

KARAKTERISTIK BIODIESEL HASIL TRANSESTERIFIKASI MINYAK JELANTAH MENGGUNAKAN TEKNIK KAVITASI HIDRODINAMIK

THE CHARACTERISTICS OF BIODIESEL TRANSESTERIFICATION USED COOKING OIL BY HYDRODYNAMIC CAVITATION TECHNIQUE

Satriana^{1*)}, Nida El Husna¹⁾, Desrina¹⁾ dan M. Dani Supardan²⁾

¹⁾ Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala, Darussalam, Banda Aceh - 23111, Indonesia

²⁾ Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala, Darussalam, Banda Aceh - 23111, Indonesia
^{*)}email: satriana@thp.unsyiah.ac.id

ABSTRACT

This study undertakes the transesterification process of used cooking oils that have undergone a process of esterification. The transesterification process carried out by reacting methanol and esterified used cooking oil using KOH as catalyst. Stirring technique used is based on hydrodynamic cavitation. This research aims to study the characteristics of biodiesel that made from transesterified used cooking oil with different concentrations of methanol. The concentration of methanol used consists of 5 (five) level are: 99.9%, 95%, 90%, 80%, and 70%. The transesterification process using hydrodynamic cavitation technique with a 99.9% concentration of methanol result in biodiesel with characteristics consistent by Indonesian National Standard (SNI). In this condition, biodiesel produced 92.93% of the yield which has characteristics of acid number 0.80 mg KOH / g, total glycerol 0.045%, alkyl ester 99.45%, iodine number 14.92 g I₂/100 g, viscosity 2,35 mm² / s, density 0.87745 g/cm³ and pH value 4.885. Based on research, the concentration of methanol lower than 99.9% not yet can produce biodiesel from used cooking oil that have characteristics according to Indonesian National Standard (SNI).

Keywords: *biodiesel; used cooking oil; hydrodynamic cavitation; transesterification*

PENDAHULUAN

Minyak jelantah adalah minyak limbah yang berasal dari berbagai jenis minyak goreng seperti minyak jagung, minyak sayur, minyak samin dan sebagainya. Minyak ini merupakan minyak bekas pemakaian kebutuhan rumah tangga umumnya. Minyak jelantah perlu ditangani dengan tepat agar tidak menimbulkan kerugian bagi manusia, baik dari aspek kesehatan maupun lingkungan. Minyak jelantah dapat bermanfaat jika dapat diolah dengan tepat. Salah satu proses penanganan terhadap minyak jelantah adalah memproses minyak jelantah menjadi biodiesel sebagai bahan bakar alternatif pengganti bahan bakar solar yang bersifat ekonomis dan ekologis.

Sesungguhnya minyak nabati dapat dimanfaatkan secara langsung sebagai bahan bakar karena memiliki nilai kalor yang tinggi (Watanabe dkk., 2001). Namun, minyak nabati memiliki kekentalan yang relatif tinggi dibanding minyak dari fraksi minyak bumi, karena adanya percabangan pada rantai karbonnya yang cenderung panjang. Kekentalan ini dapat dikurangi dengan memutus percabangan rantai karbon tersebut melalui proses esterifikasi (alkoholisasi terhadap asam lemak dari minyak nabati) menggunakan alkohol fraksi ringan, misalnya metanol atau etanol. Pada reaksi esterifikasi diperlukan adanya katalis yang berfungsi untuk menurunkan energi aktivasi. Katalis yang

digunakan dapat berupa asam dan basa. Satriana dkk. (2011) melakukan proses esterifikasi minyak jelantah menggunakan pelarut metanol dan katalis asam sulfat. Proses ini bertujuan untuk menurunkan kandungan asam lemak bebas dari minyak jelantah yang dapat mengganggu jalannya proses transesterifikasi untuk menghasilkan biodiesel sebagai produk utama dan gliserol sebagai produk sampingnya.

