Fokus Kegiatan: Kelapa Sawit

LAPORAN TAHUN I PENELITIAN PRIORITAS NASIONAL MASTERPLAN PERCEPATAN DAN PERLUASAN PEMBANGUNAN EKONOMI INDONESIA 2011-2025 (PENPRINAS MP3EI 2011-2025)

FOKUS/KORIDOR: Sentra Produksi dan Pengolahan Hasil Bumi dan Lumbung Energi Nasional

TOPIK KEGIATAN

PRODUKSI BIOFUEL DARI ASAM LEMAK SAWIT DISTILAT

Dr. Fajril Akbar, MSi Ida Zahrina, ST.MT Dra. Yelmida, MSi



UNIVERSITAS RIAU

HALAMAN PENGESAHAN

1. Topik Kegiatan : Produksi Biofuel dari Asam Lemak Sawit Distilat

2. Fokus : Kelapa Sawit

3. Ketua Peneliti

a. Nama Lengkap : Dr. Fajril Akbar, MSi

b. Jenis Kelamin : Laki-laki

c. NIP : 19580210 198702 1 001

d. NIDN : 0010025802

e. Jabatan Struktural : f. Jabatan Fungsional : Lektor

g. Perguruan Tinggi : Universitas Riau h. Fakultas/Jurusan : Teknik / Teknik Kimia

i. Pusat Penelitianj. Alamati. Lab. TRK dan Lab. Teknologi Produkj. Kampus Binawidya UR Km 12,5 Panam

k. Telpon/Faks : 0761566937

l. Alamat Rumah : Jl. Purwodadi Perumahan Palam Regency B 11

Kec. Tampan, Panam-Pekanbaru

m. Telpon/Faks/Email : 081365699792

4. Jangka Waktu Penelitian : 3 tahun

5. Pembiayaan

a. Jumlah yang diajukan ke Dikti tahun ke-1 : Rp. 177.000.000,b. Jumlah yang diajukan ke Dikti tahun ke-2 : Rp. 196.000.000,-

c. Jumlah yang diajukan ke Dikti tahun ke-3: Rp. 157.437.000,-

6. Mitra

Mengetahui,

Universitas Riau

Kontribusi dari Mitra (in cash)

Pekanbaru,

Desember 2012

Ketua Peneliti.

Prof. Dr. H. Usman M. Tang, MS

NIP 1964 00501 198903 1 001

Ketua Lembaga Penelitian

Dr. Fajril Akbar, MSi

NIP.19580210 198702 1 001

Menyetujui:

Rektor Universitas Riau

Prof. Dr. Ashaluddin Jalil, MS NIP. 19550522 197903 1 003

HALAMAN PENGESAHAN

1. Topik Kegiatan : Produksi Biofuel dari Asam Lemak Sawit Distilat

2. Fokus : Kelapa Sawit

3. Ketua Peneliti

a. Nama Lengkap : Dr. Fajril Akbar, MSi

b. Jenis Kelamin Laki-laki

c. NIP 19580210 198702 1 001

d. NIDN : 0010025802

e. Jabatan Struktural f. Jabatan Fungsional : Lektor

g. Perguruan Tinggi : Universitas Riau h. Fakultas/Jurusan : Teknik / Teknik Kimia

i. Pusat Penelitian : Lab. TRK dan Lab. Teknologi Produk j. Alamat : Kampus Binawidya UR Km 12,5 Panam

k. Telpon/Faks : 0761566937

l. Alamat Rumah : Jl. Purwodadi Perumahan Palam Regency B 11

Kec. Tampan, Panam-Pekanbaru

m. Telpon/Faks/Email : 081365699792

4. Jangka Waktu Penelitian : 3 tahun

5. Pembiayaan

a. Jumlah yang diajukan ke Dikti tahun ke-1: Rp. 177.000.000,-

b. Jumlah yang diajukan ke Dikti tahun ke-2: Rp. 196.000.000,-

c. Jumlah yang diajukan ke Dikti tahun ke-3: Rp. 157.437.000,-

6. Mitra

Kontribusi dari Mitra (in cash)

Mengetahui, Ketua Lembaga Penelitian

Universitas Riau

Pekanbaru, Desember 2012 Ketua Peneliti.

Prof. Dr. H. Usman M. Tang, MS

NIP, 196400501 198903 1 001

Dr. Fajril Akbar, MSi NIP.19580210 198702 1 001

Menyetujui: Rektor Universitas Riau

Prof. Dr. Ashaluddin Jalil, MS

Jungare

NIP. 19550522 197903 1 003

ABSTRAK

Pengolahan CPO (*Crude Palm Oil*) sebagai bahan baku industri hilir berbasis oleokimia diawali dengan proses pemurnian CPO sehingga diperoleh RBDPO (*refined bleached deodorized palm oil*). Pada proses ini akan terpisah asam lemak sawit distilat sebagai limbah. Asam lemak sawit distilat merupakan hidrokarbon rantai panjang sehingga dapat direngkah menjadi biofuel. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa asam lemak sawit distilat dapat direngkah menjadi biofuel menggunakan katalis zeolit sintesis (dipreparasi dari *fly ash* sawit) dengan konversi reaksi mencapai 98,7% pada temperatur 280°C. namun selektivitas reaksi ke arah pembentukan biofuel masih rendah (masih terbentuk senyawa kimia lain).

Penelitian ini bertujuan merengkah asam lemak sawit distilat sebagai bahan baku untuk produksi biofuel dengan menggunakan katalis zeolit alam yang dikombinasi dengan logam transisi (Ni, Mo, Co, Fe dan Cu). Hasil yang dicapai adalah untuk mendapatkan data kondisi proses yang optimum dari reaktor perengkahan katalitik skala laboratorium yang selanjutnya dapat dijadikan data untuk teknologi tepat guna, publikasi artikel di jurnal nasional terakreditasi serta HKI.

Teknologi pengolahan biofuel dari asam lemak sawit distilat akan dapat dimanfaatkan oleh industri pengolahan dan pemurnian minyak sawit maupun industri hilirnya untuk bahan bakar mesin-mesin produksi maupun alat transportasi buah sawit dari kebun ke lokasi pengolahan. Selain itu, masyarakat di sekitar industri pengolahan sawit yang umumnya berlokasi jauh dari sumber bahan bakar minyak, dapat mengaplikasikan teknologi ini untuk memproduksi bahan bakar sendiri. Akibat lokasinya yang jauh dari sumber bahan bakar minyak, menyebabkan daerah-daerah ini sering mengalami kekurangan pasokan bahan bakar dan harganya juga lebih tinggi akibat biaya transportasi bahan bakar. Masyarakat pedesaan dapat memanfaatkan bahan bakar ini sebagai bahan bakar kompor. Oleh karena itu, penting diupayakan pemanfaatan limbah asam lemak sawit distilat sebagai sumber bahan bakar alternatif guna mewujudkan industri ataupun desa mandiri energi, yang selanjutnya akan bermuara pada peningkatan perekonomian masyarakat.

Yield tertinggi diperoleh sebesar 52% menggunakan katalis Zeolit Aktif pada konsentrasi asam 3 N pada temperatur 380°C. Senyawa utama yang diperoleh yaitu pentadecane sebanyak 32,22% dan asam palmitat sisa sebesar 6,17%. Perengkahan asam lemak sawit distilat menggunakan katalis Cu/Zeolit, Fe/Zeolit, FeMo/Zeolit, Ni/ Zeolit dan NiMo/Zeolit tidak memberi yield biofuel yang lebih tinggi dari katalis Zeolit Aktif pada konsentrasi asam 3 N. Proses perengkahan asam lemak sawit distilat dengan berbagai katalis menghasilkan senyawa utama berupa pentadecane. Senyawa lainnya yaitu hexane, octane, tridecane, octadecane, pentadecane serta heptadecane.

Kata kunci : asam lemak sawit distilat, biofuel, logam transisi, perengkahan katalitik, zeolit

PRAKATA

Puji dan syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian serta menyusun laporan penelitian yang berjudul "Produksi Biofuel dari Asam Lemak Sawit Distilat".

Penelitian ini diharapkan akan bermanfaat bagi pengembangan dan desain proses produksi dan aplikasi biofuel dari asam lemak sawit distilat sebagai bahan bakar alternatif. Karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada Bagian Proyek Peningkatan Kualitas Sumber Daya Manusia, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional yang telah membiayai penelitian ini.

Selama penelitian dan penyusunan laporan ini, penulis banyak mendapatkan bantuan berupa petunjuk dan dukungan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

- Rektor Universitas Riau, selaku pimpinan melalui Lembaga Penelitian Universitas Riau yang telah mendukung pelaksanaan penelitian ini
- 2. Dekan dan seluruh pimpinan Fakultas Teknik Universitas Riau
- 3. Kepala Laboratorium Teknik Reaksi Kimia Fakultas Teknik UNRI
- 4. Seluruh dosen, staf dan karyawan Fakultas Teknik Universitas Riau, serta semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari kemungkinan adanya kekurangan dalam penulisan laporan ini. Karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik serta saran yang membangun demi kesempurnaan di masa mendatang. Penulis mengharapkan agar laporan penelitian ini bermanfaat bagi kita semua.

Pekanbaru, November 2012

DAFTAR ISI

Halam	ıan
LEMBAR RENGEGARIAN	
LEMBAR PENGESAHAN	
ABSTRAK	
PRAKATA	
DAFTAR ISI	
DAFTAR GAMBAR.	
DAFTAR TABEL	vi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Khusus	
1.3 Urgensi Penelitian	
1.4 Manfaat Penelitian.	
1.7 Maintait Pelicification	_
BAB II STUDI PUSTAKA	
2.1 Biofuel	
2.2 Palm Fatty Acid Distillate (PFAD)	7
2.3 Cracking (Perengkahan)	8
2.4 Zeolit	11
2.5 Penelitian Pendahuluan yang Telah Dilakukan	14
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Prosedur Penelitian	15
3.1.1 Persiapan Bahan Baku	
3.1.2 Pembuatan Katalis	
3.1.3 Perengkahan PFAD	
<u> </u>	
3.2 Analisa Produk	
3.3 Bagan Alir Penelitian	23
BAB IV HASIL PENELITIAN	
4.1 Katalis Hasil Preparasi	25
4.1.1 Katalis Zeolit Aktif	25
4.1.2 Katalis Ni/Zeolit dan NiMo/Zeolit	27
4.1.3 Katalis Fe/Zeolit dan FeMo/Zeolit	29
4.1.4 Katalis Cu/Zeolit dan CoMo/Zeolit	30
4.2 Perengkahan Asam Lemak Sawit Distilat dengan Katalis Zeolit Aktif	
dengan Variasi Konsentrasi Asam dan Temperatur Reaksi	31
4.3 Perengkahan Asam Lemak Sawit Distilat dengan Katalis Zeolit Aktif	32
dengan Variasi Rasio Katalis/Umpan dan Temperatur Reaksi	34
4.4 Perengkahan Asam Lemak Sawit Distilat dengan Katalis Ni/Zeolit	
dengan Variasi Konsentrasi Logam Ni dan Temperatur Reaksi	36

4.5 Perengkahan Asam Lemak Sawit Distilat dengan Katalis Ni/Zeolit	
dengan Variasi Rasio Katalis/Umpan dan Temperatur Reaksi	37
4.6 Perengkahan asam lemak sawit dengan katalis Cu/Zeolit, Fe/Zeolit,	
FeMo/Zeolit dan NiMo/Zeolit	39
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	40
5.2 Saran	40
DAFTAR PUSTAKA	41
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel	Halam	an
2.1	Komposisi asam lemak jenuh dan tak jenuh dalam PFAD	7
4.1	Yield Biofuel menggunakan katalis Zeolit Aktif dengan variasi konsentrasi asam katalis dan temperatur reaksi	31
4.2	Komposisi produk perengkahan asam lemak sawit dengan katalis Zeolit Aktif dengan variasi konsentrasi asam katalis dan temperatur reaksi	32
4.3	Yield biofuel menggunakan katalis Zeolit Aktif dengan variasi rasio katalis/umpan dan temperatur reaksi	33
4.4	Komposisi produk perengkahan asam lemak sawit dengan katalis Zeolit Aktif dengan variasi rasio katalis/umpan dan temperatur reaksi	33
4.5	Yield Biofuel menggunakan katalis Ni/Zeolit dengan variasi temperatur dan konsentrasi logam Ni	34
4.6	Komposisi produk perengkahan asam lemak sawit dengan katalis Ni/Zeolit dengan variasi temperatur dan konsentrasi logam Ni	35
4.7	Yield Biofuel menggunakan katalis Ni/Zeolit dengan variasi temperatur dan rasio katalis/umpan	36
4.8	Komposisi produk perengkahan asam lemak sawit dengan katalis Ni/Zeolit dengan variasi temperatur dan rasio katalis/umpan	36
4.9	Yield biofuel menggunakan katalis Cu/Zeolit, Fe/Zeolit, FeMo/Zeolit, CoMo/Zeolit dan NiMo/Zeolit	39
	C01.10/2001	

DAFTAR GAMBAR

Gambar		
	Reaksi Perengkahan Trigliserida	9 12
3.1 Diagram Al3.2 Proses impress3.3 Proses kalsi3.4 Proses Peres	n Sekunder Struktur Zeolit ir Penelitian egnasi logam ke zeolit aktif nasi, oksidasi dan reduksi katalis ngkahan Katalitik Asam Lemak Sawit Distilat m Sinar X Zeolit tanpa aktivasi	18 21 21
4.3 Scanning el	m sinar X katalis Zeolit Aktifectron microscopy (a) zeolit alam tanpa aktivasi (b) zeo	
4.4 Difraktogran4.5 Scanning ele4.6 Difraktogran4.7 Scanning ele4.8 Difraktogran	m Katalis Ni/Zeolit (atas) dan NiMo/Zeolit (bawah) ectron microscopy katalis Ni/Zeolit dan NiMo/Zeolit m Katalis Fe/Zeolit (atas) dan FeMo/Zeolit (bawah) ectron microscopy katalis Fe/Zeolit dan FeMo/Zeolit m Katalis Cu/Zeolit (atas) dan CoMo/Zeolit (bawah) ectron microscopy katalis Cu/Zeolit dan CoMo/Zeolit	28 29 29
\mathcal{C}	1 🗸	

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan energi dunia (termasuk Indonesia) semakin meningkat dari tahun ke tahun. Kebutuhan energi dunia, lebih dari 80% dipenuhi oleh bahan bakar fosil yang berasal dari minyak bumi dan gas alam. Tingkat pertumbuhan pemakaian energi bahan bakar minyak (BBM) di Indonesia mencapai 5,6% (Heriyono, 2008). Namun, peningkatan pemakaian energi ini tidak disertai dengan produksi energi yang memadai. Oleh karena itu, dipandang perlu untuk segera mengupayakan pengembangan bahan bakar cair alternatif yang dapat berkontribusi pada pemenuhan akan kebutuhan bahan bakar minyak (BBM) Indonesia (Soerawidjaja dkk., 2005).

