

SKRIPSI

METAL-ORGANIC FRAMEWORK SEBAGAI KATALIS UNTUK PRODUKSI BIODIESEL



Diajukan oleh :

Tresia

NRP: 5203016014

Yosafat Kurniawan

NRP: 5203017035

**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KATOLIK WIDYA MANDALA
SURABAYA
2019**

LEMBAR PENGESAHAN

Seminar **SKRIPSI** bagi mahasiswa tersebut di bawah ini :

Nama : Tresia

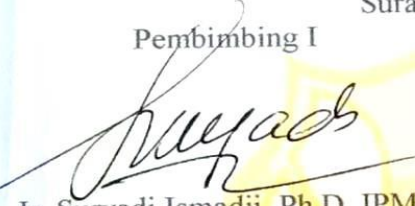
NRP : 5203016014

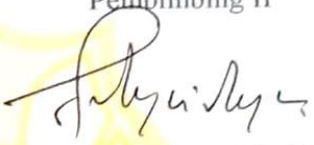
Telah diselenggarakan pada tanggal 24 Mei 2019, karenanya yang bersangkutan dapat dinyatakan telah memenuhi sebagian persyaratan kurikulum guna memperoleh gelar **Sarjana Teknik** jurusan **Teknik Kimia**.

Surabaya, 12 Juni 2019

Pembimbing I

Pembimbing II

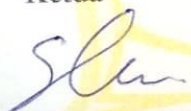

Ir. Suryadi Ismadji, Ph.D., IPM.
NIK. 521.93.0198

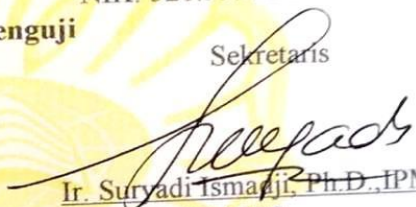

Felycia Edi S., M.Phil., Ph.D.
NIK. 521.99.0401

Dewan Penguji

Ketua

Sekretaris


Shella P. Santoso, S.T., Ph.D
NIK. 521.17.0971


Ir. Suryadi Ismadji, Ph.D., IPM.
NIK. 521.93.0198

Anggota

Anggota


Sandy Budi Hartono, Ph.D., IPM
NIK. 521.99.0401


Dr. Ir. Suratno Lourentius, M.S., IPM.
NIK. 521.87.0127

Mengetahui

Fakultas Teknik
Dekan

Jurusan Teknik Kimia
Ketua


Ir. Suryadi Ismadji, Ph.D., IPM
NIK. 521.93.0198


Sandy Budi Hartono, Ph.D., IPM
NIK. 521.99.0401

LEMBAR PENGESAHAN

Seminar **SKRIPSI** bagi mahasiswa tersebut di bawah ini :

Nama : Yosafat Kurniawan

NRP : 5203017035

Telah diselenggarakan pada tanggal 28 Mei 2019, karenanya yang bersangkutan dapat dinyatakan telah memenuhi sebagian persyaratan kurikulum guna memperoleh gelar **Sarjana Teknik** jurusan **Teknik Kimia**.

Surabaya, 12 Juni 2019

Pembimbing I

Pembimbing II


Ir. Suryadi Ismadji, Ph.D., IPM.
NIK. 521.93.0198

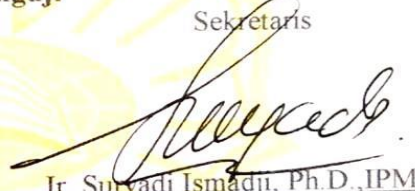

Felycia Edi S., M.Phil., Ph.D.
NIK. 521.99.0401

Dewan Penguji

Ketua

Sekretaris


Shella P. Santoso, S.T., Ph.D
NIK. 521.17.0971
Anggota


Ir. Suryadi Ismadji, Ph.D., IPM.
NIK. 521.93.0198
Anggota


Sandy Budi Hartono, Ph.D., IPM
NIK. 521.99.0401


Dr. Ir. Suratno Lourentius, M.S., IPM.
NIK. 521.87.0127

Mengetahui


Fakultas Teknik
Dekan
Ir. Suryadi Ismadji, Ph.D., IPM
NIK. 521.93.0198


Jurusan Teknik Kimia
Ketua
Sandy Budi Hartono, Ph.D., IPM
NIK. 521.99.0401

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Demi perkembangan ilmu pengetahuan, saya sebagai mahasiswa Unika Widya Mandala Surabaya :

Nama : Tresia

NRP : 5203016014

Menyetujui skripsi/karya ilmiah saya:

Judul :

Metal-organic Framework Sebagai Katalis Untuk Produksi Biodiesel

Untuk dipublikasikan/ditampilkan di internet atau media lain (Digital Library Perpustakaan Widya Mandala Surabaya) untuk kepentingan akademik sesuai dengan undang-undang hak cipta.

