



ISSN: 1693-4393

SEMINAR NASIONAL TEKNIK KIMIA "KEJUANGAN" 2014

*Pengembangan Teknologi Kimia
untuk Pengolahan Sumber Daya
Alam Indonesia*

5 Maret 2014

PROSIDING



2014

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UPN "VETERAN" YOGYAKARTA**

ISSN : 1693-4393

PROSIDING

SEMINAR NASIONAL TEKNIK KIMIA “KEJUANGAN” 2014

*Pengembangan Teknologi Kimia untuk
Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia
Yogyakarta, 5 Maret 2014*



**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UPN “VETERAN” YOGYAKARTA**



**PROSIDING
SEMINAR NASIONAL
TEKNIK KIMIA "KEJUANGAN" 2014**

*Pengembangan Teknologi Kimia untuk
Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia
Yogyakarta, 5 Maret 2014*

Hak Cipta ada pada Program Studi Teknik Kimia

Teknologi Industri UPN "Veteran" Yogyakarta
Jl. SWK 104 (Lingkar Utara) Condongcatur, Yogyakarta (55283)

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh buku ini atau diperbanyak dengan tujuan komersial dalam bentuk apapun tanpa seijin Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri UPN "Veteran" Yogyakarta, kecuali untuk keperluan penulisan artikel atau karangan ilmiah dengan menyebutkan buku ini sebagai sumber.

Cetakan I : Maret 2014

ISSN 1693-4393





Reviewer

Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan" 2014

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, UPN "Veteran" Yogyakarta

1. Prof. Ir. H. Wahyudi Budi Sediawan, SU, Ph.D (UGM Yogyakarta)
2. Ir. Moh. Fahrurrozi, M.Sc., Ph.D (UGM Yogyakarta)
3. Dr. Ir. I Gusti S. Budiaman, MT (UPN "Veteran" Yogyakarta)
4. Dr. Ir. Tjukup Marnoto, MT (UPN "Veteran" Yogyakarta)
5. Dr. Ir. Mahreni, MT (UPN "Veteran" Yogyakarta)





Panitia Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan" 2014 Prodi Teknik Kimia FTI UPN "Veteran" Yogyakarta

Penanggung jawab	: Dekan Fakultas Teknologi Industri
Panitia Pengarah	: 1. Ketua Prodi Teknik Kimia 2. Sekretaris Prodi Teknik Kimia 3. Prof. Dr .Ir. Supranto, SU 4. Prof. Ir.Wahyudi Budi Sediawan, SU, PhD 5. Ir. Moh.Fahrurrozi, MSc, PhD 6. Dr. Ir.I Gusti S Budiawan, MT 7. Dr. Ir.Tjukup Marnoto, MT 8. Dr. Ir. Mahreni, MT
Panitia Pelaksana	
Ketua	: Dr. Adi Ilcham, ST, MT Dr. Ir. Ramli Sitanggang, MT
Sekretaris	: Siti Dyar Kholisoh, ST, MT Ir.Tunjung Wahyu Widayati, MT
Bendahara	: Ir. Purwo Subagyo MT Dra. Suci Astutiningsih
Sie Acara dan Persidangan	: Ir. Endang Sulistyawati, MT Ir. Danang jaya, MT Ir. Harsa Pawignya, MT
Sie Materi dan Prosiding	: Siswanti, ST, MT Dra. Sri Wahyu Murni, MT
Sie Dana dan Promosi	: Ir. Sri Sukadarti, MT Dr.Y.Dedy Hermawan, ST, MT Ir.Widayati, MT, Ph.D
Sie Publikasi & Dokumentasi	: Ir. Zubaidi Achmad, MT Ir. Sri Wahyuni Santi, SR MT Ir. Ketut Subawa, MT
Sie Perlengkapan dan Dekorasi	: Ir. Wasir Nuri, MT Ir. Gogot Haryono, MT Dr. Ir. M. Syahri, MT
Sie Konsumsi	: Ir. Faizah Hadi, MT Ir. Dyah Tri Retno, MM Ir. Sri Sudarmi, MT





