

LAPORAN PENELITIAN HIBAH PEKERTI



PENGEMBANGAN PROSES ENZIMATIS UNTUK PRODUKSI BIODISEL DARI MINYAK BIJI KARET

oleh

Fahmi Arifan, ST
Mohamad Endy Yulianto, ST, MT

UPT-PUSTAK-UNDIP

No. Daft: 611/KI/LEM/LIT/C,

Tgl. 6-3-2009

DIBIYAI OLEH DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN TINGGI
SURAT PERJANJIAN NO: 321/SP2H/PP/DP2M/III/2008 tanggal 5 Maret 2008
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN TINGGI
DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL

UNIVERSITAS DIPONEGORO SEMARANG
NOVEMBER 2008

UPT PERPUSTAKAAN UNDIP

HALAMAN PENGESAHAN LAPORAN AKHIR

1. Judul Penelitian : Pengembangan Proses Enzimatis Untuk Produksi Biodisel dari Minyak Biji Karet
2. Ketua Peneliti
- a. Nama Lengkap : Fahmi Arifan, ST
 - b. Jenis Kelamin : Laki-laki
 - c. NIP : 132 309 144
 - d. Jabatan Fungsional : Asisten Ahli
 - e. Jabatan Struktural : -
 - f. Bidang Keahlian : Teknik Reaksi Kimia
 - g. Program Studi/Jurusan : Teknik Kimia/Teknik Kimia
 - h. Perguruan Tinggi : Universitas Diponegoro
3. Anggota Peneliti : Mohamad Endy Yulianto, ST, MT
4. Ketua TPM
- a. Nama Lengkap : Ir. Hary Sulisty, SU, Ph.D
 - b. Jenis Kelamin : Laki-laki
 - c. NIP : 130 935 777
 - d. Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
 - e. Jabatan Struktural : -
 - f. Bidang Keahlian : Operasi Teknik Kimia
 - g. Program Studi/Jurusan : Teknik Kimia/Teknik Kimia
 - h. Perguruan Tinggi : Universitas Gadjah Mada
5. Jangka Waktu dan Pendanaan Penelitian
- a. Jangka waktu yang diusulkan : 2 tahun
 - b. Jangka waktu yang sudah dijalani : 1 tahun
 - c. Biaya yang disetujui tahun 1 : Rp 50.000.000 (lima puluh juta rupiah)

Meyetujui,
Ketua TPM

Ir. Hary Sulisty, SU, Ph.D
NIP. 130 935 777

Semarang, 30 Oktober 2008
Ketua TPP,

Fahmi Arifan, ST
NIP. 132 309 144



RINGKASAN DAN SUMMARY

Cadangan minyak bumi yang dimiliki Indonesia jumlahnya terbatas. Oleh karenanya berbagai upaya telah dilakukan untuk mencari bahan bakar alternatif yang memiliki sifat dapat diperbaharui (*renewable*) dan ramah lingkungan, diantaranya biodisel. Produksi biodisel dari minyak biji karet pada dasarnya adalah reaksi metanolisis, yaitu reaksi trigliserida dengan metanol dihasilkan metil ester dan gliserol. Transesterifikasi ini dilakukan secara enzimatik, karena memiliki keunggulan seperti: hemat energi, transesterifikasi sempurna jika tinggi kandungan asam lemak bebas dan airnya, mudah memisahkan gliserolnya serta tidak membutuhkan pencucian berulang untuk pemurnian.

Tujuan penelitian adalah mengembangkan proses enzimatik untuk produksi biodisel dari minyak biji karet dengan menggunakan enzim indigeneous yaitu dari lateks pepaya dan bekatul. Target yang ingin dicapai berupa data-data teknis laboratorium untuk perancangan, scale-up dan pengoperasian proses yang meliputi kinetika reaksi, kondisi operasi yang optimum dan data-data hasil pengujian performa mesin disel. Pada tahun pertama dilakukan perancangan dan pabrikasi reaktor enzimatik dilanjutkan studi kinetika reaksi enzimatik dan komputasi proses. Penyusunan model dilakukan berdasarkan teori kinetika Michaelis-Menten. Model yang dipostulasi, kemudian diturunkan untuk memperoleh persamaan yang nantinya akan diuji dan divalidasi dengan menggunakan data yang diperoleh dari eksperimental. Pada tahun kedua dilakukan studi produktifitas biodisel dan optimisasi parameter-parameter proses.

Hasil penelitian pada tahun pertama menunjukkan bahwa semakin lama waktu, konversi minyak biji karet menjadi biodisel semakin besar pada berbagai perbandingan. Aktivitas lipase meningkat dengan kenaikan temperatur dan temperatur optimum lipase yang berasal dari ekstrak bekatul untuk reaksi transesterifikasi adalah 51 °C dengan konversi 72,6%. Penambahan pelarut n-heksan dapat meningkatkan konversi reaksi transesterifikasi dan meningkatkan laju reaksi enzimatik.