Demikian pernyataan persetujuan publikasi karya ilmiah ini saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 12 Juni 2019

Yang menyatakan,



Tresia
5203016014

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN
PUBLIKASI KARYA ILMIAH**

Demi perkembangan ilmu pengetahuan, saya sebagai mahasiswa Unika
Widya Mandala Surabaya :

Nama : Yosafat Kurniawan

NRP : 5203017035

Menyetujui skripsi/karya ilmiah saya:

Judul :

Metal-organic Framework Sebagai Katalis Untuk Produksi Biodiesel

Untuk dipublikasikan/ditampilkan di internet atau media lain (Digital
Library Perpustakaan Widya Mandala Surabaya) untuk kepentingan
akademik sesuai dengan undang-undang hak cipta.

Demikian pernyataan persetujuan publikasi karya ilmiah ini saya buat dengan
sebenarnya.

Surabaya, 12 Juni 2019

Yang menyatakan,



Yosafat Kurniawan
5203017035

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan hasil karya orang lain, baik sebagian maupun seluruhnya kecuali dinyatakan dalam teks. Seandainya diketahui bahwa skripsi ini merupakan hasil karya orang lain, maka saya sadar dan menerima konsekuensi bahwa skripsi ini tidak dapat digunakan sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik.

Surabaya, 12 Juni 2019
Mahasiswa



Tresia
5203016014

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan hasil karya orang lain, baik sebagian maupun seluruhnya kecuali dinyatakan dalam teks. Seandainya diketahui bahwa skripsi ini merupakan hasil karya orang lain, maka saya sadar dan menerima konsekuensi bahwa skripsi ini tidak dapat digunakan sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik.

Surabaya, 12 Juni 2019
Mahasiswa



Yosafat Kurniawan
5203017035

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat rahmat dan karunia-Nya yang telah memberikan hikmat kepada penulis sehingga berhasil menyelesaikan skripsi yang berjudul “*Metal-organic Framework Sebagai Katalis Untuk Produksi Biodiesel*” tepat waktu dan sesuai dengan yang diharapkan. Tujuan dari pembuatan skripsi ini adalah sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya.

Terselesaikannya skripsi ini tak lepas dari bantuan serta dukungan baik secara materi maupun moral dari banyak pihak. Maka dari itu, kami sebagai calon sarjana yang menulis skripsi ini mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ir. Suryadi Ismadji, Ph.D.,IPM. dan Felycia Edi S., M.Phil., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan masukan, bimbingan, serta pengarahan yang baik dan jelas dalam penelitian ini;
2. Shella P. Santoso, S.T., Ph.D.; Sandy Budi Hartono, Ph.D., IPM dan Dr. Ir. Suratno Lourentius, M.S., IPM. selaku Dewan Penguji yang telah memberikan banyak masukan, kritikan, dan saran dalam penelitian ini;
3. Ir. Suryadi Ismadji, Ph.D., IPM selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya;
4. Sandy Budi Hartono, Ph.D., IPM selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya;
5. Para ketua laboratorium atas izinnya untuk menggunakan fasilitas sarana-prasarana laboratorium Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya;

6. Bapak Hadi Pudjo dan Bapak Novi Triono selaku Laboran atas asistensinya dalam menyediakan kebutuhan selama penelitian meliputi bahan kimia, alat gelas, dan alat-alat instrumen;
7. Seluruh dosen dan staff Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya, yang secara tidak langsung telah membantu kami dalam menyelesaikan skripsi ini;
8. Kementerian Riset dan Teknologi yang memberikan dana penelitian melalui Program Kreativitas Mahasiswa – Bidang Penelitian (PKM-P);
9. Orang tua dan keluarga yang senantiasa memberikan dukungan selama penyusunan skripsi;
10. Teman-teman seperjuangan angkatan 2016 yang telah mendukung selama proses pembuatan skripsi berlangsung;
11. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Akhir kata, penulis berharap adanya kritikan dan saran dari pembaca demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis juga berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat untuk kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi bagi para pembaca.

