

**PEMBUATAN BIODIESEL DARI CPO OFF GRADE MENGGUNAKAN
REAKTOR MEMBRAN
(VARIASI KATALIS DAN FRAKSI MOL UMPAN)**

Enang Vovilya, Syarfi, Edy Saputra

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293
Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau
enangvovilya@ymail.com

Abstract

Membrane reactor is an alternative technology that is used in the manufacture of biodiesel, one of the advantages that the reaction and separation process takes place in a single stage simultaneous. This research aims to study the effect of the variation of the catalyst and mole ratio feed CPO off grade - methanol in biodiesel production, a pretreatment process performed on the raw materials that aim to reduce the FFA content CPO off grade, the results obtained pretreatment FFA content of 0.79%, then performed transesterification process which was held in a membrane reactor with a variation of the mole ratio of CPO off grade -methanol 1:12, 1:18, and 1:24, the concentration of the base catalyst 1% -wt, 1.5% -wt and 2% -wt, pressure transmembrane 2 bar and a temperature of 60 °C process. The results showed biodiesel production using membrane reactor reached 72.02% yield on the condition of the mole ratio of 1:18 with a concentration of 2 %-wt, characteristics of biodiesel produced meets the quality standards of biodiesel in Indonesia including biodiesel, density is 860-884 kg/m³, viscosity of biodiesel is 5.14 to 5.76 mm²/s, Flash Point is 158-161 °C, Acid Number is 0.62 to 0.75 mg-KOH/g.

Keywords: biodiesel, CPO off grade, membrane reactor, mol ratio, catalyst concentration.

PENDAHULUAN

Mengantisipasi cadangan minyak bumi yang semakin menipis pemerintah Indonesia mengeluarkan berbagai kebijakan guna mendorong pengembangan dan pemanfaatan BBN (bahan bakar nabati) sebagai energi alternatif, salah satunya yaitu biodiesel sebagai substitusi bahan bakar solar. Produksi TBS yang semakin meningkat di Indonesia

tidak diiringi dengan peningkatan ekspor yang berarti. Hal tersebut juga berpengaruh pada harga jual CPO dan TBS yang relatif tidak stabil, sehingga merugikan petani yang masih harus menanggung biaya operasional perkebunan mereka.

Bahan baku yang digunakan dalam produksi biodiesel harus ekonomis, maka dari itu pada penelitian ini digunakan CPO *off grade* atau sering disebut sebagai

CPO kualitas rendah. CPO *off grade* adalah CPO yang berkadar kemasaman (bilangan asam) lebih besar dari 5%. [Muklis, 2011]. CPO *off grade* terjadi karena rendahnya kualitas buah sawit yang diolah diakibatkan terlambatnya buah dipanen, terlambatnya buah diangkut dan terlambatnya buah diolah. Mutu yang kurang bagus menyebabkan CPO *off grade* kurang baik digunakan untuk konsumsi pangan sehingga perlu pemurnian lebih lanjut.

Secara umum terdapat dua tantangan dalam pengembangan proses produksi biodiesel yaitu reaksi transesterifikasi yang bersifat reversibel dan ketidaklarutan antara minyak dan alkohol. Reaksi yang tidak sempurna dapat menyebabkan rendahnya kualitas biodiesel karena terdapat zat-zat pengotor seperti trigliserida, monogliserida dan kehilangan reaktan, sedangkan untuk mengatasi ketidaklarutan antara minyak dan alkohol biasanya digunakan proses pengadukan pada sistem reaksi, namun hal ini meningkatkan biaya energi dalam proses produksi, untuk mengatasi hal tersebut digunakan teknologi yang sedang berkembang saat ini yaitu reaktor membran.

Reaktor membran memadukan proses reaksi dan proses pemisahan produk dalam satu tahap yang simultan, beberapa keuntungan pembuatan biodiesel dengan reaktor membran yaitu kemudahan

memisahkan produk utama dengan reaktan yang tidak bereaksi dan dapat menghalangi pengotor sehingga menghasilkan produk dengan tingkat kemurnian yang tinggi [Dube, 2007].

Secara umum biodiesel diproduksi melalui transesterifikasi minyak dan alkohol menggunakan katalis basa yaitu natrium hidroksida [Marchetti, *et al* 2007]. Metode ini hanya boleh dilakukan pada minyak kadar asam lemak bebas (ALB) dibawah 1% [Zhang *et al*, 2003]. Penggunaan minyak berkadar ALB diatas 1% dibutuhkan perlakuan awal, jika perlakuan awal tidak dilakukan maka ALB dapat bereaksi dengan katalis basa membentuk sabun dan dapat mengganggu proses.

