

Seminar Nasional Teknik Kimia

*“Inovasi Teknologi Proses dan Produk
Berbasis Sumber Daya Alam Indonesia”*



Prosiding



Jurusan Teknik Kimia
Magister Teknik Kimia
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Katolik Parahyangan
Bandung

Bandung, 25 April 2012

ISSN 2252-6005

Seminar Nasional Teknik Kimia
Universitas Katolik Parahyangan
25 April 2012

ISSN : 2252-6005

**PROSIDING
SEMINAR NASIONAL
TEKNIK KIMIA**

**“INOVASI TEKNOLOGI DAN PRODUK BERBASIS SUMBER
DAYA ALAM INDONESIA”**

25 APRIL 2012



**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
BANDUNG
2012**

KATA PENGANTAR

Kepada Yth Bapak/Ibu beserta para mahasiswa peserta Seminar Nasional dan Pelatihan Keselamatan Industri Kimia,

Salam Sejahtera,

Saat ini, dunia Industri Kimia dihadapkan dengan dua buah masalah utama yaitu masalah krisis minyak bumi sebagai sumber energi dan bahan baku untuk berbagai produk dan juga permasalahan keselamatan di dalam Industri Kimia.

Untuk permasalahan pertama, solusi yang penting dan perlu segera dilakukan adalah dengan melakukan inovasi terhadap proses dan produk terutama adalah proses dan produk berbasis sumber daya alam Indonesia yang terbaharukan. Oleh karenanya, tema yang diangkat dalam Seminar Nasional Jurusan Teknik Kimia kali ini adalah Inovasi Teknologi Proses dan Produk berbasis Sumber Daya Alam Indonesia dengan harapan agar even ini dapat dijadikan sebagai ajang diskusi, tukar menukar informasi dan pengetahuan yang dinamis dan harmonis antara dunia akademisi, lembaga-lembaga riset, industri dan praktisi serta dari pemerintah sendiri dalam pengembangan proses dan produk berbasis potensi lokal Indonesia.

Peningkatan aspek keselamatan Industri Kimia merupakan faktor yang penting terutama terkait dengan peningkatan kualitas dan kuantitas dari proses produksi di dalam industri tersebut. Oleh karena itu adalah merupakan tanggung jawab kita bersama sebagai seorang Teknik Kimia untuk secara sadar semenjak awal perancangan telah menerapkan *safety awareness* dari mulai tahap *conceptual design* sampai tahap pengoperasiannya. Oleh karena itu, kami mengambil tema Safety awareness sejak tahap Merancang Fasilitas Proses sampai dengan Mengoperasikannya dalam kegiatan pelatihan keselamatan industri kimia tahun 2012 ini.

Kami mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada para pembicara, para nara sumber dari berbagai kalangan, Akademisi, instansi riset maupun dari kalangan Industri yang telah bersedia meluangkan waktunya untuk mengikuti rangkaian kegiatan seminar nasional dan pelatihan ini. Tak lupa dalam kesempatan ini saya juga ingin berterimakasih yang sebesar-besarnya kepada para panitia pengarah, para mahasiswa baik program S-1 maupun program Magister Teknik Kimia yang telah bekerja keras sehingga kegiatan ini dapat terselenggara dengan baik.

Akhir kata, kami memohon maaf yang sebesar-besarnya, jika ada kekurangan di dalam penyelenggaraan acara ini. Kami ucapkan selamat mengikuti kegiatan seminar nasional dan pelatihan ini, sukses kepada kita semua.

Salam,

Dr. Henky Muljana, ST, M.Eng
Ketua Jurusan Teknik Kimia
Universitas Katolik Parahyangan Bandung

PRAKATA

Seminar Nasional Teknik Kimia dengan tema “Inovasi Teknologi Proses dan Produk Berbasis Sumber Daya Alam Indonesia” yang dilangsungkan di Hotel Grand Seriti Bandung pada tanggal 25 April 2012 ini merupakan seminar nasional yang diselenggarakan oleh Jurusan Teknik Kimia UNPAR untuk kesembilan kalinya sejak yang pertama kali pada tahun 2003. Besar harapan kami agar seminar ini semakin dapat memberikan kontribusi dalam dunia penelitian perteknik-kimia-an di Indonesia. Hal ini selaras dengan salah satu visi dari Jurusan Teknik Kimia UNPAR, yaitu dapat menjadi komunitas akademik yang mampu memberikan kontribusi bagi perkembangan dunia penelitian Indonesia.

Kami mengucapkan banyak terima kasih kepada pihak-pihak yang berpartisipasi pada seminar kami tahun ini baik sebagai pemakalah maupun sebagai peserta seminar, karena tanpa kehadiran Saudara sekalian, seminar ini tidak akan terlaksana dengan baik. Bagi para pemakalah, kami berikan apresiasi yang sebesar-besarnya karena di tengah kesibukan yang mungkin menumpuk, Anda masih meluangkan waktu untuk berpartisipasi aktif dalam seminar kami ini.

Dalam seminar ini, kami menerima sekitar 47 buah makalah lengkap yang terbagi kedalam beberapa topik utama yaitu Teknologi Konversi Biomassa dan Energi (TBE), Teknologi Bioproses dan Pangan (TBP), Operasi Teknik Kimia (OTK), Teknik Reaksi Kimia (TRK), Teknologi Polimer, Material dan Membran (TPM) dan Rekayasa Proses dan Produk (RPP).

Seperti peribahasa yang mengatakan “Tiada Gading yang tak Retak”, demikian pula dengan penyelenggaraan seminar kami ini, jika masih terdapat kekurangan atau hal yang tak berkenan bagi saudara sekalian, kami memohon maaf dan sangat kami harapkan dari Anda semua, kritik dan saran yang membangun sehingga di tahun-tahun mendatang, kami dapat menyelenggarakan Seminar dengan lebih baik lagi.

Akhir kata, kami mengucapkan “selamat berseminar”. kiranya seminar ini bermanfaat bagi kita semua.

Bandung, 25 April 2012

Panitia

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Kata Pengantar	ii
Prakata	iii
Daftar Isi	iv

Makalah Pembicara Utama

Potency of Indonesian Natural Products for Nutraceutical, Pharmaceutical and Cosmeceutical Industry Development	2
--	----------

Yaya Rukayadi

Department of Food Science, Faculty of Food Science and Technology, and
Laboratory of Natural Products, Institute of Bioscience Universiti Putra
Malaysia (UPM) Malaysia

Makalah Bidang Kajian

Teknologi Konversi Biomassa dan Energi (TBE)

TBE 01	Scale Up Produksi Biodiesel Rute Non Alkohol dalam Reaktor Unggun Isian	14
---------------	--	-----------

Heri Hermansyah, Edilberd Christophel Napitupulu, Rita Arbianti, Merisa Bestari Faiz

Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok

TBE 02	Pembuatan Bioetanol Fuel Grade dari Singkong Karet (<i>Manihot Glaziovii</i>) melalui Proses Destilasi-Adsorpsi Menggunakan Adsorben Zeolit	19
---------------	--	-----------

