OPTIMASI PRODUKSI BIODIESEL DARI BAHAN BAKU TRIOLEIN MELALUI PROSES ESTERIFIKASI MENGGUNAKAN SIMULASI SOFTWARE DWSIM

DISUSUN OLEH :
KIAGUS MUHAMAD RIZAL (94222003)

TESIS

Untuk Memperoleh Gelar Magister dalam Bidang Ilmu Teknik Kimia pada Universitas Muhammadiyah Palembang
Dengan Wibawa Rektor Universitas Muhammadiyah Palembang
Dipertahankan pada tanggal 06 April 2024
di Universitas Muhammadiyah Palembang

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PALEMBANG
2024

OPTIMASI PRODUKSI BIODIESEL DARI BAHAN BAKU TRIOLEIN MELALUI PROSES ESTERIFIKASI MENGGUNAKAN SIMULASI SOFTWARE DWSIM

TESIS

Nama : Kiagus Muhamad Rizal
NIM : 94222003

Disetujui Untuk Disampaikan Kepada Panitia Penguji
Pada Tanggal : **06 April 2024**

Pembimbing I

Eko Ariyanto, S.T., M. Chem.Eng., PhD.
NIDN: 0217067504

Pembimbing II

Prof. Ir. Erna Yuliwati, M.T., Ph.D., IPU., ASEAN Eng.
NIDN : 0228076701

Mengetahui,
Ketua Program Studi

Dr. Ir. Elidian, M.T.
NIDN : 0202066401

PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : **Kiagus Muhamad Rizal**

NIM : **94222003**

Program Studi : **Teknik Kimia**

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik Magister Teknik baik di Universitas Muhammadiyah Palembang maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Tim Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan oleh orang lain kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan in, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Palembang, 03 Februari 2024

Yang membuat pernyataan,

Kiagus Muhamad Rizal

ABSTRACT

Biodiesel is a renewable fuel that does not pollute the air, is easily biodegradable and can be renewed. As a result, biodiesel can be used in almost all diesel engines without undergoing significant changes. This makes it one of the best options today to replace diesel. Biodiesel, or mono-alkyl esters, are generally made from vegetable oils, animal fats or algae. Since many produce biodiesel from a variety of sources, including sources that are normally also consumed by humans, it makes it possible for biodiesels derived from sources of vegetable oil that are literally unconsumed by human beings, to be a more appropriate raw material for production. Esterification of vegetable oil fatty acids or triglyceride transesterification with short-chain alcohol is one of the methods used to make biodiesel. According to SNI 7182:2015, a purity of at least 96.5% of biodiesel must be met. Meeting these high standards of purity must be a special challenge to develop the engineering necessary for the biodiesel production process. Therefore, optimum biodiesel production process planning is needed. The optimization is done by considering the type of process, the composition of materials, the kind of reactor for hydrolysis and esterification, the temperature and flow of materials that can affect the biodiesel produced. The aim of this research is to optimize using process simulation to produce biodiesel with a set standard of purity. As expected, biodiesel products are methyl oleate ($C_{19}H_{36}O_2$) from triolein feed ($C_{57}H_{104}O_6$). The simulation was done in three different PFD alternatives using DWSIM version 8.6.0. The results are expected to provide an overview of the initial engineering design of a biodiesel production process that can meet purity standards.

Keywords: biodiesel, vegetable oils, esterification, production optimization, reaction kinetics, *DWSIM version 8.6.0.*

