

PENGEMBANGAN PROSES ENZIMATIS UNTUK PRODUKSI BIODISEL DARI MINYAK BIJI KARET

Fahmi Arifan¹, Mohamad Endy Yulianto¹, Hari S², Muslikin H², Oki Yuariski¹

¹Jurusan Teknik Kimia PSD III Teknik, UNDIP Semarang

²Jurusan Teknik Kimia, UGM Yogyakarta

Jl. Prof Sudarto SH, Pedalangan Tembalang, Semarang 50239

e-mail : fahmiarifan@yahoo.com

Abstrak

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 enzimatis, 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 enzimatis untuk produksi biodisel dari minyak biji karet dengan menggunakan enzim indigeneous yaitu dari lateks pepaya dan bekatul. Kegiatan yang telah dilakukan meliputi: studi produktifitas biodisel dan penentuan parameter-parameter proses. Hasil penelitian 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 enzimatis.

Kata Kunci : biodisel; enzim; biji karet

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 pertambahan 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 transesterifikasi, 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 enzimatis. 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 enzimatis**.

Beberapa minyak nabati telah dicoba untuk dikonversi menjadi biodisel secara enzimatis (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 enzimatis, dimana menunjukkan bahwa transesterifikasi 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 enzimatis tersebut, antara lain sumber enzim, kadar air, rasio metanol/minyak, suhu jika waktu reaksinya pendek. Disamping itu, secara umum reaksi transesterifikasi 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 enzimatis, 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 hidrosilasi, 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 lateks pepaya dapat digunakan untuk biokonversi lipida (Caro, dkk., 2000., Gandhi 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 enzimatis untuk produksi biodisel dari minyak biji karet dengan menggunakan enzim indigeneous yaitu dari lateks pepaya dan bekatul yang berpotensi dapat dihasilkan dalam negeri.

Bahan dan Metode Penelitian

Penelitian tentang pembuatan biodisel dari minyak biji karet dengan biokatalis dalam reaktor enzimatis telah diinvestigasi secara eksperimen. Rangkaian penelitian dilaksanakan secara bertahap meliputi: eksperimen dan pengujian sifat produk.

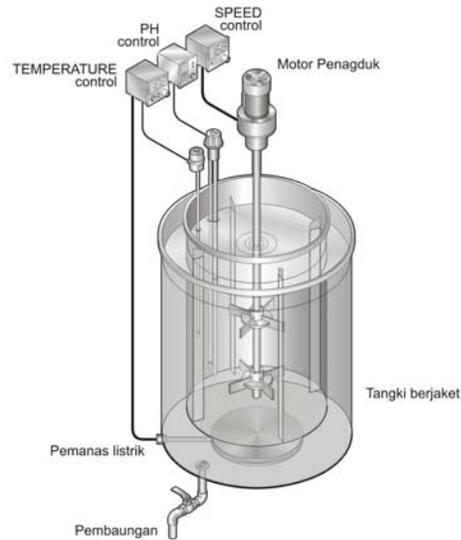
Bahan dan alat Penelitian

Bahan utama penelitian ini adalah minyak biji karet, petroleum ether, metanol, heksan, enzim lipase murni, enzim lipase lateks pepaya dan lipase dari bekatul. Minyak biji karet diperoleh dari perkebunan karet di Kendal. Bahan-bahan kimia membeli di CV. Jurus Maju Semarang. Lipase murni dari Nuvo, sedangkan enzim lateks pepaya dan lipase bekatul akan diekstrak dari pepaya dan bekatul.

Alat utama penelitian ini berupa reaktor enzimatis yang tersaji pada Gambar 1. Sementara itu, alat pendukung yang dipakai pada penelitian ini adalah centrifuge, tabung reaksi dan ekstraktor berpengaduk. Beberapa alat lain yang digunakan sebagai pendukung untuk keperluan analisa adalah: buret, dengan volume 10 ml dan skala 0,02, piknometer, dengan volume 5 ml, viskosimeter, erlenmeyer, dengan volume 250 ml, pipet volum, dengan volume 10 ml, beaker glass, dengan volume 500 ml dan 100 ml, pipet tetes, bomb calorimeter dan pipa kapiler.

