

PEMBUATAN BIODIESEL BIJI KARET DAN BIODIESEL SAWIT DENGAN INSTRUMEN ULTRASONIK SERTA KARAKTERISTIK CAMPURANNYA

PRODUCTION OF RUBBER SEED BIODIESEL AND OIL PALM BIODIESEL USING ULTRASONIC INSTRUMENT AND CHARACTERISTICS OF ITS BLENDING

Sabinazan Musadhaz^{1)*}, Dwi Setyaningsih¹⁾, dan Djeni Hendra²⁾

¹⁾Pusat Penelitian Surfaktan dan Bioenergi (SBRC) LPPM IPB
email: sabinazan_m@yahoo.com

²⁾Puslitbang Keteknikan Kehutanan dan Pengolahan Hasil Hutan, Gunung Batu, Bogor

ABSTRACT

Biodiesel is one of known alternative fuels, obtained from vegetable oil, for example rubberseed oil and palm oil. Conventionally, biodiesel obtained by reacting oil with methanol and catalyst for one hour at temperature of 65 °C with mechanical stirring. Reaction time of this conventional method can be shortened by applying ultrasonic energy. The objectives of this research were to produce rubberseed biodiesel and palm biodiesel by applying ultrasonic energy, and to characterize palm biodiesel, rubberseed biodiesel, and blended of both. The result showed that ultrasonic transesterification of palm oil gave a greater yield than conventional methods, the yield ranged from 96.52% to 98.03% and the acid number ranged from 0.50 to 0.63 mg KOH/g sample for ultrasonic transesterification. Ultrasonic esterification succeeded in reducing acid value of rubber seed oil, which was smaller than acid value of 30 minutes by the conventional esterification. Ultrasonic transesterification only succeeded to produce biodiesel from rubberseed oil that has gone through the 30 minutes ultrasonic esterification (78.84% yield) and through an one hour conventional esterification (91.55% yield). Rubberseed biodiesel, oil palm biodiesel, and blended of both biodiesels met the SNI-04-7182-2006 on the characteristics of acid value, density, viscosity, and cloud point. The iodine number of rubberseed biodiesel was still above the standard, but adding oil palm biodiesel to rubberseed biodiesels can reduce the iodine number of blended biodiesels to meet the standards.

Keywords: biodiesel, rubberseed oil, palm oil, ultrasonic, blending characteristics

ABSTRAK

Biodiesel merupakan salah satu jenis energi alternatif, yang diproses dari minyak/lemak, misalnya dari minyak biji karet dan minyak (olein) sawit. Secara konvensional, biodiesel diperoleh dengan cara mereaksikan minyak dengan campuran metanol-katalis, selama 1 jam, menggunakan bantuan pengaduk mekanis, pada suhu 65°C (menggunakan reaktor berkondensor sehingga metanol yang menguap dapat kembali lagi ke dalam sistem reaksi). Waktu reaksi menggunakan metode konvensional tersebut masih dapat dipersingkat dengan menggunakan bantuan energi ultrasonik. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memproduksi biodiesel biji karet dan biodiesel sawit menggunakan aplikasi energi ultrasonik, serta selanjutnya mendapatkan karakteristik dari masing-masing biodiesel tersebut, dan campuran keduanya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode transesterifikasi menggunakan energi ultrasonik menghasilkan biodiesel sawit dengan rendemen yang lebih tinggi dibandingkan penggunaan metode konvensional. Metode transesterifikasi ultrasonik menghasilkan rendemen biodiesel sawit antara 96,5% hingga 98,03% dengan nilai bilangan asam berkisar dari 0,50 mg KOH/g sampel hingga 0,63 mg KOH/g sampel. Esterifikasi ultrasonik berhasil menurunkan bilangan asam minyak biji karet menjadi lebih kecil dibandingkan bilangan asam minyak biji karet hasil esterifikasi 30 menit dengan metode konvensional. Transesterifikasi ultrasonik hanya berhasil membentuk biodiesel dari minyak biji karet yang telah melalui proses esterifikasi ultrasonik 30 menit (dengan hasil rendemen biodiesel 78,84%) dan yang telah melalui proses esterifikasi konvensional satu jam (dengan hasil rendemen biodiesel 91,55%). Biodiesel biji karet, biodiesel sawit, dan campuran kedua biodiesel tersebut memiliki karakteristik bilangan asam, densitas, viskositas, dan titik kabut yang memenuhi SNI-04-7182-2006. Bilangan iod biodiesel biji karet masih di atas standar maksimum, namun pencampuran dengan biodiesel sawit dapat menurunkan bilangan iod dari campuran biodiesel yang dihasilkan sehingga memenuhi standar.

Kata kunci: biodiesel, minyak biji karet, minyak sawit, ultrasonik

PENDAHULUAN

Bahan Bakar Minyak (BBM) merupakan kebutuhan energi global terbesar yang konsumsinya diperkirakan oleh *Energy Information*

Administration (bagian dari Departemen Energi AS) akan meningkat 57% dari tahun 2002 hingga 2025 (Prihandana dan Hendroko, 2007). Di sisi lain, cadangan minyak sumber BBM semakin berkurang. Oleh karena itu, masyarakat dunia mulai beralih ke

bahan bakar terbarukan, misalnya biodiesel, yang diolah dari minyak nabati, seperti minyak biji karet dan minyak sawit.

