

LIMBAH CAIR INDUSTRI MINYAK GORENG SAWIT SEBAGAI BAHAN BAKU PEMBUATAN BIODIESEL

Haryono^{*}, Solihudin, Evy Ernawati, Surya Pramana

¹Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Padjadjaran,
Jl. Raya Bandung-Sumedang Km. 21, Jatinangor, Sumedang, Jawa Barat 45363, Indonesia

*Email: *haryono@unpad.ac.id*

Diterima: 05 Januari 2019. Disetujui: 17 Januari 2019. Dipublikasikan: 30 Januari 2019

DOI: 10.30870/educhemia.v4i1.5030

Abstract: In the production process of palm cooking oil are produced the various types of waste, one of which is liquid waste. The liquid waste is estimated to still contain fatty acids which are relatively potential as raw materials for biodiesel synthesis. This study aims to determine the optimum condition of the trans-esterification stage with NaOH catalyst on the utilization of liquid waste from palm cooking oil industry as a raw **material** for biodiesel synthesis. The optimum conditions for the trans-esterification stage were studied based on the parameters of the mole ratio of oil to methanol (1: 5, 1: 7, 1: 9, and 1: 1) and the NaOH catalyst content (0.3, 0.5, and 0.7%-w/w). The biodiesel synthesis in this study was carried out in 5 stages, namely: raw material characterization, esterification stage with H₂SO₄ catalyst, trans-esterification stage with NaOH catalyst, biodiesel purification, and biodiesel characterization. The results showed that the optimum condition at the trans-esterification stage were achieved in the reaction with oil to methanol mole ratio of 1: 5 and 0.5% NaOH catalyst content. In this condition biodiesel was produced with yield of 87.62% and it have the characteristics of density, viscosity, acid number, flash point, and energy content were 863.5 kg/m³, 4.1 mm²/s, 1.61 mg KOH/g of biodiesel, 140°C, and 38.22 MJ/kg, respectively.

Keywords: Biodiesel; Cooking Oil Industry; Liquid Waste; Palm

Abstrak: Pada proses produksi minyak goreng sawit dihasilkan berbagai jenis limbah, salah satunya adalah limbah cair. Limbah cair tersebut diperkirakan masih mengandung asam lemak yang relatif potensial sebagai bahan baku untuk sintesis biodiesel. Penelitian ini bertujuan menentukan kondisi terbaik tahap transesterifikasi dengan katalis NaOH pada pemanfaatan limbah cair industri minyak goreng kelapa sawit sebagai bahan baku sintesis biodiesel. Kondisi terbaik tahap transesterifikasi tersebut dipelajari berdasarkan parameter rasio mol minyak terhadap metanol (1:5, 1:7, 1:9, dan 1:1) dan kadar katalis NaOH (0,3, 0,5, dan 0,7%-b/b). Sintesis biodiesel pada penelitian ini dilakukan melalui 5 tahap, yaitu: karakterisasi bahan baku, tahap esterifikasi dengan katalis H₂SO₄, tahap transesterifikasi dengan katalis NaOH, pemurnian biodiesel, dan karakterisasi biodiesel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi terbaik pada tahap transesterifikasi dicapai pada reaksi dengan rasio mol minyak terhadap metanol sebesar 1:5 dan kadar katalis NaOH sebanyak 0,5%.

Pada kondisi tersebut dihasilkan biodiesel dengan rendemen 87,62% dan karakteristik berupa densitas, viskositas, bilangan asam, titik nyala, dan kandungan energi berturut-turut sebesar 863,5 kg/m³, 4,1 mm²/s, 1,61 mg KOH/g biodiesel, 140°C, dan 38,22 MJ/kg.

Kata kunci: Biodiesel; Industri Minyak Goreng; Limbah Cair; Sawit

PENDAHULUAN

Ketergantungan terhadap minyak bumi atau BBM (bahan bakar minyak) sebagai sumber energi masih menjadi fenomena yang dihadapi oleh hampir semua negara, termasuk Indonesia. Konsumsi energi jenis BBM (bensin, minyak solar, minyak diesel, minyak tanah, minyak bakar, avtur dan avgas) di Indonesia dari tahun 2010-2015 menunjukkan jumlah dominan, yaitu sebesar mencapai 25% dari total konsumsi energi nasional, dengan peningkatan konsumsi sekitar 4,7% per tahun (BPPT, 2017). Hal tersebut mengakibatkan cadangan minyak bumi semakin berkurang jika tidak ditemukan cadangan baru. Cadangan minyak bumi nasional per 1 Januari 2015 mengalami penurunan sebesar 1,2% dibandingkan tahun sebelumnya, yaitu sebanyak 3,70 miliar barel cadangan potensial dan 3,60 miliar barel cadangan terbukti. Cadangan minyak bumi nasional tersebut hanya sekitar 0,2% dari cadangan minyak bumi dunia. Selain itu dalam hal laju produksi dan konsumsi BBM terjadi

ketidakseimbangan dimana laju konsumsi BBM semakin meningkat, sedangkan laju produksi minyak cenderung menurun selama 10 tahun terakhir, dari 800 ribu barel per hari pada tahun 2006 menjadi 690 ribu barel per hari pada tahun 2015. Permasalahan-permasalahan energi tak terbarukan terutama minyak dan gas bumi telah mendorong pihak pemerintah untuk menjadikan energi baru dan terbarukan (EBT), salah satunya biodiesel, sebagai prioritas utama untuk menjaga ketahanan dan kemandirian energy (Dewan Energi Nasional, 2016).

