

**PENINGKATAN YIELD BIODISEL DARI MINYAK BIJI NYAMPLUNG
MELALUI TRANSESTERIFIKASI DUA TAHAP****Antonius Prihanto¹, Bambang Pramudono², Herry Santosa²**¹AKIN Santo Paulus, Jl. Sriwijaya 104 Semarang²Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudarto, SH., Semarang, 50239

*email: antoniusprihanto@ymail.com

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang peningkatan yield biodisel dari minyak biji nyamplung melalui transesterifikasi dua tahap. Transesterifikasi dua tahap digunakan untuk menggeser reaksi ke arah kanan, sehingga diharapkan dapat meningkatkan yield biodisel. Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji pengaruh rasio molar metanol-minyak, pengaruh suhu dan pengaruh konsentrasi katalis terhadap yield biodisel dari minyak nyamplung. Perlakuan pendahuluan untuk pemurnian bahan baku yang dilakukan meliputi proses degumming, esterifikasi dan netralisasi. Transesterifikasi dua tahap dilakukan dengan menggunakan variasi rasio molar metanol-minyak (6:1; 7:1; 8:1; 9:1; 10:1), suhu (30 °C, 40 °C, 50 °C, 60 °C, 70 °C) dan konsentrasi katalis KOH (1 %, 1,25 %, 1,5 %, 1,75 %, 2,0 %). Hasil penelitian menunjukkan bahwa rasio molar metanol-minyak, suhu dan konsentrasi katalis berpengaruh terhadap yield biodisel. Pada rasio molar metanol-minyak 8:1, suhu 60 °C dan konsentrasi katalis KOH 1,25 % memberikan yield biodisel maksimal sebesar 92,98 %. Sebagian besar parameter biodisel dari kondisi terbaik yang diuji telah memenuhi standar SNI 04-7182-2006. Transesterifikasi dua tahap dapat meningkatkan yield biodisel dari minyak nyamplung, walaupun tidak begitu besar.

Kata kunci : yield biodisel, nyamplung (*Callophyllum inophyllum*), transesterifikasi dua tahap

PENDAHULUAN

Krisis energi dunia yang terjadi pada dekade terakhir memberikan dampak yang signifikan pada meningkatnya harga bahan bakar minyak. Hal inilah yang mendorong pengembangan energi alternatif dengan pemanfaatan sumberdaya energi terbarukan. Salah satu bentuk energi alternatif yang saat ini mulai dikembangkan adalah biodisel. Biodisel merupakan salah satu bahan bakar alternatif pengganti solar yang ramah lingkungan. Penggunaan biodisel sebagai bahan bakar mesin disel dapat menurunkan emisi bila dibandingkan dengan minyak solar. Biodisel terbuat dari minyak nabati yang berasal dari sumber daya alam yang dapat diperbaharui.

Berbagai minyak nabati telah diteliti untuk menghasilkan biodisel yang memenuhi syarat sebagai bahan bakar mesin disel. Salah satu minyak nabati yang banyak digunakan sebagai bahan baku biodisel adalah minyak kelapa sawit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa biodisel dari minyak kelapa sawit memenuhi syarat sebagai bahan bakar mesin disel atau biodisel (Herizal, 2006; Kansedo *et al.*, 2008). Minyak kelapa sawit sebagai minyak tanaman pangan ketika digunakan sebagai sumber energi alternatif maka akan berkompetisi dengan kebutuhan pangan manusia.

Sumber minyak nabati yang tidak bersaing dengan kebutuhan pangan bila digunakan sebagai bahan baku biodisel diantaranya adalah biji karet, biji jarak pagar, dan biji nyamplung. Penggunaan biji karet sebagai bahan baku biodisel juga mengalami kendala karena produktifitas biji karet hanya sekitar 2 ton/ha/tahun (Supriadi dan Balittri, 2012). Penelitian tentang pembuatan biodisel dari minyak biji jarak juga telah banyak dilakukan. Penggunaan biji jarak sebagai bahan baku biodisel juga mengalami kendala karena produktifitas biji karet hanya sekitar 5 ton/ha (Bustomi dkk., 2008). Dari ketersediaan bahan baku, biji nyamplung memiliki beberapa kelebihan. Produktifitas biji dari tanaman nyamplung termasuk tinggi yaitu 20 ton/ha yang jauh lebih tinggi bila dibandingkan biji karet 2 ton/ha, biji jarak pagar 5 ton/ha (Bustomi dkk., 2008). Kandungan minyak dari biji nyamplung tergolong tinggi yaitu sebesar 40-73 %, sedangkan jarak pagar 40-60 % dan biji karet 40-50 % (Soerawidjaja, 2006). Minyak biji nyamplung merupakan sumberdaya energi terbarukan yang cukup potensial sebagai bahan dasar biodisel tanpa harus bersaing dengan kebutuhan pangan.