Tahun 2011, Indonesia memiliki kebun karet seluas 3,4 juta hektar (Kementan, 2011). Menurut Suparno *et al.* (2010), Indonesia dapat menghasilkan biji karet sebesar 1500 kg/ha/tahun, sehingga dapat dihitung potensi biji karet Indonesia tidak kurang dari 5,1 juta ton per tahun. Biji karet yang mengandung minyak 40-50% dari bahan kering (Soerawidjaja *et al.*, 2006) tersebut tentunya sangat potensial diolah menjadi biodiesel. Minyak biji karet memiliki kandungan asam-asam lemak tidak jenuh mencapai 79,45% (Abdullah dan Salimon, 2009) sehingga akan menghasilkan biodiesel dengan sifat stabilitas oksidatif yang rendah, serta bilangan iod yang tinggi (tidak sesuai standar SNI Biodiesel). Walaupun demikian, biodiesel biji karet akan memiliki titik kabut yang rendah, sehingga lebih mampu bertahan untuk tidak membentuk padatan pada suhu yang lebih rendah.

Minyak sawit mengandung asam lemak jenuh mencapai 45,3-55,4% (Crabbe *et al.*, 2001), sehingga akan menghasilkan biodiesel dengan stabilitas oksidatif, titik tuang, dan titik kabut yang lebih tinggi. Titik kabut biodiesel sawit adalah sebesar 12°C dengan titik tuang sekitar 8-9°C (Sundaryono, 2011; Aziz *et al.*, 2011) sebagai akibat proses kristalisasi pada suhu rendah dari ester asam lemak jenuhnya. Hal ini akan mempengaruhi kelancaran aliran biodiesel di dalam filter, pompa, dan injektor, serta menyulitkan pengoperasian mesin pada suhu tersebut.

Umumnya produksi biodiesel masih terbatas pada proses konvensional, yang menggunakan pengaduk mekanis untuk mengecilkan ukuran *droplet* metanol maupun minyak, sehingga akan meningkatkan jumlah area antar muka metanol-minyak (Wu *et al.*, 2007). Proses pengadukan yang memakan waktu cukup lama tersebut (umumnya sekitar 1 jam) sebenarnya dapat dipersingkat dengan menerapkan gelombang ultrasonik.

Gelombang ultrasonik akan menimbulkan peregangan dan pemampatan pada ruang antar cairan, sehingga menyebabkan terbentuknya gelembung mikro. Gelembung mikro berumur sangat singkat (kurang dari 1×10^{-7} detik), dan ketika gelembung tersebut pecah, akan membantu mengecilkan ukuran *droplet* metanol maupun minyak menjadi 42% lebih kecil dibandingkan yang diperoleh dari metode konvensional. Hal ini menyebabkan jumlah area antar muka kedua fase reaktan bertambah banyak, sehingga membantu proses pembentukan metil ester (biodiesel) yang lebih cepat (Ji *et al.*, 2006; Wu *et al.*, 2007).

Berdasarkan pemaparan di atas, penelitian ini dilakukan dengan tujuan mendapatkan informasi mengenai pengaruh waktu dan amplitudo gelombang ultrasonik pada transesterifikasi olein sawit, dan pada esterifikasi – transesterifikasi minyak biji karet,

serta mendapatkan karakteristik biodiesel sawit, biodiesel biji karet, dan campuran keduanya.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang dipergunakan dalam penelitian ini meliputi minyak biji karet (yang diperoleh dari kebun karet di Desa Nanga Jetak, Sintang, Kalbar), olein sawit, metanol, katalis (NaOH dan HCl), air pencuci, dan bahan-bahan untuk analisis kimia terkait uji karakteristik biodiesel. Alat yang dipergunakan meliputi instrumen ultrasonik tipe probe (merk Cole Palmer, frekuensi 20 kHz, daya 130 W), *magnetic stirrer*, *hot plate*, dan alat-alat gelas untuk analisis kimia terkait uji karakteristik biodiesel.

Metode

Transesterifikasi Olein Sawit Menggunakan Ultrasonic Probe Instrument

Transesterifikasi olein sawit dengan bantuan ultrasonik dilakukan dengan memanaskan olein sawit hingga 45°C, dilanjutkan penambahan campuran larutan NaOH (0,5% berat minyak) di dalam metanol (berlebih, nisbah molar 6:1), lalu dilakukan pengadukan satu menit menggunakan *magnetic stirrer*. Selanjutnya *magnetic stirrer* dikeluarkan, dan probe ultrasonik dimasukkan ke tengah-tengah larutan, kemudian alat ultrasonik dijalankan pada faktor waktu dan amplitudo yang dikehendaki. Setelah mencapai waktu yang ditetapkan, campuran biodiesel dan gliserol dipindahkan ke dalam corong pemisah untuk dilakukan pemisahan biodiesel dari gliserol. Selain itu, dilakukan pula transesterifikasi olein sawit menggunakan metode konvensional sebagai bahan pembandingan, dengan rasio katalis NaOH dan metanol seperti pada proses transesterifikasi ultrasonik. Adapun proses transesterifikasi konvensional olein sawit dilakukan dengan memanaskan olein sawit hingga 65°C, kemudian ditambahkan campuran larutan NaOH di dalam metanol. Setelah itu campuran diaduk dengan *magnetic stirrer* sambil dipanaskan hingga tercapai suhu 65°C, dan dipertahankan selama satu jam. Pemanasan tersebut dilakukan menggunakan reaktor berkondensor sehingga metanol yang menguap dapat kembali lagi ke dalam sistem reaksi (diupayakan tidak ada metanol yang hilang). Selanjutnya dilakukan pemisahan campuran biodiesel dan gliserol. Biodiesel sawit yang dihasilkan dari kedua metode tersebut dianalisis rendemen dan bilangan asamnya.