Bahan bakar alternatif potensial sebagai substitusi BBM jenis minyak diesel adalah biodiesel. Pemerintah melalui Peraturan Menteri ESDM No. 12/2015 telah mengatur mandatori biodiesel tentang pemakaian biodiesel maksimum 30% pada tahun 2025 (BPPT, 2017). Biodiesel merupakan jenis bahan bakar terbarukan. Sebagai bahan bakar mesin diesel, biodiesel memiliki bilangan setana yang tinggi, memiliki sifat pelumasan yang baik, dan dapat digunakan dengan sedikit atau tanpa

modifikasi mesin, atau dengan pertimbangan tertentu dapat dicampur dengan minyak diesel (Murugesan *et al.*, 2009).

Biodiesel dapat dibuat dari asam lemak dengan proses esterifikasi, atau dari minyak/lemak dengan proses transesterifikasi. Asam lemak dan minyak/lemak tersedia dalam berbagai jenis bahan baku, seperti minyak nabati, minyak/lemak hewan, dan minyak goreng bekas (Knothe *et al.*, 2005). Selain jenis-jenis bahan baku tersebut, limbah cair dari industri proses pengilangan minyak sawit menjadi minyak goreng berpotensi menjadi bahan baku untuk pembuatan biodiesel.

Minyak sebagai bahan baku biodiesel dengan kadar asam lemak bebas (ALB) tinggi (0,5-3%), jika menggunakan katalis basa homogen, harus diselenggarakan dalam 2 tahap proses, yaitu esterifikasi dan transesterifikasi (Atadashi *et al.*, 2013). Keberhasilan pembuatan biodiesel melalui 2 tahap proses tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu jenis bahan baku, jenis katalis dan kondisi reaksi. Pada penggunaan katalis homogen, tahap esterifikasi umumnya digunakan H_2SO_4 sedangkan tahap transesterifikasi digunakan katalis NaOH atau KOH. Haryono dan Marliani (2014) telah

melakukan sintesis biodiesel dari minyak biji kapuk secara 2 tahap dengan katalis H_2SO_4 sebanyak 5% dan NaOH sebanyak 1% pada suhu $60^\circ C$, dan rasio mol minyak terhadap metanol sebesar 1:6. Biodiesel dari minyak nyamplung telah disintesis secara 2 tahap dengan katalis H_2SO_4 sebanyak 0,5% dan KOH sebanyak 1% pada suhu $60^\circ C$ selama 2 jam, dan rasio mol minyak terhadap metanol sebesar 1:6 (Gandhi *et al.*, 2011). Sedangkan minyak jarak telah dikonversi menjadi biodiesel secara 2 tahap dengan katalis H_2SO_4 sebanyak 0,25-1% dan katalis KOH sebanyak 0,5% pada suhu $60^\circ C$ selama 2 jam dan pada rasio mol minyak terhadap metanol untuk masing-masing tahap sebesar 1:6 dan 1:9 (Patil and Deng, 2009). Minyak nabati dan lemak dari berbagai jenis sumber tersebut memiliki karakteristik tertentu, sehingga sangat mungkin membutuhkan kondisi reaksi berbeda.

Selain minyak nabati dan lemak, limbah cair yang dihasilkan dari proses pengolahan kelapa sawit menjadi minyak goreng merupakan bahan baku pembuatan biodiesel potensial. Hal tersebut disebabkan di dalam limbah cair industri minyak goreng masih terdapat asam lemak, baik sebagai asam lemak bebas maupun trigliserida yang cukup banyak (Hayyan *et al.*, 2010).

Penelitian ini dimaksudkan untuk memanfaatkan limbah cair dari industri minyak goreng lokal sebagai bahan baku pembuatan biodiesel dan menentukan kondisi optimum pada tahap transesterifikasi. Kondisi reaksi pada tahap transesterifikasi yang dipelajari adalah kadar katalis NaOH dan rasio mol minyak terhadap metanol.

METODE

Metode penelitian dilakukan dengan eksperimen di laboratorium untuk mengoleksi data-data primer. Prosedur eksperimen meliputi: preparasi limbah cair industri minyak goreng (LCIMG) sawit (dari PT Incasi Raya di Padang, Sumatera Barat), karakterisasi LCIMG sawit, sintesis biodiesel, pemurnian biodiesel, dan karakterisasi biodiesel.

