

BUKTI PENERIMAAN HIBAH EKSTERNAL

Judul : *Eco-Friendly Miniplant* Pembuatan Biodiesel Proses Kontinyu
dengan Katalis Lokal Termodifikasi (tahun I)

Sumber dana : DRPM Kemenristekdikti tahun 2018

Total biaya : Rp 100.000.000,00

Lampiran:

1. Surat kontrak
2. Laporan Akhir dilampiri progress luaran
3. Luaran berupa artikel publish di Jurnal Internasional bereputasi
4. Surat Pernyataan Tanggung Jawab Belanja (SPTB)



LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN UNIVERSITAS AHMAD DAHLAN

Jalan Gondosuli No. 1 Yogyakarta
Telepon/Faks. 0274-542886, e-mail: lpp@uad.ac.id
Website: www.lpp.uad.ac.id

SURAT KONTRAK PELAKSANAAN PENELITIAN SUMBER DANA DRPM KEMENRISTEKDIKTI TAHUN ANGGARAN 2018 NOMOR: PTUPT-108/SKPP/III/2018

Pada hari ini **Selasa** tanggal **Dua puluh** bulan **Februari** tahun **Dua Ribu Delapan Belas (20-02-2018)**, kami yang bertandatangan di bawah ini :

1. **Dr. Widodo, M.Si.** : Kepala Lembaga Penelitian dan Pengembangan Universitas Ahmad Dahlan (LPP UAD) dalam hal ini bertindak untuk dan atas nama Universitas Ahmad Dahlan, yang berkedudukan di Jalan Gondosuli no. 1 Yogyakarta, untuk selanjutnya disebut **PIHAK PERTAMA**;
2. **Dr. Erna Astuti, S.T., M.T.** : Dosen Fakultas Teknologi Industri (FTI) Universitas Ahmad Dahlan, dalam hal ini bertindak sebagai Ketua Pelaksana Penelitian Sumberdana DRPM Kemenristekdikti Tahun Anggaran 2018 untuk selanjutnya disebut **PIHAK KEDUA**.

PIHAK PERTAMA dan **PIHAK KEDUA**, secara bersama-sama sepakat mengikatkan diri dalam Surat Kontrak Pelaksanaan Penelitian (SKPP) Sumberdana DRPM Kemenristekdikti Tahun Anggaran 2018 dengan ketentuan dan syarat-syarat sebagai berikut.

Pasal 1

Ruang Lingkup Kontrak

- (1) **PIHAK PERTAMA** memberi pekerjaan kepada **PIHAK KEDUA** dan **PIHAK KEDUA** menerima tugas tersebut dari **PIHAK PERTAMA** berupa pekerjaan penelitian dengan judul **"ECO-FRIENDLY MINIPLANT PEMBUATAN BIODIESEL PROSES KONTINYU DENGAN KATALIS LOKAL TERMODIFIKASI."**
- (2) Jangka waktu pelaksanaan penelitian sebagaimana dimaksud dalam ayat (1) sampai selesai terhitung sejak **19 Februari 2018** dan berakhir pada **14 November 2018**.

Pasal 2

Capaian Target Luaran

- (1) **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk mencapai target luaran wajib sesuai dengan skema penelitian dan luaran tambahan, jika ada, sesuai yang dijanjikan dalam proposal.
- (2) **PIHAK KEDUA** wajib menyampaikan target luaran tambahan penelitian (jika ada) kepada **PIHAK PERTAMA** untuk dilakukan validasi sebagai persyaratan pencairan dana tambahan penelitian ini.
- (3) Luaran tambahan sebagaimana dimaksud ayat (2): **Tidak ada**.

Pasal 3

Dana Penelitian

- (1) Dana penelitian ini terdiri atas biaya pokok dan biaya tambahan.
- (2) Besarnya biaya pokok penelitian ini sebesar **Rp 100.000.000,00 (Seratus juta rupiah)** sudah termasuk pajak.
- (3) Biaya tambahan sebesar **Rp 0.00 (Nol rupiah)**.
- (4) Dana Penelitian sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dan (2) dibebankan pada Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA) Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat (DRPM) Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi (Kemenristekdikti) Nomor: DIPA-042.06.1.401516/2018, tanggal 05 Desember 2017.

Pasal 4

Tata Cara Pembayaran Dana Penelitian

- (1) **PIHAK PERTAMA** akan membayarkan biaya pokok penelitian kepada **PIHAK KEDUA** secara bertahap dengan ketentuan sebagai berikut.
 - a. Pembayaran **Tahap I** yaitu sebesar **70% x Rp 100.000.000,00 = Rp 70.000.000,00 (Tujuh puluh juta rupiah)**, dibayarkan kepada **PIHAK KEDUA** setelah Surat Kontrak ini ditandatangani oleh kedua belah pihak dan pendanaan dari DRPM Kemenristekdikti telah diterima oleh **PIHAK PERTAMA**.
 - b. Pembayaran **Tahap II** yaitu sebesar **30% x Rp 100.000.000,00 = Rp 30.000.000,00 (Tiga puluh juta rupiah)**, dibayarkan kepada **PIHAK KEDUA** setelah **PIHAK KEDUA** mengunggah ke laman SIMLITABMAS dokumen sebagai berikut.
 1. **Catatan Harian Penelitian (log book)**;
 2. **Laporan Penggunaan Keuangan 70%**, dan
 3. **Laporan Kemajuan Pelaksanaan Hibah Penelitian**; dan
 4. **Surat Pernyataan Tanggung Jawab Belanja (SPTB)**.Dan **PIHAK KEDUA** telah menyerahkan salinan berkas b1, b2, b3, dan b4 dalam bentuk *hardcopy* dan *softcopy* (dalam Compact Disk/CD) kepada **PIHAK PERTAMA** selambat-lambatnya tanggal **10 September 2018**.
 - b. Biaya tambahan sebesar **Rp 0,00 (Nol rupiah)** dibayarkan bersamaan dengan pembayaran Tahap Kedua, jika **PIHAK KEDUA** telah menyerahkan bukti capaian target luaran tambahan sebagaimana disebutkan pada Pasal 3 ayat (3) dan dinyatakan lolos validasi yang dilakukan oleh **PIHAK PERTAMA**.
- (2) Dana Penelitian sebagaimana dimaksud pada ayat (1) akan disalurkan oleh **PIHAK PERTAMA** kepada **PIHAK KEDUA** ke rekening sebagai berikut:

Nama Pemegang Rekening : Dr. Erna Astuti, S.T., M.T.
Nama Bank : BPD DIY SYARIAH
Nomor Rekening : 801.211.014.428

- (3) **PIHAK PERTAMA** tidak bertanggung jawab atas keterlambatan dan/atau tidak terbayarnya sejumlah dana sebagaimana dimaksud pada ayat (1) yang disebabkan karena kesalahan **PIHAK KEDUA** dalam menyampaikan data peneliti, nama bank, nomor rekening, dan persyaratan lainnya yang tidak sesuai dengan ketentuan.

Pasal 5

Pelaporan Penelitian

- (1) Jenis-jenis laporan penelitian sebagai berikut.
 - (a) **Laporan Kemajuan**, untuk semua penelitian.
 - (b) **Laporan Akhir Tahun**, untuk penelitian yang masih berlanjut tahun berikutnya.
 - (c) **Laporan Tahun Terakhir**, untuk penelitian tahun terakhir.

(2) **Berkas lengkap Laporan Kemajuan** meliputi:

- (a) Laporan Kemajuan Penelitian,
- (b) Catatan Harian Penelitian/*Logbook*,
- (c) Laporan Penggunaan Anggaran 70% yang dilengkapi bukti pengeluaran yang sah.
- (d) Surat Pernyataan Tanggung Jawab Belanja (SPTB)
- (e) Surat Pernyataan telah menyelesaikan laporan kemajuan penelitian
- (f) Berita Acara Serah Terima Laporan Kemajuan Penelitian

Berkas *softcopy* pada ayat (2) diunggah ke laman SIMLITABMAS; sedangkan *hardcopy*nya diserahkan kepada **PIHAK PERTAMA** selambat-lambatnya pada tanggal **10 September 2018**.

(3) **Berkas lengkap Laporan Akhir Tahun** meliputi:

- (a) Laporan Akhir Tahun Penelitian,
- (b) Catatan Harian Penelitian/*Logbook* (lengkap sejak awal penelitian),
- (c) Laporan Penggunaan Anggaran 100% yang dilengkapi bukti pengeluaran yang sah.
- (d) Surat Pernyataan Tanggung Jawab Belanja (SPTB)
- (e) Surat Pernyataan telah menyelesaikan pekerjaan penelitian (tahun ke ...)
- (f) Berita Acara Serah Terima Laporan Akhir Tahun

Berkas *softcopy* pada ayat (3) diunggah ke laman SIMLITABMAS; sedangkan *hardcopy*nya diserahkan kepada **PIHAK PERTAMA** selambat-lambatnya pada tanggal **14 November 2018**.

(4) **Berkas lengkap Laporan Tahun Terakhir** meliputi:

- (a) Laporan Tahun Terakhir Penelitian,
- (b) Catatan Harian Penelitian/*Logbook* (lengkap sejak awal penelitian),
- (c) Laporan Penggunaan Anggaran 100% yang dilengkapi bukti pengeluaran yang sah.
- (d) Surat Pernyataan Tanggung Jawab Belanja (SPTB)
- (e) Surat Pernyataan telah menyelesaikan pekerjaan penelitian tahun terakhir
- (f) Berita Acara Serah Terima Laporan Tahun Terakhir

Berkas *softcopy* pada ayat (4) diunggah ke laman SIMLITABMAS; sedangkan *hardcopy*nya diserahkan kepada **PIHAK PERTAMA** selambat-lambatnya pada tanggal **14 November 2018**.

Selain berkas di atas **PIHAK KEDUA** wajib mengunggah pada SIMLITABMS berkas-berkas sebagai berikut:

- (i) Capaian Hasil,
- (ii) Poster,
- (iii) Artikel Ilmiah (yang sudah terbit atau draftnya), dan
- (iv) Profil Penelitian

(5) Laporan hasil penelitian sebagaimana tersebut pada ayat (2), (3) dan (4) harus memenuhi ketentuan sebagai berikut.

- a. Bentuk/ukuran kertas A4;
- b. Format sesuai panduan dari DRPM Kemenristekdikti;
- c. Di bawah bagian cover ditulis:

DIBIYAI OLEH:

**DIREKTORAT RISET DAN PENGABDIAN MASYARAKAT
DIREKTORAT JENDERAL PENGUATAN RISET DAN PENGEMBANGAN
KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
SESUAI DENGAN KONTRAK PENELITIAN
NOMOR: 109/SP2H/LT/DRPM/2018**

(6) **PIHAK KEDUA** berkewajiban mengirimkan 1 (satu) eksemplar Laporan Hasil Penelitian (tidak termasuk catatan harian dan laporan keuangan) kepada:

- a. Perpustakaan Nasional RI, Jl. Salemba Raya 28A, Jakarta 10002;
- b. Pusat Dokumentasi Ilmiah Indonesia (PDII), Jl. Gatot Subroto, Jakarta;
- c. Bappenas c.q. BIRO APKO, Jl. Suropati No. 2 Jakarta; dan

Bukti pengiriman dan/atau tanda terima Laporan Akhir Hasil Penelitian disimpan oleh kepada **PIHAK PERTAMA** dan salinannya diserahkan kepada **PIHAK KEDUA**.

Pasal 6

Kewajiban Unggah Laporan Akhir pada Portal UAD

- (1) **PIHAK KEDUA** wajib mengunggah berkas Laporan Akhir pada PORTAL UAD melalui akun portal masing-masing peneliti.
- (2) Berkas Laporan Akhir Penelitian sebagaimana dimaksud pada ayat (1) yang terdiri dari:
 - i. Abstrak (PDF).
 - ii. Laporan Akhir tanpa lampiran (PDF).
 - iii. Luaran/*out put* penelitian yang berupa: naskah publikasi jurnal; dan atau prosiding seminar; dan atau buku ajar; dan atau bukti pendaftaran Paten/HKI (PDF).

Pasal 7

Hak dan Kewajiban Para Pihak

- (1) Hak dan Kewajiban **PIHAK PERTAMA**:
 - a. **PIHAK PERTAMA** berhak untuk mendapatkan dari **PIHAK KEDUA** dokumen berupa *softcopy* Laporan Kemajuan serta *softcopy* dan *hardcopy* Laporan Akhir Tahun/Laporan Tahun Terakhir sesuai ketentuan yang berlaku;
 - b. **PIHAK PERTAMA** berkewajiban untuk memberikan dana penelitian kepada **PIHAK KEDUA** dengan jumlah sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1) dan dengan tata cara pembayaran sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3.
- (2) Hak dan Kewajiban **PIHAK KEDUA**:
 - a. **PIHAK KEDUA** berhak menerima dana penelitian dari **PIHAK PERTAMA** dengan jumlah sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1);
 - b. **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk **membuat laporan penelitian** sebagaimana disebutkan pada pasal 5;
 - c. **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk **bertanggungjawab dalam penggunaan dana penelitian** yang diterimanya sesuai dengan ketentuan yang berlaku;
 - d. **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk **mencapai target output/luaran penelitian** sebagaimana dijanjikan dalam usulan penelitian.

Pasal 8

Monitoring dan Evaluasi

PIHAK PERTAMA dalam rangka pengawasan akan melakukan Monitoring dan Evaluasi internal terhadap kemajuan pelaksanaan Penelitian Tahun Anggaran 2018 ini sebelum pelaksanaan Monitoring dan Evaluasi eksternal oleh Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat, Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan, Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi.

Pasal 9

Penilaian Luaran

- (1) Penilaian luaran penelitian dilakukan oleh Komite Penilai/*Reviewer* Luaran sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
- (2) Apabila dalam penilaian luaran terdapat luaran tambahan yang tidak tercapai, maka dana tambahan yang sudah diterima oleh peneliti harus disetorkan kembali ke kas negara.

Pasal 10

Perubahan Susunan Tim Pelaksana dan Substansi Pelaksanaan

Perubahan terhadap susunan tim pelaksana dan substansi pelaksanaan Penelitian ini dapat dibenarkan apa bila telah mendapat persetujuan tertulis dari Direktur Riset dan Pengabdian Masyarakat (DRPM), Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan, Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi.

Pasal 11
Penggantian Ketua Pelaksana

- (1) Apabila **PIHAK KEDUA** selaku Ketua Pelaksana tidak dapat melaksanakan penelitian ini, maka **PIHAK KEDUA** wajib mengusulkan pengganti ketua pelaksana yang merupakan salah satu anggota tim kepada **PIHAK PERTAMA**.
- (2) Apabila **PIHAK KEDUA** tidak dapat melaksanakan tugas dan tidak ada pengganti ketua sebagaimana dimaksud pada ayat(1), maka **PIHAK KEDUA** harus mengembalikan dana penelitian kepada **PIHAK PERTAMA** yang selanjutnya disetor ke Kas Negara.
- (3) Bukti setor sebagaimana dimaksud pada ayat (2) disimpan oleh **PIHAK PERTAMA**.

Pasal 12
Sanksi

- (1) Apabila sampai dengan batas waktu yang telah ditetapkan untuk melaksanakan Penelitian ini telah berakhir, namun **PIHAK KEDUA** belum menyelesaikan tugasnya, terlambat mengirim laporan Kemajuan, dan/atau terlambat mengirim laporan akhir, maka **PIHAK KEDUA** dikenakan sanksi administratif berupa penghentian pembayaran dan tidak dapat mengajukan proposal penelitian dalam kurun waktu dua tahun berturut-turut.
- (2) Apabila **PIHAK KEDUA** tidak dapat mencapai target luaran sebagaimana dimaksud dalam Pasal 6 ayat (2) nomor d, maka kekurangan capaian target luaran tersebut akan dicatat sebagai hutang **PIHAK KEDUA** kepada **PIHAK PERTAMA** yang apabila tidak dapat dilunasi oleh **PIHAK KEDUA**, akan berdampak pada kesempatan **PIHAK KEDUA** untuk mendapatkan pendanaan penelitian atau hibah lainnya yang dikelola oleh **PIHAK PERTAMA**.

Pasal 13
Pembatalan Perjanjian

- (1) Apabila di kemudian hari ditemukan adanya duplikasi dengan penelitian lain dan/atau ditemukan adanya ketidakjujuran, itikad tidak baik, dan/atau perbuatan yang tidak sesuai dengan kaidah ilmiah dari atau dilakukan oleh **PIHAK KEDUA** terhadap judul penelitian sebagaimana dimaksud dalam Pasal 1, maka perjanjian penelitian ini dinyatakan batal dan **PIHAK KEDUA** wajib mengembalikan dana penelitian yang telah diterima kepada **PIHAK PERTAMA** yang selanjutnya akan disetor ke Kas Negara.
- (2) Bukti setor sebagaimana dimaksud pada ayat (1) disimpan oleh **PIHAK PERTAMA**.

Pasal 14
Pajak-Pajak

- (1) Hal-hal dan/atau segala sesuatu yang berkenaan dengan kewajiban pajak berupa PPN dan/atau PPh menjadi tanggungjawab **PIHAK KEDUA** dan harus dibayarkan oleh **PIHAK KEDUA** ke kantor pelayanan pajak setempat sesuai ketentuan yang berlaku.
- (2) Bukti setor pajak dilampirkan pada Laporan Penggunaan Anggaran dan salinannya disimpan oleh **PIHAK KEDUA**.

Pasal 15
Peralatan dan/alat Hasil Penelitian

Hasil Pelaksanaan Penelitian ini yang berupa peralatan dan/atau alat yang dibeli dari pelaksanaan Penelitian ini adalah milik Negara yang dapat dihibahkan kepada Universitas Ahmad Dahlan sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.

Pasal 16
Penyelesaian Sengketa

Apabila terjadi perselisihan antara **PIHAK PERTAMA** dan **PIHAK KEDUA** dalam pelaksanaan perjanjian ini akan dilakukan penyelesaian secara musyawarah dan mufakat, dan apabila tidak tercapai penyelesaian secara musyawarah dan mufakat, maka penyelesaian dilakukan melalui proses hukum.

Pasal 17
Ketentuan Lain-lain

- (1) **PIHAK KEDUA** menjamin bahwa penelitian dengan judul tersebut di atas belum pernah dibiayai dan/atau diikutsertakan pada Pendanaan Penelitian lainnya, baik yang diselenggarakan oleh instansi, lembaga, perusahaan atau yayasan, baik di dalam maupun di luar negeri.
- (2) Segala sesuatu yang belum cukup diatur dalam Perjanjian ini dan dipandang perlu diatur lebih lanjut dan dilakukan perubahan oleh **PARA PIHAK**, maka perubahan-perubahannya akan diatur dalam perjanjian tambahan atau perubahan yang merupakan satu kesatuan dan bagian yang tidak terpisahkan dari Perjanjian ini.

Perjanjian ini dibuat dan ditandatangani oleh **PARA PIHAK** pada hari dan tanggal tersebut di atas, dibuat dalam rangkap 2 (dua) dan bermeterai cukup sesuai dengan ketentuan yang berlaku, yang masing-masing mempunyai kekuatan hukum yang sama.