- C3 **Teknologi Produksi dan Karakterisasi ^{131}I -MIBG sebagai Radiofarmaka Diagnosa dan Terapi Neuroblastoma**
Laksmi Andri A¹, Purwoko¹, Maskur¹, Adang Hardi G¹, Kardinah², Ratu R²
¹Pusat Radioisotop dan Radiofarmaka BATAN
²Rumah Sakit Kanker Dharmais
E-mail : astuti@batan.go.id,
- C4 **Inovasi Proses Gasifikasi Satu Tahap Menggunakan Penyerap Calsium Hidroksida Berpromotor untuk Produksi Hidrogen dari Limbah Biomassa : Kajian Konsentrasi Larutan Penyerap dan Jenis Promotor**
Mega Kasmiyatun¹⁾, Priyono Kusumo²⁾, Ery Fatarina P³⁾
^{1), 2), 3)} Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945
(UNTAG) Semarang
E-mail : megapramudono@yahoo.com
- C5 **Studi Eksperimental Proses Penguapan Nira Pekat pada Falling Film Evaporator**
Medya Ayunda Fitriil^{}, Suhadi², Ali Altway³, dan Susianto⁴*
^{1,2,3,4}Program Studi Teknik Kimia, FTI, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Kampus ITS Sukolilo
^{*}E-mail: deace_sakuragi@yahoo.com
- C6 **Penentuan Kondisi Optimum Isolasi Tannin dari Limbah Padat Kelapa Sawit dengan Metode Leaching dan Spray Drying**
Ninik Lintang Edi Wahyuni dan Bambang Soeswanto
Jurusan Teknik Kimia – Politeknik Negeri Bandung
Jl. Gegerkalong Hilir – Ds Ciwaruga, Bandung 40012
Telp/fax : (022) 2016403
E-mail: niniklintang@yahoo.com
bambang.soeswanto@yahoo.com

D. Kinetika Reaksi dan Katalisis

- | Kode | Judul, Penulis dan Alamat |
|------|---|
| D1 | Kinetika Reaksi Produksi Surfaktan Berbasis Minyak Sawit
<i>Purwaningtyas E.F, dan Djatmiko Hadi,S.</i>
Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945 (UNTAG)
Jl.Pawiyatan Luhur Bendan Dhuwur Semarang 50233
E-mail : ery_fatarina@yahoo.co.id |
| D2 | Produksi Surfaktan Ramah Lingkungan Dari Biodiesel Berbasis Minyak Sawit Menggunakan Katalis Padat (1)
<i>Ariani¹, A.Chalim², Anang T³, Lisa A⁴</i>
^{1,2,3} Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl.Soekarno Hatta No.9 Malang.
⁴ Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang, Jl.Soekarno Hatta No.9 Malang.
^{1,2} E-mail : ariani.chalim@yahoo.com |
| D3 | Pembuatan Katalis Asam Heterogen Berbahan Dasar Pati untuk Produksi Biodiesel
<i>Herry Santoso^{1*}, Steven Putra Halim¹, William¹, dan Judy Retty Witono¹</i>
¹ Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik Parahyangan
Jalan Ciumbuleuit No. 94, Bandung 40141, Indonesia
[*] E-mail: hsantoso@unpar.ac.id |
| D4 | Pembuatan Biodiesel secara Kontinu dengan Distilasi Reaktif dari Minyak Sawit Menggunakan Katalis Kalium Hidroksida
<i>Iwan Ridwan^{1*}, Mukhtar Ghazali¹</i>
¹ Program Studi Teknik Kimia, Politeknik Negeri Bandung, Jl. Gegekalong Bandung
[*] E-mail: ridwantk@gmail.com |





Pembuatan Katalis Asam Heterogen Berbahan Dasar Pati untuk Produksi Biodiesel

Herry Santoso^{1*}, Steven Putra Halim¹, William¹, dan Judy Retty Witono¹

¹Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik Parahyangan
Jalan Ciumbuleuit No. 94, Bandung 40141, Indonesia

*E-mail: hsantoso@unpar.ac.id

Abstract

Oils and fats with high FFA content cannot be converted directly into biodiesel using base catalyst due to saponification problem. To overcome this problem, the FFA content in the oils and fats should be reduced below 2.5% by reacting it with methanol using acid catalyst. The use of homogeneous acid catalyst can be very corrosive and not environmentally friendly while the use of commercial heterogeneous acid catalyst can be very expensive. The purpose of this research is to develop heterogeneous acid catalyst from starch through pyrolysis followed by sulphonation processes that can be used for biodiesel production. Four different starches with different amylose and amylopectin compositions are used in order to investigate their influence to the catalytic activity. Also pyrolysis and sulphonation time are varied in order to determine their influence to the catalytic activity. It is found that catalyst developed from corn starch pyrolyzed at 400°C for 15 hours and then sulphonized at 150°C for 15 hours gives the best catalytic activity. Corn starch derived catalyst is able to reduce the FFA content in rubber seed oil up to 95.27% in 3 hours reaction time.

