Sintesis Coco-Biodiesel Dari Minyak Kelapa Mentah (*Crude Coconut Oil*) Menggunakan Static Mixer

Synthesis of Coco-Biodiesel from Crude Coconut Oil Using Static Mixer

Rizal Alamsyah *

Balai Besar Industri Agro (BBIA)
Center for Agro Based-Industry (CABI)
Jl. Ir. H. Juanda No, 11 Bogor 16122

Riwayat Naskah:

Diterima 09, 2019
Direvisi 09, 2019
Disetujui 09, 2019

ABSTRAK: Pengolahan kelapa menjadi produk turunannya mutlak dilakukan karena akan meningkatkan nilai tambah kelapa sehingga pelaku industri kelapa akan lebih tertarik karena memperoleh margin keuntungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengolah minyak kelapa mentah yang diperoleh hasil pengempaan kopra menjadi *coco-biodiesel* menggunakan reaktor *static mixer*. Pengolahan *coco-biodiesel* dilakukan dengan reaksi transesterifikasi dengan cara mereaksikan trigliserida (TG) dari minyak kelapa mentah dan metanol dengan variasi rasio molar 1 : 10,5, 1 : 5,5, dan 1 : 4. Proses dilakukan dalam skala pilot 16 liter pada suhu 65 °C dan kecepatan aliran 1,25 m/detik (pada *static mixer*) serta menggunakan metanol 98% dan katalis KOH 1 %. Kondisi optimum sintesis TG menjadi asam lemak metil ester (*coco-biodiesel*) untuk menghasilkan kandungan 96,5 % (persyaratan) diperoleh pada rasio molar 1 : 5,5. Bilangan asam, gliserol total, gliserol bebas, densitas, viskositas, dan bilangan Iod dari *coco-biodiesel* yang dihasilkan masing masing adalah < 0,5, 0,1%, 0,02%, 855 kg/m³, 3,6 cSt, 120 g Iod/100 g. Nilai-nilai tersebut memenuhi standar biodiesel SNI 04-7182-2006.

Kata Kunci: Minyak kelapa mentah, transesterifikasi, static mixer, coco-biodiesel, rasio molar

ABSTRACT: Processing coconut into derivative products is absolutely necessary because it will increase the added value of coconut so that the coconut industry players will be more interested in obtaining profit margins. This study aims to process crude coconut oil obtained by pressing copra into coco-biodiesel using a static mixer reactor. Processing of coco-biodiesel is done by transesterification reaction by reacting triglycerides (TG) from crude coconut oil and methanol with variations in the molar ratios of 1: 10.5, 1: 5.5, and 1: 4. The process is carried out on a pilot scale of 16 liters temperature of 65 °C and flow rate of 1.25 m / sec (in static mixer) and using 98% methanol and 1% KOH catalyst. The optimum condition of TG synthesis into fatty acid methyl esters (coco-biodiesel) to produce a 96.5% content (requirement) was obtained at a molar ratio of 1: 5.5. Acid numbers, total glycerol, free glycerol, density, viscosity, and Iodine number of coco-biodiesel produced were <0.5, 0.1%, 0.02%, 855 kg / m³, 3.6 cSt, respectively. 120 g Iod / 100 g. The values of these parameters meet the SNI 04-7182-2006 biodiesel standards.

Keywords: coconut crude oil, transesterification, static mixer, coco-biodiesel, molar ratio

---

* Kontributor utama
Email : rizalams@yahoo.com

1. Pendahuluan

Biodiesel adalah bahan bakar diesel terbarukan yang diekstraksi dari minyak nabati (Demshemino *et al*, 2013; Susumu *et al*, 2018). Manfaat biodiesel terhadap lingkungan dan kesehatan adalah bahan bakunya yang terbarukan dan dapat terurai secara alami, berbasis tanaman, serta emisi nitro oksida dan sulfur dioksida yang lebih rendah (Eugene, 2011), *Coco-biodiesel* merupakan salah satu jenis biodiesel yang terbuat dari minyak atau asam lemak kelapa. *Coco-biodiesel* secara istilah berbeda dengan *Cocodiesel*. *Cocodiesel* secara istilah bisa merujuk kepada minyak kelapa kasar yang langsung bisa dijadikan bahan bakar tanpa melalui proses transesterifikasi. Sementara *coco-biodiesel* merupakan bahan bakar diesel dengan cara pengolahan transesterifikasi dan purifikasi (pencucian) dari minyak kelapa kasar (Anonymous, 2019; Hossain *et al*, 2014).

Ketergantungan sektor industri pada energi fosil/minyak bumi, serta fluktuasi harga energi minyak bumi menjadi kendala bagi pembangunan industri (Mulyana, 2014). Dengan ketergantungan tersebut juga akan berdampak kepada kebutuhan energi untuk sektor transportasi, energi rumah tangga, serta kebutuhan energi listrik, energi untuk alat mesin pertanian, dan energi untuk pengolahan industri (DEN, 2014; Alamsyah *et al*, 2013). Biomassa merupakan salah satu sumber energi yang belum banyak dimanfaatkan. Penggunaan biomassa produk pertanian sebagai bahan energi sejauh ini dilakukan dengan mengkonversi beberapa jenis biomassa baik sebagai bahan bakar padat, cair dan gas (Kemenristek, 2014).

