

Optimalisasi Transesterifikasi Minyak Kelapa Sawit Menjadi Biodiesel dengan Katalis NaOH

Oleh:

Herizal dan Maizar Rahman

S A R I

Telah dilakukan percobaan sintesis biodiesel melalui transesterifikasi minyak kelapa sawit (CPO) dengan metanol dan NaOH sebagai katalisnya. Untuk memperoleh kondisi operasi yang optimum maka beberapa variabel proses digunakan seperti konsentrasi katalis NaOH yang konsentrasinya antara 0,46-1,84%-berat, rasio molar Metanol/CPO yang besarnya sekitar 6-12, waktu reaksi antara 15-120 menit dan temperatur reaksi sekitar 50-65°C. Variabel yang optimal tersebut dipakai untuk memaksimalkan perolehan metil ester (biodiesel). Dalam studi ini perolehan biodiesel yang maksimal adalah sekitar 99%-berat. Produk tersebut dapat diperoleh pada kondisi operasi optimum sebagai berikut : konsentrasi NaOH = 1,38%, rasio molar = 10, waktu reaksi = 60 menit dan temperatur = 60°C. Karakteristik biodiesel yang dihasilkan seperti viskositas kinematis, berat jenis, titik nyala dan sebagainya, masih berada pada batasan yang tercantum dalam SNI Biodiesel.

Kata kunci: minyak kelapa sawit, metanol, NaOH, biodiesel

ABSTRACT

A study of biodiesel synthesis has been carried out via transesterification reaction of crude palm oil (CPO) with methanol and NaOH as the catalyst. In order to obtain optimum operating condition, several process variables such as catalyst concentration, molar ratio Methanol/CPO, reaction time and reaction temperature were varied between 0.46 to 1.84 %wt, 6 to 12, 15 to 120 min and 50 to 65 °C respectively. This study demonstrates that the maximum yield which is approximately 99 % (w/w), is produced at the following optimum operating condition : concentration of NaOH = 1.38%, molar ratio = 10, reaction time = 60 mins and reaction temperature = 60°C. The fuel properties of the biodiesel such as kinematic viscosity, density, flash point etc, are still in the range of SNI Biodiesel.

Key word: crude palm oil, methanol, NaOH, biodiesel.

I. PENDAHULUAN

Minyak bumi, selain sebagai sumber energi fosil di dalam negeri, juga merupakan sumber devisa dan penerimaan negara. Kebutuhan BBM yang terus meningkat, dewasa ini mencapai 60% total kebutuhan energi dalam negeri. Selain menimbulkan kelangkaan energi fosil tersebut, pemakaiannya telah banyak menyebabkan perubahan dan kerusakan lingkungan. Penghematan bahan bakar fosil dan perbaikan lingkungan dapat dicapai dengan mengembangkan

energi terbarukan seperti biodiesel, yaitu bahan bakar yang berasal dari minyak nabati.

Biodiesel mempunyai pengertian luas yang mencakup seluruh bahan bakar diesel yang dapat berasal dari aktivitas biologi/hayati seperti minyak, lemak, pati, selulosa, ganggang dan sebagainya (Rahman). Namun pengertian biodiesel dewasa ini adalah bahan bakar mesin diesel yang berupa ester metil/etil asam-asam lemak yang dibuat dari minyak-lemak nabati dengan proses esterifikasi bersama metanol/etanol (Soerawidjaja).

Minyak nabati, seperti minyak kelapa sawit tidak dapat digunakan langsung dalam mesin diesel karena viskositasnya yang tinggi. Penggunaan langsung minyak kelapa sawit ini dapat mengurangi atomisasi bahan bakar dan meningkatkan penetrasi semburan bahan bakar ke dalam ruang bakar yang akan menyebabkan tingginya deposit pada piston sehingga menyebabkan berkurangnya kompresi dan pembakaran dalam ruang bakar menjadi tidak sempurna (Vellguth). Untuk mengatasi masalah tersebut maka perlu dilakukan proses kimiawi terhadap minyak kelapa sawit tersebut yaitu melalui transesterifikasi minyak kelapa sawit bersama metanol dibantu katalis natrium hidroksida dan menghasilkan biodiesel yang memiliki karakteristik mirip dengan bahan bakar mesin diesel. Biodiesel yang dihasilkan melalui proses tersebut dapat digunakan langsung ataupun dalam bentuk campurannya dengan minyak diesel untuk semua mesin diesel tanpa membutuhkan modifikasi mesin atau sistem injeksi dan saluran bahan bakar (Chitra. P).