Pemurnian dan Penurunan Bilangan Iod Minyak Biji Karet

Minyak biji karet mentah yang mengandung sejumlah pengotor seperti asam lemak bebas dan lendir atau getah (gum) yang terdiri dari monolipolienoid, dipolipolienoid dan tripolipolienoid. Pengotor-pengotor ini dikawatirkan akan mengganggu proses konversi minyak biji karet menjadi metil ester. Oleh karena itu, perlu dilakukan proses pemurnian untuk menghilangkan pengotor-pengotor tersebut. Oleh karena minyak biji karet memiliki angka iodium tinggi (>115 gI₂/100g) yang disebabkan kadar asam linolenatnya besar maka diperlukan penambahan minyak berkadar iodium rendah (minyak kelapa sawit) yang bertujuan untuk menurunkan bilangan iodium.



Gambar 1. Rangkaian alat reaktor enzimatis

Eksperimen

Eksperimen dilakukan untuk mendapatkan data-data yang berguna dalam penentuan parameter reaksi metanolisis. Pengukuran data dilakukan di Laboratorium Teknik Reaksi Kimia UGM dan Laboratorium Kimia Analisa Teknik Kimia UGM dan UNDIP.

Variabel tetap:

- Dimensi peralatan D/H : konstan
- Tekanan operasi : 1 atm

Variabel berubah:

- Rasio enzim-minyak biji karet : 2,5/100 - 10/100 v/v
- Rasio minyak biji karet-metanol : 1/1 - 1/3 v/v
- Suhu reaksi : 30 - 60 °C
- pH awal : 3,0 - 5,0
- Waktu reaksi : 1-24 jam

Penentuan Yield

Sampel yang diambil, kemudian dimasukkan ke dalam corong pisah dan dibiarkan selama semalam dengan tujuan agar pemisahan yang terjadi mendekati sempurna dimana gliserol akan berada pada fase bawah sementara metil ester yang terbentuk akan berada pada fase atas. Setelah itu, kedua lapisan yang terbentuk segera dipisahkan dan metil ester segera diambil untuk ditimbang dan dianalisis bilangan asam serta konsentrasi metil ester dengan Gas Chromatografi. Metil ester dihitung persentasenya terhadap total campuran. Faktor konversi dihitung berdasarkan metil ester yang terbentuk terhadap minyak jarak pagar yang digunakan.

Pengujian Sifat Produk

Hasil konversi minyak jarak pagar berupa ester minyak yang diuji sifat-sifatnya dengan metode standar ASTM, yaitu:

- Viskositas diukur dengan Brookfield viskosimeter.
- Spesific gravity diukur dengan piknometer.
- Flash point diukur dengan metode AOAC.
- Melting point diukur dengan metode menggunakan pipa kapiler.
- Energy content diukur dengan metoda menggunakan bomb calorimeter.
- Cetane number.

Hasil dan Pembahasan

Biji karet yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari PT. Perkebunan Nusantara IX di Sukomangli Kendal. Pengambilan minyak biji karet melalui pengepresan isi biji karet yang sebelumnya dipecah menjadi lebih kecil dan dikeringkan menggunakan oven selama 1,5 jam. Hasil pengepresan biji karet berupa minyak sebanyak 443 ml dengan biji karet seberat 1500 gram, sehingga dari pengepresan mekanik rendemen maksimum yang dicapai 27 % (berat kering) dengan berat jenis (ρ) minyak biji karet = 0,916 gr/ml. Secara rendemen biji karet menghasilkan 37,5 % minyak bersih. Jadi menggunakan alat press mekanik, hasil minyak yang diperoleh mencapai 27%. Hal ini

diperkirakan biji karet masih mengandung minyak dan kemampuan alat press untuk mengambil minyak hanya mencapai 27%.

Pemurnian dan Penurunan Bilangan Iod Minyak Biji Karet

Minyak biji karet mentah mengandung sejumlah pengotor seperti asam lemak bebas dan lendir atau getah (gum) yang terdiri dari monolipolienoid, dipolipolienoid dan tripolipolienoid. Impuritas ini dikhawatirkan akan mengganggu proses konversi minyak biji karet menjadi metil ester. Oleh karenanya, perlu dilakukan proses pemurnian yang bertujuan untuk menghilangkan pengotor-pengotor tersebut.