PIHAK KEDUA,

Dr. Erna Astuti, S.T., M.T.
NIDN: 0511127101



**Kode>Nama Rumpun Ilmu : 433/Teknik Kimia
Bidang Fokus: penciptaan dan pemanfaatan
energi baru dan terbarukan**

**LAPORAN AKHIR
PENELITIAN TERAPAN UNGGULAN PERGURUAN TINGGI**



***ECO-FRIENDLY* MINIPLANT PEMBUATAN BIODIESEL PROSES KONTINYU
DENGAN KATALIS LOKAL TERMODIFIKASI**

TIM PENELITI

**Ketua: Dr. Erna Astuti, S.T., M.T. (NIDN: 0511127101)
Anggota: 1. Dr. Zahrul Mufrodi, S.T., M.T. (NIDN: 0530057001)
2. Gita Indah Budiarti, S.T., M.T. (NIDN: 0530129201)**

Dibiayai oleh Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Sesuai dengan Kontrak Penelitian Nomor: 109/SP2H/LT/DRPM/2018 dan Surat Kontrak Penelitian Universitas Ahmad Dahlan Nomor: PTUPT-108/SKPP/III/2018

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : ECO-FRIENDLY MINIPLANT PEMBUATAN BIODIESEL PROSES KONTINYU DENGAN KATALIS LOKAL TERMODIFIKASI

Peneliti/Pelaksana
 Nama Lengkap : Dr ERNA ASTUTI, S.T, M.T
 Perguruan Tinggi : Universitas Ahmad Dahlan
 NIDN : 0511127101
 Jabatan Fungsional : Lektor
 Program Studi : Teknik Kimia
 Nomor HP : 08122645980
 Alamat surel (e-mail) : erna.astuti@che.uad.ac.id

Anggota (1)
 Nama Lengkap : Dr Zahrul Mufrodi S.T, M.T
 NIDN : 0530057001
 Perguruan Tinggi : Universitas Ahmad Dahlan

Anggota (2)
 Nama Lengkap : GITA INDAH BUDIARTI S.T, M.T
 NIDN : 0530129201
 Perguruan Tinggi : Universitas Ahmad Dahlan

Institusi Mitra (jika ada)
 Nama Institusi Mitra : -
 Alamat : -
 Penanggung Jawab : -
 Tahun Pelaksanaan : Tahun ke 1 dari rencana 2 tahun
 Biaya Tahun Berjalan : Rp 100,000,000
 Biaya Keseluruhan : Rp 300,790,000

Mengesahkan,
 Dekan Fakultas Teknologi Industri UAD



(Sunardi, S.T., M.T., Ph.D)
 NIP/NIK 60010313

Kota Yogyakarta, 12 - 11 - 2018
 Ketua,



(Dr ERNA ASTUTI, S.T, M.T)
 NIP/NIK 60960141

Menyetujui,
 Kepala LPPM UAD



(Dr. Widodo, M.Si)
 NIP/NIK 196002211987091001

**BERITA ACARA
SERAH TERIMA LAPORAN AKHIR
PELAKSANAAN HIBAH PENELITIAN TERAPAN UNGGULAN PERGURUAN
TINGGI TAHUN ANGGARAN 2018**

Pada hari ini **Senin** tanggal **Duabelas** bulan **November** tahun **Dua ribu delapan belas**, bertempat di Kantor Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Ahmad Dahlan (LPPM UAD), Jalan Gondosuli No. 1 Yogyakarta diadakan serah terima Laporan Akhir Pelaksanaan Hibah Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi Tahun Anggaran 2016 sebagai berikut.

1. Nama : Dr. Widodo, M.Si.
Judul : Kepala Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) Universitas Ahmad Dahlan
Selanjutnya disebut sebagai **PIHAK PERTAMA**.
2. Nama : Dr. Erna Astuti, S.T., M.T.
Jabatan : Dosen/Peneliti
Skim : Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi
Judul : *Eco-Friendly Miniplant* Pembuatan Biodiesel Proses Kontinyu dengan Katalis Lokal Termodifikasi
Selanjutnya disebut sebagai **PIHAK KEDUA**.

PIHAK KEDUA telah menyerahkan Laporan Akhir Pelaksanaan Hibah Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi Tahun Anggaran 2018 dari PIHAK KEDUA, dan PIHAK KEDUA telah menerima Laporan Akhir Pelaksanaan Hibah Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi Tahun Anggaran 2018 dengan skim dan judul sebagaimana tersebut di atas sebanyak 4 (empat) eksemplar.

Demikian, berita acara ini dibuat dengan sebenarnya.

Yogyakarta, 12 November 2018

PIHAK PERTAMA
Ketua LPPM UAD,



Dr. Widodo, M.Si.
NIP. 19600221 198709 1 001

PIHAK KEDUA
Ketua Peneliti,

E

Dr. Erna Astuti, S.T., M.T.
NIP. 60960141

**SURAT PERNYATAAN
LAPORAN AKHIR PELAKSANAAN HIBAH PENELITIAN TERAPAN
UNGGULAN PERGURUAN TINGGI TAHUN ANGGARAN 2018**

Yang bertandatangan di bawah ini, saya:

Nama : Dr. Erna Astuti, ST., MT.
Jabatan : Dosen/Peneliti
Skim : Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi
Judul : *Eco-Friendly Miniplant* Pembuatan Biodiesel Proses Kontinyu dengan Katalis Lokal Termodifikasi

Dengan ini menyatakan bahwa, saya telah melaksanakan penugasan penelitian dan telah menyusun Laporan Akhir Pelaksanaan Penelitian Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi Tahun Anggaran 2018 sesuai dengan Kontrak Penelitian Nomor: 109/SP2H/LT/DRPM/2018 dan Surat Kontrak Penelitian Universitas Ahmad Dahlan Nomor: PTUPT-108/SKPP/III/2018 tanggal 20 Februari 2018.

Demikian Pernyataan ini saya buat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 12 November 2018

Ketua Peneliti,



Sunardi, S.T., M.T., Ph.D
NIP. 60040313

Dr. Erna Astuti, S.T., M.T.
NIP. 60960141

Mengetahui
Kepala Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat
Universitas Ahmad Dahlan,



Dr. Widodo, M.Si.
NIP. 496002211987091001

RINGKASAN

Kebutuhan energi di Indonesia semakin meningkat, namun energi fosil yang tersedia semakin menipis. Oleh karena itu penciptaan energi baru dan terbarukan semakin digalakkan. Energi alternatif yang paling banyak dikembangkan di Indonesia adalah biodiesel. Minyak goreng bekas sangat potensial dimanfaatkan sebagai bahan baku biodiesel. Saat ini diperkirakan terdapat 4 juta liter minyak goreng bekas per tahun. Minyak goreng bekas jika dibuang ke badan air akan membentuk lapisan sehingga oksigen terhalang berdifusi ke air. Pemanfaatan minyak goreng bekas menjadi biodiesel akan mengurangi beban pencemaran lingkungan oleh minyak goreng bekas. Pada penelitian ini akan diproduksi biodiesel dari minyak goreng bekas secara kontinyu dengan katalis heterogen padatan. Penelitian ini termasuk ranah *emerging technology* dimana dibuat *prototype* berdasar *scale up* yang dilakukan. Proses ini mempunyai kelebihan dalam hal pemisahan katalis dari produk biodiesel dibanding penggunaan katalis homogen. Tidak diperlukan tambahan alat untuk memisahkan katalis heterogen padatan. Hasil penelitian tahun pertama ini menyatakan bahwa pembuatan biodiesel dari minyak goreng bekas dapat dilakukan secara kontinyu dengan dengan kondisi operasi optimum pembuatan biodiesel dengan katalis KOH adalah suhu reaksi 60 °C dan berat katalis 2% b/b. Zeolit alam sebelum diaktivasi memiliki struktur yang rapuh sedangkan setelah diaktivasi terbentuk struktur kristal. Fase kristal zeolit yang paling bagus terjadi pada zeolit alam yang diaktivasi dengan 1 M H₂SO₄. Luaran yang diperoleh pada penelitian ini adalah draft paten yang sudah didaftarkan pada Kemenhunkam, artikel yang sudah dipresentasikan pada seminar internasional dan akan dipublikasikan dalam International Journal of Smart Grid and Clean Energy (Jurnal internasional bereputasi).

Kata kunci: biodiesel, proses kontinyu, katalis padat, gliserol

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT, atas perkenan-Nya maka laporan penelitian dengan judul ***Eco-Friendly Miniplant Pembuatan Biodiesel Proses Kontinyu dengan Katalis Lokal Termodifikasi*** dapat tersusun dan terselesaikan dengan lancar. Sholawat dan salam semoga senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, keluarganya, sahabatnya dan para pengikutnya hingga akhir jaman.

Penelitian ini tahun pertama ini bertujuan mencari kondisi operasi pembuatan biodiesel dari minyak goreng bekas secara kontinyu serta membuat katalis lokal termodifikasi dengan bahan zeolite alam dan cangkang kelapa sawit. Selanjutnya pada tahun kedua katalis yang diperoleh diaplikasikan pada pembuatan biodiesel dari minyak goreng bekas dengan system kontinyu dan merancang *miniplant* pembuatan biodiesel secara kontinyu. Keberadaan *miniplant* ini akan mendukung ketersediaan energi alternatif terbarukan.

Penelitian ini dibiayai oleh Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi dengan Skema Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Riset dan Pengabdian kepada Masyarakat Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi, Rektor Universitas Ahmad Dahlan beserta jajarannya, Kepala LPPM beserta seluruh staf, Dekan Fakultas Teknologi Industri, seluruh mahasiswa yang sudah membantu pengambilan data penelitian, Laboran Satuan Proses beserta semua pihak yang membantu pelaksanaan penelitian ini.

Penelitian ini masih belum sempurna, perlu dilanjutkan penelitian tahun kedua. Semoga penelitian ini bermanfaat bagi Negara dan bangsa dalam mengembangkan ilmu pengetahuan khususnya dalam teknologi pembuatan biodiesel secara kontinyu dengan katalis lokal termodifikasi.

Yogyakarta, November 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
RINGKASAN	v
PRAKATA	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	
DAFTAR GAMBAR	
DAFTAR LAMPIRAN	
BAB 1. PENDAHULUAN	1
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	3
BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	10
BAB 4. METODE PENELITIAN	12
BAB 5. HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI	15
BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN	15
DAFTAR PUSTAKA	16
LAMPIRAN	
1. DRAFT PATEN	
2. DRAFT ARTIKEL DISAMPAIKAN PADA INTERNATIONAL CONFERENCE	

DAFTAR TABEL

	halaman	
Tabel 2.1	Produksi minyak goreng Indonesia	3
Tabel 2.2.	Komposisi asam lemak minyak goreng bekas dari minyak sawit	4
Tabel 2.3.	Perbandingan parameter biodiesel minyak goreng bekas dan solar	5
Tabel 2.4.	Pembuatan biodiesel dari minyak goreng bekas dengan berbagai katalis	7
Tabel 5.1.	Hasil biodiesel untuk tiap 100 ml minyak pada variasi suhu (rasio minyak/methanol 1:10, KOH 0,1% berat)	15
Tabel 5.2.	Hasil biodiesel untuk tiap 100 ml minyak pada variasi perbandingan katalis (rasio minyak/methanol 1:10, KOH 0,1% berat)	16
Tabel 5.3.	Data hasil densitas Zeolit	17

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 <i>Road map</i> (peta jalan) penelitian biodiesel yang telah dan akan dilakukan peneliti	8
Gambar 3.1. Roadmap sektor energi biodiesel di Indonesia	10
Gambar 4.1. <i>Fishbone</i> penelitian biodiesel	11
Gambar 4.2. Rangkaian alat pembuatan biodiesel secara kontinyu	12
Gambar 5.1. Hasil pembacaan GCMS biodiesel dari minyak goreng bekas	14
Gambar 5.2. Uji kemampuan penyerapan zeolit	17
Gambar 5.3. Analisis SEM pada zeolit alam tanpa aktivasi	18
Gambar 5.4. Zeolit alam diaktivasi 0.5 M H ₂ SO ₄	18
Gambar 5.5. Zeolit alam diaktivasi 1 M H ₂ SO ₄	19
Gambar 5.5. Hasil XRD zeolit alam tanpa aktivasi	19
Gambar 5.5. Hasil XRD zeolit alam diaktivasi 0.5 M H ₂ SO ₄	20
Gambar 5.5. Hasil XRD zeolit alam diaktivasi 1 M H ₂ SO ₄	20

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
1. Alat Analisis (Instrumentasi)	26
2. Personalia tenaga pelaksana beserta kualifikasinya	27
3. Paten	28
4. Artikel disampaikan di Seminar Internasional	36
5. Artikel disampaikan di Seminar Nasional	43

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang dan Permasalahan

Kebutuhan sumber energi minyak dari bahan bakar fosil semakin lama semakin meningkat, namun persediaannya semakin menipis. Oleh karena itu pemerintah melakukan berbagai upaya untuk meningkatkan pasokan energi sehingga tercapai kemandirian energi. Pengembangan energi alternatif dari sumber daya alam terbarukan menjadi salah satu pilihan yang diharapkan dapat memenuhi kebutuhan bahan bakar yang semakin meningkat tersebut. Pemakaian bahan bakar alternatif dari sumber daya alam terbarukan juga memberikan dampak positif terhadap lingkungan yaitu mengurangi efek rumah kaca. Salah satu penyebab utama efek rumah kaca adalah pemakaian energi fosil.

Biodiesel merupakan salah satu energi terbarukan yang sangat menjanjikan (Atadashi dkk, 2013; Leung dkk, 2010) dan dihasilkan dari berbagai minyak nabati seperti minyak sawit, minyak kelapa, minyak jarak pagar dan minyak biji kapok randu, lemak hewan dan minyak goreng bekas (Demirbas, 2005; Dube´ dkk, 2007; da Silva dkk, 2008; Chongkhong dkk, 2007; Noiroj dkk, 2009). Minyak nabati yang prospektif menjadi bahan baku biodiesel adalah minyak kelapa sawit dan turunannya. Namun minyak sawit memiliki beberapa kekurangan antara mudah teroksidasi dan menjadi rusak karena minyak sawit banyak mengandung asam lemak. Penggunaan minyak kelapa sawit akan mengganggu ketersediaan minyak kelapa sawit sebagai minyak goreng sehingga mengganggu ketahanan pangan (Wijaya, 2011). Selain itu produksi biodiesel dari minyak nabati lebih tinggi dibandingkan minyak fosil karena biaya bahan baku yang tinggi. Salah satu alternatif mendapatkan biodiesel dengan biaya murah adalah dengan menggunakan bahan baku minyak goreng bekas (Gnanaprakasam dkk, 2013).

Ruhyat dan Firdaus (2006) melakukan evaluasi kelayakan beberapa bahan baku biodiesel dan menyatakan bahwa jenis minyak nabati yang paling layak digunakan sebagai bahan baku biodiesel adalah minyak goreng bekas. Pengolahan biodiesel dari minyak goreng bekas merupakan cara yang efektif untuk menurunkan harga jual biodiesel karena murahnya biaya bahan baku (Zhang dkk, 2003).

Minyak sawit adalah salah satu minyak yang paling banyak diproduksi di dunia. Indonesia adalah penghasil minyak sawit terbesar di dunia. Data dari Departemen Pertanian menyatakan bahwa produksi minyak sawit Indonesia pada tahun 2016 sebesar 32 juta ton, 27 ton

diekspor dan sisanya sebanyak 5 juta dipakai untuk konsumsi dalam negeri. Jika diperkirakan terjadi penyusutan sebanyak 25% selama penggorengan, maka terdapat 3,75 juta ton limbah minyak goreng bekas. Pemanfaatan limbah minyak goreng menjadi biodiesel merupakan salah satu upaya mengatasi adanya limbah minyak goreng sekaligus menjadi salah satu sumber energi alternatif terbarukan.

Penelitian ini melakukan pembuatan biodiesel dari minyak goreng bekas. Proses dilakukan dilakukan secara kontinyu dengan menggunakan katalis padat lokal termodifikasi sehingga tidak perlu pemisahan pada akhir proses. Setelah itu dilakukan perancangan miniplant pembuatan biodiesel secara kontinyu.

BAB 3. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Material

2.1.1. Minyak goreng bekas

Minyak goreng bekas merupakan minyak yang berasal dari sisa minyak penggorengan bahan makanan. Minyak goreng bekas memiliki kandungan asam lemak jenuh lebih besar dari minyak nabati yang baru. Hal ini disebabkan pada proses penggorengan terjadi perubahan rantai tak jenuh menjadi rantai jenuh pada senyawa penyusunnya. Komposisi asam lemak tak jenuh minyak goreng bekas adalah 30% sedangkan asam lemak jenuh 70% (Kusuma, 2003). Penggunaan minyak goreng secara berulang-ulang akan menyebabkan oksidasi asam lemak tidak jenuh yang kemudian membentuk gugus peroksida dan monomer siklik. Penggunaan minyak goreng bekas secara berulang-ulang sangat berbahaya bagi kesehatan (Birowo, 2000). Minyak goreng bekas apabila dibuang ke badan air akan membentuk lapisan di permukaan air sehingga menyebabkan oksigen dari udara tidak dapat mendifusi ke dalam air. Hal ini menyebabkan makhluk hidup dan biota lain yang ada di dalam air kekurangan oksigen (Zhang dkk, 2003). Pemanfaatan minyak goreng bekas menjadi produk yang lebih bermanfaat merupakan usaha yang penting untuk mengurangi beban pencemaran lingkungan oleh minyak goreng bekas.

Indonesia merupakan produsen minyak sawit terbesar di dunia. Produksi minyak goreng di Indonesia:

Tabel 2.1 Produksi minyak goreng Indonesia

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Produksi (juta ton)	19,2	19,4	21,8	23,5	26,5	30,0	31,5	32,5	32
Eksport (juta ton)	15,1	17,1	17,1	17,6	18,2	22,4	21,7	26,4	27

Sumber: Wijaya, 2011

Jika diasumsikan bahwa kebutuhan minyak hanya dipakai menggoreng sekitar 2-3 kali, maka diperkirakan terjadi penyusutan menjadi 25%. Produksi minyak goreng bekas di Indonesia yang dapat mencapai 4.000.000 ton/tahun (Adhari dkk, 2016).

Minyak goreng bekas sangat potensial dimanfaatkan sebagai bahan baku diesel karena mengandung asam lemak yang cukup banyak. Berikut ini komposisi asam lemak dalam minyak

goreng bekas:

Tabel 2.2 Komposisi asam lemak minyak goreng bekas dari minyak sawit

Jenis asam lemak	Nilai (% b/b)
Asam palmitat	21,47
Asam stearate	13,00
Asam oleat	28,64
Asam linoleat	13,58
Asam linolenat	1,59
Asam miristat	3,21
Asam laurat	1,10
Lain-lain	9,34

Sumber: Taufiqurrahmi dkk, 2011

2.1.2. Biodiesel

Indonesia memiliki beragam sumber daya energi. Sejak tahun 80-an terjadi peningkatan kebutuhan energi, khususnya untuk bahan bakar mesin diesel yang diperkirakan akibat meningkatnya jumlah industri, transportasi dan pusat pembangkit listrik tenaga diesel (PLTD) di berbagai daerah di Indonesia. Di sisi lain cadangan minyak yang dimiliki Indonesia semakin terbatas karena merupakan produk yang tidak dapat diperbaharui. Oleh sebab itu dilakukan upaya untuk mencari bahan bakar alternatif yang dapat diperbaharui dan ramah lingkungan. Salah satu energi alternatif adalah biodiesel. Biodiesel merupakan alkil ester asam lemak yang diperoleh dari minyak nabati. Kelebihan penggunaan biodiesel antara menghasilkan emisi CO₂, SO₂, jelaga, CO dan hidrokarbon yang lebih rendah dibandingkan dengan emisi dari solar, tidak memperparah efek rumah kaca karena siklus karbon yang terlibat pendek, kandungan energinya hampir sama dengan kandungan energi, terbarui, *biodegradable* dan tidak beracun (Tickel, 2000; Balat and Balat, 2010).