Hargono

Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Semarang

TBE 03	Studi Batas-batas Validitas Uji Halphen untuk Perbaikan SNI Biodiesel	24
---------------	--	-----------

Tatang Hernas Soerawidjaja¹⁾, Tedi Hudaya²⁾, dan Panji Widya Nugraha²⁾

¹⁾Pusat Penelitian Energi Berkelanjutan, Institut Teknologi Bandung

²⁾Jurusan Teknik Kimia, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung

TBE 04	Proses Produksi Biofuel dari Minyak Goreng Kelapa Sawit dengan Proses Catalytic Cracking dan Katalis Zeolit <i>Widayat, Lanang Pamujidan Yoppy Maulana</i> Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Semarang	30
TBE 05	Studi Pengaruh Ukuran dan Konsentrasi Tepung Jagung pada Proses Produksi Etanol Grade Bahan Bakar dengan Proses Adsorpsi <i>Widayat, Muhaimin, Lukman Hakim, Rizal Saputra dan Ibnu Perdana</i> Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Semarang	37
TBE 06	Potensi Limbah Padat sebagai Sumber Energi Listrik di Pabrik Kelapa Sawit Milik PT. Perkebunan Nusantara <i>Wargiantoro Prabowo dan Irhan Febijanto</i> Pusat Teknologi Pengembangan Sumberdaya Energi, BPP Teknologi, Jakarta	42
TBE07	Karakteristik Kompor LPG terhadap Variasi Campuran Bahan Bakar DME <i>Dwi Lukman Hakim dan Irhan Febijanto</i> Pusat Teknologi Pengembangan Sumberdaya Energi, BPP Teknologi, Jakarta	48
TBE 08	Pengaruh Kandungan Dimethyl Ether (DME) dalam Bahan Bakar terhadap Kinerja Mesin Diesel Injeksi Langsung <i>Taufik Yuwono dan Irhan Febijanto</i> Pusat Teknologi Pengembangan Sumberdaya Energi, BPP Teknologi, Jakarta	53
TBE 09	Hidrogenasi Elektrokimia Minyak Nabati <i>Tatang Hernas Soerawidjaja¹⁾, TediHudaya²⁾, dan Oktivani²⁾</i> ¹⁾ Pusat Penelitian Energi Berkelanjutan, Institut Teknologi Bandung ²⁾ Jurusan Teknik Kimia, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung	58

- | | | |
|---------------|---|-----------|
| TBE 10 | Produksi Biohidrogen dari Limbah Biomassa untuk Pembangkit Listrik
<i>Zulaicha Dwi H dan Irhan Febijanto</i>
Pusat Teknologi Pengembangan Sumberdaya Energi, BPP Teknologi, Jakarta | 64 |
| TBE 11 | Studi Hidrogenasi Minyak Lemak Bergugus Siklopropenoid pada Temperatur dan Tekanan Rendah
<i>Tatang Hernas Soerawidjaja¹⁾, Tedi Hudaya²⁾, dan Liana²⁾</i>
¹⁾ Pusat Penelitian Energi Berkelanjutan, Institut Teknologi Bandung
²⁾ Jurusan Teknik Kimia, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung | 69 |
| TBE 12 | Produksi Biopellet Berbahan Baku Serat Buah Sawit (<i>Mesocarpfiber</i>) sebagai Sumber Energi Terbarukan
<i>Sasa Sofyan Munawar dan Wida B. Kusumaningrum</i>
UPT Biomaterial LIPI, Cibinong Bogor | 76 |
| TBE 13 | Pemanfaatan Bambu Betung (<i>Dendrocalamusasper</i>) untuk Produksi Biopellet sebagai Sumber Energi Terbarukan
<i>Wida B. Kusumaningrum dan Sasa Sofyan Munawar</i>
UPT Biomaterial LIPI, Cibinong Bogor | 83 |
| TBE 14 | Hidrokarbon Fraksi <i>Gasoline</i> dari Minyak Jarak Melalui Reaksi Perengkahan Menggunakan Katalis B_2O_3/Al_2O_3 dengan <i>Pretreatment</i> Saponifikasi
<i>Setiadi, M. Nasikin, Abdul Latif</i>
<i>Departemen Teknik Kimia, Universitas Indonesia, Kampus Baru UI Depok- 16424, telp. 021.7863516, fax 021-7863515</i> | 88 |
| TBE 15 | Pengaruh Derajat Substitusi Terhadap <i>Swelling</i> pada Sintesis Karboksimetil Pati
<i>Karsono Samuel Padmawijaya dan Sumarno</i>
Jurusan Teknik Kimia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya | 94 |

TBE 16	Kompur Tekan Multifuel Berbahan Bakar Jelantah <i>Sjaffriadi, Budi Nurachman, Nugroho Adi Sasongko, Imron Masfuri</i> Pusat Teknologi Pengembangan Sumberdaya Energi (PTPSE), Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), Jakarta	99
TBE 17	Celullose-lignin Ratio to Predict Sugar Released Values <i>Wahyu Dwianto, Sandi Sufiandi, Sukma S. Kusumah, Danang S. Adi, and Fitria</i> Research and Development Unit for Biomaterials, Indonesian Institute of Sciences, Bogor	108
TBE 18	Komposisi Kimia Asap Cair Tempurung Biji Nyamplung (<i>calophylluminophyllumlinn</i>) <i>Indah Rodianawati</i> Fakultas Pertanian Universitas Khairun, Ternate Selatan, Maluku Utara	113
TBE 19	Hidrogenasi Elektrokimia Hidrokarbon Terpen <i>Tatang Hernas Soerawidjaja¹⁾, Tedi Hudaya²⁾, dan Rinaldy P²⁾</i> ¹⁾ Pusat Penelitian Energi Berkelanjutan, Institut Teknologi Bandung	119
Teknologi Pangan dan Bioproses (TBP)		
TBP 01	Kajian Optimasi Konsentrasi dan Waktu Tunda Panen di Reaktor Hidrolisis Berbahan Baku Limbah <i>Jatropha curcas</i> L. Dalam Pencernaan Anaerobik Sistem Dua Tahap. <i>Praptiningsih, G. Adinurani¹⁾, Tony Liwang²⁾, Salafudin³⁾, Leopold, O. Nelwan⁴⁾, Yosephianus Sakri²⁾, dan RoyHendroko^{*5)}</i> ¹⁾ UniversitasMerdekaMadiun, ²⁾ PT Smart Tbk., Jakarta ³⁾ Teknik Kimia ITENAS, Bandung ⁴⁾ FATETA, KampusIPB Darmaga, Bogor ^{5*)} UNSADA, Jakarta	126