Minyak biji karet memiliki angka iodium relatif tinggi, yaitu lebih dari 115 gI₂/100g. Hal ini disebabkan minyak biji karet memiliki kadar asam linolenat relatif besar, sehingga diperlukan penambahan minyak berkadar iodium rendah diantaranya minyak kelapa sawit yang bertujuan untuk menurunkan bilangan iodium. Penurunan angka iodium pada minyak biji karet berfungsi untuk menurunkan kadar asam linoleat. Hal ini disebabkan, meningkatnya kadar asam linoleat akan mengakibatkan penyumbatan pada injektor mesin diesel (Tatang, 2005).

Bilangan iod mula-mula pada minyak biji karet sebesar 116 (g-I₂ /100 g). Proses penurunan bilangan iod dengan penambahan minyak kelapa sawit pada perbandingan minyak biji karet : minyak. sawit = 1 : 0,5 menyebabkan bilangan iod menjadi lebih rendah yaitu sebesar 108 (g-I₂ /100 g). Oleh karenanya, persyaratan untuk reaksi transesterifikasi telah memenuhi, yaitu bilangan iodium kurang dari 115 (g-I₂ /100 g).

Studi Pendahuluan

Studi pendahuluan menggunakan bioreaktor enzimatik berkapasitas 8 liter dilakukan dengan tujuan untuk menentukan temperatur yang relatif baik, sehingga dapat digunakan dalam proses *transesterifikasi* minyak biji karet. Temperatur ini divariasikan pada rentang 30 – 60 °C berdasarkan jurnal-jurnal atau publikasi yang sudah ada. Data-data yang diperoleh dari studi pendahuluan dianalisa dan diujikan menggunakan GC-MS. Hasil pengujian komposisi analisa menggunakan GC-MS tersaji pada Tabel 1.

Reaksi Transesterifikasi Enzimatis Minyak Biji Karet

Hasil studi pendahuluan menunjukkan bahwa metanolisis minyak biji karet menjadi metil ester sangat prospektif. Namun demikian, karena ketersediaan biji karet yang digunakan sebagai bahan baku metanolisis tidak konsisten (musiman), menyebabkan terhambatnya reaksi transesterifikasi. Oleh karenanya, tempuhan selanjutnya dengan menggunakan bioreaktor enzimatik berkapasitas 0,5 liter. Untuk itu perlu dilakukan uji coba bioreaktor enzimatik.

Penelitian awal juga dilakukan dengan menggunakan enzim yang berasal dari ekstrak bekatul dan lateks pepaya pada temperatur 60 °C, perbandingan reaktan 1:1 selama 12 jam. Studi ini bertujuan untuk mengetahui enzim yang lebih berpotensi dalam mengkatalisis minyak biji karet menjadi metil ester. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konversi metil ester dengan menggunakan ekstrak bekatul lebih tinggi, yaitu sebesar 37,8%, sedangkan perolehan metil ester dengan menggunakan ekstrak getah pepaya hanya 11,1%. Hal ini terjadi karena isolasi enzim dari getah pepaya lebih kompleks, sehingga dimungkinkan kemurnian enzim relatif rendah. Akibatnya, reaksi transesterifikasi yang dikatalisis oleh enzim dari ekstrak getah pepaya cenderung sulit untuk menurunkan energi aktivasi reaksi. Oleh karenanya, penelitian lebih lanjut dilakukan dengan menggunakan enzim yang berasal dari ekstrak bekatul. Meskipun demikian, Gandhi dkk (2001) menyatakan bahwa konversi metil ester yang dikatalisis oleh enzim lipase ekstrak getah pepaya sebesar 59% pada rasio 1:2 selama 24 jam.

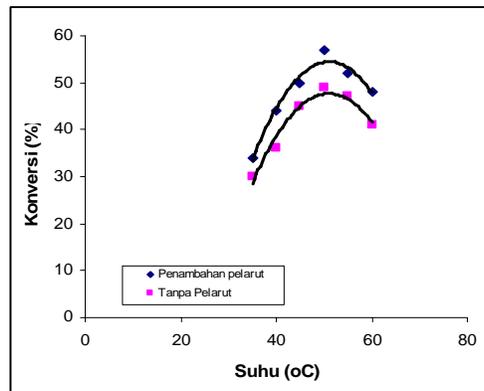
Tabel 1. Pengujian hasil komposisi analisa menggunakan GC-MS

