TESIS
PROSES KONTINU TRANSESTERIFIKASI RBDPO MENJADI BIODISEL DENGAN KATALIS $MgO/KCl/Na_2O$ PADA REAKTOR UNGGUN TETAP

ROBEKCA PURBA
NIM. 03012681721007

PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK KIMIA
JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2021

TESIS
PROSES KONTINU TRANSESTERIFIKASI RBDPO MENJADI BIODISEL DENGAN KATALIS $MgO/KCl/Na_2O$ PADA REAKTOR UNGGUN TETAP

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mendapatkan
Gelar Magister Teknik (M.T) pada Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya

ROBEKCA PURBA
NIM. 03012681721007

PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK KIMIA
JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2021

HALAMAN PENGESAHAN

PROSES KONTINU TRANSESTERIFIKASI RBDPO MENJADI BIODISEL DENGAN KATALIS $MgO/KCl/Na_2O$ PADA REAKTOR UNGGUN TETAP

TESIS

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk
Mendapatkan Gelar Master Teknik (M.T.)
Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Palembang, Januari 2021

Menyetujui,
Pembimbing I

Prof. Dr. Ir. H. M. Djoni Bustan, M.Eng.IPU
NIP. 195603071981031010

Pembimbing II,

Prof. Dr. Ir. Hj. Sri Haryati, DEA.IPU
NIP. 195610241981032001

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya,

Prof. Ir. Subriyer Nasir, M.S., Ph.D
NIP. 196009091987031004

Kordinator Program Studi
Magister Teknik Kimia

Dr. David Bahrin, S.T., M.T.
NIP. 198010312005011003

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis berupa Tesis ini dengan judul "Proses Kontinu Transesterifikasi RBDPO Menjadi Biodisel dengan Katalis MgO/KCl/Na_2O pada Reaktor Unggun Tetap" telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Program Studi Magister Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada 29 Desember 2020.

Palembang, Januari 2021

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Tesis

Ketua :

1. Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Said, M.Sc. ( )
   NIP. 196109121987031003

Anggota :

1. Prof. Dr. Ir. H. M. Taufik Toha, DEA
   NIP. 1571041408530005
2. Prof. Ir. Riman Sipahutar, M.Sc, Ph.D ( )
   NIP. 195606041986021001
3. Dr. David Bahrin, S.T., M.T ( )
   NIP. 198010312005011003

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya,	Kordinator Program Studi Magister Teknik Kimia
Prof. Ir. Subriyer Nasir, M.S., Ph.D	Dr. David Bahrin, S.T., M.T.
NIP. 196009091987031004	NIP. 198010312005011003

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Robekca Purba
NIM : 03102681721007
Judul : Proses Kontinu Transesterifikasi RBDPO Menjadi Biodisel dengan Katalis MgO/KCl/Na2O pada Reaktor Unggun Tetap

Menyatakan bahwa Laporan Tesis saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/*plagiat*. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Laporan Tesis ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Palembang, 15 Januari 2021

Robekca Purba
03102681721007

RINGKASAN

PROSES KONTINU TRANSESTERIFIKASI RBDPO MENJADI BIODISEL DENGAN KATALIS MgO/KCl/Na2O PADA REAKTOR UNGGUN TETAP
Karya tulis ilmiah berupa Tesis, 15 Januari 2021.

Robekca Purba, Dibimbing oleh Prof. Dr. Ir. H.M. Djoni Bustan, M.Eng.IPU dan Prof. Dr. Ir. Hj. Sri Haryati, DEA.IPU