Esterifikasi Minyak Biji Karet Menggunakan Ultrasonic Probe Instrument

Esterifikasi minyak biji karet menggunakan bantuan ultrasonik dilakukan seperti pada proses transesterifikasi ultrasonik olein sawit, dengan

perbedaan pada katalis (menggunakan katalis HCl 1% berat minyak), dan metanol (berlebih, dengan nisbah molar 20:1 FFA). Hasil akhir yang diperoleh berupa campuran minyak, metanol, dan HCl. Minyak biji karet kemudian dipisahkan dari campuran tersebut menggunakan corong pemisah. Selain itu, dilakukan pula esterifikasi menggunakan metode konvensional sebagai pembanding, dengan nisbah katalis HCl dan metanol seperti pada proses esterifikasi ultrasonik. Metode konvensional ini dilakukan selama satu jam pada suhu 65°C menggunakan reaktor berkondensator sehingga metanol yang menguap dapat kembali lagi ke dalam sistem reaksi. Minyak biji karet yang telah dihasilkan dari kedua metode tersebut dianalisis bilangan asam dan kadar asam lemak bebasnya.

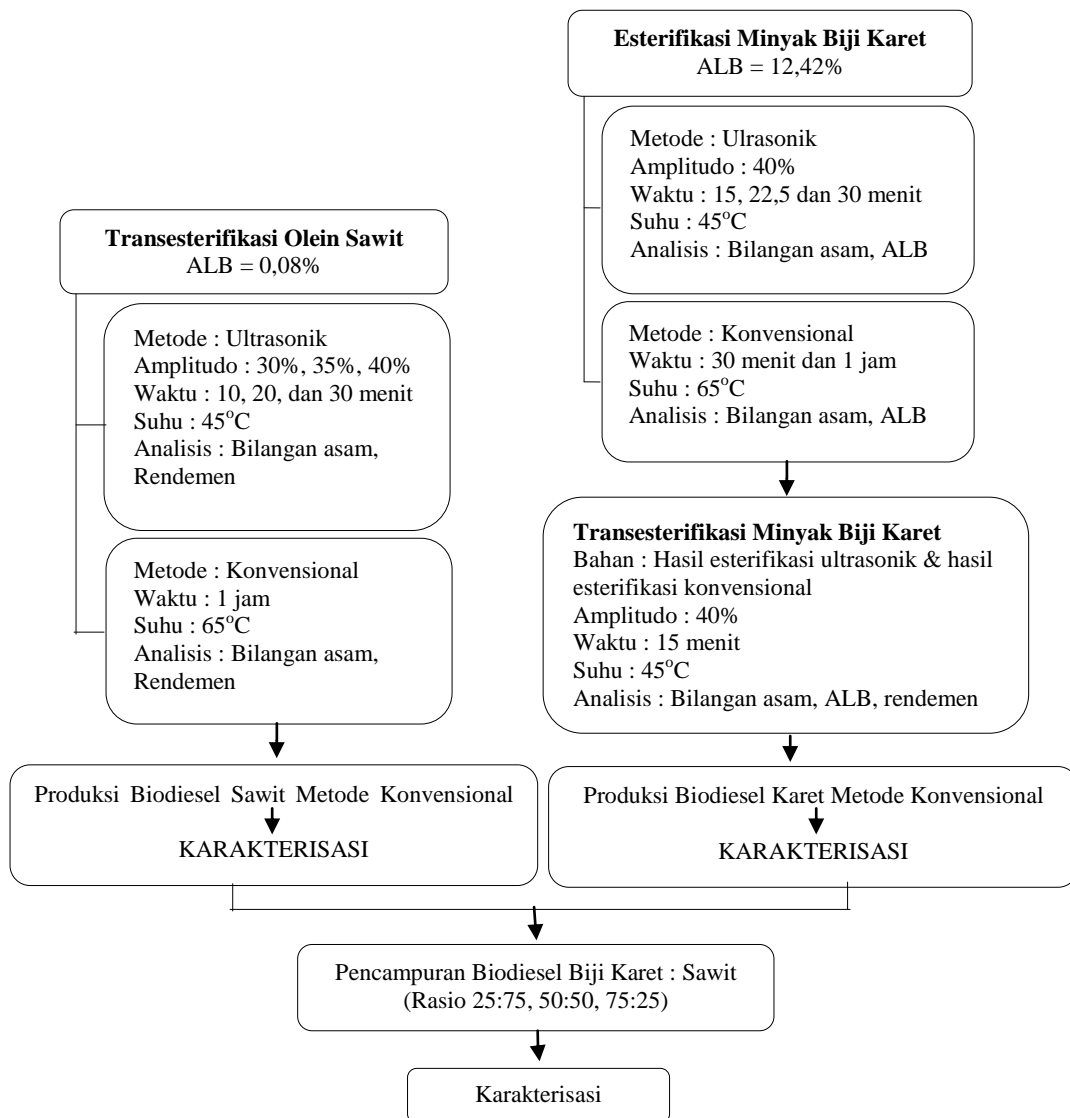
Transesterifikasi Minyak Biji Karet menggunakan Ultrasonic Probe Instrument

Minyak biji karet yang telah melewati tahap esterifikasi dengan metode ultrasonik maupun

dengan metode konvensional selanjutnya di-transesterifikasi dengan metode ultrasonik pada suhu 45°C, 15 menit, dan amplitudo 40%. Tahapan perlakuan ultrasonik tersebut dilakukan seperti pada proses transesterifikasi olein sawit, dan di akhir reaksi dilakukan pemisahan biodiesel dari gliserol. Biodiesel karet selanjutnya dianalisis rendemen, bilangan asam, dan kadar asam lemak bebasnya.

Pencampuran Biodiesel Biji Karet dengan Biodiesel Sawit

Biodiesel sawit dicampurkan dengan biodiesel biji karet pada perbandingan biodiesel biji karet : sawit sebesar 25:75, 50:50, dan 75:25. Masing-masing biodiesel sebelum dicampurkan, serta biodiesel hasil pencampuran dianalisis bilangan asam, stabilitas oksidatif, densitas, viskositas, titik kabut, titik tuang, dan bilangan iodnya. Skema tahapan penelitian dapat di lihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema tahapan penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Transesterifikasi Olein Sawit Menggunakan *Ultrasonic Probe Instrument*

Parameter waktu dan amplitudo ultrasonik yang digunakan pada transesterifikasi olein sawit tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap rendemen dan bilangan asam biodiesel sawit. Data terkait dapat dilihat pada Tabel 1.

