

Proses *Pretreatment Sludge Palm Oil* sebagai Bahan Baku Pembuatan Biodiesel dengan Dua Tahap Esterifikasi dan Transesterifikasi

Nur Asma Deli¹

^{1,2}Teknik Pengolahan Sawit Politeknik Kampar
Jln. Tengku Muhammad KM 2 Bangkinang Indonesia
nur_asma@poltek-kampar.ac.id

Intisari— Biodiesel adalah bahan bakar alternatif bagi bahan bakar solar berbasis petroleum yang terbuat dari sumber terbarukan seperti minyak nabati atau lemak hewani. Keunggulan biodiesel sebagai bahan bakar antara lain diproduksi dari bahan baku yang dapat diperbarui, dapat digunakan pada kebanyakan mesin diesel tanpa modifikasi atau hanya sedikit modifikasi, bersifat biodegradable, tidak beracun dan ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan kondisi operasi terbaik proses produksi biodiesel dari sludge palm oil dengan reaksi esterifikasi dan transesterifikasi secara terpisah dan serentak. Reaksi dijalankan pada temperatur refluks larutan yaitu 650C dengan menggunakan pelarut metanol. Reaksi esterifikasi menggunakan katalis H₂SO₄ dengan konsentrasi 1% serta waktu reaksi 15, 30, 45, 60, 90 dan 120 menit, sedangkan reaksi transesterifikasi menggunakan katalis NaOH dengan konsentrasi 1% untuk proses dua tahap dan katalis H₂SO₄ untuk proses satu tahap dengan waktu reaksi 1, 2, 3, 4 dan 5 jam. Proses esterifikasi dapat menurunkan kadar asam lemak bebas dari 10,8% menjadi 1.69% dalam waktu 30 menit. Proses satu tahap menghasilkan biodiesel dengan perolehan 65,67% dalam waktu 1 jam dengan karakteristik biodiesel bilangan asam 0.79 mgKOH/g, Viskositas kenematik 11.35 cSt dan densitas 920.56 kg/m³. Proses dua tahap menghasilkan biodiesel dengan perolehan 92,71 dalam waktu 2 jam dengan karakteristik biodiesel bilangan asam 5.87 mgKOH/g, Viskositas kenematik 5.6 cSt dan densitas 930 kg/m³

Kata kunci— Biodiesel, sludge palm oil, esterifikasi, transesterifikasi.

Abstract— Biodiesel is an alternative fuel to petroleum-based diesel fuel made from renewable sources such as vegetable oils or animal fats. The advantages of biodiesel as a fuel include being produced from renewable raw materials, can be used in most diesel engines without modification or only slight modification, is biodegradable, non-toxic and environmentally friendly. This study aims to obtain the best operating conditions for the production of biodiesel from palm oil sludge by separate and simultaneous esterification and transesterification reactions. The reaction was carried out at a solution reflux temperature of 650C using methanol solvent. The esterification reaction uses H₂SO₄ catalyst with a concentration of 1% and reaction times of 15, 30, 45, 60, 90 and 120 minutes, while the transesterification reaction uses NaOH catalyst with a concentration of 1% for a two-stage process and H₂SO₄ catalyst for a one-stage process with reaction times of 1, 2, 3, 4 and 5 hours. The esterification process can reduce the free fatty acid content from 10.8% to 1.69% within 30 minutes. The one-stage process produced biodiesel with 65.67% yield in 1 hour with biodiesel characteristics of acid number 0.79 mgKOH/g, kinematic viscosity 11.35 cSt and density 920.56 kg/m³. The two-stage process produced biodiesel with a yield of 92.71% in 2 hours with biodiesel characteristics of acid number 5.87 mgKOH/g, viscosity of 5.6 cSt and density of 930 kg/m³.

Keywords— Biodiesel, sludge palm oil, esterifikasi, transesterifikasi.