Keywords: heterogeneous acid catalyst, starch, pyrolysis, sulphonation, FFA content

Pendahuluan

Hingga saat ini bahan bakar fosil merupakan sumber energi utama yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan energi dunia. Namun bahan bakar fosil merupakan sumber energi yang bersifat tidak dapat diperbaharui. Oleh sebab itu dibutuhkan sumber energi alternatif yang bersifat dapat diperbaharui dan memiliki kualitas yang baik untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil. Biodiesel merupakan salah satu energi alternatif yang diharapkan mampu menjawab kebutuhan ini.

Bahan baku untuk pembuatan biodiesel dapat diperoleh dari berbagai sumber daya hayati yang bersifat dapat diperbaharui. Salah satu contoh sumber daya hayati yang tersedia secara melimpah dan belum dimanfaatkan secara optimal adalah biji karet. Biji karet merupakan produk samping dari perkebunan karet. Sebagai negara produsen karet terbesar kedua di dunia, Indonesia memiliki perkebunan karet dengan luas 3,5 juta hektar dengan kapasitas produksi lateks sebesar 3 juta ton/tahun (Wibawa et al., 2005; Luan, 2013). Selain memproduksi lateks, perkebunan karet mampu menghasilkan biji karet sebanyak 1 ton/hektar/tahun (Eka et al., 2010). Biji karet memiliki kandungan minyak cukup besar sekitar 40-50%-w (Ramadhas et al., 2005). Dengan demikian dapat dikatakan bahwa Indonesia memiliki ketersediaan minyak biji karet yang sangat melimpah.

Proses produksi biodiesel secara konvensional dilakukan melalui reaksi transesterifikasi minyak atau lemak menjadi metil ester asam lemak (biodiesel) dengan menggunakan katalis basa. Penggunaan katalis basa memiliki beberapa kelebihan antara lain kinetika reaksi yang lebih cepat dan kondisi reaksi pembuatan biodiesel yang lebih lunak. Walaupun demikian penggunaan katalis basa memiliki kelemahan utama yaitu tidak toleran terhadap kandungan asam lemak bebas yang tinggi di dalam bahan baku yang digunakan untuk produksi biodiesel. Kadar asam lemak bebas yang tinggi dalam bahan baku akan menyebabkan terjadinya reaksi samping penyabunan. Reaksi samping penyabunan tidak diinginkan karena akan menyebabkan kesulitan pemisahan produk biodiesel dari campuran reaksinya. Untuk mengatasi hal ini, proses pembuatan biodiesel dapat dilakukan dalam dua tahap. Pada tahap pertama, kandungan asam lemak bebas dalam bahan baku perlu diturunkan hingga kurang dari 2,5% dengan melakukan reaksi esterifikasi menggunakan katalis asam. Pada tahap kedua, bahan baku yang telah diturunkan kadar asam lemak bebasnya direaksikan menjadi biodiesel melalui reaksi transesterifikasi menggunakan katalis basa.

Dalam tahap esterifikasi digunakan katalis asam untuk menurunkan kadar FFA dalam bahan baku. Katalis asam yang digunakan dapat berupa katalis asam homogen atau katalis asam heterogen. Katalis asam homogen memiliki aktivitas katalis yang lebih baik dibandingkan dengan katalis asam heterogen. Namun demikian, katalis asam homogen bersifat korosif dan sulit dipisahkan dari campuran reaksi sehingga tidak dapat digunakan kembali dan akan terbuang sebagai limbah yang dapat mencemarkan lingkungan. Hal ini membuat penggunaan katalis asam





homogen menjadi kurang disukai sehingga banyak penelitian dilakukan untuk mengembangkan katalis asam heterogen yang bersifat lebih tidak korosif dan dapat dipisahkan dengan mudah untuk kemudian digunakan kembali (Lam et al., 2010).

Katalis asam heterogen dapat dibuat dari bahan baku yang memiliki gugus dasar glukosa seperti D-glukosa, sukrosa, pati, dan selulosa melalui proses pirolisis yang kemudian dilanjutkan dengan proses sulfonasi. Proses pirolisis merupakan proses dekomposisi termal pada temperatur tinggi. Proses ini bertujuan untuk melakukan karbonisasi secara tidak sempurna terhadap bahan baku yang memiliki gugus dasar glukosa untuk membentuk lembaran-lembaran karbon polisiklik aromatik. Proses sulfonasi berguna untuk menambahkan gugus asam $-HSO_3$ ke dalam lembaran-lembaran karbon polisiklik aromatik tersebut di atas. Hasilnya adalah katalis asam heterogen dengan densitas gugus aktif $-HSO_3$ yang tinggi dan memiliki stabilitas operasi yang baik serta aktivitas katalitik yang tinggi dalam reaksi pembuatan biodiesel (Toda et al., 2005; Liu et al., 2010).