ABSTRAK

Biodiesel adalah bahan bakar terbarukan yang tidak mencemari udara, mudah terbiodegradasi dan dapat diperbaharui. Karena itu, biodiesel dapat digunakan hampir di semua mesin diesel tanpa mengalami perubahan yang signifikan. Ini menjadikannya salah satu opsi terbaik saat ini untuk menggantikan minyak diesel. Biodiesel atau mono-alkil ester, umumnya dibuat dari minyak nabati, lemak hewani atau alga. Karena banyak yang memproduksi biodiesel dari berbagai sumber, termasuk sumber yang biasanya juga dikonsumsi oleh manusia, memungkinkan biodiesel yang berasal dari sumber minyak nabati yang secara harfiah tidak dikonsumsi oleh manusia, akan menjadi bahan baku yang lebih tepat untuk diproduksi. Esterifikasi asam lemak minyak nabati atau transesterifikasi trigliserida dengan alkohol rantai pendek adalah salah satu metode yang digunakan untuk membuat biodiesel. Berdasarkan SNI 7182:2015, kemurnian biodiesel minimal 96,5% harus dipenuhi. Memenuhi standar kemurnian yang tinggi ini tentu menjadi tantangan tersendiri untuk mengembangkan rekayasa yang diperlukan untuk proses pembuatan biodiesel. Oleh karena itu, diperlukan perancangan proses produksi biodiesel yang optimal. Optimasi dilakukan dengan mempertimbangkan jenis proses, komposisi bahan, jenis reaktor untuk hidrolisa dan esterifikasi, suhu dan aliran bahan yang dapat mempengaruhi biodiesel yang dihasilkan. Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan optimasi dengan menggunakan simulasi proses untuk menghasilkan biodiesel dengan standar kemurnian yang ditetapkan. Seperti yang diharapkan, produk biodiesel berupa metil oleat ($C_{19}H_{36}O_2$) dari umpan triolein ($C_{57}H_{104}O_6$). Simulasi dilakukan dalam tiga alternatif PFD yang berbeda menggunakan DWSIM versi 8.6.0. Hasilnya diharapkan dapat memberikan gambaran desain teknik awal dari proses produksi biodiesel yang dapat memenuhi standar kemurnian.

Kata kunci: biodiesel, minyak nabati, esterifikasi, optimasi produksi, kinetika reaksi, *DWSIM* versi 8.6.0.

KATA PENGANTAR

Bismillahirrohmanirrohim, Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena atas segala Rahmat dan Karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berudul *"Optimasi Produksi Biodiesel dari Bahan Baku Triolein Melalui Proses Esterifikasi Menggunakan Simulasi Software DWSIM (versi 8.6.0.)"* ini sesuai rencana yang telah ditetapkan. Shalawat dan salam semoga selalu tercurahkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad *Shalallahu 'Alaihi Wassalam* beserta para keluarga, sahabat dan pengikutnya hingga akhir zaman.

Sebagaimana dimaklumi bahwa Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan kelulusan di Program Pasca Sarjana Universitas Muhammadiyah Palembang Jurusan Teknik Kimia Program Studi Teknik Kimia. Tugas Akhir ini disusun didasarkan pada studi penelitian yang dilakukan dari bulan April 2023 sampai dengan bulan September 2023 dan disidangkan pada April 2024.

Selama penyusunan dan penulisan Tugas Akhir ini, penulis tentunya mendapatkan banyak bantuan, bimbingan dan saran dari berbagai pihak. Untuk itu, penulis tidak lupa mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada yang terhormat:

1. Rektor Universitas Muhammadiyah Palembang.
2. Direktur Program Pasca Sarjana Universitas Muhammadiyah Palembang.
3. Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang.
4. Ketua Program Studi, Sekretaris dan staff Pascasarjana Teknik Kimia Universitas Muhammadiyah Palembang.
5. Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Muhammadiyah Palembang.
6. Bapak Eko Ariyanto, S.T., M.Chem.Eng., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing I yang telah membantu proses penyelesaian penelitian dan penyusunan Tesis ini.
7. Ibu Prof. Ir. Erna Yuliwati, M.T., Ph.D., IPU., ASEAN. Eng. selaku Dosen Pembimbing II yang telah membantu proses penyelesaian penelitian dan penyusunan Tesis ini.
8. Seluruh staf Dosen dan pegawai Universitas Muhammadiyah Palembang.
9. Istri dan anak-anak-ku tercinta serta seluruh saudara-saudara saya yang telah banyak membantu dan mendukung baik secara moril maupun materil.

10. Seluruh rekan-rekan Mahasiswa Pascasarjana Program Studi Teknik Kimia Universitas Muhammadiyah Palembang Angkatan VIII yang telah banyak membantu dalam banyak hal.
11. Special thanks to Mr. Daniel Medeiros, Manaus, Brazil, founder & main contributor of DWSIM – Open Source Process Simulator.

Tak lupa penulis persembahkan Tesis ini terkhusus untuk almarhum/almarhumah Abah & Emak tercinta; Kgs. M. Dresden Ronny Bc.Hk. dan Hj. Nurhayati serta adik-adik tercinta yang sudah mendahului kami Alm. Kgs. Ahmad Rinaldi dan Almh. Nyayu Reni Puspawati.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun untuk kesempurnaan Tugas Akhir ini. Akhirnya Penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kalangan industri rekayasa perancangan proses biodiesel dan pihak-pihak lain yang membutuhkan. Semoga Allah SWT senantiasa memberikan taufik dan ridho-Nya kepada kita semua, Aamin ya robbal alamin.