I. PENDAHULUAN

Biodiesel adalah bahan bakar alternatif bagi bahan bakar solar berbasis petroleum yang terbuat dari sumber terbarukan seperti minyak nabati atau lemak hewani. Keunggulan biodiesel sebagai bahan bakar antara lain diproduksi dari bahan baku yang dapat diperbarui, dapat digunakan pada kebanyakan mesin diesel tanpa modifikasi atau hanya sedikit modifikasi, bersifat biodegradable, tidak beracun dan ramah lingkungan (Knothe 2005, Sibarani 2007).

Salah satu minyak limbah yang dapat digunakan sebagai bahan baku sumber energi adalah minyak limbah dari industri sawit yang dikenal dengan sludge palm oil (SPO). SPO memiliki karakteristik yang berbeda dengan minyak sawit (crude palm oil, CPO) yaitu mempunyai kadar asam lemak bebas tinggi (10–25%) (Deli, 2015; Hayyan dkk, 2010).

Beberapa peneliti telah melakukan proses produksi biodiesel dari sludge palm oil dengan pelarut metanol baik satu tahap esterifikasi maupun dua tahap esterifikasi dan transesterifikasi (Deli, 2015; Nasaruddin dkk, 2013; Guana, 2012; Hayyan dkk, 2010; Usman dkk, 2009). Hasil penelitian menunjukkan bahwa sludge palm oil dapat dijadikan sebagai

bahan baku pembuatan biodiesel namun yield yang dihasilkan belum optimal yaitu berkisar 66% (Deli, 2015) 83% (Wafti, 2012) dan 76,6% (Hayyan, 2010). Rendahnya yield biodiesel yang dihasilkan kemungkinan disebabkan oleh tidak optimalnya proses pretreatment bahan baku karena reaksi transesterifikasi merupakan reaksi yang sangat sensitif terhadap keberadaan air, kotoran dan asam lemak bebas.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan informasi pemrosesan sludge palm oil dengan proses esterifikasi dan transesterifikasi dengan melihat pengaruh kadar asam lemak bebas dan waktu reaksi terhadap perolehan biodiesel dan kualitas biodiesel yang dihasilkan.

II. METODOLOGI

A. Bahan dan Alat

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini sludge palm oil. Pelarut yang digunakan untuk reaksi esterifikasi dan transesterifikasi adalah metanol, sedangkan katalis reaksi esterifikasi asam sulfat dan transesterifikasi natrium hidroksida.

Peralatan yang digunakan untuk melangsungkan proses esterifikasi dan transesterifikasi adalah labu leher tiga yang dilengkapi dengan kondensor, pengaduk magnetik dan pemanas

B. Metode

Karakterisasi Bahan Baku

Bahan baku dikarakterisasi untuk menentukan kadar kotoran dan kadar asam lemak bebas. Penentuan kadar asam lemak bebas dengan cara titrimetri (SNI 01-3555-1998). Pengujian kadar kotoran dilakukan dengan metode penyaringan dan gravimetri (SNI 01-3555-1998).

Esterifikasi

Esterifikasi dilakukan dengan mereaksikan 100 gram minyak dengan metanol dan katalis H₂SO₄. Perbandingan jumlah mol metanol-minyak 20:1 dan katalis yang ditambahkan adalah 1.0% terhadap minyak. Proses esterifikasi dilangsungkan pada temperatur 65 0C selama 15, 30, 45, 60, 90 dan 120 menit.

Esterifikasi-Transesterifikasi

Hasil terbaik dari esterifikasi dilanjutkan dengan proses transesterifikasi. Proses ini dilakukan dengan mereaksikan 100 gram minyak sawit dengan metanol dan katalis NaOH. Perbandingan jumlah mol metanol-minyak 6:1 dan katalis yang ditambahkan adalah 1.0% terhadap minyak. Proses ini dilakukan menggunakan SPO 1. Sedangkan untuk SPO 2 proses esterifikasi dan transesterifikasi dilangsungkan secara simultan pada temperatur 60 0C selama 1, 2, 3, 4, dan 5 jam.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakteristik Sludge Palm Oil

Karakterisasi CPO yang digunakan dalam penelitian ini ditampilkan dalam Tabel 1. Kadar asam lemak bebas dan kadar kotoran masih cukup tinggi, dengan demikian proses pembuatan biodiesel dilakukan melalui dua tahap reaksi yaitu

esterifikasi dan transesterifikasi. Untuk mengurangi kadar kotoran dilakukan dengan penyaringan vakum.