Altic (2010) mengemukakan bahwa perlakuan ultrasonik memberikan keuntungan tambahan dalam bentuk input energi (Watt detik). Besarnya input energi tersebut lebih dipengaruhi oleh faktor besarnya amplitudo dibandingkan oleh faktor waktu. Peningkatan amplitudo ultrasonik hingga maksimum 50%, menurut Singh (2008), akan menyebabkan peningkatan rendemen biodiesel hingga titik optimumnya (di atas 97%). Jika dibandingkan dengan hasil penelitian ini, kombinasi interval amplitudo yang hanya berselang 5% dan waktu yang berselang 10 menit diperkirakan menghasilkan input energi yang tidak berbeda nyata sehingga menghasilkan rendemen biodiesel yang tidak berbeda jauh.

Jika dibandingkan dengan metode konvensional, penggunaan energi ultrasonik memberikan rendemen biodiesel yang lebih tinggi pada suhu yang lebih rendah dan waktu yang lebih singkat (Tabel 1). Hal ini mendukung pendapat Wu *et al.* (2007) yang menyatakan bahwa ultrasonik mampu memberikan rendemen lebih besar karena ukuran droplet metanol-katalis-minyak yang dihasilkannya jauh lebih kecil dibandingkan dengan droplet hasil metode konvensional, sehingga luas kontak untuk terjadinya reaksi transesterifikasi antar reaktan pada metode ultrasonik menjadi lebih besar.

Esterifikasi Minyak Biji Karet menggunakan *Ultrasonic Probe Instrument*

Waktu perlakuan esterifikasi ultrasonik berpengaruh nyata terhadap penurunan bilangan asam dan ALB minyak biji karet. Waktu perlakuan 15 menit memberikan penurunan bilangan asam dan ALB yang berbeda dengan waktu perlakuan 30 menit menurut uji Duncan pada taraf $\alpha = 5\%$ (Tabel 2).

Tabel 1. Rendemen dan bilangan asam biodiesel sawit hasil transesterifikasi ultrasonik

Amplitudo	Waktu (menit)	Rendemen (%)	Bilangan asam (mg KOH/g sampel)
30%	10	96,52	0,57
	20	97,24	0,63
	30	98,03	0,62
35%	10	97,37	0,63
	20	97,64	0,63
	30	97,00	0,56
40%	10	97,46	0,50
	20	97,77	0,63
	30	97,38	0,56

Keterangan :

Metode ultrasonik menggunakan suhu 45°C

Metode konvensional menggunakan suhu 65°C selama 60 menit, rendemen = 95%.

Tabel 2. Bilangan asam dan ALB minyak biji karet hasil esterifikasi

Metode	Waktu (menit)	Bilangan Asam (mg KOH/ g sampel)	ALB (%)
Ultrasonik	15	6,95 a	3,47 a
	22,5	6,43 ab	3,21 ab
	30	5,19 b	2,59 b
Konvensional	30	21,47	10,72
	60	0,99	0,50

Keterangan : ALB minyak biji karet sebelum esterifikasi sebesar 12,42%;

Angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf uji 5% (uji Duncan).

Berdasarkan Tabel 2 terlihat bahwa esterifikasi ultrasonik 15-30 menit menghasilkan bilangan asam dan ALB minyak biji karet yang jauh lebih kecil dibandingkan dengan esterifikasi metode konvensional 30 menit. Esterifikasi metode konvensional selama 30 menit hanya mampu menurunkan ALB sebesar 1,7%, sehingga minyak biji karet yang dihasilkan tersebut (ALB = 10,72%) tidak memenuhi syarat jika harus dilanjutkan dengan transesterifikasi. Data dari Tabel 2 ini mendukung informasi yang dinyatakan oleh Altic (2010) bahwa, dibandingkan dengan energi mekanis dari metode konvensional, aplikasi ultrasonik memberikan input energi lebih besar untuk mengkonversi ALB menjadi biodiesel. Adanya input energi yang lebih besar tersebut memungkinkan reaksi berjalan lebih awal pada metode ultrasonik, karena energi aktivasi telah lebih dahulu tercapai.

Transesterifikasi Minyak Biji Karet Menggunakan *Ultrasonic Probe Instrument*

Minyak biji karet yang telah melalui reaksi esterifikasi ultrasonik maupun konvensional kemudian diproses menjadi biodiesel menggunakan reaksi transesterifikasi metode ultrasonik. Transesterifikasi ultrasonik tersebut ternyata hanya berhasil membentuk biodiesel dari minyak biji karet yang telah melalui reaksi esterifikasi ultrasonik 30 menit dan yang telah melalui reaksi esterifikasi konvensional satu jam (Tabel 3). Adapun minyak biji karet yang telah melalui reaksi esterifikasi konvensional 30 menit tidak dilanjutkan dengan metode transesterifikasi karena tingginya ALB yang terkandung di dalamnya (10,72%).