Mengingat tingkat kemampuan produksi miyak sawit nasional saat ini maupun masa mendatang yang cukup tinggi (diperkirakan mencapai 15 juta ton pada tahun 2012), maka jenis bahan bakar minyak yang dipandang perlu untuk segera dikembangkan adalah bahan bakar minyak berbasis minyak sawit. Sejak tahun 2003 lalu, perkebunan sawit di Riau mulai berkembang secara signifikan. Pada tahun 2008, luas perkebunan sawit Riau mencapai lebih dari 2,6 juta hektar dan menjadikan Riau sebagai penyumbang *crude palm oil* (CPO) terbesar di Indonesia. Mengingat Riau belum memiliki industri hilir pengolahan turunan minyak sawit, maka pabrik kelapa sawit (PKS) yang ada di Riau cenderung menjual CPO ke luar negeri. Oleh karena itu, pemerintah mencanangkan Riau sebagai kawasan cluster industri hilir berbasis pertanian dan oleokimia. Dengan cluster ini, maka perekonomian Riau dan negara Indonesia akan meningkat.

Pengolahan CPO sebagai bahan baku industri hilir berbasis oleokimia diawali dengan proses pemurnian CPO sehingga diperoleh RBDPO (*refined bleached deodorized palm oil*). Proses pemurnian terdiri dari beberapa tahap, yaitu penyingkiran pospatida, penyingkiran warna yang tidak disukai dan penyingkiran bau. Pada tahap proses penyingkiran bau, akan terpisah asam lemak

sawit distilat (*palm fatty acid distillate* =PFAD) sebanyak 6% dari CPO umpan (Hambali dkk, 2007).

Jika seluruh CPO di dalam negeri diolah menjadi bahan baku industri hilir, maka akan diperoleh asam lemak sawit distilat sebanyak 0,9 juta ton/tahun dari proses pemurnian CPO. Asam lemak sawit distilat dapat dikonversi menjadi biofuel dengan proses perengkahan katalitik karena merupakan hidrokarbon rantai panjang. Penggunaan asam lemak sawit distilat sebagai bahan baku produksi biofuel tidak konflik dengan penyediaan pangan dan produk-produk vital lain dalam kehidupan.

1.2 Tujuan Khusus

Tujuan khusus yang akan dicapai dari penelitian ini adalah:

- Memanfaatkan limbah asam lemak sawit distilat sebagai biofuel menggunakan katalis zeolit sintesis yang dikombinasi dengan logam transisi.
- 2. Mendapatkan data-data kondisi proses yang optimum dari proses perengkahan katalitik untuk mengkonversikan asam lemak sawit distilat menjadi biofuel
- 4. Membuat teknologi tepat guna reaktor perengkahan katalitik untuk memproduksi biofuel dalam skala yang lebih besar serta perolehan HKI
- 5. Mendukung program pemerintah dalam pengembangan bahan bakar nabati

1.3 Urgensi Penelitian

Berdasarkan Kebijakan Umum Bidang Energi, ditegaskan bahwa pemenuhan kebutuhan energi dalam negeri perlu diarahkan sedemikian rupa menuju kepada diversifikasi sumber energi yaitu peningkatan *share* penggunaan energi non-minyak mengingat bahwa ekspor minyak mentah masih merupakan salah satu andalan sumber pendapatan devisa negara. Oleh karena itu, dipandang perlu untuk segera mengupayakan pengembangan bahan bakar cair alternatif yang dapat berkontribusi pada pemenuhan akan kebutuhan bahan bakar minyak (BBM) Indonesia. Salah satu jenis bahan bakar cair alternatif yang dipandang berpotensi besar untuk dikembangkan di Indonesia adalah bahan bakar minyak dari sumber daya hayati. Apabila upaya pemanfaatan dan pengembangan bahan bakar minyak

dari sumber daya hayati tersebut dapat diwujudkan maka akan diperolah sejumlah manfaat nasional diantaranya pengurangan beban impor bahan bakar minyak, jaminan ketersediaan bahan bakar, penyediaan lapangan kerja dan berkontribusi pada perbaikan kualitas lingkungan karena bahan bakar tersebut adalah sumber energi terbarukan (Soerawidjaja dkk., 2005).

Mengingat tingkat kemampuan produksi miyak sawit nasional saat ini maupun masa mendatang yang cukup tinggi (diperkirakan mencapai 15 juta ton pada tahun 2012), maka jenis bahan bakar minyak yang dipandang perlu untuk segera dikembangkan adalah bahan bakar minyak berbasis minyak sawit. Kebutuhan CPO (*Crude Palm Oil*) dalam negeri saat ini sebagian besar terserap oleh pabrik minyak goreng dengan kebutuhan rata-rata 3,5 juta ton per tahun.

Pada proses pemurnian CPO, akan diperoleh limbah cair yang dikenal sebagai asam lemak sawit distilat (PFAD = Palm Fatty Acid Distillate) sebanyak 6% dari total produksi (Hambali dkk., 2007). Pada tahun 2012 ini, produksi CPO di Indonesia diperkirakan mencapai 15 juta ton. Jika seluruh CPO di dalam negeri diolah menjadi bahan baku industri hilir, maka akan diperoleh asam lemak sawit distilat sebanyak 0,9 juta ton dari proses pemurnian CPO. Karena itu, asam lemak sawit distilat dengan kadar asam lemak antara 93-97% (Zahrina dkk., 2010) merupakan bahan baku yang cocok digunakan untuk produksi bahan bakar minyak. Pemanfaatan asam lemak sawit distilat sebagai bahan mentah produksi bahan bakar minyak tidak konflik dengan penyediaan pangan dan produk-produk vital lain dalam kehidupan. Teknologi pengolahan biofuel dari asam lemak sawit distilat akan dapat dimanfaatkan oleh industri pengolahan dan pemurnian minyak sawit maupun industri hilirnya untuk bahan bakar mesin-mesin produksi maupun alat transportasi buah sawit dari kebun ke lokasi pengolahan. Selain itu, masyarakat di sekitar industri pengolahan sawit yang umumnya berlokasi jauh dari sumber bahan bakar minyak, dapat mengaplikasikan teknologi ini untuk memproduksi bahan bakar sendiri. Akibat lokasinya yang jauh dari sumber bahan bakar minyak, menyebabkan daerah-daerah ini sering mengalami kekurangan pasokan bahan bakar dan harganya juga lebih tinggi akibat biaya transportasi bahan bakar. Masyarakat pedesaan dapat memanfaatkan bahan bakar ini sebagai bahan bakar kompor. Oleh karena itu, penting diupayakan pemanfaatan limbah asam lemak sawit distilat sebagai sumber bahan bakar alternatif guna mewujudkan industri ataupun desa mandiri energi, yang selanjutnya akan bermuara pada peningkatan perekonomian masyarakat.

1.4 Manfaat Penelitian

Salah satu jenis bahan bakar cair alternatif yang dipandang berpotensi besar untuk dikembangkan di Indonesia adalah bahan bakar minyak dari sumber daya hayati. Jika hal ini dapat diwujudkan, maka akan diperoleh sejumlah manfaat nasional yaitu pengurangan beban impor bahan bakar minyak, jaminan ketersediaan bahan bakar, penyediaan lapangan kerja dan berkontribusi pada perbaikan kualitas lingkungan karena merupakan sumber energi terbarukan.

Bahan bakar minyak berbasis minyak sawit perlu dikembangkan karena kemampuan produksi minyak sawit akan terus meningkat. Pada proses pemurnian CPO akan diperoleh limbah cair asam lemak sawit distilat sebanyak 6% dari total produksi. Jika seluruh CPO di dalam negeri diolah menjadi bahan baku industri hilir, maka akan diperoleh asam lemak sawit distilat sebanyak 0,9 juta ton per tahun (dari 15 juta ton produksi CPO pada tahun 2012), maka akan diperoleh biofuel sebesar 0,882 juta ton per tahun. Penggunaan asam lemak sawit distilat sebagai bahan baku produksi biofuel tidak konflik dengan penyediaan pangan dan produk-produk vital lain. Oleh karena itu, penelitian diharapkan dapat diterapkan melalui teknologi tepat guna untuk memecahkan masalah strategis berskala nasional. Penelitian ini juga diharapkan dapat mendukung pemerintah dalam pengembangan bahan bakar nabati.

BAB II STUDI PUSTAKA

2.1 Biofuel

Biofuel merupakan bahan bakar yang berasal dari bahan tumbuh-tumbuhan, yang juga disebut bahan bakar non fosil. *Biofuel* berbeda dengan bahan bakar yang banyak kita kenal saat ini yaitu bahan bakar motor, minyak tanah dan minyak diesel yang termasuk kelompok energi fosil (Mulia, 2010). Pada proses pembuatan *biofuel* diperoleh beberapa jenis, yaitu (Kardono, 2008):

1. Bioetanol

Bioetanol memiliki banyak kemiripan dengan bensin. Bioetanol dihasilkan dari sumber nabati dari tumbuhan bergula, berselulosa, atau berpati seperti tetes tebu, nira, sorgum, nira nipah, singkong, ubi jalar dan lain-lain. Karateristik bioetanol yang dihasilkan adalah sebagai berikut:

- a. Memiliki angka oktan yang tinggi
- Mampu menurunkan tingkat opasitas asap, emisi partikulat yang membahayakan kesehatan dan emisi CO dan CO₂
- c. Mirip dengan bensin, sehingga penggunaanya tidak memerlukan modifikasi mesin.
- d. Tidak mengandung senyawa timbal.

2. Biodiesel

Biodiesel dalam unsur kimianya merupakan alkil ester (metil, etil, isopropyl, dan sejenisnya) yang berasal dari asam-asam lemak. Biodiesel dapat dihasilkan dari minyak kelapa sawit, minyak biji jarak, dan sebagainya. Biodiesel umumnya dibuat melalui reaksi metanolisis atau etanolisis minyak lemak nabati atau hewani dengan alkohol (metanol/etanol). Karena memiliki sifat fisika dan kimia yang mirip dengan BBM (Bahan Bakar Minyak) alternatif, maka biodiesel memiliki potensi besar untuk memenuhi sebagian kebutuhan BBM diesel.

Karakteristik dari biodiesel adalah sebagai berikut:

- a. Menurunkan tingkat opasitas asap
- b. Menurunkan emisi gas buang
- c. Memiliki sifat pelumas yang lebih baik dari BBM fosil
- d. Mirip dengan BBM diesel, sehingga penggunaanya tidak memerlukan modofikasi mesin
- e. Tidak mengandung senyawa aromatik atau nitrogen
- f. Lebih efisien dalam pembakaran, karena mengandung 11% berat oksigen

Sebagai bahan bakar cair, biodiesel sangat mudah digunakan dan dapat langsung dimasukkan ke dalam mesin diesel tanpa perlu memodifikasi mesin. Selain itu, dapat dicampur dengan solar untuk menghasilkan campuran biodiesel yang memiliki angka *cetane* yang lebih tinggi. Penggunaan biodiesel dapat dijadikan solusi bagi Indonesia untuk mengurangi ketergantungan terhadap impor bahan bakar solar sebesar 39,7%. Biodiesel pun sudah terbukti ramah lingkungan karena tidak mengandung sulfur.

