

PRODUKSI BIODIESEL SECARA NONKATALITIK

Armansyah H. Tambunan dan Joelianingsih
Bagian Energi dan Elektrifikasi Pertanian,
Departemen Teknik Pertanian, Institut Pertanian Bogor

ABSTRAK

Biodiesel yang berasal dari minyak nabati merupakan bahan bakar alternatif yang terbarukan. Proses pembuatannya diperoleh dari proses katalik dan nonkatalik. Namun proses katalik ini membutuhkan biaya tinggi akibat proses pemurniannya memerlukan beberapa tahap. Itulah sebabnya dalam penelitian ini dicoba menggunakan proses nonkatalitik yang murah dan aman. Proses yang berlangsung pada suhu rendah dan tekanan atmosfer ini ternyata masih menghadapi masalah yaitu lamanya waktu konversi dan pemurnian biodiesel karena masih tercampur monogliserida dan digliserida. Di masa mendatang reaktor akan dirancang ulang dengan menggunakan reaktor kolom nampan saringan gelembung yang dilengkapi piringan berlubang.

Kata kunci: Biodiesel, jarak pagar, nonkatalitik

BIODIESEL PRODUCTION WITH NONCATALYTIC PROCESS

ABSTRACT

Botanical oil derived biodiesel is a renewable alternative fuel. The process involves catalytic or noncatalytic reaction. Unfortunately, catalytic process cost is expensive since the purification process needs several stages. Therefore, this study tried to use cheap and safe noncatalytic process. The process was performed under low temperature and atmospheric pressure, but was facing a problem due the process of conversion and purification needs longer period to separate mono and diglyceride. In the next experiment the reactor will be redesigned using sieve tray bubble column reactor with perforated plates.

Keywords: Biodiesel, physic nut, noncatalytic

PENDAHULUAN

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif dari sumber terbarukan (*renewable*), dengan komposisi ester asam lemak dari minyak nabati antara lain: minyak kelapa sawit, minyak kelapa, minyak jarak pagar, minyak biji kapuk, dan masih ada lebih dari 30 macam tumbuhan Indonesia yang potensial untuk dijadikan biodiesel. Penelitian tentang biodiesel telah banyak dilakukan baik di dalam maupun di luar negeri. Biodiesel murni (B100) dan campurannya dengan minyak solar (BXX) da-

pat digunakan sebagai bahan bakar diesel. B100 mempunyai sifat-sifat fisika yang mirip dengan bahan bakar diesel sehingga dapat digunakan langsung pada mesin-mesin diesel tanpa modifikasi. Biodiesel dapat terdegradasi dengan mudah (*biodegradable*), memiliki angka setana yang lebih tinggi dari spesifikasi minyak solar, tidak mengandung sulfur serta senyawa aromatik sehingga emisi pembakaran yang dihasilkan ramah lingkungan.

Penggunaan minyak nabati seperti minyak sawit, minyak bunga matahari, minyak kedelai, minyak kacang tanah, dan minyak jarak sebagai ba-

han bakar alternatif untuk mesin diesel menjadi semakin menarik di berbagai negara dengan semakin menipisnya sumber-sumber energi dari minyak bumi. Bergantung pada iklim dan keadaan tanah di masing-masing negara, jenis minyak nabati yang digunakan sebagai bahan bakar diesel juga berbeda. Amerika serikat menggunakan minyak kedelai, negara-negara di Eropa menggunakan *rapeseed oil* dan minyak bunga matahari (*sunflower*), di Asia Tenggara terutama Malaysia dan Indonesia menggunakan minyak kelapa sawit sebagai sumber bahan bakar alternatif untuk mesin diesel.

Minyak nabati mengandung 90–98% trigliserida sebagai komponen utamanya dan sejumlah kecil mono dan digliserida. Trigliserida adalah ester dari tiga asam lemak (*fatty acid/FA*) rantai panjang (8 sampai 22 atom karbon) yang terikat pada satu gugus gliserol. Asam lemak dibedakan berdasarkan panjang rantai karbon dan jumlah ikatan rangkapnya. Terdapat lima jenis asam lemak yang umumnya terkandung dalam minyak nabati yaitu asam stearat, asam palmitat, asam oleat, asam linoleat, dan asam linolenat (asam lemak jenis lainnya ada dalam jumlah yang sangat kecil). Jika rantai asam lemak terlepas dari trigliseridanya maka akan menjadi asam lemak bebas (*free fatty acids/FFA*). Kandungan FFA dalam minyak nabati umumnya 1–5%, namun ada juga yang lebih besar dari 5% bergantung pada jenis minyak dan cara pengolahannya.