Sintesis biodiesel dilakukan dengan prosedur sebagai berikut: LCIMG sawit pada tahap esterifikasi direaksikan dengan metanol pada rasio limbah cair terhadap metanol (99,9%, Merck) sebesar 1:3 (b/v). Reaksi dibantu dengan katalis H₂SO₄ pekat (Merck, 95-97%) sebanyak 10%-v/v terhadap limbah cair. Esterifikasi diselenggarakan selama 2 jam pada suhu 60°C. Hasil esterifikasi kemudian dicuci dengan akuades panas sampai pH-nya netral. Setelah dilakukan penguapan air dan metanol sisa, hasil

esterifikasi kemudian direaksikan lanjut pada tahap transesterifikasi. Tingkat konversi ALB menjadi metil ester sebagai ukuran kinerja esterifikasi ditentukan berdasarkan persamaan (1). Pada transesterifikasi, cairan hasil esterifikasi direaksikan dengan metanol pada rasio mol minyak (didasarkan pada nilai bilangan penyabunan dan bilangan asam dari cairan hasil esterifikasi) terhadap metanol sebesar 1:5, 1:7, 1:9, dan 1:11. Pengaruh katalis NaOH (Merck, ≥ 97%) terhadap reaksi dipelajari pada kadar katalis sebanyak 0,3, 0,5, dan 0,7%-b/b. Reaksi dilangsungkan selama 2 jam pada suhu 60°C. Setelah dilakukan pemurnian, biodiesel hasil transesterifikasi selanjutnya dianalisis. Keoptimuman kondisi reaksi, pada tahap awal, ditentukan berdasarkan parameter densitas, viskositas, dan rendemen. Rendemen dihitung dengan persamaan (2).

$$\text{Konversi ALB} = \left(\frac{\text{BAS}_0 - \text{BAS}}{\text{BAS}_0} \right) \cdot 100\% \dots (1)$$

$$\text{Rendemen} = \left(\frac{\text{M biodiesel}}{\text{M LCIMG sawit}} \right) \cdot 100\% \dots (2)$$

dengan: BAS₀, BAS = bilangan asam awal dan setelah esterifikasi,
M = massa

Jenis dan komposisi asam lemak dalam limbah cair minyak dan biodiesel ditentukan dengan GC-MS (Shimadzu QP 2010 ULTRA, Kyoto, Jepang). Penentuan kandungan energi dan titik nyala biodiesel dilakukan dengan kalorimeter bom maks. pengukuran 40 MJ/kg (Model 5E-AC/PL, Changsha, China), dan pengukur titik nyala Pensky-Marteen mangkok tertutup (NPM 220, Normalab Analis, Namur, Belgia). Viskometer *Cannon-Fenske* digunakan untuk menentukan viskositas dengan air panas di *water bath* sebagai media pengkondisian suhu pengukuran.

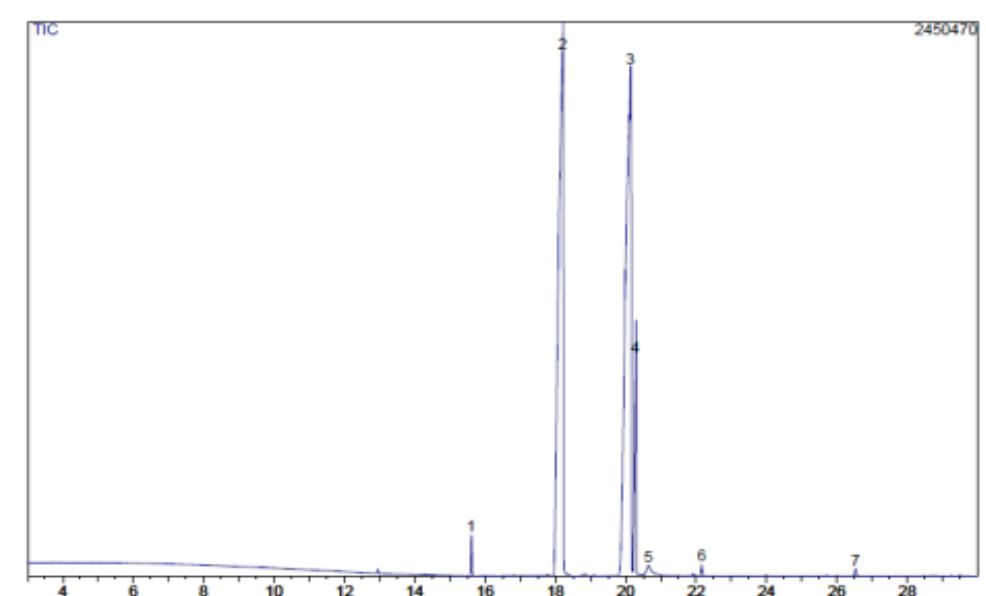
HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik LCIMG Sawit

Limbah cair sebagai bahan baku pembuatan biodiesel pada penelitian ini

diambil dari insustri yang memroses kelapa sawit menjadi minyak goreng. Oleh karena itu dapat diperkirakan bahwa limbah cair tersebut mengandung komponen utama berupa asam lemak jenis asam oleat (C18:1) dan asam palmitat (C16:0) sebagai 2 jenis asam lemak dominan dalam minyak sawit (Haryono dkk., 2017; Dauqan *et al.*, 2011; Sanford *et al.*, 2009). Jenis dan komposisi asam lemak dari LCIMG sawit ditampilkan pada Tabel 1 dan Gambar 1.