CONTINUE PROCESS OF TRANSESTERIFICATION OF RBDPO TO BIODIESEL WITH MgO/KCl/Na_2O CATALYST IN FIXED BED REACTOR

xv + 68 halaman, 10 Tabel, 25 Gambar, 4 lampiran

RINGKASAN

Penelitian ini menganalisis pengaruh penggunaan katalis heterogen MgO/KCl/Na_2O terhadap komposisi *fatty acid methyl ester* (FAME) yang dihasilkan dan menganalisis pengaruh variabel waktu terhadap komposisi fatty acid methyl ester (FAME) yang dihasilkan. Metode impregnasi dan kalsinasi digunakan dalam proses produksi katalis dalam penelitian ini. Katalis dalam penelitian ini dikarakterisasi menggunakan difraksi sinar-X (XRD) dan mikroskop elektron scanning - spektroskopi dispersif energi (SEM-EDS). Penelitian ini menggunakan reaktor unggun tetap dengan proses kontinu untuk menghasilkan biodiesel. Penelitian ini menganalisis empat sampel biodiesel berdasarkan waktu transesterifikasi yaitu 45, 60, 75, dan 90 menit, kemudian sampel dianakisis menggunakan Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GCMS). Analisis biodiesel dengan menggunakan GCMS membuktikan bahwa biodiesel dalam penelitian ini adalah metil ester asam lemak 100 %-volume. Terdiri dari metil palmitat, metil linoleat, metil oleat, dan metil stearat. Waktu reaksi maksimum untuk menghasilkan biodiesel adalah pada kondisi transesterifikasi 90 menit. Penggunaan katalis heterogen MgO/KCl/Na_2O sangat berhasil dalam menghasilkan biodiesel yang mengandung 100 %-volume FAME

Kata Kunci: Biodiesel, katalis heterogen, *Fatty acid methyl ester* (FAME), XRD, GCMS, RBDPO, SEM-EDS

SUMMARY

CONTINUE PROCESS OF TRANSESTERIFICATION OF RBDPO TO BIODIESEL WITH MgO/KCl/Na_2O CATALYST IN FIXED BED REACTOR
Scientific paper in the form of Tesis, January 15th 2021.

Robekca Purba, Supervised by Prof. Dr. Ir. H.M. Djoni Bustan, M.Eng.IPU and Prof. Dr. Ir. Hj. Sri Haryati, DEA.IPU

PROSES KONTINU TRANSESTERIFIKASI RBDPO MENJADI BIODISEL DENGAN KATALIS MgO/KCl/Na2O PADA REAKTOR UNGGUN TETAP

xv + 68 pages, 10 Table, 25 Image, 4 attachment

SUMMARY

This study is analyzing the effect of using MgO/KCl/Na2O as heterogeneous catalysts on the resulting fatty acid methyl ester (FAME) composition and analyzing the effect of time variables on the resulting fatty acid methyl ester (FAME) composition. Impregnation and calcination methods are using in the process of producing catalysts in this study. The catalyst in this study characterized using X-ray diffraction (XRD) and scanning electron microscope – energy dispersive spectroscopy (SEM-EDS). This study uses a fixed bed reactor with a continuous process to produce biodiesel. This study analyzing four samples of biodiesel based on transesterification time: 45, 60, 75, and 90 minutes using Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GCMS). The GCMS analysis proves that the biodiesel in this study is 100% fatty acid methyl ester. Consist of methyl palmitate, methyl linoleate, methyl oleate, and methyl stearate. The maximum reaction time to produce biodiesel is in the transesterification condition of 60 minutes. The use of heterogeneous catalysts MgO/KCl /Na2O was significantly successful in producing biodiesel containing 100% volume of fatty acid methyl ester (FAME).

Keywords: Biodiesel, Heterogeneous catalyst, Fatty acid methyl ester (FAME), XRD,GCMS, RBDPO, SEM-EDS

KATA PENGANTAR

Terpujilah Tuhan yang telah memberikan berkahNya sehingga penulisan tesis dengan judul "Proses Kontinu Transesterifikasi RBDPO Menjadi Biodisel dengan Katalis MgO/KCl/Na_2O pada Reaktor Unggun Tetap" diselesaikan. Penulisan Tesis ini bertujuan untuk memperoleh gelar Magister Teknik bidang program studi Teknik Kimia BKU Teknologi Energi Program pasca sarjana Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Terselesaikannya penulisan Tesis ini juga ditopang dari banyaknya masukan dan bimbingan yang didapatkan dari lingkungan akademis dan keluarga. Oleh karena itu, ucapan terima kasih disampaikan kepada:

1) Ir. B. Purba dan R. Samosir, selaku orangtua.
2) Prof. Dr.Ir. H. M. Djoni Bustan, M.Eng.IPU, selaku dosen pembimbing pertama.
3) Prof. Dr. Ir. Hj. Sri Haryati, DEA.IPU, selaku dosen pembimbing kedua.
4) Daud Darianus Simbolon, atas bantuan untuk penggunaan program IMAGEJ
5) Bapak Muhamad Ari, atas bantuan untuk penelitian SEM EDS dan GCMS.
6) Ibu Hermina Sianturi, atas bantuan untuk bahan baku RBDPO

Tesis ini diharapkan dapat dipergunakan oleh pembaca terkhusus mahasiswa Teknik kimia demi kemajuan ilmu pengetahuan di bidang energi terbarukan.