No	Nama Senyawa	Persentase relatif (%) pada sampel
1.	Metil Palmitat (Heksadekanoat metil ester)	0,33
2.	Asam Palmitat (Asam Heksadekanoat)	1,34
3.	Etil Palmitat (Heksadekanoat etil ester)	0,17
4.	16-Oktadekanoat metil ester	0,09
5.	Metil isostearat	0,09
6.	Asam Linoleat (Asam 9,12-Oktadekadienoat)	96,36
7.	Senyawa lain	1,02

Metanolisis Minyak Biji Karet Menggunakan Lipase *Candida antarctica*

Penelitian selanjutnya dilakukan dengan menggunakan enzim murni. Tempuhan ini dilakukan dengan tujuan untuk menelaah aktivitas lipase murni disamping sebagai pembanding. Reaksi transesterifikasi minyak biji karet dikondisikan pada temperatur 60 °C, rasio minyak terhadap metanol 1:3, dan waktu reaksi selama 24 jam. Hasil reaksi menunjukkan bahwa konversi minyak biji karet menjadi metil ester sebesar 67,4%, jika digunakan lipase murni *Candida antarctica*. Hal ini menunjukkan bahwa metanolisis minyak biji karet secara enzimatik sangat

berpotensi. Ini terjadi karena enzim lipase dapat mengkatalisis di daerah *interface*, yaitu antara fasa minyak dengan fasa metanol. Pernyataan ini juga didukung oleh Hsu dkk, (2004), bahwa konversi trigliserida menjadi biodisel lebih dari 96%, jika menggunakan *Immobilized lipase* dan dapat diproduksi secara kontinu.



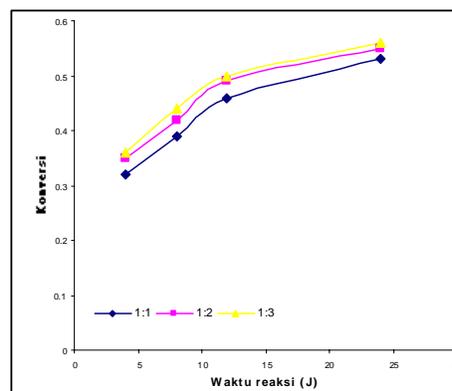
Gambar 2. Hubungan antara Temperatur dengan konversi

Studi Produktivitas

Telaah produktivitas bertujuan untuk meningkatkan konversi metil ester yang dilakukan dengan penambahan pelarut organik berupa n-heksan. Hasil penelitian tersaji pada Gambar 2, yaitu hubungan antara konversi dengan suhu reaksi transesterifikasi enzimatis. Konversi metil ester dengan penambahan n-heksan, terlihat lebih besar pada berbagai temperatur dibandingkan tanpa penambahan pelarut. Hal ini menunjukkan bahwa pelarut organik n-heksan mampu memfasilitasi kontak antara enzim dengan substrat, sehingga aktivasi enzim meningkat. Selain itu juga dapat mengencerkan viskositas cairan, akibatnya tumbukan antar molekul lebih sering terjadi. Pernyataan ini sesuai yang dilakukan oleh Nelson dkk, (1996), bahwa konversi trigliserida menjadi alkil ester dengan pelarut n-heksan meningkat menjadi 90%.

Pengaruh Waktu Reaksi

Hubungan antara konversi dengan waktu reaksi disajikan pada Gambar 3. Grafik ini terlihat, semakin lama waktu reaksi, menyebabkan konversi minyak biji karet menjadi metil ester semakin meningkat pada berbagai perbandingan. Hal ini terjadi karena semakin lama reaksi transesterifikasi menyebabkan semakin banyak kesempatan tumbukan antar molekul-molekul reaktan dengan enzim, sehingga akan menurunkan energi aktivasi.