Sementara itu, dalam proses produksi biodiesel alkohol dan minyak (nabati maupun hewani) sebagai bahan baku utama, bersifat tidak saling bercampur (*immiscible*). Pengadukan merupakan teknik yang paling umum dipakai agar alkohol dan minyak bisa saling bercampur sehingga reaksi pembentukan biodiesel dapat berjalan dengan baik. Salah satu teknik pengadukan yang cukup sederhana adalah proses dengan teknik kavitasi hidrodinamik. Kavitasi dapat diartikan sebagai adanya formasi gelembung pada fluida yang dipompakan. Gelembung ini terbentuk karena cairan tersebut mendidih. Menurut Ji dkk. (2006) penggunaan kavitasi hidrodinamik terbukti dapat mempercepat reaksi, mengurangi jumlah katalis yang dipakai dan mengurangi rasio mol minyak terhadap metanol yang dipakai serta konsumsi energi yang lebih kecil dibandingkan proses menggunakan pengaduk mekanik. Hal ini disebabkan efek yang ditimbulkan oleh kavitasi hidrodinamik dapat meningkatkan perubahan

kimia dan fisis suatu media melalui pembentukan dan pemecahan gelembung-gelembung kavitasi.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik biodiesel dari proses transesterifikasi minyak jelantah menggunakan metanol dengan konsentrasi yang berbeda. Proses transesterifikasi dilakukan dengan menggunakan teknik pengadukan kavitasi hidrodinamik.

METODOLOGI PENELITIAN

A. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah seperangkat alat kavitasi hidrodinamik, pompa, labu leher empat, *stopwatch*, motor pengaduk, sentrifuse, kondensor, statif, termometer, timbangan analitik, timbangan digital, *water bath*, peralatan gelas, viscometer, erlenmeyer, labu ukur 250 ml, buret, dan cawan porselen.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah minyak jelantah dari sumber kelapa sawit yang diperoleh dari Restoran di Banda Aceh, arang aktif, metanol, asam sulfat, KOH dan air. Adapun bahan yang digunakan untuk analisis kimia yaitu air destilata, indikator pp (phenolftalein) 1%, HCl 0,1 N, Na-tiosulfat 0,1 N, etanol 95%, KI 15%, KOH 0.1 N, kloroform dan pereaksi Hanus.

B. Prosedur Penelitian

1. Pemurnian Minyak Jelantah menggunakan Arang Aktif

Minyak jelantah disaring untuk menghilangkan partikel-partikel padat, kemudian dilanjutkan dengan perendaman selama 24 jam menggunakan arang aktif sebanyak 1% dari jumlah minyak. Hasil perendaman kemudian disaring menggunakan kertas saring.

2. Degumming

Proses *degumming* menggunakan asam fosfat, karena asam fosfat ini dapat mengikat fosfor yang merupakan komposisi getah, kemudian mengendapkannya. Asam fosfat (H_3PO_4 0,6%) ditambahkan ke dalam minyak sebanyak 2% dari volume yang digunakan, lalu diaduk selama 30 menit dan diendapkan. Setelah minyak diendapkan maka minyak yang telah dipisahkan dari endapannya dilakukan sentrifugasi kembali selama 20 menit agar diperoleh pemisahan *gum* yang lebih maksimal.

C. Proses Esterifikasi

Esterifikasi dilakukan dengan kondisi operasi

pada temperatur reaksi $50^{\circ}C$ selama 180 menit pada rasio mol minyak terhadap metanol 1:7. Proses esterifikasi dilakukan dengan menggunakan teknik pengadukan kavitasi hidrodinamik.

