

PEMODELAN DAN SIMULASI *REACTIVE* *DISTILLATION* DALAM PEMBUATAN BIODIESEL

Laporan Penelitian

Disusun untuk memenuhi tugas akhir guna mencapai gelar sarjana di bidang ilmu Teknik Kimia

oleh :

Rendy Hermawan Deegawidjaja 6141801058

William Anthony Markus 6141801101

Pembimbing :

Yansen Hartanto, S.T., M.T.

Herry Santoso, S.T., M.T.M., Ph.D.



PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK KIMIA

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN

2022

***Modelling and Simulation of Reactive Distillation in Biodiesel
Production***

Research Report

Made to fulfill the final project in order to achieve a bachelor's degree in Chemical Engineering

by :

Rendy Hermawan Deegawidjaja 6141801058

William Anthony Markus 6141801101

Mentors :

Yansen Hartanto, S.T., M.T.

Herry Santoso, S.T., M.T.M., Ph.D.



CHEMICAL ENGINEERING GRADUATE STUDY PROGRAM

INDUSTRIAL TECHNOLOGY FACULTY

PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY

2022

LEMBAR PENGESAHAN

JUDUL : Pemodelan dan Simulasi *Reactive Distillation* dalam Pembuatan Biodiesel

CATATAN :

Telah diperiksa dan disetujui,

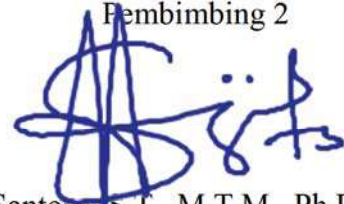
Bandung, 15 Agustus 2022

Pembimbing 1



Yansen Hartanto, S.T., M.T.

Pembimbing 2



Herry Santoso, S.T., M.T.M., Ph.D

LEMBAR REVISI

JUDUL : Pemodelan dan Simulasi *Reactive Distillation* dalam Pembuatan Biodiesel

CATATAN :

Telah diperiksa dan disetujui,

Bandung, 15 Agustus 2022

Penguji 1



Dr. Ir. Budi Husodo Bisowarno, M.Eng.

Penguji 2



I Gede Pandega Wiratama, S.T., M.T.



PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN

SURAT PERNYATAAN

Kami yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rendy Hermawan Deegawidjaja

NPM : 6141801058

dan

Nama : William Anthony Markus

NPM : 6141801101

dengan ini menyatakan bahwa keseluruhan proposal penelitian dengan judul:

Pemodelan dan Simulasi *Reactive Distillation* dalam Pembuatan Biodiesel

ini adalah benar-benar hasil pekerjaan kami. Seluruh ide, pendapat dan pernyataan yang terdapat dalam laporan ini merupakan hasil analisa dan pemikiran kami. Pernyataan yang tertuang pada bagian Dasar Teori dan Pembahasan telah kami kutip dengan cara penulisan referensi yang sesuai. Pernyataan ini kami buat dengan sebenar-benarnya dan apabila pada suatu saat ditemukan adanya pelanggaran.

Bandung, 15 Januari 2022



Rendy Hermawan Deegawidjaja

(6141801058)



William Anthony Markus

(6141801101)

INTISARI

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif yang populer untuk menggantikan petroleum diesel. Biodiesel dapat diperoleh dari *free fatty acid* ataupun *triglycerida*. Biodiesel dapat diproduksi dengan menggunakan reaksi esterifikasi maupun trans-esterifikasi. Pembuatan biodiesel masih menggunakan cara konvensional dimana proses reaksi dan pemisahan masih terpisah sehingga penggunaan energi dan *cost* masih cukup tinggi. Agar pembuatan biodiesel ini semakin efisien maka proses pemisahan dan reaksi dapat digabungkan. Penggabungan proses pemisahan dan reaksi ini disebut dengan *reactive distillation (RD)*. Penggunaan RD pada pembuatan biodiesel dapat mengurangi keluaran energi dan juga *cost* dalam pembuatan biodiesel.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi kondisi terhadap kemurnian dan juga konversi dari produksi biodiesel menggunakan *Reactive Distillation*. Analisa sensitivitas ini dilakukan agar didapatkan pengaruh dari rasio mol umpan, temperature umpan, temperature decanter, refluks rasio, dan reboiler duty terhadap kemurnian produk dan konversi pembuatan biodiesel. Simulasi proses akan dilakukan menggunakan *software ASPEN Plus* dengan analisa sensitivitas.