Palembang, 15 Januari 2021

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL i
HALAMAN PENGESAHAN ii
HALAMAN PERSETUJUAN iii
KATA PERNYATAAN INTEGRITAS iv
RINGKASAN v
SUMMARY vi
KATA PENGANTAR vii
DAFTAR ISI viii
DAFTAR LAMPIRAN xi
DAFTAR TABEL xii
DAFTAR GAMBAR xiii
DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN xiv
DAFTAR SIMBOL xv
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Rumusan Masalah 3
1.3. Tujuan Penelitian 3
1.4. Hipotesis 4
1.5. Ruang Lingkup Penelitian 4
1.6. Manfaat Penelitian 4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1. Sumber Biodisel dari Minyak Nabati 5
2.2. Proses Pembuatan Biodisel 7
2.2.1. ProsesTransesterifikasi 8
2.2.2. Proses Pencucian Biodisel 10
2.2.3. Proses Pengeringan Biodisel 10
2.2.4. Proses Filtrasi Biodisel 11
2.3. Katalis Transesterifikasi 11

2.3.1. Metode Impregnasi Katalis Heterogen 14
2.3.1.1. Metode Impregnasi Kering 15
2.3.1.1. Metode Impregnasi Basah 16
2.3.2. Kalsinasi Katalis Heterogen.....17
2.4. Tipe Reaktor untuk Transesterfikasi Trigliserida 19
2.4.1. Reaktor Horizontal.....19
2.4.2. Reaktor Vertikal 24
BAB III METODOLOGI PENELITIAN 26
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian 26
3.2. Bahan dan Peralatan Penelitian 26
3.2.1. Bahan Penelitian 26
3.2.2. Peralatan Penelitian 27
3.3. Rancangan Penelitian.....27
3.3.1. Variabel dan Matriks Penelitian 27
3.3.2. Tahapan Penelitian 28
3.3.2.1. Sintesis katalis.....29
3.3.2.2. Analisis Katalis.....30
3.3.2.3. Transesterifikasi 33
3.3.2.4. Pemurnian FAME.....35
3.3.2.5. Analsia FAME Menggunakan Peralatan GCMS 36
3.4. Pengolahan dan Analisis Data 36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 39
4.1.Hasil Sintesis Katalis 39
4.2. Karakterisasi Katalis MgO/KCl/Na_2O Menggunakan XRD 40
4.3. Karakterisasi Katalis MgO/KCl/Na_2O Menggunakan SEM-EDS.....43
4.4. Parameter Kualitas Biodisel 47
4.4.1. Kadar Metil Ester Biodisel.....49
4.4.2. Densitas Biodisel 57
4.4.3. Viskositas Biodisel.....58
4.5. Penggunaan Reaktor Unggun Tetap 59
4.6. Konversi Biodisel.....59

BAB V KESIMPULAN DAN TINDAK LANJUT

5.1. Kesimpulan 60
5.2. Tindak Lanjut 60
DAFTAR PUSTAKA 61

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran A	Bahan pembentuk katalis	64
Lampiran B	Hasil transesterifikasi	67
Lampiran C	Surat tanda uji kualitas biodisel	68
Lampiran D	Perhitungan konversi	69

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 3.1	Matriks Penelitian	28
Tabel 4.1	Parameter puncak difraksi sinar X katalis MgO/KCl/Na_2O	42
Tabel 4.2	Ukuran kristal dan *lattice strain* katalis MgO/KCl /Na_2O	43
Tabel 4.3	SNI Biodisel nomor 7182 tahun 2015	48
Tabel 4.4	Data retention time, persentasi senyawa, dan senyawa yang dihasilkan dari peak GCMS pada kondisi 45 menit	50
Tabel 4.5	Data retention time, persentasi senyawa, dan senyawa yang dihasilkan dari peak GCMS pada kondisi 60 menit	51
Tabel 4.6	Data retention time, persentasi senyawa, dan senyawa yang dihasilkan dari peak GCMS pada kondisi 75 menit	52
Tabel 4.7	Data retention time, persentasi senyawa, dan senyawa yang dihasilkan dari peak GCMS pada kondisi 90 menit	53
Tabel 4.8	Data retention time dan komposisi senyawa yang dihasilkan dari peak GCMS Fatty Acid Methyl Ester (FAME)	55
Tabel 4.9	Perbandingan hasil penelitian yang dicapai dengan hasil penelitian sebelumnya	57