TBP 02	Mempelajari Suhu, Waktu Pemanasan dan Lama Fermentasi terhadap Aktivitas Enzim Sakarifikasi oleh Kapang pada Media Kulit Markisa Ungu dan Dedak Padi <i>Mariyati Bilang</i> Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin. Makassar	134
TBP 03	Pemanfaatan Tepung Limbah Tulang Ikan Cucut sebagai Tepung Sumber Kalsium pada Pembuatan Kerupuk <i>Ridawati, Mariandani Pipin Sopiah</i> Jurusan IKK, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta	141
TBP 04	Optimasi Kinerja <i>Microbial Fuel Cell</i> (MFC) untuk Produksi Energi Listrik Menggunakan Bakteri <i>Lactobacillus Bulgaricus</i> <i>Deni Novitasari, Rita Arbianti, Tania Surya Utami, Heri Hermansyah, Ester Kristin, Ira Trisnawati</i> Departemen Teknik Kimia, Universitas Indonesia, Depok	146
TBP 05	Studi Pustaka: Pemanfaatan Mikrobia Lokal sebagai Agen Bioproses Kecap Kedelai <i>Andri Frediansyah dan Suharwadji Sentana</i> UPT Balai Pengembangan Proses dan Teknologi Kimia LIPI, Yogyakarta	153
TBP 06	Isolasi dan Uji Stabilitas Senyawa Aktif Anti Mikroba yang dihasilkan oleh <i>Lactobacillus acidophilus</i> <i>Rofiq Sunaryanto</i> Balai Pengkajian Bioteknologi BPPT Tangerang	159
TBP 07	Rekayasa Teknologi untuk Perbaikan Proses Pembuatan Tahu yang Ramah Lingkungan Malik Musthofa ^{1,*} , Trivia Buana Ratri ² ^{1,*2} Prodi Teknik Kimia Universitas Muhammadiyah Surakarta (UMS)	164
TBP 08	Kajian Kinetika Degradasi Warna pada Pasta Tomat Selama Penyimpanan pada Temperatur 20°, 28° dan 40°C <i>Iceu Agustinisari dan Niken Harimurti</i> Balai Besar Litbang Pascapanen Pertanian, Kampus Penelitian Pertanian Cimanggu – Bogor	170

Teknologi Polimer, Material dan Membran (TPM)		
TPM 01	Pembuatan Slow Release Fertilizer Melalui Proses Pelapisan Menggunakan Polimer Amilum: Pengaruh Suhu Operasi dan Konsentrasi Pelapis	180
	<i>Suherman, AprilinaPurbasari, KhairIvanky, Rizky TW</i> JurusanTeknik Kimia, FakultasTeknik, UniversitasDiponegoro, Semarang	
TPM 02	Proses Sintesis Indium Oksida (In₂O₃) Nanopartikel dengan Metode Sol Gel Sebagai Lapisan Aktif pada Sensor Gas	185
	<i>Slamet Widodo</i> Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi, PPET-LIPI, Bandung	
TPM 03	Teknologi Fabrikasi Sensor Gas NH₃ dengan Lapisan Aktif In₂O₃	191
	<i>Slamet Widodo</i> Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi, PPET-LIPI, Bandung	
Unit Operasi Teknik Kimia dan Perancangan (OTK)		
OTK 01	Pengaruh Jenis Pelarut (Etilasetat, Aseton, Etanol), Temperatur dan Rasio f:s terhadap Aktivitas Antioksi dan Hasil Ekstraksi Kulit Buah Manggis	199
	<i>Arry Miryanti dan Stephen Indra Nugraha</i> JurusanTeknik Kimia, UniversitasKatolikParahyangan, Bandung	
OTK 02	Pengaruh Jenis Pelarut (Metanol, Metanol-Air, Air), Temperatur dan Rasio f:s terhadap Aktivitas Antioksidan Hasil Ekstraksi Kulit Buah Manggis	206
	<i>Arry Miryanti, KurniawanBudionodanLannySapei</i> JurusanTeknik Kimia, UniversitasKatolikParahyangan, Bandung	
OTK 03	Fouling Behavior of Polysaccharide-Protein Mixture Solutions During Ultrafiltration	211
	<i>Heru susanto</i> Membrane Research Center, Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Diponegoro University	

OTK 04	Proses Granulasi Pupuk Berbasis Matriks Zeolit Alam <i>Abdul Ghofar, Murbantan Tandirerung, Hens Saputra</i> Pusat Teknologi Industri Proses, BPPT Tangerang	216
OTK 05	Preparasi Kalemang Teraktivasi Serta Aplikasinya Pada Adsorpsi Methyl Violet <i>Yuliani HR, Herman Bangngalino, Renzy David</i> Jurusan Teknik Kimia Politeknik Ujung Pandang	222
OTK 06	Pengendalian Kelembaban Udara Proses Menggunakan MCM-41 Molecular Sieve <i>Hens Saputra, Anwar Mustafa, Abdul Ghofar</i> Pusat Teknologi Industri Proses, BPPT Tangerang	231
OTK 07	Aktifasi Zeolit Alam untuk Aplikasi Adsorpsi Gas NO₂ Emisi Kendaraan Bermotor <i>Yuliusman, Sunardi, RasyidGinanjari Agustiar</i> Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Depok	235
OTK 08	Pengaruh Penyisipan TiO₂ Pada Zeolit Alam Lampung Terhadap Kemampuan Adsorpsi pada Gas Karbon Monoksida dan Penjernihan Asap <i>Yuliusman, Widodo WP, Yulianto S.N, M. , Reza S</i> Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Depok	240
OTK 09	Analisa Perpindahan Panas dengan Konveksi Bebas dan Radiasi pada Penukar Panas Jenis Pipa dan Kawat <i>ZuhdiMa'sum ,AliAltway, Made Arsana, Fathurrahman Malik, WahyudiPriyono.</i> Jurusan Teknik Kimia, Institute Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya	246
OTK 10	Unjuk Kerja Pengering Suryahibrid ICDC Tipe Resirkulasi untuk Bahan Granular <i>Kamaruddin Abdullah, AepSaepulUyundanYefri Chan</i> Teknik Mesin, Universitas Darma Persada, Jakarta	255

OTK 11	Proses Ekstraksi Zat Warna Biji Buah Kesumba (Bixaorellana Linn) dan Aplikasinya pada Kue Mangkok. <i>Mariani, Ridawati dan Febriadi Perdana</i> Jurusan IKK, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta	261
Rekayasa Sistem Proses dan Produk (RPP)		
RPP 01	Simulasi Distilasi Ekstraktif Sistem Azeotrop Aseton-Metanol <i>Andree dan Budi Husodo Bisowarno</i> Jurusan Teknik Kimia, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung	267
RPP 02	Simulasi Kondisi Operasi Distilasi Ekstraktif secara Batch untuk Pemisahan Campuran Aseton-Metanol <i>Sandi Apriandi Setiawan dan Budi Husodo Bisowarno</i> Jurusan Teknik Kimia, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung	272
Teknik Reaksi Kimia dan Katalisis (TRK)		
TRK 01	Pengaruh Hidrolisis Lanjut terhadap Berat Molekul Chitosan <i>Natalia Suseno, Tokok Adiarto, Helen N., Gabriela Alexia</i> Jurusan Teknik Kimia, Universitas Surabaya	279
TRK 02	Pengaruh Laju Alir Umpan Limbah Cair dalam Reaktor Fotofenton Sistem Kontinyu dengan Recycle <i>Yuana Elly Agustin, Lie Hwa</i> Jurusan Teknik Kimia, Universitas Surabaya	284
TRK 03	Studi Termodinamika Kestimbangan Gasifikasi Biomassa untuk Memproduksi H₂ dan N₂ sebagai Umpan Sintesis Ammonia dalam Gasifier Downdraft <i>Hendriyana</i> Jurusan Teknik Kimia-Fakultas Teknik UNJANI Cimahi	290