Transesterifikasi adalah reaksi antara minyak nabati dan alkohol dengan bantuan suatu katalis alkali yang menghasilkan suatu ester minyak nabati atau turunan esternya. Persamaan stokiometri dari reaksi transesterifikasi memerlukan satu mol trigliserida dan tiga mol alkohol untuk membentuk tiga mol metil ester (biodiesel) dan satu mol gliserol dengan bantuan katalis alkali. Pada prinsipnya reaksi transesterifikasi adalah reaksi bolak balik sehingga untuk mendorong reaksi berlangsung kekanan diperlukan alkohol berlebih agar pembentukan metil ester menjadi maksimal (Mittelbach). Persamaan reaksi transesterifikasi pembuatan biodiesel dapat dilihat pada persamaan reaksi di bawah ini (Boocock).

Variabel proses yang penting dalam transesterifikasi minyak kelapa sawit bersama metanol menggunakan katalis NaOH antara lain adalah konsentrasi katalis, rasio molar Metanol/CPO, waktu reaksi dan temperatur di mana variabel yang disebutkan di atas sangat mempengaruhi perolehan daripada produk biodiesel (Chitra. P). Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan optimasi proses terhadap variabel tersebut sehingga diperoleh variabel proses yang optimal dalam memproduksi biodiesel.

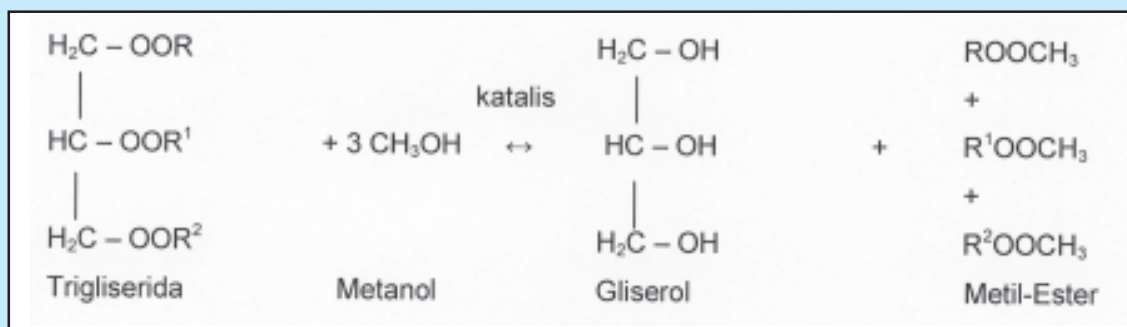
II. PERCOBAAN

A. Bahan

Minyak kelapa sawit dipilih sebagai bahan baku dalam penelitian ini karena ketersediaannya yang banyak di Indonesia dibandingkan dengan bahan baku nabati lainnya. Metanol sebagai bahan kimia utama yang digunakan dalam penelitian ini karena harganya lebih murah dan lebih reaktif dibandingkan dengan etanol. Sedangkan NaOH sebagai katalis alkali dipakai dalam penelitian ini, karena harganya murah dan lebih reaktif dibandingkan katalis lainnya.

B. Tahapan Proses

Bahan baku CPO dengan rasio molar Metanol/CPO 6 – 12 dimasukkan ke dalam reaktor gelas berupa labu leher tiga yang dilengkapi dengan pengaduk dan kondensor reflux serta pemanas. Katalis NaOH sebanyak 0,46-1,84 %-berat terhadap CPO dilarutkan dalam larutan metanol sampai homogen, kemudian larutan metanol dan katalis tersebut dimasukkan ke dalam reaktor. Bahan baku CPO dan campuran metanol dengan NaOH tersebut kemudian direaksikan selama 15 - 120 menit sambil diaduk pada suhu reaksi 50- 65°C. Setelah reaksi



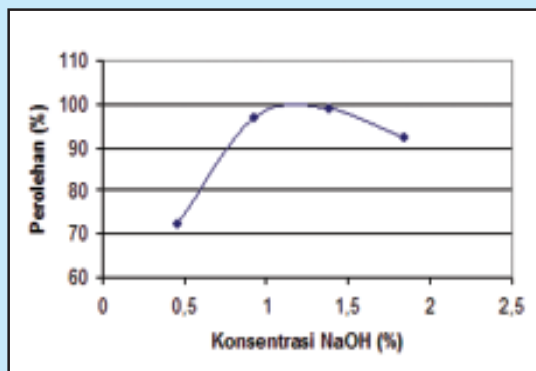
Gambar 1
Reaksi Transesterifikasi Pembentukan Metil Ester (Biodiesel)