Hasil dari penelitian *reactive distillation* dalam pembuatan biodiesel telah menghasilkan kemurnian biodiesel yang cukup baik untuk dijadikan bahan bakar. Pada variasi temperature umpan didapatkan bahwa semakin tinggi temperature umpan maka kemurnian biodiesel akan semakin tinggi. Pada variasi rasio mol umpan didapatkan bahwa semakin besar methanol berlebih yang masuk ke kolom maka tingkat konversi minyak akan semakin besar namun jika konversi sudah mencapai 100 persen maka methanol berlebih akan membuat proses pemurnian semakin mahal. Pada variasi reboiler duty didapatkan bahwa semakin besar beban panas dari reboiler maka kemurnian biodiesel pun akan semakin tinggi. Pada variasi refluks ratio didapatkan bahwa semakin besar nilai refluks rasio maka kemurnian produk akan semakin rendah. Pada variasi temperature decanter didapatkan bahwa semakin tinggi temperature decanter maka kemurnian biodiesel akan semakin kecil. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa kemurnian biodiesel tertinggi sebesar 99.9774% dan gliserol sebesar 99.975% dengan perbandingan mol 1:4, reflux ratio sebesar 0.6, reboiler duty sebesar 800 kW, temperatur umpan sebesar 65°C, dan temperatur dekanter sebesar 60°C.

Kata kunci : Biodiesel, *Reactive Distillation*, *Aspen Plus*, Analisa Sensitivitas, Transesterifikasi.

ABSTRACT

Biodiesel is an alternative fuel that is quite popular to replace petroleum diesel. We can get Biodiesel by processing free fatty acid or triglyceride and we get it from making a reaction called esterification or trans-esterification. The production of biodiesel usually be done by using a conventional method where the reaction and the purifying process is not integrated with one another therefore making energy usage and production cost relatively high. In order to make the production more efficient we can combine the process of reaction and purifying into one vessel. This vessel is called reactive distillation, when we use RD on biodiesel production we can mitigate the usage of energy and also the cost of production.

This research is made to find out effects of conversion and purity of product to certain changes to the production condition using reactive distillation. The sensitivity analysis consists of changes in feed temperature, feed ratio, reflux ratio, reboiler duty, decanter temperature. The simulation will be done using Aspen Plus software with sensitivity analysis.

The results from our simulation indicate that our biodiesel purity is high and can be used efficiently as a fuel. From our simulation, on feed temperature shows that if we increase the feed temperature then the biodiesel can be more pure. On the feed ratio variation we get that if we increase the methanol then the conversion of triolein will increase but if we already have 100% of conversion the methanol will make the purification process more expensive. On the reboiler duty variation we understand that if we increase the reboiler duty the purity of the product will also increase. On decanter temperature variation we can know if we increase the temperature then the product purity will go down. From our research we can get the highest biodiesel purity on 99.9774% and the highest glycerol purity on 99.975%, this state of purity can be obtained by using feed ratio of 1:4, reflux ratio of 0.6, reboiler duty of 800Kw, feed temperature of 65°C, and decanter temperature of 60°C.

Keywords : Biodiesel, Reactive Distillation, Aspen Plus, Sensitivity Analysis, Simulation, Transesterification

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian dengan judul “**Pemodelan dan Simulasi *Reactive Distillation* dalam Pembuatan Biodiesel**”. Proposal penelitian ini disusun untuk memenuhi persyaratan mata kuliah CHE183640 Proposal Penelitian dan Seminar Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung.

Dalam penulisan ini, penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada seluruh pihak yang telah membantu penulis dalam menyusun proposal penelitian ini, penulis secara khusus mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Yansen Hartanto, S.T., M.T. dan Herry Santoso, S.T., M.T.M., Ph.D selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, serta kritik dan saran kepada penulis.
2. Orang tua, keluarga, dan teman-teman yang telah memberikan dukungan moral kepada penulis dalam menjalankan proposal penelitian ini.
3. Semua pihak baik secara langsung dan tidak langsung yang telah membantu dalam penyusunan proposal penelitian ini sehingga selesai tepat pada waktunya.

Penulis menyadari bahwa proposal penelitian ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan adanya kritik dan saran yang membangun dari para pembaca. Akhir kata, penulis berharap agar proposal penelitian ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Bandung, 15 Januari 2022

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
SURAT PERNYATAAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL.....	vi
INTISARI	vii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tema Sentral Masalah.....	2
1.3 Identifikasi Masalah	2
1.4 Premis.....	2
1.5 Hipotesis.....	2
1.6 Tujuan Penelitian.....	3
1.7 Manfaat Penelitian.....	3
BAB 2 Tinjauan Pustaka.....	4
2.1 Biodiesel.....	4
2.2 Methanol.....	6
2.3 Trigliserida	7
2.4 Transesterifikasi	7
2.5 Katalis dalam Pembuatan Biodiesel.....	9
2.5.1 Katalis Asam	9
2.5.2 Katalis Basa.....	10
2.6 Pembentukan Biodiesel.....	11
2.7 Gliserol	11
2.8 Reactive Distillation.....	12
2.9 Metodologi	14
2.9.1 Aspen Hysys.....	14
2.9.2 Aspen Plus.....	15
2.11 Critical Review.....	15
2.11.1 Produksi biodiesel menggunakan metode konvensional.....	15