He, *et al* [2006] mempelajari penggunaan ekstraktor membran untuk pemurnian biodiesel, hasil yang diperoleh tingkat kemurnian mencapai 99 % dan lebih tinggi dari pemurnian biasa yakni sekitar 97,5%. Maulana [2014] melakukan penelitian menggunakan reaktor membran dari CPO *off grade* dengan waktu reaksi 2 jam, temperatur 60 °C, dengan konsentrasi katalis 1 % berat minyak, rasio mol minyak-metanol 1:12, 1:16, 1:20, tekanan transmembran ± 1 bar, $\pm 1,5$ bar dan ± 2 bar dan diperoleh yield sebesar 71,51 % pada kondisi operasi rasio mol minyak - metanol 1:20 dan tekanan transmembran 2 bar. Pada penelitian Maulana [2014] sebelumnya yield yang diperoleh

baru mencapai 71,51 %, sehingga perlu dikembangkan penelitian lebih lanjut agar diperoleh yield yang lebih tinggi. Pada penelitian Maulana [2014] sebelumnya yield yang diperoleh baru mencapai 71,51 %, sehingga perlu dikembangkan penelitian lebih lanjut agar diperoleh yield yang lebih tinggi. Penelitian ini dilakukan dengan bahan baku yang sama yaitu CPO *off grade* dengan meningkatkan konsentrasi katalis yang digunakan yaitu menjadi 1 %, 1,5 %, dan 2 % berat, dan rasio mol minyak-metanol 1:12, 1:18, 1:24.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan dan alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi :

a. Bahan

Penelitian ini menggunakan CPO *off grade* sebagai bahan baku pembuatan biodiesel, metanol (CH_3OH) Pa sebagai pereaksi, asam sulfat pekat (H_2SO_4) dan kalium hidroksida (KOH) sebagai katalis, natrium hidroksida (NaOH) 0,5 N sebagai bahan pencucian membran, kalium hidroksida (KOH) 0,1 N sebagai titran sampel, asam oksalat untuk standarisasi kalium hidroksida (KOH).

b. Alat

Alat utama yaitu rangkaian reaktor membran dan alat pendukung seperti gelas ukur, termometer, corong pisah, erlenmeyer, statif, *hotplate*, piknometer, pipet tetes,

viskometer dan neraca digital. Rangkaian Alat Penelitian dapat dilihat pada Gambar 1 dan skema pembuatan biodiesel pada Gambar 2.

Variabel Penelitian

Proses Esterifikasi

Proses esterifikasi dilangsungkan dalam reaktor berpengaduk dengan temperatur 60 °C, laju pengadukan 400 rpm selama 90 menit dan katalis H_2SO_4 .

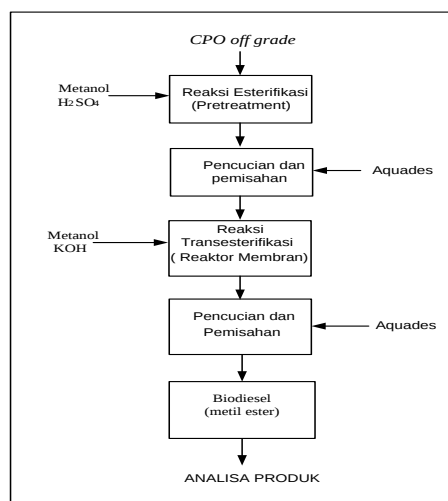
Proses Transesterifikasi

Variabel tetap : temperature 60 °C, tekanan transmbran 2 bar, waktu reaksi 2,5 jam.

Variabel berubah : rasio mol umpan CPO *off grade* - metanol 1:12, 1:18, 1:24 dan konsentrasi katalis KOH 1 % , 1,5 %, dan 2 %-wt.

Prosedur Penelitian

Proses pembuatan biodiesel dari CPO *off grade* menggunakan reaktor membran ditampilkan pada Gambar 1.