Tabel 3. Hasil transesterifikasi ultrasonik minyak biji karet yang telah di-esterifikasi

Kondisi perlakuan esterifikasi sebelumnya	Hasil setelah dilanjutkan dengan transesterifikasi ultrasonik 15 menit
Metode ultrasonik, 15 menit (ALB minyak 3,47%)	Tidak terbentuk biodiesel, terjadi penggumpalan
Metode ultrasonik, 22,5 menit (ALB minyak 3,21%)	Tidak terbentuk biodiesel, terjadi penggumpalan
Metode ultrasonik, 30 menit (ALB minyak 2,59%)	Terbentuk biodiesel dengan rendemen 78,84%, bilangan asam 0,25 mg KOH/g sampel, ALB 0,13%
Metode konvensional, 1 jam (ALB minyak 0,50%)	Terbentuk biodiesel dengan rendemen sebesar 91,55%, bilangan asam 0,25 mg KOH/g sampel, ALB 0,13%

Berdasarkan Tabel 3 terlihat bahwa rendemen biodiesel biji karet yang sebelumnya telah melalui reaksi esterifikasi konvensional satu jam (91,55%) lebih tinggi dibandingkan rendemen biodiesel biji karet yang sebelumnya telah melalui reaksi esterifikasi ultrasonik 30 menit (78,84%). Hal ini dikarenakan pada biodiesel biji karet yang sebelumnya telah melalui reaksi esterifikasi ultrasonik 30 menit, terbentuk emulsi sabun sehingga menyulitkan dalam pemisahan biodiesel dari campuran produk, yang akhirnya mengurangi rendemen biodiesel. Emulsi sabun tersebut disebabkan nilai ALB minyak hasil esterifikasi ultrasonik 30 menit sebesar 2,59%. Menurut Gerpen dan Knothe (2005), adanya ALB > 2% akan memicu reaksi ALB dengan katalis basa membentuk sabun, sehingga nilai ALB minyak biji karet berkurang, namun juga mengurangi rendemen biodiesel yang dihasilkan.

Perlakuan transesterifikasi ultrasonik terhadap minyak biji karet yang telah melalui esterifikasi ultrasonik selama 15 menit dan 22,5 menit, tidak membentuk fase gliserol, dan di sisi lain justru membentuk fase biodiesel yang menggumpal (membentuk gel). Menurut Gerpen dan Knothe (2005), pada reaksi transesterifikasi konvensional, jika konsentrasi ALB > 5%, katalis basa akan bereaksi dengan ALB tersebut sehingga membentuk gel. Perlakuan ultrasonik pada penelitian ini ternyata menyebabkan katalis basa bereaksi dengan ALB pada konsentrasi ALB > 3%. Hal ini dimungkinkan karena adanya bantuan energi ultrasonik akan membentuk emulsifikasi yang cukup kuat antar reaktan (Altic, 2010) sehingga ALB dan katalis basa bereaksi lebih awal menyebabkan pembentukan gel.

Pencampuran Biodiesel Biji Karet dengan Biodiesel Sawit

Biodiesel biji karet dan biodiesel sawit memiliki sifat khas yang berbeda pada karakteristik bilangan iod dan stabilitas oksidatif. Pencampuran kedua biodiesel tersebut menghasilkan karakteristik yang dapat dilihat pada Tabel 4.

Bilangan Asam

Bilangan asam menunjukkan banyaknya kandungan asam lemak bebas dan mineral-mineral asam di dalam biodiesel (Tazora, 2011). Menurut SNI maupun ASTM, bilangan asam dibatasi maksimal 0,8 mg KOH/g sampel, dikarenakan semakin lama penyimpanan, biodiesel akan mengalami kontak dengan udara dan uap air sehingga mengalami degradasi yang akan semakin meningkatkan nilai bilangan asam. Hal ini selanjutnya akan berimbas pada terjadinya korosi di dalam mesin diesel.

Tabel 4. Karakteristik biodiesel biji karet, biodiesel sawit, dan campuran keduanya

Karakteristik	Biodiesel biji karet	Karet : sawit (75:25)	Karet : sawit (50:50)	Karet : sawit (25:75)	Biodiesel sawit	SNI*
Bilangan asam (mg KOH /g sampel)	0,25	0,25	0,25	0,25	0,24	Maks. 0,8
Viskositas (40°C, mm ² /s)	3,3	3,3	3,1	3,1	3,1	2,3 – 6,0
Densitas (15°C, g/cm ³)	0,89	0,89	0,88	0,88	0,88	-
Densitas (40°C, kg/m ³)	870	870	860	860	860	850-890
Bilangan iod (g I ₂ /100g)	122,4	106,8	91,8	70,8	58,1	Maks. 115
Stabilitas oksidatif (jam)	0,35	0,79	1,30	2,11	5,84	6**
Titik Kabut (°C)	9	9	11	14	18	Maks. 18
Titik Tuang (°C)	3	3	3	6	12	-

Keterangan : *SNI 04-7182-2006 (BSN, 2006)

** draft revisi SNI Biodiesel

Berdasarkan data pada Tabel 4, diketahui bahwa nilai bilangan asam dari kelima sampel berkisar antara 0,24 sampai 0,25 mg KOH/g sampel, artinya masih berada dalam batas yang disyaratkan SNI dan ASTM. Nilai bilangan asam biodiesel karet tidak jauh berbeda dengan hasil penelitian Tazora (2011) yaitu sebesar 0,29 mg KOH/g sampel. Nilai bilangan asam biodiesel sawit yang dihasilkan juga tak berbeda jauh dengan hasil penelitian Abdullah *et al.* (2010) yaitu sebesar 0,23 mg KOH/g sampel, dan jauh lebih kecil bila dibandingkan dengan hasil yang diperoleh Supardan (2011) yaitu sebesar 0,72 mg KOH/g sampel. Proses pencampuran biodiesel karet dengan biodiesel sawit tidak berpengaruh terhadap nilai bilangan asam biodiesel hasil pencampuran disebabkan nilai bilangan asam kedua biodiesel pencampur tidak berbeda jauh.