Salah satu *feedstock* atau biomasa hasil pertanian atau perkebunan yang potensial dan bisa digunakan menjadi bahan bakar di Indonesia adalah kopra (APCC, 2015; Paulina *et al*, 2013). Kopra adalah daging kelapa yang dicungkil dari tempurung secara manual atau memakai mesin cungkil kopra kemudian dikeringkan dengan bantuan sinar matahari atau panas buatan. Kandungan minyak dalam kopra mencapai 63-65%. Minyak kelapa sebagaimana minyak nabati lainnya merupakan senyawa trigliserida yang terdiri dari berbagai asam lemak. Sekitar 90% merupakan asam lemak jenuh (Kenga *et al*, 2017). Selain itu di dalam minyak kelapa yang belum dimurnikan juga terdapat kandungan sejumlah kecil komponen bukan lemak seperti fosfatida, *gum*, sterol (0,06-0,08%), tokoferol (0,003%), dan asam lemak bebas (< 5%) dan sedikit protein dan karotene (Kenga *et al*, 2017). Sterol berfungsi sebagai *stabilizer* dalam minyak dan tokoferol sebagai antioksidan. Setiap minyak

nabati memiliki sifat dan ciri tersendiri yang sangat ditentukan oleh struktur asam lemak pada rangkaian trigliserida. Minyak kelapa kaya akan asam lemak berantai sedang (C8 – C14), khususnya asam laurat dan asam meristat (Mursalin *et al*, 2013).

Bilangan Iod dari minyak kelapa lebih rendah dari minyak lainnya, sehingga deposit hasil pembakaran minyak kelapa relatif lebih rendah. Minyak kelapa memiliki karakteristik yang paling baik sebagai bahan bakar bila dibandingkan dengan minyak nabati lainnya. Ester dari minyak kelapa merupakan ester terbaik untuk bahan bakar mesin diesel, bahkan lebih baik dibanding minyak diesel sendiri (Octavia, 2011).

Minyak dari kelapa sebenarnya memiliki keunggulan terutama bagi industri karena memiliki kandungan asam laurat yang tinggi, terutama untuk keperluan industri bahan bakar, detergen dan kosmetik serta akan memberikan produk-produk yang ramah lingkungan (Ratnawati dan Riyanto, 2013; Zhang, 2014)

Buah kelapa bahkan bisa mensubstitusikan seluruh produk yang dihasilkan kelapa sawit (palm kernel). Sebaliknya, kelapa sawit tidak bisa diproses menjadi susu kelapa, *desiccated coconut*, *oriental food*, *spry dried powder*, dan minyak rambut. Kelapa juga dapat menghasilkan produk turunan kelapa sawit seperti oleokimia, biodiesel, dan *fatty alcohol* (Enuko, 2017; Bruce, 2018).

Manfaat lingkungan dan kesehatan penggunaan *coco-biodiesel* adalah sebagai berikut: secara signifikan mengurangi polusi udara serius seperti asap hitam dan beracun yang dapat menyebabkan kanker paru-paru, TBC (*Tuberculosis*) paru-paru, pneumonia, bronchitis, serangan jantung, dan stroke, emisi yang tidak berarti, dan udara yang lebih bersih (Freiberg *et al*, 2018; Khan *et al*, 2013; Eugene 2011).

Manfaat ekonomi bagi pemilik dan pengemudi kendaraan yang memakai *coco-biodiesel* antara lain 1) memotong biaya perawatan karena sifat pelumas dan pembersihannya yang unggul, 2) meningkatkan pembakaran yang lebih baik dan lebih sedikit getaran mesin karena jumlah setana dan kandungan oksigen yang melekat pada oksigen, 3) meningkatkan tenaga mesin dan akselerasi, 4). meningkatkan penghematan bahan bakar sebanyak 20% (Liew *et al*, 2014).

Manfaat ekonomi untuk industri *coco-biodiesel* adalah untuk 1) menyediakan dan membangun pasar domestik alternatif jangka panjang yang berkelanjutan dan sebagai hasilnya akan menstabilkan harga kopra dalam negeri, 2) meningkatkan reintegrasi berbasis perkebunan dari produksi kelapa yang

menghasilkan lebih banyak peluang pendapatan. Manfaat ekonomi lain bagi industri *coco-biodiesel* antara lain 1) akan menciptakan lebih banyak lapangan kerja, 2) memberikan produk ekspor bernilai tinggi yang potensial, 3) akan menyediakan keamanan terbarukan, 4) akan menguntungkan petani kelapa di Indonesia (Jamaran, 2008). Di dalam penelitian ini, minyak kelapa mentah diolah menggunakan reaktor *static mixer*. Reaktor *static mixer* digunakan untuk proses transesterifikasi minyak nabati menjadi *coco-biodiesel*. Menurut Paul *et al* (2003), tegangan geser (*shear stress*) yang terjadi dalam sistem pencampuran *static mixer* akan semakin besar karena tegangan geser yang dihasilkan cukup besar. Nilai gaya geser yang besar akan ditingkatkan karena fluida (reaktan) akan mengalami pemecahan, pemutaran, dan penyatuan kembali (Paul *et al*, 2003).