Oil reserved that belonged to Indonesia is limited. In order that there were some efforts have performed to seek an alternative green and renewable fuel such as biodiesel. Biodiesel production from rubber seed oil is basically methanolysis reaction, the reaction of triglyceride with methanol yield to methyl ester and glycerol. This transesterification is performed enzymatically because it has some advantages: energy save, complete transesterification for high free fatty acid and water, easy drawn for glycerol, and no washing.

The objectives of this research is to develop enzymatic process to produce biodiesel from rubber seed oil by using indigeneous enzyme from papain lateks and husk. The achievements are date for design, scale-up and process condition including kinetics reaction, optimum process and data of engine performance. In first year, designing and fabricating of enzymatic reactor was done followed by studied of kinetics reaction and process computing. Model building was performed based on Michaelis-Menten theory. Model was postulated and then broken down to empirical equation that will be examined and validated by experimental data gathered. For second year optimization of process parameter and productivity study would be performed.

The result in the first year showed that longer in time more biodiesel got in conversion at alter ratio. Lipase activity increased in increasing temperature. The optimum temperature was 51 °C with conversion 72,6%. Adding n-hexane solvent has been able to increase conversion in transesterification reaction and to increase enzymatic reaction rate.

CAPAIAN INDIKATOR KINERJA

Pencapaian kinerja dalam penelitian ini antara lain:

- (i) Biodisel yang dihasilkan dari metanolisis minyak biji karet dengan proses enzimatik menggunakan lipase dalam bekatul dan lateks pepaya
- (ii) sebuah prototipe reaktor enzimatik skala laboratorium dan skala pilot plant yang dapat digunakan untuk proses transesterifikasi minyak biji karet dilengkapi dengan pengendali pH, temperatur dan kecepatan putar pengaduk
- (iii) Model matematis kinetika reaksi enzimatik proses produksi biodisel

PRAKATA

Penelitian merupakan unsur kedua Tri Darma Perguruan Tinggi, serta sebagai sarana untuk meningkatkan kualitas pengajar, serta merupakan masukan yang dapat dipergunakan masyarakat.

Puji syukur peneliti panjatkan kehadurat Allah SWT yang telah memberikan rahmat, hidayah dan barokah-Nya sehingga penelitian ini dapat terlaksana.

Dengan selesainya penelitian ini, peneliti mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada

1. Direktorat Jenderal Perguruan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional yang telah membiayai penelitian ini.
2. Pimpinan Universitas Diponegoro yang telah memberikan kepercayaan untuk melaksanakan penelitian.
3. Ketua Lembaga Penelitian Universitas Diponegoro yang telah memberikan rekomendasi sehingga terlaksananya penelitian ini.
4. Dekan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro yang telah menyediakan fasilitas untuk melaksanakan penelitian.

Peneliti menyadari laporan ini masih ada kekurangan, oleh sebab itu, kritik dan saran pembaca sangat diharapkan guna perbaikan dan kesempurnaan penelitian ini. Peneliti berharap laporan ini dapat bermanfaat bagi pihak-pihak yang memerlukan.

Semarang, 4 November 2008

Tim Peneliti

DAFTAR ISI

	Halaman
Pengesahan.....	i
Ringkasan dan Summary	ii
Capaian Indikator Kinerja.....	iv
Kata Pengantar	v
Daftar Isi	vi
Daftar Tabel	viii
Daftar Gambar	ix
Daftar Lampiran.....	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
BAB II TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN TAHUN KE I	4
BAB III TINJAUAN PUSTAKA.....	5
3.1 Karet.....	5
3.1.1 Tanaman Karet.....	5
3.1.2 Biji Karet.....	6
3.1.3 Minyak Biji Karet	7
3.2 Metil Ester Asam Lemak (Biodisel)	9
3.3 Enzim	11
3.4 Kinetika Reaksi Enzimatis.....	12
BAB IV METODE PENELITIAN	14
4.1 Bahan dan alat Penelitian.....	14
4.2 Pemurnian dan Penurunan Bilangan Iod Minyak Biji Karet	15
4.3 Perancangan dan Pabrikasi Alat Reaktor Enzimatis.....	16
4.4 Studi Kinetika Reaksi Enzimatis dan Komputasi Proses.....	16
4.4.1 Pemodelan.....	16
4.4.2 Eksperimen	17
4.4.3 Penentuan Yield.....	17
4.4.4 Pengujian Sifat Produk	18
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN.....	19
5.1 Pemurnian dan Penurunan Bilangan Iod Minyak Biji Karet	19
5.2 Perancangan dan Pabrikasi Reaktor Enzimatis Kapasitas 8 Liter	20
5.3 Studi Pendahuluan	20
5.4 Reaksi Tranesterifikasi Enzimatis Minyak Biji Karet	21
5.5 Metanolisis Minyak Biji Karet Menggunakan Lipase <i>Candida antarctica</i>	22
5.6 Studi Produktivitas.....	23
5.7 Pengaruh Waktu Reaksi.....	24
5.8 Pengaruh Suhu	24
5.9 Pengujian Biodisel	25