Dukhan, Doha - Qatar, 03 Februari 2024

Kiagus Muhamad Rizal

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL i
HALAMAN PENGESAHAN ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT iii
ABSTRACT iv
ABSTRAK v
KATA PENGANTAR vi
DAFTAR ISI viii
DAFTAR TABEL x
DAFTAR GAMBAR xi
DAFTAR LAMPIRAN xiii
BAB 1. PENDAHULUAN 1
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Rumusan Masalah 3
1.3. Tujuan Penelitian 4
1.4. Manfaat 4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1. Biodiesel 5
2.1.1. Proses Pembuatan Biodiesel 6
2.1.2. Parameter Penting Biodiesel 8
2.1.3. Sumber Bahan Baku Biodiesel 9
2.2. Proses Esterifikasi 11
2.3. Proses Transesterifikasi 13
2.4 Persamaan Termodinamika 18
2.4.1. Persamaan Non-Random Two-Liquid (NRTL) 18
2.4.2. Persamaan UNIQUAC 19
2.4.3. Persamaan UNIFAC 21
2.5. Pemilihan Model Termodinamika 23
2.6. Model Termodinamika UNIFAC 26
2.7. Reaktor Equilibrium dan CSTR 27
2.7.1. Reaktor Equilibrium (REQUIL) 27
2.7.2. Continuous Stirrer Tank Reactor (CSTR) 28
2.8. Sifat Fisika & Kimia Zat 30

2.8.1. Triolein 30
2.8.2. Air 31
2.8.3. Asam Oleat 31
2.8.4. Metanol 32
2.8.5. Metil Oleat/Metil Ester/Biodiesel 32
2.8.6. Gliserol 33
2.9. Simulator Proses Kimia DWSIM 33
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN 34
3.1. Waktu dan Tempat Pelaksanaan 34
3.2. Block Flow Diagram (BFD) 34
3.3. Process Flow Diagram (PFD) 35
3.4. Simulasi dengan Software DWSIM 36
3.5. Diagram Alir Penelitian 39
3.6. Tahapan Pengoperasion Simulator DWSIM 40
BAB 4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN 44
4.1. Pemilihan Proses Produksi Biodiesel Melalui BFD 44
4.2. Penentuan Nilai Energi Aktivasi dan Frekuensi Faktor 46
4.3. Optimasi Melalui Simulasi Proses 51
4.4. Neraca Masa dan Energi 56
4.5. Tabulasi dan Grafik Hasil Simulasi DWSIM 60
4.6. Data dan Spesifikasi Alat Proses 64
BAB 5. SIMPULAN DAN SARAN 65
5.1. Kesimpulan 65
5.2. Saran 65
DAFTAR PUSTAKA 66
LAMPIRAN 68

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 2.1. Spesifikasi Biodiesel Indonesia berdasarkan SNI 7182:2015.....5
Tabel 2.2. Spesifikasi Biodiesel berdasarkan German Norm DIN EN 14214.....9
Tabel 2.3. Sumber Bahan Baku Minyak Biodiesel.....10
Tabel 2.4. Macam-macam Simulator Proses.....17
Tabel 4.1. Data Konstanta Laju Reaksi untuk TG, DG dan MG untuk Hidrolisa pada suhu yang berbeda.....46
Tabel 4.2. Data Energi Aktivasi untuk Hidrolisa TG, DG dan MG saat Transesterifikasi Palm Oil.....46
Tabel 4.3. Data k, 1/T dan ln k untuk Simulasi Alternatif ke-1.....48
Tabel 4.4. Data Faktor Frekuensi untuk Simulasi Alternatif ke-1.....49
Tabel 4.5. Data k, 1/T dan ln k untuk Simulasi Alternatif ke-2.....49
Tabel 4.6. Data Faktor Frekuensi untuk Simulasi Alternatif ke-2.....50
Tabel 4.7. Data k, 1/T dan ln k untuk Simulasi Alternatif ke-3.....50
Tabel 4.8. Data Faktor Frekuensi untuk Simulasi Alternatif ke-3.....51
Tabel 4.9. Nilai Ea, R^2 dan A masing-masing PFD.....51
Tabel 4.10. Neraca Masa dan Energi untuk Alat Proses PFD ke-1 Simulasi-(3).....57
Tabel 4.11. Neraca Masa dan Energi untuk Alat Proses PFD ke-2 Simulasi-(3).....57
Tabel 4.12. Neraca Masa dan Energi untuk Alat Proses PFD ke-3 Simulasi-(3).....57
Tabel 4.13. Neraca Masa dan Energi untuk Aliran Proses PFD ke-1 Simulasi-(3).....58
Tabel 4.14. Neraca Masa dan Energi untuk Aliran Proses PFD ke-2 Simulasi-(3).....58
Tabel 4.15. Neraca Masa dan Energi untuk Aliran Proses PFD ke-3 Simulasi-3.....59
Tabel 4.16. Tabulasi Hasil Simulasi dengan DWSIM.....60
Tabel 4.17. Parameter dan Komposisi Material Hasil Simulasi ke-3 untuk tiap PFD.....61
Tabel 4.18. Perbandingan Hasil Perhitungan Simulasi pada Kondisi Optimum.....62