Penggunaan minyak nabati secara langsung sebagai bahan bakar untuk mesin diesel mempunyai kendala terutama berkaitan dengan sifat-sifat minyak nabati yaitu viskositas tinggi, volatilitas rendah dan mengandung senyawa tak jenuh/berikatan rangkap lebih dari satu (*polyunsaturated*). Sifat-sifat ini dapat diperbaiki dengan beberapa cara yaitu pirolisis, mikroemulsifikasi, pencampuran (*dilution*), dan transesterifikasi (Srivastava dan Prasad, 2000). Di antara ke empat proses tersebut hanya transesterifikasi yang menghasilkan produk

yang dikenal dengan nama biodiesel (Gerpen dan Knothe, 2005).

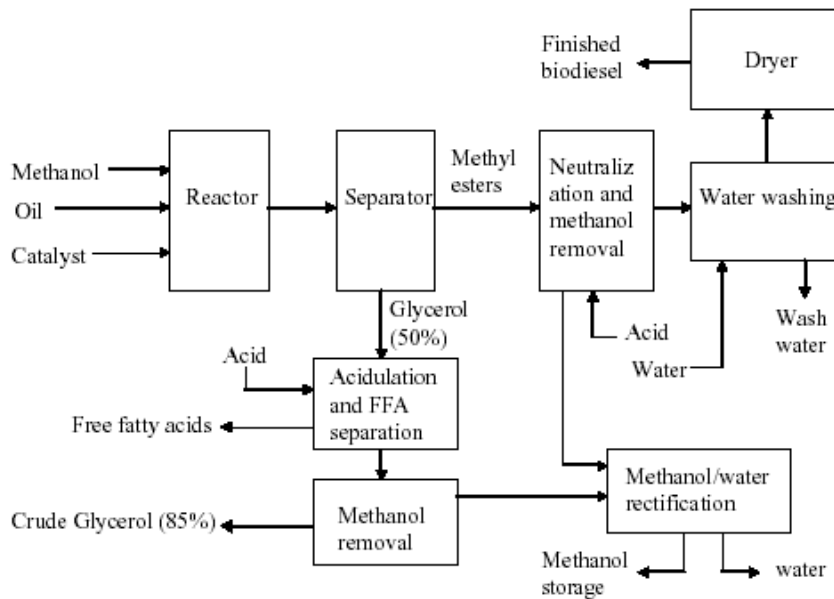
PROSES PEMBUATAN BIODIESEL

Proses Katalitik

Biodiesel didefinisikan sebagai monoalkil ester dari asam-asam lemak rantai panjang yang terkandung dalam minyak nabati atau lemak hewani untuk digunakan sebagai bahan bakar mesin diesel. Biodiesel dapat diperoleh melalui reaksi transesterifikasi trigliserida dan atau reaksi esterifikasi asam lemak bebas tergantung dari kualitas minyak nabati yang digunakan sebagai bahan baku.

Transesterifikasi adalah proses yang mereaksikan trigliserida dalam minyak nabati atau lemak hewani dengan alkohol rantai pendek seperti metanol atau etanol (pada saat ini sebagian besar produksi biodiesel menggunakan metanol) menghasilkan metil ester asam lemak (*fatty acids methyl esters/FAME*) atau biodiesel dan gliserol sebagai produk samping. Katalis yang digunakan pada proses transesterifikasi adalah basa (alkali), biasanya digunakan natrium hidroksida (NaOH) atau kalium hidroksida (KOH). Penelitian tentang transesterifikasi dengan katalis basa telah banyak dilakukan di antaranya oleh Darnoko dan Cheryan (2000).