B. Proses Transesterifikasi

Alkohol dan KOH diaduk selama ± 15 menit dengan menggunakan motor pengaduk dengan kecepatan pengadukan adalah 430 rpm. Setelah bercampur, larutan ini dimasukkan ke dalam reaktor yang telah berisi minyak yang sudah dipanaskan. Selama proses transesterifikasi, temperatur yang digunakan adalah $50^{\circ}C$. Reaktor ini dilengkapi dengan kondensor refluks yang bertujuan untuk menghindari penguapan alkohol selama proses sehingga dapat bereaksi seluruhnya dengan minyak.

Hasil reaksi transesterifikasi dibiarkan mengendap selama 24 jam dalam corong pemisah. Hal ini bertujuan untuk memisahkan biodiesel (di lapisan atas) serta alkohol dan gliserol (di lapisan bawah). Selanjutnya, minyak dikeluarkan dari corong pemisah.

Proses pencucian biodiesel dilakukan dengan menggunakan air yang bertujuan untuk menghilangkan alkohol dan katalis yang tidak bereaksi dan sabun yang tertinggal dalam biodiesel setelah reaksi. Perbandingan jumlah air yang dibutuhkan untuk pencucian biodiesel adalah (1:1). Pencucian dihentikan bila air cucian sudah terlihat jernih. Pencucian biodiesel dengan air merupakan cara yang paling efektif untuk mengurangi kadar alkohol.

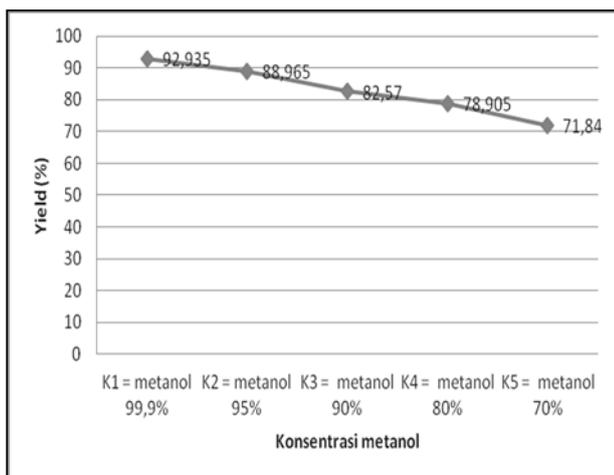
Proses pemanasan pada biodiesel bertujuan untuk menghilangkan sisa-sisa air yang berada di dalam biodiesel. Suhu yang digunakan dalam pemanasan biodiesel adalah $110^{\circ}C$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

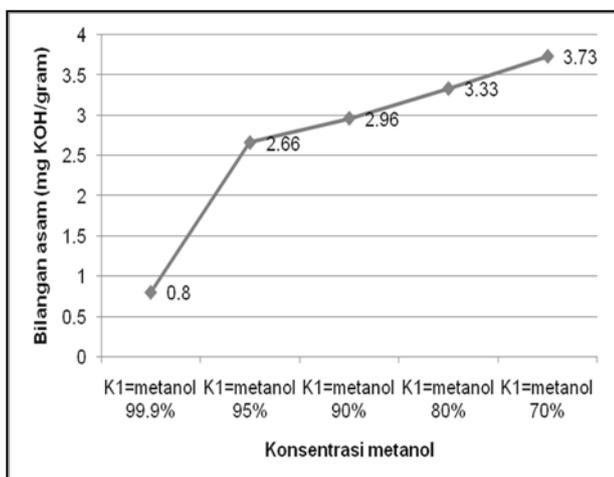
A. Yield

Hasil penelitian menunjukkan penggunaan konsentrasi metanol 99,9% menghasilkan yield yang paling tinggi sedangkan yang terendah pada penggunaan metanol dengan konsentrasi 70%. Sebagaimana ditunjukkan pada gambar 1, hasil analisis *yield* biodiesel dengan penggunaan berbagai konsentrasi metanol berkisar antara 71,84 – 92,94 %, dengan nilai rata-rata 83,04%. Lebih jauh dapat dilihat bahwa naiknya yield sejalan dengan konsentrasi metanol. Hal ini disebabkan karena bila semakin rendah konsentrasi metanol yang digunakan maka akan semakin banyak kandungan air yang dapat meningkatkan nilai bilangan asam. Asam lemak bebas

yang tinggi dapat bereaksi dengan katalis basa (KOH) membentuk sabun sehingga *yield* biodiesel menurun (Soerawidjaja *et al.*, 2005).