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2.1. Mekanisme Reaksi Esterifikasi 12
Gambar 2.2. Reaksi Pembentukan Metil Oleat/Biodiesel melalui Hidrolisa & Esterifikasi 12
Gambar 2.3. Reaksi Transesterifikasi Trigliserida dengan Metanol 13
Gambar 2.4. Reaksi Keseluruhan dan Reaksi Samping Proses Transesterifikasi 13
Gambar 2.5. Reaksi Hidrolisa Trigliserida 15
Gambar 2.6. Pembagian Campuran dalam Skala Umum/Global Perspective (figure 1) 24
Gambar 2.7. Kasus Campuran Polar Non-Elektrolit (figure 2) 25
Gambar 2.8. Kasus Campuran yang Berhubungan dengan Uap/Non-Uap (figure 3) 25
Gambar 2.9. Ilustrasi dari Model Kontribusi Kelompok 26
Gambar 2.10. Reaktor Equilibrium dalam Simulator Proses DWSIM 28
Gambar 2.11. CSTR dalam Simulator Proses DWSIM 29
Gambar 2.12. Susunan CSTR dalam Transestrifikasi Gliserida 30
Gambar 3.1. BFD-1 Produksi Biodiesel Proses Hidrolisa-Transesterifikasi (Adeniyi et al. 2018) 34
Gambar 3.2. BFD-2 Produksi Biodiesel dengan ISHSE (Integrated Subcritical lipid hydrolysis & Supercritical Esterification, Okoro et al. 2018) 35
Gambar 3.3. BFD-3 Produksi Biodiesel dengan DST (Direct Supercritical Transesterification, Okoro et al. 2018) 35
Gambar 3.4. BFD Usulan Proses Pembuatan Biodiesel melalui Proses Hidrolisa, Esterifikasi/Transesterifikasi 36
Gambar 3.5. Contoh Simulasi Proses Menggunakan DWSIM versi 8.6.0. (2023) 39
Gambar 3.6. Diagram Alir Penelitian 39
Gambar 3.7. Tahapan dalam Pengoperasian DWSIM 40
Gambar 3.8. Pemilihan Bahan Kimia Sebagai Umpan Proses 40
Gambar 3.9. Pemilihan/penentuan Property Package Model Termodinamika 41
Gambar 3.10. Pemilihan/penentuan Satuan Unit 41
Gambar 3.11. Tahap Memasukkan Reaksi Kesetimbangan pada Reaktor Equilibrium 42
Gambar 3.12. Pengisian Nilai Faktor Frekuensi Tumbukan & Energi Aktivasi di CSTR 42
Gambar 4.1. Grafik Konstanta Laju Kecepatan Reaksi MG➔GL* 47
Gambar 4.2. Grafik 1/T vs ln k untuk Simulasi PFD Alternatif-1 48
Gambar 4.3. Grafik 1/T vs ln k untuk Simulasi PFD Alternatif-2 49
Gambar 4.4. Grafik 1/T vs ln k untuk Simulasi PFD Alternatif-3 50
Gambar 4.5. Produksi Biodiesel menggunakan PFD Alternatif 1-(3) 53
Gambar 4.6. Reaksi Stoikiometri Pembentukan Biodiesel 53
Gambar 4.7. Produksi Biodiesel menggunakan PFD Alternatif 2-(3) 54