Gambar 1 memperlihatkan diagram alir proses produksi biodiesel dari bahan baku minyak nabati berkadar FFA rendah secara katalitik (Gerpen dan Knothe, 2005). Proses tersebut secara keseluruhan terdiri dari reaksi transesterifikasi, pemisahan gliserol dari metil ester, pemurnian metil ester (netralisasi, pemisahan metanol, pencucian, dan pengeringan/dehidrasi), pengambilan gliserol sebagai produk samping (asidulasi dan pemisahan metanol) dan pemurnian metanol tak bereaksi secara distilasi/*rectification*.



Gambar 1. Diagram alir proses produksi biodiesel dengan katalis basa

Alkohol (metanol), katalis, dan minyak nabati direaksikan dalam suatu reaktor berpengaduk selama 1 jam pada temperatur 60°C. Pabrik-pabrik berskala kecil biasanya menggunakan reaktor *batch*, sedangkan pabrik berskala lebih besar (> 4 juta liter/tahun) menggunakan proses alir kontinu dengan jenis reaktor CSTR (*continuous stirred-tank reactors*) atau reaktor alir pipa (*plug flow reactor*). Reaksi transesterifikasi kadang-kadang dilakukan dalam 2 tahap yang dimaksudkan untuk mengurangi jumlah alkohol yang digunakan. Pada tahap pertama 80% metanol dan katalis ditambahkan ke dalam minyak, selanjutnya produk dikeluarkan dari reaktor pertama untuk dipisahkan gliserolnya sebelum diumpankan ke reaktor kedua.

Proses esterifikasi dengan katalis asam diperlukan jika minyak nabati mengandung FFA di atas 5%. Jika minyak berkadar FFA tinggi (> 5%) langsung ditransesterifikasi dengan katalis basa maka FFA akan bereaksi dengan katalis membentuk sabun. Terbentuknya sabun dalam jumlah yang cukup besar dapat menghambat pemisahan gliserol

dari metil ester dan berakibat terbentuknya emulsi selama proses pencucian. Dengan demikian, esterifikasi digunakan sebagai proses pendahuluan untuk mengonversikan FFA menjadi metil ester sehingga mengurangi kadar FFA dalam minyak nabati dan selanjutnya ditransesterifikasi dengan katalis basa untuk mengonversikan trigliserida menjadi metil ester. Esterifikasi adalah proses yang mereaksikan asam lemak bebas (FFA) dengan alkohol rantai pendek (metanol atau etanol) menghasilkan metil ester asam lemak (FAME) dan air. Katalis yang digunakan untuk reaksi esterifikasi adalah asam, biasanya asam sulfat (H₂SO₄) atau asam fosfat (H₂PO₄). Beberapa hasil penelitian pembuatan biodiesel dengan katalis asam telah dipublikasikan di antaranya oleh Canakci dan Gerpen (1999), Su-pranto (2005).

Selain katalis asam dan basa, enzim jenis lipase juga dapat digunakan sebagai katalis pada proses pembuatan biodiesel (Mittelbach, 1990; Du *et al.*, 2004). Katalis enzim mempunyai toleransi yang baik untuk minyak nabati berkadar FFA ting-

gi sehingga tidak diperlukan pengolahan pendahuluan seperti *refining* ataupun esterifikasi dengan katalis asam. Jadi cukup dengan satu tahap reaksi karena esterifikasi dan transesterifikasi dapat berlangsung secara simultan dalam satu reaktor.

Penggunaan enzim sebagai katalis mempunyai beberapa kelemahan/kendala yaitu harganya lebih mahal dibandingkan katalis asam atau basa, konversi reaksi tidak dapat berlangsung sempurna dan enzim mudah menjadi rusak (tidak aktif) karena kontak dengan kontaminan dalam minyak nabati maupun alkohol rantai pendek yang polar. Sehingga sebagian besar produksi biodiesel secara komersial masih tetap menggunakan katalis asam dan basa.