Lou et al. (2008) melakukan percobaan untuk memproduksi katalis asam heterogen menggunakan berbagai bahan baku, antara lain D-glukosa, sukrosa, pati, selulosa. Dari hasil percobaannya didapatkan bahwa aktivitas katalisis terbaik diberikan oleh katalis yang dibuat dari bahan baku pati. Adapun kondisi operasi proses pirolisis yang digunakan adalah pada 400°C selama 15 jam, sementara kondisi operasi proses sulfonasi yang digunakan adalah pada 150°C selama 15 jam.

Chen dan Fang (2011) melakukan percobaan untuk memproduksi katalis asam heterogen menggunakan bahan baku berupa campuran glukosa dan berbagai jenis pati yang memiliki kandungan amilopektin yang berbeda, yaitu: pati beras ketan (kadar amilopektin 99,7%), pati jagung (kadar amilopektin 72%), dan amilosa (kadar amilopektin 0%). Ditemukan bahwa kadar amilopektin yang berbeda-beda pada pati yang dicampurkan berpengaruh terhadap aktivitas katalis yang dihasilkan. Kadar amilopektin yang berbeda menyebabkan perbedaan pada struktur karbon polisiklik aromatik bahan katalis yang dihasilkan. Hal ini penting karena struktur karbon polisiklik aromatik bahan katalis akan mempengaruhi jumlah gugus $-HSO_3$ yang dapat menempel pada permukaan katalis. Semakin banyak gugus $-HSO_3$ yang dapat menempel pada permukaan katalis menyebabkan aktivitas katalis semakin tinggi. Dari percobaannya didapatkan bahwa katalis yang memiliki aktivitas paling baik dan densitas asam yang paling besar adalah katalis yang dibuat dari bahan baku campuran glukosa dan pati jagung. Adapun kondisi operasi proses pirolisis yang digunakan adalah pada temperatur 400°C selama 1,25 jam dan kondisi operasi proses sulfonasi yang digunakan adalah pada temperatur 150°C selama 5 jam.

Dalam penelitian ini, katalis asam heterogen akan dibuat dari bahan baku berbagai jenis pati yang memiliki kandungan amilosa dan amilopektin yang berbeda, yaitu: pati jagung, pati talas, pati singkong, dan pati ganyong. Adapun kondisi operasi proses pirolisis dan proses sulfonasi yang akan digunakan dalam pembuatan katalis ada dua macam, mengikuti kondisi operasi yang dilaporkan oleh Lou, et al. (2008) dan Chen dan Fang (2011). Katalis yang dihasilkan kemudian diuji kinerjanya dalam mengkatalisis reaksi esterifikasi asam oleat serta kemampuannya untuk menurunkan kadar FFA dalam minyak biji karet.

Metodologi

Ada empat macam pati yang digunakan dalam pembuatan katalis asam heterogen, yaitu: pati jagung, pati talas, pati singkong, dan pati ganyong. Masing-masing pati memiliki kandungan amilosa dan amilopektin yang berbeda-beda. Pati-pati yang digunakan tersebut dibelidari Mekar Sari, Yogyakarta. Asam oleat, metanol, dan bahan-bahan kimia lainnya diperoleh secara komersial dari Bratachem, Bandung. Minyak biji karet diperoleh dengan melakukan pengepresan secara hidrolik terhadap biji karet yang diperoleh dari perkebunan karet di daerah Sukabumi.

Dalam pembuatan katalis asam heterogen, dilakukan variasi jenis bahan baku pati yang digunakan serta variasi kondisi operasi pembuatan katalis yang digunakan. Tabel 1 merangkumkan variasi percobaan dalam pembuatan katalis asam heterogen dalam penelitian ini.