Gambar 4.8. Produksi Biodiesel menggunakan PFD Alternatif 3-(3) 56
Gambar 4.9. Suhu Keluaran CSTR vs Tingkat Kemurnian Biodiesel 62
Gambar 4.10. Suhu Keluaran CSTR vs Mass Flow Biodiesel 62
Gambar 4.11. Fraksi Mol Metil Oleat vs Tingkat Kemurnian Biodiesel 63
Gambar 4.12. Suhu Keluaran CSTR vs Residence Time di CSTR (liquid) 63

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran 1. Pembuktian Perhitungan Nilai Ea dan Perhitungan Nilai Ea & A untuk Simulasi Alternatif 1, 2 & 3 68
Lampiran 2. Hasil Perhitungan Simulasi DWSIM untuk Alternatif PFD ke-1 70
Lampiran 3. Hasil Perhitungan Simulasi DWSIM untuk Alternatif PFD ke-2 91
Lampiran 4. Hasil Perhitungan Simulasi DWSIM untuk Alternatif PFD ke-3 113
Lampiran 5. Kartu Bimbingan Tesis 134

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Salah satu kebutuhan vital manusia adalah energi. Sebagian besar kebutuhan energi dipenuhi oleh sumber alam yang tidak terbarukan seperti gas alam, minyak bumi dan batu bara, tetapi sumber-sumber ini secara bertahap akan habis ketersediaannya. Skenario modern mengungkapkan bahwa dunia saat ini sedang menghadapi atau menuju krisis energi akibat semakin menipisnya sumber bahan bakar fosil.

Pencarian dan pengembangan sumber energi alternatif terbarukan terus dilakukan sampai saat ini dengan berbagai cara. Secara prinsip potensi atau ketersediaan sumber daya energi terbarukan adalah sangat besar dan secara eksponensial melebihi kebutuhan energi dunia, oleh karena itu jenis sumber daya alternatif akan memiliki andil yang signifikan dalam portofolio energi global masa depan.

Sumber-sumber energi terbarukan dapat dibagi ke dalam beberapa bagian yaitu energi angin, energi kelautan, energi solar/matahari, energi hydro, energi geothermal dan bioenergi. Bioenergi terbagi lagi menjadi bionergi untuk kelistrikan/panas dan bioenergi yang berbentuk biofuel. Biodiesel sendiri termasuk ke dalam kategori bioenergi karena masuk dalam lingkup biofuel. (Ellabban O. *et al*. 2014).

Keterbatasan sumber daya bahan bakar fosil dan di sisi lain juga ada kebutuhan untuk mengurangi emisi gas rumah kaca adalah salah satu pendorong penting dalam pencarian bahan bakar alternatif. Sehingga saat ini lebih banyak perhatian diberikan pada biofuel dalam hal ini biodiesel yang bisa digunakan sebagai bahan bakar alternatif. Biodiesel telah menjadi bahan bakar diesel alternatif yang bersih, bahan bakar pembakaran yang dapat digunakan sebagai pengganti minyak diesel, untuk mesin yang dihasilkan dari sumber terbarukan seperti lemak nabati dan minyak yang terutama berasal dari trigliserida. Biodiesel adalah salah satu jenis sumber energi alternatif hijau, yang sifat fisik dan kimianya mirip dengan minyak diesel. (Kumar Sunil, 2019).

Dalam sejarahnya, pembuatan biodiesel telah dilakukan pertama kali pada tahun 1853 oleh E. Duffy dan J. Patrick, bahkan sebelum mesin diesel pertama kali ditemukan. Empat puluh tahun kemudian tepatnya tahun 1893, Dr. Rudolf Christian Karl Diesel berhasil merakit mesin diesel pertama di Augsburg, Jerman yang kemudian diperkenalkan di World's Fair di Paris, Prancis. Saat itu, mesin diesel masih dioperasikan menggunakan biodiesel yang terbuat

dari minyak kacang tanah, tetapi karena produksi minyak bumi sangat banyak dan murah saat itu maka penggunaan biodiesel menjadi tidak efisien sehingga mendorong Karl Diesel merancang mesin diesel dengan spesifikasi minyak diesel. (Sinarmas, agribusiness & food).