Tabel 1 dan Gambar 1 menunjukkan bahwa jenis dan komposisi asam lemak dominan dalam LCIMG sawit yang digunakan pada penelitian ini adalah asam oleat (48,56%) dan asam palmitat (43,83%). Kedua jenis asam lemak tersebut sebagai komponen utama dari LCIMG sama dengan yang terdapat pada minyak sawit.



Gambar 1. Kromatogram LCIMG sawit dari hasil CG-MS

Tabel 1. Jenis dan Komposisi Asam Lemak dari LCIMG Sawit

Puncak	Waktu Retensi (menit)	Jenis Asam Lemak	Singkatan Umum	BM (g/mol)	Luas Puncak (%)
1	15,62	Asam miristat	C14:0	228,38	0,74
2	18,20	Asam palmitat	C16:0	256,43	43,83
3	20,13	Asam oleat	C18:1	282,47	48,56
4	20,28	Asam stearat	C18:0	284,48	5,92
6	22,16	Asam palmitat, 14-metil	-	270,43	0,21

Selain kedua jenis asam lemak dominan tersebut, terdapat dalam kadar yang lebih sedikit, yaitu asam miristat, asam stearat, dan asam palmitat,14-metil. Asam palmitat,14-metil (asam palmitat termetilasi pada atom C no. 14) ini diduga merupakan asam lemak turunan sebagai dampak dari tahapan-tahapan pemrosesan minyak sawit menjadi minyak goreng. Sedangkan puncak 5 dan 7 (tidak dinyatakan pada Tabel 1) merupakan puncak-puncak dari pengotor berupa senyawa alkohol, berturut-turut adalah 9-oktadeke-1-ol dan 6,10,14-heksadekatrien-1-ol,3,7,11,15-tetrametil.

Selain jenis dan komposisi asam lemak, terhadap LCIMG sawit pada penelitian ini juga ditentukan sifat-sifat kimia fisik lainnya. Hasil pengujian ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Sifat kimia fisik dari LCIMG sawit (setelah pemurnian)

Parameter	Satuan	Nilai
Bilangan asam	mg KOH/g	40,96
Bilangan penyabunan	mg KOH/g	240,38
Densitas (pada 40°C)	kg/m ³	935,2
Viskositas (pada 40°C)	mm ² /s	13,4

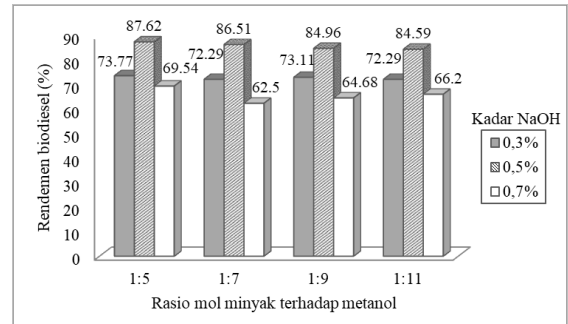
Berdasarkan jenis dan komposisi asam lemak serta nilai bilangan asam tersebut, kadar asam lemak bebas dari LCIMG sawit pada penelitian ini dapat ditentukan sekitar 19,62%. Agar minyak nabati atau lemak dapat langsung ditransesterifikasi dengan katalis basa homogen, kadar asam lemak bebas dari minyak atau lemak tersebut harus kurang dari 0,5%, atau di penelitian lain mensyaratkan tidak lebih dari 3,0% (Atadashi et al., 2013). Oleh karena itu, pada penelitian ini, sintesis biodiesel dilakukan secara 2 tahap, esterifikasi dan transesterifikasi. Berdasarkan data pada Tabel 1 dan nilai bilangan asam serta penyabunan, diperoleh massa molekul relatif rata-rata minyak, sebagai trigliserida, dari LCIMG sawit sekitar 843,97 g/mol. Sementara itu, jika menyertakan pengotor hanya berupa ALB, diperoleh Mr LCIMG sawit sekitar 594,32 g/mol. Relatif rendahnya nilai Mr LCIMG sawit tersebut menunjukkan kadar ALB dalam LCIMG sawit yang tinggi.

Sintesis Biodiesel: Tahap Esterifikasi

Tahap esterifikasi dimaksudkan untuk mengurangi kadar asam lemak bebas dari LCIMG sawit dengan mengkonversinya menjadi metil ester sehingga dicapai kadar asam lemak bebas yang diijinkan pada tahap transesterifikasi. Pada penelitian ini, setelah dilakukan esterifikasi, bilangan asam LCIMG sawit mengalami penurunan secara signifikan menjadi sekitar 2,68 mg KOH/g sampel, atau setara dengan sekitar 2,0% sebagai kadar ALB. Kadar ALB tersebut merupakan batas maksimum yang diijinkan terdapat dalam bahan baku untuk tahap transesterifikasi dengan katalis basa homogen (Sahoo *et al.*, 2007). Sesuai perhitungan dengan persamaan (1) diperoleh tingkat konversi ALB menjadi metil ester sebesar 93,46%.