Proses Nonkatalitik

Pembuatan biodiesel secara katalitik mempunyai 2 kendala yang berakibat pada masih tingginya biaya produksi biodiesel. Pertama, berkaitan dengan sifat alami dari campuran minyak nabati dan metanol yang tidak saling larut (membentuk 2 fase) sehingga proses reaksi memerlukan penguatan yang sangat kuat. Problem kedua berkaitan dengan pemurnian produk yang terdiri dari beberapa tahapan proses. Proses pembuatan biodiesel secara nonkatalitik telah dilaporkan oleh beberapa peneliti yaitu Diasakou *et al.* (1998); Saka dan Kusdiana (2001); Kusdiana dan Saka (2001); Demirbas, (2002); Dasari *et al.* (2003); Han *et al.* (2005).

Proses pembuatan biodiesel secara nonkatalitik mempunyai beberapa kelebihan di antaranya adalah tidak memerlukan penghilangan FFA dengan cara *refining* atau praesterifikasi. Reaksi esterifikasi dan transesterifikasi dapat berlangsung dalam satu reaktor sehingga minyak dengan kadar FFA tinggi dapat langsung digunakan. Selain itu karena tanpa menggunakan katalis, proses pemisahan dan pemurnian produk menjadi lebih sederhana dan ramah lingkungan. Namun proses nonkatalitik biasanya menggunakan metanol sangat ber-

lebih dengan temperatur dan tekanan operasi lebih tinggi bila dibandingkan dengan proses katalitik bahkan beberapa peneliti melakukan percobaan pada kondisi superkritik metanol (350–500°C, 19–105 MPa). Dasari *et al.* (2003) mempelajari kinetika nonkatalitik dari minyak kedelai menggunakan reaktor logam yang permukaan/dinding dalamnya bersifat katalitik pada temperatur moderat (120–180°C) namun metil ester yang dihasilkan sangat kecil yaitu 12,41% pada 180°C dengan waktu reaksi 32 jam.

Penggunaan reaktor bertekanan tinggi selain memerlukan investasi (harga reaktor) dan biaya produksi tinggi juga berisiko membahayakan keamanan dan keselamatan karena menjadi lebih mudah meledak (eksplosif), sehingga untuk diterapkan pada skala komersial masih perlu dipertimbangkan. Untuk itu perlu dikembangkan proses nonkatalitik yang lebih murah dan aman.

Proses Nonkatalitik dengan Reaktor Kolom Gelembung

Pada penelitian ini dikembangkan proses pembuatan biodiesel secara nonkatalitik pada tekanan atmosfer dengan menggunakan reaktor kolom gelembung, seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Reaktor kolom gelembung yang digunakan untuk penelitian mempunyai kapasitas 500 ml.

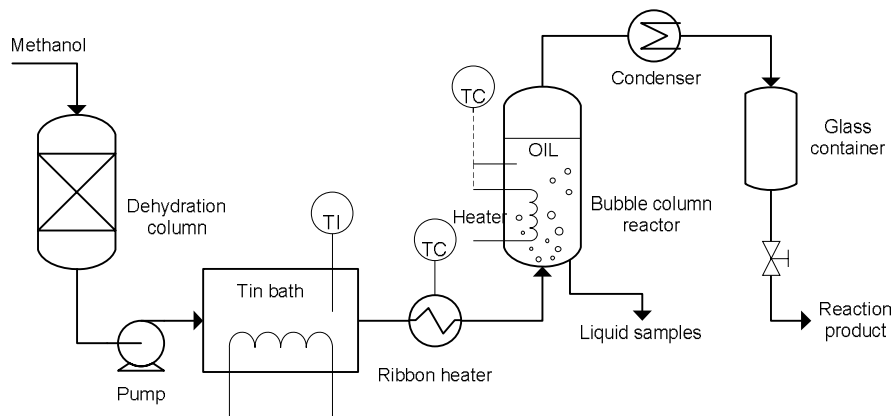
Hasil penelitian menunjukkan kondisi optimum diperoleh pada temperatur reaksi 290°C dan tekanan 0,1 MPa (1 bar). Semakin besar laju alir metanol dan volume awal minyak serta makin kecil kecepatan pengadukan akan memperbesar laju alir massa metil ester pada produk gas keluar reaktor. *Interface* (bidang antarmuka) antara gelembung metanol dan cairan (minyak) di sekitarnya sangat berpengaruh terhadap hasil reaksi. Hal ini menunjukkan bahwa makin besar *interface area* dan semakin lama waktu tinggal gelembung metanol dalam fase cair (minyak) akan memperbesar laju reaksi. Disarankan untuk penelitian selanjutnya digunakan reaktor tanpa pengaduk dengan topik ba-

hasan tentang *bubble interface* dan analisis kinetik dari reaksi gas-cair ini.