Minyak goreng bekas dikonversi menjadi biodiesel dengan tujuan untuk mensubstitusi penggunaan solar. Wijaya (2011) melakukan komparasi uji mutu minyak solar, minyak goreng bekas dari minyak sawit dan biodiesel hasil dari minyak goreng bekas tersebut dan memperlihatkan hasilnya pada tabel 2.3.

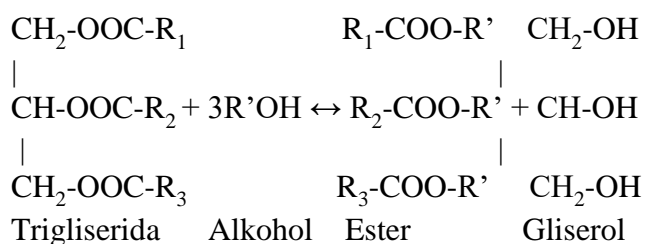
Tabel 2.3 Perbandingan parameter biodiesel minyak goreng bekas dan solar

Parameter	Minyak solar	Minyak jelantah sawit	Biodiesel minyak jelantah sawit
Kerapatan spesifik 60/60 F	0,820-0,870	0,9104	0,8733
Viskositas kinematis 40 C, cst	2,0-5,0	39,07	4,553
Titik tuang, F	Maksimal 65	50	55,4
Titik Nyala, F	Minimal 150	478	363,2
Kadar air, % volume	Maksimal 0,05	Trace	Trace
Sisa karbon conradson, %	Maksimal 0,1	0,318	0,0087
Nilai pembakaran kotor, BTU/lb	19,031-19,220	18,952	19,089
Nilai pembakaran bersih, BTU/lb	17,856-17,977	17,832	17,918

Tabel 3.3 memperlihatkan bahwa biodiesel yang dihasilkan dari bahan baku minyak goreng bekas memenuhi kriteria solar sehingga biodiesel tersebut dapat digunakan untuk menggantikan solar.

2.2. Proses Pembuatan Biodiesel

Produksi biodiesel biasanya melalui proses yang disebut dengan transesterifikasi. Transesterifikasi yaitu proses kimiawi yang mempertukarkan grup alkoksi pada senyawa ester dengan alkohol. Reaksi Transesterifikasi berlangsung dengan reaksi berikut ini (Ma dan Hanna, 1999) :



Alkohol yang dipakai umumnya 1,2-1,75 kali kebutuhan stoikhiometri (Swern, 1982). Dengan perbandingan mol alkohol terhadap minyak 3:1, konversi yang dicapai pada alkoholisis biji bunga matahari dengan katalisator natrium metoksid 0,5% berat minyak adalah 81%, sedangkan pada perbandingan mol alkohol terhadap minyak 6:1, konversinya 96%.

Beberapa penelitian tentang sintesis biodiesel dari minyak goreng bekas telah dilakukan (Wang dkk, 2007; Özbay dkk, 2008; Mengyu dkk, 2009; Saifuddin dkk, 2009; Azis dkk, 2011; Kartina dan Suhaila, 2011; Otadi dkk, 2011; Gan dkk, 2012; Patil dkk, 2012; Tahira dkk, 2012; Chai dkk, 2014; Ho dkk, 2014; Liyan dkk, 2014; Chowdhury dkk, 2016). Untuk

menghasilkan biodiesel yang berkualitas tinggi, diperlukan suatu pretreatment yang tepat sebelum dilakukan tahap transesterifikasi (Gerpen, 2005). Asam lemak bebas yang terkandung dalam minyak goreng bekas merupakan penyebab kerusakan pada minyak. Salah satu cara menghilangkan sumber-sumber penyebab kerusakan minyak adalah dengan menggunakan teknologi mikrofiltrasi. Mikrofiltrasi bertujuan untuk mengurangi atau menghilangkan padatan tersuspensi dan senyawa organik seperti protein, karbohidrat, dan asam lemak bebas (Nasir, dkk, 2002).

Pembuatan biodiesel dilakukan pada berbagai suhu reaksi. Dengan katalisator basa, umumnya reaksi dilangsungkan pada suhu mendekati titik didih normal, tetapi ada juga reaksi dapat terjadi pada suhu kamar (Freedman dkk, 1984 ; Kirk and Othmer, 1980). Dengan katalisator asam, suhu reaksi sekitar 100 °C, sedangkan bila tanpa katalisator suhu harus lebih dari 250 °C dan tekanan lebih dari 1 atmosfer (Kirk and Othmer, 1980). Otadi dkk (2011) melakukan reaksi esterifikasi dengan katalis asam pada 60 °C.

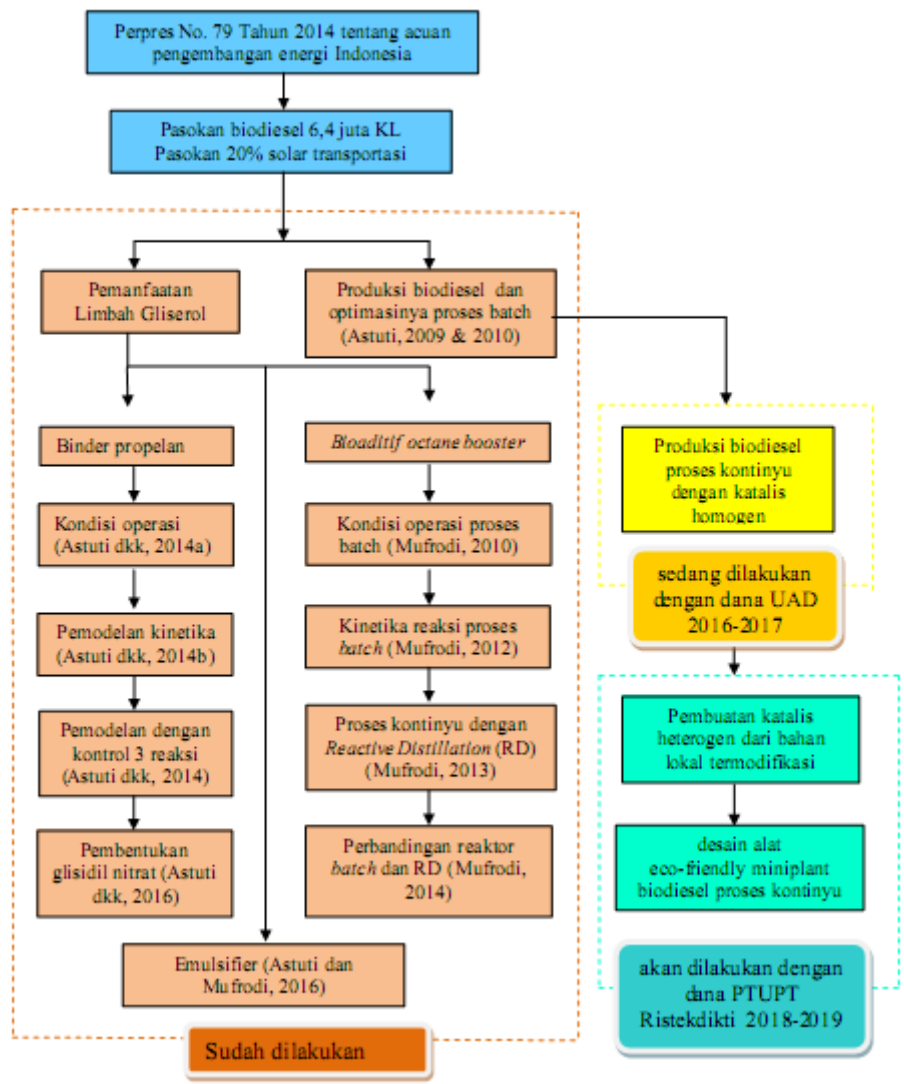
Katalisator yang dipakai pada pembuatan biodiesel dari minyak goreng bekas berupa basa, asam, enzim atau penukar ion (resin). Katalisator asam mengaktifkan gugus karbonil dalam minyak, sedangkan katalisator basa mengaktifkan alkohol. Berikut ini berbagai jenis katalisator yang digunakan: asam sulfat (Otadi dkk, 2011; Patil dkk, 2012; Chai dkk, 2014), menggunakan dua langkah proses dengan katalis asam dan basa (Kartina dan Suhaila, 2011; Tahira dkk, 2012; Ho dkk, 2014), katalis heterogen NKC-9 ion-exchange resin dan H-beta zeolite (Liyan dkk, 2014), lipase *Candida rugosa* (Chowdhury dkk, 2016), berbagai resin (Özbay dkk, 2008), $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3/\text{C}$ (Mengyu dkk, 2009; Patil dkk, 2010), penukar ion (Gan dkk, 2012). Berikut perbandingan pembuatan biodiesel dari minyak goreng bekas dengan berbagai jenis katalis (Gnanaprakasam dkk, 2013):

Tabel 2.4 Pembuatan biodiesel dari minyak goreng bekas dengan berbagai katalis

Katalis	Jenis katalis	Kelebihan	kekurangan
Katalis alkali homogeny	NaOH, KOH, sodium metoksida, potassium metoksida	a. Reaksi cepat b. Yield tinggi c. Kondisi reaksi sedang d. Biaya rendah	a. Pembentukan sabun b. Sabun sulit dipisahkan dari produk
Katalis alkali heterogen	CaO, CaTiO ₃ , CaZrO ₃ , CaO–CeO ₂ , CaMnO ₃ , Ca ₂ Fe ₂ O ₅ , Al ₂ O ₃ /KI, ETS-10zeolite, alumina/silica-supported K ₂ CO ₃	a. Pemisahan katalis dari produk mudah b. Tidak ada pembentukan sabun c. Korosi, toksitas dan problem lingkungan rendah	a. Rasio mol methanol dan minyak tinggi supaya konversi tinggi
Katalis homogen asam	H ₂ SO ₄ , asam sulfonat	a. Sesuai untuk FFA minyak tinggi b. Yield tinggi	a. Kecepatan reaksi rendah b. Perlu tekanan dan suhu tinggi c. Sulit dipisahkan d. Lebih korosif
Katalis heterogen asam	ZnO/I ₂ , ZrO ₂ =SO ₂ , Sr/ZrO ₂ TiO ₂ =SO ₂ , carbon-based solid acid catalyst, carbohydrate-derived catalyst, Vanadyl phosphate, niobic acid, sulphated zirconia, Amberlyst-15, Nafion-NR50	a. Korosi rendah b. Toksitas rendah c. problem lingkungan rendah	a. konsentrasi asam rendah b. biaya tinggi c. difusi rendah
Enzim	andida antarctica fraction B lipase, Rhizomucor mieher lipase, E. aerogenes lipase, lipase immobilized on hydrotalcite dan zeolites	a. hasil samping mudah dihilangkan b. FFA sempurna terkonversi menjadi metal ester. Enzim bisa diregenerasi dan digunakan kembali	a. Perlu waktu reaksi lama b. Enzim harganya mahal

Proses transesterifikasi dapat dilakukan secara *batch* atau kontinyu. Biasanya pabrik biodiesel dijalankan secara *batch*. Zhang dkk (2003) mengajukan desain proses pembuatan biodiesel dari minyak bekas dengan katalis homogen asam dan basa.

Penelitian tentang biodiesel yang akan dilakukan merupakan kelanjutan dari penelitian-penelitian sebelumnya. Biodiesel dibuat dari minyak kelapa dan etanol dengan katalisator KOH secara batch (Astuti, 2008) dan hasilnya teruji memenuhi spesifikasi standar biodiesel (Astuti, 2009). Biodiesel juga diproduksi dengan katalisator NaOH (Astuti, 2010). Penelitian terkait pengolahan hasil samping industri biodiesel juga telah dilakukan. Gliserol dikonversi menjadi poliglisidil nitrat, monoasilgliserol dan triasetin (Mufrodi dkk, 2010; Mufrodi dkk, 2012; Astuti dkk, 2014a; Astuti dkk, 2014b; Mufrodi dan Astuti, 2016; Astuti dkk, 2016a; Astuti dkk, 2016b; Astuti dan Mufrodi, 2016). Berikut ini road map dari penelitian biodiesel yang sudah dilakukan peneliti:



Gambar 2.1. Road map (peta jalan) penelitian biodiesel yang telah dan akan dilakukan peneliti

BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

3.1 Tujuan penelitian.

Penelitian ini mempunyai tujuan sebagai berikut.

1. Membuat katalis berbahan baku lokal Indonesia (zeolite dan arang aktif) untuk pembuatan biodiesel dari minyak goreng bekas.
2. Merancang miniplant pembuatan biodiesel secara kontinyu kapasitas 100L/hari

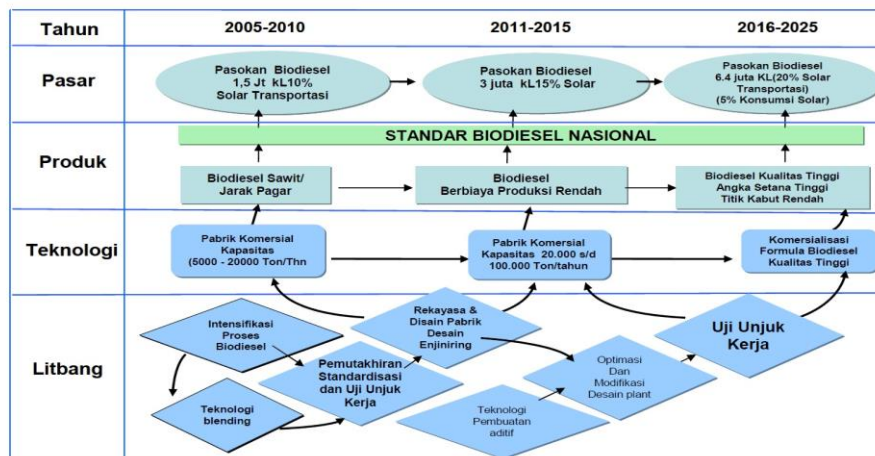
3.2 Manfaat Penelitian

Biodiesel merupakan sumber energi terbarukan yang paling banyak dikembangkan di Indonesia. Biodiesel diaplikasikan dengan mencampur dengan solar dalam perbandingan 15% biodiesel dan 85% solar. dalam bentuk biosolar yang merupakan campuran 10% biodiesel dan petro-solar. Sampai saat ini biodiesel diproduksi dari bahan baku sawit (CPO) dan dari 5,15 juta hektar perkebunan kelapa sawit di Indonesia dihasilkan 15 juta ton CPO, sebesar 1,4 juta ton digunakan sebagai biodiesel. Penggunaan minyak sawit secara langsung tidak menguntungkan karena harus bersaing dengan minyak goreng komersial sehingga akan mengganggu ketahanan pangan. Ruhyat dan Firdaus (2006) telah melakukan evaluasi kelayakan beberapa bahan baku biodiesel dan menyatakan bahwa jenis minyak nabati yang paling layak digunakan sebagai bahan baku biodiesel adalah minyak goreng bekas.

Peraturan Pemerintah nomor 79 tahun 2014 menyatakan pada tahun 2025 peran energi baru dan terbarukan paling sedikit 23% dan pada tahun 2050 paling sedikit 31%. Sedangkan *blueprint* pengelolaan energi nasional 2005-2025, menyatakan bahwa diharapkan pada tahun 2016-2025 diproduksi biodiesel sebanyak 8,4 juta kL per tahun.



1. Roadmap Sektor Energi Bio Diesel



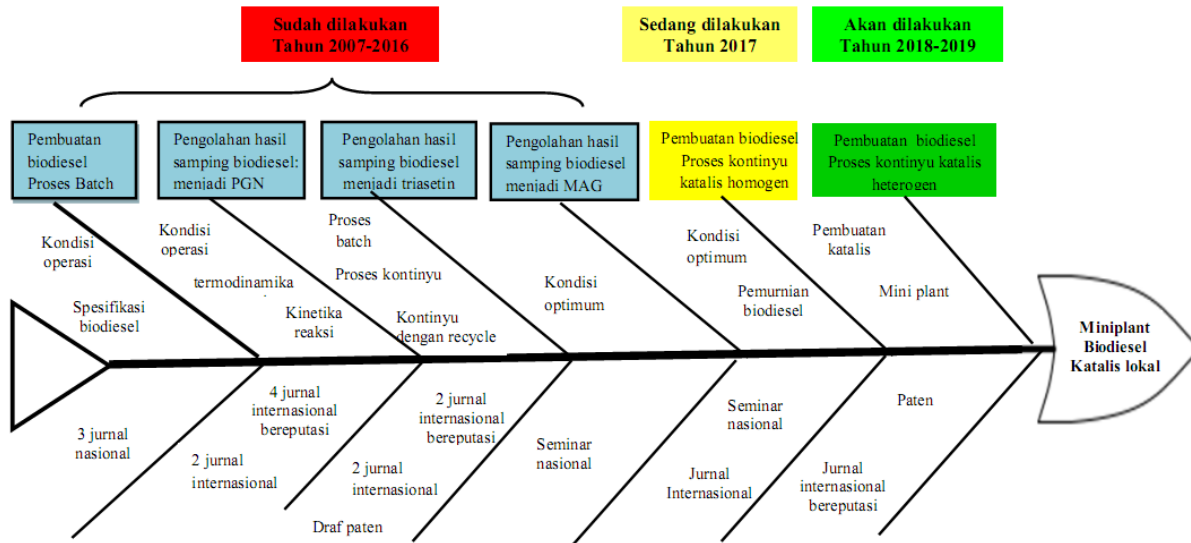
Gambar 3.1. Roadmap sektor energi biodiesel di Indonesia

Dari Gambar 3.1 terlihat bahwa roadmap tahun 2016-2025 adalah komersialisasi formula biodiesel kualitas tinggi. Oleh karena itu perlu dilakukan optimasi dan modifikasi desain plant. Penelitian yang akan dilakukan ini sejalan dengan *roadmap* energi biodiesel di Indonesia. Penelitian tahun pertama ini melakukan modifikasi penggunaan katalis dengan menggunakan katalis berbahan baku lokal, dilanjutkan penelitian tahun kedua berupa perancangan miniplant pembuatan biosiesel secara kontinyu. Penelitian ini diharapkan berkontribusi mendukung pelaksanaan roadmap sektor energi biodiesel di Indonesia dalam mencapai produksi biodiesel sebanyak 8,4 kL per tahun pada tahun 2016-2025.

