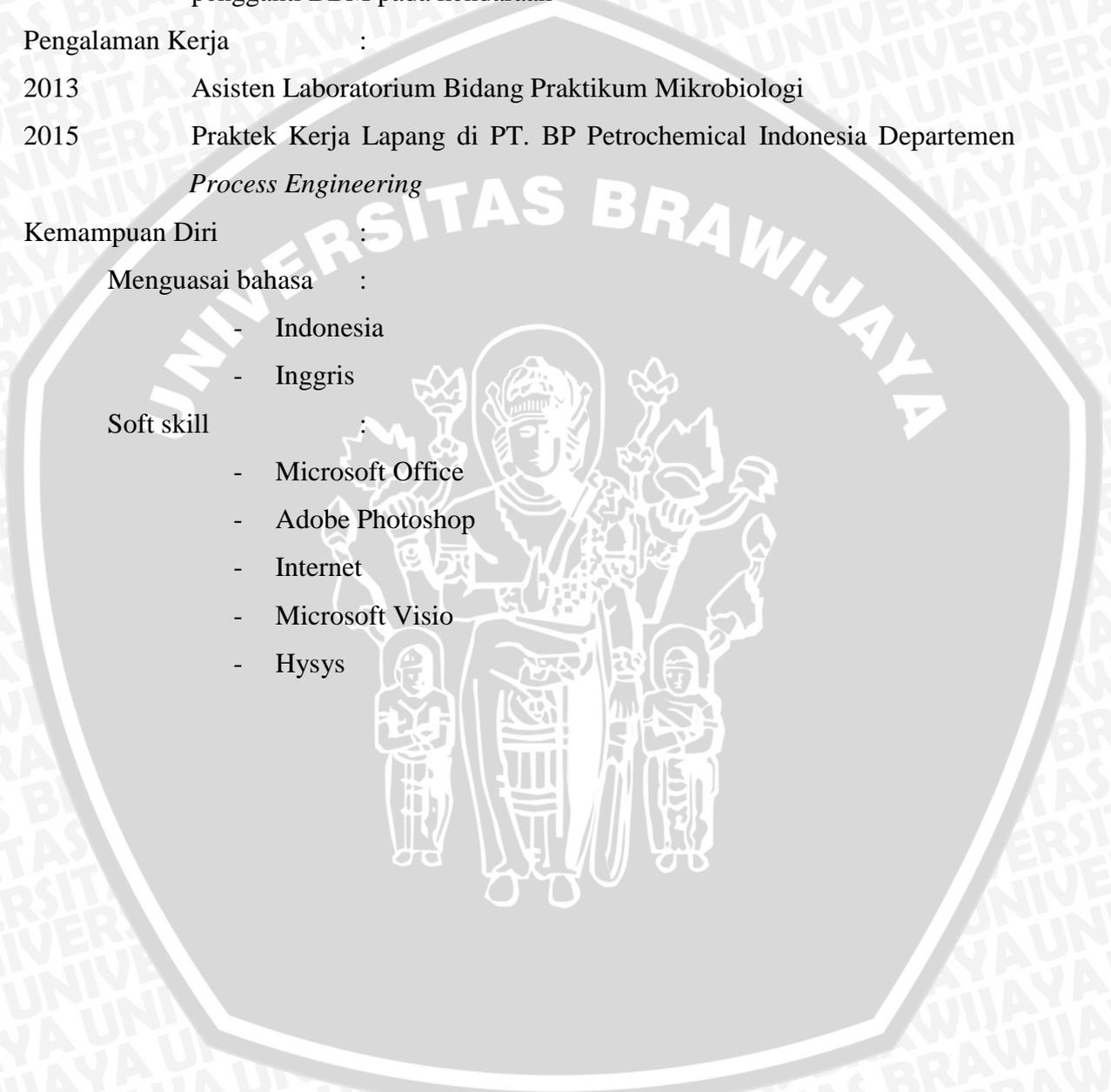
Kemampuan Diri :

Menguasai bahasa :

- Indonesia
- Inggris

Soft skill :

- Microsoft Office
- Adobe Photoshop
- Internet
- Microsoft Visio
- Hysys



MAHASISWA II

Nama : Albertus Ardika Widyatama
 Jenis Kelamin : Laki - Laki
 Tempat / Tanggal Lahir : Malang / 21 Januari 1993
 Kewarganegaraan : Indonesia
 Status Perkawinan : Belum Menikah
 Alamat : Jalan Danau Bratan XI No: 155, RT/RW: 02/01
 Kecamatan Kedungkandang, Kota Malang, Jawa Timur
 No. Telp./HP : 087859474800
 Email : ardikawidyatama@yahoo.com
 Pendidikan Formal :