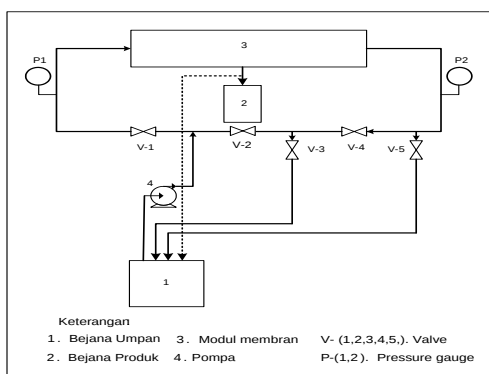
Gambar 1. Prosedur Pembuatan Biodiesel dari CPO *off grade*.

a. Proses *Pretreatment*

Proses *pretreatment* dilakukan untuk mengurangi kadar asam lemak bebas yang terkandung dalam CPO *Off Grade*.

b. Proses Produksi

Rangkaian aliran proses produksi biodiesel menggunakan reaktor membran ditampilkan pada gambar 2.



Gambar 2.Rangkaian Aliran Proses Reaktor Membran

Setelah dilakukan *pretreatment* terhadap CPO *off grade*, maka proses selanjutnya minyak hasil *pretreatment* direaksikan dalam reaktor membran. Berikut tahapan proses kerjanya:

- Persiapan minyak berupa campuran *metyl* ester dan trigliserida dan metanol dengan perbandingan rasio mol adalah 1:12 dan katalis KOH 1 %-wt.
- Minyak berupa campuran *metyl* ester dan trigliserida hasil *pretreatment* dimasukkan kedalam bejana umpan yaitu labu leher tiga dan dipanaskan hingga suhu 60°C.

- Setelah minyak pada kondisi suhu 60°C, campuran metanol-katalis dimasukkan kedalam bejana umpan.
- Selanjutnya pompa dihidupkan, namun sebelum itu tutup V-1, V-4, V-5, dan buka V-2 dan V-3.
- Kemudian umpan di sirkulasikan melewati V-3 selama 30 menit hingga campurannya homogen dengan suhu 60°C.
- Selanjutnya umpan dialirkan kedalam membran dengan cara membuka V-1 dan V-4 secara perlahan-lahan hingga bukaan 100%, serta menutup V-2. Setelah itu dilakukan pengaturan tekanan dengan cara mengatur bukaan V-3 dan V-5.
- Setelah V-1 terbuka dan umpan mengalir melewati membran, maka produk yang keluar pada aliran permeat 60 menit pertama disirkulasi kedalam bejana umpan. (hal ini karena reaktan belum bereaksi sempurna).
- Setelah itu produk keluaran permeat ditampung di bejana produk, produk keluaran dihitung volumenya setiap 10 menit, untuk menghitung fluks permeat hingga umpan habis terkonversi menjadi produk.
- Setelah 2,5 jam proses, pompa dimatikan dan *crude* biodiesel yang diperoleh dilakukan proses pencucian serta pemisahan.
- Untuk menjaga efektifitas membran, maka dilakukan proses pencucian menggunakan larutan

NaOH 0.5 N dengan sistem *counter current*, dimana V-2 dalam keadaan tertutup sedangkan V-1, V-3, V-4 dan V-5 dalam keadaan terbuka, pencucian dilakukan selama 1 jam atau sampai kondisi air cucian tetap bersih.

- Untuk variabel penelitian berikutnya, dilakukan proses yang sama dengan prosedur diatas.

Teknik Analisa Data

Analisa kandungan senyawa pada biodiesel menggunakan GCMS, analisa viskositas menggunakan viskometer *Ostwald* dan densitas menggunakan piknometer.

Parameter Uji Keberhasilan

Teknik analisis yang dipakai adalah analisa deskriptif dengan cara membandingkan kualitas biodiesel hasil penelitian dengan standard nasional indonesia-SNI 04-7182 2006.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Bahan Baku

Karakteristik CPO *off grade* hasil uji ditunjukkan pada tabel 1.