Viskositas Kinematik

Viskositas kinematik biodiesel (yang diukur pada suhu 40°C) pada penelitian ini masih berada di dalam kisaran yang telah ditetapkan ASTM D 6751-2003 yaitu 1,9-6,0 mm²/s serta yang ditetapkan SNI 04-7182-2006 yaitu sebesar 2,3-6,0 mm²/s. Kisaran tersebut dimaksudkan untuk menjamin kemudahan biodiesel disemprotkan ke dalam mesin pembakaran, sehingga memudahkan proses atomisasi. Jika viskositas terlalu rendah, akan mengakibatkan kebocoran pada pompa injeksi bahan bakar. Semakin tinggi viskositas kinematik biodiesel, semakin baik sifat lubrikasinya terhadap mesin, namun viskositas yang terlalu tinggi akan mempersulit proses atomisasi serta cenderung menghasilkan deposit pada tangki pembakaran (Knothe, 2004).

Viskositas kinematik dari kelima sampel tersebut tidak berbeda nyata. Menurut Mittelbach dan Remschmidt (2006), semakin tinggi tingkat kejenuhan minyak pembentuk biodiesel, dan

semakin panjang rantai karbonnya, akan semakin tinggi viskositas biodiesel tersebut. Berdasarkan teori ini, seharusnya biodiesel sawit memiliki viskositas yang lebih tinggi dibandingkan biodiesel karet. Namun, adanya reaksi oksidasi yang lebih rentan terjadi pada biodiesel karet (lihat pembahasan bagian Stabilitas Oksidatif) menyebabkan terbentuknya senyawa-senyawa peroksida, aldehyd, dan asam-asam lemak jenuh, dan senyawa-senyawa polimer yang membuat nilai viskositas biodiesel karet meningkat.

Densitas

Densitas biodiesel umumnya lebih tinggi dibandingkan solar (Tazora, 2011). Densitas biodiesel karet pada penelitian ini tidak berbeda jauh dengan hasil penelitian Tazora (2011) yang mengukur densitas biodiesel karet pada suhu 40°C yaitu sebesar 870,8 kg/m³, serta yang dilaporkan Ramadhas *et al.* (2005) yaitu sebesar 874 kg/m³. Biodiesel sawit yang dihasilkan juga tidak berbeda jauh densitasnya dengan yang dilaporkan Tantra *et al.* (2011) dan Supardan (2011) yaitu secara berturut-turut sebesar 860-885 kg/m³ dan 0,88 g/mL pada suhu pengukuran 40°C.

Biodiesel karet memiliki densitas yang lebih tinggi dibandingkan biodiesel sawit. Menurut Mittelbach dan Remschmidt (2006), semakin pendek rantai karbon biodiesel, dan semakin banyak jumlah ikatan rangkap pada ester asam lemaknya, maka densitas akan semakin tinggi. Oleh sebab itu, biodiesel biji karet yang bersifat lebih tidak jenuh memiliki densitas yang lebih tinggi. Hal ini juga berlaku pada biodiesel campuran, yaitu semakin banyak proporsi biodiesel biji karet yang terkandung di dalamnya, akan semakin tinggi densitas biodiesel campuran tersebut.

Bilangan Iod

Nilai bilangan iod berkaitan dengan tingkat ketidakjenuhan ester-ester asam lemak penyusun biodiesel. Sampel yang memiliki tingkat ketidakjenuhan yang tinggi (mengandung ikatan rangkap yang banyak) akan mengikat iod dalam jumlah besar, sehingga nilai bilangan iodnya menjadi lebih tinggi. Bilangan iod yang tinggi berkorelasi dengan stabilitas oksidatif yang rendah. Artinya, semakin tinggi bilangan iod, semakin rentan biodiesel terhadap reaksi oksidasi, sehingga akan cenderung menyebabkan terjadinya polimerisasi yang akan membentuk endapan pada mesin. Oleh sebab itu, SNI-04-7182-2006 (BSN, 2006) telah menetapkan standar bilangan iod tidak boleh lebih dari 115 g I₂/100 g sampel.

Berdasarkan analisis bilangan iodnya, biodiesel karet pada penelitian ini memiliki bilangan iod yang paling tinggi (122,4 g I₂/100 g) dan tidak memenuhi standar SNI. Hal ini dikarenakan komposisi ester asam lemak penyusun biodiesel karet mengandung lebih banyak ikatan rangkap (tidak jenuh) dibandingkan biodiesel sawit (Crabbe *et al.*, 2001; Abdullah dan Salimon, 2009). Adanya proses pencampuran dengan biodiesel sawit akan mengubah komposisi ester asam lemak dari biodiesel campuran. Penambahan biodiesel sawit akan meningkatkan jumlah ester asam lemak jenuh sehingga berhasil menurunkan nilai bilangan iod biodiesel karet, seperti terlihat pada ketiga rasio pencampuran.

Stabilitas Oksidatif

Nilai stabilitas oksidatif biodiesel berbeda-beda tergantung pada ester asam lemak penyusun biodiesel tersebut. Menurut Zuleta *et al.* (2012), asam lemak umumnya bersifat semakin reaktif terhadap oksigen (semakin rendah stabilitas oksidatifnya) dengan bertambahnya jumlah ikatan rangkap pada rantai molekulnya. Semakin banyak jumlah ikatan rangkap pada molekul trigliserida, semakin rentan trigliserida tersebut terhadap reaksi peroksida. Serangan oksigen pada ikatan rangkap akan membentuk hidroperoksida tidak jenuh, yang selanjutnya akan memicu pembentukan aldehid, asam jenuh, dan senyawa-senyawa polimer, sehingga mengurangi kualitas biodiesel sepanjang penyimpanannya.