3. Bio oil

Bio oil adalah biofuel yang berasal dari minyak nabati (straight vegetable oil) dan biomassa yang diproses secara termokimia melalui pencairan langsung atau pirolisis cepat. Biomassa berasal dari sisa metabolisme makhluk hidup, limbah industri atau rumah tangga yang dapat didaur ulang, misalnya kayu, gabah jerami, kotoran hewan bahkan sisa-sisa makanan. Bio oil dapat juga digunakan sebagai pengganti minyak tanah dan minyak bakar.

4. Biogas

Biogas dihasilkan dari proses fermentasi bahan-bahan organik dengan bantuan bakteri anaerob pada lingkungan tanpa oksigen bebas. Energi biogas didominasi gas metan (60%-70%), karbondioksida (40%-30%) dan beberapa gas lain dalam jumlah lebih kecil. Gas metana termasuk gas rumah kaca (*greenhouse gas*), bersama dengan gas karbon dioksida (CO₂) memberikan efek rumah kaca yang menyebabkan terjadinya fenomena pemanasan global. Pengurangan gas

metana secara lokal ini dapat berperan positif dalam upaya penyelesaian permasalahan global.

2.2 Palm Fatty Acid Distillate (PFAD)

Asam lemak sawit distilat merupakan produk samping pada tahap refining dalam industri minyak goreng. Secara keseluruhan proses refining akan menghasilakn 73% RBD olein (*Refine Bleach deodorization Olein*), 21% stearin, 2,5%-55 ALSD dan 0,5% CPO parit (Nuryanto dkk, 2002). CPO dapat dijadikan produksi minyak sawit padat (RBD stearin) dan minyak sawit cair (RBD olein). Pemanfaatan utama RBD olein adalah untuk membuat margarin dan shortening. RBD stearin juga digunakan sebagai bahan baku industri sabun dan deterjen, sedangkan ALSD belum banyak pemanfaatannya (Prihandana dkk, 2006).

Asam asam lemak yang terkandung dalam PFAD berupa asam lemak jenuh dan tidak jenuh. Secara umum asam lemak jenuh berwujud padat pada suhu kamar sedangkan asam lemak tidak jenuh berwujud cair. Komposisi asam lemak jenuh dan tidak jenuh dalam PFAD dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Komposisi asam lemak jenuh dan tak jenuh dalam PFAD

Asam lemak	Rumus molekul	Komposisi (%) berat	Jenis asam lemak
Asam palmitat	$C_{16}H_{32}O_2$	45,6	Jenuh
Asam oleat	$C_{18}H_{34}O_2$	33,3	Tak jenuh
Asam linoleat	$C_{18}H_{32}O_2$	7,7	Tak jenuh
Asam stearat	$C_{18}H_{36}O_{2}$	3,8	Jenuh
Asam miristat	$C_{14}H_{28}O_2$	1,0	Jenuh
Asam linolenat	$C_{18}H_{30}O_2$	0,3	Tak jenuh
Asam tetrakosenoat	$C_{24}H_{46}O_2$	0,3	Jenuh
Asam ekosanoat	$C_{20}H_{40}O_2$	0,3	Jenuh
Asam ekosenoat	$C_{20}H_{38}O_2$	0,2	Tak jenuh
Asam palmitoleat	$C_{16}H_{30}O_2$	0,2	Tak jenuh

Sumber: Ketaren (2005)

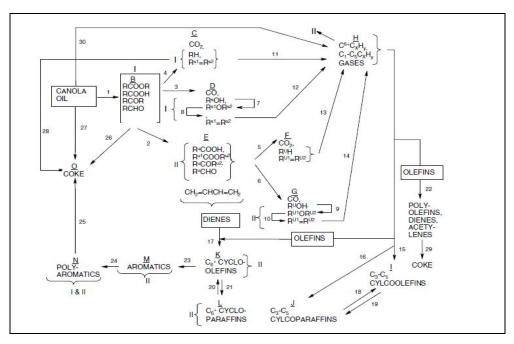
2.3 Cracking (perengkahan)

Cracking atau perengkahan adalah suatu cara untuk memecah rantai molekul hidrokarbon yang besar menjadi molekul yang lebih kecil. Pemecahan ini menggunakan suhu dan tekanan yang tinggi tanpa adanya katalis, atau suhu dan tekanan yang rendah dengan menggunakan katalis. Keunikan dari reaksi ini adalah molekul hidrokarbon dihancurkan secara acak untuk menghasilkan campuran hidrokarbon yang lebih kecil (Clark, 2003). Suatu misal hidrokarbon $C_{15}H_{32}$ dapat dipecah dengan zeolit menjadi:

$$C_{15}H_{32}$$
 \longrightarrow $2C_2H_4 + C_3H_6 + C_8H_{18}$ ethena propene oktana

Proses perengkahan merupakan salah satu cara untuk memisahkan molekul tertentu. Etena dan propena adalah material penting untuk membuat plastik atau memproduksi bahan kimia organik yang lain. Sedangkan oktana adalah salah satu molekul yang ada dalam minyak (Clark, 2003).

Asam lemak sawit distilat dominan mengandung asam lemak bebas dan trigliserida dalam jumlah sedikit. Trigliserida dan asam lemak bebas juga merupakan hidrokarbon rantai panjang sehingga bila direngkah juga akan menghasilkan bahan bakar minyak. Saat ini mulai dikembangkan penelitian tentang pembuatan *biofuel* dari minyak nabati dengan proses perengkahan katalitik, proses ini merupakan suatu cara untuk memecahkan rantai karbon yang cukup panjang, menjadi suatu molekul dengan rantai karbon yang lebih sederhana, dengan beberapa tipe katalis. Mekanisme reaksi perengkahan trigliserida ditampilkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Mekanisme Reaksi Perengkahan Trigliserida (Maher dan Bressler, 2007)

Nasikin dkk (2005) melaporkan bahwa minyak kelapa sawit yang telah dikonversi terlebih dahulu menjadi metil ester, dapat direngkah menjadi senyawa nonena (C₉H₁₈) yang merupakan senyawa bensin melalui reaksi perengkahan katalitik menggunakan katalis H-zeolit. Berdasarkan hasil penelitian tersebut, maka dengan perengkahan katalitik fasa cair, minyak sawit yang berbentuk trigliserida dikonversi menjadi bensin melalui reaksi perengkahan katalitik menggunakan katalis asam.

Souza (2008) meneliti tentang "Selective Cracking of Natural Gasoline over HZSM-5 zeolite". Proses perengkahan dilakukan pada reactor katalitik fixedbed, beroperasi pada laju alir kontinyu dan tekana atmosfir. Sebelumnya katalis Zoelit HZSM-5 diaktifasi pada 450° C selam 2 jam dengan laju alir nitrogen 20 ml/min. Percobaan di rancang untuk mempelajari pengaruh temperatur dan rasio katalis terhadap laju alir (W/F) terhadap selektifitas perengkahan dan konversi. Tempertur antara 350-450°C dan W/F antara 5-17 gcat h/mol. Hasil yang diperoleh menunjukan bahwa selektifitas maksimum dan produksi massa tiap jam dari eten diperoleh pada temperatur 450°C dan rasio berat katalis dengan laju alir,

(W/F) (7,2-8,2 gcat h/mol). Selektifitas maksimum propan diperoleh pada 350°C dan 7,0 gcat h/mol. Produksi massa untuk butane di suplai pada temperature tinggi 450°C dengan W/F 12,1 gcat h/mol, sedang selektifitas yang paling tinggi ditemukan pada temperatur rendah (350°C).

Prasad dkk (1986a) melakukan perengkahan minyak canola menggunakan katalis HZSM-5. Perengkahan dilangsungkan pada sebuah reaktor mikro unggun tetap pada temperatur 340 – 400°C dengan *space velocity* minyak canola 2 – 4 jam⁻¹. Selanjutnya, Prasad dkk (1986b) mengumpankan steam sebagai *co-feed* ke dalam reaktor untuk meningkatkan kinerja katalis. Ooi dkk (1986) merengkah palm stearin menggunakan katalis Ni(II) Ion Exchanged Zeolit 13X. Reaksi dilangsungkan secara partaian (*batch*) pada temperatur 260°C selama 4 jam.

Pada tahun 1999, Twaiq dkk. merengkah minyak sawit menggunakan katalis HZSM-5, Zeolit β dan Zeolit USY pada *fixed bed microreactor*. Perengkahan dilakukan pada tekanan atmosferik, temperatur reaksi 350 – 450°C dengan WHSV 1 – 4 jam⁻¹. Dari ketiga katalis tersebut, HZSM-5 memiliki kinerja (konversi) terbaik, perolehan gasolin yang tinggi dan selektivitas yang lebih tinggi untuk pembentukan aromatik serta pembentukan deposit coke yang lebih sedikit. Bhatia dkk (2003) juga menggunakan katalis Mesoporous Alumina Silicate MCM-41 pada perengkahan minyak sawit. Ooi dkk.(2004) telah membuat suatu model kinetika untuk perengkahan minyak sawit menjadi diesel, kerosen dan gasolin menggunakan zeolit HZSM-5 dan NH₄ZSM-5.

Siregar dan Amin (2006) merengkah minyak sawit menjadi bensin menggunakan katalis HZSM-5 yang diemban dengan Cu. Perengkahan dilakukan secara kontinu pada 500°C dengan WHSV (weight hourly space velocity) 2,5 jam-1 selama 4 jam. Hasil perengkahan berupa senyawa aromatik sebanyak 11,45%berat, 10,53%berat naften dan 4,06% berat isoparafin menggunakan katalis 6% Cu-ZSM-5.

Nasikin dkk. (2006) melakukan perengkahan minyak sawit dan metil ester asam lemak menggunakan katalis H-Zeolit yang dipreparasi dari zeolit alam. Reaksi perengkahan katalitik dilakukan secara partaian pada rentang temperatur 250 – 325°C dengan waktu reaksi 30 – 90 menit. Dari hasil perengkahan tersebut

diperoleh biogasolin yang mengandung hidrokarbon C_4 sampai C_{11} . Irawan dan Roesyadi (2008) meneliti proses hydrocracking minyak kelapa sawit dengan katalis Ni/Zeolit dalam reaktor unggun tetap dengan memvariasikan suhu reaktor dan laju alir gas H_2 . Suhu reaktor dan laju alir gas H_2 berpengaruh terhadap yield gasoline dan kerosene.

Siswanto dkk (2008) memproduksi bensin dengan perengkahan katalitik minyak sawit menggunakan MCM-41 pada mikroreaktor fixed bed pada temperatur 450°C. Yield *organic liquid product* tertinggi diperoleh 60,73% pada rasio minyak/katalis 32,5 dan WHSV 19,38 jam⁻¹.

Buchori dan Widayat (2009) meneliti perengkahan minyak goreng bekas dengan menggunakan katalis zeolit alam yang diaktivasi dengan asam. Nurjannah dkk., (2009) merengkah asam oleat menggunakan katalis HZSM-5 untuk menghasilkan biofuel. Yield fraksi gasoline tertinggi diperoleh pada temperatur 450° C dan laju alir gas N_2 150 ml/menit yaitu sebesar 39.53 %. Yield fraksi kerosine dan diesel tertinggi pada temperatur 400° C dan laju alir gas N_2 190 ml/menit yaitu sebesar 21.19 % untuk kerosine dan 15.49% untuk diesel.

Buzetzki et al. (2009) merengkah minyak sayur dan lemak hewani menggunakan katalis NaY dan clinoptilolit dalam reaktor batch pada temperatur 350-440°C. Yield kondensat diperoleh 80-90% berat. Setelah penyisihan 3-9% berat komponen yang mudah menguap dengan distilasi, diperoleh kondensat yang memiliki fraksi mirip dengan minyak diesel.

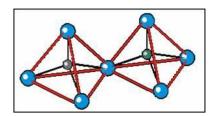
2.4 Zeolit

Penemuan zeolit di dunia dimulai dengan ditemukannya Stilbit pada tahun 1756 oleh seorang ilmuwan Swedia bernama A. F. Cronstedt, seorang ahli mineral dari Swedia. Nama zeolit berasal dari dua kata Yunani, *zeo* artinya mendidih dan *lithos* artinya batuan [Kirk-Othmer, 1981]. Diberi nama zeolit karena sifatnya yaitu mendidih dan mengeluarkan uap jika dipanaskan (Dyer,1994).

Para ahli mineralogi memperkirakan bahwa zeolit berasal dari muntahan gunung berapi yang membeku menjadi batuan vulkanik, sedimen, batuan metamorfosa dan selanjutnya melalui pelapukan karena pengaruh panas dan dingin yang terjadi dalam lubang-lubang dari batuan lava basal (*traps rock*) dan butiran halus dari batuan sedimen piroklastik (*tuff*). Pada umumnya komposisi zeolit alam mengandung klinoptilolit, mordenit, chabazit, dan erionit. Kristal-kristalnya terbentuk dari proses hidrotermal yang melibatkan reaksi antara larutan garam atau dengan aliran lava (Barrer, 1982).