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2.1	Negara penghasil biodisel di dunia	6
Gambar 2.2	Mekanisme reaksi transesterifikasi	10
Gambar 2.3	Prosedur sintesis katalis melalui proses impregnasi	17
Gambar 2.4	Contoh reaktor horizontal	20
Gambar 2.5	Static mixing reactor	20
Gambar 2.6	Elemen static mixer	21
Gambar 2.7	Contoh reaktor horizontal menggunakan static mixing reactor	22
Gambar 2.8	Pengaduk statik reaktor horizontal	22
Gambar 2.9	Skema dan Gambar desain reaktor horizontal	24
Gambar 2.10	Contoh reaktor vertikal	25
Gambar 3.1	Diagram alir proses sintesis katalis	30
Gambar 3.2	Diagram alir proses transesterifikasi	35
Gambar 3.3	Skema alat penelitian	38
Gambar 4.1	Katalis MgO/KCl (1) dan katalis MgO/KCl/Na_2O (2)	39
Gambar 4.2	Grafik XRD Katalis MgO/KCl/ Na_2O	40
Gambar 4.3	*Screenshot* Analisis kuantitatif katalis MgO/KCl/Na_2O	41
Gambar 4.4	Gambaran katalis MgO/KCl menggunakan SEM-EDS	44
Gambar 4.5	Gambaran katalis MgO/KCl/Na_2O menggunakan SEM-EDS	44
Gambar 4.6	Tangkapan layar analisis diameter rata-rata katalis MO/KCl/Na_2O menggunakan program IMAGEJ	46
Gambar 4.7	Tangkapan layar analisis diameter rata-rata katalis MO/KCl menggunakan program IMAGEJ	46
Gambar 4.8	Katalis di dalam reaktor	47
Gambar 4.9	Grafik FAME pada kondisi 45 menit	49
Gambar 4.10	Grafik FAME pada kondisi 60 menit	50
Gambar 4.11	Grafik FAME pada kondisi 90 menit	53
Gambar 4.12	Grafik FAME pada kondisi 90 menit	48

DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN

RBDPO	*refined bleached deodorized palm oil*
XRD	*X-Ray Diffraction*
SEM-EDS	*Scanning Electron Microscopy Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy*
GCMS	*Gas chromatography mass spectrometry*
FAME	*Fatty acid methyl ester*

DAFTAR SIMBOL

ρ	Densitas	g/ml, g/cm^3
n	Jumlah zat	mol
m	massa	g, kg
V	Volume	L, ml
mr	Massa atom relatif	g/mol

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Cadangan bahan bakar di Indonesia diperkirakan akan habis pada tahun 2025, data ini diperoleh dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. Bahan bakar solar contohnya, setiap tahunnya konsumsi bahan bakar solar naik sebesar 5%, sedangkan produksi solar di dalam negeri hanya mampu mencukupi 75% kebutuhan di dalam negeri. Kondisi ini menyebabkan Indonesia berada pada posisi krisis energi, sehingga setiap harinya Indonesia harus melakukan impor bahan bakar minyak senilai US$150.000.000. Penurunan yang terjadi secara terus menerus ini tentu saja dipengaruhi oleh konsumsi di dalam negeri Indonesia. Jumlah penduduk yang besar menjadikan kebutuhan akan energi harus terpenuhi agar penduduk Indonesia tetap produktif dan roda perekonomian tetap berjalan. Dibekali Iklim dan posisi yang dilewati garis katulistiwa, Indonesia sangat diuntungkan karena dengan demikian sumber daya alamnya menjadi sagat beragam.

Diperlukan adanya langkah strategis untuk menanggulangi krisis energi di Indonesia yang memadai dan juga berkelanjutan. Sebagai negara yang dikelilingi berbagai sumber daya alam (SDA), Indonesia akan sangat diuntungkan karena dapat mempergunakan sumber daya alam (SDA) nya sebagai sumber energi. Sumber daya alam (SDA) tersebut diantaranya dapat diolah menjadi biodisel, yang diperoleh dengan cara pemanfaatan berbagai jenis tumbuhan yang menghasilkan minyak nabati, contohnya tanaman kelapa sawit, kemiri sunan, kedelai, jagung, kelapa, biji nimba, jarak pagar dan tanaman kapuk.