Kini beberapa metode untuk produksi biodiesel seperti esterifikasi/transesterifikasi, pirolisis, katalitik, non-katalitik, proses superkritikal dan lainnya telah bayak dipelajari dan dikembangkan. Biodiesel merupakan bahan bakar terbarukan yang bersih, tidak mencemari udara, mudah terbiodegradasi dan dapat diperbaharui sehingga dianggap sebagai salah satu kandidat terbaik saat ini sebagai pengganti diesel dari minyak bumi karena dapat digunakan secara luas di semua mesin pemakai biodiesel tanpa perlu modifikasi yang signifikan (Vijayakumar C. *et al*. 2016).

Keunggulan biodiesel dibandingkan dengan minyak diesel diantaranya ialah tidak bersifat toksik, ramah lingkungan karena bahan baku tidak mengandung sulfur, memiliki emisi COx dan partikulat udara yang rendah, angka setana yang tinggi dan sifat pelumasan yang baik. Selain itu, campuran bahan bakar diesel dan biodiesel dapat meningkatkan efisiensi mesin.

Lebih jauh mengenai manfaat biodiesel juga dituliskan oleh Dimian C. Alexandre dan Bildea Sorin Costin dalam bukunya Chemical Process Design: Computer-Aided Case Studies (2008) sebagai berikut:

1. Mengurangi ketergantungan energi bangsa-bangsa yang berhubungan erat dengan sumber daya fosil yang selama ini bertindak sebagai faktor penstabil utama dalam pasar global.
2. Mengurangi polusi global dengan mengurangi emisi CO_2 berdasarkan siklus hidup.
3. Mengurangi pencemaran lokal berupa partikel CO, CO_2, belerang dan partikel halus.
4. Memungkinkan daur ulang berbagai limbah industri dan domestik yang mempunyai potensi energi seperti minyak goreng dan lemak, serta sisa-sisa hasil pertanian.
5. Memastikan keseimbangan yang lebih baik antara industri dan pertanian, menciptakan lapangan kerja baru di pedesaan dan pertumbuhan ekonomi yang berkelanjutan.

Secara umum biodiesel (mono-alkil ester) bisa dihasilkan dari sumber daya alam seperti minyak nabati, lemak hewani dan alga. Biodiesel dapat diperoleh melalui reaksi transesterifikasi trigliserida atau reaksi esterifikasi asam lemak bebas dan tergantung dari kualitas minyak nabati yang digunakan sebagai bahan baku. Peningkatan konsumsi biodiesel di dunia dari berbagai sumber bahan baku termasuk sumber yang umumnya juga di konsumsi oleh manusia mengakibatkan berkurangnya bahan baku untuk produksi biodiesel itu sendiri. Oleh karena itu, biodiesel dari sumber bahan baku minyak nabati yang secara harfiah tidak dikonsumsi manusia sangat menguntungkan untuk dikembangkan dalam usaha menyelesaikan masalah penurunan produksi minyak bumi.

Saat ini fokus dari berbagai produsen biodiesel adalah untuk membangun dan menjalankan fasilitas produksi (pabrik) secepat mungkin untuk memenuhi dan memanfaatkan permintaan dari konsumen baik yang digerakkan oleh konsumen itu sendiri atau yang digerakkan oleh politik atau pemerintahan. Hal ini dikarenakan proses produksi biodiesel dikenal cukup luas, perkembangan nya yang baik dan fasiltas produksi yang relatif sederhana untuk dirancang dan dibangun serta mudah untuk dioperasikan, sehingga sekarang simulasi-simulasi proses baru tentang produksi biodiesel banyak diminati. Ini merupakan peluang nilai tambah yang signifikan untuk optimalisasi proses termasuk penggunaan energi dan konversi reaktor bagi produsen biodiesel yang berwawasan ke depan dan bagi kalangan pengembang proses.

Produsen biodiesel di berbagai belahan dunia kini berada dalam berbagai tahapan pengembangan seperti tahapan desain awal, tahapan spesifikasi teknis akhir peralatan atau tahapan sedang memproduksi biodiesel. Keputusan-keputusan teknis mengenai jenis proses dan bahan baku apa yang akan digunakan serta seberapa fleksibel prosesnya bisa digunakan untuk berbagai bahan baku lain dan peralatan apa yang akan digunakan dapat dibuat secara "offline" dengan model simulasi yang mendekati akurat. Diagram alir proses (PFD) dengan kesetimbangan panas dan material dalam suatu simulator proses kimia dapat memungkinkan desain proses yang efisien untuk tingkat keoptimalan yang diinginkan (Chemstations, Biodiesel in Chemcad).