BAB 4. METODE PENELITIAN

4.1. Fishbone penelitian

Fishbone penelitian dari biodiesel yang dilakukan peneliti adalah seperti Gambar 4.1 berikut:



Gambar 4.1. *Fishbone* penelitian biodiesel

4.2. Tahapan Penelitian

Penelitian tahun pertama terdiri dari 2 tahap penelitian:

- Seting alat pembuatan biodiesel secara kontinyu dengan kapasitas reaktor 500 ml dan *commisioning*
- Pembuatan katalis logam termodifikasi dengan bahan zeolite alam dan arang aktif dari cangkang kelapa sawit

4.3. Bahan dan alat

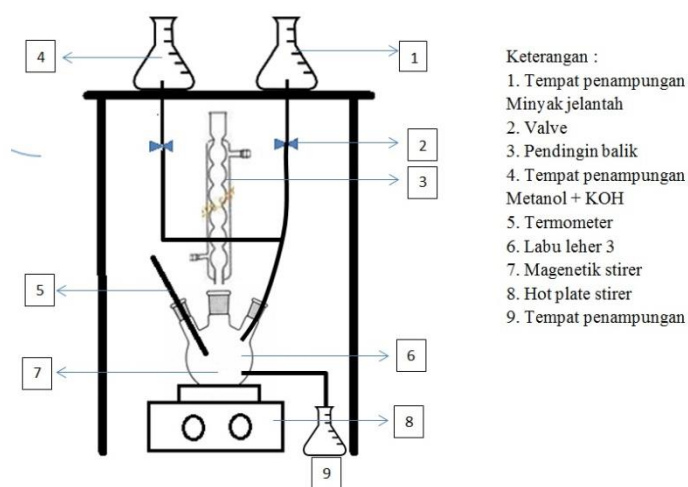
Bahan – bahan yang digunakan adalah :

- Minyak goreng bekas, diperoleh dari limbah rumah tangga
- Metanol, diperoleh dari Laboratorium Satuan Operasi UAD
- zeolit alam diperoleh dari PT Brataco, Jl. Letjen Suprpto No. 70 Ngampilan Yogyakarta
- Cangkang kelapa sawit diperoleh dari Perkebunan Kelapa Sawit, Riau

5. Larutan CaCl_2 diperoleh dari CV Multi Kimia, Jl. C. Simanjuntak No. 59 Yogyakarta
6. Larutan NaOH , $\text{Ba}(\text{OH})_2$, KOH , Na_2CO_3 dan ZnCl_2 , diperoleh dari Laboratorium Satuan Operasi UAD
7. Aquades diperoleh dari Toko Tekun Jaya, Yogyakarta
5. *Aquadest*, diperoleh dari Laboratorium Satuan Operasi UAD

Rangkaian alat penelitian:

Rangkaian alat untuk membuat biodiesel adalah sebagai berikut :



Gambar 4.2. Rangkaian Alat Pembuatan Biodiesel Secara Kontinyu

4.3. Prosedur Penelitian

Penelitian dibagi dalam dua tahapan, yaitu untuk tahun pertama : (1) Komisioning reaktor alir tangki berpengaduk untuk pembuatan biodiesel ; (2) modifikasi dan sintesis katalis zeolit dan arang aktif dan (3) uji aktifitas katalis untuk biodiesel

4.3.1. Komisioning Reaktor Alir Tangki Berpengaduk

Alat pembuatan biodiesel dirangkai seperti tersaji pada gambar 4.2. Selanjutnya dilakukan eksperimen terkait dengan kondisi operasi reaktor alir tangki berpengaduk yaitu suhu reaksi dan perbandingan katalis asam/minyak jelantah dengan katalis asam. Selanjutnya

dilakukan uji kualitas (meliputi specific gravity, viskositas kinematic, flash point, cloud point dan water content) di Laboratorium Minyak dan Gas Bumi, Departemen Teknik Kimia UGM.

4.3.2. Modifikasi dan Sintesis Katalis Zeolit serta Arang Aktif

Katalis dari zeolite alam dibuat dengan dua metode yaitu dengan refluks dan dengan perendaman. Pada metode pertama zeolit alam berukuran 200 mesh sebanyak 50 gram dimasukkan ke dalam labu leher tiga yang berisi larutan H_2SO_4 0,5 M sebanyak 250 mL. Campuran diaduk pada suhu 90°C selama 4 jam. Setelah 4 jam, larutan didinginkan kemudian dilakukan penyaringan dengan kertas saring Whatman 42, dan dipisahkan antara padatan dan filtratnya. Filtrat kemudian dibuang, sedangkan padatan dinetralkan dengan cara meneteskan aquadest ke padatan hingga pH netral. Setelah pH dianggap netral, filtrat dicek dengan meneteskan $\text{Ba}(\text{OH})_2$. Apabila setelah ditetesi $\text{Ba}(\text{OH})_2$ terbentuk larutan keruh, penetralan dilanjutkan. Penetralan dihentikan apabila tidak terbentuk larutan keruh pada filtrat setelah ditetesi $\text{Ba}(\text{OH})_2$, hal tersebut menandakan padatan bebas sulfat. Padatan kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 130°C selama 24 jam. Pada metode kedua dilakukan perendaman dengan variasi waktu perendaman, yaitu 12 jam, 24 jam dan 36 jam.

Modifikasi katalis arang aktif dilakukan dengan cara menyiapkan arang aktif dari cangkang kelapa sawit dengan membakar cangkang pada suhu 500°C . Selanjutnya arang didinginkan dan dikecilkan sampai ukuran tertentu. Cangkang selanjutnya dilakukan modifikasi katalis dua metode seperti halnya katalis dari zeolit alam. Larutan untuk merendam divariasikan yaitu dengan larutan ZnCl_2 dan larutan CaCl_2 .

4.3.2. uji aktifitas katalis

Untuk mengetahui keberhasilan sintesis katalis zeolite, dilakukan karakterisasi awal montmorillonit alam yang akan digunakan meliputi pengukuran data X-ray Diffraction (XRD), spektrofotometri Infra Merah (IR), penentuan kapasitas pertukaran kation (cation exchange capacity/CEC) serta identifikasi luas permukaan spesifik dan distribusi ukuran pori padatan dengan metode serapan gas N_2 . Adapun uji untuk katalis arang aktif meliputi SEM, XRD, FTIR. Pengujian dilakukan di Laboratorium Kimia UNY dan di LPPT UGM.

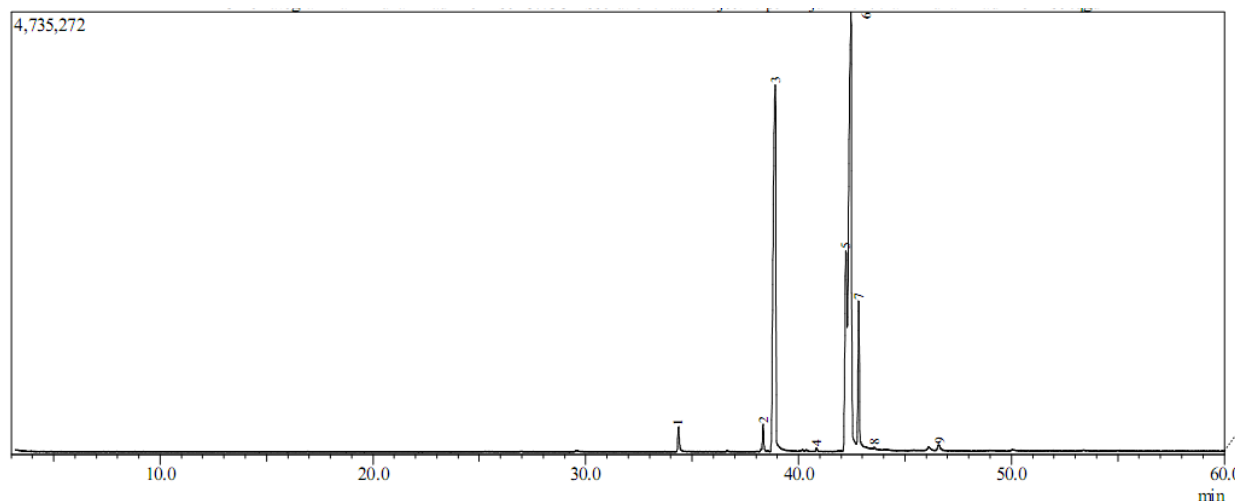
BAB 5. HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI

5.1. Hasil Penelitian

Penelitian tahun pertama ini terkait komisioning reactor alir tangki berpengaduk dan modifikasi katalis dari zeolite alam dan cangkang kelapa sawit. Setelah komisioning, dipelajari kondisi operasi pembuatan biodiesel secara kontinyu.

5.1.1 Kondisi Operasi Pembuatan Biodiesel Proses Kontinyu

Minyak goreng bekas sangat potensial dimanfaatkan sebagai bahan baku diesel karena mengandung asam lemak yang cukup banyak. Untuk membuktikan adanya asam lemak di dalam biodiesel yang dibuat dari minyak goreng bekas dilakukan analisis gas chromatography mass spectrometry (GCMS). Berikut ini adalah hasil analisis GCMS dari biodiesel:



Gambar 5.1. Hasil pembacaan GCMS biodiesel dari minyak goreng bekas

Gambar 5.1 memperlihatkan bahwa biodiesel yang terbentuk terdiri dari beberapa macam senyawa, terbukti dengan adanya beberapa peak area dalam pembacaan. Senyawa-senyawa tersebut berada dalam kisaran retention time 34 menit sampai dengan 47 menit.

Jenis asam lemak yang terbentuk pada reaksi pembuatan biodiesel tergantung pada jenis minyak nabati yang digunakan sebagai bahan baku dan perlakuan yang dilakukan. Taufiqurrahmi dkk (2011) menyatakan biodiesel dari minyak goreng terdiri dari asam palmitat, asam stearate, asam oleat, asam linoleat, asam linolenat, asam palmitat, asam laurat dan jenis asam lainnya.

Pada penelitian ini dihasilkan biodiesel dengan kandungan asam heksadesenoat, asam pentadekanoat, asam oktadekanoat dan asam eisanoat.

Penelitian ini menggunakan minyak goreng bekas dan methanol untuk memproduksi biodiesel secara kontinyu. Variabel penelitian yang diteliti adalah perbandingan minyak dan methanol, suhu reaksi dan perbandingan katalis/minyak. Pengaruh suhu reaksi terhadap jumlah biodiesel yang dihasilkan dipelajari pada suhu 55 °C, 60 °C dan suhu °C. Hasil penelitian tertera pada tabel 4.10.

Tabel 5.1 Hasil biodiesel untuk tiap 100 ml minyak pada variasi suhu
(rasio minyak/methanol 1:10, KOH 0,1% berat)

Suhu, °C	Volume minyak
55	43,4
60	64,8
65	61,2

Tabel 5.1 menyatakan hasil biodiesel maksimum diperoleh pada suhu reaksi 60 °C. Pada suhu 65 °C hasil biodiesel menurun. Hal ini dimungkinkan terjadi karena suhu didih methanol adalah 64,7 °C sehingga pada suhu 65 C sebagian methanol menguap. Akibatnya hasil biodiesel menurun dibandingkan hasil biodiesel pada suhu 65 °C.

Pada penelitian ini dilakukan pembuatan biodiesel dengan katalis basa berupa kalium hidroksida. Katalis cair ini dipilih di tahap awal untuk mencoba pembuatan biodiesel sistem kontinyu. Katalis basa yang biasa digunakan adalah NaOCH₃, KOH, NaOH . Katalis basa yang biasa digunakan adalah NaOH atau KOH sebanyak 0,5% atau 1% berat (Swern, 1982). Katalis KOH lebih reaktif daripada NaOH, sehingga konversi yang diperoleh dengan katalis KOH lebih tinggi daripada NaOH. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan katalis KOH. Hasil biodiesel pada berbagai variasi perbandingan katalis tertera pada pada tabel 5.2.

Tabel 5.2. Hasil biodiesel untuk tiap 100 ml minyak pada variasi perbandingan katalis
(rasio minyak/methanol 1:10, KOH 0,1% berat)

Amount of catalyst, %	Yield of biodiesel, %
1.0	68.90
1.5	63.54
2.0	86.44
2.5	61.07
3.0	61.94

Tabel 5.2 memperlihatkan bahwa hasil biodiesel terbanyak diperoleh pada jumlah katalis 2%. Pada berat katalis di atas 2% hasil biodiesel menurun. Hal ini dimungkinkan karena adanya reaksi samping berupa saponifikasi sehingga hasil biodiesel menurun.

5.1.2. Karakterisasi Katalis Lokal Termodifikasi

Karakteristik katalis dipelajari dengan melakukan analisis daya serap, morfologi permukaan katalis dan struktur Kristal. Analisis dilakukan dengan beberapa alat analisis: Scanning Electron Microscope (SEM), X-Ray Diffraction (XRD) dan Fourier Transform Infra Red (FTIR).

5.1.2.1. Uji Daya Serap Katalis

. Uji daya penyerapan zeolit dilakukan dengan menggunakan gelas ukur yang masing-masing diisi dengan H₂O sebanyak 4 ml. Sampel zeolit yang belum diaktivasi dan yang sudah diaktivasi dimasukkan ke dalam gelas ukur yang sudah terisi oleh H₂O masing-masing sebesar 2,00 gram. Gambar 5.2. memperlihatkan eksperimen uji daya serap katalis.



Gambar 5.2. Uji kemampuan penyerapan zeolit

Hasil uji diperlihatkan pada tabel 5.3 berikut ini.

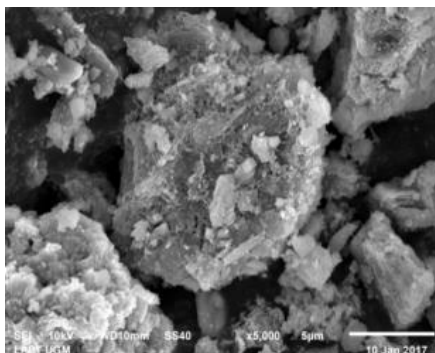
Tabel 5.3 .Data hasil densitas Zeolit

No	Zeolit diaktivasi H ₂ SO ₄	Gram	Volume (ml)			Densitas (g/ml)
			Awal	Akhir	Daya serap	
1	Belum diaktivasi	2,01	5	4,9	0,05	40,50
		2,00	5	5		
2	Diaktivasi 0,5 M	2,00	5	4.9	0,05	40,00
		2,00	5	5		
3	Diaktivasi 0,1 M	2,00	5	4,9	0,1	20,00
		2,00	5	4,9		

Dari gambar 5.2 dan tabel 5.3 terlihat bahwa zeolit yang sudah diaktivasi mampu menyerap H₂O. Setelah sampel dimasukkan terjadi kenaikan larutan dari 4 ml menjadi 5 ml. Kemudian setelah ditunggu selama 2 jam 20 menit terjadi penurunan larutan pada masing-masing sampel. Untuk sampel yang dicampur dengan zeolit yang belum teraktivasi, diaktivasi 0.5M H₂SO₄, dan diaktivasi 1M H₂SO₄ masing-masing larutannya menjadi 4.95 ml, 4.95 ml dan 4.90 ml. Sehingga dapat disimpulkan daya penyerapan zeolit yang paling baik dan densitas zeolit terendah adalah zeolit yang sudah diaktivasi dengan 1M H₂SO₄.

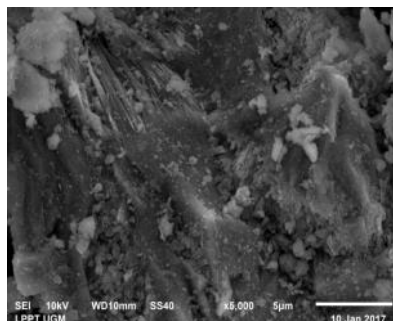
5. 1.2.2. Morfologi Permukaan Katalis

Morfologi permukaan katalis sebelum dan sesudah aktivasi dapat diketahui berdasarkan analisis dengan menggunakan Scanning Electron Microscope (SEM). Pada penelitian ini dilakukan analisis untuk zeolite alam tanpa aktivasi, zeolite alam yang diaktivasi dengan larutan asam sulfat konsentrasi 0,5 M dan zeolite alam diaktivasi dengan asam sulfat konsentrasi 1 M. Hasil analisis tersaji pada gambar 5.3, gambar 5.4 dan gambar 5.5.



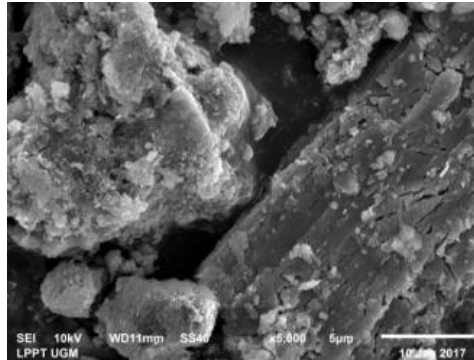
Gambar 5.3. Analisis SEM pada zeolit alam tanpa aktivasi

Pada Gambar 5.3 terlihat bentuk morfologi zeolit berupa kristal berpori yang masih rapuh. Struktur zeolite masih belum beraturan. Zeolit alam yang sudah diaktivasi punya penampakan yang berbeda seperti terlihat pada gambar 5.4.



Gambar 5.4. Zeolit alam diaktivasi 0.5 M H₂SO₄

Zeolit alam yang telah diaktivasi dengan larutan asam sulfat 0,5 M terlihat lebih keras dan memiliki struktur lebih rapi, hal ini bisa dicermati dari gambar 5.4. Sedangkan morfologi zeolite hasil aktivasi dengan larutan asam sulfat 1 M tertera pada gambar 5.5.

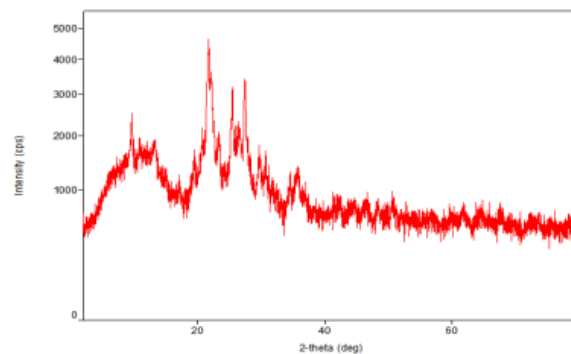


Gambar 5.5. Zeolit alam diaktivasi 1 M H_2SO_4

Gambar 5.5 memperlihatkan bahwa aktivasi dengan larutan asam sulfat lebih tinggi menghasilkan morfologi zeolite yang lebih kuat dan lebih teratur dibanding konsentrasi yang lebih rendah.

5.1.2.3. Uji Karakterisasi Struktur Kristal Menggunakan X-Ray Diffraction (XRD)

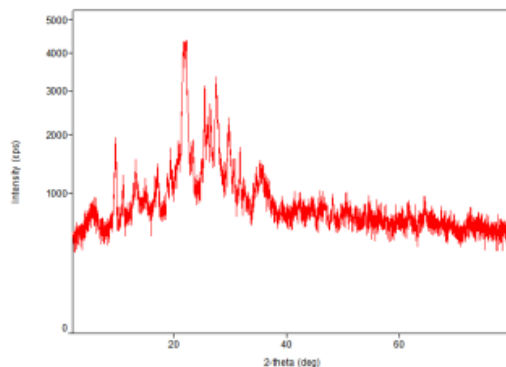
Struktur kristal zeolite alam dibandingkan antara sebelum aktivasi dan sesudah aktivasi, dengan dua variasi larutan pengaktif, yaitu larutan asam sulfat 0,5 M dan larutan asam sulfat 1,0 M. Hasil uji XRD sebelum dan sesudah aktivasi bisa dilihat pada gambar 5.6, 5.7 dan 5.8



Gambar 5.6. Hasil XRD zeolit alam tanpa aktivasi

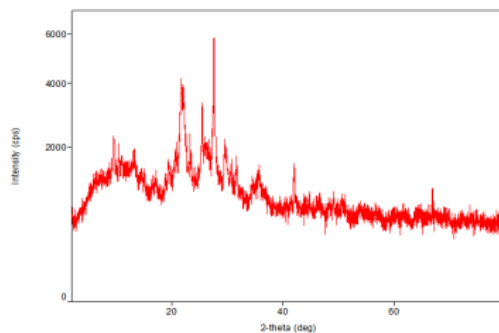
Dari pembacaan hasil FRD bisa dibaca apakah fase amorf atau fase Kristal yang dominan. Fase amorf terbentuk pada daerah tetha sekitar 0^0 - 20^0 , sedangkan fase Kristal terletak pada daerah 2

tetha disekitar 21° - 31° . Dari gambar 5.6 dapat dilihat pola difraktogram hasil analisis zeolit alam yang belum di aktivasi dengan XRD menunjukkan bahwa fase amorf lebih dominan.