Tabel 1 Karakteristik Sludge Palm Oil

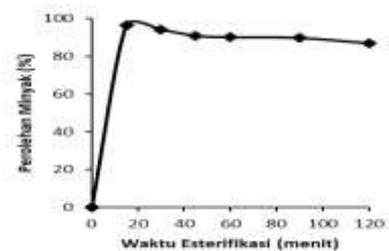
Parameter	SPO 1	SPO 2
Kadar kotoran, %	6.3	29,4
Kadar asam lemak bebas, %	10.8	65,7

B. Esterifikasi

Esterifikasi adalah tahap konversi dari asam lemak bebas menjadi alkil ester. Reaksi esterifikasi dilakukan dengan mereaksikan minyak dengan alkohol dan penambahan katalis asam. Reaksi ini bertujuan untuk menurunkan kadar asam lemak bebas dalam minyak. Asam lemak bebas yang tinggi dalam minyak nabati akan mengkonsumsi katalis basa pada proses transesterifikasi sehingga akan membentuk emulsi sabun yang sulit dipisahkan dan dapat menurunkan perolehan biodiesel (Wang et al, 2007; Sharma et al, 2008).

Perolehan Minyak

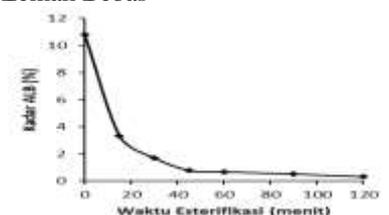
Dari proses esterifikasi berkisar antara 86,91-96.34%. Pengaruh waktu reaksi terhadap perolehan produk esterifikasi ditampilkan pada Gambar 1. Perolehan terendah diperoleh dari perlakuan waktu reaksi 120 menit, sedangkan perolehan tertinggi diperoleh dari perlakuan waktu reaksi 15 menit. proses pembuatan biodiesel dilakukan melalui dua tahap reaksi yaitu esterifikasi dan transesterifikasi.



Gambar 1 Perolehan produk proses esterifikasi

Kenaikan waktu reaksi tidak memberikan peningkatan jumlah perolehan minyak yang dihasilkan. Hal ini disebabkan karena proses esterifikasi merupakan konversi asam lemak bebas menjadi biodiesel, hal ini bertujuan untuk menurunkan kadar asam lemak bebas. Jumlah asam lemak bebas dalam minyak sekitar 10.8%, sehingga tidak memberikan pengaruh terhadap perolehan minyak.

Kadar Asam Lemak Bebas



Gambar 2 Kadar asam lemak bebas minyak hasil esterifikasi

Kadar asam lemak bebas menurun seiring dengan meningkatnya waktu reaksi. Semakin lama waktu reaksi maka semakin besar kesempatan kontak antara reaktan sehingga semakin banyak asam lemak bebas yang terkonversi menjadi metil ester. Namun setelah terjadi kesetimbangan, penambahan waktu reaksi tidak berpengaruh terhadap konversi reaksi. Konversi reaksi terjadi dengan cepat pada 30 menit pertama, setelahnya konversi reaksi lebih lambat. Hal ini dibuktikan dengan besarnya penurunan kadar asam lemak bebas setelah diproses selama 30 menit, sedangkan pemrosesan setelah 30 menit sampai 120 menit hanya sedikit menurunkan kadar asam lemak bebas dalam minyak. Pemrosesan dengan waktu esterifikasi 30 menit mampu menurunkan kadar asam lemak bebas hingga 1.69%. Proses esterifikasi maksimum dapat dicapai dalam waktu 1 jam. Veljkovic et al (2006) melakukan esterifikasi dengan menggunakan katalis asam sulfat dan menghasilkan bahwa esterifikasi dapat menurunkan kadar asam lemak bebas dalam minyak dari 35% menjadi 2% dalam waktu 60 menit. Sama halnya dengan Hayyan et al. (2010) melaporkan bahwa esterifikasi terhadap sludge palm oil selama 1 jam dapat menurunkan kadar asam lemak bebas dari 25.63% menjadi 2.02%.