1.2. Rumusan Masalah

Seiring dengan berkurangnya produksi minyak bumi, keterbatasan bahan baku untuk produksi biodiesel dan tingginya standar kemurnian biodiesel yang ditetapkan tentunya menjadi tantangan dalam melakukan rekayasa perancangan proses produksi biodiesel agar diperoleh tingkat kemurnian biodiesel yang sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Oleh karena itu diperlukan suatu proses produksi biodiesel yang bersifat optimasi disertai dengan proses simulasinya.

Salah satu cara untuk memproduksi biodiesel adalah melalui proses esterifikasi asam lemak minyak nabati atau proses transesterifikasi trigliserida dengan alkohol rantai pendek (metanol) untuk membentuk metil ester dan gliserol. Pemilihan proses akan menjadi dasar untuk melakukan simulasi proses. Melalui simulasi proses maka optimasi kemurnian biodiesel dapat dilakukan. Dalam simulasi optimasi perancangan proses produksi biodiesel hal-hal yang perlu diperhatikan dan dapat mempengaruhi hasil produksi biodiesel diantaranya adalah

komposisi dan laju alir bahan baku, metode reaksi, katalis, jenis reaktor, suhu dan tekanan, rasio stoikiometri dan pemisahan produk.

Untuk melakukan optimasi proses, maka diperlukan serangkaian simulasi yang bersifat *trial error* baik dalam perhitungan (masukan angka) untuk parameter proses maupun jenis peralatan yang digunakan dalam produksi biodiesel. Diperlukan juga serangkaian simulasi untuk mengetahui apakah suatu proses produksi dapat bekerja dan menghasilkan produk yang diharapkan. Salah satu perangkat yang dapat digunakan untuk melakukan simulasi proses adalah software simulator proses *DWSIM* yang dalam penelitian ini digunakan versi 8.6.0. (2023). Penggunaan software simulasi secara umum bertujuan untuk mempermudah proses perhitungan yang kompleks termasuk dalam hal ini perhitungan neraca massa dan panas (material & energy balance) menjadi lebih mudah, cepat dan efisien. Dari sejumlah simulasi proses yang dilakukan, diharapkan diperoleh suatu rancangan rekayasa proses produksi biodiesel yang memiliki hasil yang optimal.

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan penelitian terdahulu, maka penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan simulasi optimasi proses produksi biodiesel dengan berfokus pada peningkatan kemurnian biodiesel yang dihasilkan sesuai standar SNI 7182:2015 menggunakan software simulator proses DWSIM dengan menggunakan proses hidrolisa-esterifikasi/transestrifikasi tanpa katalis (non-katalitik) dengan mengaplikasikan model termodinamika UNIFAC sebagai property atau fluid package-nya dan reaktor equilibrium (R.Equil) dipilih untuk proses hidrolisanya dalam kondisi operasi standar/ideal (STP) yaitu pada suhu 25^{o}C dan tekanan 101,325 kPa (1 bar), sedangkan untuk proses esterifikasi dan transesterifikasi-nya menggunakan reaktor tangki berpengaduk kontinyu (CSTR).

Produk biodiesel yang diharapkan berupa metil oleat/metil ester ($C_{19}H_{36}O_2$) dengan bahan baku umpan berupa triolein ($C_{57}H_{104}O_6$). Simulasi dilakukan dalam beberapa skenario atau alternatif PFD/flow sheet yang berbeda untuk mendapatkan kemurnian yang optimal.

1.4. Manfaat

Apabila tujuan penelitian ini tercapai maka hasil dari penelitian ini tentunya diharapkan dapat memberikan salah satu referensi teknis awal dalam dunia industri rekayasa khususnya dalam hal perancangan proses produksi/industri biodiesel. Dengan kata lain hasil simulasi ini diharapkan dapat memberikan gambaran awal tentang desain proses produksi biodiesel yang dapat memenuhi standar kemurnian.

DAFTAR PUSTAKA

Abdurakhman YB, Putra ZA, dan Bilad MR. 2017. Aspen HYSYS Simulation for Biodiesel Production from Waste Cooking Oil using Membrane Reactor. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 180(012273).

Adeniyi AG, Ighalo JO, dan Eletta OA. 2018. Process integration and feedstock optimization of a Two-step biodiesel production process from jatropha curcas using aspen plus. *Chemical Product and Process Modeling.* 14(2).