Gambar 5.7 Hasil XRD Zeolit alam diaktivasi 0.5 M H_2SO_4

Fase kristal meningkat setelah diaktivasi (lihat gambar 5.7). Panjang gelombang dari Kristal berkisar pada panjang 1500-4500.



Gambar 5.8. Hasil XRD Zeolit alam diaktivasi larutan H_2SO_4 1 M

Gambar 5.8 memperlihatkan pada zeolite alam yang diaktivasi oleh larutan H_2SO_4 1M, fase kristal lebih dominan daripada aktivasi dengan larutan H_2SO_4 0,5 M. Panjang gelombang berkisar antara 1800-6000. Ukuran Kristal bisa dihitung dengan formula Scerrer atau dengan metode Search-Match dengan bantuan software seperti Match! (versi2).

5.2 Luaran yang ditargetkan.

Tabel 5.4. Kinerja penelitian tahun pertama

	Kegiatan	Kinerja
1.	Persiapan bahan dan alat	Alat RATB dan bahan siap
2.	Seting alat dan <i>commisioning</i>	Alat dapat beroperasi
3.	Percobaan pendahuluan	Hasil biodiesel percobaan dpt dianalisis
4.	Pengambilan dan pengolahan data penelitian	Katalis dari bahan lokal termodifikasi berhasil dibuat; Kondisi operasi optimum
5.	Analisis hasil	Hasil analisis
6.	Hak kekayaan intelektual	Paten
	Publikasi	Artikel submit di jurnal internasional bereputasi
7.	Pembuatan laporan akhir	Tersusunnya laporan kemajuan

Dari kegiatan ini luaran yang diperoleh adalah:

Tabel 5.5 Capaian penelitian tahun pertama

No.	Jenis Luaran			Capaian
	Kategori	Sub kategori	Wajib	TS
1.	Hak kekayaan intelektual	Paten	V	terdaftar
2.	Teknologi tepat guna		V	produk
3.	Artikel ilmiah dimuat di jurnal	Internasional bereputasi		<i>submitted</i>
4.	Tingkat kesiapan teknologi			4

BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Biodiesel dapat dihasilkan dari Pengolahan minyak goreng bekas dengan proses kontinyu
2. Dari proses tersebut dihasilkan biodiesel sebesar 55,3%.
3. Kondisi optimum pembuatan biodiesel adalah suhu 60 °C dan katalis KOH 2,0%
4. Zeolit alam sebelum diaktifasi memiliki struktur yang rapuh sedangkan setelah diaktifasi terbentuk struktur kristal.
5. Fase kristal zeolite yang paling bagus terjadi pada zeolit alam yang diaktifasi dengan menggunakan 1 M H₂SO₄.

B. Saran

Tahap penelitian yang sebaiknya dilakukan pada tahun kedua adalah:

1. Mencoba unjuk kerja dari katalis zeolite hasil penelitian pada pembuatan biodiesel secara batch
2. Membuat miniplant pembuatan biodiesel dari minyak goreng bekas secara kontinyu
3. Melakukan commissioning miniplant
4. Mencari kondisi optimum dari pembuatan biodiesel dari minyak goreng bekas dengan katalis lokal termodifikasi
5. Mengajukan draft paten kedua
6. Publikasi di jurnal internasional bereputasi

DAFTAR PUSTAKA

- Adhari, H., Yusnimar, dan Utami, S.P., 2016, Pemanfaatan Minyak Jelantah Menjadi Biodiesel dengan Katalis ZnO Presipitan Zinc Karbonat : Pengaruh Waktu Reaksi Dan Jumlah Katalis, *Jom FTEKNIK* Volume 3 No. 2 Oktober 2016.
- Astuti, E., *Jurnal Nasional. Jurnal Rekayasa Proses*. Vol 2 No 1, Tahun 2008. Jurusan Teknik Kimia UGM Yogyakarta. ISSN : 1978-287X. Pengaruh Konsentrasi Katalisator dan Rasio Bahan Terhadap Kualitas Biodiesel dari Minyak Kelapa.
- Astuti, E., *Jurnal Nasional. Jurnal Ilmiah Teknik Gelagar*. Volume 20 Nomor 1 April 2009. Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta. ISSN : 0853-2850. Pembuatan Biodiesel dari Minyak Kelapa dan Etanol dengan Katalisator KOH.
- Astuti, E., *Jurnal Nasional. Jurnal Spektrum Industri*. Volume V Nomor 8 April 2010. Program Studi Teknik Industri Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta. ISSN : 1693-6590. Optimasi Produksi Biodiesel dari Minyak Kelapa dan Etanol
- Astuti, E., Supranto, Rochmadi, Prasetya, A., Ström, K. dan Andersson, B., 2014a, Determination Of The Temperature Effect On Glycerol Nitration Processes Using The Hysys Predictions And The Laboratory Experiment, *Indo. J. Chem.*, 14 (1): 57 – 62.
- Astuti, E., Supranto, Rochmadi, dan Prasetya, A., 2014b, Kinetic Modeling of Nitration of Glycerol: three Controlling Reactions Model, *Engineering Journal*, Vol. 18/ No. 3/ 2014, pp 73-82.
- Astuti, E., Supranto, Rochmadi, dan Prasetya, A., 2016, Optimum Operating Conditions Of Glycerol Nitration to Produce 1, 3-Dinitroglycerin, *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, Vol. 11, No. 8, April 2016, pp. 5203 – 5208.
- Astuti, E. dan Mufrodi, Z., 2016, Pembuatan Monoasilgliserol dari Gliserol Hasil Samping Industri Biodiesel, *Seminar Nasional. Prosiding Seminar Nasional Industri kimia dan Sumber Daya Alam*. 27 Agustus 2016. Prodi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat Banjarmasin. ISSN : 978-602-70195-1-5.
- Azis, I., Nurbayti, S. dan Ulum, B. 2011. Pembuatan Produk Biodiesel dari Minyak Goreng Bekas dengan Cara Esterifikasi dan Transesterifikasi. *Valensi* 2 (3) : 443-448.
- Balat, M. Dan Balat, H. 2010. Progres in Biodiesel Processing. *Journal of Applied Energy*. 87 : 1815 – 1835.
- Birowo, A., 2000, Minyak Jelantah Berbahaya, [www. also.as/anands.co.id](http://www.also.as/anands.co.id), 23 Maret 2008.
- Cahyono, R.B., Mufrodi, Z., Hidayat, A., and Budiman, A, 2016, Acetilation of Glycerol for Triacetin Production using Zr-Natural Zeolite Catalyst, *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, Vol 11 No. 8, pp 5194-5197.
- Chai, M., Tu, Q., Lu, M., and Yang, J., 2014, Esterification pretreatment of free fatty acid in biodiesel production, from laboratory to industry, *Fuel Processing Technology* 125 (2014) 106–113.
- Chowdhury, A., Sarkar, D., dan Mitra, D., 2016, Esterification of Free Fatty Acids Derived from Waste Cooking Oil with Octanol: Process Optimization and Kinetic Modeling, *Chem. Eng. Technol.*, 39(4): 730–740.
- Freedman ,B., Pryde, E.H., and Mount, T.L., 1984, Variables Affecting the Yields of Fatty Ester from Transesterification Vegetables Oils, *JAOCS*, 61:1638 –1642.

- Gan, S., Kiat, H. Chan, P.H., and Leong, F.L., 2012, Heterogeneous free fatty acids esterification in waste cooking oil using ion-exchange resins, *Fuel Processing Technology* 102: 67–72.
- Gerpen, J.V., 2005, *Biodiesel Processing and Production*, Fuel Processing Technology, Elsevier.
- Gnanaprakasam, A. , Sivakumar, V.M. , Surendhar, A., Thirumarimurugan, M. and Kannadasan, T., 2013, Recent Strategy of Biodiesel Production from Waste Cooking Oil and Process Influencing Parameters: A Review, *Journal of Energy*, 213: 1-10.
- Ho , K., Chen , C. Hsiao , P., Wu , M., Huang, C. dan Chang, J., 2014, Biodiesel production from waste cooking oil by two-step catalytic conversion, *Energy Procedia* 61: 1302 – 1305.
- Kartina, S. dan Suhaila, N., 2011, Conversion of Waste Cooking Oil (WCO) and Palm Fatty Acid Distillate (PFAD) to Biodiesel, 3rd International Symposium & Exhibition in Sustainable Energy & Environment, 1-3 June 2011, Melaka.
- Kirk, R.E. and Othmer, D.F., 1980, *Encyclopedia of Chemical Technology*, Vol. 93 ed., , John Wiley and Sons, New York.
- Kusuma, I.G.B.W., 2003, "Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah dan Pengujian terhadap Prestasi Kerja Mesin Diesel", *Poros*, volume 6 no 4 2003, hal 227-234.
- Liyan, L., Zhimin, L., Guowu, T., and Wei, T., 2014, Esterification of Free Fatty Acids in Waste Cooking Oil by Heterogeneous Catalysts, *Trans. Tianjin Univ.*, 20: 266-272.
- Ma, F. and Hanna, M.A., 1999, *Biodiesel Production : A Review*, Elsevier Science B.V.
- Mengyu, G., Deng, P., Li, M., En, Y., dan Jianbing, H., 2009, The Kinetics of the Esterification of Free Fatty Acids in Waste Cook-ing Oil Using $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3/\text{C}$ Catalyst, *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 17(1): 83-87.
- Mufrodi, Z., dan Astuti, E., 2016, Pembuatan Bioaditif Dengan Menggunakan Sistem Pengadukan Dan Membran, Seminar Nasional. Prosiding Seminar Nasional Industri kimia dan Sumber Daya Alam. 27 Agustus 2016. Prodi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat Banjarmasin. ISSN : 978-602-70195-1-5.
- Mufrodi, Z., Budiman, A., Rochmadi and Sutijan, 2012, Chemical Kinetics for Synthesis of Triacetin from Biodiesel Byproduct, *International Journal of Chemistry*, Vol. 4 No. 2, pp 101-107
- Mufrodi, Z., Budiman, A., Rochmadi and Sutijan, 2013, Continuous Process of Reactive Distillation to Produce Bio-additive Triacetin from Gliserol, *Modern Applied Science*, Vol 7 No 10 pp 70-78.
- Mufrodi, Z., Budiman, A., Rochmadi and Sutijan, 2014, Synthesis Acetylation of Glycerol Using Batch Reactor and Continuous Reactive Distillation Column, *Engineering Journal*, Vol 18 No 2 pp 29-39.
- Nasir, M., Wuryaningsih, Anah, L., Astrini, N., Hilyati, 2002, Proses Pemurnian Minyak Makan (Edible Oil): 1. Pengaruh Tekanan dan Temperatur Proses Mikrofiltrasi Minyak Kelapa terhadap Kualitas Minyak Kelapa, Prosiding Seminar Tantangan Penelitian Kimia.
- Otadi, M., Shahraki, A., Goharrokhi, M., Bandarchian, F. , 2013, Reduction of Free Fatty Acids of Waste Oil by Acid- Catalyzed Esterification, *Procedia Engineering* 18: 168 – 174.
- Özbay, N., Oktar, N., and Tapan, N., 2008, Esterification of free fatty acids in waste cooking oils (WCO): Role of ion-exchange resins, *Fuel* 87: 1789–1798.

- Patil, P., Deng, S., Rhodes, I., and Lammers, P.J., 2010, Conversion of waste cooking oil to biodiesel using ferric sulfate and supercritical methanol processes. *Journal of Fuel*, 89, 360–364.
- Patil, P.D., Gude, V.G., Reddy, H.K., Muppaneni, T., dan Deng, S., 2012, Biodiesel Production from Waste Cooking Oil Using Sulfuric Acid and Microwave Irradiation Processes, *Journal of Environmental Protection*, 2012, 3, 107-113.
- Ruhyat, N., Firdaus, A., 2006, Analisis Pemilihan Bahan Baku Biodiesel di DKI Jakarta, Universitas Mercu Buana, Jakarta.
- Saifuddin, N., Raziah. A.Z., and Farah, H.N., 2009, Production of Biodiesel from High Value Cooking Oil Using an Optimized Lipase Enzyme/Acid - Catalyzed Hybrid Process, *Journal of Chemistry*.
- Swern, D., 1982, *Bailey's Industrial Oil and Fat Product*, Vol.2, 4 ed., pp 130-133, John Wiley and Sons, New York.
- Tahira, F. Hussain, S.T., Ali, S.D., Iqbal, Z. dan Ahmad, W., 2013, Homogeneous Catalysis of High Free Fatty Acid Waste Cooking Oil to Fatty Acid Methyl Esters (Biodiesel), *International Journal of Energy and Power*, 1(1): 31-36.
- Taufiqurrahmi, N., Mohamed, A. R., Bhatia, S. 2011. Production Of Biofuel From Waste Cooking Palm Oil Using Nanocrystallin Zeolite as Catalyst : Process Optimization Studies. *Bioresour Technol*, 102(22): 10686-94.
- Tickel, J., 2000, *From the Fryer to The Fuel Tank*, 3^{ed}, Tickel Energy Consulting, USA.
- Wang, Y., Ou., S., Liu., P., and Zhang, Z., 2007, Preparation of Biodiesel from Waste Cooking Oil via Two-Step Catalyzed Process, *Energy Conversion & Management*, Elsevier.
- Wijaya, K., 2011, Biodiesel dari Minyak Goreng Bekas, <http://pse.ugm.ac.id/?p=338>, diakses pada Januari 2017.
- Zhang, Y., Du, M.A., McLean, D.D., and Kates, M., 2003, Biodiesel production from waste cooking oil: 1. Process design and technological assessment, *Journal of Bioresource Technology*, 89, 1-16.
- Zhang, Y., Du, M.A., McLean, D.D., and Kates, M., 2003, Biodiesel production from waste cookingoil: 2. Economic assessment and sensitivity analysis, *Journal of Bioresource Technology*, 90, 229–240.

Lampiran 1. Alat Analisis (Instrumentasi)

No	Instrumentasi	Laboratorium
1	<i>Scanning Electron Microscop (SEM)</i>	Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu UGM
2	<i>Fourier Transform Infra Red (FTIR)</i>	Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu UGM, Laboratorium Kimia UNY
3	X-ray Diffraction (XRD),	Laboratorium Kimia UNY, Laboratorium Terpadu UII

Lampiran 2. Personalia tenaga peneliti beserta kualifikasinya

Tim Peneliti:

No.	Nama	Jabatan	Bidang keahlian	Institusi asal	Alokasi waktu (jam/minggu)
1	Dr. Erna Astuti, S.T., M.T	Ketua	Energi, kinetika reaksi kimia, katalisis	Teknik Kimia UAD	15
2	Dr. Zahrul Mufrodi, S.T., M.T	Anggota 1	Energi, rancang bangun, Rekayasa proses	Teknik Kimia UAD	7
3	Gita Indah Budiarti, S.T., M.T	Anggota 2	kinetika reaksi kimia, katalisis	Teknik Kimia UAD	7

Tenaga Pelaksana Lapangan:

No	Nama	NIM
1	Silviyana Monica Saputri	1500020110
2	Annisha Nur Fitriani	1500020098
3	Rizki Elfiandri	1500020130
4	Ahmad Wildan	1500020128
5	Alfi Maryanti	1500020011
6	Ihza Putri Arofah	1500020023
7	Yulinda Kurniasari	1500020016
8	Rizka Wahyuni Hatibie	1500020021
9	Vivi Septa Juliana	1500020175
10	Zahratul Aini	1500020177

LAMPIRAN 3

PATEN TERDAFTAR

FORMULIR PERMOHONAN PENDAFTARAN PATEN INDONESIA
APPLICATION FORM OF PATENT REGISTRATION OF INDONESIA

Data Permohonan (Application)			
Nomor e-Filing Number of e-Filing	: WFP2018055315	Tanggal Permohonan Date of Submission	: 2018-09-20
Nomor Permohonan Number of Application	: P22201807400	Jumlah Klaim Total Claim	: 1
Jenis Permohonan Type of Application	: Paten Non-UMKM	Jumlah Halaman Total Page	: 6
Judul Title	: METODE MODIFIKASI ZEOLITE SEBAGAI KATALIS		
Abstrak Abstract	: Proses pembuatan katalis dari zeolite memiliki metode yang kuat dengan tahapan penggerusan untuk mengecilkan ukuran, mengsyak untuk menyeragamkan ukuran. Kemudian dilakukan dekomposisi dengan larutan Asam Sulfat (H ₂ SO ₄) dengan sistem refleks pada suhu 80oC selama 4 jam. Setelah itu dilakukan penetralan dengan air, dan dilanjutkan dengan mengoven untuk menghilangkan kandungan almya. Tahapan selanjutnya dekomposisi yang kedua dengan menggunakan larutan NaOH dan ditambahkan Al ₂ O ₃ (aluminium oksida) untuk memperkuat struktur adsorbennya. Tahap akhir pembuatannya dengan menetralkan dengan air dan mengeringkannya. Invensi ini akan menghasilkan adsorben yang baik yang dapat digunakan untuk katalis asam dalam berbagai macam proses.		

Permohonan PCT (PCT Application)			
Nomor PCT PCT Number	:	Nomor Publikasi Publication Number	:
Tanggal PCT PCT Date	:	Tanggal Publikasi Publication Date	:

Pemohon (Applicant)		
Nama (Name)	Alamat (Address)	Surat/Telp. (Email/Phone)
UNIVERSITAS AHMAD DAHLAN (YAY. PERGURUAN TINGGI MUHAMMADIYAH)	Jl. Kapas No. 8 Kel./Desa Semaki Kec. Umbulharjo Kota Yogyakarta D. I. Yogyakarta , Yogyakarta, Indonesia	ipp@uad.ac.id (0274) 542886

Penemu (Inventor)		
Nama (Name)	Alamat (Address)	Surat/Telp. (Email/Phone)
ERNA ASTUTI, ST., MT.	Krapyak VII, Nganggrung RT/RW 001/020, Kel./Desa Margoagung, Kec. Sayegan, Kab. Sleman, D.I. Yogyakarta, Sleman, Indonesia	erna.astuti@che.uad.ac.id
ZAHRUL MUFRODI, ST., MT.	Krapyak VII, Nganggrung RT/RW 001/020, Kel./Desa Margoagung, Kec. Sayegan, Kab. Sleman, D.I. Yogyakarta, Sleman, Indonesia	zahrul.mufrodi@che.uad.ac.id
PROF. DR. IR. SURYO PURWONO, MASC	Gg. Ampel, No. 17 Pandean, Gandok, RT/RW 004/055, Kel./Desa Condongcatur, Kec. Depok, Kab. Sleman, D. I. Yogyakarta, Sleman, Indonesia	spurwono@ugm.ac.id

Deskripsi

METODE MODIFIKASI ZEOLIT SEBAGAI KATALIS

Bidang Teknik Invensi

Invensi ini berhubungan dengan metode pembuatan katalis, lebih khusus lagi invensi ini berhubungan dengan metode modifikasi zeolite alam sebagai material baru katalis.