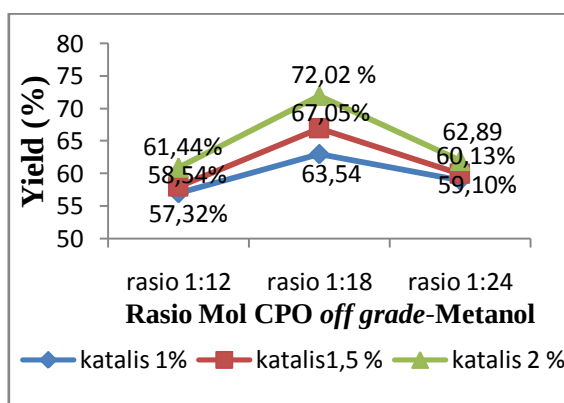
Tabel 1. Sifat Fisika dan kimia CPO *off grade*

NO	Parameter	Unit	Hasil
1	Densitas (40 ⁰ C)	kg/m ³	957
2	Viskositas (40 ⁰ C)	mm ² /s	10,88
3	Kadar ALB	%	6,93

Perbandingan Mol CPO *off grade*-Metanol Terhadap Yield

Grafik pengaruh rasio mol CPO *off grade*-metanol dan konsentrasi katalis terhadap *yield* dapat dilihat pada Gambar 4. *Yield* tertinggi biodiesel dihasilkan pada rasio mol CPO *off grade*-metanol 1:18 dengan konsentrasi katalis 2 %-wt yaitu sebesar 95,05%. Sedangkan *Yield* terendah dihasilkan pada rasio mol CPO *off grade*- metanol 1:12 dengan konsentrasi katalis 1 %-wt yaitu sebesar 76,44 %. *Yield* yang dihasilkan pada rasio mol 1:12 dengan katalis 1 %-wt, 1,5%-wt dan 2 %-wt terus mengalami peningkatan yaitu 57,32%, 58,54% dan 61,44%, hal yang sama juga terjadi pada rasio mol 1:18 dan 1:24. Laju reaksi transesterifikasi sebanding dengan konsentrasi reaktan, semakin besar konsentrasi metanol yang digunakan maka jumlah tumbukan antar partikel semakin banyak sehingga semakin banyak pula produk yang akan dihasilkan. *Yield* optimum yang dihasilkan pada penelitian ini adalah dengan rasio mol CPO *off grade* – metanol 1:18 dengan katalis 2 %-wt, dibandingkan dengan studi yang dilakukan Cao *et al* [2007] reaktor membran beroperasi efektif pada tipe semi-kontinu dengan rasio mol minyak-alkohol 1:16, sedangkan pada penelitian ini diperoleh *yield* terbesar pada rasio 1:18. Hal ini dikarenakan semakin banyaknya metanol yang digunakan, maka luas permukaan kontak reaksi akan

semakin besar dan reaksi akan berjalan sempurna sehingga dihasilkan *yield* yang lebih tinggi. Akan tetapi pada rasio mol CPO *off grade* – metanol 1:24 ternyata tidak menghasilkan *Yield* terbanyak padahal semakin banyak metanol maka *Yield* yang dihasilkan juga semakin banyak. Hal ini disebabkan karena reaksi sudah mencapai kesetimbangan.



Gambar 4. Pengaruh Rasio Mol CPO *off grade*-Metanol dan Katalis Terhadap *Yield*

Karakteristik Fisik Metil Ester

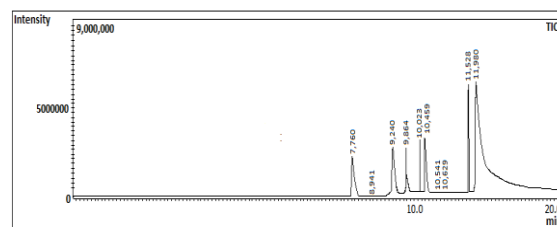
Ester yang dihasilkan berwarna kuning pucat, transparan, encer dan berbau. Berdasarkan hasil uji analisa sifat fisik dan sifat kimianya telah memenuhi standar yang diinginkan. Hasil uji dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Karakteristik Biodiesel

Parameter	Unit	Biodiesel	Hasil
		SNI	
Densitas (40°C)	kg/m ³	850-890	865
Viskositas (40°C)	mm ² /s	2,3-6	5,36
Bilangan Asam	mg-KOH/g	0,8	0,72
Titik Nyala	°C	100	158

Hasil Analisa GCMS Biodiesel

Hasil analisa produk dengan menggunakan alat GCMS menyatakan jumlah persentasi komponen kimia yang terkandung di dalam biodiesel. Hasil analisis menggunakan GCMS untuk rasio mol cpo *off grade* - metanol adalah 1:18 dengan konsentrasi katalis basa KOH 2 %-wt, tekanan transmbran 2 bar.