Tanaman penghasil bahan bakar dari sumber nabati mengandung asam karboksilat yang merupakan *fatty acid* yang bersifat jenuh dan *fatty acid* yang bersifat tidak jenuh. Kedua *fatty acid* ini dapat dibedakan berdasarkan ikatan rantainya. Asam lemak atau *fatty acid* yang bersifat jenuh adalah asam karboksilat berantai panjang yang hanya berikatan tunggal, contohnya asam palmitat.

Sedangkan *fatty acid* yang bersifat tidak jenuh adalah asam karboksilat berantai panjang yang karbon-karbonnya memiliki ikatan rangkap, contohnya asam linolenat, dan asam oleat.

Apabila ditinjau dari banyaknya minyak yang diproduksi oleh tanaman, maka kelapa sawit yang terbagi menjadi dua genus adalah tanaman industri yang sangat menguntungkan. Selain sebagai penghasil energi, daging buah kelapa sawit dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan minyak goreng, cangkang nya dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar boiler, dan biji kernelnya dapat dimanfaatkan sebagai pelembut pada berbagai produk olahan sabun. Salah satu faktor yang memoengaruhi pemilihan bahan katalis yang akan dipergunakan adalah kandungan jenis asam lemak minyak kelapa sawit. Bahan katalis yang dipergunakan harus memiliki kemampuan untuk mengelola asam lemak yang bersifat jenuh dan tidak jenuh tersebut.

Departemen perindustrian merilis data mengenai komposisi minyak kelapa sawit pada tahun 2007. Asam lemak yang terdapat pada kandungan minyak kelapa sawit komposisinya terdiri dari asam palmitat yakni 38% hingga 46%, asam stearat 4,6%, asam miristat 1%, asam oleat 30% hingga 45%, dan asam linoleat 10,5%. Berdasarkan data tersebut, dapat diketahui bahwa kandungan asam lemak yang diperoleh dari minyak kelapa sawit didominasi oleh asam palmitat dengan persentasi sebesar 38% hingga 46%. Sedangkan kandungan paling sedikit ialah asam miristat sebanyak 1%.

Biodisel dapat dihasilkan dari tanaman penghasil minyak nabati melalui proses transesterifikasi, proses ini akan semakin optimal kinerjanya dengan penggunaan katalis. Katalis merupakan zat yang dipergunakan untuk meningkatkan kemampuan reaktan untuk bereaksi. Katalis yang dipilih harus memiliki sifat tidak ikut bereaksi dengan reaktannya. Katalis secara fisik ada yang berbentuk homogen dan berbentuk heterogen, katalis ini bersifat yang bersifat menguntungkan solubilitas yang rendah, tidak beracun, stabilitasnya tinggi, dan harganya terjangkau. Penelitian katalis basa pada saat ini berpusat pada metal oksida terutama kalsium oksida (CaO).

Katalis yang berbentuk homogen memiliki fase yang sama dengan fase reaktannya, misalnya sama-sama berbentuk padatan atau berbentuk cairan. Umumnya katalis homogen yang banyak dipergunakan berbentuk cairan. Sedangkan katalis heterogen fase katalis dan fase reaktannya berbeda. Pemakaian katalis homogen sulit dipisahkan dari produk yang dihasilkan, karena sulit dalam proses pemisahan maka katalis menjadi lebih sulit untuk di daur ulang. Hal ini memerlukan biaya yang besar.

Katalis yang selama ini dipergunakan dalam pembuatan biodisel ialah katalis homogen, contohnya NaOH dan H_2SO_4 yang dipakai secara tunggal. Pemakaian katalis heterogen saat ini lebih dikembangkan, karena sifatnya yang lebih mudah dipisahkan dan lebih stabil dalam suhu yang relatif tinggi, serta terbukti menghasilkan *yield* yang lebih tinggi. Faktor-faktor yang mempengaruhi hasil perolehan biodisel, diantaranya adalah *surface area*, waktu reaksi, dan jenis reaktor yang dipergunakan (Sebastianus dkk., 2014; Yu dkk., 2014).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana katalis heterogen menghasilkan komposisi yang lebih tinggi dibandingkan katalis homogen.
2. Apakah proses kontinu menghasilkan persen komposisi yang lebih tinggi dibandingkan dengan proses *batch*.
3. Bagaimanakah pengaruh variabel waktu terhadap komposisi FAME yang dihasilkan.