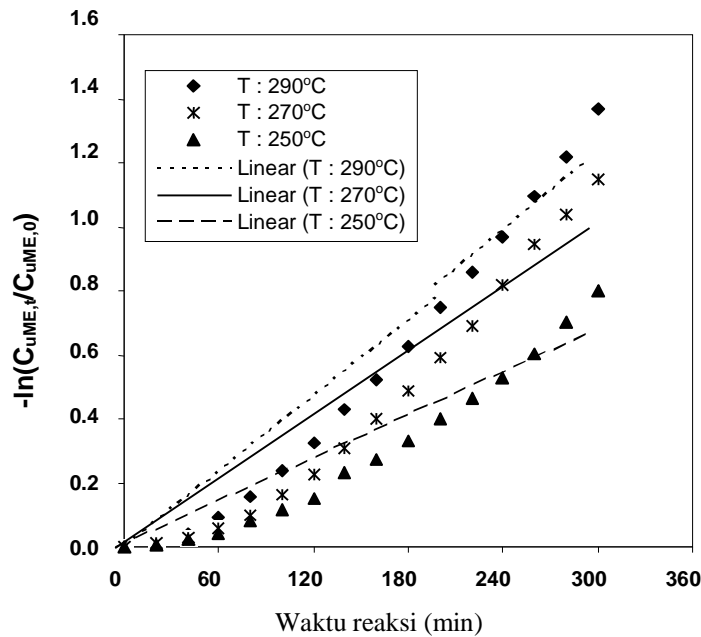
Joelianingsih *et al.* (2006), melaporkan tentang kinetika reaksi transesterifikasi nonkatalitik dari minyak sawit pada tekanan atmosferik. Pengaruh temperatur reaksi (250, 270, dan 290° C) terhadap konstanta laju dan konversi reaksi transesterifikasi diamati pada laju alir umpan metanol 4 g/menit dengan massa minyak mula-mula 200 gram. Waktu yang diperlukan untuk mencapai konversi sempurna (semua minyak bereaksi menjadi metil ester) adalah 7,25 jam pada temperatur 290°C. Waktu reaksi ini 7 kali lebih lama dibandingkan dengan proses katalitik dengan katalis basa (1 jam pada temperatur reaksi 60°C) dan sekitar 100 kali lebih lama dari proses nonkatalitik pada kondisi superkritik metanol. Saka dan Kusdiana (2001) melaporkan waktu reaksi sempurna 4 menit pada 350°C dan 19 MPa. Lamanya waktu reaksi ini di-

sebabkan karena kecilnya nilai faktor frekuensi yang menunjukkan banyaknya tumbukan antara molekul minyak dan metanol. Hal ini dapat diperbaiki dengan memperbesar luas antarmuka minyak dan metanol dengan cara memperbanyak jumlah gelembung dan memperkecil diameter gelembung.

Kajian kinetika reaksi, selanjutnya, dilakukan untuk mempelajari hubungan suhu dengan waktu reaksi menggunakan data eksperimen. Model kinetika reaksi didasarkan pada reaksi keseluruhan dengan asumsi mengikuti reaksi ordo pertama sebagai fungsi konsentrasi produk yang tidak mengalami metil-esterifikasi (uME). Gambar 3 menunjukkan korelasi antara konsentrasi uME dengan waktu reaksi pada berbagai suhu reaksi. Hasil regresi pada Gambar 3 digunakan untuk menentukan laju reaksi pada setiap suhu reaksi, dengan hasil seperti ditunjukkan pada Tabel 1.