Tabel 1
Variasi konsentrasi NaOH terhadap perolehan biodiesel

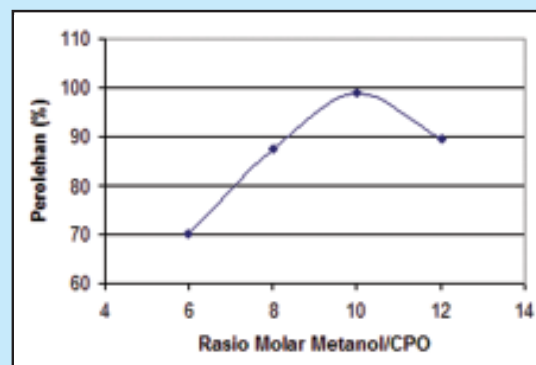
| Percobaan | Konsentrasi NaOH %-berat | Rasio Molar Metanol/CPO | Temperatur °C | Waktu menit | Perolehan %berat |
|-----------|--------------------------|-------------------------|---------------|-------------|------------------|
| 1 | 0,46 | 10 | 60 | 60 | 72,5 |
| 2 | 0,92 | 10 | 60 | 60 | 96,67 |
| 3 | 1,38 | 10 | 60 | 60 | 98,88 |
| 4 | 1,84 | 10 | 60 | 60 | 92,17 |

Tabel 2
Variasi rasio molar metanol/CPO terhadap perolehan biodiesel

| Percobaan | Konsentrasi NaOH %-berat | Rasio Molar Metanol/CPO | Temperatur °C | Waktu menit | Perolehan %berat |
|-----------|--------------------------|-------------------------|---------------|-------------|------------------|
| 5 | 1,38 | 6 | 60 | 60 | 70,11 |
| 6 | 1,38 | 8 | 60 | 60 | 87,49 |
| 7 | 1,38 | 10 | 60 | 60 | 98,96 |
| 8 | 1,38 | 12 | 60 | 60 | 89,43 |



Gambar 2
Variasi konsentrasi NaOH vs perolehan biodiesel



Gambar 3
Variasi rasio molar metanol/CPO vs perolehan biodiesel

selesai pengendapan dilakukan sehingga terbentuk dua fase lapisan yaitu fase biodiesel dan fase gliserol. Selanjutnya fase gliserol tersebut dipisahkan untuk mendapatkan biodieselnnya. Kemudian biodiesel tersebut dicuci dengan air sampai pH-nya netral. Biodiesel yang telah dicuci kemudian dikeringkan sampai diperoleh biodiesel yang benar-benar bersih dan memiliki karakteristik yang memenuhi SNI Biodiesel.

III. HASIL DAN DISKUSI

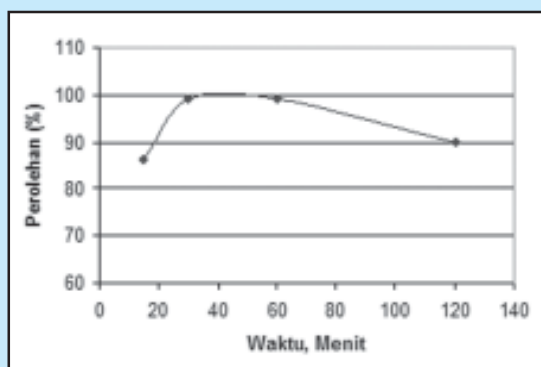
A. Perolehan biodiesel pada berbagai kondisi operasi

Optimalisasi proses transesterifikasi untuk mendapatkan produk biodiesel yang maksimal dilakukan dengan mempelajari beberapa pengaruh kondisi operasi yang berbeda, yang hasilnya ada dalam bahasan berikut:

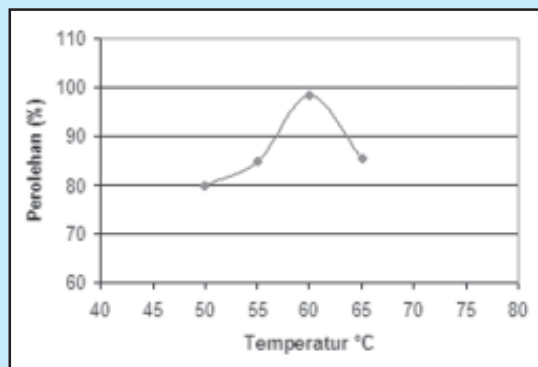
1. Pengaruh Konsentrasi NaOH

Konsentrasi NaOH yang digunakan dalam percobaan ini divariasikan dari 0,46, 0,92, 1,38 dan 1,84 %-berat pada rasio molar Metanol/CPO sebesar 10, temperatur 60°C dan waktu 60 menit. Hasil perolehan biodiesel dengan variasi konsentrasi NaOH seperti ditunjukkan dalam Tabel 1 dan Gambar 2.