Proses Produksi Biofuel dari Minyak Goreng Kelapa Sawit dengan Proses Catalytic Cracking dengan Katalis Zeolit

Widayat^{*)}, Lanang Pamuji dan Yoppy Maulana

^{*)} Center of Biomass and Renewable Energy (C-BIORE)

Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

Jl Prof sudarto SH Tembalang Semarang 50239

E-mail: yayat_99@yahoo.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk memproduksi bahan bakar cair dengan proses perengkahan berkatalis zeolit. Katalis yang digunakan adalah zeolit alam yang diperoleh dari Jawa Tengah. Penelitian ini menggunakan metode factorial design 2^3 dengan variabel ukuran zeolite (0,85–1,14mm & 1,14–1,18mm); volume awal minyak goreng (50ml & 100ml); dan suhu perengkahan (300°C & 400°C). Biofuel dianalisa dengan alat kromatografi gas spektrofotometri massa (GCMS) dan dihitung berat jenisnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa minyak goreng kelapa sawit dapat menjadi produk bahan bakar cair dengan cara perengkahan menggunakan katalis zeolite. Zeolite yang telah diaktivasi dengan asam sulfat mempunyai kemampuan untuk merengkahkan minyak goreng kelapa sawit menjadi produk bahan bakar cair. Yield produk tertinggi sebesar 77,86% dengan kondisi operasi yaitu ukuran zeolite 0,85 – 1,14 mm; suhu perengkahan 400 °C; dan volume umpan 100 ml dan variabel operasi yang paling berpengaruh adalah volume minyak goreng yang direnkahkan. Minyak goreng kelapa sawit dapat dikonversi menjadi produk bahan bakar cair alternatif golongan bensin, kerosin, dan terutama solar (diesel).

Kata Kunci: bahan bakar cair, catalytic cracking, zeolit, ukuran zeolit, volume minyak goreng

Abstract

The objective of this research to product biofuel from vegetable oil with catalytic craking process. Solution ethanol. A mixture of of ethanol - water at atmospheric conditions is azeotrop. To product fuel grade ethanol (absolute concentration) requires further purification process from ethanol azeotrop. The method used in this study the adsorption of the adsorbent was cornmeal. Corn flour is a material is hygroscopic, so it can absorb water. Adsorbent that is used has different diameters (1.18, 1, 0.85, 0.6, 0.045 mm) with a weight of adsorbent is 5 and 10%. The 100 ml ethanol with concentration 95% was added with corn adsorbent that has specific size as much as 5%. Adsorption process was held for 10 minutes with a stirring speed of 100 rpm. The results showed that the production of fuel grade ethanol is better with the adsorbent 10%. The decreasing of diameter adsorbent, the product has concentration of ethanol increasing too. Adsorbent with 0.045 mm diameter can be used to product fuel grade ethanol.

Keywords: ethanol fuel, corn flour, ethanol concentration, diameter and adsorbent concentration

Pendahuluan

Minyak bumi merupakan sumber energi yang tak dapat diperbarui. Adanya kenaikan harga BBM di Indonesia akhir-akhir ini mendorong upaya penghematan maupun penelitian untuk mendapatkan bahan bakar baru pengganti minyak bumi. Pada saat ini, Indonesia sudah menjadi negara pengimpor penuh minyak bumi (net-importer), sehingga diperlukan bahan bakar alternatif untuk mengatasi hal tersebut. Bahan bakar alternatif yang banyak dikembangkan adalah bahan bakar yang dapat diperbarui, diantaranya biodiesel, bioethanol, biogas, energi surya, dll.. Bahan bakar untuk transportasi yang umum adalah minyak diesel atau solar dan premium. Pada saat ini sudah dikembangkan pengganti solar yaitu biodiesel dimana bahan bakar mesin diesel (biodiesel) ini bersifat lebih ramah lingkungan, dapat diperbarui dan menghasilkan emisi gas buang yang relatif lebih bersih.

Minyak nabati seperti minyak kedelai, minyak kelapa sawit dan minyak zaitun dapat kita dikembangkan sebagai bahan baku dalam proses produksi bahan bakar baru alternatif. Beberapa penelitian yang telah mengembangkan biodiesel adalah dengan reaksi esterifikasi asam lemak bebas, transesterifikasi (in situ) minyak nabati dengan kandungan asam lemak bebas rendah (<0,5%) (Kalam dan Masjuki, 2002), pirolisa dengan temperatur tinggi (Ma dan Hanna, 1999), reaksi esterifikasi dan transesterifikasi enzimatik (Simada dkk, 1999; Watanabe, dkk., 2000, 2001, Nelson, dkk., 1996), reaksi metanolisis dengan enzim lipase immobilisasi pada CO₂ superkritik (Jackson dan King, 1996), perengkahan berkatalisa terhadap minyak nabati tropis (minyak kopra dan minyak kelapa sawit) (Pioch, dkk 1993). Billaud dkk, (1995) melakukan perengkahan thermal dimana digunakan temperature operasi 850°C. Dengan temperature yang tinggi, tentunya biaya produksi akan menjadi lebih mahal. Produk yang diperoleh mempunyai komposisi beragam dimana C₁-C₄ yang paling dominan. Widayat (2005, 2006) juga telah melakukan penelitian dengan proses perengkahan berkatalis zeolit alam dari minyak goreng dimana produk yang diperoleh sebagian besar adalah fraksi solar (minyak diesel). Mikroalga bahkan juga telah dikembangkan menjadi biodiesel (Hadiyanto dkk, 2010). Minyak yang ada didalam mikroalga dikonversi menjadi biodiesel dengan melalui tahap ekstraksi dan dikonversi dengan katalis asam. Bahan bakar transportasi yang lain adalah bensin yang dapat disubstitusi dengan bioethanol.

Dalam proses perengkahan minyak nabati katalis sangat berperan selain bahan baku dan kondisi operasi. Salah satu jenis katalis yang sering digunakan dalam proses perengkahan adalah zeolit (Levenspiel, 1998). Alam Indonesia memiliki kandungan zeolite alam yang cukup berlimpah dengan kemurnian lebih dari 84% (Subagjo, 1998). Pemanfaatan zeolit alam sebagai katalis khususnya

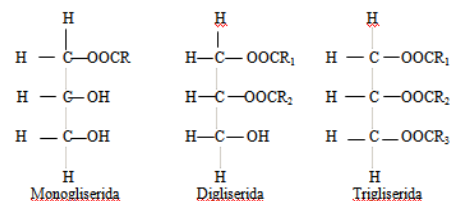
perengkahn belum banyak diaplikasikan dan masih sebatas tahap penelitian. Sumber minyak nabati yang potensial di Indonesia pada saat ini adalah kelapa sawit, namun sebagian besar masih untuk industri pangan. Pada tahun 2006 produksi *Crude Palm Oil* (CPO) menurut Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS) Indonesia memiliki kontribusi terbesar 25% atau sekitar 8 juta ton setiap tahun dari produksi dunia.