Gambar 1. Hubungan konsentrasi metanol terhadap *Yield* biodiesel



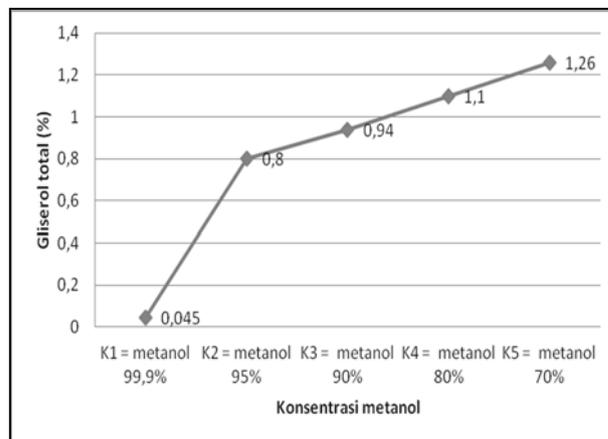
Gambar 2. Hubungan konsentrasi metanol terhadap bilangan asam biodiesel

B. Bilangan Asam (mg KOH/ gram)

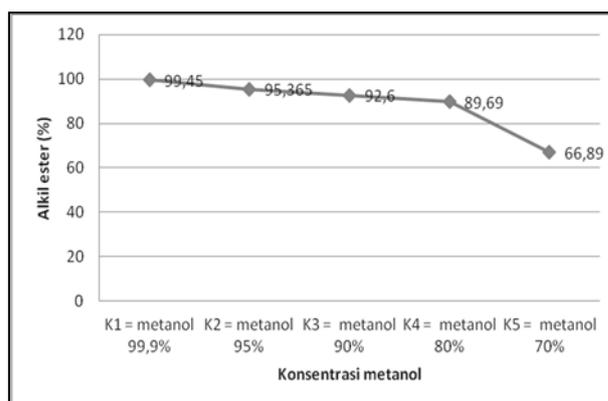
Hasil analisis bilangan asam biodiesel dengan penggunaan berbagai konsentrasi metanol berkisar antara 0,80 – 3,73 mg KOH/gram, dengan nilai rata-rata 2,69 mg KOH/gram. Sebagaimana ditunjukkan pada gambar 2, penggunaan metanol dengan konsentrasi 99,9% menghasilkan biodiesel dengan bilangan asam 0,80 mg KOH/gram. Sementara itu, penggunaan metanol dengan konsentrasi yang lebih rendah dari 99,9% pada proses transesterifikasi akan menghasilkan bilangan asam yang melebihi persyaratan SNI (Standard Nasional Indonesia) yaitu maksimal 0,8 mg KOH/ gram.

C. Gliserol Total

Hasil analisis gliserol total terhadap biodiesel



Gambar 3. Hubungan konsentrasi metanol terhadap gliserol total biodiesel



Gambar 4. Hubungan konsentrasi metanol terhadap alkil ester biodiesel

dengan penggunaan berbagai konsentrasi metanol berkisar antara 0,045 – 1,26 %, dengan nilai rata-rata 0,82 %. Sebagaimana ditunjukkan pada gambar 3, penggunaan metanol dengan konsentrasi 99,9% menghasilkan biodiesel dengan kandungan gliserol total sebesar 0,045%. Penggunaan metanol dengan konsentrasi 95% menghasilkan gliserol total 0,8%, nilai ini lebih rendah dibandingkan penambahan metanol 70% yang menghasilkan gliserol total 1,26%. Hasil penelitian menunjukkan penambahan metanol dengan konsentrasi yang lebih rendah dari 99,9% pada proses transesterifikasi akan menghasilkan gliserol total yang melebihi persyaratan SNI yaitu maksimal 0,24%.