Latar belakang invensi

Zeolite adalah material kristal silika-alumina yang memiliki struktur penataan polimer tiga dimensi yang terdiri dari unit-unit tetrahedral SiO_4 dan AlO_4^- , yang bergabung dengan jalan pemakaian bersama oksigen. Berdasar struktur padatan yang berpori dan memiliki rongga-rongga serta stabilitas termal yang besar, material mirip zeolite dapat difungsikan sebagai pengemban logam katalis atau adsorben.

Besarnya kandungan silika dan alumina memungkinkan zeolite alam dimodifikasi menjadi material katalis silika alumina. Usaha untuk memperbaiki kristalinitas dan efektifitas zeolite telah banyak dilakukan yaitu dengan cara dekomposisi zeolite. Dekomposisi bertujuan menghilangkan senyawa pengotor pada zeolite, sehingga dapat memperbaiki struktur kristal, porositas dan daya adsorpsi terhadap beberapa ion logam. Metode dekomposisi yang banyak digunakan adalah pencucian zeolite menggunakan asam atau basa.

Prinsip dari dekomposisi dengan cara refluks zeolite menggunakan asam atau basa adalah memperkecil kandungan senyawa pengotor yang terikut dalam zeolite. Penghilangan senyawa pengotor akan menaikkan kristalinitas zeolite, dengan demikian akan menaikkan kinerja zeolite sebagai material katalis atau adsorben (Zhang, B., Wu, D, Wang, C., He, S., Zhang, Z., and

Kong, H., 2007, *Simultaneous removal of ammonium and phosphate by zeolite synthesized from coal fly ash as influenced by acid treatment*, Journal of Environmental Sciences, Volume 19, Issue 5, Pages 540-545)

Invensi sebelumnya pembuatan zeolite Y dengan natrium aluminat sebagai sumber alumina dan Azb-O-Sil sebagai sumber silica dilakukan dengan metode yang dipatenkan oleh Brek (US 3,130,007) dan Miller (US 5785,944). Katalis zeolite USY dapat juga dibuat berdasar paten nomer US 3,292,192 milik W. R. Grace & Co. pada pembuatannya memiliki 3 tahap yaitu pertukaran ion Na^+ dengan ion NH_4^+ pada temperature 100°C , pengovenan pada suhu 550°C dan pertukaran ion Na^+ dengan ion NH_4^+ pada temperature 100°C , yang diulang sebanyak 3 kali dan diakhiri dengan pengovenan pada suhu 820°C selama 4 jam. Pembuatan katalis menurut penelitian ini digunakan bahan zeolite alam yang ada di Indonesia dengan cara sederhana.

Uraian Singkat Invensi

Obyek yang dihasilkan invensi ini menyediakan metode yang lebih baik untuk menghasilkan katalis dari zeolite alam yang berkualitas baik, meliputi langkah-langkah berikut :

- a. Zeolite alam dilakukan penggerusan dan pengayakan untuk memperoleh ukuran partikel yang seragam.
- b. melakukan proses dekomposisi dengan mencampur zeolite dengan larutan Asam Sulfat (H_2SO_4), dengan sistem refluks pada temperatur 90°C selama 4 jam.
- c. zeolite hasil refluks kemudian dinetralisasi dengan menambahkan aquadest sampai pH netral
- d. zeolite kemudian dioven 130°C selama kurang lebih 24 jam.
- e. Melakukan peleburan terhadap zeolite dekomposisi dengan menambahkan larutan NaOH sambil dilakukan pengadukan selama 30 menit.
- f. Hasil peleburan kemudian ditambahkan Al_2O_3 (aluminium oksida) 1 N, diaduk dan diperam selama 24 jam.

- g. Hasil peleburan dan pemeraman kemudian direaksikan secara hidrotermal dalam autoclave pada suhu 90°C.
- h. Hasil reaksi hidrotermal kemudian dicuci dengan akuades sampai netral dan dikeringkan pada temperatur 100 °C dalam oven selama 4 jam.

Uraian Lengkap Invensi

Bahan baku yang digunakan adalah zeolite alam. Zeolite mula-mula dilakukan penggerusan atau ditumbuk untuk memperkecil ukuran dan diayak (*screening*) untuk memperoleh ukuran partikel yang seragam 200 mesh. Selanjutnya dilakukan proses dekomposisi dengan mencampur zeolite dengan larutan Asam Sulfat (H_2SO_4) menggunakan sistem refluks dengan campuran 5 g zeolite dan 100 mL campuran larutan H_2SO_4 . Refluks dilakukan pada temperatur 90°C selama 4 jam di dalam labu leher tiga. Hal tersebut dilakukan dengan tujuan untuk membersihkan zeolite dari pengotor-pengotornya.

Zeolite hasil refluks kemudian dinetralisasi dengan menambahkan aquadest sampai pH netral. Netralisasi ini dilakukan dengan cara mencampur zeolite dengan aquades kemudian disaring dengan penyaring yang dilengkapi pompa vakum. Pengecekan untuk memastikan penetralan yang dilakukan telah selesai atau untuk mengetahui bahwa larutan bebas sulfat, yaitu dengan meneteskan larutan $Ba(OH)_2$ ke dalam larutan. Apabila larutan hasil tetesan tidak membentuk endapan keruh maka larutan telah bebas sulfat.

Setelah pH netral, zeolite kemudian dioven selama kurang lebih 2 jam. Diharapkan pada pengovenan tersebut kandungan air pada katalis sudah tidak ada. Selanjutnya dilakukan peleburan terhadap zeolite dekomposisi dengan menambahkan larutan NaOH sambil dilakukan pengadukan selama 30 menit. Hasil peleburan kemudian ditambahkan Al_2O_3 (aluminium oksida) yang dilarutkan dalam akuades hingga konsentrasi 1N, kemudian larutan diaduk dan diperam selama 24 jam. Hasil peleburan dan pemeraman (*ageing*) kemudian direaksikan secara hidrotermal dalam autoclave pada suhu 90°C. Hasil reaksi hidrotermal kemudian dicuci dengan

akuades sampai netral dan dikeringkan pada temperatur 100 °C dalam oven.

Karakterisasi kandungan logam pada zeolite dilakukan untuk mengetahui morfologi permukaan katalis sebelum dan sesudah aktivasi dengan menggunakan scanning electron microscope (SEM) yang memperlihatkan ketidak rapuhan dan sudah banyak pori-pori yang ditampakkan. Hasil data densitas dapat diketahui dari Tabel 1.

Tabel 1. Densitas zeolite

Parameter	Densitas, gr/Ml
Belum diaktivasi	40,50
Diaktivasi menggunakan 0,5 M H ₂ SO ₄	40,00
Diaktivasi menggunakan 1,0 M H ₂ SO ₄	20,00

Sedangkan hasil uji karakteristik srtuktur kristal menggunakan X-Ray Diffraction (XRD) hasil sebelumnya dengan setelah diaktifasi memperlihatkan penambahan pike kristal sehingga menggambarkan keaktifan dari katalis ini.

Klaim

1. Metode pembuatan katalis dari zeolite meliputi langkah-langkah berikut :
 - a) Menggerus dan mengayak zeolite untuk memperoleh ukuran partikel yang seragam;
 - b) Mendekomposisi zeolite dengan larutan Asam Sulfat (H_2SO_4) dengan sistem refluks pada suhu $90^{\circ}C$ selama 4 jam;
 - c) Menetralkan zeolite dengan menambahkan aquadest;
 - d) Mengoven zeolite pada suhu $130^{\circ}C$ selama kurang lebih 4 jam;
 - e) Melakukan peleburan terhadap zeolite dekomposisi dengan menambahkan larutan NaOH sambil dilakukan pengadukan selama 30 menit;
 - f) Menambahkan Al_2O_3 (aluminium oksida) 1 N dengan mengaduk dan memeras selama 24 jam;
 - g) Merereaksikan secara hidrotermal dalam autoclave pada suhu $90^{\circ}C$;
 - h) Menetralkan zeolite dengan akuades dan mengeringkan pada temperatur $100^{\circ}C$ selama 4 jam.

Abstrak

METODE MODIFIKASI ZEOLITE SEBAGAI KATALIS

Proses pembuatan katalis dari zeolite memiliki metode yang kuat dengan tahapan penggerusan untuk mengecilkan ukuran, mengayak untuk menyeragamkan ukuran. Kemudian dilakukan dekomposisi dengan larutan Asam Sulfat (H_2SO_4) dengan sistem refluks pada suhu $90^\circ C$ selama 4 jam. Setelah itu dilakukan penetralan dengan air, dan dilanjutkan dengan mengoven untuk menghilangkan kandungan airnya. Tahapan selanjutnya dekomposisi yang kedua dengan menggunakan larutan NaOH dan ditambahkan Al_2O_3 (aluminium oksida) untuk memperkuat struktur adsorbennya. Tahap akhir pembuatannya dengan menetralkan dengan air dan mengeringkannya

Invensi ini akan menghasilkan adsorben yang baik yang dapat digunakan untuk katalis asam dalam berbagai macam proses.

LAMPIRAN 4

DRAFT ARTIKEL SUBMIT DALAM JURNAL
INTERNASIONAL BEREPUTASI

**2018 3rd International Conference on
Materials Engineering and Nanotechnology**

Acceptance Notification for full Paper Publication

2018 3rd International Conference on Materials Engineering and Nanotechnology
(ICMEN2018)
Tokyo, Japan
July 19-21, 2018
www.icmen.org

ICmen.

Erna Astuti and Zahrul Mufrodi
Universitas Ahmad Dahlan, Indonesia
Email: erna.astuti@che.uad.ac.id
zahrul.mufrodi@che.uad.ac.id

Dear **Erna Astuti and Zahrul Mufrodi**

We are pleased to inform you that, after our first review, your manuscript identified below has been accepted for conference proceeding publication and oral presentation by 2018 3rd International Conference on Materials Engineering and Nanotechnology (ICMEN2018) to be held in Tokyo, Japan during July 19-21, 2018.

Paper ID: ICMEN2018-2107

Paper Title: Optimum Condition of Biodiesel Production from Cooking Waste Oil Using Continuous Stirred Tank Reactor

All submissions will be peer reviewed by 2-3 reviewers. The registered and presented papers will be published into *International Journal of Smart Grid and Clean Energy (USGCE)* (ISSN print 2315-4462 / ISSN web 2373-3694) indexed by Scopus, EI (INSPEC, IET, DOAJ, Ulrich's Periodicals Directory, Google Scholar, Crossref, etc).

ICMEN 2018 Organizing Committee
May 25, 2018



Optimum Condition of Biodiesel Production from Waste Cooking Oil Using Continuous Stirred Tank Reactor

Erna Astuti, Zahrul Mufrodi

*Department of Chemical Engineering, Faculty of Industrial Technology, Universitas Ahmad Dahlan
Jl. Prof. Dr. Soepomo, S.H. Janturan Yogyakarta 55164 Indonesia*

Abstract

Energy demand in Indonesia is increasing, but the availability of fossil energy is running low. Therefore the effort to get renewable energy is increasingly encouraged. The most widely alternative energy used in Indonesia is biodiesel. Waste cooking oil is very potential to be utilized as raw material of biodiesel. Currently there are 3.75 million liters of waste cooking oil per year. Waste cooking oil when discharged into the body of water will form a layer so that oxygen is blocked into the water. Utilization of waste cooking oil into biodiesel will reduce the burden of environmental pollution by waste cooking oil. This paper proposes optimum conditions of biodiesel production from waste cooking oil using continuous stirred tank reactor with base catalyst. The research variables are reaction temperature, the mole ratio of waste cooking oil and methanol, and the amount of catalyst. This paper also evaluates the heating value of biodiesel produced from waste cooking oil.

Keywords: Biodiesel, waste cooking oil, continuous stirred tank reactor, quality standard

1. Introduction

Biodiesel is one of the most promising renewable energies [1,2] and is produced from various vegetable oils such as palm oil, coconut oil, jatropha oil, kapok seed oil, animal fats and waste cooking oil [3-6]. Vegetable oils that are prospective for biodiesel feedstock are palm oil and its derivatives. But palm oil has some disadvantages between being easily oxidized and being damaged because palm oil contains lots of fatty acids. The use of palm oil will disrupt the availability of palm oil as cooking oil so as to interfere with food security [7]. In addition, biodiesel production from vegetable oil is higher than fossil oil due to high raw material cost. One alternative to get biodiesel at low cost is to use the raw material of waste cooking oil [8]. Ruhyat and Firdaus [9] evaluated the feasibility of some biodiesel raw materials and stated that the most suitable vegetable oils are used as biodiesel raw materials is waste cooking oil. The processing of biodiesel from waste cooking oil is an effective way to reduce the selling price of biodiesel due to the low cost of raw materials [10].

Palm oil is one of the most widely produced oil in the world and Indonesia is the largest producer of palm oil in the world. Data from the Ministry of Agriculture stated that Indonesia's palm oil production in 2016 is 32 million tons, 27 tons are exported and 5 million is used for domestic consumption. If there is a 25% shrinkage during frying, there will be 3.75 million tons of waste of waste cooking oil. Utilization of waste cooking oil into biodiesel is one effort to overcome the waste cooking oil as well as become one of renewable alternative energy sources.

The transesterification process can be done in batch or continuous. Transesterification reactions can be done using three kinds of catalyzed so this reaction can be divided as acid catalyzed reactions [11], alkaline catalyzed reactions [12], or enzyme catalyzed reactions [13]. Processes that use enzymes as catalysts require a much longer reaction time than other processes. Therefore, this process is rarely studied and used. In this study continuous transesterification reaction of waste cooking oil with variations in comparison of waste cooking oil and methanol with KOH catalyst.

2. Methodology

The materials used were waste cooking oil from household waste with a mass density of 0.99 g/ml, methanol with a mass density of 0.792 g/ml and free fatty acid of 1.43, and kalium hydroxide (KOH) from Merck.

Waste cooking oil, which was heated at 60 °C, and methoxide solution was continuously streamed into continuously stirred tank reactor with a ratio of waste cooking oil and methanol of 1: 4, 1: 6, 1: 8 and 1:10. The residence time was 1.5 hours. The product of the transesterification reaction was flowed continuously to the container. After the process is complete, the solution was to stay overnight. Furthermore, the separation of biodiesel

and glycerol results was done. Then the quality of biodiesel were analysis refer to ASTM methods.

3. Result and Discussion

Waste cooking oil is very potential to be utilized as raw material for producing biodiesel because it contains enough fatty acids. To prove the presence of fatty acids in biodiesel made from waste cooking oil, sample was analyzed by gas chromatography mass spectrometry (GCMS). The result of GCMS analysis of biodiesel is:

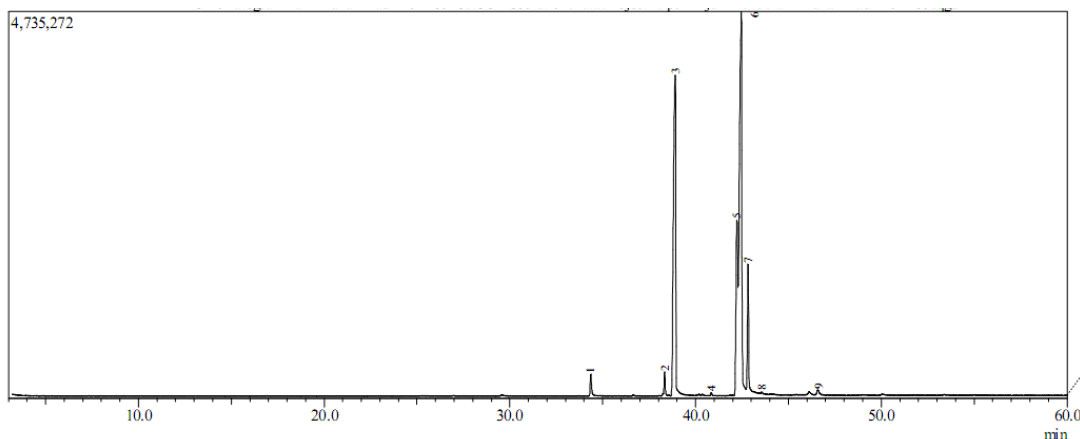


Figure 1. The GCMS analysis of biodiesel from waste cooking oil

Fig. 1. The GCMS analysis of biodiesel from waste cooking oil at temperature of 60 °C, mole ratio of oil/methanol of 1:6 and the amount of KOH catalyst of 1.5 % b/b of waste cooking oil.

Fig. 1 shows that the biodiesel consists of several kinds of compounds, as evidenced by the presence of several peak areas in the reading. The compounds are within the range of retention time of 34 minutes to 47 minutes.

The type of fatty acid formed in the biodiesel production reaction depends on the type of vegetable oil used as the raw material and the treatment performed. Taufiqurrahmi et al [14] stated that biodiesel from cooking oil consists of palmitic acid, stearate acid, oleic acid, linoleic acid, linolenic acid, palmitic acid, lauric acid and other acidic species. In this study, biodiesel, which was produced contain several fatty acids, shown in table 1.

Table 1. Types of fatty acids in biodiesel from waste cooking oil

Compound	Mass weight, g/gmol	% b/b
9-Hexadecenoic acid	268	1,29
Pentadecanoic acid	270	35,10
9,12-Octadecadienoic acid	294	14,38
11-Octadecenoic acid	296	0,06
Octadecanoic acid	298	48,71
Eicosanoic acid	326	0,46
Total		100,0

Table 1 shows fatty acids formed from transesterification reactions are fatty acids with a carbon number ranging

from 17 to 19. The type of fatty acids present in large quantity is octadecanoic acid. From table 1 we can calculate molecular weight of biodiesel, which is equal to 287.34 g/gmol.

This research has studied the effect of reaction temperature, mole ratio of waste cooking oil/methanol and the amount of catalyst. The previous paper [15] determined that biodiesel, which on specification of Indonesian biodiesel quality standards was biodiesel produced at mole ratio of oil/methanol of 1/6. This paper discusses the optimum condition of biodiesel production uses waste cooking oil, especially the reaction temperature and the amount of KOH catalyst. The yields of biodiesel in different temperature are listed in Table 2.

Table 2. Yield of biodiesel (mole ratio of oil/methanol of 1/10, KOH of 1% b/b)

Reaction temperature, °C	yield of biodiesel, % v/v
55	43,4
60	64,8
65	61,2

Table 2 explains that the maximum yield of biodiesel was obtained at reaction temperature of 60 °C. At temperature of 65 °C, the yield of biodiesel decrease. Probably on this condition a part of the methanol vapored because the boiling point of methanol is 64,7 °C.

Trans-esterification commonly use acid catalyst (HCl, H₂SO₄) or base catalyst (NaOCH₃, KOH, NaOH). The most commonly used base catalyst is NaOH or KOH of 0.5 to 1.0% by weight of oil [16]. The KOH is more reactive than NaOH, so the conversion obtained with a KOH catalyst is higher than that of NaOH. Because of this reason, this research used KOH as a catalyst. The amount of catalyst (percentage of the weight of waste cooking oil) was varied. The yield of biodiesel can be read in Table 3.

