

# **SKRIPSI**

## **SINTESA MIL-53: KATALIS UNTUK PEMBUATAN BIODIESEL**



Diajukan oleh

Maria Natasya Inocentia Laban

NRP. 5203017053

Matilda Theresia Renwarin

NRP. 5203017018

**JURUSAN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS KATOLIK WIDYA MANDALA  
SURABAYA  
2020**

## LEMBAR PENGESAHAN

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

**Nama : Maria Natasya Inocentia Laban**

**NRP : 5203017053**

telah diselenggarakan pada tanggal 10 Juli 2020, karenanya yang bersangkutan dapat dinyatakan telah memenuhi sebagian persyaratan kurikulum guna memperoleh gelar **Sarjana Teknik** Jurusan **Teknik Kimia**.

Surabaya, 10 Juli 2020

**Disetujui oleh**

**Pembimbing I**



Prof. Suryadi Ismadji

NIK. 521.93.0198

**Pembimbing II**



Prof. Felycia Edi  
Soetaredjo

NIK. 521.99.0391

**Penguji I**



Maria Yuliana, Ph.D.

NIK. 521.18.1010

**Penguji II**



Wenny Irawaty,  
Ph.D.

NIK. 521.97.0284

**Penguji III**



Shella Permatasari  
Santoso, Ph.D.

NIK. 521.17.0971

**Mengetahui**

**Dekan Fakultas Teknik**



Prof. Suryadi Ismadji, IPM.

NIK. 521.93.0198

**Ketua Jurusan Teknik Kimia**



Sanjaya, Ph.D., IPM

NIK. 521.99.0401

## LEMBAR PENGESAHAN

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

**Nama : Matilda Theresia Renwarin**

**NRP : 5203017043**

telah diselenggarakan pada tanggal 10 Juli 2020, karenanya yang bersangkutan dapat dinyatakan telah memenuhi sebagian persyaratan kurikulum guna memperoleh gelar **Sarjana Teknik** Jurusan **Teknik Kimia**.

Surabaya, 10 Juli 2020

**Disetujui oleh**

**Pembimbing I**



Prof. Suryadi Ismadji

NIK. 521.93.0198

**Pembimbing II**



Prof. Felycia Edi  
Soetaredjo

NIK. 521.99.0391

**Penguji I**



Maria Yuliana, Ph.D.

NIK. 521.18.1010

**Penguji II**



Wenny Irawaty,  
Ph.D.

NIK. 521.97.0284

**Penguji III**



Shella Permatasari  
Santoso, Ph.D.

NIK. 521.17.0971

**Mengetahui**

**Dekan Fakultas Teknik**



Prof. Suryadi Ismadji, IPM.

NIK. 521.93.0198

**Ketua Jurusan Teknik Kimia**



Prof. Felycia Edi Soetaredjo, 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 : Maria Natasya Inocentia Laban

NRP : 5203017053

Menyetujui skripsi/karya ilmiah saya :

Judul :

**Sintesa MHL-53: Katalis untuk Pembuatan Biodiesel**

untuk dipublikasikan/ditampilkan di internet atau media lain (Digital Library Perpustakaan Unika Widya Mandala Surabaya) untuk kepentingan akademik sebatas sesuai dengan Undang-undang Hak Cipta.

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

Surabaya, 20 Juli 2020

Yang menyatakan,



Maria Natasya Inocentia Laban

NRP. 5203017053

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN  
PUBLIKASI KARYA ILMIAH**

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

Nama : Matilda Theresia Renwarin

NRP : 5203017018

Menyetujui skripsi/karya ilmiah saya :

Judul :

**Sintesa MIL-53: Katalis untuk Pembuatan Biodiesel**

untuk dipublikasikan/ditampilkan di internet atau media lain (Digital Library Perpustakaan Unika Widya Mandala Surabaya) untuk kepentingan akademik sebatas sesuai dengan Undang-undang Hak Cipta.

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

Surabaya, 20 Juli 2020

Yang menyatakan,



Matilda Theresia Renwarin

NRP. 5203017018

## 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 ternyata 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, 20 Juli 2020

Mahasiswa,



Maria Natasya Inocentia Laban

NRP. 5203017053

## 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 ternyata 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, 20 Juli 2020  
Mahasiswa,



Matilda Theresia Renwarin  
NRP. 5203017018

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat dan rahmat-Nya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi/karya ilmiah yang berjudul “**Sintesa MIL-53: Katalis untuk Pembuatan 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.