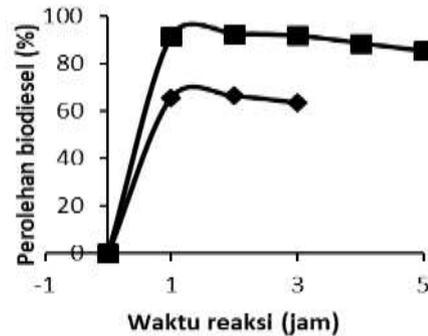
C. Esterifikasi-Transesterifikasi

Reaksi transesterifikasi merupakan reaksi antara trigliserida dengan alkohol menghasilkan alkil ester dan gliserol. Katalis yang biasa digunakan adalah katalis asam, katalis basa dan katalis enzim. Untuk SPO 1 proses transesterifikasi menggunakan katalis basa NaOH, sedangkan untuk SPO 2 proses esterifikasi dan transesterifikasi berlangsung dalam satu reaktor menggunakan katalis asam H2SO4.

Perolehan Biodiesel

Perolehan biodiesel yang dihasilkan dari proses dua tahap esterifikasi-transesterifikasi berkisar antara 63.5 - 66.3%, sedangkan untuk proses satu tahap berkisar antara 85,4 - 92.7%. Peningkatan waktu reaksi tidak memberikan pengaruh terhadap perolehan biodiesel. Perolehan biodiesel untuk proses satu tahap relatif lebih tinggi dibandingkan dengan perolehan biodiesel untuk proses dua tahap. Hal ini dapat disebabkan karena tingginya kadar sama lemak bebas bahan baku SPO proses satu tahap dibandingkan dengan bahan baku SPO dua tahap. Semakin tinggi kadar asam lemak bebas maka semakin banyak perolehan biodiesel dari reaksi esterifikasi (Ozgul-Yucel dan Turkay, 1993).

Pengaruh waktu reaksi terhadap perolehan biodiesel ditampilkan pada Gambar 3.

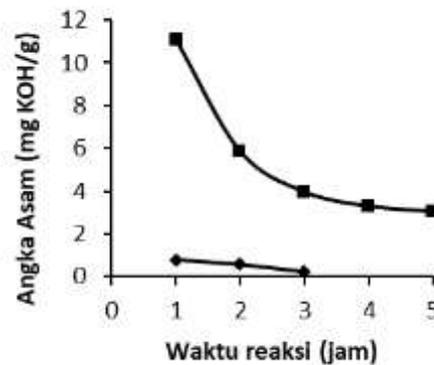


Gambar 3. Perolehan biodiesel hasil esterifikasi - transesterifikasi dengan dua tahap [] dan satu tahap []

Perolehan biodiesel dari penelitian ini hampir berimbang seperti yang dilaporkan Hayyan et al. (2010) dengan perolehan tertinggi 76.62% untuk proses dua tahap esterifikasi dan transesterifikasi dan lebih tinggi untuk proses satu tahap esterifikasi-transesterifikasi berkatalis asam.

Bilangan Asam

Bilangan asam biodiesel yang diperoleh dari penelitian ini berkisar 0.22-0.79 mgKOH/g untuk proses dua tahap dan 3,05 - 11,10 mgKOH/g untuk proses satu tahap. Pengaruh waktu reaksi terhadap bilangan asam ditampilkan pada Gambar 4. Peningkatan waktu reaksi dapat menurunkan bilangan asam biodiesel yang dihasilkan.