Dalam penelitian ini kita akan menggunakan minyak goreng yang diolah dengan cara *catalytic cracking* dengan katalis zeolite. Minyak goreng yang digunakan ini menggunakan minyak kelapa sawit karena relatif mudah dicari dan harganya relatif murah. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari kemungkinan penggunaan minyak goreng kelapa sawit sebagai alternatif bahan bakar baru dengan proses *catalytic cracking* dengan menggunakan katalis zeolite serta pengaruh jumlah minyak goreng, ukuran katalis dan temperatur yang digunakan terhadap produk yang akan dihasilkan, dimana digunakan rancangan factorial design 2³.

Landasan Teori

Minyak nabati

Minyak nabati merupakan ester – ester asam lemak dan gliserol yang disebut gliserida, tergantung jumlah OH yang digantikan seperti mono-, di, dan trigliserida dengan rumus – rumus bangun sebagai berikut :



Gambar 1. Gugus gliserida

Minyak nabati tersusun dari unsur C, H, dan O. Minyak ini merupakan ester dari gliserol dan asam lemak. Gliserol adalah alkohol trihidrat dengan tiga gugus hidroksil -OH. Asam lemak memiliki rumus umum RCOOH, dimana R suatu rantai hidrokarbon. Setiap gugus -OH dari gliserol bereaksi dengan -COOH dari asam lemak membentuk sebuah molekul lemak. Minyak adalah campuran trigliserida terdiri atas satu molekul gliserol yang berkaitan dengan tiga molekul asam lemak. Pada dasarnya minyak goreng terdiri dari tiga komposisi, yaitu minyak jenuh, minyak tak jenuh tunggal dan minyak tak jenuh ganda.

Minyak nabati terdiri dari fraksi cair dengan perbandingan seimbang. Penyusun fraksi padat terdiri dari asam lemak jenuh, antara lain asam miristat (1%), asam palmitat (41,6 %), dan asam stearat. Sedangkan fraksi cair tersusun dari asam lemak tidak jenuh yang terdiri dari asam oleat (38,0 %) dan asam linoleat (9,5 %) (Kirk and Othmer, 1978)

Tabel 1 Komposisi asam lemak dan inti minyak kelapa sawit (Ma, 1999)

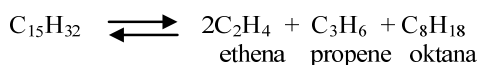
Nama Asam	Jumlah atom C	Minyak Sawit (%)	Minyak Inti Sawit (%)	Minyak kelapa (%)
Asam lemak jenuh				
Oktanoat	8	-	2 – 4	8
Dekanoat	10	-	3 – 7	7
Laurat	12	1	41- 56	48
Miristat	14	1 – 2	14 – 19	17
Palmitat	16	32 – 47	6 – 10	9
Stearat	18	4 – 10	1 – 4	2
Asam lemak tidak jenuh				
Oleat	18	38 – 50	10 – 20	6
Linoleat	18	5 – 14	1 – 5	3
linolenat	18	1	1 – 5	-

Tabel 1 menunjukkan bahwa minyak kelapa sawit mengandung banyak asam – asam palmitat, oleat dan linoleat. Asam lemak bebas terbentuk sebagai hasil dari hidrolisis trigliserida yang dipengaruhi oleh gaya enzimatik didalam buah kelapa dan akibat adanya ekstraksi minyak dari buah kelapa tersebut. Dari rumus bangun trigliserida yang telah kita ketahui, gugus R₁, R₂, dan R₃ dapat berasal dari bermacam – macam asam karboksilat seperti palmitat, stearat, oleat dan lain-lain.

Proses Perengkahan Berkatalis

Prinsip kerja dari *catalytic cracking* adalah dengan cara memecah hidrokarbon kompleks menjadi molekul yang lebih sederhana sehingga dapat meningkatkan kualitas dan kuantitas produk dan juga dapat menurunkan jumlah residu yang dihasilkan dengan bantuan katalis. Sebagai contoh proses perengkahan minyak bumi, didapatkan produk seperti kerosine, gasoline, LPG, dan minyak – minyak kimia yang lain.

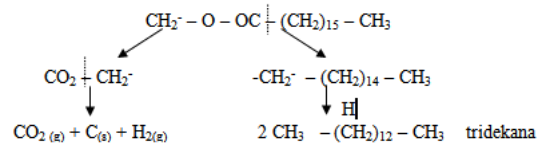
Cracking atau perengkahan adalah suatu cara untuk memecah rantai molekul hidrokarbon yang besar menjadi molekul yang lebih kecil. Pemecahan ini menggunakan suhu dan tekanan yang tinggi tanpa adanya katalis, atau suhu dan tekanan yang rendah dengan menggunakan katalis. Keunikan dari reaksi ini adalah molekul hidrokarbon dihancurkan secara acak untuk menghasilkan campuran hidrokarbon dengan berat molekul lebih kecil. Suatu misal hidrokarbon C₁₅H₃₂ dapat dipecah dengan zeolite sebagai katalis akan menjadi ethena, propena dan oktana (Clark, 2003).



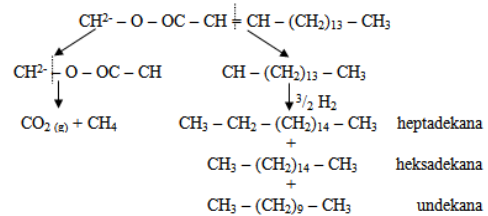
Widayat (2005) menjelaskan proses perengkahan berkatalis untuk minyak goreng bergantung gugus

alkil dengan ikatan rangkap, atau hanya tunggal saja. Dengan demikian proses perengkahan rantai trigliserida dikelompokkan menjadi 3 bagian yaitu;

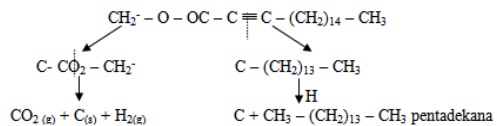
a. Perengkahan untuk gugus alkil dengan ikatan tunggal (jenuh).



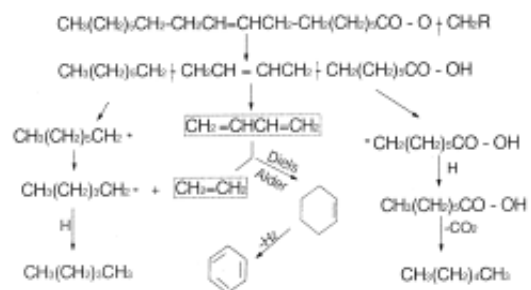
b. Perengkahan minyak goreng dengan gugus alkil tak jenuh tunggal.



c. Perengkahan minyak goreng dengan gugus alkil tak jenuh ganda.