Tabel 1. Variasi Percobaan dalam Pembuatan Katalis Asam Heterogen

Variabel Percobaan	Variasi
Bahan Baku	1. Pati Jagung 2. Pati Talas 3. Pati Singkong 4. Pati Ganyong
Kondisi Operasi	1. Pirolisis pada $T = 400^\circ\text{C}$ selama 15 jam Sulfonasi pada $T = 150^\circ\text{C}$ selama 15 jam 2. Pirolisis pada $T = 400^\circ\text{C}$ selama 1.25 jam Sulfonasi pada $T = 150^\circ\text{C}$ selama 5 jam

Berikut ini adalah prosedur kerja pembuatan katalis asam heterogen. Mula-mula bahan baku pati ditimbang sebanyak 10 gram dan dimasukkan ke dalam krus porselen. Pati kemudian dipirolisis dalam furnace silinder di bawah





aliran gas N_2 pada temperatur dan waktu pirolisis yang disesuaikan dengan kondisi operasi yang diinginkan. Setelah proses pirolisis selesai, produk hasil pirolisis berupa material karbon polisiklik aromatik digiling sebelum kemudian diproses lebih lanjut dengan proses sulfonasi. Sulfonasi dilakukan dengan merendam material karbon hasil pirolisis dalam 100 ml asam sulfat pekat (>98%) sambil diaduk dengan *magnetic stirrer*. Proses sulfonasi dilakukan pada temperatur dan waktu sulfonasi yang disesuaikan dengan kondisi operasi yang diinginkan. Kondensor refluks digunakan di sepanjang proses sulfonasi untuk menghindari uap asam sulfat terbawa keluar akibat pemanasan yang dilakukan. Setelah proses sulfonasi selesai, campuran didinginkan sampai suhu kamar, kemudian diencerkan dengan aquades 500 mL. Setelah pengenceran, dilakukan penyaringan untuk memisahkan katalis yang dihasilkan. Katalis yang telah dipisahkan dicuci dengan aquadest $80^\circ C$ sampai tidak mengandung sisa larutan asam sulfat. Selanjutnya katalis dikeringkan menggunakan oven pada temperatur $60^\circ C$.

Katalis yang telah dibuat selanjutnya diuji cobakan dalam reaksi esterifikasi asam oleat. Mula-mula asam oleat dicampurkan dengan methanol dengan perbandingan mol metanol terhadap asam oleat 10:1. Jumlah katalis yang digunakan dalam reaksi tersebut adalah sebanyak 5% berat dari jumlah asam oleat. Reaksi dilangsungkan pada suhu $80^\circ C$ disertai dengan pengadukan selama 3 jam. Kondensor refluks digunakan untuk mengembalikan metanol yang menguap akibat pemanasan yang dilakukan selamaberlangsungnya reaksi.

Biji karet yang telah dibeli disimpan terlebih dahulu selama beberapa minggu terhindar dari sinar matahari untuk menghilangkan kandungan sianida yang terdapat dalam biji karet. Berikut ini adalah prosedur kerja untuk pengambilan minyak biji karet dengan mesin pengempa hidrolis. Mula-mula biji karet disortasi, dibersihkan, dan dikupas kulitnya. Kemudian biji karet dikeringkan hingga kandungan airnya kurang dari 5% menggunakan *tray dryer* pada suhu $70^\circ C$ selama 12 jam. Kandungan air yang terlalu tinggi dalam biji karet dapat memicu terjadinya hidrolisis trigliserida menjadi asam lemak bebas selama penyimpanan. Sebelum dikempa, biji karet dihaluskan terlebih dahulu menggunakan blender dan diayak untuk mendapatkan partikel dengan ukuran *mesh* -20+30. Proses pengempaan biji karet dilakukan menggunakan mesin pengempa hidrolis pada temperatur $70^\circ C$, tekanan 120 bar, lama waktu pemanasan awal 20-30 menit, dan lama pengempaan 90 menit. Rendemen minyak biji karet yang dapat diperoleh menggunakan proses pengempaan adalah sekitar 30%.

Minyak biji karet yang diperoleh dari proses pengempaan selanjutnya di-*degumming* untuk menghilangkan kandungan getah pada minyak. Minyak biji karet yang telah di-*degumming*, diesterifikasi dengan menggunakan katalis yang telah dibuat. Minyak biji karet dicampurkan dengan metanol dengan rasio mol metanol terhadap minyak biji karet sebesar 10:1. Katalis yang digunakan dalam reaksi tersebut sebanyak 5% berat dari jumlah minyak biji karet. Reaksi dilangsungkan pada temperatur $80^\circ C$ selama 3 jam disertai dengan pengadukan. Kondensor refluks digunakan untuk mengembalikan uap metanol yang terbentuk akibat pemanasan selamaberlangsungnya reaksi.