Berdasarkan Tabel 4, terlihat bahwa biodiesel sawit memiliki stabilitas oksidatif yang lebih tinggi (5,84 jam) dibandingkan biodiesel karet (0,35 jam). Semakin banyak nisbah biodiesel sawit yang dicampurkan, semakin tinggi stabilitas oksidatif dari biodiesel campuran tersebut. Biodiesel karet memiliki stabilitas oksidatif yang jauh lebih rendah dikarenakan mengandung lebih banyak ester asam lemak tidak jenuh berikatan rangkap. Menurut Abdullah dan Salimon (2009), minyak biji karet mengandung 79,45% asam lemak tidak jenuh (sebagian besar berupa asam oleat, asam linoleat,

dan asam linolenat), berbeda dengan ester asam lemak sawit yang menurut Crabbe *et al.* (2001) sedikit mengandung ikatan rangkap (palmitoleat 0-0,6%, oleat 38,2-43,5%, linoleat 6,6-11,9%, dan linolenat 0-0,5%) sehingga cenderung lebih stabil dan lebih tahan dari serangan oksigen.

Menurut Zuleta *et al.* (2012), semakin tinggi nilai stabilitas oksidatif dari biodiesel, pada penelitian ini contohnya adalah biodiesel sawit, ternyata akan semakin buruk karakteristik biodiesel tersebut pada suhu rendah (titik tuang dan titik kabutnya meningkat). Oleh karena itu, dapat dilakukan pencampuran antara biodiesel yang sifat stabilitas oksidatifnya baik (biodiesel sawit) dengan biodiesel yang nilai titik tuang dan titik kabutnya rendah (biodiesel biji karet) untuk menghasilkan biodiesel campuran yang memiliki karakteristik stabilitas oksidatif sekaligus nilai titik tuang dan titik kabut yang lebih baik.

Titik Tuang dan Titik Kabut

Biodiesel sawit mengandung ester asam lemak jenuh lebih banyak, dan pada akhirnya akan memiliki titik tuang (TT) dan titik kabut (TK) jauh lebih tinggi dibandingkan biodiesel biji karet. Hal ini disebabkan struktur metil ester dari asam lemak jenuh yang berantai tunggal (pada biodiesel sawit) lebih mudah dan seragam dalam menyusun kristal yang kompak (Ming *et al.*, 2005). Berbeda dengan biodiesel biji karet yang mengandung ester asam lemak tak jenuh dengan ikatan rangkap pada rantai penyusunnya. Adanya ikatan rangkap (isomer *cis*) membuat struktur molekul membengkok sehingga satu sama lain menjadi lebih sulit dalam membentuk kristal. Akibatnya, metil ester asam lemak tidak jenuh pada biodiesel biji karet memiliki titik kabut lebih rendah (Ming *et al.*, 2005).

Sesuai dengan pendapat Ming *et al.* (2005) di atas, biodiesel sawit yang mengandung ester asam lemak jenuh paling banyak, pada akhirnya memiliki titik kabut (TK) dan titik tuang (TT) yang paling tinggi (secara berturut-turut TK dan TT sebesar 18°C dan 12°C) sedangkan biodiesel karet yang ester asam lemak jenuhnya paling sedikit akan memiliki titik kabut dan titik tuang yang paling rendah (secara berturut-turut TK dan TT sebesar 9°C dan 3°C). Oleh sebab itu, selain dengan menambahkan aditif penurun titik tuang dan titik kabut (Setyaningsih *et al.*, 2011), penurunan TK dan TT biodiesel sawit dapat dilakukan melalui metode pencampuran dengan biodiesel lain yang bertitik kabut lebih rendah.

Setyaningsih *et al.* (2010) menyatakan bahwa pencampuran biodiesel jarak pagar dengan biodiesel kedelai, biji rapa, sawit, dan kelapa menghasilkan sifat TK dan TT yang beragam, yang berada di antara sifat masing-masing komponen murninya. Hasil penelitian ini sesuai dengan pendapat tersebut, yang dapat dilihat dari nilai TK dan TT campuran biodiesel sawit dengan biodiesel

biji karet yang terletak di pertengahan nilai TK dan TT dari biodiesel murninya. Semakin banyak proporsi biodiesel biji karet di dalam campuran biodiesel, akan semakin rendah TK dan TT dari biodiesel tersebut. Berdasarkan data tersebut dapat ditarik informasi bahwa biodiesel biji karet dapat digunakan sebagai bahan pencampur untuk menurunkan TK dan TT biodiesel sawit.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Parameter waktu dan amplitudo tidak memberikan pengaruh yang nyata (pada taraf $\alpha=5\%$) terhadap rendemen dan bilangan asam biodiesel sawit hasil transesterifikasi ultrasonik. Waktu perlakuan esterifikasi ultrasonik berpengaruh nyata (pada taraf $\alpha = 5\%$) terhadap penurunan bilangan asam dan ALB minyak biji karet. Saat dilanjutkan dengan transesterifikasi ultrasonik, hanya minyak biji karet yang sebelumnya telah melalui reaksi esterifikasi ultrasonik 30 menit serta reaksi esterifikasi konvensional satu jam, yang berhasil membentuk biodiesel. Biodiesel biji karet, biodiesel sawit, dan campuran kedua biodiesel tersebut memiliki karakteristik bilangan asam, densitas, viskositas, dan titik kabut yang memenuhi standar SNI-04-7182-2006. Bilangan iod biodiesel biji karet masih berada di atas standar, dan adanya pencampuran biodiesel sawit terhadap biodiesel biji karet berhasil menurunkan bilangan iod campuran biodiesel menjadi sesuai standar.

Saran

Perlu dilakukan penelitian mengenai batas maksimal bilangan asam minyak yang memungkinkan untuk dilakukan reaksi transesterifikasi dengan bantuan ultrasonik, serta penelitian mengenai waktu yang dibutuhkan untuk melakukan reaksi transesterifikasi ultrasonik dalam rentang amplitudo yang lebih besar (dari 0 sampai 100%).