Gambar 2. Rangkaian alat percobaan proses nonkatalitik pada tekanan atmosfer



Gambar 3. Konsentrasi uME selama reaksi transesterifikasi

Nilai k' meningkat seiring dengan peningkatan suhu dan sesuai dengan persamaan Arrhenius:

$$\ln K' = \ln A - \frac{E_a}{RT} \dots\dots\dots (1)$$

Dalam hal ini, E_a adalah energi aktivasi, R adalah tetapan gas (8,314 J/mol K) dan A adalah faktor frekuensi tumbukan ($A = p.Z$, dimana Z adalah laju tumbukan dan p adalah faktor stearik).

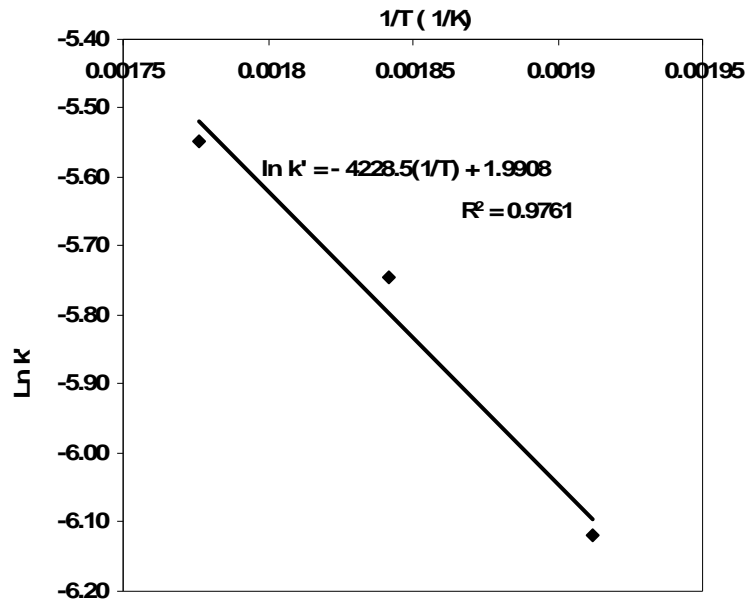
Tabel 1. Laju reaksi transesterifikasi minyak sawit

Suhu reaksi (°C)	k' (min ⁻¹)	R^2 (%)
250	0,0022	90,84
270	0,0032	90,44
290	0,0039	93,55

Data pada Tabel 1. digunakan untuk menentukan energi aktivasi dan faktor frekuensi dari plot antara laju reaksi (k') dengan kebalikan suhu absolut ($1/T$) seperti ditunjukkan pada Gambar 4. Perhitungan dengan menggunakan persamaan (1) meng-

hasilkan energi aktivasi (E_a) sebesar 35 kJ/mol dan faktor frekuensi (A) sebesar 7,3.

Hasil penelitian Kusdiana dan Saka (2001) energi aktivasi (E_a) dan faktor frekuensi (A) pada proses transesterifikasi minyak *rapeseed* dengan metanol superkritik masing-masing adalah 69 kJ/mol dan 6.936. Hal ini menunjukkan bahwa energi aktivasi pada kondisi superkritik 2 kali lebih besar daripada kondisi tekanan atmosfer. Perbedaan ini disebabkan oleh faktor frekuensi yang sekitar 1.000 kali lebih besar pada kondisi superkritik. Polaritas MeOH menurun pada kondisi superkritik, sehingga trigliserida yang bersifat nonpolar dapat terlarut dengan MeOH superkritik dan membentuk campuran TG/MeOH dalam satu fase. Sementara itu, gelembung MeOH pada percobaan ini terdispersi pada fase minyak sehingga membentuk sistem dua fase. Laju reaksi kemungkinan dikendalikan oleh laju perpindahan massa pada antarmuka gas dan cairan, sehingga luas permukaan antarmuka gas-cairan perlu diperbesar untuk meningkatkan tetapan laju reaksi.



Gambar 4. Konstanta laju reaksi (orde satu) selama proses transesterifikasi minyak sawit

Faktor konversi (α) untuk reaksi pada sistem keseluruhan dapat dinyatakan dengan persamaan (2).

$$\alpha = \frac{(C_{uME,0} - C_{uME,t})}{C_{uME,0}} \times 100\% \quad (\text{mol/mol}) \quad \dots\dots\dots(2)$$

Hasil didefinisikan sebagai persentase massa ME pada produk reaksi terhadap massa minyak awal. Konversi reaksi dan hasil ME meningkat terhadap waktu reaksi dan suhu reaksi. Kandungan ME (% w/w) di dalam produk reaksi meningkat terhadap waktu reaksi, tetapi kandungan ME pada akhir tiap eksperimen (300 min) menurun terhadap suhu reaksi.