Hasil dan Pembahasan

Kadar amilosa dan amilopektin dari berbagai macam bahan baku pati diperoleh dengan menganalisa kadar amilum total dan kadar amilosa total di dalam pati. Kadar amilopektin diperoleh dengan mengurangkan kadar amilum total dengan kadar amilosa total. Kadar amilosa dan amilopektin dari berbagai macam bahan baku pati ditampilkan pada Tabel 2. Pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa pati jagung memiliki kandungan amilopektin paling tinggi yaitu sebesar 72,36 % sementara yang paling rendah adalah pati ganyong yaitu sebesar 50,24%.

Tabel 2. Kadar Amilosa dan Amilopektin dari Berbagai Jenis Pati

Pati	% Amilosa	% Amilopektin
Jagung	12,65	72,36
Talas	7,899	68,23
Singkong	20,31	65,86
Ganyong	24,5	50,24

Setelah melalui proses pirolisis dan sulfonasi, rendemen akhir katalis berbahan dasar pati yang diperoleh rata-rata mencapai 27-28%. Katalis selanjutnya diujicoba kemampuan katalisasinya pada reaksi esterifikasi asam oleat menjadi biodiesel. Hasil analisa densitas dan viskositas kinematik bahan baku asam oleat yang digunakan dalam reaksi esterifikasi disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Densitas dan Viskositas Kinematik Asam Oleat

Data Fisik	Asam Oleat
Densitas, $T=40^\circ C$ (gr/ml)	0,868
Viskositas Kinematik, $T=40^\circ C$ (mm ² /s)	21,2

Perolehan, densitas, dan viskositas produk biodiesel yang dihasilkan pada reaksi esterifikasi asam oleat dengan menggunakan katalis berbahan dasar pati yang telah dibuat disajikan secara lengkap pada Tabel 4.





Tabel 4. Hasil Uji Coba Kinerja Katalis dalam Reaksi Esterifikasi Asam Oleat Menjadi Biodiesel

Kondisi Operasi	Jenis Katalis Pati	Yield (%)	Densitas, T=40°C(g/ml)	Viskositas Kinematik, T=40°C (mm ² /s)
Kondisi 1 Pirolisis 15 jam Sulfonasi 15 jam	Jagung	66,12	0,8976	7,19
	Talas	58,52	0,8976	5,43
	Singkong	56,52	0,8963	5,29
	Ganyong	36,93	0,9025	4,75
Kondisi 2 Pirolisis 1,25 jam Sulfonasi 5 jam	Jagung		Tidak terbentuk biodiesel	
	Talas		Tidak terbentuk biodiesel	
	Singkong		Tidak terbentuk biodiesel	
	Ganyong		Tidak terbentuk biodiesel	

Pada reaksi esterifikasi asam oleat dengan menggunakan keempat macam katalis yang dibuat pada kondisi operasi 1 (pirolisis pada T = 400°C selama 15 jam dan sulfonasi pada T = 150°C selama 15 jam), terlihat bahwa keempat macam katalis tersebut mampu mengkatalisis reaksi esterifikasi asam oleat untuk menghasilkan biodiesel. Hal yang berbeda ditemukan pada saat melakukan uji coba reaksi esterifikasi asam oleat menggunakan keempat macam katalis yang dibuat pada kondisi operasi 2 (pirolisis pada T = 400°C selama 1,25 jam dan sulfonasi pada T = 150°C selama 5 jam). Keempat macam katalis yang dibuat pada kondisi operasi ini tidak memiliki kemampuan untuk mengkatalisis reaksi esterifikasi asam oleat menjadi biodiesel. Hal ini mungkin disebabkan oleh waktu pirolisis yang terlalu singkat sehingga struktur karbon polisiklik aromatik yang terbentuk tidak sempurna. Akibatnya, penambahan gugus aktif -HSO₃ ke dalam padatan karbon polisiklik aromatik melalui proses sulfonasi tidak berlangsung secara efektif dan katalis yang dihasilkan tidak dapat berfungsi dengan baik.

Dari Tabel 4 juga dapat terlihat bahwa reaksi esterifikasi asam oleat menggunakan katalis yang dibuat dari pati jagung memberikan nilai persentase yield terbesar. Sementara itu, penggunaan katalis yang dibuat dari pati ganyong dalam reaksi esterifikasi asam oleat memberikan nilai persentase yield terkecil. Lebih lanjut, hasil uji kemampuan katalis dalam mengkatalisis reaksi esterifikasi asam oleat memberikan kecenderungan bahwa penggunaan katalis yang dibuat dari pati dengan kandungan amilopektin yang lebih besar akan menghasilkan biodiesel dengan perolehan yang lebih tinggi. Densitas dan viskositas kinematik produk biodiesel yang dihasilkan pada reaksi esterifikasi asam oleat telah memenuhi standar densitas dan viskositas kinematik biodiesel menurut SNI (densitas pada 40°C = 0,87-0,90 gr/ml dan viskositas kinematik pada 40°C = 1,9-6,0 mm²/s).