Al-Matar Ali 2015. Selecting Fluid packages (Thermodynamic Model) for HYSYS/Aspen Plus/ChemCAD Process Simulators. *Research Gate* 283259774

Bouillot Baptiste. Version 2022-2023. *Introduction to Thermodynamic Methods for Process Engineering-Choice of a thermodynamic model & simulation-book*. Mines Saint-Etienne.

Darnoko, D. and M. Cheryan. 2000. Kinetics of palm oil transesterification in a batch reactor. JAOCS, 77: 1263–1267.

Dasari, M.A., M.J. Goff, and G.J. Suppes. 2003. Noncatalytic alcoholysis kinetics of soybean oil. JAOCS. 80(2):189–192

Dimian C. A., Bildea S. C., Chemical Process Design: Computer-Aided Case Studies, book. 2008 Wiley-VCH Verlag GmBh & Co. KGaA, Weinheim. ISBN: 978-3-527-31403-4

Ellabban O., Abu-Rub H., Blaabjerg F., 2014. Renewable energy resources: Current status, future prospects and their enabling technology. Renewable & Sustainable Energy Review Journal.

Firda D., Nur A. Afifah, Mursidah Sri, Rohana M. Syarifah, 2021. Optimasi Produksi Biodiesel Berbasis Minyak Nabati Menggunakan Aspen Hysys, *Journal Teknologi Industri Pertanian*. ISSN: 0216-3160

Giwa A, Giwa SO, dan Olugbade EA. 2018. Application of Aspen HYSYS process simulator in green energy revolution: a case study of biodiesel production. *ARPN Journal Engineering and Applied Sciences*. 13(2):569-581.

Han, H., W. Cao, and J. Zhang. 2005. Preparation of biodiesel from soybean oil using supercritical methanol and CO2 as co-solvent. Process Biochemistry 40:3148–3151

J. E. Edwards. 2008. Process Modelling Selection of Thermodynamics Methods. P & I Design Ltd. Teesside, UK

Joelianingsih, H. Maeda, H. Nabetani, Y. Sagara, T.H. Soerawidjaya, A.H. Tambunan, and K. Abdullah 2006. Kinetics of the noncatalytic transesterification of palm oil at

atmospheric pressure. In: Proceeding of the Development in Biofuel Production and Biomass Technology Seminar, Jakarta-Indonesia, February 21–22, 2006.

Kostik V, Memeti S, dan Bauer B. 2013. Fatty acid composition of edible oils and fats. *Journal Hygienic Engineering and Design*. 4:112-116.

Kumar Sunil. 2019. Optimization at low temperature transesterification biodiesel production from soybean oil methanolysis via response surface methodology, Energy Source.

Okoro O. V., Sun Z., Birch J., 2018. Journal - Catalyst-Free Biodiesel Production Methods: A Comparative Technical and Environmental Evaluation. Sustainability, MDPI.

Patle DS, Sharma S, Ahmad Z, Rangaiah GP. 2014. multi-objective optimization of two alkali catalyzed processes for biodiesel from waste cooking oil. *Energy conversion and management*. 85:361-372.

Pinkerton Nick. 2014. Block Flow Diagram, Process design McCormick, Northwestern.

Putri RA, Muhammad A, dan Ishak I. 2018. Optimasi proses pembuatan biodiesel biji jarak pagar (*Jatropha Curcas L*.) melalui proses ekstraksi reaktif. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*. 6(2):16-30.

Saputri H, Helwani Z, dan Rionaldo H. 2015. Optimasi proses produksi biodiesel dari sawit off grade menggunakan katalis zeolit alam teraktivasi pada tahap transesterifikasi. *Jurnal Online Mahasiswa*. 2(2): 1-5.

Setyopratomo P. 2013. Produksi asam lemak dari minyak kelapa sawit dengan proses hidrolisis. *Jurnal Teknik Kimia*. *7*(1): 26-31.

Srivastava, A. and R. Prassad. 2000. Triglycerides based diesel fuels. Renewable and Suistainable Energy Reviews 4:111–133.

Tambunan H.A. dan Joelianingsih. 2009. Produksi Biodiesel Secara Nonkatalitik. Bagian Energi dan Elektifikasi Pertanian, Departemen Teknik Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

Vijayakumar C., Ramesh M., Murugesan A., Panneerselvam N., Subramanian D., Bharathiraja M., 2016. Biodiesel from plant seed oils as an alternate fuel for compression ignition engines-a review. Springer.

Zhao Yuanxi. 2016, Property Package, Process design McCormick, Northwestern.