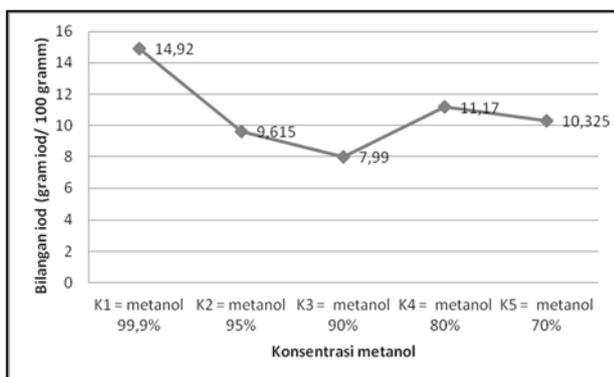
D. Alkil Ester

Pengaruh konsentrasi metanol terhadap kandungan alkil ester biodiesel yang dihasilkan ditunjukkan pada Gambar 4. Hasil analisis alkil ester terhadap biodiesel dengan penggunaan berbagai konsentrasi metanol berkisar antara 66,89 – 99,45%, dengan nilai rata-rata 88,86%. Hasil penelitian menunjukkan semakin rendah konsentrasi metanol yang digunakan maka semakin rendah pula kandungan alkil ester biodiesel yang dihasilkan. Hal ini disebabkan oleh

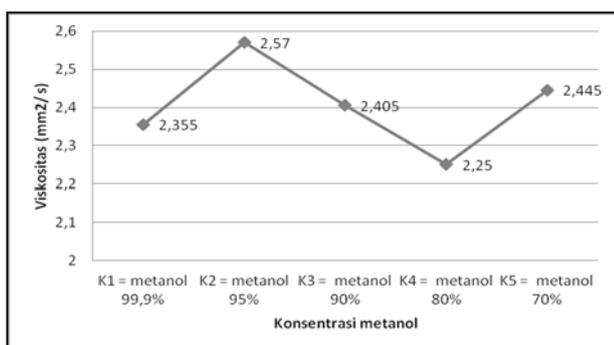
keberadaan air yang akan menyebabkan reaksi yang terjadi pada konversi minyak lemak tidak sempurna (terjadi reaksi penyabunan). Selain itu, adanya air yang berlebih juga akan mengakibatkan kemungkinan terjadinya reaksi hidrolisis pada biodiesel semakin besar sehingga akan meningkatkan bilangan asam. asam-asam yang terbentuk akan tersaponifikasi membentuk sabun yang mempersulit pemisahan biodiesel dari gliserol sebagai produk sampingnya. Sementara itu, semakin murni metanol yang digunakan maka kecepatan reaksi akan semakin meningkat. Jumlah molekul yang bertumbukan akan bertambah, sehingga mempercepat terjadinya reaksi dan menghasilkan alkil ester yang tinggi (Bailey, 1996).

E. Bilangan Iod

Pengaruh konsentrasi metanol terhadap bilangan iod biodiesel yang dihasilkan ditunjukkan pada Gambar 5. Hasil analisis bilangan iod biodiesel dengan penggunaan berbagai konsentrasi metanol berkisar



Gambar 5. Hubungan konsentrasi metanol terhadap bilangan iod biodiesel



Gambar 6. Hubungan konsentrasi metanol terhadap viskositas biodiesel

antara antara 7,99 – 14,92 gram Iod/100 gram, dengan nilai rata-rata 10,80 gram Iod/ 100 gram. Hasil penelitian menunjukkan konsentrasi metanol yang digunakan tidak mempengaruhi nilai bilangan Iod biodiesel yang dihasilkan. Hasil analisis bilangan Iod menunjukkan biodiesel yang dihasilkan telah memenuhi persyaratan

SNI (maksimal 115 gram Iod/ 100 gram). Bilangan Iod digunakan sebagai indikator dari kejenuhan biodiesel atau untuk mengukur jumlah ikatan rangkap dalam biodiesel. Bahan bakar dengan bilangan Iod yang tinggi cenderung terjadi polimerisasi dan membentuk deposit pada lubang injektor, cincin piston dan alur cincin piston ketika dipanaskan.