Setelah melihat bahwa berbagai katalis yang dibuat pada kondisi operasi 1 memiliki kemampuan untuk mengkatalisis reaksi esterifikasi asam oleat, selanjutnya katalis-katalis tersebut diuji coba untuk melangsungkan reaksi esterifikasi pada minyak biji karet untuk mengetahui kemampuan katalis-katalis tersebut dalam menurunkan kadar FFA minyak biji karet. Hasil analisa densitas, viskositas kinematik, bilangan asam, dan kandungan FFA yang terdapat dalam bahan bakuminyak biji karet yang digunakan disajikan dalam Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Analisa Sifat Fisik dan Kimia Bahan Baku Minyak Biji Karet

Data Fisik	Minyak Biji Karet
Densitas, T=40°C (gr/ml)	0,9223
Viskositas Kinematik, T=40°C (mm ² /s),	38,18
Bilangan Asam (mg-KOH/gr-sample)	41,14
Kadar FFA (%)	20,57

Sifat fisik dan kimiaproduct atas yang diperoleh dari reaksi esterifikasi minyak biji karet dengan menggunakan katalis berbahan dasar pati yang dibuat dengan kondisi operasi 1 disajikan secara lengkap pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Analisa Sifat Fisik dan Kimia Produk Atas Reaksi Esterifikasi Minyak Biji Karet

Katalis Pati (Kondisi Operasi 1)	Densitas (gr/ml)	Viskositas Kinematis (mm ² /s)	Bilangan Asam (mg-KOH/gr-sampel)	Kadar FFA (%)	Konversi FFA (%)
Jagung	0.91	24.08	1,95	0,97	95,27
Talas	0.91	25.81	6,64	3,32	83,87
Singkong	0.91	26.34	8,01	4,01	80,53
Ganyong	0.90	26.94	9,61	4,81	76,63

Dari Tabel 6 dapat dilihat bahwa penurunan kadar FFA (konversi FFA) terbesar diperoleh pada reaksi esterifikasi minyak biji karet dengan menggunakan katalis yang dibuat dari pati jagung. Hal ini bersesuaian dengan hasil yang didapat sebelumnya pada uji coba reaksi esterifikasi asam oleat. Lebih lanjut, konversi FFA akan lebih tinggi pada





penggunaan katalis yang dibuat dari pati dengan kandungan amilopektin yang lebih besar dibandingkan dengan katalis yang dibuat dari pati dengan kandungan amilopektin yang lebih kecil. Hal ini juga bersesuaian hasil uji coba kemampuan katalis pada reaksi esterifikasi asam oleat sebelumnya. Kadar amilopektin yang tinggi pada bahan baku pati menyebabkan katalis yang dihasilkan bersifat lebih *porous* sehingga transfer massa reaktan ke dalam katalis menjadi lebih mudah.

Dari Tabel 6 juga terlihat bahwa nilai densitas dan viskositas kinematis produk atas reaksi esterifikasi minyak biji karet masih cukup tinggi. Nilai densitas dan viskositas kinematik ini belum memenuhi standar densitas dan viskositas kinematik biodiesel menurut SNI (densitas pada 40°C = 0,87-0,90 gr/ml dan viskositas kinematik pada 40°C = 1,9-6,0 mm²/s). Hal ini menunjukkan bahwa masih banyak trigliserida dalam minyak biji karet yang belum terkonversi menjadi biodiesel melalui tahap reaksi esterifikasi. Meskipun demikian, kadar FFA akhir produk atas reaksi esterifikasi minyak biji karet telah berkurang dengan cukup signifikan. Bahkan pada reaksi esterifikasi minyak biji karet dengan menggunakan katalis yang dibuat dari pati jagung, kadar FFA produk atas reaksi esterifikasi telah berada di bawah 2,5% sehingga memungkinkan produk atas reaksi esterifikasi ini diproses lebih lanjut menggunakan reaksi transesterifikasi dengan katalis basa untuk mendapatkan produk biodiesel tanpa kekhawatiran akan munculnya reaksi penyabunan yang cukup berarti.