Dalam penyelesaian 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. Prof. Suryadi Ismadji, IPM. dan Prof. Felycia Edi S., Ph.D. selaku Dosen pembimbing yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan masukan, bimbingan, serta pengarahan yang baik dan jelas dalam penelitian ini;
2. Wenny Irawaty, Ph.D.; Shella P. Santoso, Ph.D.; Maria Yuliana Ph.D; selaku Dosen Penguji yang telah memberikan banyak masukan, kritikan, dan saran dalam penelitian ini;
3. Prof. Suryadi Ismadji, 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. Orang tua dan keluarga yang senantiasa memberikan dukungan selama penyusunan skripsi;
9. Teman-teman seperjuangan angkatan 2017 yang telah mendukung selama proses pembuatan skripsi berlangsung;
10. 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 penulisan skripsi ini dapat bermanfaat untuk kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi bagi para pembaca dan menjadi tolak ukur untuk penelitian selanjutnya.

Surabaya, 20 Juli 2020

Penulis

## DAFTAR ISI

|                                               |      |
|-----------------------------------------------|------|
| LEMBAR PENGESAHAN .....                       | ii   |
| LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN .....           | iv   |
| LEMBAR PERNYATAAN.....                        | vi   |
| KATA PENGANTAR.....                           | viii |
| DAFTAR ISI.....                               | x    |
| DAFTAR GAMBAR.....                            | xi   |
| DAFTAR TABEL .....                            | xii  |
| INTISARI .....                                | xiii |
| ABSTRACT.....                                 | xiv  |
| BAB I. PENDAHULUAN.....                       | 1    |
| I.1. Latar belakang .....                     | 1    |
| I.2. Tujuan Penelitian .....                  | 3    |
| I.3. Pembatasan Masalah .....                 | 4    |
| BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....                 | 5    |
| II.1. Biodiesel.....                          | 5    |
| II.2. Metanol Subkritis .....                 | 8    |
| II.3. Katalis Heterogen .....                 | 9    |
| II.4. MIL-53 (Al).....                        | 9    |
| BAB III. METODE PENELITIAN.....               | 12   |
| III.1. Rancangan Penelitian .....             | 12   |
| III.2. Bahan .....                            | 13   |
| III.3. Alat .....                             | 13   |
| III.4. Instrumentasi .....                    | 13   |
| III.5. Variabel Penelitian .....              | 14   |
| III.6. Prosedur Penelitian.....               | 15   |
| BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....            | 19   |
| IV.1. Karakterisasi Katalis MIL-53 (Al) ..... | 19   |
| IV.2. Pembuatan Biodiesel .....               | 25   |
| BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN .....             | 35   |
| V.1. Kesimpulan .....                         | 35   |
| V.2. Saran .....                              | 35   |
| DAFTAR PUSTAKA.....                           | 36   |
| LAMPIRAN A.....                               | 41   |
| LAMPIRAN B .....                              | 42   |
| LAMPIRAN C .....                              | 43   |

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar II. 1. Reaksi Transesterifikasi .....                                                                                    | 5  |
| Gambar II. 2. Reaksi Transesterifikasi Membentuk Metil Ester Dan<br>Gliserol.....                                               | 6  |
| Gambar II. 3. Area Subkritis Senyawa .....                                                                                      | 8  |
| Gambar II. 4. (a) $Al(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$ ; (b) 1,4-benzenedicarboxylic acid .....                                             | 10 |
| Gambar II. 5. Struktur Kristal MIL-53 (Al) [26] .....                                                                           | 11 |
| Gambar III. 1. Prosedur Sintesa MIL-53 (Al).....                                                                                | 15 |
| Gambar III. 2. Prosedur Pembuatan Biodiesel.....                                                                                | 18 |
| Gambar IV. 1. Hasil Analisa XRD Katalis MIL-53 (Al) .....                                                                       | 20 |
| Gambar IV. 2. Hasil Analisa TGA-DTG Katalis MIL-53 (Al) .....                                                                   | 21 |
| Gambar IV. 3. (a) Hasil Analisa SEM Katalis MIL-53 (Al); (b-c) Perbedaan<br>Pelarut Ref. [33]; (d-e) Aglomerasi Ref. [32] ..... | 22 |
| Gambar IV. 4. Hasil Analisa EDX Katalis MIL-53 (Al).....                                                                        | 23 |
| Gambar IV. 5. (A) Kurva Adsorpsi-Desorpsi Isoterm $N_2$ Katalis MIL-53<br>(Al); (B) Referensi [38].....                         | 25 |
| Gambar IV. 6. Pengaruh Massa MIL-53 (Al) Terhadap <i>Yield</i> Biodiesel.....                                                   | 27 |
| Gambar IV. 7. Pengaruh Variabel Temperatur (kiri) dan FFA (kanan) .....                                                         | 29 |
| Gambar IV. 8. Plot Tiga Dimensi Pengaruh Temperatur dan FFA terhadap<br><i>%Yield</i> .....                                     | 32 |
| Gambar IV. 9. Hipotesa <i>Recyclability</i> MIL-53 (Al) .....                                                                   | 34 |