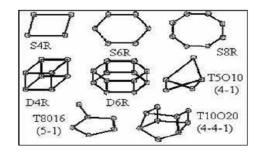
2.4.1 Bentuk Zeolit

Zeolit terdiri atas gugusan alumina dan gugusan silika-oksida yang masing-masing berbentuk tetrahedral dan saling dihubungkan oleh atom oksigen sedemikian rupa sehingga membentuk kerangka tiga dimensi (Handoko, 2002). Unit bangun primer dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Tetrahedral Alumina dan Silika (TO₄) Pada Struktur Zeolit (Laz, 2005)

Struktur kristal dan morfologi yang terdiri dari rongga-rongga yang berhubungan ke segala arah menyebabkan permukaan zeolit menjadi luas. Morfologi ini terbentuk dari unit pembangunan dasar primer yang membentuk unit pembangunan sekunder dan begitu seterusnya (Saputra, 2006).



Gambar 2.3 Unit Bangun Sekunder Struktur Zeolit (Laz, 2005).

2.4.2 Jenis-Jenis Zeolit

Berdasarkan pada asalnya zeolit dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu zeolit alam dan zeolit sintetis.

1. Zeolit alam

Mineral alam zeolit biasanya masih tercampur dengan mineral lainnya seperti kalsit, gipsum, feldspar dan kuarsa ditemukan di daerah sekitar gunung berapi atau mengendap pada daerah sumber air panas (*hot spring*). Zeolit juga ditemukan sebagai batuan endapan pada bagian tanah jenis basalt dan komposisi kimianya tergantung pada kondisi hidrotermal lingkungan lokal, seperti suhu, tekanan uap air setempat dan komposisi air tanah lokasi kejadiannya. Hal itu menjadikan zeolit dengan warna dan tekstur yang sama mungkin berbeda komposisi kimianya bila diambil dari lokasi yang berbeda, disebabkan karena kombinasi mineral yang berupa partikel halus dengan impuritis lainnya (Laz, 2005).

2. Zeolit sintetis

Mineral zeolit sintetis yang dibuat tidak dapat persis sama dengan mineral zeolit alam, walaupun zeolit sintetis mempunyai sifat fisis yang jauh lebih baik (Saputra, 2006). Zeolit sintetis sudah banyak digunakan di industri namun di Indonesia belum banyak diproduksi dan umumnya diperoleh dari impor (Ulfah, 2006).

2.4.3 Sifat Zeolit

Zeolit memiliki sifat-sifat yang khas, diantaranya memiliki luas permukaan yang besar, mampu mempertukarkan kation dengan baik, mempunyai keasaman internal dan tahan terhadap panas yang tinggi (Saputra, 2006).

Luas permukaan yang besar

Zeolit memiliki struktur berbentuk kerangka, sehingga memberikan permukaan yang lebar dan luas.

Penukar kation yang baik

Kation yang berada di luar kerangka Zeolit dapat dengan mudah dipertukarkan dengan kation lain. Kation tamu yang dipertukarkan tersebut teralokasi berhampiran dengan tetrahedral AlO₄ yang bermuatan negatif, sehingga

kapasitas tukar kation Zeolit sebanding dengan konsentrasi ion-ion $\mathrm{Al_3}^+$ yang dimilikinya.

Keasaman Internal

Sifat asam Zeolit terbentuk apabila kation Mn⁺ yang terikat dipertukarkan dengan H⁺ (proton) dimana H⁺ mengambil tempat pada posisi tangan O dan bergabung menjadi O-H yang bermuatan positif. Demikian pada kerapatan tertentu membentuk kelompok donor proton yang dikenal sebagai gejala asam Bronsted.

• Kestabilan Termal

Zeolit adalah kristal yang memiliki sifat stabil terhadap panas. Oleh karena reaksi-reaksi kimia umumnya berlangsung lebih cepat pada suhu tinggi maka sifat ini disukai sebagai alternatif katalis. Setiap jenis zeolit mempunyai suhu dekomposisi yang berbeda, secara umum berkisar antara 700°C hingga 1300°C.

Karena sifat-sifat yang dimiliki oleh zeolit, maka mineral ini dapat dimanfaatkan dalam berbagai bidang, seperti dalam bidang industri yaitu sebagai bahan yang dapat digunakan untuk membantu pengolahan limbah pabrik (Saputra, 2006).

2.5 Penelitian Pendahuluan yang Telah Dilakukan

Penelitian-penelitian mengenai penggunaan asam lemak sawit distilat sebagai bahan baku untuk produksi biofuel telah dilakukan di Laboratorium Teknik Kimia Universitas Riau. Yenie dan Zahrina (2008), meneliti reaksi esterifikasi asam lemak sawit distilat menjadi biodiesel menggunakan katalis H-Zeolit. Reaksi esterifikasi dilakukan dengan memvariasikan temperatur reaksi (40, 50 dan 60°C), nisbah berat katalis/asam lemak (1/20, 1/10, 1/7) serta nisbah molar asam lemak/metanol (1/4, 1/5 dan 1/6).

Zahrina, dkk (2008a) mengesterifikasi asam lemak sawit distilat menggunakan katalis zeolit sintesis pada rentang nisbah molar Si/Al 6 sampai 15. Reaksi esterifikasi dilakukan pada temperatur 70°C dan nisbah molar asam lemak

sawit distilat-metanol 1:4. Jumlah katalis yang digunakan tetap sebanyak 1,4% berat (berbasis asam lemak sawit distilat). Reaksi dilangsungkan selama 2 jam. Dari hasil penelitian tersebut dapat diketahui bahwa konversi tertinggi sebesar 55% pada nisbah molar Si/Al 7.

Zahrina, dkk (2008b) juga mengesterifikasi asam lemak sawit distilat untuk menghasilkan biodiesel menggunakan katalis NiMo/Al₂O₃. Reaksi esterifikasi dilakukan pada temperatur ± 70°C dan nisbah molar asam lemak sawit distilat - metanol 1 : 4, 1 : 5, 1 : 6. Variasi Jumlah katalis yang digunakan sebanyak 5, 10 dan 15% berat (berbasis asam lemak sawit distilat). Reaksi dilangsungkan selama 2 jam. Konversi reaksi esterifikasi tertinggi diperoleh sebesar 77.94 % pada nisbah molar 1:4 dan penggunaan katalis sebanyak 10% berat (berbasis PFAD).

Berdasarkan uraian sebelumnya, zeolit merupakan katalis yang aktif dan selektif pada perengkahan minyak nabati (minyak sawit dan canola) dan diperoleh yield gasolin yang besar. Proses sintesis zeolit ZSM-5 telah dilakukan di Laboratorium Teknik Reaksi Kimia Fakultas Teknik Universitas Riau sejak tahun 2001 menggunakan abu sawit sebagai sumber silika.

Zahrina dan Surya (2003) awalnya mensintesis ZSM-5 menggunakan zeolit alam dan abu sawit (cangkang dan sabut) sebagai sumber silika menggunakan DEA sebagai templat pada temperatur 110°C dengan nisbah Si/Al 80 – 140. Dari penelitian tersebut baru dihasilkan analsim yang merupakan produk antara pada konversi zeolit alam menjadi ZSM-5. Selanjutnya sintesis dilanjutkan dengan mempelajari pengaruh nisbah Si/Al dan waktu sintesis (Zahrina, 2004). Zahrina dkk. (2006) mensintesis ZSM-5 menggunakan abu sabut sawit yang dipirolisis sebagai sumber silika tanpa menggunakan templat.

Zahrina dkk. (2007) mensintesis ZSM-5 menggunakan silika presipitasi asal abu sawit sebagai sumber silika tanpa menggunakan templat. Sintesis dilakukan pada rentang nisbah Si/Al 25 – 35 pada temperatur 190°C pada waktu sintesis 12 – 24 jam dan nisbah Al₂O₃/Na₂O 7,4. Selain itu, sintesis ZSM-5 juga dilakukan menggunakan zeolit alam dan silika presipitasi asal abu sawit sebagai sumber silika tanpa templat. Sintesis dilakukan pada rentang nisbah Si/Al 25 – 35

pada temperatur 190°C pada waktu sintesis 12 – 24 jam. ZSM-5 terdapat dalam produk yang disintesis dengan nisbah Si/Al 25 selama 15 jam waktu sintesis (Zahrina, 2008).

Sintesis ZSM-5 dari fly ash sawit sebagai sumber silika tanpa templat juga telah dilakukan oleh Zahrina dkk (2010) dengan memvariasikan nisbah molar Si/Al dan waktu sintesis. Zahrina dkk., (2011b) juga telah mensintesis ZSM-5 dari fly ash sawit sebagai sumber silika tanpa templat dengan memvariasikan nisbah molar Si/Al dan temperatur sintesis.. Zahrina dkk (2011a), telah mensintesis ZSM-5 dari natrium silikat asal abu sawit sebagai sumber silika tanpa menggunakan templat.

Akbar (2003) telah mempelajari proses perengkahan katalitik VGO dengan kadar sulfur rendah dan tinggi sebagai umpan. Perengkahan dilakukan pada temperatur 520°C menggunakan *microactivity test reactor* (MAT) dan *fluidized bed reactor*. Perengkahan dilangsungkan pada nisbah katalis/VGO divariasikan 5,06, 3,80, 2,48 dan 1,28 dan juga memvariasikan waktu stripping 0,16, 5, 10, 20, 30 dan 60 menit.

Yelmida, dkk (2011) telah melakukan perengkahan asam lemak sawit distilat menggunakan katalis zeolit sintesis ZSM-5 yang disintesis dari fly ash sawit. Perengkahan dilakukan pada variasi temperatur 240 – 280°C dan variasi waktu sintesis 60 – 120 menit. Reaksi tersebut menghasilkan konversi tertinggi 98,7% pada temperatur 280°C selama 100 menit.

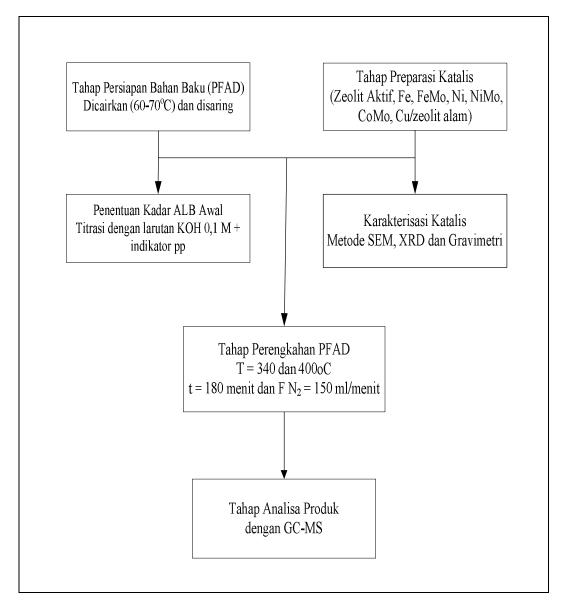
BAB III METODE PENELITIAN

Tahapan penelitian yang dilakukan pada tahun I mencakup:

- a. Preparasi katalis zeolit dari zeolit alam dengan aktivasi fisika dan kimia
- b. Pengembanan logam transisi (Ni, Co, Mo, Fe, Cu) pada zeolit
- c. Merancang reaktor perengkahan skala laboratorium berupa reaktor STR (Stirred Tank Reactor) yang dilengkapi dengan pengaduk, pemanas dan kontrol suhu
- d. Pengujian kinerja reaktor perengkahan katalitik untuk melihat performa/keberhasilan alat yang dibuat menyangkut kestabilan pemanas dan akurasi kontrol suhu
- e. Melakukan proses perengkahan untuk mengkonversikan asam lemak sawit distilat dengan variasi jenis dan konsentrasi logam pengemban, temperatur dan waktu reaksi.
- f. Pengujian spesifikasi biofuel yang dihasilkan

3.1 Prosedur Penelitian

Prosedur yang akan dilakukan pada penelitian ini terdiri dari beberapa tahap yaitu, tahap persiapan bahan baku, tahap pembuatan katalis (Zeolit Aktif, Fe/Zeolit, Ni/Zeolit, FeMo/Zeolit, NiMo/Zeolit, CoMo/Zeolit, Cu/Zeolit), tahap analisa katalis, tahap perengkahan katalitik PFAD dan tahap analisa produk. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

Tahapan pembuatan katalis (Zeolit Aktif, Fe/Zeolit, Ni/Zeolit, FeMo/Zeolit, NiMo/Zeolit, CoMo/Zeolit, Cu/Zeolit) terdiri dari beberapa proses seperti, aktivasi zeolit alam, impregnasi logam FeMo ke zeolit, kalsinasi, oksidasi dan reduksi.

3.1.1 Persiapan Bahan Baku

Bahan baku untuk produksi *biofuel* menggunakan PFAD yang berasal dari PT.BKR Dumai. PFAD diberikan perlakuan awal berupa pemanasan pada suhu 60-70 °C dan proses penyaringan.