Tujuan penelitian ini adalah untuk melakukan optimasi pengolahan minyak kelapa mentah menjadi *coco-biodiesel* dengan memvariasikan rasio molar antara trigliserida minyak kelapa mentah dan metanol dengan menggunakan *static mixer*. Sedangkan tujuan penggunaan *static mixer* adalah untuk mendapatkan efek pengadukan yang maksimal.

2. Bahan dan Metode

2.1. Bahan

Bahan baku *coco-biodiesel* yang digunakan dalam penelitian ini adalah minyak kelapa hasil pengempaan kopra. Minyak kelapa kasar diperoleh dari PT. Kurnia, Cilincing Jakarta. Bahan-bahan lain yang digunakan adalah metanol (CH_3OH), Kalium hidroksida (KOH), sebagai katalis dalam proses transesterifikasi.

2.2. Alat

Peralatan yang digunakan dalam pengolahan *coco-biodiesel* terdiri dari reaktor *static-mixer*, dengan kapasitas maksimum 23 liter dan reaktor purifikasi atau alat pencucian kering dengan sistem membran (ukuran pori 0.2 - 1.2 μm) (Alamsyah dan Loebis, 2014). Peralatan lain yang digunakan adalah peralatan yang digunakan untuk pengujian hasil terdiri dari corong pisah, botol kaca 150 ml, penangas air, gelas piala *pyrex*, corong, statif, neraca analitik, labu *erlenmeyer* (*pyrex*), kondensor, pipet tetes, buret, viskometer Ostwald, termometer, botol timbang, spatula, labu takar, desikator, oven, piknometer, gelas ukur, *stop-watch*, pipet *Mohr* dan pipet volumetrik (*pyrex*).

Reaktor transesterifikasi yang dilengkapi dengan *static-mixer* didesain seperti Gambar 1

oleh Alamsyah *et al* (2010). Reaktor memiliki kapasitas 23 liter dengan kapasitas operasi 16 liter. Mekanisme pencampuran reaktan (minyak kelapa, methanol, dan KOH) diakibatkan pengaruh aliran dari atas ke bagian bawah dan pengaruh panas dari *heater*. Pencampuran secara mekanik diarahkan terjadi pada saluran dimana terdapat *static-mixer* atau pengaduk tanpa gerak. Ketika dioperasikan *mixer* dalam keadaan diam (tidak bergetar dan pencampuran terjadi dari proses aliran yang melewati *mixer*. Bagan reaktor *static-mixer* dapat dilihat pada Gambar 1.

Komponen *static-mixer* merupakan rangkaian elemen untuk pencampuran yang diletakkan dalam sebuah pipa dan menggunakan energi dari aliran untuk menciptakan pencampuran antara dua atau lebih fluida (TG, metanol, dan katalis KOH).

Keterangan:

1. Inlet (minyak kelapa kasar)
2. Kondensor
3. Sprayer
4. Static mixer
5. Heater
6. Motor listrik
7. Outlet FAME (*coco-biodiesel*)

Gambar 1. Reaktor transesterifikasi dengan *static mixer*

Dalam Gambar 2 di bawah ini ditunjukkan mekanisme pengadukan fluida dalam elemen *static mixer* dimana pada elemen *static mixer*, bagian yang bergesekan dan bertumbukan lebih besar. Pengadukan (*mixing*) terkait dengan frekuensi (persentase) tumbukan antara bahan yang bereaksi, disamping sangat bergantung dari *shear stress* (τ) atau gaya geser antara

reaktan dalam proses transesterifikasi (Paul *et al*, 2003). Dinyatakan pula semakin besar nilai *shear stress* yang diberikan maka efektifitas homogenisasi semakin tinggi. Jadi secara prinsip homogenisasi dari suatu campuran merupakan fungsi dari *shear stress* yang diberikan.

Gambar 2. Mekanisme pengadukan fluida dalam *static mixer* (a) pembelokkan, (b) pemutaran, (c) pemecahan fluida

2.3. Metode

2.3.1 Penyiapan bahan baku dan bahan kimia

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari: 1) penentuan tahap-tahap proses yang akan dilakukan, 2) penyiapan bahan baku dan kimia, 3) proses transesterifikasi, 4) pengendapan (*settling*), 5) purifikasi (pencucian kering), dan 6) analisis *coco-biodiesel* yang dihasilkan antara lain kandungan metal ester, gliserol bebas, gliserol total, viskositas, kadar air, densitas, bilangan iod, dan bilangan asam atau FFA. Diagram alir pengolahan *coco-biodiesel* dapat dilihat pada Gambar 3.