Tahap Trans-esterifikasi

Pada penelitian ini, transesterifikasi dipelajari sebagai upaya menentukan kondisi reaksi (rasio mol minyak terhadap metanol dan kadar NaOH) optimum berdasarkan parameter rendemen dan kualitas biodiesel yang dihasilkan. Pengaruh rasio mol minyak/metanol dan kadar NaOH terhadap rendemen biodiesel ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Hubungan antara rasio mol minyak terhadap metanol dengan rendemen biodiesel pada berbagai kadar NaOH

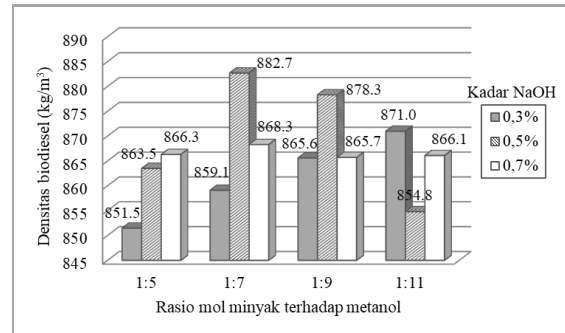
Pengaruh kadar katalis NaOH terhadap rendemen biodiesel, sesuai ilustrasi di Gambar 2, menunjukkan kecenderungan yang konsisten pada semua variasi rasio mol minyak terhadap metanol. Rendemen biodiesel mengalami peningkatan seiring dengan penambahan NaOH dari 0,3%-b/b menjadi 0,5%-b/b. Namun, ketika kadar NaOH ditingkatkan menjadi 0,7%-b/b, rendemen biodiesel justru mengalami penurunan. Penggunaan NaOH berlebih dari kondisi optimum dapat menyebabkan terjadinya reaksi samping berupa reaksi hidrolisis terhadap minyak menjadi asam lemak bebas. Pembentukan asam lemak bebas tersebut selain mengurangi minyak yang seharusnya bereaksi dengan metanol menghasilkan biodiesel, juga dapat bereaksi lanjut dengan NaOH membentuk sabun (Gerpen *et al.*, 2004). Terbentuknya sabun akan menghasilkan campuran kompleks yang tidak diinginkan berupa sabun, ALB, gliserol, air, metanol

sisanya, minyak yang tidak bereaksi, dan biodiesel (Lotero *et al.*, 2005). Pada saat pencucian biodiesel, keberadaan sabun akan menyebabkan terbentuknya emulsi, sehingga pemurnian biodiesel menjadi lebih sulit dan rendemen biodiesel akan berkurang karena terikat bersama air limbah pencucian (Leung & Guo, 2006).

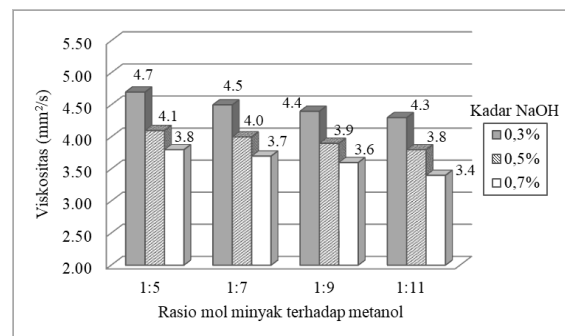
Kecenderungan berbeda dijumpai pada pemvariasian rasio mol minyak terhadap metanol. Pada berbagai nilai rasio mol minyak terhadap metanol (1:5 sampai 1:11) untuk tiap kadar NaOH yang ditinjau, nampak tidak terdapat perubahan rendemen biodiesel secara signifikan, yaitu sekitar 72,29-73,77% pada kadar NaOH sebanyak 0,3%, 84,59-87,62% pada kadar NaOH sebanyak 0,5%, dan 62,50-69,54% pada kadar NaOH sebanyak 0,7%. Nilai-nilai rendemen biodiesel tersebut kemudian dikonfirmasi dengan parameter mutu biodiesel berupa densitas dan viskositas untuk menentukan keoptimuman kondisi reaksi. Hubungan antara rasio mol minyak terhadap metanol dan kadar NaOH dengan densitas dan viskositas biodiesel ditampilkan pada Gambar 3 dan 4.

Gambar 3 dan 4 menunjukkan bahwa biodiesel dari LCIMG sawit pada penelitian ini, berdasarkan parameter mutu densitas dan viskositas, telah memenuhi syarat mutu sesuai SNI

biodiesel (SNI 7182:2015). Pada biodiesel murni (tanpa terdapat pengotor), nilai densitas dan viskositasnya dipengaruhi oleh struktur molekul asam lemak pembentuk ester dari komponen-komponen penyusun biodiesel tersebut.