Surabaya, 12 Juni 2019

Penulis

DAFTAR ISI

Lembar Pengesahan	ii
Lembar Pernyataan.....	iv
Kata Pengantar	viii
Daftar Isi	x
Daftar Gambar	xii
Daftar Tabel	xiii
Intisari	vii
Abstract	viii
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1. Latar Belakang	1
I.2. Tujuan Penelitian	3
I.3. Pembatasan Masalah	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
II.1. Biodiesel	4
II.2. Katalis Heterogen	5
II.3. <i>Metal-organic Framework</i> (MOF)	8
II.4. Minyak Sawit	10
BAB III METODE PENELITIAN	11
III.1. Perancangan Penelitian	12
III.2. Bahan.....	12
III.3. Alat	12
III.4. Variabel Penelitian	13
III.4.1. Variabel Tetap	13
III.4.2. Variabel Berubah	13
III.5. Prosedur Penelitian	14
III.5.1. Pembuatan <i>Metal-organic Framework</i>	14
III.5.2. Pengujian FFA dalam Minyak Goreng.....	14
III.5.3. Pengujian MOF sebagai Katalis pada Transesterifikasi Biodiesel	15
III.5.4. Pengujian MOF untuk Digunakan Kembali	16
III.5.5. Analisa Instrumen	16
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	17
IV.1. Karakteristik <i>Metal-organic Framework</i> Cu-BTC	17
IV.2. Analisa Kandungan FFA dalam Minyak Goreng	22
IV.3. Mekanisme Reaksi Esterifikasi dan Transesterifikasi dengan Katalis Cu-BTC	23
IV.4. Pengaruh Variasi Massa Katalis terhadap Rendemen FAME.....	23

IV.5. Pengaruh Penggunaan <i>Recycled</i> Cu-BTC terhadap Rendemen FAME	24
IV.6. Pengaruh Variasi Rasio Volume Metanol:Minyak terhadap Rendemen FAME	25
IV.7. Analisa Komposisi FAME	26
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	28
V.1. Kesimpulan	28
V.II Saran	29
DAFTAR PUSTAKA	30
LAMPIRAN A	34
LAMPIRAN B	35
LAMPIRAN C	36
LAMPIRAN D.....	38
LAMPIRAN E.....	41

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1. Reaksi Esterifikasi	4
Gambar II.2. Reaksi Transesterifikasi	5
Gambar II.3. Mekanisme Katalis Heterogen Basa Brönsted.....	6
Gambar II.4. Mekanisme Katalis Heterogen Basa Lewis	7
Gambar II.5. Mekanisme Katalis Heterogen Asam Brönsted	7
Gambar II.6. Mekanisme Katalis Heterogen Asam Lewis.....	8
Gambar IV.1. Hasil Analisa XRD dari Cu-BTC	18
Gambar IV.2. Hasil Analisa SEM dari Cu-BTC	19
Gambar IV.3. Isoterm Adsorpsi-Desorpsi N ₂ dari Cu-BTC	20
Gambar IV.4. Kurva TGA dari Cu-BTC	21
Gambar IV.5. Hasil Analisa FTIR dari Cu-BTC.....	22
Gambar IV.6. Pengaruh Massa Cu-BTC terhadap Rendemen FAME.	
Kondisi Reaksi: Volume Metanol:minyak = 5:1	24
Gambar IV.7. Pengaruh Variasi Rasio Volume Metanol:minyak terhadap Rendemen FAME. Kondisi Reaksi: 0,04 g <i>fresh</i>	
Cu-BTC	25
Gambar D.1. Kurva Z vs $Z/((1-Z)*V)$	38

DAFTAR TABEL

Tabel II.1. Komposisi Asam Lemak Minyak Sawit	10
Tabel IV.1. Hasil Analisa FAME oleh GC	27
Tabel A.1. Penentuan Asam Lemak Bebas (FFA)	35
Tabel C.1. Perhitungan Ukuran Kristal	36
Tabel E.1. Hasil Perhitungan Rendemen FAME dengan Variasi Massa <i>Fresh</i> Cu-BTC	41
Tabel E.2. Hasil Perhitungan Rendemen FAME dengan Variasi Massa <i>Recycled</i> Cu-BTC	41
Tabel E.3. Hasil Perhitungan Rendemen FAME dengan Variasi Rasio Volume Metanol:minyak	42