Sampai saat ini belum banyak penelitian tentang pembuatan biodisel dari minyak biji

nyamplung. Muniarsih (2006) telah melakukan penelitian pembuatan biodisel dari minyak biji nyamplung dengan menggunakan 4 kombinasi proses. Kombinasi yang dilakukan adalah esterifikasi-transesterifikasi (E_1T), esterifikasi-esterifikasi-transesterifikasi (E_1E_2T), esterifikasi-netralisasi-transesterifikasi (E_1NT) dan esterifikasi-transesterifikasi-netralisasi (E_1TN) untuk menghasilkan biodisel yang maksimal. Kombinasi proses esterifikasi-transesterifikasi memberikan rendemen biodisel tertinggi hanya sebesar 79,03 %. Venkana dan Venkataramana (2009) juga telah melakukan penelitian pembuatan biodisel dari minyak biji nyamplung melalui esterifikasi-transesterifikasi dengan menggunakan variasi rasio molar metanol-minyak, konsentrasi katalis, temperatur dan waktu untuk menghasilkan biodisel yang maksimal. Pada transesterifikasi dengan rasio molar metanol-minyak 8:1, konsentrasi katalis KOH 1,25 %, temperatur 60 °C dan waktu reaksi transesterifikasi 120 menit dihasilkan yield biodisel dari minyak biji nyamplung sebesar 89 %.

Tahap yang paling menentukan dalam proses mengubah minyak menjadi metil ester adalah transesterifikasi yang merupakan reaksi dua arah. Untuk menggeser reaksi ke arah kanan dapat dilakukan dengan menambahkan reaktan berlebih atau dengan cara mengambil produk. Yang umum dilakukan untuk menggeser reaksi ke arah kanan pada transesterifikasi ini adalah dengan menambahkan reaktan, dalam hal ini alkohol dalam jumlah berlebih. Penambahan reaktan berlebih ternyata yield biodisel yang terbentuk kurang maksimal masih di bawah 90 %. Pengambilan produk yang terbentuk pada proses transesterifikasi diharapkan dapat meningkatkan yield biodisel dari minyak biji nyamplung. Pengambilan produk biodisel dalam proses transesterifikasi dapat dilakukan melalui transesterifikasi dua tahap.

Mendow *et al.* (2011) telah melakukan pembuatan biodisel dari minyak murni biji matahari melalui transesterifikasi dua tahap. Pada rasio molar etanol-minyak 4,25:1 (25% v/v alkohol terhadap minyak), suhu reaksi 55 °C, konsentrasi katalis 1,06 % dari berat minyak dengan penambahan katalis dan etanol 50 % pada tiap tahap reaksi, waktu reaksi transesterifikasi 30 menit pada tahap 1 menghasilkan konversi sebesar 91 % dan 60 menit pada tahap 2 menghasilkan nilai konversi hingga 99%. Transesterifikasi dua tahap ini bila diterapkan pada pembuatan biodisel dari

minyak biji nyamplung, diharapkan dapat meningkatkan yield biodisel dari minyak biji nyamplung.

METODOLOGI

Bahan dan Alat

Bahan utama penelitian ini adalah minyak biji nyamplung yang diperoleh dari daerah Cilacap, Jawa Tengah. Sebelum diolah menjadi biodisel, minyak nyamplung ini dimurnikan lebih dulu melalui proses degumming, esterifikasi dan netralisasi. Bahan kimia yang digunakan adalah H_2SO_4 PA, KOH PA, H_3PO_4 teknis, methanol teknis, etanol teknis, CCl_4 teknis, NaOH PA, asam oksalat PA, Phenolphthalein PA, $Na_2B_4O_7 \cdot 10 H_2O$ PA, HIO_4 PA, KI teknis, $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ PA, $K_2Cr_2O_7$ PA dan Reagen Wijs PA. Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi neraca analitis, *hotplate* dengan *magnetik stirrer*, labu leher tiga, pendingin bola, termometer, *vacuum rotary evaporator*, corong pisah, gelas piala, pipet volume, erlenmeyer, gelas ukur, labu takar dan buret.

Prosedur Penelitian

Proses degumming

Limaratus ml minyak nyamplung yang telah disaring dipanaskan pada suhu 80 °C dalam gelas piala 600 ml sambil diaduk dengan menggunakan *magnetic stirrer*. Setelah 15 menit, minyak ditambah larutan asam pospat 85 % sebanyak 1,5 ml atau 0,3 % (v/v) dan pengadukan dilanjutkan hingga 30 menit. Selanjutnya minyak didiamkan semalam hingga gum dan kotoran terpisah dari minyak. Minyak selanjutnya dimasukkan ke dalam corong pemisah, dan dicuci dengan air hangat (± 60 °C). Pencucian diulang hingga air pencucian netral dan dikeringkan dengan pengeringan vakum pada suhu 85 °C selama 30 menit.

Proses esterifikasi

Tigaratus ml minyak hasil degumming dipanaskan dalam labu leher tiga hingga suhu mencapai ± 60 °C dengan *hotplate*. Minyak ditambah 65 ml metanol sehingga rasio molar methanol-FFA 8:1 dan ditambah 3 ml H_2SO_4 98 %. Pemanasan dilakukan selama 120 menit dengan kecepatan pengadukan 500 rpm menggunakan *magnetic stirrer*. Minyak dan metil ester yang terbentuk selanjutnya dipisahkan dari sisa metanol dengan menggunakan corong pisah. Hasil esterifikasi dicuci dengan air hangat yang mengandung

NaHCO_3 0,01 % hingga netral, selanjutnya dikeringkan dengan pengeringan vakum pada suhu 85°C selama 30 menit.