Gambar 3. Hubungan antara rasio mol minyak terhadap metanol dengan densitas biodiesel pada berbagai kadar NaOH (SNI Biodiesel: min. 850 kg/m³ dan maks. 890 kg/m³)



Gambar 4. Hubungan antara rasio mol minyak terhadap metanol dengan viskositas biodiesel pada berbagai kadar NaOH (SNI Biodiesel: min. 2,3 mm²/s dan maks. 6,0 mm²/s)

Densitas biodiesel dipengaruhi oleh jumlah (persentase) ikatan rangkap dua dari asam lemak tak jenuh pembentuk ester dari biodiesel. Biodiesel berupa ester dari asam lemak tak jenuh dengan ikatan karbon rangkap dua lebih dari dua sebanyak lebih dari 25%-b menunjukkan

keterkaitan dengan peningkatan densitas biodiesel (Sanford *et al.*, 2009). Sebagai contoh, densitas biodiesel dari minyak tung sebesar 903 kg/m^3 . Nilai densitas tersebut sebagai dampak minyak tung tersusun dari asam linolenat (C18:3) sebanyak 72,2% (Dauqan *et al.*, 2011; Sanford *et al.*, 2009). Jenis asam lemak penyusun utama dari LCIMG sawit sebagai bahan baku pada penelitian ini adalah asam palmitat (C16:0) dan asam oleat (C18:1), serta tidak terdapat asam lemak tak jenuh dengan ikatan rangkap dua lebih dari satu (Tabel 1). Oleh karena itu, sesuai Gambar 3, nilai densitas biodiesel dari semua perlakuan pada penelitian ini lebih kecil dari batas maksimal yang dipersyaratkan oleh SNI biodiesel.

Viskositas biodiesel dari semua perlakuan rasio mol dan kadar NaOH memenuhi SNI biodiesel (Gambar 4). Viskositas biodiesel berhubungan dengan panjang pendeknya dan banyaknya ikatan rangkap dari rantai karbon asam lemak pembentuk ester penyusun biodiesel. Semakin panjang dan semakin banyak ikatan tunggal (jenuh) pada rantai karbon dari ester penyusun biodiesel, viskositas biodiesel akan semakin meningkat (Knothe *et al.*, 2005). Nilai viskositas juga terkait dengan tingkat kemurnia biodiesel.

Viskositas biodiesel yang lebih rendah dari nilai minimal standar mutu menunjukkan adanya pengotor dalam jumlah berlebih berupa fraksi ringan pada biodiesel, terutama berupa alkohol (metanol) sisa. Dan sebaliknya, keberadaan pengotor fraksi berat di dalam biodiesel, misalnya gliserol dan bagian dari minyak (tri-, di-, dan monogliserida) yang tidak berhasil terkonversi menjadi ester, akan berkontribusi terhadap semakin tingginya biodiesel (Ganduglia, 2009). Komposisi utama asam lemak yang terdapat dalam LCIMG sawit pada penelitian ini (Tabel 1) mirip dengan komposisi asam lemak pada minyak sawit. Sanford *et al.* (2009) melaporkan bahwa viskositas biodiesel yang dibuat dari minyak sawit adalah $4,57 \text{ mm}^2/\text{s}$. Sedangkan jika ditinjau viskositas dari masing-masing jenis metil ester penyusun utama biodiesel dari LCIMG sawit pada penelitian, yaitu jenis metil palmitat, metil oleat, dan metil stearat (Tabel 4), dilaporkan bahwa viskositas dari ketiga metil ester tersebut secara berturut-turut adalah 4,32, 4,45, dan $4,74 \text{ mm}^2/\text{s}$ (Knothe *et al.*, 2005). Viskositas biodiesel dari LCIMG sawit diperoleh sebesar $3,4 - 4,7 \text{ mm}^2/\text{s}$. Oleh karena itu, viskositas biodiesel pada penelitian ini relatif terkonfirmasi. Keberadaan ester

dari asam-asam lemak dengan rantai karbon pendek jenuh maupun tak jenuh diduga sebagai penyebab nilai viskositas biodiesel dari beberapa perlakuan pada penelitian ini bernilai rendah.

Kondisi optimum pada tahap transesterifikasi ditentukan berdasarkan pertimbangan efisiensi konsumsi metanol sebagai reaktan dan NaOH sebagai katalis, namun tetap memberikan rendemen dan mutu biodiesel paling optimum. Dengan pertimbangan tersebut, penggunaan rasio mol minyak terhadap metanol sebesar 1:5 dan kadar NaOH sebanyak 0,5% merupakan kondisi optimum pada tahap transesterifikasi. Pada kondisi optimum tersebut diperoleh biodiesel dengan rendemen 87,62%, serta memenuhi SNI biodiesel (SNI 7182:2015) berdasarkan parameter densitas ($863,5 \text{ kg/m}^3$) dan viskositas ($4,1 \text{ mm}^2/\text{s}$).

Karakteristik Biodiesel

Biodiesel dari kondisi optimum pada tahap transesterifikasi, untuk lebih mengkonfirmasi mutunya, dilakukan penentuan parameter-parameter mutu lainnya. Pada penelitian ini, parameter mutu biodiesel tambahan yang diuji adalah bilangan asam, titik nyala, dan nilai energi. Selain parameter-parameter mutu biodiesel tersebut, jenis dan

komposisi metil ester penyusun biodiesel juga dianalisis. Hasil pengujian mutu biodiesel ditampilkan pada Tabel 3, sedangkan hasil analisis komposisi metil ester dari biodiesel ditampilkan pada Tabel 4 dan Gambar 5. Semua parameter mutu, kecuali bilangan asam, dari biodiesel hasil penelitian ini sudah memenuhi standar mutu biodiesel (Tabel 3). Nilai bilangan asam dari biodiesel yang belum memenuhi syarat mutu sebagai akibat dari pelaksanaan tahap esterifikasi belum optimum. Keberadaan ALB dalam jumlah berlebih tersebut mempengaruhi cukup rendahnya densitas dan viskositas dari biodiesel pada kondisi optimum tersebut, walaupun masih memenuhi syarat standar mutu biodiesel.