3.1.2 Pembuatan Katalis

a. Pembuatan katalis Zeolit Aktif

Katalis Zeolit Aktif dipreparasi dari zeolit alam melalui tahapan yang telah dilakukan oleh Nasikin dkk (2006) yaitu zeolit alam sebanyak 400 gram dengan ukuran partikel 40 mesh dipertukarkan ion dengan larutan NH₄NO₃ (1, 2 dan 3 N) selama 50 jam dengan kecepatan pengadukan 500 rpm untuk menghasilkan NH₄-zeolit. Padatan zeolit dipisahkan, dicuci dan dikeringkan di dalam oven pada suhu 110^{0} C selama 3 jam dan dilanjutkan dengan kalsinasi dengan mengalirkan nitrogen pada suhu 500^{0} C selama 3 jam untuk menghilangkan NH₃ dari NH₄-zeolit.

b. Pembuatan katalis zeolit terimpregnasi logam

Katalis zeolit yang digunakan berasal dari PT. Bratako Bandung. Zeolit alam yang masih kasar dihaluskan kemudian diayak menggunakan ayakan *mesh* (ukuran 100 dan 200 *mesh*). Zeolit alam yang digunakan yaitu lolos pada ukuran 100 *mesh* dan tertahan pada 200 *mesh*. Sementara itu, logam Fe digabungkan ke zeolit dengan metode impregnasi rendam menggunakan (NH₄)₂Fe(SO₄)₂.6H₂O sebagai sumber Fe dan (NH₄)₆Mo₇O₂₄.4H₂O sebagai sumber Mo .

a. Aktivasi zeolit alam

Proses aktivasi menggunakan metode fisika dilanjutkan dengan metode kimia. Metode fisika dilakukan dengan pemanasan zeolit alam pada suhu 300°C selama 3 jam. Dilanjutkan metode kimia dengan cara merendam zeolit alam dalam larutan asam sulfat (H₂SO₄) 0,2N selama 30 menit kemudian disaring dan dicuci dengan aquadest berulang kali hingga pH netral. Selanjutnya dikeringkan dalam oven pada temperatur 110°C selama 2 jam (Sugiarti dan Amiruddin, 2008)

b. Impregnasi logam Mo

Proses impregnasi logam mengacu pada penelitian Subagjo dkk (2010). Impregnasi logam Molibdenum (Mo) dengan konsentrasi logam 0,5% (0,005 gram) menggunakan 0,064 gram (NH₄)₆Mo₇O₂₄.4H₂O direndam dalam 75 ml aquadest pada reaktor alas datar, ditambahkan zeolit alam aktif sebanyak 1,99 gram, direfluks sambil diaduk selama 3 jam pada temperatur 110°C. Padatan yang diperoleh dikeringkan menggunakan oven pada temperatur 120°C selama 2 jam.

c. Impregnasi logam Fe

Proses impregnasi logam besi (Fe) pada zeolit yang telah diimpregnasi Mo sebanyak 0,005 gram menggunakan senyawa (NH₄)₂Fe(SO₄)₂.6H₂O sebanyak 0,035 gram dengan prosedur yang sama pada impregnasi logam Mo. Padatan yang dihasilkan kemudian dimasukkan ke dalam *tube* kemudian dikalsinasi menggunakan *tube furnace* dengan aliran gas N₂ (400 ml/menit) pada temperatur 400°C selama 4 jam, dilanjutkan tahap oksidasi dengan gas O₂ (400 ml/menit) pada temperatur 400°C selama 2 jam dan direduksi dengan gas H₂ (400 ml/menit) pada temperatur 400°C selama 2 jam. Padatan yang diperoleh berupa FeMo/zeolit. Prosedur di atas juga dilakukan untuk mendapatkan katalis Fe/Zeolit, Ni/Zeolit, NiMo/Zeolit, CoMo/Zeolit dan Cu/Zeolit.

Katalis dikarakterisasi dengan metoda *X-Ray Difraction* (XRD), SEM dan BET. Analisis XRD dilakukan di Laboratorium Kimia Analitik FMIPA UGM sedangan SEM dilakukan di Laboratorium Uji Polimer LIPI Bandung. Proses impregnasi logam ke zeolit aktif ditampilkan pada Gambar 3.2 dan proses kalsinasi, oksidasi dan reduksi katalis ditampilkan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.2 Proses impregnasi logam ke zeolit aktif



Gambar 3.3 Proses kalsinasi, oksidasi dan reduksi katalis

3.1.3 Perengkahan PFAD

Perengkahan PFAD berlangsung secara *batch* dalam reaktor tangki berpengaduk seperti terlihat pada Gambar 3.3. Rasio berat katalis per berat PFAD adalah 1:75. Rasio ini adalah besaran optimum dari penelitian Nasikin dkk, (2006). Reaksi dilakukan pada temperatur 340-400°C dengan konsentrasi logam Fe/Zeolit, Ni/Zeolit, FeMo/Zeolit, NiMo/Zeolit, CoMo/Zeolit dan Cu/Zeolit divariasikan 0; 1,5; 1 dan 1,5% serta laju alir gas N₂ sebesar 25 ml/menit. Proses perengkahan ditampilkan pada Gambar 3.4.



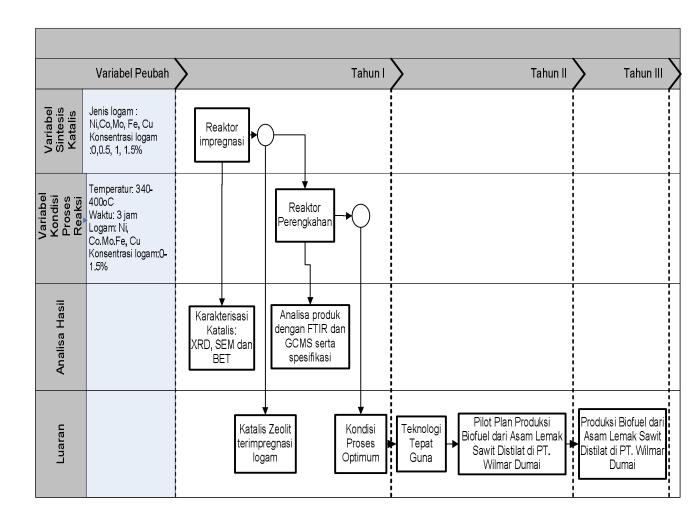
Gambar 3.4 Proses Perengkahan Katalitik Asam Lemak Sawit Distilat

3.2 Analisa Produk

Produk reaksi dianalisa menggunakan GC-MS (*Gas Cromatografi Mass Spectra*) untuk mengetahui komponen yang terkandung dalam produk. Analisa GC-MS dilakukan di Laboratorium Kimia Organik FMIPA UGM dengan merk QP2010S Shimadzu. Produk reaksi juga dianalisis spesifikasi bahan bakarnya. Pengujian spesifikasi bahan bakar ini dilakukan di Teknik Perminyakan ITB.

3.3 Bagan alir penelitian

Dari penelitian tahun pertama ini akan diperoleh jenis katalis dan kondisi proses yang optimum untuk memproduksi biofuel dari asam lemak sawit distilat. Data-data ini selanjutnya akan digunakan sebagai scale-up untuk skala pilot plant di mitra pada penelitian tahun kedua. Bagan alir kegiatan penelitian per tahun serta hasil yang ingin dicapai ditampilkan dibawah ini.



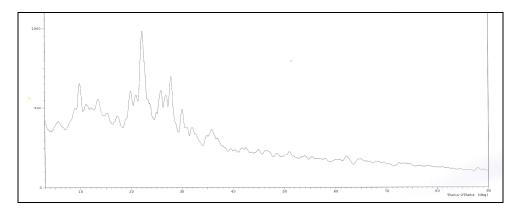
BAB IV HASIL PENELITIAN

4.1 Katalis Hasil Preparasi

Katalis yang dipreparasi pada penelitian tahun I ini berupa Zeolit Aktif dengan variasi konsentrasi amonium nitrat (1, 2 dan 3 N) serta katalis Zeolit Aktif yang diimpregnasi logam yaitu Fe/Zeolit, Ni/Zeolit, FeMo/Zeolit, NiMo/Zeolit, CoMo/Zeolit dan Cu/Zeolit.

4.1.1 Katalis Zeolit Aktif

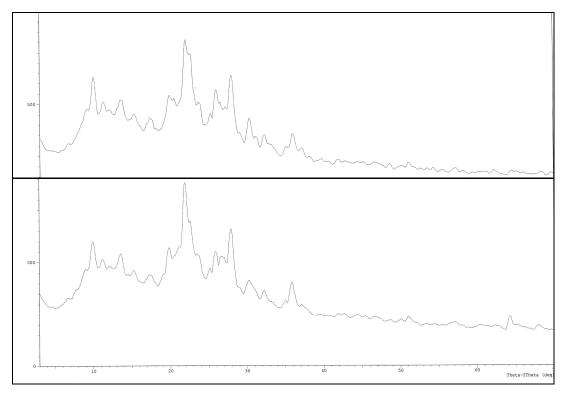
Pada penelitian ini dilakukan preparasi katalis Zeolit Aktif dengan variasi konsentrasi amonium nitrat. Difraktogram zeolit tanpa aktifasi ditampilkan pada Gambar 4.1.difraktogram sinar X katalis Zeolit Aktif pada konsentrasi amonium nitrat 1 dan 2 N ditampilkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.1 Difraktogram Sinar X Zeolit tanpa aktivasi

Berdasarkan difraktogram yang ditampilkan pada Gambar 4.1 dapat diketahui bahwa zeolit alam yang digunakan pada penelitian ini merupakan Clinoptilolit. Berdasarkan data JCPDS (Joint Comittee on Powder Difraction Standards), zeolit alam jenis clinoptilolit berada pada nilai d (jarak antar kristal)

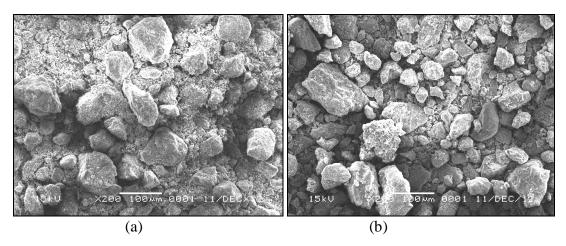
8,950, 3,955 dan 2.971. Berdasarkan data nilai d pada difraktogram (dapat dilihat pada Lampiran B), zeolit alam ini memiliki nilai d 8.955, 3,998 dan 2,971. Difraktogram sinar X katalis Zeolit Aktif pada konsentrasi amonium nitrat 1 dan 2 N ditampilkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Difraktogram sinar X katalis Zeolit Aktif atas: dipreparasi pada konsentrasi amonium nitrat 1 N bawah: dipreparasi pada konsentrasi amonium nitrat 2 N

Berdasarkan difraktogram yang ditampilkan pada Gambar 4.2, dapat diketahui bahwa tidak ada perbedaan puncak-puncak difraktogram katalis zeolit aktif yang dipreparasi pada konsentrasi amonium nitrat 1 dan 2 N. Selain itu, jumlah puncak pada zeolit aktif lebih sedikit dibanding zeolit alam.

Hasil *scanning electron microscopy* terhadap zeolit alam tanpa aktivasi dan zeolit alam aktif ditampilkan pada Gambar 4.3.

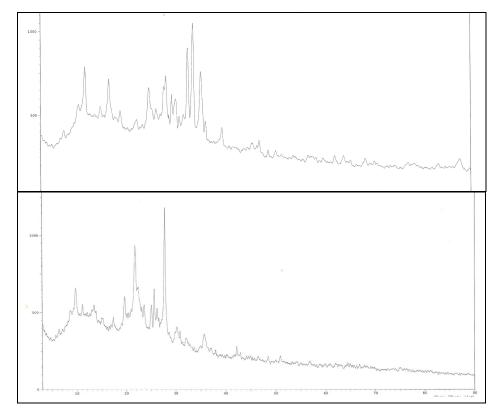


Gambar 4.3 Scanning electron microscopy (a) zeolit alam tanpa aktivasi (b) zeolit alam aktif

Hasil *scanning electron microscopy* terhadap zeolit alam tanpa aktivasi, terlihat adanya pengotor-pengotor. Sedangkan setelah proses aktivasi, zeolit menjadi lebih bersih.

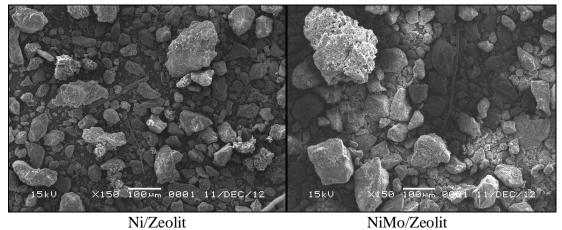
4.1.2 Katalis Ni/Zeolit dan Ni.Mo/Zeolit

Difraktogram katalis Ni/Zeolit dan katalis NiMo/Zeolit ditampilkan pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Difraktogram Katalis Ni/Zeolit (atas) dan NiMo/Zeolit (bawah)

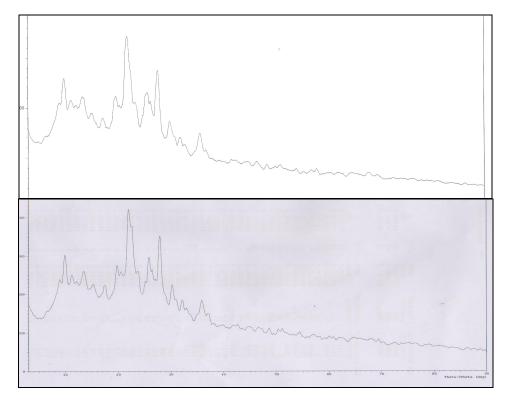
Scanning electron microscopy terhadap katalis Ni/Zeolit dan katalis NiMo/Zeolit ditampilkan pada Gambar 4.5.