2.11.2 Produksi biodiesel menggunakan metode reactive distillation	16
BAB 3	18
Metodelogi Penelitian	18
3.1 Pemodelan Proses Reactive Distillation.....	19
3.2 Validasi.....	21
3.3 Simulasi Proses	21
3.4 Lokasi dan Jadwal Kerja Penelitian	23
BAB 4	24
PEMBAHASAN.....	24
4.1 Pemodelan dan Validasi Model Proses	24
4.2 Analisa Sensitivitas	26
4.2.1 Pengaruh Temperatur Umpan terhadap Kemurnian Produk	27
4.2.2 Pengaruh <i>Reboiler duty</i> terhadap Kemurnian Produk.....	29
4.2.3 Pengaruh Refluks Ratio terhadap Kemurnian Produk	31
4.2.4 Pengaruh Perbandingan Mol Umpan dengan Kemurnian Produk	32
4.2.5 Pengaruh Temperatur Dekanter terhadap Kemurnian Produk.....	35
BAB 5	36
KESIMPULAN DAN SARAN.....	36
DAFTAR PUSTAKA	38
LAMPIRAN.....	40
A.1 Temperature Umpan.....	40
A.2 Reboiler Duty	43
A.3 Refluks Ratio	46
A.4 Perbandingan Mol Umpan.....	50
A.5 Temperature Dekanter	53
A.6 Konversi Triolein	56

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Reaksi Transesterifikasi (Meher, dkk.,2006)	8
Gambar 2. 2 Tahap Reaksi Transesterifikasi (Nyoman, dkk., 2015)	8
Gambar 2. 3 <i>Reactive Distillation</i>	14
Gambar 2. 4 Flow Sheet Konvensional.....	16
Gambar 3. 1 Bagan Kerja Penelitian.....	18
Gambar 3. 2 Flow Sheet Gaurav, dkk., 2013	20
Gambar 4. 1 <i>Process Flow Diagram</i>	25
Gambar 4. 2 Temperatur dan tekanan	25
Gambar 4. 3 Laju Alir Mol	25
Gambar 4. 4 Laju Alir Massa.....	26
Gambar 4. 5 Fraksi Massa.....	26
Gambar 4. 6 <i>Flowsheet Reactive Distillation</i>	27
Gambar 4. 7 Pengaruh Temperature Umpan terhadap Kemurnian Produk	28
Gambar 4. 8 Pengaruh <i>Reboiler duty</i> terhadap Kemurnian Produk.....	29
Gambar 4. 9 Kurva perubahan <i>reboiler duty</i> dan <i>reflux ratio</i> dengan glycerol.....	30
Gambar 4. 10 Kurva Perubahan Reboiler Duty dan Reflux Ratio terhadap Biodiesel.....	31
Gambar 4. 11 Pengaruh <i>Refluks Ratio</i> terhadap Kemurnian Produk	32
Gambar 4. 12 Pengaruh Perbandingan Mol Umpan terhadap Kemurnian Produk	33
Gambar 4. 13 Konversi Triolein pada Produk	34
Gambar 4. 14 Pengaruh Temperature Dekanter terhadap Kemurnian Produk	35

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Syarat mutu SNI biodiesel (SNI 7182:2015)	5
Tabel 2. 2 Sifat fisika dan kimia biodiesel	5
Tabel 2. 3 Sifat fisik dan kimia metanol	6
Tabel 2. 4 Sifat fisik dan kimia kalsium oksida	10
Tabel 2. 5 Sifat fisik dan kimia gliserol	12
Tabel 3. 1 Spesifikasi penelitian Gaurav, dkk., 201319	
Tabel 3. 2 Tabel Laju Alir Gaurav, dkk., 2013	21
Tabel 3. 3 Variasi Percobaan.....	22
Tabel 3. 4 Jadwal Kerja Penelitian.....	23

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif yang paling populer untuk menggantikan petroleum diesel. Biodiesel diproduksi dengan reaksi esterifikasi dan transesterifikasi antara minyak lemak hewani dan tumbuhan dengan alkohol dengan adanya bantuan katalis asam maupun basa (Knothe, dkk., 2010). Beberapa keuntungan dalam pemakaian biodiesel adalah 1) berasal dari sumber terbarukan, 2) mengurangi emisi karbon dioksida, 3) lebih ramah terhadap lingkungan. Melihat dari bahan baku biodiesel yang merupakan minyak yang berasal dari hewan ataupun tumbuhan, Indonesia memiliki potensi yang sangat tinggi dikarenakan kekayaan hayati maupun hewani yang dimiliki.