Kesimpulan

Pembuatan katalis asam heterogen berbahan dasar pati menggunakan kondisi operasi 1 (pirolisis pada T = 400°C selama 15 jam dan sulfonasi pada T = 150°C selama 15 jam) dapat menghasilkan katalis yang memiliki kemampuan untuk mengkatalisis reaksi esterifikasi asam lemak bebas menjadi biodiesel. Sebaliknya, pembuatan katalis menggunakan kondisi operasi 2 (pirolisis pada T = 400°C selama 1,25 jam dan sulfonasi pada T = 150°C selama 5 jam) belum dapat menghasilkan katalis asam heterogen yang diharapkan. Kadar amilopektin pada bahan baku pati yang digunakan untuk membuat katalis berpengaruh terhadap kinerja katalis untuk mengkatalisis reaksi esterifikasi asam lemak bebas menjadi biodiesel. Kadar amilopektin yang tinggi pada bahan baku pati menyebabkan katalis yang dihasilkan bersifat lebih *porous* sehingga transfer massa reaktan ke dalam katalis menjadi lebih mudah. Dengan demikian katalis yang dibuat dari bahan baku pati dengan kadar amilopektin yang lebih tinggi akan memberikan kinerja yang lebih baik dalam melangsungkan reaksi esterifikasi asam lemak bebas menjadi biodiesel. Pada uji coba *pretreatment* minyak biji karet melalui reaksi esterifikasi menggunakan katalis yang dibuat dari pati jagung, kadar FFA dalam minyak biji karet dapat diturunkan hingga 95,27 % dengan waktu reaksi selama 3 jam. Setelah *pretreatment*, kadar FFA minyak biji karet mencapai 0,97 % (telah berada di bawah 2,5%) sehingga dapat diproses lebih lanjut menjadi biodiesel menggunakan reaksi transesterifikasi dengan katalis basa tanpa kekhawatiran akan munculnya reaksi penyabunan yang cukup berarti.

Ucapan Terimakasih

Penelitian ini didanai oleh Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan Nasional melalui Hibah Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi No. 0893/K4/KL/2013.

Daftar Pustaka

- Eka, H. D., Tajul Aris, Y. and Wan Nadiah, W. A., 2010, Potential Use of Malaysian Rubber (*Hevea brasiliensis*) Seed as Food, Feed and Biofuel, *International Food Research Journal*, 17, pp. 527-534.
- Lou, W.Y., Zong, M.H., and Duan, Z.Q., 2008, Efficient Production of Biodiesel from High Free Fatty Acid-Containing Waste Oils Using Various Carbohydrate-Derived Solid Acid Catalysts, *Bioresource technology*, 99, pp. 8752-8758.
- Chen, G. and Fang, B., 2011, Preparation of Solid Acid Catalyst from Glucose-Starch Mixture for Biodiesel Production. *Bioresource Technology*, 102, pp. 2635-2640.
- Lam, M.K., Lee, K.T., and Mohamed, A.R., 2010, Homogeneous, Heterogeneous and Enzymatic Catalysis for Transesterification of High Free Fatty Acid Oil (Waste Cooking Oil) to Biodiesel: A review, *Biotechnology Advances*, 28, pp. 500-518.
- Liu, X.Y., Huang, M., Ma, H.L., Zhang, Z.Q., Gao, J.M., Zhu, Y.L., ... Guo, X.Y., 2010, Preparation of a Carbon-Based Solid Acid Catalyst by Sulfonating Activated Carbon in a Chemical Reduction Process, *Molecules*, 15, pp. 7188-7196.
- Luan, N. K., 2013, *Natural Rubber Industry Report 2013*, FPT Securities Joint-stock Company, Ho Chi Minh City.
- Ramadas, A.S., Jayaraj, S. and Muraleedharan, C., 2005, Biodiesel Production from High FFA Rubber Seed Oil, *Fuel*, 84, pp. 335-340.
- Toda, M., Takagaki, A., Okamura, M., Kondo, J.N., Hayashi, S., Domen, K. and Hara, M., 2005, Green Chemistry: Biodiesel Made with Sugar Catalyst. *Nature*, 438, p. 178.





Wibawa, G., Hendratno, S. and van Noordwijk, M., 2005, Permanent Smallholder Rubber Agroforestry Systems in Sumatra, Indonesia, In Palm, C. A., Vosti, S. A., Sanchez, P. A. and Ericksen, P. J. Eds, *Alternatives to Slash and Burn: The Search for an Alternative*, Columbia University Press: New York, pp. 222-232.