F. Viskositas

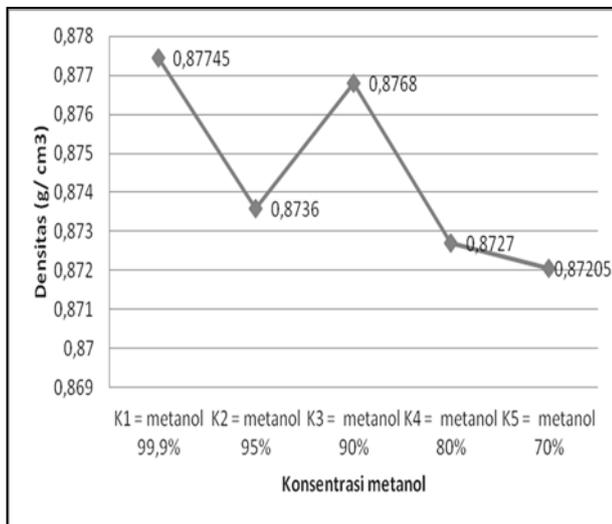
Pengaruh konsentrasi metanol terhadap viskositas biodiesel yang dihasilkan ditunjukkan pada Gambar 6. Hasil analisis viskositas biodiesel dengan penggunaan berbagai konsentrasi metanol berkisar antara 2,25 – 2,57 mm²/s, dengan nilai rata-rata 2,40 mm²/s. Hasil penelitian menunjukkan konsentrasi metanol yang digunakan tidak mempengaruhi nilai viskositas biodiesel yang dihasilkan. Hasil analisis viskositas menunjukkan biodiesel yang dihasilkan mempunyai viskositas di dalam batas syarat SNI (2,3 – 6,0 mm²/s). Karakteristik viskositas ini sangat penting karena mempengaruhi kinerja injektor pada mesin diesel. Atomisasi bahan bakar sangat tergantung pada viskositas, tekanan injeksi, serta ukuran lubang injektor (Prihandana dkk., 2006).

G. Densitas

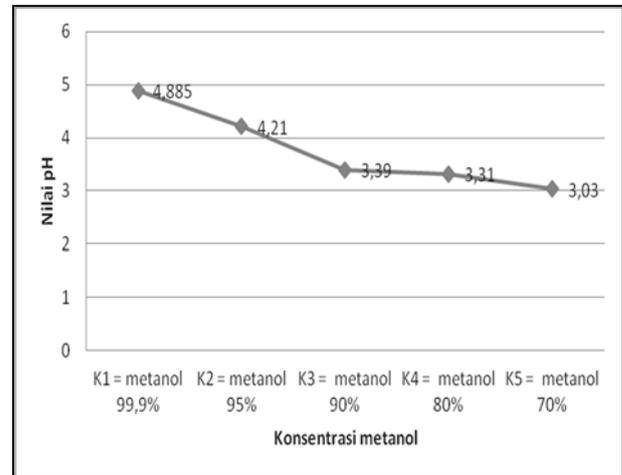
Hasil analisis densitas terhadap biodiesel dengan penggunaan berbagai konsentrasi metanol berkisar antara 0,8720 – 0,8774 g/ cm³, dengan nilai rata-rata 0,8745 g/ cm³. Sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 7, konsentrasi metanol yang digunakan tidak mempengaruhi nilai densitas biodiesel yang dihasilkan. Hasil analisis densitas menunjukkan biodiesel yang dihasilkan telah memenuhi persyaratan SNI (0,85 - 0,89 g/cm³). Jika biodiesel yang dihasilkan memiliki densitas yang lebih besar maka akan terjadi reaksi yang tidak sempurna pada konversi minyak nabati. Biodiesel dengan mutu seperti ini seharusnya tidak digunakan untuk mesin diesel karena akan meningkatkan keausan mesin, emisi, dan menyebabkan kerusakan pada mesin.