Proses netralisasi

Tigaratus ml minyak hasil esterifikasi dipanaskan hingga suhu $\pm 60^\circ\text{C}$, selanjutnya ditambah 13,4 ml larutan NaOH 20 % dan diaduk selama 2 menit. Minyak dipindahkan ke dalam corong pisah dan ditambah air suhu $\pm 70^\circ\text{C}$ sebanyak 10 % dari volume minyak dan dibiarkan hingga minyak dan air dapat dipisahkan. Proses pencucian diulang hingga air cucian netral, selanjutnya dikeringkan pada suhu 85°C dengan pengeringan vakum selama 30 menit.

Proses transesterifikasi dua tahap

Tahap pertama : 200 ml (183,19 gram) minyak biji nyamplung hasil netralisasi dimasukkan ke dalam labu leher tiga dan dipanaskan dengan *hotplate* hingga mencapai suhu 60°C . Sebagian (50%) metanol dan katalis (larutan metanolik-KOH) yang telah ditetapkan ditambahkan ke dalam minyak, *magnetic stirrer* dihidupkan dengan kecepatan 500 rpm dan proses beralangsur selama 30 menit. Setelah transesterifikasi tahap pertama selesai, hasilnya dipindahkan ke dalam corong pisah dan dibiarkan selama 2 jam hingga terbentuk dua lapisan (lapisan metil ester yang berada di bagian atas dan gliserol di bagian bawah). Lapisan bagian bawah dibuang selanjutnya lapisan bagian atas diteruskan ke dalam proses transesterifikasi tahap kedua.

Tahap kedua : minyak hasil transesterifikasi tahap pertama dimasukkan kembali ke dalam labu leher tiga dan dipanaskan kembali hingga suhu 60°C . Larutan metanolik-KOH sisa (50 %) ditambahkan ke dalam minyak hasil transesterifikasi tahap pertama. Proses transesterifikasi tahap kedua dilakukan selama 60 menit.

Produk transesterifikasi tahap kedua dipindahkan ke dalam corong pisah dan dibiarkan kira kira 12 jam (semalam). Setelah dibiarkan semalam campuran akan membentuk 2 lapisan. Lapisan atas jernih kekuningan merupakan metil ester (biodisel) dan lapisan bawah berwarna gelap adalah gliserol. Lapisan bagian bawah di buang, dan lapisan bagian atas yang merupakan produk metil ester (biodisel) diambil.

Proses pemurnian produk

Produk metil ester dicuci dengan air hangat ($\pm 60^\circ\text{C}$) yang mengandung asam acetat 0,01 %. Pencucian dilanjutkan dengan menggunakan air hangat hingga air cucian menjadi netral. Setelah metil ester dicuci, dikeringkan dengan pengeringan vakum pada suhu 85°C selama 30 menit.

Penentuan Yield Biodisel

Setiap hasil biodisel dari transesterifikasi dua tahap selanjutnya ditentukan yield biodiesel dengan menggunakan rumus :

$$\text{Yield biodisel} = \frac{\text{berat biodisel}}{\text{berat minyak nyamplung}} \times 100 \%$$

Pengujian kualitas produk.

Biodisel dari proses transesterifikasi dua tahap yang menghasilkan yield biodisel maksimal, selanjutnya diuji kualitasnya. Parameter yang diuji antara lain masa jenis, viskositas kinematik, angka setana, titik kabut, angka asam, gliserol bebas, gliserol total, angka iodium dan kadar metil ester.

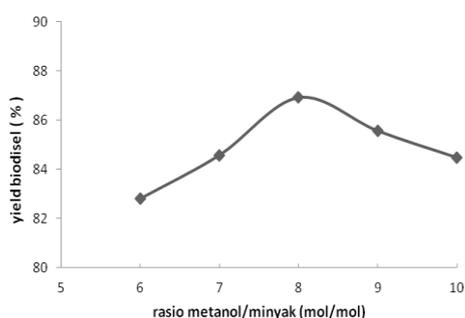
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Rasio Molar Metanol-Minyak

Untuk mengkaji pengaruh rasio molar minyak-metanol telah dilakukan dengan menggunakan variabel tetap pada suhu 40°C dengan konsentrasi katalis KOH 1 %. Hasil penelitian pengaruh rasio molar metanol-minyak terhadap yield biodisel seperti yang ditunjukkan Gambar 1.