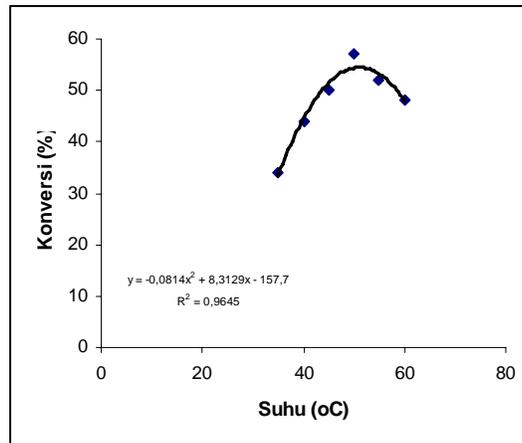
Gambar 3. Grafik hubungan antar konversi dengan waktu reaksi

Pengaruh Suhu

Pada umumnya setiap enzim memiliki aktivitas katalitik optimum pada temperatur tertentu. Temperatur optimum akan memberikan aktivitas katalitik terbesar. Gambar 4. menyajikan hasil yang diperoleh untuk variasi temperatur reaksi transesterifikasi. Kurva ini menunjukkan hubungan antara peningkatan konversi yang terbentuk terhadap temperatur. Seperti terlihat pada Gambar 8, kenaikan temperatur hingga 50 °C akan menyebabkan kenaikan aktivitas katalitik lipase sehingga meningkatkan derajat transesterifikasi. Hal tersebut sesuai dengan persamaan Arrhenius yang menyatakan hubungan aktivitas terhadap temperatur, yaitu :

$$A = A_o \cdot e^{\left(\frac{-\Delta E_h}{RT}\right)} \tag{1}$$

Dalam hubungan ini, A adalah aktivitas lipase pada saat temperatur T, A₀ adalah aktivitas lipase saat temperatur acuan, ΔE_a adalah energi aktivasi reaksi transesterifikasi, R adalah temperatur gas, dan T adalah temperatur proses transesterifikasi.



Gambar 4. Hubungan antara Temperatur dengan konversi

Menurut Arrhenius, aktivitas lipase meningkat dengan kenaikan temperatur. Hal ini disebabkan pada temperatur terlalu rendah, minyak biji karet yang merupakan reaktan akan berada dalam fasa cair yang lebih kental, akibatnya reaksi transesterifikasi menjadi sulit. Selain itu, lipase relatif sulit mengkatalisis reaksi pada interface antara fasa minyak dan metanol. Bila fasa minyak berada dalam fasa cair yang lebih kental, luas interface antara fasa minyak dan fasa metanol meningkat menyebabkan lipase akan lebih sulit mengkatalisis reaksi.

Akan tetapi peningkatan temperatur lebih lanjut akan menyebabkan penurunan aktivitas katalitik lipase. Pada temperatur 55 °C, enzim mulai menunjukkan penurunan aktivitas dan menurun tajam pada temperatur 60 °C. Hal ini membuktikan bahwa persamaan Arrhenius ini dibatasi oleh peristiwa denaturasi enzim. Suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan terjadinya kerusakan struktur enzim. Akibatnya enzim menjadi terdeaktivasi dan proses transesterifikasi menjadi terhambat.

Pengujian Biodisel

Pengujian metil ester yang dilakukan meliputi density, viskositas, energy content, dan flash point tersaji pada Tabel 2 dan 3. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sifat-sifat fisis maupun kimia metil ester yang terbentuk pada berbagai variabel memenuhi spesifikasi biodisel. Hal ini berarti bahwa metanolisis minyak biji karet menggunakan enzimatik berpotensi untuk diproduksi secara komersial. Namun demikian, kelayakannya masih perlu diteliti lebih lanjut, terutama untuk uji performa pada mesin disel dan telaah tentang data-data teknis dalam perancangan bioreaktor.

Tabel 2. Sifat-sifat Metil Ester Pada Berbagai Variabel

No.	Sifat-sifat	Metil Ester
1	Density	0,879 – 0,886
2	Viskositas	4,80 – 5,57
3	Titik Nyala	190 -197
4	Energy Content	9400 - 9600
5	Cetane Number	51 - 59

Tabel 3. Perbandingan sifat-sifat antara biodisel dengan minyak solar

No.	Sifat-sifat	Metil Ester	Minyak Solar
1.	Kandungan energi (MJ/kg)	38.9	43.4
2.	Viskositas kinetik (mm ² /sec)	3.6	1.3 - 4.1
3.	Angka setan	48	40 - 55

Uji Performa Biodisel

Spesifikasi mesin yang digunakan pada uji performa adalah mesin disel KUBOTA model RD-85. Sistem injeksi bahan bakar langsung, mesin 4 langkah, 1 silinder, dan daya keluaran maksimum 4.5 kW pada 3400 rpm. Performa biodisel B10 dengan solar diperbandingkan pada bukaan nosel tetap pada rentang beban dari 1.5 kW sampai dengan 4.5 kW. Hasil pengukuran daya dan konsumsi bahan bakar terlihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil pengukuran daya mesin dan konsumsi bahan bakar