5.10 Uji Performa Biodisel	26
5.11 Pemodelan Teoritis	26
5.11.1 Konsep Dasar Kinetika Enzim.....	27
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	29
6.1 Kesimpulan	29
6.2 Saran	29
BAB VII RENCANA PENELITIAN TAHUN KEDUA.....	30
7.1 Tujuan Khusus	30
7.2 Metode	30
7.3 Jadwal Kerja.....	33
DAFTAR PUSTAKA.....	35
LAMPIRAN.....	37

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Komposisi asam lemak minyak biji karet.....	8
Tabel 2. Komponen minor	8
Tabel 3. Sifat-sifat fisik minyak biji karet	8
Tabel 4. Pengujian hasil komposisi analisa menggunakan GC-MS	21
Tabel 5. Sifat-sifat Metil Ester Pada Berbagai Variabel.....	26
Tabel 6. Perbandingan sifat-sifat antara biodiesel dengan minyak solar.....	26
Tabel 7. Hasil pengukuran daya mesin dan konsumsi bahan bakar	27
Tabel 8. Faktorial design 2^5 untuk optimisasi produksi biodiesel	32

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Produksi metil ester asam lemak metode konvensional.....	10
Gambar 2. Skematik tahapan-tahapan penelitian.....	14
Gambar 3. Rangkaian alat reaktor enzimatis	16
Gambar 4. Biji karet segar	19
Gambar 5. Kegiatan perlakuan awal minyak biji karet.....	20
Gambar 6. Studi pendahuluan menggunakan bioreaktor enzimatis kapasitas 8 liter	21
Gambar 7. Rangkaian alat reaktor enzimatis	22
Gambar 8. Hubungan antara Temperatur dengan konversi	23
Gambar 9. Grafik hubungan antar konversi dengan waktu reaksi	24
Gambar 10. Hubungan antara Temperatur dengan konversi	25

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A. Analisa dan Data Hasil Laboratorium	37
Lampiran B. Program Matlab	43
Lampiran C. Rencana Penelitian Selanjutnya.....	44

BAB I PENDAHULUAN

Energi fosil khususnya minyak bumi, merupakan sumber energi utama dan sumber devisa negara. Namun demikian, cadangan minyak bumi yang dimiliki Indonesia jumlahnya terbatas. Sementara itu, kebutuhan manusia akan energi semakin meningkat sejalan dengan laju pertumbuhan ekonomi dan penambahan penduduk. Oleh karenanya berbagai upaya telah dilakukan untuk mencari bahan bakar alternatif yang memiliki sifat dapat diperbaharui (*renewable*) dan ramah lingkungan. Potensi energi yang terbarukan antara lain tenaga matahari, panas bumi, angin, arus laut, tanaman penghasil minyak, dan lain-lain. Meskipun demikian, pemanfaatan energi yang bersumber dari tenaga matahari, angin dan arus laut mengalami kesulitan dalam hal penampungan (*storage*) khususnya untuk benda bergerak.

Minyak nabati merupakan salah satu hasil tanaman yang berpotensi sebagai sumber hidrokarbon atau sumber energi di Indonesia. Namun minyak tersebut tidak bisa digunakan secara langsung karena memiliki viskositas yang tinggi, angka setan yang rendah, adanya asam lemak bebas, volatilitas yang rendah, adanya *gum* dan terbentuknya endapan yang tinggi bila digunakan sebagai bahan bakar secara langsung (Fangrui Ma, 1999). Oleh karenanya, harus diubah ke bentuk lain yaitu menjadi alkil ester (biodisel).

Sejak berabad-abad yang lalu minyak nabati, seperti minyak biji karet telah dikenal oleh masyarakat. Indonesia memiliki perkebunan karet dalam jumlah cukup besar. Areal perkebunan karet di Indonesia mencapai lebih dari 3 juta hektar, terluas di dunia. Salah satu hasil perkebunan karet yang ketersediaannya sangat melimpah dan selama ini belum banyak dimanfaatkan adalah biji karet. Padahal biji karet mengandung minyak cukup besar yaitu 48,5% berat dengan asam lemak bebas 5,4% (K.Heyne,1987). Minyak ini sebenarnya dapat dimanfaatkan sebagai minyak lampu, masak serta sebagai pengganti minyak cat tetapi berkualitas rendah.