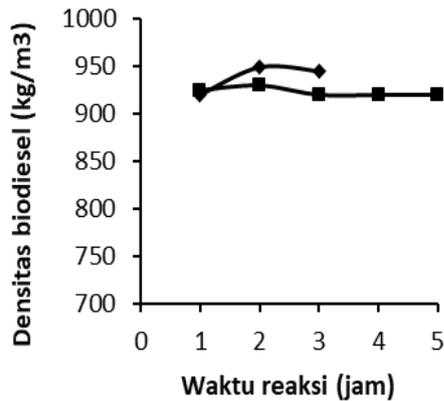


Gambar 4. Bilangan asam biodiesel hasil esterifikasi - transesterifikasi dengan dua tahap [] dan satu tahap []

Densitas

Densitas biodiesel yang dihasilkan dari penelitian ini berkisar antara 920 - 944 kg/m³ untuk kedua proses baik satu tahap maupun dua tahap. Pengaruh waktu reaksi terhadap densitas biodiesel ditampilkan pada Gambar 5.

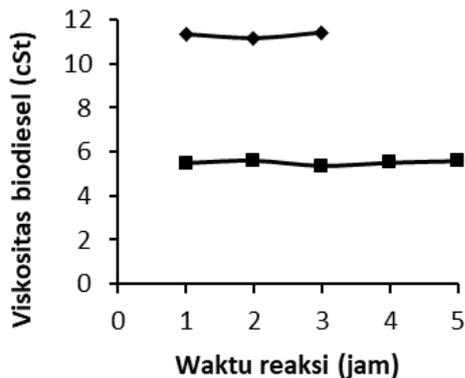
Densitas biodiesel yang dihasilkan belum memenuhi Standar Nasional Indonesia yaitu 850-890 kg/m³. Densitas biodiesel dari bahan baku minyak goreng bekas adalah 886 kg/m³ (Kheang at al. 2006b) dan dari bahan baku CPO adalah 875 kg/m³ (Kalam & Masjuki 2002).



Gambar 5. Densitas biodiesel hasil esterifikasi - transesterifikasi dengan dua tahap [] dan satu tahap []

Viskositas Kinematik

Viskositas kinematik biodiesel yang dihasilkan dari penelitian ini untuk proses dua tahap berkisar antara 11.18-11.43 cSt, sedangkan untuk proses satu tahap berkisar antara 5,37 – 5,60 cSt. Pengaruh waktu reaksi terhadap viskositas kinematik biodiesel ditampilkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Viskositas biodiesel hasil esterifikasi - transesterifikasi dengan dua tahap [] dan satu tahap []

Viskositas yang dihasilkan dari proses satu tahap relatif lebih rendah dibandingkan dengan viskositas biodiesel dua tahap. Hal ini dapat disebabkan karena banyaknya asam lemak bebas dan trigliserida yang terkonversi menjadi biodiesel pada proses satu tahap, hal ini dibuktikan dengan tingginya perolehan biodiesel untuk proses satu tahap. Semakin banyak metil ester yang terbentuk maka makin kecil harga viskositas biodiesel. Nilai viskositas kinematik biodiesel menurut Standar Nasional Indonesia yaitu 2.3 - 6.0 cSt.

Peningkatan waktu reaksi tidak memberikan pengaruh terhadap nilai viskositas biodiesel, hal ini kemungkinann karena reaksi esterifikasi maupun transesterifikasi telah terjadi secara sempurna pada jam pertama reaksi hal ini dibuktikan dengan tingginya perolehan biodiesel di jam awl reaksi.

IV. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini yaitu rasio TKKS dan pelepah berpengaruh dalam proses pembuatan pulp. Rasio terbaik yaitu pada rasio 40:20 dengan rendemen yang tertinggi sebesar 45,88%, kadar lignin yang dihasilkan sebesar 2,38%, bilangan kappa yang dihasilkan sebesar 0,31%, kadar air sebesar 10,18% dan kadar abu 3,39%. Hasil diatas menunjukkan bahwa *pulp* yang dihasilkan masuk kategori *low yield* sehingga perlu treatment lebih lanjut untuk meningkatkan rendemennya.