Pembuatan biodiesel secara konvensional masih menggunakan banyak alat dan memakan biaya yang cukup besar seperti terpisahnya penggunaan reaktor sebagai tempat terjadinya reaksi transesterifikasi dengan kolom distilasi sebagai tempat pemisahan antara bahan baku dengan produk. Maka dari itu dari pembuatan biodiesel secara konvensional ini akan dimodifikasi dengan menggunakan *reactive distillation column*. Modifikasi dengan *reactive distillation column* ini dilakukan agar pembuatan biodiesel dapat menjadi lebih praktis dan mengurangi biaya dalam proses operasi pembuatan biodiesel.

Reactive distillation merupakan salah satu cerita paling sukses dari teknologi proses intensifikasi sejak 1920an yang sudah membuat dampak yang positif di industri proses kimia. *Reactive Distillation* dibuat dari hasil penggabungan reaktor dengan kolom distilasi. Prinsip *reactive distillation* adalah mereaksikan reaktan dalam suatu stage dengan katalis dalam kolom kemudian produk yang dihasilkan langsung terpisah karena terjadi perbedaan tekanan uap atau perbedaan titik didih. (Kiss, dkk., 2018). Pada produksi biodiesel pada penelitian ini penggunaan *reactive distillation* akan dibantu dengan katalis dimana katalis yang digunakan adalah katalis basa heterogen. Katalis yang dipilih adalah CaO dikarenakan proses pemurniannya lebih mudah, dan juga dapat digunakan kembali. Simulasi pada *software ASPEN Plus* ini dilakukan supaya kita bisa mengetahui pengaruh dari rasio mol umpan, temperatur, serta rasio reflux sehingga didapatkan kecenderungan dari perubahan variabel tersebut.

1.2 Tema Sentral Masalah

Pembuatan biodiesel pada penelitian ini menggunakan *reactive distillation* sebagai tempat terjadinya reaksi dan proses pemisahan secara bersamaan. Simulasi ini dilakukan untuk mempelajari pengaruh dari rasio mol umpan, temperatur, dan rasio refluks terhadap kemurnian serta konversi dalam pembuatan biodiesel. Simulasi pada percobaan akan dilakukan dengan menggunakan *Aspen Plus*[®]

1.3 Identifikasi Masalah

1. Bagaimana model *reactive distillation* dibuat dalam pembuatan biodiesel?
2. Bagaimana pengaruh rasio umpan, temperature, rasio refluks terhadap kemurnian biodiesel, metanol, dan gliserol?
3. Bagaimana pengaruh rasio umpan, rasio refluks, temperature terhadap nilai konversi?

1.4 Premis

1. Model termodinamika yang digunakan dalam pembuatan biodiesel ini menggunakan perasamaan UNIQUAC. (Poddar et al., 2015)
2. Jumlah tahap *reactive distillation* sebanyak 15 didapatkan konversi sebesar 96.62% dengan kemurnian biodiesel sebesar 94.8%. (Matallana et al., 2011)
3. Rasio umpan 4.5 : 1 didapatkan kemurnian biodiesel sebesar 93.86% (Albuquerque et al., 2020)
4. Semakin tinggi *distillate rate* maka konversi dan kemurnian biodiesel akan semakin tinggi. (Hendriansyah et al., 2013)

1.5 Hipotesis

1. Semakin tinggi mol umpan methanol maka kemurnian dan konversi produk dari pembuatan biodiesel akan semakin tinggi.
2. Semakin besar nilai rasio refluks maka konversi yang didapatkan akan semakin besar.
3. Semakin tinggi temperatur umpan maka laju reaksi semakin cepat dan konversi semakin besar.

1.6 Tujuan Penelitian

1. Mampu membuat model *reactive distillation* terhadap pembuatan biodiesel dengan menggunakan simulasi *Aspen Plus*[®]
2. Mengetahui pengaruh variasi mol umpan, temperature, rasio refluks, reboiler duty, dan temperatur dekanter terhadap nilai konversi dalam pembuatan biodiesel dengan *reactive distillation*.
3. Mengetahui pengaruh variasi mol umpan, temperature, rasio refluks, reboiler duty, dan temperatur dekanter terhadap kemurniaan produk dalam pembuatan biodiesel dengan *reactive distillation*.

1.7 Manfaat Penelitian

1. Dapat membuat rangkaian yang lebih sederhana produksi biodiesel dibandingkan dengan metode konvensional.
2. Mampu memberikan alternatif yang lebih hemat energi dan *cost* untuk produksi biodiesel dengan *Reactive Distillation*