Ni/Zeolit NiMo/Zeolit Gambar 4.5 Scanning electron microscopy katalis Ni/Zeolit dan NiMo/Zeolit

4.1.3 Katalis Fe/Zeolit dan FeMo/Zeolit

Difraktogram katalis Fe/Zeolit dan FeMo/Zeolit ditampilkan pada Gambar 4.6. Scanning electron microscopynya ditampilkan pada Gambar 4.7.



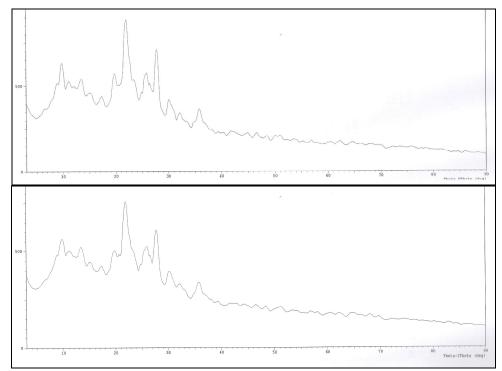
Gambar 4.6 Difraktogram Katalis Fe/Zeolit (atas) dan FeMo/Zeolit (bawah)



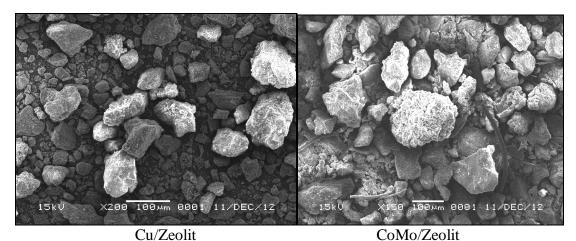
Fe/Zeolit FeMo/Zeolit
Gambar 4.7 Scanning electron microscopy katalis Fe/Zeolit dan FeMo/Zeolit

4.1.4 Katalis Cu/Zeolit dan CoMo/Zeolit

Difraktogram katalis Cu/Zeolit dan CoMo/Zeolit ditampilkan pada Gambar 4.8. Scanning electron microscopynya ditampilkan pada Gambar 4.9.



Gambar 4.8 Difraktogram Katalis Cu/Zeolit (atas) dan CoMo/Zeolit (bawah)



Gambar 4.9 Scanning electron microscopy katalis Cu/Zeolit dan CoMo/Zeolit

4.2 Perengkahan asam lemak sawit dengan katalis zeolit aktif dengan variasi konsentrasi asam katalis dan temperatur reaksi

Hasil perengkahan asam lemak sawit distillat menghasilkan biofuel menggunakan katalis Zeolit Aktif dengan variasi konsentrasi asam katalis dan temperatur ditampilkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Yield Biofuel menggunakan katalis Zeolit Aktif dengan variasi konsentrasi asam katalis dan temperatur reaksi

Kode	Katalis	Temperatur (°C)	PFAD (gram)	Yield
Sampel				(%)
JM-01	1 N	340	200	13,6
JM-02	1 N	360	200	24
JM-03	1 N	380	200	22,4
MK-01	2 N	340	200	16
MK-02	2 N	360	200	24,8
MK-03	2 N	380	200	33,6
MK-04	3 N	340	200	8
MK-05	3 N	360	200	32
MK-06	3N	380	200	52

Berdasarkan hasil analisa GCMS, produk perengkahan katalitik asam lemak sawit dengan katalis Zeolit Aktif dengan variasi konsentrasi asam katalis dan temperatur reaksi ditampilkan pada Tabel 4.2. Kromatogram dari GCMS ditampilkan pada Lampiran B.

Tabel 4.2 Komposisi produk perengkahan asam lemak sawit dengan katalis Zeolit Aktif dengan variasi konsentrasi asam katalis dan temperatur reaksi

Komponen	Komposisi produk (%)							
Hidrokarbon	JM-02	JM-03	MK-01	MK-02	MK-03	MK-04	MK-05	MK-06
Hexane	0.78	0.94	1.13	1.17	1.73	1.04	1.03	0.93
2metil-4-etil heksan	1.2	1.8	1.38	1.50	2.15	2.21	1.31	1.15
Octane	1.18	2.03	0.70	1.25	2.02	1.56	1.14	0.86
Undecane	1.54	2.63	0.88	1.53	2.24	2.28	1.34	1.07
Cyclopropane	1.09	2.46	0.11	1.29	2.03	2.06	0.98	1.01
Undecene	-	-	1.33	0.89	0.22	3.11	0.60	0.07
Dodecane	1.87	3.37	0.56	1.55	2.66	1.94	1.52	1.10
Tridecane	3.13	4.78	1.24	2.27	4.08	3.43	2.52	2.16
Tetradecane	2.62	2.65	0.18	1.09	3.35	0.36	1.89	0.45
Cyclotetradecane	-	2.53	0.27	1.19	2.79	1.00	2.87	2.64
Pentadecane	29.23	21.24	30.19	30.12	22.45	28.81	26.28	32.22
Oktadecene	0.60	0.83	0.95	1.10	0.91	0.58	1.02	0.63
Pentadecene	5.67	4.58	6.41	5.67	5.20	4.98	6.09	6.66
Heptadecena	8.70	0.20	9.45	9.64	10.75	5.91	8.68	10.73
Heptadecanone	-	-	0.14	0.16	1.58	0.11	2.60	1.74
Decanoic acid	1.81	3.07	5.35	2.50	1.80	2.61	2.16	1.61
Palmitic acid	7.37	10.13	10.77	8.56	6.55	10.97	8.36	6.17

Berdasarkan data yang ditampilkan pada Tabel 4.1, yield tertinggi diperoleh sebesar 52% pada konsentrasi asam 3 N pada temperatur 380°C. Senyawa utama yang diperoleh yaitu pentadecane sebanyak 32,22% dan asam palmitat sisa sebesar 6,17%.

4.3 Perengkahan asam lemak sawit dengan katalis zeolit aktif dengan variasi rasio katalis/umpan dan temperatur reaksi

Hasil perengkahan asam lemak sawit distillat menghasilkan biofuel menggunakan katalis Zeolit Aktif dengan variasi rasio katalis/umpan dan temperatur ditampilkan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Yield Biofuel menggunakan katalis Zeolit Aktif dengan variasi rasio katalis/umpan dan temperatur reaksi

Kode Sampel	Rasio Katalis/umpan	Temperatur (°C)	PFAD (gram)	Yield (%)
JA-01	1/100	340	200	9.2
JA-02	1/100	360	200	15.6
JA-03	1/100	380	200	30
JM-01	1/75	340	200	13.6
JM-02	1/75	360	200	24
JM-03	1/75	380	200	22.4
JA-04	1/50	340	200	11.2
JA-05	1/50	360	200	17.6
JA-06	1/50	380	200	16

Berdasarkan hasil analisa GCMS, produk perengkahan katalitik asam lemak sawit dengan katalis Zeolit Aktif dengan variasi rasio katalis/umpan dan temperatur reaksi ditampilkan pada Tabel 4.4. Kromatogram dari GCMS ditampilkan pada Lampiran B.

Tabel 4.4 Komposisi produk perengkahan asam lemak sawit dengan katalis Zeolit Aktif dengan variasi rasio katalis/umpan dan temperatur reaksi

Komponen	Komposisi produk (%)							
Hidrokarbon	JA-01	JA-02	JA-03	JM-02	JM-03	JA-04	JA-05	JA-06
Hexane	0.89	0.69	1.24	0.78	0.94	0.84	0.81	1.09
2 metil – 4 - etil heksan	1.47	0.83	1.72	1.2	1.8	1.39	1.07	1.37
Octane	1.24	0.47	1.55	1.18	2.03	1.12	0.84	1.19
Undecane	1.72	0.56	1.83	1.54	2.63	1.42	1.02	1.46
Cyclopropane	1.29	0.42	1.26	1.09	2.46	1.16	0.78	1.49
Dodecane	1.83	0.57	2.14	1.87	3.37	1.45	1.00	1.75
Tridecane	3.40	1.38	3.12	3.13	4.78	3.06	1.56	2.90
Tetradecane	1.96	0.43	2.52	2.62	2.65	2.11	0.33	1.90
Cyclotetradecane	1.00	0.75	3.19	-	2.53	2.03	0.89	3.86
Pentadecane	32.90	32.95	23.06	29.23	21.24	36.35	24.21	25.71
Oktadecene	1.23	7.02	0.86	0.60	0.83	1.38	1.08	0.92
Pentadecene	5.65	0.94	5.38	5.67	4.58	5.21	7.30	7.13
Heptadecena	7.26	11.13	8.35	8.70	0.20	8.54	11.29	9.39
Decanoic acid	2.55	4.50	2.19	1.81	3.07	1.60	2.94	1.52
Palmitic acid	11.22	10.77	10.40	7.37	10.13	4.64	8.21	7.43

Berdasarkan data yang ditampilkan pada Tabel 4.3, yield tertinggi diperoleh sebesar 22,4% pada rasio katalis/umpan 1/75 pada temperatur 380°C. Namun, senyawa utama yang diperoleh yaitu pentadecane hanya sebanyak 24,21% dan asam palmitat sisa sebesar 8,21%. Pada rasio katalis/umpan 1/50 dan temperatur 340°C diperoleh yield hanya 11,2% namun senyawa utamanya mencapai 36,35% serta asam palmitat sisa yang rendah yaitu 4,64%.

4.4 Perengkahan asam lemak sawit dengan katalis Ni/Zeolit dengan variasi konsentrasi logam Ni dan temperatur reaksi

Hasil perengkahan asam lemak sawit distillat menghasilkan biofuel menggunakan katalis Ni/Zeolit dengan temperatur dan konsentrasi logam Ni ditampilkan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Yield Biofuel menggunakan katalis Ni/Zeolit dengan variasi temperatur dan konsentrasi logam Ni

Kode	Katalis	Temperatur (°C)	PFAD	Yield (%)
Sampel			(gram)	
HH-01	1%	350	200	15,2
HH-02	2%	360	200	19,2
HH-03	3%	370	200	22
HH-04	1%	350	200	10,4
HH-05	2%	360	200	16
HH-06	3%	370	200	24,8
HH-07	1%	350	200	16
HH-08	2%	360	200	19,2
HH-09	3%	370	200	30,4

Berdasarkan hasil analisa GCMS, produk perengkahan katalitik asam lemak sawit dengan katalis Ni/zeolit dengan variasi temperatur dan konsentrasi logam Ni ditampilkan pada Tabel 4.6. Kromatogram dari GCMS ditampilkan pada Lampiran B.

Tabel 4.6 Komposisi produk perengkahan asam lemak sawit dengan katalis Ni/zeolit dengan variasi temperatur dan konsentrasi logam Ni

Komponen	Komposisi produk (%)								
Hidrokarbon	HH-01	HH-02	HH-03	HH-04	HH-05	HH-06	HH-07	HH-08	HH-09
Hexane	0.51	1.18	1.06	2.16	1.36	1.56	1.36	1.10	1.30
Octane	0.26	1.08	0.70	2.25	0.96	1.39	1.04	0.89	1.22
Octene	-	0.72	0.51	1.28	0.65	0.96	0.66	0.61	0.82
Undecane	0.58	1.37	0.92	3.31	1.00	1.61	1.16	1.18	1.64
Cyclopropane	0.45	1.29	0.79	1.74	0.80	1.48	1.04	1.15	1.60
Undecene	0.61	0.92	0.93	1.47	0.88	0.10	0.94	1.04	0.99
Dodecane	0.55	1.45	0.87	3.28	0.75	2.01	1.04	1.14	1.87
Cyclopropene	-	0.95	0.60	1.38	0.53	1.30	-	-	1.16
Tridecane	1.33	2.31	1.83	4.80	1.57	3.39	2.17	1.97	3.35
Tridecene	0.51	1.41	0.80	1.20	0.70	2.13	-	1.05	1.71
Tetradecane	-	1.05	1.29	3.24	1.12	2.71	1.64	0.32	2.04
Cyclotetradecane	-	2.77	1.52	1.24	1.26	4.22	1.71	0.73	0.66
Pentadecane	35.27	25.94	32.10	34.2	29.82	20.38	30.77	35.38	33.53
Oktadecene	7.39	6.67	7.78	2.64	6.48	6.13	5.90	6.45	5.51
Pentadecene	1.15	5.45	1.17	1.19	1.00	-	1.16	1.09	1.19
Heptadecane	7.17	-	3.26	3.43	3.42	3.66	3.07	4.76	3.78
Heptadecena	11.04	9.22	11.60	2.69	9.93	7.43	8.11	9.78	7.87
Tetradecadiene	4.22	3.33	3.37	-	3.76	2.35	3.56	-	1.86
Decanoic acid	2.97	2.31	4.83	1.22	3.78	2.25	2.67	4.31	2.61
Palmitic acid	9.65	8.74	8.79	8.38	11.66	8.13	10.34	8.11	4.90

Berdasarkan data yang ditampilkan pada Tabel 4.5 dan 4.6, yield dan komposisi produk utama perengkahan asam lemak sawit dengan katalis Ni/zeolit dengan variasi

temperatur dan konsentrasi logam Ni tidak melebihipada konsentrasi asam 3 N pada temperatur 380°C. Selain itu, asam palmitat sisa reaksi juga lebih tinggi.