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Karakteristik bahan baku sludge palm oil satu (SPO 1) memiliki kadar kotoran 6.3%, kadar asam lemak bebas 10.8% dan (SPO 2) memiliki kadar kotoran 29,4%, kadar asam lemak bebas 65,7%
2. Proses esterifikasi untuk SPO 1 mampu menurunkan kadar asam lemak bebas dari 10.8 menjadi 1.69% dalam waktu 30 menit.
3. Proses esterifikasi-transesterifikasi dua tahap menghasilkan perolehan biodiesel 65.67% pada waktu 1 jam dengan karakteristik bilangan asam 0.79 mgKOH/g, Viskositas kenematik 11.35 cSt dan densitas 920.56 kg/m3.
4. Proses esterifikasi-transesterifikasi satu tahap menghasilkan perolehan biodiesel 92,71% pada waktu 2 jam dengan karakteristik bilangan asam 5.87 mgKOH/g, Viskositas kenematik 5.6 cSt dan densitas 930 kg/m3

4. SARAN

Selama proses esterifikasi dan transesterifikasi, sering terjadi memadatnya minyak yang dihasilkan hal ini disebabkan karena banyaknya kandungan asam lemak jenuh dalam minyak, sehingga disarankan untuk proses selanjutnya pemurnian biodiesel tidak menggunakan proses basah (pencucian biodiesel) melainkan dengan pemurnian kering.

REFERENSI

[BSN] Badan Standarisasi Nasional. 2006. Standar Nasional Indonesia No. 04-7182-2006 tentang biodiesel. Jakarta. BSN.

[BSN] Badan Standarisasi Nasional. 1998. Standar Nasional Indonesia No. 01-3555-1998 tentang cara uji minyak dan lemak. Jakarta. BSN.

Canakci M, Van Gerpen J. 2001. Biodiesel production from oils and fats with high free fatty acids. *Trans ASAE*. 44(6):1429-1436.

Choo YM. 2004. Transesterification of palm oil: Effect of reaction parameters. *J Oil Palm Res*. 16(2):1-11

Hayyan A, Alam MZ, Mirghani MES, Kabbashi NA, Hakimi NINM, Siran YM, Tahiruddin S. 2010. Production of biodiesel from sludge palm oil by esterification process. *Journal of Energy and Power Engginering*. 4(1):11-17.

Kalam MA, Masjuki HH. 2002. Biodiesel from palm oil: An analysis of its properties and potential. *Biomass Bioenerg* 23:471-479.

- Kheang, S. L, Cheng S. F, Choo Y. M, dan Ma Ah Ngan. 2006, A Study of Residual Oils Recovery from Spent Bleaching Earth : Their Characteristics and Applications. *American Journal of Applied Sciences* 3 (10): 2063-2067
- Knothe G. 2005. Dependence of biodiesel fuel properties on the structure of fatty acid alkyl ester. *Fuel Process Technol.* 86:1059– 1070.
- Sharma YC, Singh B, Upadhyay SN. 2008. Advancements in development and characterization of biodiesel: A review. *Fuel.* 87(12):2355-2373.
- Sibarani J, Khairi S, Yoeswono, Wijaya K, Tahir I. 2007. Effect of empty bunch ash on transesterification of palm oil into biodiesel. *Indo J Chem.* 7(3):314-319.
- Veljkovic VB, Lakicevic SH, Stamenkovic OS, Todorovic ZB, Lazic, ML. 2006. Biodiesel production from tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) seed oil with a high content of free fatty acids, *Fuel* 85:2671–2675.
- Wang Y, Ou S, Liu P, Zhang Z. 2007. Preparation of biodiesel from waste cooking oil via two-step catalyzed process. *Energy Convers Manage.* 48:184-188.
- Zhang Y, Dubé MA, McLean DD, Kates M. 2003. Biodiesel production from waste cooking oil: 1. Process design and technological assessment. *Bioresour Technol.* 89:1-16.