2.3.2 Transesterifikasi

Sintesis *coco-biodiesel* dilakukan dengan proses transesterifikasi dari minyak kelapa mentah dengan metanol menggunakan *reaktor static-mixer*. Perbandingan minyak kelapa kasar dan metanol yang digunakan adalah pada rasio molar 1 : 10,5, 1 : 5,5, dan 1 : 4. Tujuan penentuan optimasi rasio molar ini adalah untuk mendapatkan perbandingan rasio molar yang terkecil yang mampu memberikan konversi yang maksimum dalam waktu tercepat sehingga lebih ekonomis dalam penggunaan bahan metanol. Jumlah KOH yang digunakan sebanyak 1 % dari jumlah minyak kelapa mentah.

Gambar 3. Diagram alir pengolahan *coco-biodiesel* menggunakan *static mixer*

Tahap pertama dalam pembuatan *coco-biodiesel* adalah pemanasan minyak kelapa dalam reaktor pada suhu yang ditentukan (65 °C) dan pada saat yang bersamaan dilakukan pencampuran metanol dengan KOH. Pada saat suhu minyak kelapa mentah yang diinginkan tercapai, campuran KOH dengan metanol dimasukkan ke dalam reaktor, kemudian pengadukan dimulai dan pompa dinyalakan sehingga campuran melewati *reactor* dan *static mixer* dengan kecepatan 1,25 m/detik.

Pengambilan sampel selama proses transesterifikasi dilakukan pada menit ke 2, 5, 10, 15, 30, 60, dan 90. Setelah menit ke-90, campuran produk dialirkan ke dalam tangki pengendapan (*settling tank*). Produk yang terbentuk didiamkan selama 2 jam sehingga membentuk lapisan gliserol di bagian bawah dan lapisan metil ester di bagian atas (*coco-biodiesel*). Selanjutnya terhadap *coco-biodiesel* dilakukan pencucian atau purifikasi menggunakan pencucian kering atau *membrane*.

2.3.3 Purifikasi (Pencucian)

Pencucian *coco-biodiesel* dilakukan dengan pencucian kering (tanpa air panas). Tujuan dari pencucian ini adalah untuk menghilangkan impurities atau zat pengotor sisa reaksi transesterifikasi seperti gum, katalis KOH, dan methanol yang terikut selama reaksi transesterifikasi (Berrios *et al*, 2008).

Salah satu kelebihan dari pencucian kering adalah lebih mudah dioperasikan. Proses ini

tidak menghasilkan air limbah dan mengurangi risiko keberadaan air dalam bahan bakar, Sedangkan kekurangan dari sistem pencucian kering biodiesel ini adalah peralatan tambahan untuk melakukan kolom pencucian kering yaitu membran dan pompa menekan dan mengalirkan *coco-biodiesel*, Pencucian kering ini sangat dianjurkan karena akan menghilangkan penggunaan air dan menghemat waktu. Selain itu, untuk mempersingkat waktu yang dibutuhkan terutama untuk menyiapkan produk, semakin cepat serta *coco-biodiesel* diproduksi akan semakin cepat dapat digunakan (Alamsyah dan Loebis, 2014; Braz, 2011).

2.3.4 Analisis

Karakterisasi mutu *coco-biodiesel* yang dihasilkan meliputi kandungan metal ester (*Fatty acid methyl ester* atau FAME), Asam lemak bebas (FFA), gliserol total, gliserol bebas, bilangan asam, bilangan Iod, densitas, dan viskositas.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Performansi static mixer pengaruh rasio molar

Kinerja reaktor transesterifikasi *static mixer* lebih didasarkan kepada kemampuan reaktor dalam menghasilkan *coco-biodiesel* (*Fatty acid methyl ester* atau sering disingkat sebagai FAME) waktu pembentukan *coco-biodiesel* hingga kandungan 96,5 % sesuai kandungan biodiesel yang dipersyaratkan dalam standar biodiesel SNI 04-7182-2006. Berdasarkan percobaan dan pengamatan yang dilakukan untuk mencapai kandungan FAME 96,5%, waktu yang tercepat dan optimum adalah 15 menit, dan kondisi ini diperoleh saat dilakukan rasio molar 1 : 5,5 (TG : metanol). Waktu ini jauh lebih singkat dibandingkan dengan sintesis biodiesel dari minyak nabati dengan menggunakan reaktor lain seperti reaktor dengan *blade agitator* yaitu berkisar antara 55 menit hingga 1 jam (Alamsyah *et al*, 2010) seperti terlihat pada Tabel 1.

Dari hasil pengamatan diperoleh juga hasil antara lain, untuk perlakuan dengan rasio molar 1 : 10,5 waktu untuk mencapai kandungan FAME 96,5 % dibutuhkan waktu 10 menit, akan tetapi untuk perlakuan ini dianggap tidak optimum karena metanol yang diperlukan jauh lebih banyak yaitu sekitar dua kali lebih banyak dibandingkan dengan perlakuan rasio molar 1 : 5,5. Sehingga dengan demikian perlakuan 1 : 10,5 dianggap tidak ekonomis dan tidak efisien dilihat dari segi jumlah bahan atau biaya bahan. Di sisi lain untuk perlakuan rasio molar 1 : 4,

dari hasil pengamatan tidak memberikan hasil yang baik yaitu asam lemak tidak mampu dipecahkan atau disintesis menjadi FAME, dan setelah waktu pengamatan 30 menit hingga satu jam terlihat campuran (TG dan metanol) tidak bereaksi dan masih tetap pada fase atau wujud semula. Dengan demikian untuk perlakuan yang dianggap optimum adalah perlakuan rasio molar 1 : 5,5 yang untuk selanjutnya dari hasil ini dianalisis karakteristik mutunya dan dibandingkan dengan standar biodiesel SNI 04-7182-2006.