Gambar 1. menunjukkan bahwa, bila rasio metanol terhadap minyak ditingkatkan ternyata yield biodisel yang dihasilkan semakin meningkat. Hal ini dapat terjadi karena dengan bertambahnya jumlah metanol, jumlah tumbukkan yang efektif untuk menghasilkan biodisel semakin meningkat. Reaksi transesterifikasi adalah reaksi dua arah, sehingga dengan menambah jumlah metanol maka akan menggeser reaksi ke arah produk, sehingga jumlah biodisel yang dihasilkan semakin meningkat. Hal ini sesuai dengan beberapa laporan penelitian sebelumnya (Meher *et al.*, 2006; Mendow *et al.*, 2011; Venkana dan Venkataramana, 2009). Yield biodisel maksimal dicapai pada rasio molar metanol-minyak 8:1 yaitu sebesar 86,93 %. Hal ini sesuai dengan penelitian Venkana dan Venkataramana (2009) pada pembuatan biodisel dari minyak nyamplung pada rasio

molar metanol-minyak 8:1 memberikan yield maksimal. Hasil ini berbeda dengan pendapat Freedman *et al.* (1986) yang menyebutkan bahwa untuk transesterifikasi minyak nabati menggunakan katalis basa, rasio molar metanol-minyak yang optimal sebesar 6:1. Penambahan rasio metanol-minyak diatas 8:1 ternyata justru akan menurunkan yield biodisel, karena penambahan metanol diatas rasio ini akan menurunkan konsentrasi katalis dalam larutan (Mendow *et al.*, 2011). Menurunnya konsentrasi katalis dalam larutan akan mengurangi jumlah metoksida yang menyerang trigliserida sehingga jumlah biodisel yang dihasilkan akan menurun.



Gambar 1. Pengaruh rasio molar metanol-minyak terhadap yield biodisel (KOH 1 % dan $t = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$)

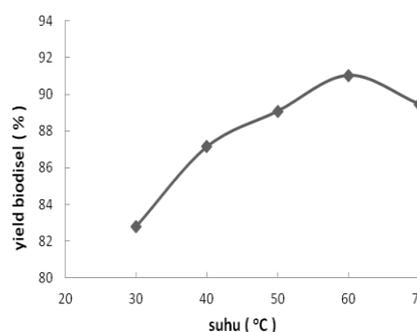
Pengaruh Suhu

Untuk mengkaji pengaruh suhu dilakukan dengan menggunakan variabel tetap rasio metanol-minyak 8:1 (merupakan rasio terbaik) dengan konsentrasi katalis KOH 1 %. Hasil penelitian pengaruh suhu terhadap yield biodisel seperti ditunjukkan Gambar 2. Gambar 2. menunjukkan bahwa bila suhu reaksi ditingkatkan, yield biodisel yang dihasilkan semakin meningkat. Hal ini sesuai dengan pendapat Leung *et al.* (2010) yang menyatakan bahwa meningkatnya suhu reaksi dapat menurunkan viskositas minyak sehingga mengakibatkan meningkatnya laju reaksi.

Meningkatnya suhu reaksi dapat mengakibatkan jumlah tumbukkan efektif untuk menghasilkan biodisel. Suhu terbaik pada reaksi transesterifikasi dua tahap ini adalah $60\text{ }^{\circ}\text{C}$, menghasilkan yield biodisel maksimal sebesar 91,03 %. Hasil ini sesuai dengan hasil penelitian Venkana dan Venkataramana (2009) yang menyatakan bahwa peningkatan suhu hingga $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ akan meningkatkan yield biodisel. Tetapi penambahan suhu sampai $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ justru

menurunkan jumlah yield biodisel yang terbentuk. Ini terjadi karena pada suhu ini telah melewati titik didih metanol, sehingga sebagian metanol mengalami perubahan fasa dari cair menjadi gas. Terjadinya perubahan fasa metanol ini menyebabkan jumlah metanol dalam fasa cair berkurang. Berkurangnya jumlah metanol dalam larutan menyebabkan berkurangnya jumlah tumbukkan efektif untuk menghasilkan biodisel sehingga yield biodisel yang terbentuk akan berkurang.

Menurunnya yield biodisel pada suhu di atas $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ juga disebabkan karena terjadinya reaksi penyabunan dari minyak sebelum reaksi transesterifikasi selesai (Phan, 2008; Leung *et al.*, 2010; Meher *et al.*, 2006; Venkana dan Venkataramana, 2009).



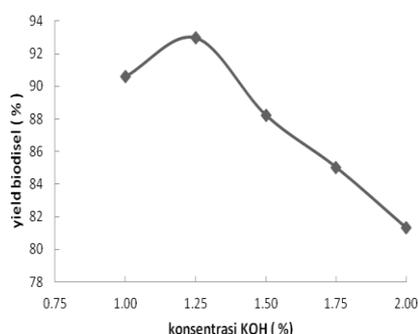
Gambar 2. Pengaruh suhu terhadap yield biodisel (KOH 1 % dan rasio molar 8:1)

Pengaruh Konsentrasi Katalis

Untuk mengkaji pengaruh konsentrasi katalis dilakukan dengan menggunakan variabel tetap rasio metanol-minyak 8:1 (merupakan rasio terbaik) dan suhu $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ (merupakan suhu terbaik). Hasil penelitian pengaruh konsentrasi katalis KOH terhadap yield biodisel seperti yang ditunjukkan Gambar 3. Gambar 3. menunjukkan bahwa pada konsentrasi katalis KOH 1 % menghasilkan yield biodisel sebesar 90,60 %. Bila konsentrasi katalis ini dinaikkan, yield biodisel yang terbentuk juga meningkat. Hal ini terjadi karena fungsi katalis adalah menurunkan energi aktivasi. Semakin besar konsentrasi katalis dalam larutan, maka energi aktivasi suatu reaksi semakin kecil, sehingga produk akan semakin banyak terbentuk. Meningkatkan konsentrasi katalis akan menyebabkan meningkatnya yield biodisel.