## DAFTAR TABEL

|                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel II. 1. Syarat Mutu Biodiesel SNI 7182:2015.....                                  | 7  |
| Tabel IV. 1. Hasil Analisa Komposisi Berdasarkan EDX.....                              | 24 |
| Tabel IV. 2. Perbandingan Luas Permukaan dan Volume Pori<br>MIL-53 (Al) .....          | 24 |
| Tabel IV. 3. Hasil Eksperimental (Hipotesa) dan Prediksi <i>Yield</i> (Analisa).       | 29 |
| Tabel IV. 4. Perbandingan Model Statistikal.....                                       | 30 |
| Tabel IV. 5. Analisa ANOVA.....                                                        | 32 |
| Tabel IV. 6. Presentase Penurunan <i>Yield</i> Pada <i>Recyclability</i> Katalis ..... | 33 |

## INTISARI

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif yang berasal dari minyak nabati atau hewani. Salah satu reaksi pembentukan biodiesel yaitu reaksi transesterifikasi dimana trigliserida dalam minyak akan direaksikan dengan metanol membentuk gliserol dan *Fatty Acid Methyl Ester* (FAME) yang merupakan biodiesel. Reaksi transesterifikasi dapat dilakukan pada kondisi subkritis metanol untuk memperoleh konversi yang tinggi pada tekanan dan temperatur dibawah titik kritis. Laju reaksi transesterifikasi dapat dipercepat dengan adanya penambahan katalis.

*Metal organic framework* (MOF) merupakan material berpori yang tersusun atas ligan organik dan metal yang saling berikatan membentuk kristal tiga dimensi. MOF memiliki banyak aplikasi salah satunya yaitu katalis. MIL-53 (Al) merupakan MOF yang berpotensi sebagai katalis. MIL-53 (Al) disintesis menggunakan metode solvotermal pada suhu 180°C selama 72 jam. MIL-53 (Al) tersebut akan digunakan sebagai katalis heterogen dalam reaksi transesterifikasi biodiesel.

Pada penelitian ini dipelajari pengaruh massa katalis MIL-53 (Al), temperatur reaksi dan kadar FFA minyak pada sintesis biodiesel serta mempelajari kemampuan regenerasi MIL-53 (Al) pada sintesis biodiesel. MIL-53 (Al) memiliki stabilitas termal 482°C dengan kristalinitas 77,5%, luas BET *surface area* 644,93 m<sup>2</sup>/g dan volume pori 1,25 cm<sup>3</sup>/g. Massa optimum MIL-53 (Al) sebagai katalis dalam pembuatan biodiesel adalah 3% (b/b) dengan *yield* sebesar 78,6%. Hipotesa pengaruh temperatur dan kadar FFA terhadap *yield* biodiesel yaitu temperatur memiliki pengaruh meningkatkan *yield* signifikan sedangkan FFA cenderung menurun *yield* namun tidak signifikan.

## ABSTRACT

Biodiesel is an alternative fuel derived from vegetable or animal oils. One of the biodiesel formation reactions is the transesterification reaction where triglycerides in oil will be reacted with methanol to form glycerol and Fatty Acid Methyl Ester (FAME) which is biodiesel. Transesterification reactions can be carried out under the methanol subcritical conditions to obtain high conversions at pressures and temperatures at critical points. The rate of transesterification reaction can be accelerated with an increase in catalyst.

Metal organic framework (MOF) is a porous material composed of organic ligands and metals which are bonded together to form three-dimensional crystals. MOF has many applications, one of which is a catalyst. MIL-53 (Al) is the MOF designated as a catalyst. MIL-53 (Al) was synthesized using the solvothermal method at 180°C for 72 hours. MIL-53 (Al) will be used as a heterogeneous catalyst in the biodiesel transesterification reaction.

In this study studied the effect of MIL-53 (Al) catalyst mass, reaction temperature and FFA levels of oil on biodiesel synthesis, and studied the regeneration ability of MIL-53 (Al) on biodiesel synthesis. MIL-53 (Al) has a thermal stability of 482°C with a crystallinity of 77.5%, a wide BET surface area of 644.93 m<sup>2</sup>/g and a pore volume of 1.25 cm<sup>3</sup>/g. The optimum mass of MIL-53 (Al) as a catalyst in making biodiesel is 3% (w / w) with a *yield* of 78.6%. The hypothesis of the effect of temperature and FFA levels on biodiesel *yields* is that temperature has the effect of increasing *yield* significantly while FFA tends to decrease *yield* but not significantly.