Setelah proses transesterifikasi selesai hasil reaksi ditampung dalam tangki pengendapan (*settling tank*) dan terlihat dan terbentuk dua lapisan yaitu lapisan atas adalah *coco-biodiesel* dan lapisan gliserol dengan berat jenis lebih tinggi berada di bawah. *Coco-biodiesel* yang dihasilkan secara visual memiliki warna kuning kecoklatan dan terlihat encer.

Penampakan biodiesel ini berbeda dengan minyak kelapa mentah yang berwarna lebih pekat dan terlihat kental. Hasil samping reaksi transesterifikasi adalah gliserol yang berwarna cokelat gelap dan lebih kental dibanding metil ester serta terdapat di lapisan bagian bawah. Pengujian sifat fisik dan kimia pada biodiesel yang telah dimurnikan meliputi kandungan metil ester (FAME), asam lemak bebas (FFA), bilangan asam, kadar gliserol total, gliserol bebas, densitas, dan viskositas. Nilai-nilai parameter ini dibandingkan dengan standar biodiesel SNI 04-7182-2006 yang dipersyaratkan. Produk *coco-biodiesel* dan gliserol (sebagai hasil samping) proses transesterifikasi bisa dilihat pada Gambar 4.

Tabel 1

Perbandingan metode agitasi dalam proses transesterifikasi yang menghasilkan waktu proses yang berbeda

Parameter	Static mixer (65°C)	Blade agitator (60°C)	Blade agitator (70°C)
Presentase metil ester (%)	96,5	96,5	96,5
Waktu proses transesterifikasi (menit)	15	60	55

Gambar 4. Produk *coco-biodiesel* dan gliserol yang dihasilkan

3.2 Karakterisasi mutu *coco-biodiesel*

Hasil analisis pembentukan *coco-biodiesel* atau FAME yang memberikan proses yang optimum atau yang terbaik adalah pada rasio molar 1 : 5,5. Analisis yang dilakukan ditujukan pada parameter mutu utama yang terdiri dari analisis FFA, kandungan metil ester (FAME), viskositas, densitas, angka asam, gliserol total, gliserol bebas, dan bilangan Iod. Hasil analisis tersebut ditampilkan pada Tabel 2.

3.3 Asam lemak bebas dan metil ester

Dari hasil analisis asam lemak bebas atau FFA (*Free fatty acid*) yang disajikan pada Tabel 2, kadar FFA menunjukkan nilai < 0,5 % selama proses transesterifikasi. Hasil ini menunjukkan bahwa sejak awal proses transesterifikasi tidak memperlihatkan nilai yang berada dalam ambang batas sehingga proses dapat dilanjutkan dalam pembuatan *coco-biodiesel* dari kelapa mentah.

Dari proses transesterifikasi yang dicoba, maka diperoleh kandungan metil ester (FAME) dengan kisaran yang cukup besar, yaitu 95,5 – 98,0%. Secara umum hasil ini menggambarkan bahwa proses konversi trigliserida menjadi asam lemak metil ester telah memenuhi persyaratan Standar SNI 04-7182-2006, yaitu sebesar 96,50% kecuali sebelum 15 menit proses transesterifikasi (menit ke 2, 5, dan 10). Rendemen metil ester yang tinggi pada pembuatan *coco-biodiesel* ini diperoleh karena menggunakan bahan baku minyak kelapa mentah dengan karakteristik yang baik, yaitu nilai asam lemak bebas yang rendah di bawah 0,5 %. Dalam Gambar 5 ditunjukkan grafik

hubungan antara kadar metil ester yang dihasilkan dengan waktu transesterifikasi. Dari grafik tersebut juga terjadi peningkatan kadar metil ester dengan semakin lamanya waktu reaksi. Faktor lain yang berpengaruh adalah metanol yang digunakan dalam kondisi berlebih (3,5 kali stoikiometri) berpengaruh dan katalis KOH juga bekerja dengan baik dalam mempercepat laju transesterifikasi.