Minyak biji karet memiliki komposisi asam-asam lemak, seperti: asam palmitat, asam stearat, asam oleat, asam linoleat dan asam linolenat. Oleh karenanya, asam-asam lemak ini bisa diubah menjadi biodisel. Reaksi transesterifikasi minyak biji karet juga akan menghasilkan produk samping berupa gliserol. Sedangkan gliserol banyak

digunakan dalam industri makanan, farmasi, kosmetika, bahan peledak dan lain-lain. Oleh karenanya, selain dapat memberikan nilai tambah, transesterifikasi minyak biji karet menjadi metil ester dan gliserol akan dapat menjaga stabilitas harga dan memacu perkembangan industri oleokimia di Indonesia. Meskipun minyak biji karet mempunyai prospek ekonomi yang menjanjikan, akan tetapi studi mengenai pengolahannya belum banyak dilakukan.

Produksi biodisel dari minyak biji karet pada dasarnya adalah reaksi metanolisis, yaitu reaksi trigliserida dengan metanol dihasilkan metil ester asam lemak dan gliserol. Reaksi ini dapat dilakukan secara kimiawi menggunakan katalis dengan energi tinggi, dan dapat secara enzimatik. Pembuatan biodisel dari minyak nabati telah banyak dikaji bahkan diproduksi secara komersial di luar negeri (Darnoko, dkk.2001., Ananta-Andi-Anggraini, dkk., 1998., Krawczyk, 1996., Knothe, 2001). **Cara kimiawi ini mempunyai kelemahan**, yaitu *energy consuming*, transesterifikasi tidak sempurna jika tinggi kandungan asam lemak bebas dan airnya, sulit memisahkan residu katalis dan gliserolnya serta butuh pencucian berulang untuk pemurnian (Nelson, dkk., 1996). Hal ini dapat diatasi dengan cara **transesterifikasi enzimatik**.

Beberapa minyak nabati telah dicoba untuk dikonversi menjadi biodisel secara enzimatik (Yulianto, M.E., dkk., 2005, Watanabe, dkk., 2001., Shimada, dkk., 1999., Selmi dan Thomas., 1998., Nelson, dkk., 1996). Studi awal juga telah dilakukan dalam skala laboratorium dengan menggunakan reaktor enzimatik, dimana menunjukkan bahwa metanolisis trigliserida dengan biokatalis sangat potensial dalam memproduksi biodisel (Yulianto, M.E., dkk., 2005). Jenis reaktor ini mempunyai keuntungan seperti keseragaman waktu tinggalnya, intensitas pengaduk, perpindahan massa dan panas dapat divariasikan, dan mudah dalam mengendalikan suhu, pH serta kecepatan putar pengaduk (Yulianto, M.E., dkk., 2005., Watanabe, dkk., 2001., Shimada, dkk., 1999). Dari berbagai kajian tersebut dapat disimpulkan berbagai faktor yang mempengaruhi reaksi transesterifikasi enzimatik tersebut, antara lain sumber enzim, kadar air, rasio metanol/minyak, suhu jika waktu reaksinya pendek. Disamping itu, secara umum reaksi interesterifikasi dapat dipengaruhi oleh adanya beberapa jenis pelarut organik, sementara pelarut organik lain tidak. Pelarut organik ini dapat memfasilitasi kontak antara enzim dan substrat, serta dapat mengencerkan viskositas campuran.

Meskipun demikian, kendala yang dihadapi dalam mengkonversi minyak biji karet menjadi biodisel secara enzimatik, adalah minyak tersebut memiliki bilangan

Iodium relatif tinggi, yaitu: 132-141 g-I₂/100 g. Selain itu, harga enzim yang tersedia secara komersial masih mahal karena masih import. Oleh karena itu perlu diupayakan perlakuan awal pada minyak biji karet dan sumber lipase indigeneous yang murah serta berpotensi. Untuk meminimasi angka iodium dengan cara menurunkan asam linolenatnya melalui proses hidroksilasi, sehingga biodiesel yang dihasilkan memenuhi standar yang ditetapkan.

Aktivitas lipase dalam bekatul dipengaruhi oleh kondisi penyimpanan, suhu dan kadar air (Gingras, 2000). Beberapa penelitian menunjukkan kemampuan leteks pepaya dapat digunakan untuk biokonversi lipida (Caro, dkk., 2000., Gandi dan Mukherjee, 2001., Lee dan foglia, 2001). Penggunaan kedua sumber lipase tersebut untuk pembuatan metil ester dari minyak biji karet belum dipublikasikan sampai saat ini. Dengan demikian belum diketahui bagaimana kondisi optimum untuk proses tersebut. Oleh karenanya, perlu ditelaah pengembangan proses enzimatik untuk produksi biodiesel dari minyak biji karet dengan menggunakan enzim indigeneous yaitu dari lateks pepaya dan bekatul yang berpotensi dapat dihasilkan dalam negeri.