Mutu produk sangat penting untuk penerimaan biodiesel di pasar. Selama proses transesterifikasi, MG, dan DG terbentuk sebagai hasil antara, sehingga jika reaksi tidak berlangsung sempurna

maka produk reaksi masih dapat mengandung MG, DG, dan TG. Kontaminasi ini dapat menyebabkan masalah yang besar pada saat biodiesel digunakan sebagai bahan bakar, seperti terjadinya deposit, penyumbatan filter. Berdasarkan SNI dan European Union standards untuk biodiesel, kemurnian biodiesel terendah yang dapat diterima adalah 96,5% w/w.

Konversi dan hasil ME yang diperoleh pada suhu reaksi 290°C adalah yang paling tinggi, tetapi mutunya rendah karena kandungan ME hanya 87,47% w/w setelah 300 menit waktu reaksi. Berdasarkan mutu hasil reaksi, suhu 250°C adalah kondisi terbaik dengan kandungan ME sebesar 95,17% w/w setelah 300 menit reaksi, meskipun konversi dan hasil hanya mencapai 55,07% mol/mol dan 27,43% w/w.

Tabel 2. Ringkasan hasil eksperimen transesterifikasi (Joelianingsih *et al.*, 2007)

Suhu reaksi (°C)	Waktu reaksi (min)	Komposisi pada reaksi produk (% w/w)				Komposisi cairan pada reaktor (% w/w)				α (% mol)	Hasil (% w/w)
		ME	MG	DG	TG	ME	MG	DG	TG		
250	60	74,67	2,29	4,48	18,56	0,17	0,00	6,76	93,07	4,03	1,25
	180	93,64	1,29	2,26	2,81	1,18	1,34	16,39	81,08	28,04	10,96
	300	95,17	2,19	1,50	1,15	2,52	0,31	18,50	78,67	55,07	27,43
270	60	77,93	4,09	8,27	9,71	0,00	0,33	7,40	92,27	5,52	1,89
	180	92,40	2,55	3,21	1,85	1,09	0,57	20,11	78,23	38,55	16,77
	300	92,61	2,59	3,97	0,84	1,81	0,56	25,93	71,71	68,27	40,36
290	60	80,04	4,35	7,36	1,16	0,00	0,00	7,11	92,89	6,61	2,71
	180	87,35	8,12	7,88	2,94	0,36	0,69	21,04	77,91	46,51	19,73
	300	87,47	8,48	9,39	1,59	1,82	0,00	30,36	67,82	74,53	45,93

KESIMPULAN DAN SARAN

Proses pembuatan biodiesel masih perlu terus dikembangkan agar proses produksi komersial aman, murah, dan ramah lingkungan. Setiap proses produksi biodiesel mempunyai kekurangan dan kelebihan. Untuk itu dalam penelitian ini dipilih proses nonkatalitik dengan temperatur reaksi yang relatif rendah (bila dibandingkan dengan kondisi proses superkritik) dan berlangsung pada tekanan atmosfer. Proses nonkatalitik ini dipilih karena relatif murah dan aman bila dibandingkan dengan proses produksi biodiesel lainnya. Masalah yang masih dihadapi dengan proses ini di antaranya adalah lamanya waktu reaksi untuk mencapai konversi sempurna dan kemurnian produk biodiesel yang dihasilkan dengan adanya mono dan digliserida. Hal ini dapat diatasi dengan merancang ulang reaktor misalnya dengan menggunakan reaktor kolom nampan saringan gelembung

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada National Food Research Institute, Tsukuba-Japan dan The University of Tokyo, Japan.