Beban (kW)	Solar		Biodisel B10	
	RPM	Konsumsi	RPM	Konsumsi
1.5	1500	456	1500	460.5
2	1700	584	1725	592
2.5	1950	695	2000	700
3	2225	801	2250	816
3.5	2400	927.5	2450	938
4	2800	1092	2900	1120
4.5	3400	1408.5	3500	1485

Kesimpulan

Penurunan bilangan iod minyak biji karet untuk mereduksi kadar asam linoleat. 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. Penambahan pelarut n-heksan dapat meningkatkan konversi reaksi transesterifikasi.

Ucapan Terima Kasih

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan syukur Alhamdulillah kepada Allah SWT serta terima kasih yang sebesar-besarnya kepada DIKTI atas dukungan dana dalam kegiatan Penelitian Hibah Pekerti.

Daftar Pustaka

- Akamatsu, Y. and Law, J.H., (1969), "The Enzymatic Synthesis of Fatty Acid Methyl Esters by Carboxyl Group Alkylation," *Journal of Lipid Research (Abstract)*, September 2.
- Caro, Y, P. Villeneuve, M. Pina, Max-Reynes dan J. Graille, 2000. *Investigation of Crude Latex from Carica papaya Varieties for Lipid Conversion*. *JAOCS* 77 (8) : 891 – 901.
- Kazunori H., Eiji K., Hiroshi T., Koji T., Daizo M, 2001. *Combustion Characteristics of Diesel Engines with Waste Vegetable Oil Methyl Ester, The Fifth Symposium on Diagnostics and Modeling of Combustion in Internal Combustion Engines*, July 14, Nagoya.
- Nelson, L.A., T.A. Foglia dan W.N. Marmer, 1996. *Lipase-Catalyzed Production of Biodiesel*. *JAOCS* 73 (8) : 1191 – 1195.
- Othmer, K., 1992, *Encyclopedia of Chemical Technology*, 4th edition, Vol.10, John Wiley and Sons, New York.
- Perry, J.H., Green, D., 1984, *Perry's Chemical Engineers Handbook*, 6th edition, Mc Graw Hill, New York, p.4 and p.15.
- Swern, D., 1984,"Bailey's Industrial Oil and Fat Product", vol.2, 4ed., pp. 941-972, John Wiley and Sons, New York.
- Timms, R.E., 1985, "Physical Properties of Oils and Mixtures of Oils", *Journal of the American Oil Chemical Society*, Vol. 62, no. 2, p.241-248.
- Thio Goan Loo, Drs., 1980, "Mengelola Karet Alam", PT. Kinta, Jakarta.
- Watanabe, Y, Y. Shimada, A. Sugihara, H. Noda, H. Fukuda dan Y Tominaga, 2000. *Continuoes Production of Biodiesel Fuel from Vegetable Oil Using Immobilized Candida antartica Lipase*. *JAOCS* 77 (3) : 355 – 360.
- 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.

www.greenfuels.org, (2002)

www.greenfuels.org/bioindex.html; 05/11/2002

- Y. Shimada, 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.
- Yulianto, M.E., 2004, *Pengaruh Kondisi Operasi Penyingkiran Asam Lemak Bebas Dari Minyak Nabati Dengan Ekstraksi Dalam Tangki Berpengaduk*, Jurnal Rekayasa USM Semarang.
- Yulianto, M.E., dan Kurniawan, D., 2004, *Koefisien Perpindahan Massa Pada Ekstraksi Asam Lemak Bebas Dari Minyak Nabati Dalam Tangki Berpengaduk*, Prosiding Seminar Nasional Kejuangan UPN Yogyakarta, Januari, p.12-1 – 12-6.
- Yulianto, M.E., Arifan, F., Paramita, V., 2005, *Produksi Biodiesel Dari Minyak Kelapa Secara Enzimatis*, Laporan Penelitian P&K Jateng.
- Y. Zhang, M.A. Dube, D.D. McLean, M. Kates, 2003. Biodiesel Production from Waste Cooking Oil : 1. Process Design and Technological Assessment, *Bioresource Technology* 89 (2003) : 1 – 16.