4.5 Perengkahan asam lemak sawit dengan katalis Ni/Zeolit dengan variasi rasio katalis/umpan dan temperatur reaksi

Hasil perengkahan asam lemak sawit distillat menghasilkan biofuel menggunakan katalis Ni/Zeolit dengan rasio katalis / umpan dan temperatur reaksi ditampilkan pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Yield biofuel menggunakan katalis Ni/Zeolit dengan variasi temperatur dan rasio katalis/umpan

Kode	Katalis	Temperatur (°C)	PFAD	Yield (%)
Sampel			(gram)	
JP-01	1%	340	200	8,515
JP-02	1%	355	200	22,96
JP-03	1%	370	200	22,28
JP-04	1%	340	220	10,96
JP-05	1%	355	220	23,78
JP-06	1%	370	220	16,85
JP-07	1%	340	240	9,34
JP-08	1%	355	240	22,34
JP-09	1%	370	240	15,23

Berdasarkan hasil analisa GCMS, produk perengkahan katalitik asam lemak sawit dengan katalis Ni/Zeolit dengan variasi temperatur dan rasio katalis/umpan ditampilkan pada Tabel 4.8. Kromatogram dari GCMS ditampilkan pada Lampiran B.

Tabel 4.8 Komposisi produk perengkahan asam lemak sawit dengan katalis Ni/zeolit dengan variasi temperatur dan rasio katalis/umpan

Komponen		Komposisi produk (%)							
Hidrokarbon	JP-01	JP-02	JP-03	JP-04	JP-05	JP-06	JP-07	JP-08	
Hexane	0.72	0.25	0.93	0.91	0.58	0.77	0.83	0.60	
2metil-4-etil heksan	1.39	0.52	1.17	1.72	0.85	1.22	1.74	1.02	
Octane	0.91	0.36	0.77	1.04	0.50	1.20	1.28	0.82	
Undecane	1.17	0.64	0.89	1.25	0.54	1.55	1.74	1.01	
Cyclopropane	0.99	0.47	0.73	1.03	0.48	1.14	1.98	0.79	
Dodecane	1.04	0.70	0.82	0.98	0.47	1.83	1.93	0.87	
Tridecane	2.21	1.77	1.70	2.02	1.52	3.38	4.06	2.08	
Tetradecane	1.23	0.53	1.29	0.34	0.93	2.47	2.14	1.35	
Cyclotetradecane	1.27	0.73	1.36	0.72	0.80	3.13	2.24	1.35	
Pentadecane	27.85	40.07	33.35	36.38	36.85	28.63	32.57	34.12	
Oktadecene	1.08	1.38	1.27	1.31	1.20	0.99	1.33	6.80	
Pentadecene	4.69	7.82	7.14	6.12	6.91	6.73	5.77	1.18	
Heptadecena	3.10	10.33	9.62	8.34	10.05	8.82	6.54	7.90	
Decanoic acid	3.42	3.62	3.10	4.58	3.31	2.08	2.94	3.69	
Palmitic acid	20.12	7.34	11.54	9.42	7.66	8.27	5.74	7.97	

Berdasarkan data yang ditampilkan pada Tabel 4.7 dan 4.8, yield dan komposisi produk utama perengkahan asam lemak sawit dengan katalis Ni/zeolit dengan variasi temperatur dan rasio katalis/umpan tidak melebihi pada konsentrasi asam 3 N pada temperatur 380°C. Selain itu, asam palmitat sisa reaksi juga lebih tinggi.

4.6 Perengkahan asam lemak sawit dengan katalis Cu/Zeolit, Fe/Zeolit, FeMo/Zeolit dan NiMo/Zeolit

Perengkahan asam lemak sawit dengan katalis Cu/Zeolit, Fe/Zeolit, FeMo/Zeolit dan NiMo/Zeolit ditampilkan pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Yield biofuel menggunakan katalis Cu/Zeolit, Fe/Zeolit, FeMo/Zeolit, CoMo/Zeolit dan NiMo/Zeolit

Jenis	Katalis	Temperatur (°C)	Yield (%)
katalis			
Cu/Zeolit	0.5%	380	51,11
Cu/Zeolit	0.5%	400	37,78
Fe/Zeolit	0%	380	42,29
Fe/Zeolit	0.5%	380	48,00
FeMo/Zeolit	0.5%	380	37,78
FeMo/Zeolit	0.5%	380	49,00
NiMo/Zeolit	0%	380	42,20
NiMo/Zeolit	0.5%	380	21,10
NiMo/Zeolit	1%	380	36,00
NiMo/Zeolit	1.5%	380	45,60
NiMo/Zeolit	1%	400	51,50
NiMo/Zeolit	1.5%	400	34,40
Ni/Zeolit	0.5%	360	27,80
Ni/Zeolit	0.5%	380	34,40
Ni/Zeolit	0.5%	400	45.60
CoMo/Zeolit	0.5%	380	44,00
CoMo/Zeolit	1%	400	88.30
CoMo/Zeolit	1,5%	380	44.00

Berdasarkan data yang ditampilkan pada Tabel 4.9, yield tertinggi diperoleh pada katalis CoMo/Zeolit 1% pada 400°C. Hasil GCMS belum dapat ditampilkan pada laporan ini karena sedang dilakukan analisis.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diperoleh dari penelitian tahun I sampai saat ini adalah:

- a. Yield tertinggi diperoleh sebesar 52% menggunakan katalis Zeolit Aktif pada konsentrasi asam 3 N pada temperatur 380°C. Senyawa utama yang diperoleh yaitu pentadecane sebanyak 32,22% dan asam palmitat sisa sebesar 6,17%.
- b. Perengkahan asam lemak sawit distilat menggunakan katalis Cu/Zeolit, Fe/Zeolit, FeMo/Zeolit, Ni/ Zeolit dan NiMo/Zeolit tidak memberi yield biofuel yang lebih tinggi dari katalis Zeolit Aktif pada konsentrasi asam 3 N.
- c. Proses perengkahan asam lemak sawit distilat dengan berbagai katalis menghasilkan senyawa utama berupa pentadecane. Senyawa lainnya yaitu hexane, octane, tridecane, octadecane, pentadecane serta heptadecane.

5.2 SARAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, proses perengkahan asam lemak sawit distilat dapat menghasilkan senyawa-senyawa komponen biofuel. Penelitian masih berlangsung dan hasil analisis terhadap karakteristik bahan bakar dan analisis GCMS beberapa sampel yang belum selesai akan dipublikasi dalam jurnal ilmiah.

Penelitian ini selanjutnya dapat dilanjutkan ke tahap pilot plan dengan bermitra dengan industri minyak goreng serta pemerintah daerah kabupaten maupun provinsi untuk mendukung Cluster Sawit di Provinsi Riau

DAFTAR PUSTAKA

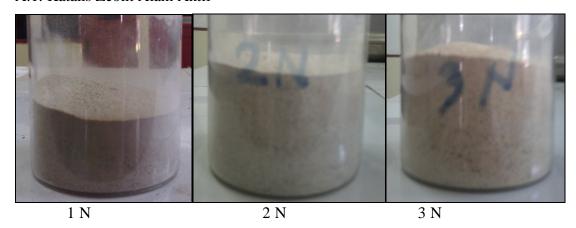
- Akbar, F., 2003, Development of Experimental Protocol to Evaluate FCC (Fluidized Bed Catalytic Cracking) Stripper Performance in Terms of Coke Yield and Composition, *Dissertation*, Salford University.
- Bhatia, S., Twaiq, F.A., Zabidi, N.A., 2003, Catalytic Conversion of Palm Oil Over Mesoporous Aluminosilicate MCM-41 for The Production of Hydrocarbon Fuel, *Elsevier Fuel Processing Tecnology*., Vol. 3 No. 12: 689
- Buchori, L. dan Widayat, 2009, Pembuatan Biodiesel dari Minyak Goreng Bekas dengan Proses Catalytic Cracking, *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia*, 19 20 Oktober 2009, Bandung
- Buzetzki, E., K. Svanova, Z. Cvengrosova, J. Mikulec, A. Kaszonyi and J. Cvengros, 2009, Liquid condensate from oil/fat cracking as components of blended diesel fuels, 44th International Petroleum Conference, Bratislava, 21-22 September 2009
- Clark, J, 2003, Cracking Alkanes, http://www.chemguide.co.uk/organicprops/crackingalkanes-thermalandcatalytic.htm
- Kardono, 2008, Potensi Pengembangan Biofuel Sebagai Bahan Bakar Alternatif, Prosiding Seminar Nasional Teknik Pertanian Yogyakarta, 8-10
- Kirk, R.E. and Othmer, D.F, 1993, *Encyclopedia of Chemical Technology*, vol.5, 4th edition, A Willey Interscience Publication, John Wiley and Sons Co, New York
- Maher, K.D and Bressler, D.C., 2007, Pyrolysis of triglyseride materials for the production of renewable fuels and chemicals, *Bioresource Technology*, 98:2351-2367
- Mulia, Y., 2010, Perkembangan Biofuel di Indonesia, http://yanuarmulia.student.umm.ac.id/2010/07/09/perkembangan-biofuel-di-indonesia/, 11 Mei 2012
- Nasikin, M., A. Wahid dan G. Iswara, 2006, Perengkahan katalitik Fasa Cair Minyak Sawit Menjadi Biogasolin, *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia*, Palembang
- Nurjannah, dkk., 2009, Perengkahan Katalitik Asam Oleat untuk Menghasilkan Biofuel Menggunakan HZSM-5 Sintesis, *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia*, 19 20 Oktober 2009, Bandung
- Ooi, T.L., Ong, A.S.H., Kubota, Y., Shiina, H., Mamuro, H., Nakasato, S., 1986, Reaction of Palm Stearin Catalyzed by Ni(II) Ion-Exchanged Zeolit 13X, *Yukagaku*, Vol. 35 No. 5: 18 22
- Ooi, Y.A., Zakaria, R., Mohammed, A.R., Bhatia, S., 2004, Catalytic Conversion of Palm Oil-Based Fatty Acid Mixture to Liquid Fuel, *Elsevier Journal Biomass and Bioenergy*, Vol. 27: 477

- Prasad, Y.S., Bakhshi, N.N., Mathew J.F., Eager R.L., 1986a, Catalytic Conversion of Canola Oil to Fuel and Chemical Feedstock, Part I. Effect of Process Condition on the Performance of HZSM-5 Catalyst, *The Canadian Journal of Chemical Engineering*, Vol. 64
- Prasad, Y.S., Bakhshi, N.N., Mathew J.F., Eager R.L., 1986b, Catalytic Conversion of Canola Oil to Fuel and Chemical Feedstock, Part II. Effect of Co-feeding Steam on the Performance of HZSM-5 Catalyst, *The Canadian Journal of Chemical Engineering*, Vol. 64: 285 292
- Prihandana, R., Hendroko, R., dan Nuramin, 2006. *Menghasilkan Biodeisel Murah Mengatasi Polusi dan Kelangkaan BBM*, Penerbit Agromedia, Jakarta
- Saputra, R., 2006, Pemanfaatan Zeolit Sintetis sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Industri.
- Siregar, T.B and N.A.S. Amin, 2006, Catalitic Cracking of Palm Oil to Gasoline Over Pretreated Cu-ZSM-5, *Jurnal Teknologi*, 44(F):69-82
- Siswanto, D.Y., G.W.Salim, N. Wibisono, H.Hindarso, Y.Sudaryanto and S. Ismadji, 2008, Gasolin Production from Palm Oil via Catalytic Cracking using MCM-41: Determination of Optimum Condition, *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 3(6): 42-46
- Soerawidjaja, T.H., Tahar, S., Siagian, U.W., Prakoso, T., Reksowardojo, I.K., Permana, K.S., 2005, *Studi Kebijakan Penggunaan Biodiesel di Indonesia*, Kajian Kebijakan & Kumpulan Artikel Penelitian Biodiesel, Menristek, MAKSI, SEAFAST Center, IPB.
- Yelmida, Zahrina, I., Akbar, F., 2011, Perengkahan PFAD (*Palm Fatty Acid Distillate*) dengan Katalis Zeolit Sintesis untuk Menghasilkan Biofuel, *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*, Vol. 8 No.1.
- Yenie, E dan Zahrina, I., 2008, Optimasi Kondisi Proses Esterifikasi Asam Lemak Sawit Distilat Menggunakan Katalis H-Zeolit, *Laporan Penelitian*, Lembaga Penelitian Universitas Riau
- Zahrina, I, 2007, Pemanfaatan Abu Sabut dan Cangkang Sawit Sebagai Sumber Silika pada Sintesis ZSM-5 dari Zeolit Alam, *Jurnal Sain dan Teknologi*, Vol. 6 No. 2.
- Zahrina,I., Saputra, E., Evelyn, Santoso, I.A. dan Ramelo, R., 2007, Sintesis ZSM-5 Tanpa Templat Menggunakan Silika Presipitasi Asal Abu Sawit Sebagai Sumber Silika, *Jurnal Natur Indonesia*, Volume 9 No.2
- Zahrina, I., 2008, Sintesis ZSM-5 Tanpa Templat dari Zeolit Alam dan Abu Sawit, Jurnal Teknologi Proses, Vol.7 No.1

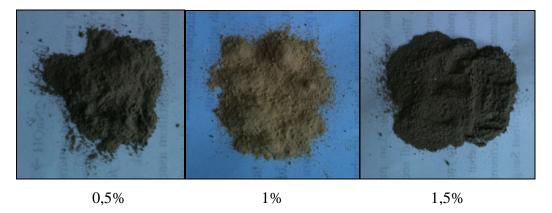
- Zahrina, I., Debora, P., Yenie, E., 2008a, Konversi Asam Lemak Sawit Distilat Menggunakan Katalis Zeolit Sintesis, *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Oleo & Petrokimia Indonesia*, Pekanbaru
- Zahrina, I., Lenniasti, Yenie, E., 2008b, Konversi Asam Lemak Sawit Distilat Menggunakan Katalis NiMo/Al₂O₃, *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Oleo & Petrokimia Indonesia*, Pekanbaru
- Zahrina, I., Yelmida, Akbar, F., 2010, Sintesis ZSM-5 dari Fly Ash Sawit Sebagai Sumber Silika, *Prosiding Seminar Nasional Bioenergi*, Pekanbaru
- Zahrina, I., Yelmida, Akbar, F., 2011a, Sintesis ZSM-5 Tanpa Templat dari Natrium Silikat yang Beradal dari Abu Sawit, *Jurnal Sain dan Teknologi*, Vol.10 No.1
- Zahrina, I., Yelmida, Akbar, F., 2011b, Sintesis ZSM-5 dari Fly Ash Sawit Sebagai Sumber Silika dengan Variasi Nisbah Molar Si/Al dan Temperatur Sintesis, *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*, Vol. 8 No.1.