DAFTAR PUSTAKA

- Canakci, M. and J. Van Gerpen. 1999. Biodiesel production via acid catalysis. *Transesterification. ASAE* 42:1203–1210.
- Darnoko, D. and M. Cheryan. 2000. Kinetics of palm oil transesterification in a batch reactor. *JAOCS*, 77: 1263–1267.
- Dasari, M.A., M.J. Goff, and G.J. Suppes. 2003. Noncatalytic alcoholysis kinetics of soybean oil. *JAOCS*. 80(2):189–192.
- Demirbas, A. 2002. Biodiesel from vegetable oils via transesterification in supercritical methanol. *Energy Conversion & Management* 43:2349–2356.
- Diasakou, M., A. Louloudi, and N. Papayannakos. 1998. Kinetics of the noncatalytic transesterification of soybean oil. *Fuel* 77(12):1297–1302.
- Du, W., Y. Xu, J. Zing, and D. Liu. 2004. Novozyme 435-catalyzed transesterification of crude soybean oils for biodiesel production in a solvent-free medium. *Biotechnol. Appl. Biochem.* 40:187–190.
- Gerpen, J.V. dan G. Knothe. 2005. Basics of transesterification reaction. *In* : Knothe, G., J.V. Gerpen, dan J. Krahl, (ed). *The Biodiesel Handbook*. AOC PRESS, Champaign, Illinois.
- Han, H., W. Cao, and J. Zhang. 2005. Preparation of biodiesel from soybean oil using supercritical methanol and CO₂ as co-solvent. *Process Biochemistry* 40:3148–3151.

- Joelianingsih, H. Maeda, H. Nabetani, Y. Sagara, T.H. Soerawidjaya, A.H. Tambunan, and K. Abdullah 2006. Kinetics of the noncatalytic transesterification of palm oil at atmospheric pressure. *In: Proceeding of the Development in Biofuel Production and Biomass Technology Seminar, Jakarta-Indonesia, February 21–22, 2006.*
- Kusdiana, D. and S. Saka. 2001. Kinetics of transesterification in rapeseed oil to biodiesel fuel as tread in supercritical methanol. *Fuel* 80:693–698.
- Mittelbach, M. 1990. Lipase-catalyzed alcoholysis of sunflower oil. *JAACS* 61:168–170.
- Saka, S. and D. Kusdiana. 2001. Biodiesel fuel from rapeseed oil as prepared in supercritical methanol. *Fuel* 80:225–231.
- Srivastava, A. and R. Prasad. 2000. Triglycerides based diesel fuels. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 4:111–133.
- Supranto. 2005. Design of the flow process diagram of the biodiesel production from the palm oil fatty acid distillate. *In: Proceeding of the World Renewable Energy Regional Congress and Exhibition; Jakarta-Indonesia, 17–21 April 2005.*

DISKUSI

1. Dr. Jermia Limbongan (BPTP Papua)

Pertanyaan:

- Pada kondisi mana nonkatalitik dan katalitik dapat diaplikasikan?

Jawab:

- Masih dalam rangkaian riset yang perlu beberapa kegiatan lanjutan. Nonkatalitik akan lebih luas, daripada katalitik, katalitik harus lebih du-

lu membuat ketel hanya kurang 2% atau kalau tidak katalisnya yang asam, kelemahan nonkatalitik membutuhkan suhu lebih tinggi, sebenarnya menggunakan suhu tinggi dengan harapan dapat memanfaatkan *waste*, kalau jarak pagar cangkangnya dapat menjadi sumber energi termal untuk pemanasan sampai 290°.

2. Hidetoshi Yaoi (S3 Student TIP IPB)

Pertanyaan:

- Is it possible to apply noncatalytic process in production industry?
- What is the culture impact of noncatalytic process in the current industry?

Jawab:

- Probably we have this is an other field implementation some kind of pilot project, before this is really released to the society commercially. But up to the current research the possibility to be implemented for up agriculture is very high, stil very hard and what is the impact of the application of ten technologies to the current methodology (method of biodiesel production methodology). I think because the biodiesel industry still in a very early stage of it is development. We don't speak that we can impact so much with very new industry. This is an interested new methodology, we don't say that if we release it one than it made the old conventional methodology will be collaps because there must be the advantage of a methodology there must be another fight, there must be the advantage of the other methodology.