Dalam penelitian Widayat (2005) yang ditinjau adalah komponen yang dominan dalam fase cair, sedangkan komponen minor dan gas tidak dipertimbangkan. Mekanisme reaksi (Gambar 2) untuk proses perengkahan minyak nabati dipelajari oleh Schwab dkk, (1988). Di dalam mekanisme reaksi juga menghasilkan senyawa aromatik. Pemecahan terjadi dalam gugus alkil dan juga gugus karboksilat. Selain reaksi pemutusan juga terjadi reaksi pembentukan senyawa siklik.

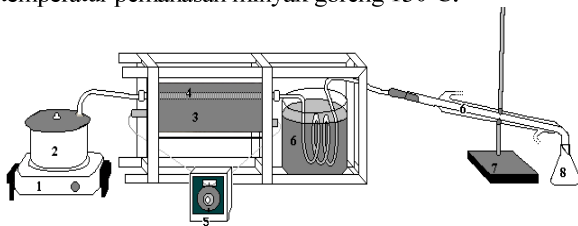


Gambar 2. Mekanisme reaksi menurut Schwab dkk, 1988

Metodologi

Bahan bakar biofuel dalam penelitian ini diproduksi dalam skala laboratorium. Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah minyak goreng kelapa sawit dengan label dagang "Tropical", aqua demin, Air, zeolite, H_2SO_4 . Minyak goreng dari kelapa sawit dengan nama dagang "Tropical", jenis zeolite yang digunakan zeolite alam dengan nama dagang "Zeolite krikol" dan asam sulfat yang digunakan mempunyai spesifikasi pro analysis (Merck). Peralatan untuk proses aktifasi katalis adalah labu leher tiga yang dilengkapi dengan pendingin balik dan pengadukan serta pemanas. Untuk proses perengkahan digunakan alat reaktor dengan diameter $\frac{1}{4}$ inci yang terbuat dari besi ss, reaktor diletakkan didalam furnace yang dilengkapi dengan termokopel dan dihubungkan dengan pengendali temperatur, tabung umpan dengan kapasitas 500 ml, kompor pemanas untuk menguapkan minyak goreng sawit, pendingin yang terdiri dari dua yaitu pendingin koil dan pendingin balik dan penampung produk proses perengkahan. Peralatan secara lengkap seperti disajikan dalam gambar 3.

Rancangan percobaan menggunakan factorial design 2^3 dengan variable bebas adalah ukuran diameter awal zeolit alam (X_1), volume minyak goreng (X_2) dan temperatur operasi (X_3). Rancangan percobaan secara lengkap disajikan dalam Tabel 2. Berat katalis zeolite yang digunakan 2 gram, temperatur pemanasan minyak goreng $150^\circ C$.



Gambar 3. Rangkaian Alat untuk proses perengkahan berkatalis minyak sawit (1. kompor listrik, 2. labu umpan, 3. furnace, 4. reaktor + katalis zeolit + termokopel, 5. termoregulator, 6. pendingin koil + balik, 7. statif dan 8. tangki penampung produk)

Tabel 2. Rancangan percobaan factorial design 2^3

Run	Variabel			Yield (%)
	X_1	X_2	X_3	
1	-	-	-	Y_1
2	+	-	-	Y_2
3	-	+	-	Y_3
4	+	+	-	Y_4
5	-	-	+	Y_5
6	+	-	+	Y_6
7	-	+	+	Y_7
8	+	+	+	Y_8

Keterangan :

X_1 : Ukuran Zeolite (-); 0,85 mm dan (+); 1,14 mm
 X_2 = Volume Minyak Goreng (-); 50 ml (+); 100 ml
 X_3 = Temperatur Furnace (-); $300^\circ C$ (+); $400^\circ C$

Preparasi katalis zeolite dimulai dengan menghancurkan zeolite sampai ukuran yang telah ditentukan. Zeolite alam diaktivasi dengan H_2SO_4 2 N pada temperatur $80^\circ C$ selama 8 jam. Zeolit selanjutnya dicuci dengan aqua demin, dikeringkan pada tempat terbuka dan dimasukkan kedalam oven pada suhu $110^\circ C$ selama 2 jam.

Katalis zeolit yang sudah aktif dimasukkan ke dalam reaktor sebanyak 2 gram. Proses perengkahan dilakukan dengan memanaskan terlebih dahulu sejumlah minyak goreng dalam tangki umpan dan setelah minyak goreng menguap, uap minyak goreng dilewatkan pada reaktor yang dipanaskan pada temperatur yang sudah ditentukan. Reaksi dihentikan ketika jumlah minyak dalam labu pemanas sudah habis. Respon yang diamati adalah volume produk, densitas dan warna dari produk hasil perengkahan berkatalis. Salah satu produk dianalisis dengan kromatografi gas spektrofotometri massa untuk mengetahui kompoen-komponen penyusun produk.

Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian disajikan dalam tabel 3. Tabel 3 menunjukkan bahwa yield perengkahan minyak goreng kelapa sawit dengan katalis zeolite diperoleh hasil terendah sebesar 25,89%, dimana kondisi operasinya yaitu dengan ukuran zeolite sebesar 1,14 mm, suhu didalam furnace sebesar $300^\circ C$, dan volume umpan sebesar 50 ml. Yield tertinggi sebesar 77,86% yang diperoleh pada run ke-7, dimana kondisi operasinya yaitu dengan ukuran zeolite sebesar 0,85mm, suhu didalam furnace sebesar $400^\circ C$, dan volume umpan sebesar 100 ml.

Tabel 3 Hasil perengkahan minyak goreng kelapa sawit dengan katalis zeolite

Run	Warna	Berat Jenis	% Yield
1	hijau muda	0,530	29,30
2	hijau kecoklatan	0,509	25,89
3	coklat	0,843	65,74
4	coklat	0,842	52,10
5	coklat muda	0,819	56,14
6	coklat muda	0,779	51,71
7	coklat	0,903	77,86
8	coklat	0,859	71,26

Untuk jumlah umpan minyak goreng yang sama, dan tempertur operasi yang sama, diperoleh yield untuk ukuran zeolite 0,85 mm (7 atau 1) lebih besar dibandingkan dengan ukuran zeolite 1,14 mm (8 atau 2). Hal ini dikarenakan semakin kecil ukuran zeolite, maka ukuran pori zeolite akan semakin luas sehingga frekuensi tumbukan dengan minyak goreng akan semakin besar. Ukuran zeolit alam yang rendah pada waktu aktifasi katalis akan menghasilkan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan ukuran awal besar. Dengan luas permukaan katalis

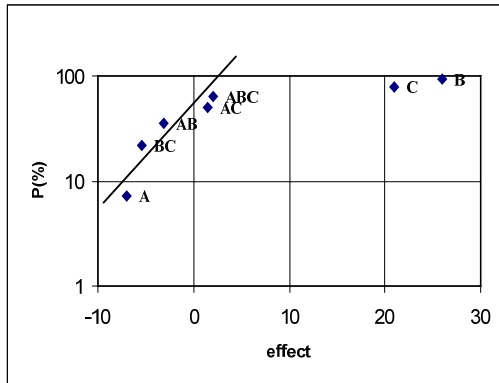
yang lebih besar maka akan memberikan aktifitas yang lebih baik.