LAMPIRAN A

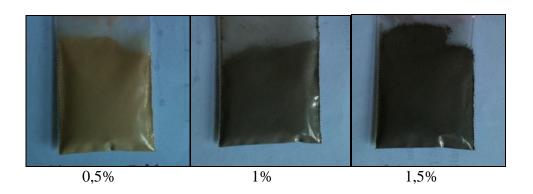
A.1. Katalis Zeolit Alam Aktif



A.2 Katalis Ni/Zeolit



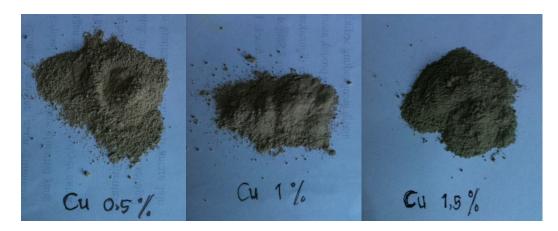
A.3 Katalis Ni.Mo/Zeolit



A.4 Katalis Fe/Zeolit



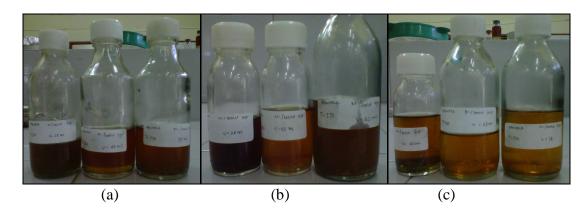
A.5 Katalis Cu/Zeolit



A.6 Katalis CoMo/Zeolit

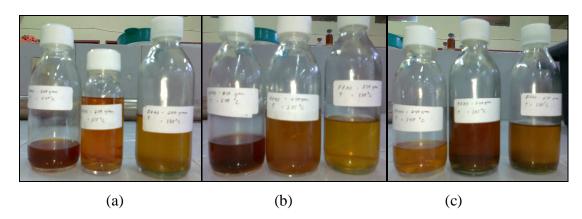


A.7 Produk hasil perengkahan asam lemak sawit distilat menggunakan katalis Ni/Zeolit variasi temperatur dan konsentrasi logam Ni



- (a) Katalis 1% (350, 360 dan 370°C)
- (b) Katalis 2% (350, 360 dan 370°C)
- (c) Katalis 3% (350, 360 dan 370°C)

A.8 Produk hasil perengkahan asam lemak sawit distilat menggunakan katalis Ni/Zeolit variasi temperatur dan nisbah berat katalis/PFAD



- (a) PFAD 200gram (340, 355 dan 370°C)
- (b) PFAD 220gram (340, 355 dan 370°C)
- (c) PFAD 240gram (340, 355 dan 370°C)

A.9 Produk hasil perengkahan asam lemak sawit distilat menggunakan katalis H-Zeolit variasi temperatur dan konsentrasi asam katalis

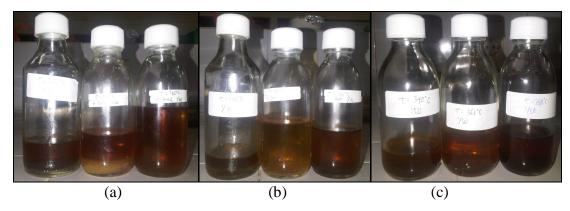


1 N (340, 360, 380°C)

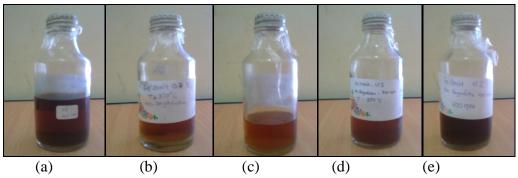
2N (340, 360, 380°C)

3N (340, 360, 380°C)

A.10 Produk hasil perengkahan asam lemak sawit distilat menggunakan katalis H-Zeolit variasi temperatur dan rasio katalis/umpan

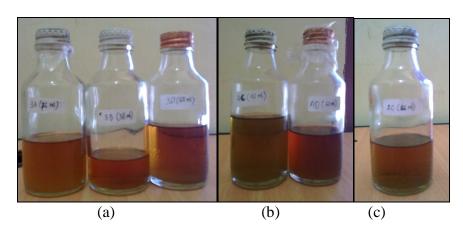


- (a) Rasio 1/100 (340, 360, 380°C)
- (b) Rasio 1/75 (340, 360, 380°C)
- (c) Rasio 1/50 (340, 360, 380°C)
- A.11 Produk hasil perengkahan asam lemak sawit distilat menggunakan katalis Fe/Zeolit variasi konsentrasi logam pengemban dan konsentrasi logam pengemban Fe



- (a) Logam 0%, 300 rpm
- (b) Logam 0.5%, 300 rpm
- (c) Logam 1%, 300 rpm
- (d) Logam 1,5%, 300 rpm
- (e) Logam 0,5%, 400 rpm

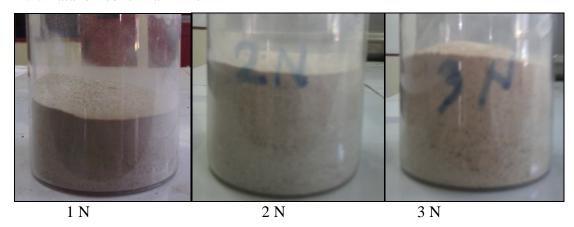
A.12 Produk hasil perengkahan asam lemak sawit distilat menggunakan katalis NiMo/Zeolit variasi konsentrasi logam pengemban dan temperatur reaksi



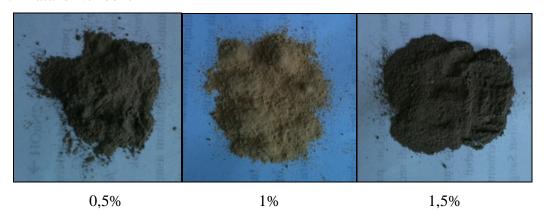
- (a) 380° C (0, 0.5, 1.5%)
- (b) 400°C (1 dan 1.5%)
- (c) 360°C (1%)

LAMPIRAN A

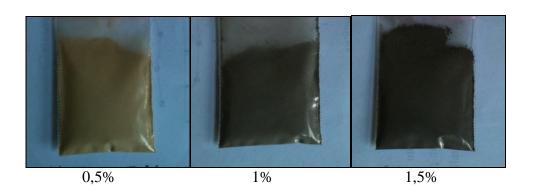
A.1. Katalis Zeolit Alam Aktif



A.2 Katalis Ni/Zeolit



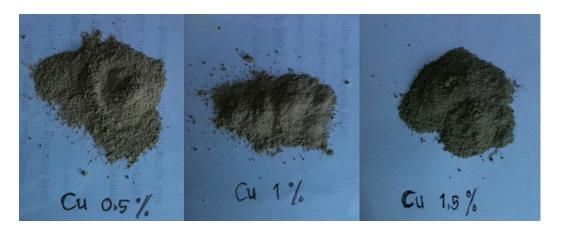
A.3 Katalis Ni.Mo/Zeolit



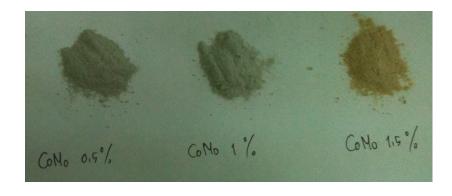
A.4 Katalis Fe/Zeolit



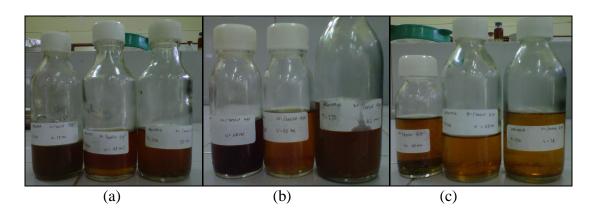
A.5 Katalis Cu/Zeolit



A.6 Katalis CoMo/Zeolit

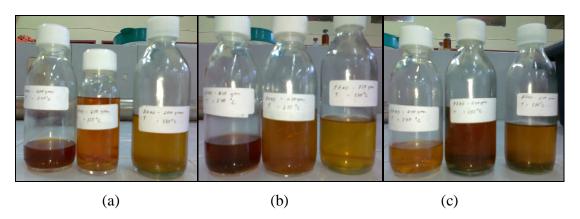


A.7 Produk hasil perengkahan asam lemak sawit distilat menggunakan katalis Ni/Zeolit variasi temperatur dan konsentrasi logam Ni



- (a) Katalis 1% (350, 360 dan 370°C)
- (b) Katalis 2% (350, 360 dan 370°C)
- (c) Katalis 3% (350, 360 dan 370°C)

A.8 Produk hasil perengkahan asam lemak sawit distilat menggunakan katalis Ni/Zeolit variasi temperatur dan nisbah berat katalis/PFAD



- (a) PFAD 200gram (340, 355 dan 370°C)
- (b) PFAD 220gram (340, 355 dan 370°C)
- (c) PFAD 240gram (340, 355 dan 370°C)

A.9 Produk hasil perengkahan asam lemak sawit distilat menggunakan katalis H-Zeolit variasi temperatur dan konsentrasi asam katalis

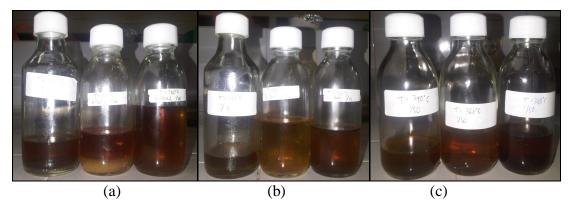


1 N (340, 360, 380°C)

2N (340, 360, 380°C)

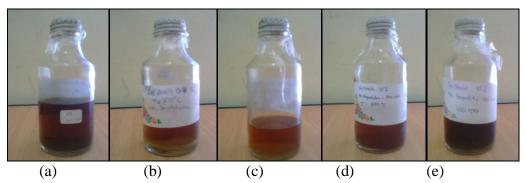
3N (340, 360, 380°C)

A.10 Produk hasil perengkahan asam lemak sawit distilat menggunakan katalis H-Zeolit variasi temperatur dan rasio katalis/umpan



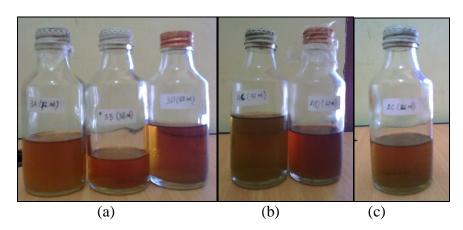
- (a) Rasio 1/100 (340, 360, 380°C)
- (b) Rasio 1/75 (340, 360, 380°C)
- (c) Rasio 1/50 (340, 360, 380°C)

A.11 Produk hasil perengkahan asam lemak sawit distilat menggunakan katalis Fe/Zeolit variasi konsentrasi logam pengemban dan konsentrasi logam pengemban Fe



- (a) Logam 0%, 300 rpm
- (b) Logam 0.5%, 300 rpm
- (c) Logam 1%, 300 rpm
- (d) Logam 1,5%, 300 rpm
- (e) Logam 0,5%, 400 rpm

A.12 Produk hasil perengkahan asam lemak sawit distilat menggunakan katalis NiMo/Zeolit variasi konsentrasi logam pengemban dan temperatur reaksi



- (a) 380°C (0, 0.5, 1.5%)
- (b) 400°C (1 dan 1.5%)
- (c) 360°C (1%)

A.13 Produk hasil perengkahan asam lemak sawit distilat menggunakan katalis Ni/Zeolit dan CoMo/Zeolit



- (a) Logam Ni 0.5%, 360°C (b) Logam CoMo 1%, 400°C