Tabel 2

Hasil pengamatan karakteristik *coco-biodiesel* (FAME) yang dihasilkan dengan rasio molar 1 : 5,5

Parameter	Waktu (menit)						
	2	5	10	15	30	60	90
Asam	<	<	<	<	<	<	<
Lemak Bebas	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
(FFA)							
Persentase Metil Ester (%)	95,5	95,5	96,0	96,0	97,0	97,0	98,0
Densitas 40°C (kg/m ³)	83	84	85	85	87	87	87
Viskositas kinematik 40°C (Cst)	5	5	5	5	5	0	0
Bil Asam (mgKOH/gram)	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,2	0,6
Gliserol Total	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Gliserol Bebas	9	7	3	0	0	0	9
Bilangan Iod	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Iod/100 g)	30	25	20	20	15	15	30
	12	12	12	11	11	10	10
	0	0	0	5	0	0	0

Gambar 5. Hubungan kandungan metil ester (FAME) terhadap waktu transesterifikasi

3.4 Densitas

Berdasarkan grafik pada Gambar 6 tersebut dapat dilihat bahwa densitas *coco-biodiesel* yang dihasilkan selama proses transesterifikasi secara umum memenuhi kisaran densitas yang dipersyaratkan dalam Standar SNI-04-7182-2006, yaitu 850,0 – 890,0 kg/m³, kecuali beberapa contoh pada menit-menit awal reaksi berlangsung. Nilai densitas *coco-biodiesel* mengalami penurunan dengan relatif stabil setelah waktu reaksi 20 menit. Interaksi antara waktu dan waktu terjadi pada awal reaksi antara menit kedua dan kesepuluh. Nilai densitas pada menit ke-1 dan ke-2 tidak memenuhi standar SNI-04-7182-2006. Hal ini dikarenakan waktu yang pendek menyebabkan reaktan yang terkonversi masih sedikit. Dengan demikian, proporsi trigliserida yang berbobot molekul besar dalam produk lebih banyak dibanding metil ester dengan bobot molekul lebih kecil.

Gambar 6. Hubungan densitas terhadap waktu transesterifikasi

3.5 Viskositas

Biodiesel harus memiliki kisaran viskositas 2,30 – 6,00 cSt agar dapat memenuhi SNI Biodiesel 04-7182-2006. Berdasarkan Tabel 2 terlihat bahwa nilai viskositas kinematik *coco-biodiesel* yaitu berkisar antara 2,8 – 6,0 cSt sehingga memenuhi persyaratan biodiesel. Nilai viskositas kinematik tidak terlalu berpengaruh pada berbagai kondisi waktu disebabkan reaksi dilakukan pada kondisi suhu yang sama.

Pada Gambar 7 ditunjukkan hubungan antara waktu dan suhu reaksi trans-esterifikasi terhadap viskositas biodiesel yang dihasilkan. Hasil yang diperoleh menunjukkan viskositas *coco-biodiesel* yang beragam pada berbagai macam waktu. Berdasarkan persyaratan standar biodiesel SNI 04-7182-2006, biodiesel harus memiliki kisaran viskositas 2,80 – 6,00

cSt. Beberapa contoh biodiesel yang dihasilkan memiliki viskositas yang besar, terutama pada awal reaksi, sehingga nilainya tidak memenuhi Standar SNI 04-7182-2006. Namun demikian, nilai viskositas biodiesel mengalami penurunan dengan semakin lamanya waktu reaksi dan semakin lama waktu reaksi. Interaksi antara waktu dan waktu reaksi trans-esterifikasi dengan perolehan viskositas terbesar adalah menit ke-1, yaitu sebesar 6 cSt

Nilai viskositas biodiesel yang dihasilkan memenuhi persyaratan Standar SNI 04-7182-2006 dimulai pada menit ke 5. Perolehan ini menunjukkan bahwa pada waktu yang lama, biodiesel akan lebih encer pada semua kisaran suhu, karena semakin banyak minyak kelapa sawit yang bereaksi dengan metanol. Nilai viskositas tinggi pada menit ke-2 karena waktu yang pendek dan suhu yang rendah menyebabkan trigliserida masih banyak yang belum terkonversi menjadi asam lemak metil ester.

Gambar 7. Hubungan viskositas terhadap waktu transesterifikasi

3.6 Bilangan asam dan bilangan lod

Pada Gambar 8, bilangan asam yang diperoleh dalam penelitian ini cukup rendah dan memenuhi persyaratan SNI 04-7282-2006. Perolehan bilangan asam yang rendah ini dikarenakan karakteristik minyak kelapa yang digunakan sudah cukup baik dengan kadar angka (bilangan asam) berada diantara rentang 0,28 – 0,6 mg KOH/g minyak pada waktu operasi yang berbeda-beda. Sementara nilai persyaratan bilangan asam yang dipersyaratkan SNI adalah maksimum 0,8 mg KOH/g. Di samping itu hal ini dimungkinkan dengan adanya kadar asam lemak bebas yang kecil yaitu < 0,5 mg KOH/g minyak. Semakin bertambahnya waktu transesterifikasi, bilangan asam semakin kecil karena dimungkinkan asam lemak metil ester yang terbentuk semakin

banyak dengan bertambahnya waktu reaksi sehingga keasamannya semakin rendah.