Pada konsentrasi katalis KOH 1,25 % adalah kondisi terbaik yang menghasilkan yield biodisel maksimal yaitu sebesar 92,98 %. Bila

konsentrasi katalis KOH ini terus ditingkatkan hingga 2 %, yield biodisel yang terbentuk justru semakin menurun. Hal ini terjadi karena penambahan konsentrasi katalis yang berlebihan, mendorong reaksi terbentuknya sabun (Hingu *et al.*, 2010; Koh *et al.*, 2011; Wang *et al.*, 2012). Fakta ini terjadi ketika proses pencucian produk, adanya sabun akan menghasilkan emulsi berwarna putih. Ternyata semakin besar konsentrasi katalis KOH yang digunakan, jumlah sabun yang dihasilkanpun semakin banyak. Semakin banyak sabun yang terbentuk, berarti jumlah minyak yang menjadi sabun semakin banyak. Semakin banyak minyak yang menjadi sabun berarti semakin sedikit minyak yang dikonversi menjadi biodisel, sehingga yield biodisel menjadi menurun.



Gambar 3. Pengaruh konsentrasi katalis terhadap yield biodisel. (rasio molar 8:1 dan t = 60 °C)

Yield Biodisel Minyak Biji Nyamplung

Kondisi terbaik pada pembuatan biodisel melalui transesterifikasi dua tahap ini adalah pada rasio molar minyak-metanol 8:1, konsentrasi katalis KOH 1,25 % pada suhu 60 °C. Pada kondisi ini yield biodisel yang dihasilkan dari minyak biji nyamplung murni adalah sebesar 92,98 %. Bila dibandingkan dengan penelitian penelitian pembuatan

biodisel dari minyak biji nyamplung sebelumnya melalui transesterifikasi satu tahap, maka yield biodisel dari minyak biji nyamplung melalui transesterifikasi dua tahap ini lebih besar. Dari penelitian penelitian pembuatan biodisel dari minyak nyamplung melalui transesterifikasi satu tahap sebelumnya, yield maksimal yang dihasilkan sebesar 89 % (Venkana dan Venkataramana, 2009). Muniarsih (2009) juga melaporkan pembuatan dari minyak nyamplung melalui transesterifikasi satu tahap dan hanya menghasilkan rendemen sebesar 79,03 %.

Pembuatan biodisel dari minyak nyamplung melalui transesterifikasi dua tahap ternyata mampu meningkatkan yield biodisel, walaupun tidak begitu besar, dari 89 % (Venkana dan Venkataramana, 2009) menjadi 92,98 %. Hasil ini sesuai dengan yang dilaporkan Dorado *et al.* (2002), bahwa transesterifikasi dua tahap pada minyak nabati memiliki tingkat konversi yang sedikit lebih tinggi dibandingkan transesterifikasi satu tahap. Pada transesterifikasi satu tahap menghasilkan konversi sebesar 83-91% , sedangkan pada transesterifikasi dua tahap menghasilkan konversi sebesar 87-95%.

Kualitas Produk Biodisel Dari Miyak Biji Nyamplung

Produk biodisel minyak biji nyamplung melalui transesterifikasi dua tahap dari kondisi terbaik rasio molar metanol-minyak 8:1, konsentrasi katalis KOH 1,25 % pada suhu 60 °C telah diuji sifat fisika-kimianya. Hasil uji laboratorium produk biodisel minyak biji nyamplung dari penelitian ini seperti yang disajikan pada Tabel 1.

Dari data hasil uji laboratorium pada Tabel 1. menunjukkan bahwa 8 dari 9 parameter yang telah diuji kelayakannya sebagai bahan bakar mesin disel telah memenuhi syarat menurut ketentuan SNI 04-7182-2006.

Tabel 1. Spesifikasi biodisel minyak nyamplung hasil transesterifikasi dua tahap

No	Parameter	Satuan	Hasil uji	Standar SNI
1	Masa jenis pada 40 °C	kg/m ³	871	850 – 890
2	Viskositas kinematik pada 40 °C	mm ² /s (cSt)	3,3	2,3 – 6,0
3	Angka setana	-	68,3	min 51
4	Titik kabut	°C	21	maks 18
5	Angka asam	mg-KOH/g	0,78	maks 0,8
6	Gliserol bebas	% massa	0,02	maks 0,02
7	Gliserol total	% massa	0,22	maks 0,24
8	Kadar ester alkil	% massa	99,61	min 96,5
9	Angka iodium	g I ₂ /100 g	19,37	maks 115