INTISARI

Salah satu bahan bakar alternatif yang sangat menjanjikan adalah biodiesel. Biodiesel sendiri merupakan bahan bakar hasil reaksi transesterifikasi dari trigliserida dengan alkohol yang akan menjadi rantai asam lemak pendek dan air ataupun hasil reaksi esterifikasi dari asam lemak dengan alkil alkohol membentuk ester (biodiesel) dan air. Reaksi esterifikasi dan transesterifikasi membutuhkan katalis untuk mempercepat laju reaksinya. *Metal-organic Framework* dapat diaplikasikan sebagai katalis heterogen dalam reaksi esterifikasi dan transesterifikasi. Penggunaan MOF sebagai katalis dapat mengatasi permasalahan katalis heterogen oleh karena MOF mempunyai porositas yang tinggi, luas permukaan yang tinggi, serta stabilitas kimia dan termal yang tinggi. Pada penelitian ini, logam tembaga (Cu) dan ligan 1,3,5-benzenetricarboxylic acid akan digunakan dalam sintesis *Metal-organic Framework*. MOF ini akan digunakan sebagai katalis heterogen dalam reaksi pembuatan biodiesel antara minyak goreng dengan metanol. Cu-BTC MOF yang disintesis memiliki struktur kristal dominan yang dikonfirmasi oleh analisis XRD. Isoterm adsorpsi-desorpsi tipe I dan tipe-H4 diperoleh dari analisis isoterm adsorpsi-desorpsi N₂ dengan luas permukaan BET 1085,72 m²/g dan volume pori total 1,68 cm³/g. Stabilitas termal yang tinggi dari Cu-BTC dikonfirmasi menggunakan analisis TGA. Gugus fungsi dari Cu-BTC juga dikonfirmasi oleh analisis FTIR. Hasil optimum rendemen FAME tercapai pada 91,01% dengan penggunaan 0,04 g Cu-BTC dan rasio volume metanol:minyak sebesar 5:1. Cu-BTC MOF juga dapat didaur ulang untuk mengkatalisis reaksi transesterifikasi dan esterifikasi tanpa kehilangan aktivitas katalitik. Pembentukan metil ester palmitat dan oleat sebagai hasil substansial tertinggi dari FAME dikonfirmasi oleh analisis GC dengan hasil masing-masing 42,8% dan 38,25%.

ABSTRACT

Biodiesel is one of the promising alternative fuel. Biodiesel is fuel that comes from the transesterification reaction from triglyceride with alcohol that forms short fatty acid chain and water, or the esterification reaction from fatty acid with alcohol alkyl that forms esters (biodiesel) and water. Esterification and transesterification reaction need catalyst to accelerate the reaction rate. *Metal-organic Framework* can be used for heterogenous catalyst in esterification and transesterification reaction. The usage of MOF as catalyst can overcome the problems of heterogenous catalyst because of its high porosity, high surface area and high thermal and chemical stability. In this research, copper (Cu) and 1,3,5-benzenetricarboxylic acid will be used for the synthesis of *Metal-organic Framework*. This MOF will be used as the heterogenous catalyst for production of biodiesel between Cooking Oil and methanol. The synthesized Cu-BTC MOF has a high crystal structure confirmed by the XRD analysis. The type I adsorption-desorption isotherm, and the type-H4 were observed from the N₂ adsorption-desorption isotherm analysis with the BET surface area of 1085.72 m²/g and total pore volume of 1.68 cm³/g. The high thermal stability of the synthesized Cu-BTC was confirmed using TGA analysis. The surface functional groups of Cu-BTC were also confirmed by the FTIR analysis. The optimum yield of FAME was reached at 91.01% with the use of 0.04 g Cu-BTC and MeOH: oil volume ratio of 5:1. Cu-BTC MOF could also be recycled to catalyze transesterification and esterification reactions without losing the catalytic activity. The formation of palmitic and oleic methyl ester as the highest substantial yield of FAMEs was confirmed by the GC analysis with the yields of 42.8% and 38.25%, respectively.