Gambar 8. Hubungan bilangan asam terhadap waktu transesterifikasi

Hasil transesterifikasi minyak kelapa mentah menghasilkan produk *coco-biodiesel* yang memiliki nilai bilangan asam yang rendah dan memenuhi Standar SNI 04-7182-2006 (0,80 mg KOH/g). Perolehan bilangan asam yang rendah ini dikarenakan karakteristik minyak kelapa mentah yang digunakan sudah cukup baik dengan kadar asam lemak bebas yang rendah. Nilai bilangan asam pada contoh *coco-biodiesel* yang dihasilkan secara umum mengalami penurunan dengan bertambahnya waktu reaksi pada semua

Gambar 9. Hubungan bilangan lod terhadap waktu transesterifikasi

Secara umum dengan bertambahnya waktu reaksi transesterifikasi akan menghasilkan nilai bilangan lod yang lebih kecil. Dalam grafik pada Gambar 9 menunjukkan bilangan lod mengalami penurunan setelah proses transesterifikasi berjalan selama 15 menit. Hal ini sangat dimungkinkan karena asam lemak metil ester (bersifat asam) akan semakin banyak dengan bertambahnya waktu reaksi transesterifikasi dan bilangan lod akan semakin rendah. Berdasarkan hasil analisis Tabel 1, nilai bilangan lod berkisar antara 100–150 g/100 g sedang menurut persyaratan SNI Biodiesel maksimum 115 g/100 g

3.3.5 Gliserol total dan gliserol bebas

Gliserol total merupakan jumlah atau gabungan trigliserid (TG) digliserida (DG), dan monogliserida (MG) yang terurai karena proses transesterifikasi. Gliserol total pada *coco-biodiesel* mengalami penurunan dengan lamanya waktu reaksi karena sudah terkonversi menjadi FAME. Penurunan ini terlihat seperti terlihat pada Tabel 3 dan Gambar 10. Hal ini terjadi karena jumlah gliserol terikat (TG, DG, dan MG) dalam contoh *coco-biodiesel* yang semakin mengecil dengan bertambahnya waktu. Setelah reaksi berjalan 2 menit terlihat gliserol total sudah memenuhi persyaratan yang ditentukan yaitu 0,24 % (berada dibawah kurva). Demikian juga untuk gliserol bebas, berdasarkan Tabel 2 dan Gambar 11 kadar Gliserol bebas berkisar antara 0,015 – 0,030 % memenuhi persyaratan SNI Biodiesel yaitu maksimum 0,02 %.

Gambar 10. Hubungan gliserol total terhadap waktu transesterifikasi

Gambar 11. Hubungan gliserol bebas terhadap waktu transesterifikasi

4. Kesimpulan

Penggunaan static-mixer dapat meningkatkan efektivitas proses transesterifikasi minyak kelapa mentah menjadi coco-biodiesel. Penggunaan static-mixer memberikan pengaruh yang signifikan dalam mengurangi waktu reaksi proses transesterifikasi dalam proses produksi coco-biodiesel. Untuk mencapai kandungan asam lemak metil ester (Fatty Acid Methyl Ester/FAME) sebesar 96.5% seperti dipersyaratkan dalam Standar SNI Biodiesel (SNI 04-7182-2006). Untuk mencapai hasil tersebut reaktor static-mixer hanya membutuhkan waktu 15 menit untuk suhu 65 °C pada kecepatan aliran 1,25 m/detik. Kondisi optimum proses transesterifikasi bisa dicapai dengan rasio molar 1 : 5,5 (TG : metanol) yang bisa memberikan penggunaan metanol dengan jumlah minimal. Penggunaan reaktor static-mixer juga menghasilkan karakteristik mutu biodiesel yang memenuhi persyaratan SNI Biodiesel (SNI 04-7182-2006).

Ucapan terima kasih

Ucapan terima kasih yang tak terhingga disampaikan kepada Dr. Syahriza dari Jurusan Kimia, Institut Pertanian Bogor (IPB) atas diskusi terkait purifikasi biodiesel cara kering (*ceramic membrane*) sehingga penelitian berjalan dengan baik dan lancar.

Daftar Pustaka

Alamsyah, R., Siregar, N.C., Loebis E.H., & Susanti I. (2013). Secure and Utilization Technology for Indonesian Biomass Aimed to Cope with RPS (Renewable Portfolio Standard), Joint

research report BBIA – Kitech, South Korea, BBIA.