1.3 Tujuan Penelitian

1. Menganalisis dampak penggunaan katalis heterogen untuk menghasilkan komposisi *fatty acid methyl ester* (FAME).
2. Menganalisis pengaruh proses kontinu terhadap komposisi *fatty acid methyl ester* (FAME) yang dihasilkan.

3. Menganalisis pengaruh variabel waktu terhadap komposisi *fatty acid methyl ester* (FAME) yang dihasilkan.

1.4 Hipotesis

Memperhatikan data yang diperoleh dari berbagai penelitian yang telah dilakukan oleh Sebastianus dkk., 2014; Yu dkk., 2014, maka penulis dapat menyimpulkan bahwa hipotesis dari peneltian ini adalah:

1. Katalis heterogen menghasilkan FAME dengan kadar komposisi yang lebih banyak.
2. Reaktor kontinu menghasilkan FAME dengan kadar komposisi yang lebih banyak.
3. Semakin lama waktu reaksi menghasilkan FAME dengan kadar komposisi yang lebih banyak.

1.5 Ruang lingkup Penelitian

Hanya melingkupi penggunaan katalis homogen yang terdiri dari 3 bahan utama pembentuk katalis, yakni MgO, KCl, dan Na_2O. Penggunaan reaktor kontinu secara vertikal, dan penggunaan bahan baku minyak berupa *refined bleached deodorized palm oil* (RBDPO).

1.6 Manfaat Penelitian

Penelitian ini hasilnya dapat dimanfatkan untuk :

1. Membuktikan bahwa penggunaan katalis heterogen lebih efektif dan efisien dalam proses menghasilkan biodisel.
2. Sebagai pandangan keilmuan baru dalam menentukan jenis katalis yang tepat untuk produksi biodisel.
3. Hasil penelitian dapat dipergunakan bagi perusahaan untuk proses pengambilan keputusan jenis katalis yang dipergunakan dalam memproduksi biodisel.

DAFTAR PUSTAKA

Abdullah S. H. Y. S., Hanapi, N. H. M., Azid, A., Umar, R., Jauhir, H., Khatoon, H., dan Endut, A., 2017. A review of biomass-derived heterogenous catalyst for a sustainable biodiesel production. *Renewable dan sustainable energy reviews*, 70: 1040-1051.

Agarwi, M., Chauhan, G., Chaurasia, S. P., dan Singh K., 2012. Study of catalytic behavior of KOH as homogeneous dan teterogeneous catalyst for biodiesel production. *Journal of the taiwan institute of chemical engineers*, 43: 89-94.

Ali, A., Asad, L., dan Nafees, S., 2018. Review of catalytic transesterification methods for biodiesel production. *Intech Open*, 6:93-119.

Arita, S., 2009. Proses pembuatan biodisel di dalam reaktor unggun tetap diam (Fixed Bed Reactor) dengan katalis padat alumina berbasis logam. *Prosiding seminar nasional daur bahan bakar*, C1-C5.

Avhad, M. R., dan Marchetti, J. M., 2016. innovation in solid heterogenous catalyst for he generation of economically viable dan ecofriendly biodiesel: A review. *Catalysis reviews*, 58: 157-208.

Bankovic-Ilic, I. B., Miladinovic, M. R., Stamenkovic O. S., dan Beljkovic V. B., 2017. Application of nano CaO-based catalyst in biodiesel synthesis. *Renewable dan sustainable energy reviews*, 72: 746-760.

Benedictto, G. P., Legnoverde, M. S., Tara, J. C., Sotelo, R. M., Basaldella E. I., 2019. Synthesis of K+/MgO heterogenous catalyst derived from biodiesel production. *Materials letters*, 246: 199-202.

Bohlouli, A., dan Mahdavian, L., 2019. Catalysts used in biodiesel production: a review. *Biofuels*, vol :1-14.