H. Nilai pH

Pengaruh konsentrasi metanol terhadap nilai pH biodiesel yang dihasilkan ditunjukkan pada Gambar 8. Hasil analisis nilai pH terhadap biodiesel dengan penggunaan berbagai konsentrasi metanol berkisar antara 3,03 – 4,885, dengan nilai rata-rata 3,76. Hasil penelitian menunjukkan semakin rendah konsentrasi metanol yang digunakan maka akan menghasilkan nilai pH biodiesel yang makin rendah pula. Penurunan nilai



Gambar 7. Hubungan konsentrasi metanol terhadap densitas biodiesel



Gambar 8. Hubungan konsentrasi metanol terhadap nilai pH biodiesel

pH menggambarkan terjadinya peningkatan konsentrasi proton (ion H⁺) di dalam biodiesel. Salah satu sumber yang berperan dalam keberadaan ion H⁺ dalam biodiesel adalah air. Semakin rendah konsentrasi metanol yang digunakan maka semakin besar pula jumlah air di dalam sistem. Selain itu, air juga dihasilkan sebagai produk samping dari reaksi penyabunan.

I. Perbandingan karakteristik fisik dan kimia biodiesel

Perbandingan karakteristik fisik dan kimia biodiesel yang dihasilkan dari berbagai proses dapat dilihat pada Tabel 1. Tabel 1 menunjukkan bahwa *yield*

biodiesel yang dihasilkan dengan menggunakan 3 (tiga) teknik pengadukan yang berbeda pada konsentrasi metanol tinggi (99,9%) berada pada kisaran 70,03-97,50%. Dapat dilihat bahwa proses pengadukan dengan kavitasi hidrodinamik menghasilkan *yield* lebih tinggi daripada pengadukan mekanis namun sedikit lebih rendah dari pengadukan ultrasonik. Karakteristik fisik dan kimia biodiesel dari minyak jelantah yang diolah dengan teknik kavitasi hidrodinamik dengan menggunakan metanol 99.9% dan teknik ultrasonik sudah memenuhi syarat mutu biodiesel yang dikeluarkan oleh SNI. Pada teknik pengadukan mekanis, bilangan asam biodiesel yang dihasilkan berada di atas nilai maksimal bilangan asam yang sesuai SNI.

Tabel 1. Karakteristik fisik dan kimia biodiesel yang dihasilkan dari berbagai proses

No	Parameeter	SNI 04-7182 -2006 ^a	Proses pengadukan						
			Kavitasi hidrodinamik dengan berbagai konsentrasi metanol ^b					Pengaduk mekanis ^c	Ultrasonik ^d
			99,9%	95%	90%	80%	70%		
1	Yield (%)	-	92,935	89,965	82,57	78,905	71,84	70,03	97,50
2	Bilangan asam (mg KOH/ gram)	maks. 0,8	0,80	2,65	2,95	3,33	3,73	0,93	0,73
3	Gliserol total (%)	maks. 0,24	0,04	0,80	0,94	1,10	1,26	-	-
4	Alkil ester (%)	min. 96,5	99,45	95,365	92,60	89,69	66,89	-	-
5	Bilangan Iod (gram Iod/ 100 gram)	maks. 115	14,92	9,615	7,99	11,17	10,325	34,18	5,07
6	Viskositas (mm ² /s)	2,3 – 6,0	2,355	2,57	2,405	2,25	2,445	2,60	
7	Densitas (g/ cm ³)	0,85 – 0,89	0,87745	0,8736	0,8768	0,8727	0,87205	0,88	0,87
8	Nilai pH	-	4,88	4,21	3,39	3,31	3,03	8,11	7,88