- Alamsyah, R., Tambunan, A.H., Purwanto, A.Y., & Kusdiana D. (2010). Comparison of Static-Mixer and Blade agitator Reactor in Biodiesel Production. *Agricultural Engineering International : the CIGR Ejournal*. 12 (1) : 1-12
- Alamsyah, R., Junaidi, L., & Loebis E.H. (2010). Penelitian Efektivitas Produksi Biodiesel Minyak Sawit Menggunakan Reaktor Static-Mixer, *Warta IHP* 27 (2) : 14-24
- Alamsyah, R., & Loebis, E.H. (2014). Design and Technical Testing for Crude Biodiesel Reactor Using Dry Methods: Comparison of Energy Analysis, *Energy Procedia* 47 (2014) 235 – 241
- APCC. (2015). News round-up. Indonesia: Coconut quality in North Sulawesi improves. *Cocoinfo International* 25 (1) : 2 -8.
- Berrios, M., dan Skelton, R.L. (2008). Comparison of Purification Methods for Biodiesel. *Chemical Engineering Journal, Science Direct* ; 144 (3):459-465.
- Braz, J. (2011). Dry Washing in Biodiesel Purification: a Comparative Study of Adsorbents. *Chem. Soc* 22(3).
- Bruce, F. (2018). Coconut Oil Lowers Risk of Heart Disease, Stroke: Study shows. *Cocoinfo International* 25 (1) : 10 - 11
- BSN. (2006). Standard Nasional Indonesia untuk Biodiesel, SNI No. 04-7182-2006.
- Demshemino, S., Innocent, O'Donnell, P. Sylvester., Muhammad, F. Yahaya, Isioma Nwadike., dan Linus, N. Okoro. (2013). Comparative Analysis of Biodiesel and Petroleum Diesel. *International Journal of Education and Research*, 1 (8)
- DEN. (2014). *Bauran Energi Nasional Sampai Dengan 2050*. Dewan Energi Nasional.
- Enuko, T. (2017). The Role of Industrialization in Improving The Welfare of Coconut Farmers. *Cocoinfo International* 24 (2) : 18 - 19
- Eugene, V.V. (2011). Cleaner Production Opportunities for Improvement of Carbon Saving in the Production of Coconut Biodiesel, *International Journal of Chemical and Environmental Engineering*, 2 (5)
- Freiberg, A., Scharfe, J., Vanise, C. Murta., & Andreas S. (2018). Generation: A Scoping Review of Health Effects on Humans in Residential and Occupational Settings, *Int J Environ Res Public Health*. 2018 Feb; 15(2): 354.
- Hossain, M.A., Shabab, M. Chowdhury., Rekh, Y., Khandakar, S. Faraz., & Monzur Ul. (2014). Biodiesel from Coconut Oil: Edward PC Lai. Biodiesel: Environmental Friendly

- Alternative to Petrodiesel. Lai, *J Pet Environ Biotechnol* 2014, 5:1.
- Jamaran, I. (2008). Model Pengembangan Agroindustry Cocodiesel di Daerah Terpencil, *J. Tek. Ind Pert.* Vol. 18(1), 1-12
- Kemenristek. (2014). 106 INOVASI INDONESIA. Business Innovation Center (BIC)-Kemenristek Indonesia.
- Kenga, S.E., Easaa, A.M., Muhamedb, A.M.C., Cheong-H.O., & Chewa, T.T. (2017). Composition and Physicochemical Properties of Fresh and Freeze-Concentrated Coconut (*Cocos nucifera*) Water. *J. Agrobiotech.* Vol. 8 (1): 13-24.
- Khan, M.Z., Khan, R.U., Khan, F.Z., & Athar M. (2013) Impacts of Biodiesel on The Environment, *International Journal of Environmental Engineering and Management* 4 (4): 345-350.
- Liew, W.H., Hassim, M.H., & Ng, D.K.S. (2014). Review of Evolution, Technology and Sustainability Assessments of Biofuel Production, *Journal of Cleaner Production*, Vol 17: 11-29.
- Mulyana, R. (2014). New, Renewable Energy and Energy Conservation (Nreec): Existing Program & Breakthrough Policies Toward Achieving National Energy Policy Target. *Makalah* disajikan dalam The 3rd Indonesia EBTKEConEx, JCC, Jakarta 4 Juni 2014.
- Mursalin, Haryadi, P., Purnomo, E.A., Andarwulan, N., & Fardiaz, D. (2013). Fraksi Kering Minyak Kelapa Menggunakan Kristalitor Skala 120 kg Untuk Menghasilkan Minyak Kaya Trigliserol Rantai Menengah, *Jurnal Litri* 19 (1) : 41-49.
- Octavia, R.Z. (2011). Pembuatan dan Uji Kualitas Bahan Bakar Alternatif (Biodiesel) dari Minyak Kelapa (*Cocos nucifera*), Skripsi. Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Alauddin Makassar.
- Paul, E., Obeng, V.A.A., & Kresta, S.M. (2003). *Handbook of Industrial Mixing*. Wiley Interscience, New York.
- Paulina, D., Wojciech, R., Piotr, Andrzej, K., Krystyna, A., & Skibniewska. (2013). Biomass as a renewable source of energy. *Technical Sciences* 16(3): 211-220.
- Ratnawati, E., & Riyanto, A. (2013). Pemanfaatan Cocodiesel Berbahan Baku Kelapa sebagai Bahan Bakar Mesin Diesel Stationer. *Indonesian Journal of Materials Science* 14 (2): 125 - 130.
- Susumu, Rusdianasari, & Syahirman Y. (2018). Biodiesel Production from Waste Cooking Oil using Electrostatic Method. *ndones. J. Fundam. Appl. Chem.*, 3(3): 71-76.
- Zhang, X. (2014). *Toward a Regenerative Paradigm for The Built Environment: from Reason to Reality Sustainability*, Journal of Cleaner Production 65 (2014) 3-6.