Tabel 3. Perbandingan biodiesel LCIMG sawit dengan SNI Biodiesel (SNI 7182:2015)

Parameter Mutu	Biodiesel LCIMG sawit	SNI Biodiesel
Densitas 40°C (kg/m^3)	863,5	850-890
Viskositas 40°C (mm^2/s)	4,1	2,3-6,0
Bilangan asam (mg KOH/g)	1,61	maks. 0,5
Titik nyala (°C)	140	min. 100
Nilai energi (MJ/kg)	38,22	min. 37,27*

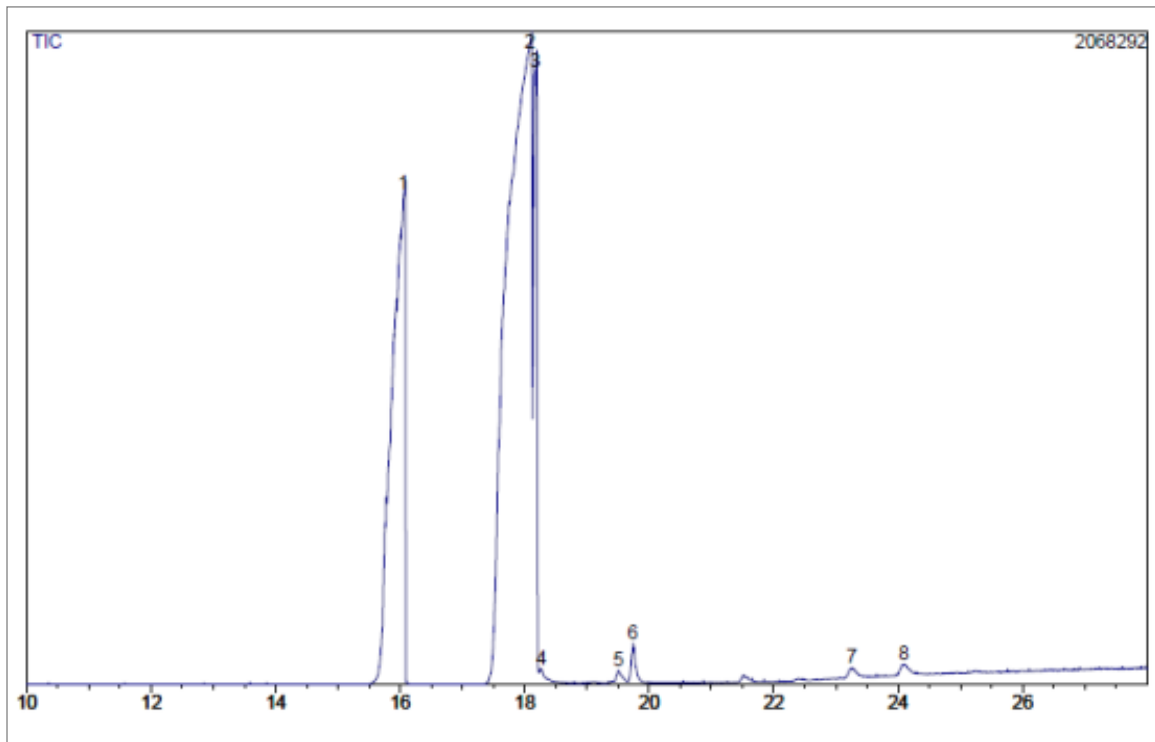
*nilai energi biodiesel menurut ASTM D6751

Tabel 4. Jenis dan komposisi metil ester (3 terbanyak) dari biodiesel LCIMG sawit

Puncak	Waktu retensi (menit)	Metil Ester	Luas puncak (%)
1	16,05	Metil palmitat	26,35
2	18,08	Metil oleat	63,72
3	18,18	Metil stearat	8,29

Tabel 4 menunjukkan jenis dan komposisi metil ester penyusun biodiesel dimana jenis metil ester utamanya adalah metil oleat, metil palmitat, metil stearat, metil miristat, dan metil arakhidat. Ester-

ester tersebut terbentuk dari jenis-jenis asam lemak yang merupakan tipikal asam lemak penyusun minyak sawit (Haryono dkk., 2017; Dauqan *et al.*, 2011; Sanford *et al.*, 2009).



Gambar 5. Kromatogram biodiesel dari LCIMG sawit

KESIMPULAN

Limbah cair dari industri minyak goreng sawit terbukti masih mengandung sejumlah tertentu asam lemak, baik sebagai trigliserida maupun asam lemak bebas, sehingga berpotensi sebagai bahan baku pembuatan biodiesel. Karena memiliki kandungan asam lemak bebas yang tinggi, jika digunakan katalis basa homogen, pembuatan biodiesel dari Limbah cair dari industri minyak goreng

sawit harus dilakukan dalam dua tahap, yaitu esterifikasi dan transesterifikasi.