Table 3. Yield of biodiesel (at mole ratio of oil/methanol of 1/10, temperature of 60°C)

Amount of catalyst, %	Yield of biodiesel, %
1.0	68.90
1.5	63.54
2.0	86.44
2.5	61.07
3.0	61.94

Table 3 described that the optimum amount of KOH catalyst is 2.0% b/b of waste cooking oil. At above percentage, the using of catalyst cause side reaction, probably the saponification was conducted. The side reaction cause the yield of biodiesel decrease.

To know the potential usage of this research, this paper also evaluate heating value of biodiesel from waste cooking oil (see Table 4).

Table 4. Heating value of biodiesel

Ratio of oil/methanol	Heating value, Cal/kg
1:4	9580.568
1:6	9679.308
1:8	9842.613
1:10	9527.875

The heating value of fuel oil, include diesel, is in the range from 18,300 to 19,800 Btu/lb [17]. National standard of Indonesia gives the rule that the minimum heating value of biodiesel is 8,843.22 Cal /kg [15]. The average heating value of biodiesel produced is 9,657.591 Cal/kg. This proves that the biodiesel from waste cooking oil can replace the function of diesel as fuel. Biodiesel from waste cooking oil can be used as alternative energy. The data presented in this

paper can be used as biodiesel plant design data from waste cooking oil. Furthermore, glycerol as by-product biodiesel is also utilized into products that have more value-added such as triacetin [18,19] and 1,3-dinitrolycerin [20,21]. This will increase the economic value of the biodiesel plant from used cooking oil.

4. Conclusion

Biodiesel produced 100% contains fatty acids and consists of various fatty acids. Optimum conditions of production biodiesel from waste cooking oil are mole ratio of waste cooking oil/methanol of 1/6, the reaction temperature of 65°C and the amount of KOH catalyst of 2% b/b of waste cooking oil. The calorific value of biodiesel from waste cooking oil is 9,657.591 Cal/kg. The value obtained is in the range of fuel oil values.

Acknowledgements

The authors would like to thank The Ministry of Research Technology and Higher Education of the Republic of Indonesia who has funded this research with The Excellent Applied Research of University Scheme under the PTUPT-115/SKPP/III/2018 contract number and Laboratory of Unit Operation, Chemical Engineering Department, Universitas Ahmad Dahlan for providing equipment for this research.

References

- [1] Atadashi IM, Sulaiman NMN. The effect of catalysts in biodiesel production: A review. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 2013; 19: 14-26.
- [2] Leung DYC, Leung MKH. A review on biodiesel production using catalyzed transesterification. *Applied Energy*, 2010; 87(4):1083-1095.
- [3] Demirbas A. Progress and recent trends in biodiesel fuels. *Energy Conversion and Management*, 2009; 50(1): 14-34.
- [4] Kawentar WA, Budiman. A synthesis of biodiesel from second used cooking oil. *Energy Procedia*, 2013; 32:190-199.
- [5] Heikal EK, Khalil SA, Abdou IK. Biodiesel from jatropha oil. *Renewable energy in the Service of Mankind*, 2015; 1:39-46.
- [6] Oliveira JF, Parente Jr. EJS. Biodiesel production from waste coconut oil by esterification with ethanol: the effect of water removal by adsorption. *Renewable energy*, 2010; 35(11):2581-2584.
- [7] Wijaya K. (Desember 2011). Biodiesel dari Minyak Goreng Bekas. [Online]. Available: Information on <http://pse.ugm.ac.id/?p=338>
- [8] Gnanaprakasam A, Sivakumar VM, Surendhar A, Thirumarimurugan M, Kannadasan T. Recent strategy of biodiesel production from waste cooking oil and process influencing parameters: a review. *Journal of Energy*. 2013; 213: 1-10.
- [9] Ruhyat N, Firdaus A. Analisis Pemilihan Bahan Baku Biodiesel di DKI Jakarta. Thesis, Universitas Mercu Buana, Jakarta; 2006.
- [10] Zhang Y, Du MA, McLean DD, Kates M. Biodiesel production from waste cooking oil: 1. Process design and technological assessment. *Journal of Bioresource Technology*, 2003; 89(1):1-16.
- [11] H.L. Tran, Y.J. Ryu, D.H. Seong, S.M. Lim and C.G.Lee. An effective acid catalyst for biodiesel production from impure raw feedstocks. *Biotechnology and Bioprocess Engineering*, Vol. 18 issue 2 (2013), pp. 242-247.
- [12] Ehsan Md., Chowdury MdTH. Production of biodiesel using alkaline based catalysts from waste cooking oil: a case study. *Procedia Engineering*, 2015; 105:638-645.
- [13] Guldhe A, Bux F. Advances in synthesis of biodiesel via enzyme catalysis: novel and sustainable approaches. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2015; 41:1447-1464.
- [14] Taufiqurrahmi N, Mohamed AR, Bhatia S. Production of biofuel from waste cooking palm oil using nanocrystallin zeolite as catalyst: process optimization studies. *Bioresourc Technology*, 2011; 102(22): 10686-10694.
- [15] Astuti E, and Mufrodi Z. Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Goreng Bekas Proses Kontinyu: Uji Kualitas. Proceeding of National Conference of Chemical Industry and Natural Resources, Mataram; 2017.
- [16] Swern, D., 1982, *Bailey's Industrial Oil and Fat Product*, Vol.2, 4 ed., pp 130-133, John Wiley and Sons, New York.
- [17] E.S. Siswani, S. Kristianingrum and Suwardi. Sintesis dan Karakterisasi Biodiesel dari Minyak Jelantah pada Berbagai Waktu dan Suhu. Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA (Proceeding of National Conference of Science Education and Application), Universitas Negeri Yogyakarta (2012).
- [18] Mufrodi Z, Rochmadi, Sutijan, Budiman. Synthesis Acetylation of Glycerol Using Batch Reactor and Continuous Reactive Distillation Column. *Engineering Journal*, 2014; 18(2):29-39.
- [19] Cahyono RB, Mufrodi Z, Hidayat A, Budiman A. Acetylation of glycerol for triacetin production using zr-natural zeolite catalyst. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*; 11(8):5194-5197.
- [20] Astuti E, Supranto, Rochmadi, Prasetya A. Kinetic modeling of nitration of glycerol: three controlling reactions model. *Engineering Journal*, 2014;18(3):73-82.
- [21] Astuti E, Supranto, Rochmadi, Prasetya A. Optimum operating conditions of glycerol nitration to produce 1, 3-dinitrolycerin. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 2016; 11(8):5203 – 5208.

Authors Information

Author name	Title	Membership	Contact	Author affiliation
Given name Family name	Prof./A. Prof./ Dr./S.E.*	IEEE Member, SM, Fellow**	E-mail/ Mobile phone	Affiliation, Address, City and Postcode, Country
Erna Astuti	Dr.	S.E.	erna.astuti@che.uad.ac.id/ +628122645980	Universitas Ahmad Dahlan, Jl. Prof. Dr. Soepomo, S.H.Janturan Yogyakarta 55164 Indonesia
Zahrul Mufrodi	Dr.	S.E.	zahrul.mufrodi@che.uad.ac.id /+62822918	Universitas Ahmad Dahlan, Jl. Prof. Dr. Soepomo, S.H.Janturan Yogyakarta 55164 Indonesia

*S.E.—Senior Engineer; ** Member of IEEE—Fellow/Senior member/Member

LAMPIRAN 3
DRAFT ARTIKEL MASUK
PROSIDING SEMINAR NASIONAL

LAMPIRAN 3

ARTIKEL DISAMPAIKAN PADA SEMINAR NASIONAL

SINTESIS KATALIS DARI ZEOLITE, PERUBAHAN PERFORMA DAN UNJUK KERJANYA

Zahrul Mufrodi^{1*}, Erna Astuti¹, Gita Indah Budiarti¹

¹ Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Ahmad Dahlan
Jl. Prof. Soepomo, Umbulharjo, Yogyakarta

*Email: zahrul.mufrodi@che.uad.ac.id

Abstrak

Keberadaan katalis dalam sebuah reaksi amat penting. Katalis ini dapat mempercepat proses reaksi yang ada. Kondisi sekarang banyak digunakan katalis lokal dengan performa yang tidak kalah dengan katalis yang ada di pasaran. Salah satu katalis yang sekarang banyak dimanfaatkan adalah zeolite. Sintesis katalis dari zeolite dilakukan dengan tahapan pencampuran dengan H_2SO_4 0,5 dan 1 M, penetralan, dan pengeringan. Dari analisis morfologi dengan menggunakan Scanning Electron Microscope (SEM), densitas dan uji X-Ray Diffraction (XRD) didapat hasil dengan pencampuran H_2SO_4 1M lebih baik dari yang lainnya.

***Kata kunci:** katalis, zeolite, densitas, SEM, XRD*

PENDAHULUAN

Katalis memiliki peran penting dalam mempercepat proses reaksi kimia. Saat ini banyak katalis yang dijual dengan harga yang lumayan tinggi. Untuk katalis padat banyak digunakan untuk reaksi fase cair maupun gas. Reaksi fase cair atau gas dengan katalis padat sering menjadi pilihan karena hasil yang diperoleh mudah untuk dipisahkan dengan katalisnya. Untuk memenuhi kebutuhan akan katalis padat maka perlu membuat katalis alternatif dengan harga yang relatif murah. Zeolite alam merupakan solusi yang bisa dimanfaatkan sebagai katalis, selain banyak terdapat di alam Indonesia juga harganya relatif murah dibanding dengan katalis yang sekarang beredar dipasaran.

Zeolit merupakan suatu kristalin aluminosilikat terhidrat dengan stuktur terbuka secara tiga dimensi yang dapat dipreparasi untuk meningkatkan aktivitasnya (Barthomeuf, dkk., 1985). Zeolit memiliki fungsi sebagai katalis karena sifat-sifat pada permukaannya. Kation yang menetralkan muatan negatif dalam zeolit dapat dipertukarkan dengan kation lain dan dengan proses pemanasan akan terbentuk tapak asam bronsted. Tapak asam bronsted merupakan donor proton, dengan demikian akan dapat meningkatkan aktivitas katalis zeolit (Tri dan Ahmad, 2004). Pada penelitian ini diharap dapat memberikan katalis zeolite untuk reaksi heterogen.

TINJAUAN PUSTAKA

Katalis

Katalis merupakan suatu zat yang mempengaruhi kecepatan reaksi tetapi tidak dikonsumsi dalam reaksi dan tidak mempengaruhi kesetimbangan kimia pada akhir reaksi. Di dunia industri katalis telah digunakan secara luas, terutama pada industri kimia (Irawan, 2006). Berdasarkan jenis fasanya, katalis digolongkan ke dalam katalis homogen dan katalis heterogen. Katalis homogen adalah katalis yang memiliki fasa yang sama dengan pereaksi. Katalis heterogen adalah katalis yang berbeda fasa dengan pereaksi. Katalis homogen bekerja melalui interaksi dengan partikel pereaksi membentuk keadaan transisi. Selanjutnya, keadaan transisi bergabung dengan pereaksi lain membentuk produk, dan setelah produk dihasilkan katalis melakukan regenerasi menjadi zat

semu. Katalis heterogen biasanya berupa padatan yang bekerja pada pereaksi berupa gas atau cairan, dan reaksi katalisis terjadi pada permukaan katalis (Yayan dan Agus, 2009). Bahan – bahan yang dapat digunakan sebagai katalis adalah menggunakan logam – logam mulia antara lain Platinum, Rhodium dan Palladium. Namun karena jumlahnya terbatas dan harga mahal maka membatasi pemakaiannya (Irawan, 2016). Oleh karena itu perlu adanya suatu penelitian untuk membuat katalis dari bahan alam yang lebih murah tanpa harus mengesampingkan kualitas katalis.

Kemampuan suatu katalis dalam mempercepat laju reaksi dipengaruhi oleh berbagai faktor. Faktor-faktor yang mempengaruhi performa katalis antara lain adalah sifat fisika dan kimia katalis; kondisi operasi seperti temperatur, tekanan, laju alir, waktu kontak; jenis umpan yang digunakan; jenis padatan pendukung yang digunakan. Katalis yang dipreparasi dengan cara yang berbeda akan menghasilkan aktivitas dan selektivitas yang berbeda. Kemampuan suatu katalis dalam mempercepat laju reaksi dipengaruhi oleh berbagai faktor. Faktor-faktor yang mempengaruhi performa katalis antara lain adalah sifat fisika dan kimia katalis; kondisi operasi seperti temperatur, tekanan, laju alir, waktu kontak; jenis umpan yang digunakan; jenis padatan pendukung yang digunakan. Katalis yang dipreparasi dengan cara yang berbeda akan menghasilkan aktivitas dan selektivitas yang berbeda (Rieke, dkk, 1997).

Zeolite sebagai katalis

Zeolit adalah material kristal silika-alumina yang memiliki struktur penataan polimer tiga dimensi yang terdiri dari unit-unit tetrahedral SiO_4 dan AlO_4^- , yang bergabung dengan jalan pemakaian bersama (sharing) oksigen. Struktur zeolit dapat dilihat pada Gambar 1. Berdasar struktur padatan yang berpori dan memiliki rongga-rongga serta stabilitas termal yang besar, material mirip zeolit dapat difungsikan sebagai pengemban logam katalis atau adsorben (Mufrodi, dkk., 2010).

Menurut Sutarti dan Rahmawati, 1994 Zeolit sering digunakan Katalis karena memiliki penyusun yang penting yang tidak dapat ditemukan dalam katalis amorf konvensional. Zeolit mempunyai struktur berongga dan biasanya rongga ini diisi oleh air dan kation yang bisa dipertukarkan dan memiliki ukuran pori yang tertentu. Oleh karena itu zeolit dapat dimanfaatkan sebagai penyaring, penukar ion, penyerap bahan dan katalisator. Zeolite dapat digunakan untuk menjerap limbah secara langsung. Namun untuk meningkatkan kemampuan penjerapan dari zeolite, maka dapat dilakukan suatu tindakan aktivasi. Aktivasi Dapat dilakukan melalui proses pengasaman (Ribeiro, dkk., 2010). Zeolit juga mempunyai struktur mikroporous sehingga dapat menyediakan tempat yang besar untuk terjadinya reaksi serta memungkinkan reaksi dapat berlangsung pada tekanan yang lebih tinggi. Rasio Si/Al yang cukup tinggi pada zeolit menyebabkan zeolit bersifat hidrofobik-organofilik yang akan mendukung proses difusi reaktan. Dimensi molekular zeolit juga menyebabkan zeolit selektif terhadap reaktan, produk, serta keadaan transisi (Hamdan, 1992).

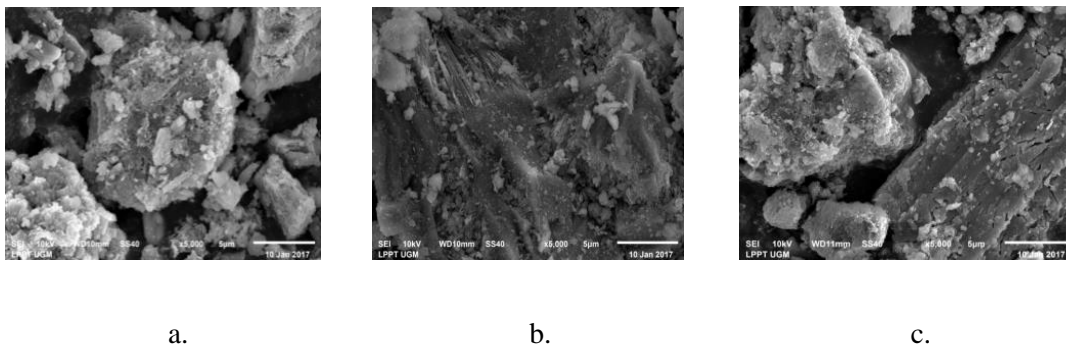
METODE PENELITIAN

Prosedur pembuatan katalis dengan memperkecil ukuran hingga 200 mesh, kemudian dicampur dengan larutan H_2SO_4 selama 4 jam di dalam labu leher tiga yang dilengkapi pendingin balik pada suhu 90°C . Kemudian dipisahkan dengan menyaring. Padatan hasil dinetralkan dengan aquades dan dikeringkan dengan oven. Hasil yang ada dianalisis untuk mengetahui bentuk morfologi permukaan katalis dengan menggunakan Scanning Electron Microscope (SEM), struktur kristal dengan X-ray Diffraction (XRD) dan densitas dari katalis sebelum dan sesudah diaktivasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Scanning Electron Microscope (SEM)

Hasil morfologi permukaan katalis sebelum dan sesudah aktivasi dapat dilihat pada Gambar 1. berikut.

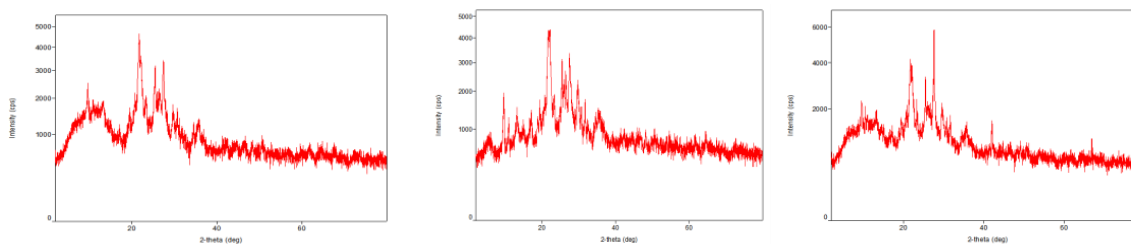


Gambar 1. Analisis SEM pada a. Zeolite alam tanpa aktivasi, b. Zeolite alam diaktivasi dengan 0,5 M H₂SO₄, c. Zeolite alam diaktivasi dengan 1 M H₂SO₄

Hasil identifikasi zeolit dengan menggunakan Scanning Electron Microscope (SEM) dapat dilihat pada Gambar 1. dengan bentuk morfologi zeolite berupa kristal berpori yang masih rapuh. Zeolit alam yang sudah diaktivasi terlihat lebih keras dan memiliki struktur lebih padat, ini bisa dilihat pada gambar 1.b dan 1.c. Jika dibandingkan maka aktivasi zeolite dengan 1 M H₂SO₄ lebih kokoh dan berpori dibanding dengan menggunakan 0,5 M H₂SO₄.

Uji X-ray Diffraction (XRD)

Untuk hasil uji XRD sebelum dan sesudah aktivasi dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.



Uji Densitas

Untuk uji densitas dari katalis dapat diketahui banyaknya pori yang terbentuk dimana struktur Kristal yang kokoh namun memiliki lubang pori yang banyak.

Tabel 1. Densitas zeolite tanpa dan dengan aktivasi

Zeolite diaktivasi H ₂ SO ₄	Densitas
Belum diaktivasi	40,5
Diaktivasi 0,5 M	40,0
Diaktivasi 1 M	20,0

Dari tabel 1 dapat dilihat bahwa densitas yang kecil ada pada zeolite dengan aktivasi 1 M, yang berarti struktur pori lebih terbentuk pada aktivasi tersebut. Hal ini memperkuat hasil dari analisis morfologi menggunakan SEM dan analisis struktur kristal menggunakan XRD.

KESIMPULAN

Dari penelitian pembuatan katalis dari zeolit alam yang dilakukan dapat disimpulkan.