Untuk volume (jumlah umpan) dan ukuran zeolite yang sama, diperoleh yield yang lebih besar pada temperatur tinggi dibandingkan pada temperatur rendah (4 dan 8). Hal ini disebabkan karena peningkatan tempertur akan meningkatkan laju reaksi sesuai dengan persamaan Arrhenius (Levenspiel,1999). Peningkatan temperature akan meningkatkan laju reaksi, sehingga yield reaksi juga semakin ertambah.

Tabel 3 juga menunjukkan bahwa hasil perengkahan minyak goreng kelapa sawit didominasi oleh warna coklat dan hijau. Warna ini sesuai dengan warna bahan bakar diesel (solar) yang berwarna hijau kecoklatan.

Berat jenis hasil perengkahan minyak goreng kelapa sawit dengan katalis zeolite ini berkisar antara 509 – 903 kg/m³. Hal ini menunjukkan bahwa yield yang diperoleh dari perengkahan ini mirip dengan berat jenis bahan bakar cair diesel. Dari hasil perhitungan masing – masing efek yang ada dapat diplotkan kedalam suatu bentuk persamaan seperti dibawah ini :

$$Y = 53,75 - 7,02 X_1 + 25,98 X_2 + 20,985 X_3 - 3,1 X_1 X_2 + 1,505 X_1 X_3 - 5,345 X_2 X_3 + 2,015 X_1 X_2 X_3 \quad (1)$$



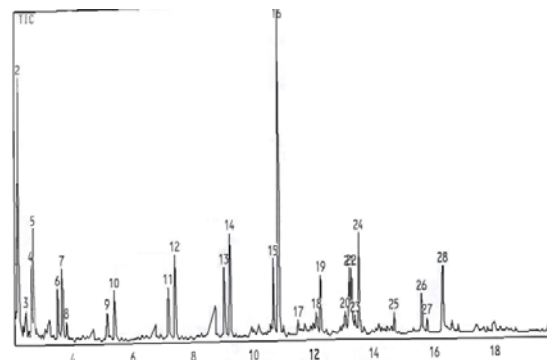
Gambar 4. Hubungan antara interaksi dan probabilitas

Adapun hubungan antara interaksi dan probabilitas, dapat ditunjukkan Gambar 4. Gambar 4 menunjukkan bahwa efek B (volume umpan) memiliki posisi terjauh dari effect yang lain. Hal ini berarti efek B (volume umpan) adalah effect yang paling berpengaruh pada proses perengkahan minyak sawit. Efek ini dari persamaan 1 bernilai positif (+) yang berarti bahwa semakin banyak /besar nilainya maka yield yang dihasilkan akan semakin besar pula. Hal ini dikarenakan bahwa semakin besar umpan maka bahan yang akan dikonversi semakin banyak pula, sehingga yield yang dihasilkan akan semakin besar pula. Efek kedua yang berpengaruh adalah C (temperatur perengkahan), sedangkan ukuran katalis tidak berpengaruh banyak pada perengkahan minyak goreng

dengan katalis zeolite ini. Temperatur berpengaruh terhadap proses perengkahan. Proses konversi /perengkahan dapat terjadi jika energy yang dibutuhkan dapat terpenuhi, demikian juga dengan temperature merupakan bentuk lain dari penyediaan energy. Jika temperature naik maka energy yang disediakan semakin bertambah, sehingga kemungkinan untuk memecah /bereaksi semakin besar. Dengan demikian reaksi /proses konversi dari perengkahan lebih banyak. Hal ini yang menyebabkan yield lebih besar. Diameter awal zeolit alam tidak berpengaruh secara signifikan, karena luas permukaan katalis yang dihasilkan bias jadi tidak berbeda jauh. Dengan perbedaan luas yang tidak signifikan maka kemampuan katalis dalam membantu proses reaksi tidak berbeda jauh. Namun nilai koefisien yang bernilai negative menunjukkan bahwa semakin rendah diameter maka semakin bagus yeold yang diperoleh. Jika dihubungkan dengan sifat katalis maka diameter yang semakin kecil akan menghasilkan luas permukaan katalis yang besar.

Analisis Kualitatif

Untuk volume awal minyak goreng yang digunakan dalam perengkahan (umpan) semakin besar, juga akan menghasilkan yield yang semakin meningkat. Hal ini disebabkan karena dengan semakin banyaknya volume umpan yang direngkahkan, maka kesempatan perengkahan minyak goreng dengan zeolite akan semakin besar. Sehingga waktu yang dibutuhkan untuk merengkahkan seluruh minyak goreng akan semakin lama, sehingga yield yang dihasilkan akan semakin besar pula. Untuk penentuan mekanisme reaksi perengkahan minyak goreng kelapa sawit dengan katalis zeolite dilakukan dengan analisa GCMS.



Gambar 4. Hasil Analisa dengan GCMS

Tabel 4. Hasil Analisa GCMS dengan waktu retensi 2,183-13,517

No.	Berat Molekul	Rumus Molekul	Nama Senyawa
-----	---------------	---------------	--------------

1	128	C ₉ H ₂₀	Nonana
2	156	C ₁₁ H ₂₄	Undekana
3	184	C ₁₂ H ₂₆	Dodekana
4	170	C ₁₃ H ₂₈	Tridekana
5	196	C ₁₄ H ₃₂	Tetradekana
6	224	C ₁₅ H ₃₂	Pentadekana
7	212	C ₁₆ H ₃₆	Heksadekana
8	240	C ₁₇ H ₄₂	Heptadekana

Hasil analisa GCMS menunjukkan bahwa produk yang dihasilkan mengandung dan memiliki potensi sebagai bahan bakar cair golongan bensin (C₇-C₉) untuk waktu retensi 2,183, golongan kerosin (C₁₀-C₁₅) untuk waktu retensi 7,4 - 9,223 serta golongan solar (C₁₅-C₁₈) untuk waktu retensi 10,858 - 13,517. Dengan demikian produk perengkahan minyak sawit dengan katalis zeolit dapat digolongkan sebagai bahan bakar cair dengan jenis bensin, kerosin dan solar. Untuk memperoleh masing-masing bahan bakar maka perlu dilakukan proses separasi lebih lanjut terhadap produk. Sedangkan luas area terbesar pada penelitian ini terdapat pada waktu retensi 10,851 dimana produk yang dihasilkan pada tabel 4 adalah C₁₄H₃₀ (tetradekana), C₁₆H₃₄ (heksadekana), dan C₁₇H₃₆ (heptadekana).

Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilaksanakan, dapat diberikan kesimpulan sebagai berikut :

1. Minyak goreng kelapa sawit dapat dikonversi menjadi produk bahan bakar cair alternatif golongan bensin, kerosin, dan terutama solar(diesel) dengan cara perengkahan dan katalis zeolite.
2. Katalis zeolite mempunyai kemampuan untuk merengkahkan minyak goreng kelapa sawit menjadi produk bahan bakar cair
3. Yield produk tertinggi sebesar 77,86% dengan kondisi operasi : ukuran zeolite 0,85 – 1,14 mm; suhu perengkahan 400 °C; dan volume umpan 100 ml.
4. Variabel operasi yang paling berpengaruh adalah volume minyak goreng yang direnkahkan.

Daftar Pustaka

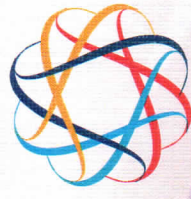
- Billaud, F., Dominguez, V., Braoutin, P., Busson, C., 1995, Production of hydrocarbon by pyrolysis of methyl esters from repesead oil”, *JAOCS* 72, 1149-1154
- The Breck Group, 1975, “*Heterogeneous Catalysis and Zeolite Synthesis*”, [http:// www. umich. edu/ ~becklab /The Beck Group – Current Research.htm](http://www.umich.edu/~becklab/The%20Beck%20Group%20-%20Current%20Research.htm)

- Hadiyanto, Bagus Juniarto, Widayat dan Setyo aji Wijayanto (2010), Proses Produksi Biodiesel dari Mikroalga *Chlorella* sp dengan proses ekstraksi reaksi”, Prosiding Seminar Nasional Rekayasa kimia dan Proses 2010
- Jackson, M.A., and King, J.W., 1996 ”Methanolysis of seed oil in flowing supercritical carbondioxide”, *JAOCS* 73, p.353-324
- Jim Clark., “*Cracking Alkanes*”, [http:// www. chemguide. co. uk/ organicprops/ cracking_alkanes_thermal_and_catalytic. htm](http://www.chemguide.co.uk/organicprops/cracking_alkanes_thermal_and_catalytic.htm), 2003
- Kalam, M.A., and Masjuki, H.H., (2002)”Biodiesel from palmoil-an analysis of itsproperties and potential,” *Biomass and Bioenergy* 23 p.471-479
- Ketaren, S., Minyak dan Lemak Pangan, edisi 1, Penerbit Universitas Indonesia (UI Press), 1986.
- Levenspiel, O. 1999, “*Chemical Reaction Engineering*”, 2nd ed, John Wiley & Sons, New York.
- Ma, Fangrui, 1998 “Biodiesel fuel: The transesterification of beef tallow. PhD dissertation”, Biological Systems Engineering, University of Nebraska-Lincoln,
- Ma, Fangrui, and Hanna, Milford A. (1998),”The Effect of catalyst, free fatty acids and water on transesterification of beef tallow”, *Trans. ASAE* 41, p. 1261-1264
- Ma, Fangrui dan Milford A Hanna., 1999., “*Biodiesel Production a Review*”, Journal of Bioresource Technology, Elsevier, Vol.8
- Ma, Fangrui, Clements, L.D., and Hanna, Milford A.,”Biodiesel Production: a review” *Bioresource Technology* 70 (1999) p.1-15
- Nelson, L.A., T.A. Foglia dan W.N. Marmer, Lipase-Catalyzed Production of Biodiesel. *JAOCS* 1996, 73 (8) : 1191 – 1195.
- Othmer and Kirk, 1978, “*Chemical Engineering Encyclopedia*”, Volume 11, Mc Graw Hill Book Company, Singapore.
- Pioch, D., Lozano., P., Rasoanantoandro, M.C., Graille, J., Geneste, P., Guida, A.,”Biofuels from catalytic cracking of tropical vegetable oils”, *Oleagineux* 48, p.289-291
- Schwab, A.W., Dykstra, G.J., selke, E., Sorenson, S.C., Pryde, E.G.,, 1988, “Diesel fuel fromthermal decomposition of soybean oil, *JAOCS* 65, 1781-1786
- SET Laboratories, Inc., “*Catalytic Cracking*”, [http:// www. setlaboratories. com/ CatCracking.htm](http://www.setlaboratories.com/CatCracking.htm), 1999.
- Subagio, “*Zeolite*”, Laboratorium Konversi Termokimia, Institut Teknologi Bandung, Indonesia, 1998.
- Watanabe, Y, Y. Shimada, A. Sugihara dan Y Tominaga, 2001. Enzymatic Conversion of Waste Edible Oil to Biodiesel Fuel in a Fixed-Bed Bioreactor. *JAOCS* 78 (7) : 701 – 707.

Shimada Y., Y., Y. Watanabe, A. Sugihara, H. Noda, H. Fukuda dan Y. Tominaga, 1999. Conversion of Vegetable oil Using Immobilized *Candida antarctica* Lipase. *JAOCS* 76 (7) : 789 – 793.

Widayat, 2005, "Pembuatan Bahan Bakar Biodiesel Dengan Proses Perengkahan Berkatalis Zeolit Dan Bahan Baku Minyak Goreng Berbahan Dasar Crude Palm Oil, Prosiding Seminar Nasional Fundamental dan Aplikasi Teknik Kimia Jurusan Teknik Kimia FTI Institut Teknologi Surabaya, Surabaya, 23-24 Nopember 2005 , ISSN: 1410-5667

Widayat, 2006, "Pembuatan Bahan Bakar Cair dari Minyak Goreng Bekas dengan Proses *Catalytic Cracking*, Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Katalis Indonesia (MKICS) Indonesian Catalyst Society 2006, Departemen Kimia MIPA UI, departemen Gas dan Petrokimia FT UI, Pusat Penelitian Kimia LIPI MKI, 26-27 Juni 2006 ISSN: 979-8768-05-1.



SEMINAR NASIONAL
&
PELATIHAN
TEKNIK KIMIA UNPAR 2012

SERTIFIKAT

Diberikan kepada :

Dr. Widayat, ST., MT.

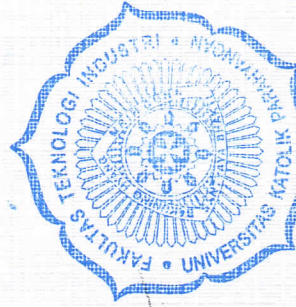
atas partisipasinya sebagai :

Pemakalah

dalam acara Seminar Nasional Jurusan Teknik Kimia UNPAR 2012

“Inovasi Teknologi Proses dan Produk Berbasis Sumber Daya Alam Indonesia”

Bandung, 25 April 2012



Dr. Henky Muljana, ST., M.Eng.
Ketua Program Studi Teknik Kimia

SEMINAR NASIONAL
&
PELATIHAN
TEKNIK KIMIA UNPAR 2012

Dr. Arenst Andreas, ST., S.Si., M.Sc.
Ketua Panitia Seminar Nasional 2012