Catatan:

^b Rasio mol minyak terhadap metanol 1:7 pada temperatur 50°C

^c Rasio mol minyak terhadap metanol 1:5 pada temperatur 50°C, konsentrasi methanol 99.9% (Sami, 2008)

^d Rasio mol minyak terhadap metanol 1:5 pada temperatur 50°C, konsentrasi methanol 99.9% (Satriana, dkk., 2009)

KESIMPULAN

Proses transesterifikasi menggunakan kavitas hidrodinamik dengan konsentrasi metanol 99,9 % menghasilkan biodiesel dengan karakteristik sesuai SNI kecuali pada nilai densitas biodiesel. Pada kondisi ini dihasilkan biodiesel dengan *yield* 92,93% yang memiliki karakteristik berupa bilangan asam 0,80 mg KOH/g, gliserol total 0,04%, alkil ester 99,45%, bilangan iod 14,92 g I₂/100 g, viskositas 2,35 mm²/s, den sitas 0,87745 g/cm³ dan nilai pH 4,88. Penggunaan konsentrasi metanol yang lebih rendah dari 99,9% belum dapat menghasilkan biodiesel dengan karakteristik sesuai SNI.

Ucapan Terima Kasih

Tim peneliti mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan Nasional, atas terlaksananya penelitian ini sesuai dengan surat perjanjian pelaksanaan penelitian sesuai Prioritas Nasional Nomor : 212/SP2H/PP/DP2M/V, tanggal 30 Mei 2009.

DAFTAR PUSTAKA

Bailey. 1996. *Bailey's Industrial Oil and Fat Product*, 5th ed, (Hui, Y.H.: Editor), Wiley-Interscience Publication, USA, pp. 57-65.

Jitputti, J., Kitiyanan, B., Rangsunvigit, P., Bunyakiat, K., Attanatho, L., and Jenvanitpanjakul, P. 2006. "Transesterification of crude palm kernel oil and crude coconut oil by different solid catalysts", *Chemical Engineering Journal* 116, pp. 61-66.

Prihandana, R., R. Hendroko dan M. Nuramin. 2006. *Menghasilkan Biodiesel Murah Mengatasi Polusi dan Kelangkaan BBM*. PT. Agro Media Pustaka, Jakarta.

Sami, A. 2008. *Studi Produksi Biodiesel dari CPO Off Grade dengan Variasi Temperatur dan Waktu Reaksi*. Skripsi, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh.

Satriana, Nida El Husna, Aisyah, C., Supardan, M,D,. 2009. *Studi Produksi Biodiesel dari Minyak Jelantah Menggunakan Gelombang Ultrasonik*. Laporan Hasil Penelitian, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh.

Satriana, Nida El Husna, Desrina., Supardan, M,D,. 2011. *Esterifikasi Minyak Jelantah menggunakan Kavitas Hidrodinamik*. Prosiding Seminar Nasional ke-3 FT.UISU. Universitas Islam Sumatera Utara, Medan.

Soerawidjaja, T. 2005. *Studi kebijakan penggunaan biodiesel di Indonesia* di dalam : P. Hariyadi, N. Andarwulan , I. *Kajian kebijakan dan kumpulan artikel penelitian biodiesel*. Kementerian Riset dan Teknologi RI-MAKSI, IPB, Bogor.

Watanabe, Y., Shimada, Y., Sugihara, A., and Tominaga, Y., 2001, *Enzymatic Conversion of Waste Edible Oil to Biodiesel Fuel in a Fixed-Bed Reactor*, *J. Am.Oil Chem. Soc.*, 78, 703 – 707.