1. Zeolit alam sebelum diaktifasi memiliki struktur yang rapuh sedangkan setelah diaktivasi terbentuk struktur kristal.
2. Fase kristal zeolite yang paling bagus terjadi pada zeolit alam yang diaktivasi dengan menggunakan 1 M H₂SO₄.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi yang telah membiayai penelitian ini dengan skema Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi dengan Kontrak Penelitian Nomor: 109/SP2H/LT/DRPM/2018 dan Surat Kontrak Penelitian Universitas Ahmad Dahlan Nomor: PTUPT-108/SKPP/III/2018.

DAFTAR PUSTAKA

- Barthomeuf, D., dalam Imelik, B., Naccache, C., Coudurier, G., taarit, Y. B., and Vedrine, J. C., 1985, *catalysis by acids and bases*, Amsterdam: elsevier
- Distamben Jawa Barat, 2002, *Sebaran Zeolit Di Jawa Barat*, Data Statistik.
- Hamdan, H., 1992, Introduction to zeolites synthesis, characterization and modification, Universiti Teknologi Malaysia: Malaysia.
- Haslego, C., 1999, “*Green Chemistry with Zeolite Catalyst*”, www.cheresources.com.
- Irawan dan Bagas, 2006, *Pengaruh Katalis Tembaga Dan Krom Terhadap Emisi Gas Carbon Monoksida Dan Hidro Carbon Pada Kendaraan Motor Bensin*, Traksi. Vol. 4. No. 1, jurnal.unimus.ac.id hal. 34.
- Mufrodi, Z., Sutrisno, B., dan Hidayat, A., 2010, *Modifikasi Limbah Abu Layang sebagai Material Baru Adsorben*, ISSN 1693 – 4393, vol.5 hal. 2-4

- Nuryonto, Sulistio, H., Rahayi S.S., dan Sutijian. 2010. *Uji Performa Katalisator Resin Penukar Ion Untuk Pengolahan Hasil Samping Pembuatan Biodiesel Menjadi Triacetin. Prosiding Seminar Rekayasa Kimia dan Process.*
- Ribeiro, F., Alvares, F., Henriques, Lemos, F., Lopes, J.M., and Ribeiro, M.F., 1995, *StructureActivity Relationship in Zeolites*, Journal of Molecular Catalysis A: Chemical, 95, 245-270.
- Rieke, R.D., Thakur, D., Roberts, B., and White, T., 1997, *Fatty Methyl Ester Hydrogenation to Fatty Alcohol Part I: Correlation Between Catalyst Properties and Activity/Selectivity*, JAOCS, vol. 74, No.4, hal. 333-339.
- Sunarya, A. dan Setya,B., 2009, *Mudah dan Aktif Belajar Kimia untuk Kelas XI Sekolah Menengah Atas/Madrasah Aliyah Program Ilmu Pengetahuan Alam.*Jakarta: Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional

Optimum condition of biodiesel production from waste cooking oil using continuous stirred tank reactor

Erna Astuti, Zahrul Mufrodi

*Department of Chemical Engineering, Faculty of Industrial Technology, Universitas Ahmad Dahlan
Jl. Prof. Dr. Soepomo, S.H.Janturan Yogyakarta 55164 Indonesia*

Abstract

Energy demand in Indonesia is increasing, but the availability of fossil energy is running low. Therefore the effort to get renewable energy is increasingly encouraged. The most widely alternative energy used in Indonesia is biodiesel. Waste cooking oil is very potential to be utilized as raw material of biodiesel. Currently there are 3.75 million liters of waste cooking oil per year. Waste cooking oil when discharged into the body of water will form a layer so that oxygen is blocked into the water. Utilization of waste cooking oil into biodiesel will reduce the burden of environmental pollution by waste cooking oil. This paper proposes optimum conditions of biodiesel production from waste cooking oil using continuous stirred tank reactor with base catalyst. The research variables are reaction temperature, the mole ratio of waste cooking oil and methanol, and the amount of catalyst. This paper also evaluates the heating value of biodiesel produced from waste cooking oil.

Keywords: Biodiesel, waste cooking oil, continuous stirred tank reactor, quality standard

1. Introduction

Biodiesel is one of the most promising renewable energies [1,2] and is produced from various vegetable oils such as palm oil, coconut oil, jatropha oil, kapok seed oil, animal fats and waste cooking oil [3-6]. Vegetable oils that are prospective for biodiesel feedstock are palm oil and its derivatives. But palm oil has some disadvantages between being easily oxidized and being damaged because palm oil contains lots of fatty acids. The use of palm oil will disrupt the availability of palm oil as cooking oil so as to interfere with food security [7]. In addition, biodiesel production from vegetable oil is higher than fossil oil due to high raw material cost. One alternative to get biodiesel at low cost is to use the raw material of waste cooking oil [8]. Ruhyat and Firdaus [9] evaluated the feasibility of some biodiesel raw materials and stated that the most suitable vegetable oils are used as biodiesel raw materials is waste cooking oil. The processing of biodiesel from waste cooking oil is an effective way to reduce the selling price of biodiesel due to the low cost of raw materials [10].

Palm oil is one of the most widely produced oil in the world and Indonesia is the largest producer of palm oil in the world. Data from the Ministry of Agriculture stated that Indonesia's palm oil production in 2016 is 32 million tons, 27 tons are exported and 5 million is used for domestic consumption. If there is a 25% shrinkage during frying, there will be 3.75 million tons of waste of waste cooking oil. Utilization of waste cooking oil into biodiesel is one effort to overcome the waste cooking oil as well as become one of renewable alternative energy sources.

The transesterification process can be done in batch or continuous. Transesterification reactions can be done using three kinds of catalyzed so this reaction can be divided as acid catalyzed reactions [11], alkaline catalyzed reactions [12], or enzyme catalyzed reactions [13]. Processes that use enzymes as catalysts require a much longer reaction time than other processes. Therefore, this process is rarely

* Manuscript received July 13, 2018; revised January 12, 2019.

Corresponding author. *E-mail address:* erna.uad@che.uad.ac.id.

doi: 10.12720/sgce.8.2.201-205

studied and used. In this study continuous transesterification reaction of waste cooking oil with variations in comparison of waste cooking oil and methanol with KOH catalyst.

2. Methodology

The materials used were waste cooking oil from household waste with a mass density of 0.99 g/ml, methanol with a mass density of 0.792 g/ml and free fatty acid of 1.43, and kalium hydroxide (KOH) from Merck.

Waste cooking oil, which was heated at 60 °C, and methoxide solution was continuously streamed into continuously stirred tank reactor with a ratio of waste cooking oil and methanol of 1: 4, 1: 6, 1: 8 and 1:10. The residence time was 1.5 hours. The product of the transesterification reaction was flowed continuously to the container. After the process is complete, the solution was to stay overnight. Furthermore, the separation of biodiesel and glycerol results was done. Then the quality of biodiesel were analysis refer to ASTM methods.

3. Result and Discussion

Waste cooking oil is very potential to be utilized as raw material for producing biodiesel because it contains enough fatty acids. To prove the presence of fatty acids in biodiesel made from waste cooking oil, sample was analyzed by gas chromatography mass spectrometry (GCMS). The result of GCMS analysis of biodiesel is:

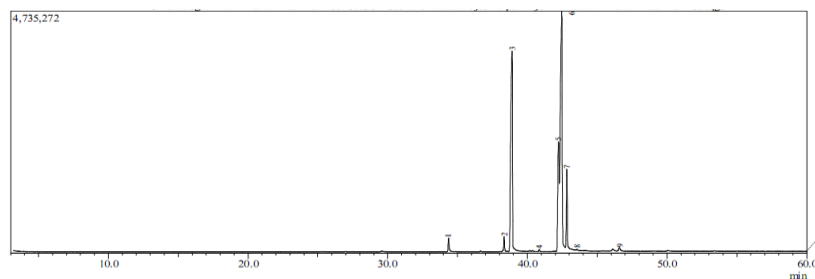


Fig. 1. The GCMS analysis of biodiesel from waste cooking oil at temperature of 60 °C, mole ratio of oil/methanol of 1:6 and the amount of KOH catalyst of 1.5 % b/b of waste cooking oil.

Fig. 1 shows that the biodiesel consists of several kinds of compounds, as evidenced by the presence of several peak areas in the reading. The compounds are within the range of retention time of 34 minutes to 47 minutes.

The type of fatty acid formed in the biodiesel production reaction depends on the type of vegetable oil used as the raw material and the treatment performed. Taufiqurrahmi et al [14] stated that biodiesel from cooking oil consists of palmitic acid, stearate acid, oleic acid, linoleic acid, linolenic acid, palmitic acid, lauric acid and other acidic species. In this study, biodiesel, which was produced contain several fatty acids, shown in Table 1.

Table 1. Types of fatty acids in biodiesel from waste cooking oil

Compound	Mass weight, g/gmol	% b/b
9-Hexadecenoic acid	268	1,29
Pentadecanoic acid	270	35,10
9,12-Octadecadienoic acid	294	14,38
11-Octadecenoic acid	296	0,06
Octadecanoic acid	298	48,71
Eicosanoic acid	326	0,46
Total		100,0

Table 1 shows fatty acids formed from transesterification reactions are fatty acids with a carbon number ranging from 17 to 19. The type of fatty acids present in large quantity is octadecanoic acid. From table 1 we can calculate molecular weight of biodiesel, which is equal to 287.34 g/gmol.

This research has studied the effect of reaction temperature, mole ratio of waste cooking oil/methanol and the amount of catalyst. The previous paper [15] determined that biodiesel, which on specification of Indonesian biodiesel quality standards was biodiesel produced at mole ratio of oil/methanol of 1/6. This paper discusses the optimum condition of biodiesel production uses waste cooking oil, especially the reaction temperature and the amount of KOH catalyst. The yields of biodiesel in different temperature are listed in Table 2.

Table 2. Yield of biodiesel (mole ratio of oil/methanol of 1/10, KOH of 1% b/b)

Reaction temperature, °C	yield of biodiesel, % v/v
55	43,4
60	64,8
65	61,2

Table 2 explains that the maximum yield of biodiesel was obtained at reaction temperature of 60 °C. At temperature of 65 °C, the yield of biodiesel decrease. Probably on this condition a part of the methanol vaped because the boiling point of methanol is 64,7 °C.

Trans-esterification commonly use acid catalyst (HCl, H₂SO₄) or base catalyst (NaOCH₃, KOH, NaOH). The most commonly used base catalyst is NaOH or KOH of 0.5 to 1.0% by weight of oil [16]. The KOH is more reactive than NaOH, so the conversion obtained with a KOH catalyst is higher than that of NaOH. Because of this reason, this research used KOH as a catalyst. The amount of catalyst (percentage of the weight of waste cooking oil) was varied. The yield of biodiesel can be read in Table 3.

Table 3. Yield of biodiesel (at mole ratio of oil/methanol of 1/10, temperature of 60oC)

Amount of catalyst, %	Yield of biodiesel, %
1.0	68.90
1.5	63.54
2.0	86.44
2.5	61.07
3.0	61.94

Table 3 described that the optimum amount of KOH catalyst is 2.0% b/b of waste cooking oil. At above percentage, the using of catalyst cause side reaction, probably the saponification was conducted. The side reaction cause the yield of biodiesel decrease.

To know the potential usage of this research, this paper also evaluate heating value of biodiesel from waste cooking oil (see Table 4).

Table 4. Heating value of biodiesel

Ratio of oil/methanol	Heating value, Cal/kg
1:4	9580.568
1:6	9679.308
1:8	9842.613
1:10	9527.875

The heating value of fuel oil, include diesel, is in the range from 18,300 to 19,800 Btu/lb [17]. National standard of Indonesia gives the rule that the minimum heating value of biodiesel is 8,843.22 Cal/kg [15]. The average heating value of biodiesel produced is 9,657.591 Cal/kg. This proves that the biodiesel from waste cooking oil can replace the function of diesel as fuel. Biodiesel from waste cooking oil can be used as alternative energy. The data presented in this paper can be used as biodiesel plant design data from waste cooking oil. Furthermore, glycerol as by-product biodiesel is also utilized into products that have more value-added such as triacetin [18, 19] and 1,3-dinitroglycerin [20,21]. This will increase the economic value of the biodiesel plant from used cooking oil.

4. Conclusion

Biodiesel produced 100% contains fatty acids and consists of various fatty acids. Optimum conditions of production biodiesel from waste cooking oil are mole ratio of waste cooking oil/methanol of 1/6, the reaction temperature of 65°C and the amount of KOH catalyst of 2% b/b of waste cooking oil. The calorific value of biodiesel from waste cooking oil is 9,657.591 Cal/kg. The value obtained is in the range of fuel oil values.

Acknowledgements

The authors would like to thank The Ministry of Research Technology and Higher Education of the Republic of Indonesia who has funded this research with The Excellent Applied Research of University Scheme under the PTUPT-115/SKPP/III/2018 contract number and Laboratory of Unit Operation, Chemical Engineering Department, Universitas Ahmad Dahlan for providing equipment for this research.

References

- [1] Atadashi IM, Sulaiman NMN. The effect of catalysts in biodiesel production: A review. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 2013; 19: 14-26.
- [2] Leung DYC, Leung MKH. A review on biodiesel production using catalyzed transesterification. *Applied Energy*, 2010; 87(4):1083-1095.
- [3] Demirbas A. Progress and recent trends in biodiesel fuels. *Energy Conversion and Management*, 2009; 50(1): 14-34.
- [4] Kawentar WA, Budiman. A synthesis of biodiesel from second used cooking oil. *Energy Procedia*, 2013; 32:190-199.
- [5] Heikal EK, Khalil SA, Abdou IK. Biodiesel from jatropha oil. *Renewable energy in the Service of Mankind*, 2015; 1:39-46.
- [6] Oliveira JF, Parente Jr. EJS. Biodiesel production from waste coconut oil by esterification with ethanol: The effect of water removal by adsorption. *Renewable energy*, 2010; 35(11):2581-2584.
- [7] Wijaya K. (Desember 2011). Biodiesel dari Minyak Goreng Bekas. [Online]. Available: Information on <http://pse.ugm.ac.id/?p=338>
- [8] Gnanaprakasam A, Sivakumar VM, Surendhar A, Thirumarimurugan M, Kannadasan T. Recent strategy of biodiesel production from waste cooking oil and process influencing parameters: a review. *Journal of Energy*. 2013; 213: 1-10.
- [9] Ruhyat N, Firdaus A. Analisis Pemilihan Bahan Baku Biodiesel di DKI Jakarta. Thesis, Universitas Mercu Buana, Jakarta; 2006.
- [10] Zhang Y, Du MA, McLean DD, Kates M. Biodiesel production from waste cooking oil: 1. Process design and technological assessment. *Journal of Biorenewable Technology*, 2003; 89(1):1-16.
- [11] Tran HL, Ryu YJ, Seong DH, Lim SM, Lee CG. An effective acid catalyst for biodiesel production from impure raw feedstocks. *Biotechnology and Bioprocess Engineering*, 2013; 18 (2): 242-247.
- [12] Ehsan Md, Chowdury MdTH. Production of biodiesel using alkaline based catalysts from waste cooking oil: A case study. *Procedia Engineering*, 2015; 105:638-645.
- [13] Guldhe A, Bux F. Advances in synthesis of biodiesel via enzyme catalysis: novel and sustainable approaches. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2015; 41:1447-1464.
- [14] Taufiqurrahmi N, Mohamed AR, Bhatia S. Production of biofuel from waste cooking palm oil using nanocrystalline zeolite as catalyst: process optimization studies. *Biorenewable Technology*, 2011; 102(22): 10686-10694.
- [15] Astuti E, Mufrodi Z. Pembuatan biodiesel Dari Minyak Goreng Bekas Proses Kontinyu: Uji Kualitas. In: *Proc. of National*

Conference of Chemical Industry and Natural Resources, Mataram; 2017.

- [16] Swern D. *Bailey's Industrial Oil and Fat Product*, 2, 4 ed., pp 130-133, John Wiley and Sons, New York, 1982.
- [17] Siswani ES, Kristianingrum S, Suwardi. Sintesis dan Karakterisasi Biodiesel dari Minyak Jelantah pada Berbagai Waktu dan Suhu. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA (Proceeding of National Conference of Science Education and Application)*, Universitas Negeri Yogyakarta (2012).
- [18] Mufrodi Z, Rochmadi, Sutijan, Budiman. Synthesis acetylation of glycerol using batch reactor and continuous reactive distillation column. *Engineering Journal*, 2014; 18(2):29-39.
- [19] Cahyono RB, Mufrodi Z, Hidayat A, Budiman A. Acetylation of glycerol for triacetin production using zr-natural zeolite catalyst. *ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences*; 11(8):5194-5197.
- [20] Astuti E, Supranto, Rochmadi, Prasetya A. Kinetic modeling of nitration of glycerol: three controlling reactions model. *Engineering Journal*, 2014; 18(3):73-82.
- [21] Astuti E, Supranto, Rochmadi, Prasetya A. Optimum operating conditions of glycerol nitration to produce 1, 3-dinitroglycerin. *ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences*, 2016; 11(8):5203 – 5208.

SURAT PERNYATAAN TANGGUNG JAWAB BELANJA

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Dr ERNA ASTUTI S.T, M.T

Alamat : Krapyak VII RT 01 RW 20 Margoagung, Seyegan, Sleman, DI Yogyakarta berdasarkan Surat Keputusan Nomor 109/SP2H/LT/DRPM/2018 dan Perjanjian / Kontrak

Nomor PTUPT-108/SKPP/III/2018 mendapatkan Anggaran Penelitian ECO-FRIENDLY MINIPLANT PEMBUATAN BIODIESEL PROSES KONTINYU DENGAN KATALIS LOKAL TERMODIFIKASI sebesar 100,000,000 .

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Biaya kegiatan penelitian di bawah ini meliputi :

No	Uraian	Jumlah
01	Honorarium Honorarium pembantu lapangan	13,600,000
02	Peralatan Penunjang Sewa alat analisis (uji X-Ray Diffraction (XRD), Scanning Electron Microscopic (SEM), Fourier Transform Infra Red (FTIR), Gas Chromatography Mass Spectrometry), Sewa alat uji kualitas biodiesel (rapat massa, viskositas, flash point, cloud point, kadar air dan abu, nilai kalor), Alat tulis kantor (ATK)	18,351,900
03	Bahan Habis Pakai Pembelian bahan kimia (metanol, Na ₂ CO ₃ , CaCl ₂ , KOH dll), konsumsi, paket internet, biaya pendaftaran paten, biaya pendaftaran international conference	45,393,440
04	Perjalanan Perjalanan diskusi tim, perjalanan seminar, Uang perjalanan dinas	19,224,700
05	Lain-lain Sewa alat laboratorium	3,776,750
	Jumlah	100,346,790

2. Jumlah uang tersebut pada angka 1, benar-benar dikeluarkan untuk pelaksanaan kegiatan penelitian dimaksud.

3. Bersedia menyimpan dengan baik seluruh bukti pengeluaran belanja yang telah dilaksanakan.

4. Bersedia untuk dilakukan pemeriksaan terhadap bukti-bukti pengeluaran oleh aparat pengawas fungsional Pemerintah

5. Apabila di kemudian hari, pernyataan yang saya buat ini mengakibatkan kerugian Negara maka saya bersedia dituntut penggantian kerugian negara dimaksud sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.

Demikian surat pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya.

Kota Yogyakarta, 14 - 11 - 2018

Ketua LPPM UAD



Ketua,

(Dr. Widodo, M. Si.)
NIP. 196002211987091001

(Dr. Erna Astuti, S. T.,
M.T.) NIY. 60960141