Periode	Jenjang	Kota / Kab.
2011 – sekarang	Universitas Brawijaya	Kota Malang
2008 – 2011	SMAK St Albertus (Dempo)	Kota Malang
2005 – 2008	SMPK Mardiwiyataa	Kota Malang
1999 – 2005	SDK Mardiwiyata II	Kota Malang
1997 – 1999	TKK Mardiwiyata	Kota Malang

Pengalaman Organisasi :

2011 Anggota Keluarga Mahasiswa Katolik Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

2011 Kepala Bidang Dana Natal Keluarga Mahasiswa Katolik Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

2012 Anggota Staff Muda Humas, Rumah Tangga, dan Kewirausahaan Unit Aktivitas Kerohanian Katolik

2012 Bidang Transkoper Paskah Bersama Unit Aktivitas Kerohanian Katolik Universitas Brawijaya

2012 Kepala Bidang Dana Penyambutan Mahasiswa Baru Katolik Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

2012 Bidang PDD Sidang Umum Anggota Unit Aktivitas Kerohanian Katolik Universitas Brawijaya

2012 – 2013 Kepala Bidang Humas, Rumah Tangga, dan Kewirausahaan Unit Aktivitas Kerohanian Katolik

2013 Bidang PDD Pekan Paskah Civitas Akademika Universitas Brawijaya

- 2013 Bidang Acara Temu Akrab Mahasiswa Katolik Universitas Brawijaya Cabang Kediri
- 2013 Bidang Acara Open House Unit Kegiatan Mahasiswa Universitas Brawijaya
- 2013 Bidang Acara Pembukaan Pendidikan Karakter Berbasis Religius (PKBR) Universitas Brawijaya
- 2013 Bidang Acara Temu Kangen Alumni Keluarga Besar Mahasiswa Katolik (KBMK) Universitas Brawijaya
- 2013 Anggota Share and Care Railfans
- 2013 Bidang Acara Temu Akrab Bersama KMK Aloysius Gonzaga Universitas Airlangga
- 2013 Anggota Sosialisasi Calon Anggota DPR Dapil Malang Raya oleh PUKAT Nasional
- 2014 Dewan Pertimbangan Terpilih Unit Aktivitas Kerohanian Katolik Universitas Brawijaya
- 2014 Kepala Brawijaya Catholic Super League
- 2014 Steering Committee I-Challenge Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
- Seminar atau Training :
- 2012 Seminar Nasional “Strategi Mengoptimalkan Sumber Daya Alam untuk Menghadapi Krisis Energi sebagai Bahan Bakar Alternatif yang Terbarukan” oleh BKKMTKI
- 2012 Kuliah Tamu Instrumentasi Kimia Program Studi Teknik Kimia Universitas Brawijaya
- 2013 Seminar Nasional K3 “Kesehatan, Keselamatan, Kerja” Badan Koordinasi Kegiatan Mahasiswa Teknik Kimia Indonesia
- 2013 Sarasehan dan Kuliah Tamu “Rekayasa Sumber Daya Alam Sebagai Sumber Energi” Program Studi Teknik Kimia Universitas Brawijaya
- 2013 Lokakarya Peningkatan Layanan Kuliah Kerja Nyata-Praktek (KKN-P), Tugas Perancangan Pabrik, dan Skripsi
- 2014 Lokakarya Pengenalan Dunia Industri sebagai Gambaran Praktek Kerja Lapangan bagi Mahasiswa oleh: PG Krebet Baru, PT Sasa Inti, PT Cheil Jedang, PT Semen Indonesia

- 2014 Kuliah Tamu Material Energitika “Bahan Peledak” oleh Dinas Pertahanan Indonesia
- 2014 Elaborate “Implementasi Climate Ergonomic dan Safety Assessment pada Optimalisasi Produktivitas Kerja di Dunia Industri”
- 2014 Seminar Nasional “Bahan Bakar Gas (BBG) sebagai Bahan Alternatif Pengganti BBM pada Kendaraan

Pengalaman Kerja :

- 2013 Asisten Laboratorium Kimia Fisika Program Studi Teknik Kimia Universitas Brawijaya
- 2013 Guru Les Private Pelajaran Sekolah Dasar
- 2014 Departemen Eksternal Republica Coffee Malang
- 2015 Praktek Kerja Lapang di PT. ALP Petro Industry Departemen Produksi
- 2015 Asisten Laboratorium Operasi Teknik Kimia Program Studi Teknik Kimia Universitas Brawijaya

Kemampuan Diri :

Menguasai bahasa :

- Indonesia
- Inggris

Soft skill :

- Microsoft Office
- Microsoft Visio
- Matlab
- Corel Draw
- Adobe Photoshop
- Adobe Audition
- Autocad
- 3ds Max
- Aspen HYSYS