Masa jenis

Masa jenis merupakan salah satu parameter keberhasilan reaksi transesterifikasi. Masa jenis menunjukkan perbandingan berat per satuan volume (Prihandana dkk., 2006). Hasil pengukuran produk dari minyak nyamplung ini adalah 871 kg/m^3 , sehingga telah memenuhi standar masa jenis SNI sebagai biodisel yaitu antara $850\text{-}890 \text{ kg/m}^3$. Masa jenis minyak nabati lebih tinggi dibanding masa jenis biodisel yang ditetapkan SNI. Dengan terpenuhinya nilai masa jenis biodisel seperti yang telah ditetapkan SNI maka proses transesterifikasi dapat dikatakan berhasil. Terpenuhinya nilai masa jenis ini juga menunjukkan bahwa proses pemurnian biodisel berhasil. Tidak murninya biodisel karena masih mengandung pengotor, dapat menyebabkan nilai masa jenis tinggi.

Viskositas kinematik

Minyak nabati memiliki viskositas di atas viskositas bahan bakar disel. Hal inilah yang menjadi kendala penggunaan langsung minyak nabati sebagai bahan bakar disel. Salah satu tujuan utama transesterifikasi adalah menurunkan viskositas minyak nabati agar memenuhi standar bahan bakar diesel.

Viskositas biodisel akan mempengaruhi kecepatan alir bahan bakar melalui injektor sehingga dapat mempengaruhi atomisasi bahan bakar di dalam ruang bakar. Selain itu, viskositas juga berpengaruh secara langsung terhadap kemampuan bahan bakar bercampur dengan udara.

Viskositas kinematik biodisel yang dihasilkan pada penelitian ini adalah $3,3 \text{ cSt}$, sedangkan viskositas kinematik biodisel menurut SNI pada suhu $40 \text{ }^\circ\text{C}$ berkisar $2,3 - 6,0 \text{ cSt}$, sehingga telah memenuhi syarat sebagai bahan bakar mesin disel sesuai dengan ketentuan SNI. Terpenuhinya nilai viskositas biodisel ini menurut ketentuan SNI, dapat diartikan proses transesterifikasi dua tahap ini telah berjalan dengan baik untuk mengubah minyak nyamplung menjadi biodisel.

Angka setana

Angka setana menunjukkan seberapa cepat bahan bakar mesin disel yang diinjeksikan ke ruang bakar dapat terbakar secara spontan (setelah bercampur dengan udara). Semakin tinggi angka setana, semakin cepat bahan bakar mesin disel terbakar setelah diinjeksikan ke dalam ruang bakar (Prihandana dkk., 2006).

Angka setana yang tinggi juga berhubungan dengan rendahnya polutan NO_x (Knothe *et al.*, 2005). Secara umum biodisel memiliki angka setana yang lebih tinggi daripada solar. Panjangnya rantai hidrokarbon dan tingginya kandungan asam lemak jenuh yang terdapat pada biodisel menyebabkan tingginya angka setana dibandingkan dengan solar (Knothe *et al.*, 2005). Angka setana biodisel minyak nyamplung dari transesterifikasi dua tahap ini adalah $68,3$ sedangkan menurut ketentuan SNI angka setana biodisel minimal adalah 51 , sehingga telah memenuhi syarat sebagai bahan bakar mesin disel.

Titik kabut

Temperatur pada saat terjadi kristal pada biodisel yang dapat dilihat dengan mata disebut titik kabut (*cloud point*). Meski bahan bakar masih bisa mengalir pada titik ini, keberadaan kristal di dalam bahan bakar bisa mempengaruhi kelancaran aliran bahan bakar di dalam filter, pompa, dan injektor. Titik kabut dari biodisel minyak nyamplung pada penelitian ini adalah $21 \text{ }^\circ\text{C}$. Titik kabut biodisel minyak nyamplung dari transesterifikasi dua tahap ini belum memenuhi ketentuan SNI yaitu maksimal $18 \text{ }^\circ\text{C}$. Menurut Knothe *et al.* (2005), pada umumnya titik kabut dan titik tuang biodisel lebih tinggi dibandingkan dengan solar. Tingginya titik kabut ini berhubungan dengan tingginya kandungan asam lemak jenuh dan rendahnya asam lemak tak jenuh penyusun biodisel. Hal ini sesuai dengan tingginya nilai angka setana $68,3$ dan rendahnya angka iodium produk biodisel yaitu $19,37$.

Angka asam

Angka asam menunjukkan adanya asam lemak bebas dalam biodisel. Adanya asam lemak bebas dalam biodisel dapat mengakibatkan terbentuknya abu pada saat pembakaran. Angka asam dapat menjadi indikator kerusakan yang terjadi pada biodisel, yang diduga akibat terjadinya aktivitas oksidasi. Angka asam biodisel yang dihasilkan dari penelitian ini adalah $0,78 \text{ mg KOH/g}$ biodisel. Angka asam ini cukup tinggi tetapi masih memenuhi standar mutu yang ditetapkan SNI yaitu maksimum $0,8 \text{ mg KOH/g}$ biodisel. Munculnya angka asam yang cukup tinggi ini dimungkinkan karena dibiarkannya terlalu lama produk setelah proses transesterifikasi. Hal ini seperti yang telah dilaporkan Sumangat (2008), bahwa metil ester hasil proses transesterifikasi

dua tahap memiliki bilangan asam yang lebih tinggi. Pada proses transesterifikasi dua tahap, metil ester memerlukan waktu 14 jam untuk pengendapan, dua jam lebih lama daripada proses satu tahap. Dengan waktu pengendapan yang lebih lama, mengakibatkan meningkatnya bilangan asam. Selain itu penyimpanan produk biodisel tanpa ditutup juga mengakibatkan tingginya angka asam karena aktivitas oksidasi.