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah BM dan Salimon J. 2009. Physicochemical Characteristics of Malaysian Rubber (*Hevea brasiliensis*) Seed Oil. *Eur J Sci Re.* 31:437-445.
- Abdullah, Jaya JD, dan Rodiansono. 2010. Optimasi Jumlah Katalis KOH dan NaOH pada Pembuatan Biodiesel dari Minyak Kelapa Sawit Menggunakan Kopelarat. *Sains dan Terapan Kimia* 4(1):79-89.
- Altic LEP. 2010. Characterization of Esterification Reaction in High Free Fatty Acid Oils [Tesis]. Florida Selatan: Departemen Teknik Mesin, University of South Florida. www.search.proquest.com [25 September 2012].
- Aziz I, Nurbayti S, dan Ulum B. 2011. Pembuatan Produk Biodiesel dari Minyak Goreng Bekas dengan Cara Esterifikasi Dan Transesterifikasi. *Valensi* 2(3): 443-448.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. 2006. *SNI Biodiesel (SNI-04-7182-2006)*. Jakarta BSN.
- Crabbe E, Nolasco-Hipolito C, Kobayashi G, Sonomoto K, Ishizaki A. 2001. Biodiesel Production from Crude Palm Oil and Evaluation of Butanol Extraction and Fuel Properties. *Process Biochem.* 37:65-71.
- Gerpen J van dan Knothe G. 2005. Basics of the transesterification reaction. Di dalam : Knothe G, Gerpen J van, Krahl Jürgen, editor. *The Biodiesel Handbook*. Illinois: AOCS Press. hlm 34-49.
- Ji J, Wang J, Li Y, Yu Y, Xu Z. 2006. Preparation of Biodiesel With the Help of Ultrasonic And Hydrodynamic Cavitation. *Ultrasonics* 44:411-414.
- [Kementan] Kementrian Pertanian. 2011. *Statistik Direktorat Jenderal Perkebunan. Luas Perkebunan dan Produksi Karet Alam Indonesia 2006-2011*. Jakarta: Kementrian Pertanian.
- Knothe G. 2004. Viscosity of biodiesel. Di dalam: Knothe G, Gerpen J van, Krahl Jürgen, editor. *The Biodiesel Handbook*. Illinois: AOCS Press. hlm 89-90.
- Ming TC, Ramli N, Lye OT, Said M, Kasil Z. 2005. Strategies for Decreasing the Pour Point and Cloud Point Of Palm Oil Products. *Eur. J Lipid Sc. Techno.* 107:505-512.
- Mittelbach M dan Remschmidt C. 2006. *Biodiesel: The Comprehensive Handbook*. Ed ke-3. Austria: Boersedruck Ges.m.b.H.
- Prihandana R dan Hendroko R. 2007. *Energi Hijau*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Ramadhas AS, Mulareedharan C, dan Jayaraj S. 2005. Performance and Emission Evaluation of a Diesel Engine Fueled With Methyl Esters of Rubber Seed Oil. *Renewable Energy* 30:1789 – 1800.
- Setyaningsih D, Yuliani S, dan Solechan A. 2011. Optimasi proses sintesis gliserol tert-butyl eter (GTBE) sebagai aditif biodiesel. *J Tek Ind Pert.* 21(1): 9-15.
- Setyaningsih D, Hambali E, Yuliani S, Sumangat D. 2010. Blending of Jatropha Oil With Other Vegetable Oils to Improve Cold Flow Properties and Oxidative Stability Of Its Biodiesel. *J Tek Ind Pert.* 20 (3): 152-158.
- Singh AK. 2008. Development of Heterogenously Catalyzed Chemical Process to Produce Biodiesel [Disertasi]. Mississippi: Mississippi State University. www.search.proquest.com [25 September 2012].
- Soerawidjaja TH, Brodjonegoro TP, dan Reksowardojo IK. 2006. *Tanaman Sumber*

- Bahan Mentah Biodiesel*. Kelompok Studi Biodiesel. Bandung : ITB.
- Sundaryono A. 2011. Karakteristik Biodiesel dan *Blending* Biodiesel dari *Oil Losses* Limbah Cair Pabrik Minyak Kelapa Sawit. *J Tek Ind Pert.* 21(1): 34-40.
- Supardan MD. 2011. Penggunaan Ultrasonik untuk Transesterifikasi Minyak Goreng Bekas. *J Rekayasa Kimia dan Lingk.* 8 (1):11-16.
- Suparno O, Sofyan K, dan Aliem MI. 2010. Penentuan Kondisi Terbaik Pengempaan Dalam Produksi Minyak Biji Karet (*Hevea brasiliensis*) untuk Penyamakan Kulit. *J Tek Ind Pert.* 19 (2):100-109.
- Tantra HD, Tandean E, Indraswati N, Ismadji S. 2011. Katalis dari Limbah Kerang Batik (*phapia undulata*) untuk Pembuatan Biodiesel dari Minyak Kelapa Sawit. Di dalam: *Prosiding Seminar Nasional Fundamental dan Aplikasi Teknik Kimia*; Surabaya, 2011. Surabaya: Jurusan Teknik Kimia, ITS.
- Tazora Z. 2011. Peningkatan Mutu Biodiesel Dari Minyak Biji Karet Melalui Pencampuran Dengan Biodiesel Dari Minyak Jarak Pagar [Tesis]. Bogor: Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Wu P, Yang Y, Colucci JA, Grulke EA. 2007. Effect of Ultrasonication on Droplet Size in Biodiesel Mixtures. *J Am Oil Chem Soc.* 84:877-884.
- Zuleta EC, Rios LA, dan Benjumea PN. 2012. Oxidative Stability and Cold Flow Behavior of Palm, Sacha-Inchi, Jatropha, and Castor Oil Biodiesel Blends. (abstrak). *Fuel Processing Technol.* 102: 96-101.