Hasil penelitian ini dapat dimanfaatkan sebagai salah satu solusi untuk mengatasi dampak negatif dari limbah cair yang dihasilkan oleh industri minyak goreng sawit terhadap lingkungan. Pengkonversian limbah cair dari industri minyak goreng sawit menjadi biodiesel merupakan solusi yang relatif potensial.

DAFTAR RUJUKAN

- Anastopoulos, G., Zannikou, Y., Stournas, S., & Kalligeros, S., 2009, 'Transesterification of vegetable oils with ethanol and characterization of the key fuel properties of ethyl esters', *Energies*, Vol. 2, hh. 362–376, <http://doi:10.3390/en20200362>
- Atadashi, I.M., Aroua, M.K., Abdul Aziz, A.R., & Sulaiman, N.M.N., 2013, 'The effects of catalysts in biodiesel production: A Review', *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, Vol. 19, No.1, hh. 14 - 26.
- BPPT, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, 2017, *Outlook Energi Indonesia 2017: Inisiatif Pengembangan Teknologi Energi Bersih*, Jakarta.
- BSN, Badan Standardisasi Nasional. (2015). *Standar Nasional Indonesia Biodiesel SNI 7182:2015*, Jakarta.
- Dauqan, E.M.A., Sani, H.A., Abdullah, A., & Kasim, Z.M., 2011, 'Fatty Acids Composition of Four Different Vegetable Oils (Red Palm Olein, Palm Olein, Corn Oil and Coconut Oil) by Gas Chromatography', In *2nd International Conference on Chemistry and Chemical Engineering 2011*, Vol. 14, IACSIT Press Singapore, hh. 31–34.
- Dewan Energi Nasional, 2016, 'Outlook Energi Indonesia 2016', hh. 16 – 18, ISSN 2527-3000, Sekteraiat Jenderal Dewan Energi Nasional, Jakarta.
- Gandhi, M., Ramu, N., Bakkiya Raj, S., 2011, 'Methyl ester production from *Schlichera oleosa*', *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, Vol. 2, No. 5, hh. 1244-1250.
- Ganduglia, F. 2009, *Handbook on Biofuels* (pp. 9–10), ISBN13: 978-92-9248-120-9. IICA-ARPEL Press. Montevideo, Uruguay.
- Gerpen, V.J., Shanks, B., Pruszko, R., Clements, D., Knothe, G., 2004, 'Biodiesel Production Technology', National Renewable Energy Laboratory, US Department of Energy, Colorado.
- Haryono, Nathanael, C.L., & Yuliyati, Y.B., 2017, 'Pengaruh Rasio Mol Minyak-Metanol terhadap Perolehan dan Kualitas Biodiesel dari Minyak Kelapa Sawit dengan Katalis Kalsium Oksida', *Prosiding Seminar Nasional Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat 2017*, Vol. 7, No. 1, hh. 194–201.
- Haryono & Marliani, A., 2014, 'Analisis Mutu Biosolar pada Variasi Formulasi Blending Biodiesel dari

- Minyak Biji Kapuk dengan Minyak Solar', *Eksergi*, Vol. 10, No. 2, hh. 25–30.
- Hayyan, A., Alam, M.Z., Mirghani, M.E.S., Kabbashi, N.A, Hakimi, N.I.N. M., Siran, Y.M., Tahiruddin, S., 2010, 'Production of biodiesel from sludge palm oil by esterification process', *Journal of Energy and Power Engineering*, Vol. 4 No. 1, hh. 1–7.
- Knothe, G., Gerpen, J. V., Krahl, J., 2005, '*The Biodiesel Handbook* (pp. 89–90), AOCS Press, Champaign-Illinois.
- Leung, D.Y.C. & Guo, Y., 2006, 'Transesterification of neat and used frying oil: optimization for biodiesel production', *Fuel Process. Technol.*, Vol. 17, hh. 1–8.
- Lotero, E., Liu, Y., Lopez, D.E., Suwannakarn, K., Bruce, D.A., Goodwin, J.G.Jr., 2005, 'Synthesis of biodiesel via acid catalysis', *Ind. Eng. Chem. Res.*, Vol. 44, hh. 5353–5363.
- Murugesan, A., Umarani, C., Subramanian, R., Nedunchezian, N., 2009, 'Biodiesel as an alternative fuel for diesel engines-A review', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 13, No. 3, hh. 653–662.
- Patil, P. & Deng, S., 2009, 'Optimization of biodiesel production from edible and non-edible vegetable oils', *Fuel*, Vol 88, No. 7, hh. 1302–1306.
- Sahoo, P.K., Das, L.M., Babu, M.K.G., & Naik, S.N. 2007, 'Biodiesel development from high acid value Polanga seed oil and performance evaluation in a CI engine', *Fuel*, Vol 86, No. 3, hh. 448–454.
- Sanford, S.D., White, J.M., Shah, P.S., Wee, C., Valverde, M.A., & Meier, G.R., 2009, *Feedstock and Biodiesel Characteristics Report* November 17th (pp. 1–137), Renewable Energy Group, Inc., Iowa-USA.