Gliserol bebas

Gliserol bebas menunjukkan adanya gliserol dalam biodisel. Semakin kecil kadar gliserol bebas, artinya biodisel semakin murni. Semakin kecil kandungan gliserol bebas menunjukkan bahwa proses pemurnian biodisel tersebut telah maksimal. Sebaiknya tingginya kandungan gliserol bebas dalam biodisel menunjukkan proses pemurnian yang tidak sempurna karena biodisel masih bercampur dengan gliserol dalam jumlah yang cukup besar. Keberadaan gliserol bebas dapat menjadi sumber deposit karbon pada mesin disebabkan pembakaran yang tidak sempurna. Gliserol bebas biodisel dari minyak nyamplung ini sebesar 0,02 %, dan telah memenuhi syarat standar SNI sebagai bahan bakar disel maksimum 0,02 %. Dengan terpenuhinya syarat gliserol bebas maksimal dalam biodisel, maka proses pemurnian biodisel pada penelitian ini telah berjalan dengan baik.

Gliserol total

Gliserol total merupakan salah satu parameter kualitas yang penting. Tingginya gliserol total dalam produk biodisel, selain kurang sempurnanya proses pemurnian juga menunjukkan kurang sempurnanya proses transesterifikasi. Gliserol total yang tinggi menunjukkan masih banyak minyak yang belum dapat dikonversi menjadi metil ester dari suatu proses transesterifikasi. Tingginya gliserol total juga dapat menunjukkan rendahnya kemurnian biodisel. Gliserol total produk biodisel penelitian ini adalah 0,22 %. Hasil ini masih di bawah dari kadar gliserol maksimal yang ditetapkan SNI yaitu 0,24 %. Gliserol total dari biodisel ini telah memenuhi syarat sebagai bahan bakar mesin disel menurut SNI, artinya transesterifikasi dua tahap pada penelitian ini telah berhasil mengkonversi trigliserida menjadi biodisel dengan baik.

Kadar alkil ester

Kadar alkil ester dapat menunjukkan kesempurnaan proses transesterifikasi. Kadar

alkil ester yang tinggi menunjukkan proses transesterifikasi untuk mengkonversi trigliserida menjadi alkil ester telah berjalan maksimal. Kadar alkil ester yang tinggi juga menunjukkan bahwa kerusakan yang diakibatkan oleh aktivitas oksidasi alkil ester menjadi asam lemak bebas rendah. Kadar alkil ester biodisel dari penelitian ini adalah 99,61 % dan lebih tinggi dibandingkan kadar minimal yang ditetapkan SNI yaitu sebesar 96,5 % sehingga telah memenuhi syarat sebagai bahan bakar mesin disel.

Angka iodium

Angka iodium menunjukkan kandungan asam lemak tak jenuh penyusun alkil ester dalam biodisel. Keberadaan senyawa lemak tak jenuh dapat meningkatkan performansi yaitu meningkatkan angka setana (Knothe *et al.*, 2005). Di sisi lain besarnya asam lemak tak jenuh dapat meningkatkan emisi gas NOX, sehingga semakin tinggi angka iodium makin tinggi gas NOX yang dihasilkan (Knothe *et al.*, 2005). Banyaknya senyawa lemak tak jenuh di dalam biodisel juga memudahkan senyawa tersebut bereaksi dengan oksigen di atmosfer, terpolimerisasi membentuk material serupa plastik. Oleh karena itu, terdapat batasan maksimal harga angka iodium yang diperbolehkan untuk biodisel, menurut SNI maksimal 115. Angka iodium biodisel minyak nyamplung dari transesterifikasi dua tahap ini hanya sebesar 19,37, maka memenuhi syarat sebagai bahan bakar disel yang telah ditetapkan SNI.

KESIMPULAN

Pembuatan biodisel dari minyak nyamplung melalui transesterifikasi dua tahap, semakin meningkat rasio molar metanol-minyak, yield biodisel yang diperoleh semakin meningkat. Rasio terbaik untuk menghasilkan yield biodisel maksimal adalah 8:1.

Bila suhu reaksi transesterifikasi ditingkatkan, maka yield biodisel yang diperoleh semakin meningkat. Suhu terbaik untuk menghasilkan yield maksimal adalah pada suhu 60 °C.

Bila konsentrasi katalis dinaikkan, maka yield biodisel yang dihasilkan meningkat. Konsentrasi katalis terbaik untuk menghasilkan yield maksimal adalah pada konsentrasi KOH 1,25 %.