Gambar 5. Hasil GCMS Produk

Tabel 3. Hasil Analisa GCMS produk

peak	% Height	Rumus Molekul	Komponen
1	5.48	C ₁₅ H ₃₀ O ₂	Tetradecanoic Acid, Methyl ester (CAS)
3	12.38	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	Methyl Myristate Pentadecanoic Acid, Methyl ester (CAS)
4	16.78	C ₁₇ H ₃₂ O ₂	Methyl Pentadecanoate Hexadecanoic Acid, Methyl Ester (CAS)
5	6.19	C ₁₉ H ₃₆ O ₂	Methyl Oleat 6,9-Octadecenoic acid, Methyl Ester, Methyl Arachidic
6	18.92	C ₁₉ H ₃₄ O ₂	9,12-Octadecadienoic Acid, Methyl Ester, Methyl Linoleat
7	36.28	C ₂₁ H ₄₂ O ₂	Eicisanoic Acid, Methyl Ester, Methyl palmitate

Sumber : Hasil Uji Indonesian oil palm research institute – Medan

KESIMPULAN

1. Pengaruh rasio mol umpan dan konsentrasi katalis pada rasio mol 1:12 dan 1:18 adalah semakin besar rasio mol dan konsentrasi katalis maka *Yield* yang dihasilkan semakin tinggi, sedangkan pada rasio mol 1:24 terjadi penurunan *Yield* karena telah mencapai kesetimbangan reaksi. *Yield* optimum biodiesel yang dihasilkan adalah sebesar 72,02% pada variasi rasio mol CPO *off grade* - metanol 1:18 dan konsentrasi katalis 2 %-wt.
2. Hasil karakteristik sifat fisika dan sifat kimia biodiesel yang dihasilkan memenuhi standar mutu biodiesel indonesia yaitu densitas pada suhu 40 °C 860-884 kg/m³, viskositas pada suhu 40 °C 5,14-5,76 cSt, angka asam 0,62-0,75 mg-KOH/g sampel dan titik nyala 158-161 °C dan jumlah asam lemak yang terkonversi menjadi biodiesel adalah sebesar 96,03%.

SARAN

1. Sebaiknya dilakukan analisa kemurnian produk biodiesel untuk mengetahui tingkat kemurnian biodiesel yang diproduksi.
2. Diperlukan penelitian lanjutan dengan menggunakan katalis heterogen yang lebih ekonomis karena dapat di kembali.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada kedua orang tua, teman seperjuangan Umami Kalsum, Silvia Rahmi, Nia Amelia serta orang terdekat yang selalu membantu sehingga penelitian ini dapat terlaksana dan selesai dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Cao, P., Dube, M. A., dan Tremblay, A.Y., 2007, *Effect of Membrane Pore Size on The Performance of a Membrane Reactor for Biodiesel Production*, Ind. Eng.Chem. Res., journal, hal. 46-52.
- Dube M.A., Tremblay A.Y., dan Liu J., (2007), "Biodiesel production using a membrane reactor", *Bioresource Technology*, 98, journal, hal. 639–647.
- He H., Guo X., dan Zhu S., 2006, *Comparison of membrane extraction with traditional extraction methods for biodiesel production*, J. Am. Oil Chem. Soc., 83, journal, hal.457–60
- Marchetti JM., V.U. Miguel, A.F. Errazu (2007). *Possible methods for biodiesel production. Renewable and Sustainable Energy Reviews* 11 (2007) 1300–1311. *Journal*.
- Maulana F., 2014. Pembuatan biodiesel dari CPO *off grade* dengan menggunakan reaktor

- membran. Skripsi
Sarjana, Fakultas Teknik,
Universitas Riau, Pekanbaru.
- Muklis, 2011. Potensi CPO *off grade*
sebagai bahan baku biodiesel.
[www.http://muklis-
chemicalengineer.blogspot.co
m/2011/01/potensi-cpo-off-
grade-sebagai - bahan. html](http://muklis-chemicalengineer.blogspot.com/2011/01/potensi-cpo-off-grade-sebagai-bahan.html),
diakses pada Mei 2014, Pkl.
21.30 WIB.
- Zhang, Y., Dube, M.A., McLean,
D.D., dan Kates, M., 2003,
*Biodiesel Production From
waste cooking oil* , 2.
*Economic assement and
sensitivity analysis*, Biosour.
Technol., *journal*, 90, 229-
240.