Buchori, L., Istandi, I., Purwanto, P., Marpaung, L., dan Safitri, R., 2018. Roles of K_2O on the CaO-ZnO catalyst dan its influence on catalyst basicity for biodiesel production. *E3S web of conferences*, 1-4.

Casic, K., Podrepsek, G.H., Knez, Z., dan Leitgeb, M., 2020. Biodiesel production using solid acid catalysts based on metal oxide. *Catalysts*, 10: 1-20.

Enweremadu, C., Modiba, E., dan Rutto, H., 2015. Production of biodiesel from waste vegeTabel oil using impregnated diatomite as heterogenous catalyst. *Chinse journal of chemical engineering*, 23: 281-289.

Ferreira, R. M. B., Passos, R. M. D., Ssampaio, K. A., dan Batista, E. A. C., 2019. Heterogeneous catalyst for biodiesel production : A review. *Food dan public health*, vol 9: 125-137.

Indah, T., Said, M., Summa, A., Sari, A., 2011. Katalis basa heterogen campuran CaO & SrO pada reaksi transesterifikasi minyak kelapa sawit. *Prosiding seminar nasional AVoER ke-3*, 482-493

Istandi, I., Prasetyo, S. A., dan Nugroho, T. S., 2015. Characterization of K_2O/CaO-ZnO catalyst for tranesterification of soybean oil to biodiesel. *Procedia environmental sciences*, 23: 394-399.

Lu, H., Yu, X., Yang, S., Yang, H., dan Tu, S. T., 2016. MgO-Li_2O catalyst templated by PDMS-PEO comb-like copolymer for transesterification of vegeTabel ol to biodiesel. *Fuel*, 165: 215-223.

Mar, W. W., Samsook, E., 2012. Methanolysis of soybean oil over KCl/CaO solid base catalyst for biodiesel production. *Science Asia*, 38: 90-94.

Martinez, S. L., Romero, R., Natividad, R., dan Gonzalez, J., 2014. Optimization of biodiesel production from sunflower oil by transesterificatin using Na_2O/NaX dan methanol. *Catalysis today*, 220: 12-20.

Mierczynski, P., Ciesielski, R., Kedziora, A., Maniukiewicz, W., Shtyka, O., Kubicki, J., Albinska, J., dan Maniecki, T., 2015. Biodiesel production on MgO, CaO, SrO dan BaO oxides supported on (SrO) (Al_2O_3) mixed oxide. *Catalysis letters*, 145: 1196-1205.

Mohamed, R. M., Kadry, G. A., Samad, H. A..A., dan Awad, M. E., 2020. High operatiive heterogeneous catalyst in biodiesel production from waste cooking oil. *Egyptian journal of petroleum*, 29: 59-65.

Mucino, G. E. G., Romero, R., Orozco, I. G., Serrano, A. R., Jimenez, R. B., dan Natividad, R., 2016. Deactvation study of K_2O/NaX dan Na_2O/Nax catalyst for biodiesel production. *Catalysis today*, 271: 220-226.

Tang, Y., Lui, H., Ren, H., Cheng, Q., Cui, Y., dan Zhang, J., 2018. Development KCL/CaO as a catalyst for biodiesel production by tri-component coupling transesterification. *Environmetal progress & sustainable energy*, 38: 1-7.

Tua, J. F.M., Helwani, Z., Saputra., E. 2016. Penggunaan Na_2O//Fly Ash sebagai katalis pada tahap transesterifikasi minyak sawit off-grade menjadi biodiesel.Universitas Riau. 1-8

Warrier, A.V., Warrier, A.R., 2019. Production of biodiesel from waste cooking oil using MgO nanocatalyst. *DAE Solid State Physics Symposium* 2018, Indian Institute of Technology Jodhpur, 1-4.

Xu, J. F., wan, K., Zhang, J. Y., Chen, Y., dan Sheng, M. Q., 2015. Measuring dan modelling of densiry for selected CaO-Al_2O_3-MgO slags. *Journal of the southern african institute of mining dan metallurgy*, 115: 767-772

Yoosuk, B., Tantirungrotechai, J., dan Thepwatee, S., 2013. Biodiesel synthesis over Sr/MgO solid base catalyst. *Fuel*, 106: 279-284.

Yu, S., Han, X., dan Mi, J., 2014. Biodiesel production from waste cooking oil using KCL/CaO as catalyst. *Advance materials research*, 1044: 259-262