Transesterifikasi dua tahap dapat meningkatkan yield biodisel dari minyak biji

nyamplung walaupun peningkatannya tidak begitu besar. Kondisi terbaik pembuatan biodisel dari minyak biji nyamplung melalui transesterifikasi dua tahap ini adalah pada rasio metanol-minyak 8:1, konsentrasi katalis KOH 1,25 %, suhu 60 °C yang menghasilkan yield biodisel sebesar 92,98 %.

Biodisel yang diperoleh dari minyak biji nyamplung melalui transesterifikasi dua tahap ini menghasilkan biodisel yang sebagian besar telah memenuhi ketentuan SNI 04-7182-2006 sebagai bahan bakar mesin disel dengan kadar metil ester 99,61 %.

DAFTAR PUSTAKA

- _____. 2006. : SNI 04-7182-2006. Biodisel. BSN, Jakarta.
- Bustomi, S.,Tati Rostiwati, T., Sudradjat, R., Leksono, B., Kosasih, S., Anggraeni, I., Syamsuwida, D., Lisnawati, Y., Mile, Y., Djaenudin, D., Mahfudz, Rachman, E. (2008). *Nyamplung (Calophyllum inophyllum L.) Sumber Energi Biofuel yang Potensial*. Jakarta: Badan Litbang Kehutanan.
- Dorado., M.P., Ballesteros, E., De Almeida, J.A., Schellert, C., Lohrlein,H.P. and Krause, R. (2002). An Alkali-Catalyzed Transesterification Process for High Free Fatty Acid Waste Oils. *Transaction of American Society of Agricultural Engineers*. 45: 525-529
- Freedman, B., Butterfield, R.O. and Pryde.E.H. (1986). Transesterification Kinetics of Soybean Oil. *JAOCS*. 63 : 1375 – 1380
- Herizal dan Rahman, M. (2008). Optimalisasi Transesterifikasi Minyak Kelapa Sawit Menjadi Biodisel dengan Katalis NaOH. *Lembaran Publikasi Lemigas*, 42: 61 – 66
- Hingu, S.M., Gogate, P.R., Rathod, V.K. (2010). Synthesis of from Waste Cooking Oil using Sonochemical Reactors. *Ultrasonics Sonochemistry* 17: 827–832
- Kansedo, J., Lee, K.T. and Bhatia, S. (2008). Biodisel Production from Palm Oil via Heterogeneous Transesterification. *Biomass Bioenergy*. 33: 271–276.
- Knothe, G., Van Gerpen, J. H. and Krahl, J. (2005). *The biodisel handbook*, AOCS Press, Champaign, Ill.
- Koh, M.Y., Mohd, T.I. and Ghazi. (2011). A Review of Production from *Jatropha Curcas* L. Oil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15 : 2240–2251
- Leung, D.Y.C., Wu, X. and Leung, M. K. H. (2010). A review on Production Using Catalyzed *Transesterification*. *Applied Energy* 87: 1083-1095
- Meher, L.C., Vidya S..D. and Naik, S.N. (2004). Technical Aspect of Biodisel Production by Transesterification. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 10: 248-268.
- Mendow, N.S., Veizaga, B.S. and Sanchez, C.A. (2011). Biodisel Production by Two-Stage Transesterification with Etanol. *Bioresource Technology* 102: 10407–10413
- Muniarsih, D. (2009). *Kajian Proses Produksi Biodisel dari Minyak Biji Nyamplung (Calophyllum inophyllum L.)*. Skripsi, Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor
- Phan, A.N. and Phan, T.M. (2008). Production from Waste Cooking Oils. *Fuel* 87: 3490–3496
- Prihandana, P., Hendroko, R. dan Munamin, M. (2006). *Menghasilkan Biodisel Murah Mengatasi Polusi dan Kelangkaan BBM*. Jakarta : PT. Agromedia Pustaka
- Soerawidjaja,T.H. (2006). Raw Material Aspects of Biodisel Production in Indonesia. *Seminar “Business Opportunities of Biodisel into the Fuel Market in Indonesia”*, 8 Maret 2006. Jakarta: BPPT
- Sumangat, D. dan Hidayat, T. (2008). Karakteristik Metil Ester Minyak Jarak Pagar Hasil Poses Transesterifikasi satu dan dua Tahap. *J.Pascapanen* 5: 18-26
- Supriadi, H. dan Balitri, E. R. 2012. Potensi Pemanfaatan Biji Karet sebagai Biodisel Ramah lingkungan. *Warta Penelitian dan Pengembangan Tanaman Industri* 18: 16 – 19
- Venkanna, B.K. and Venkataramana, R.C. (2009). Biodisel Production and Optimization from *Calophyllum Inophyllum* Linn Oil (Honne Oil) – A Three Stage Method. *Bioresource Technology* 100: 5122–5125
- Wang, R., Zhou,W.W., Hanna, M.A., Zhang, Y.P., Bhadury, P.S., Wang, Y., Song, B.A. and Yang, S. (2012). Preparation, Optimization, and Fuel Properties from Non-Edible Feedstock,*Datura Stramonium* L. *Fuel* 91: 182–186