Dalam Tabel dan Gambar tersebut terlihat bahwa pada konsentrasi 1,38% diperoleh perolehan biodiesel sebesar 98,88 %-berat. Pada konsentrasi NaOH lebih rendah dari 1,38 %-berat perolehan biodiesel belum maksimal sedangkan pada konsentrasi yang lebih tinggi dari 1,38 %-berat terjadi penurunan perolehan biodiesel. Fenomena ini disebabkan efektifitas



Gambar 4
Variasi waktu reaksi vs perolehan biodiesel



Gambar 5
Variasi temperatur reaksi vs perolehan biodiesel

Tabel 3
Variasi waktu reaksi terhadap perolehan biodiesel

| Percobaan | Konsentrasi NaOH %-berat | Rasio Molar Metanol/CPO | Temperatur °C | Waktu menit | Perolehan %berat |
|-----------|--------------------------|-------------------------|---------------|-------------|------------------|
| 9 | 1,38 | 10 | 60 | 15 | 86,24 |
| 10 | 1,38 | 10 | 60 | 30 | 98,88 |
| 11 | 1,38 | 10 | 60 | 60 | 98,96 |
| 12 | 1,38 | 10 | 60 | 120 | 89,83 |

Tabel 4
Variasi temperatur reaksi terhadap perolehan biodiesel

| Percobaan | Konsentrasi NaOH %-berat | Rasio Molar Metanol/CPO | Temperatur °C | Waktu menit | Perolehan %berat |
|-----------|--------------------------|-------------------------|---------------|-------------|------------------|
| 13 | 1,38 | 10 | 50 | 60 | 79,89 |
| 14 | 1,38 | 10 | 55 | 60 | 84,83 |
| 15 | 1,38 | 10 | 60 | 60 | 98,25 |
| 16 | 1,38 | 10 | 65 | 60 | 85,35 |

transesterifikasi tidak maksimal pada konsentrasi tersebut, sehingga pembentukan gliserol menjadi meningkat yang berdampak terhadap perolehan biodiesel.

2. Pengaruh Rasio Molar Metanol/CPO

Rasio molar Metanol/CPO yang digunakan dalam percobaan ini divariasikan dari 6, 8, 10 dan 12, pada konsentrasi NaOH 1,38 %-berat, temperatur 60°C dan waktu 60 menit. Hasil perolehan biodiesel dengan variasi rasio molar tersebut, disajikan dalam Tabel 2 dan Gambar 3. Pada Gambar 3 terlihat bahwa apabila rasio molar Metanol/CPO ditingkatkan atau dikurangi dibawah kondisi optimum, tidak terdapat peningkatan yang signifikan terhadap perolehan biodiesel. Peningkatan yang tidak berarti ini disebabkan oleh efektifitas transesterifikasi yang tidak maksimal, sehingga meningkatkan pembentukan gliserol yang berdampak terhadap perolehan biodiesel. Perolehan biodiesel optimum diperoleh pada rasio molar Metanol/CPO 10 yaitu sebesar 98,96 %-berat.

3. Pengaruh Waktu

Waktu reaksi yang digunakan dalam percobaan ini divariasikan dari 15 menit, 30 menit, 60 menit dan 120 menit, pada rasio molar Metanol/CPO sebesar 10, dengan konsentrasi NaOH 1,38 %-berat, dan temperatur 60°C. Perolehan biodiesel dengan variasi waktu disajikan dalam Tabel 3 dan Gambar 4. Pada Gambar 4 terlihat semakin lama waktu yang dipergunakan untuk transesterifikasi minyak kelapa sawit menjadi biodiesel, tidak terdapat peningkatan yang signifikan terhadap perolehan biodiesel. Tampaknya makin lama waktu reaksi yang digunakan, efektifitas transesterifikasi menjadi tidak maksimal, sehingga meningkatkan pembentukan gliserol yang berdampak terhadap perolehan biodiesel. Perolehan biodiesel optimum diperoleh pada waktu reaksi 60 menit yaitu sebesar 98,96 %-berat.

4. Pengaruh Temperatur

Pemanasan yang diperlukan pada percobaan ini divariasikan pada 50, 55, 60 dan 65°C, dengan rasio

Tabel 5
Karakteristik produk biodiesel dan SNI biodiesel

| No | Karakteristik | Unit | SNI-Biodiesel | Biodiesel Run-11 |
|----|---|-------------------|-------------------------|------------------|
| 1 | Berat jenis 15°C | kg/m ³ | 850 - 890 | 870 |
| 2 | Viskosita kinematik 40°C | cSt | 2,3 - 6,0 | 4,97 |
| 3 | Angka setana | | min. 51 | 62 |
| 4 | Titik nyala | °C | min. 100 | 186 |
| 5 | Titik tuang | °C | maks. 18 | 10 |
| 6 | Korosi lempeng tembaga (3 jam , 50°C) | | maks. No 3 | IA |
| 7 | Residu karbon - dalam contoh asli - dalam 10% ampas distilasi | %massa | maks. 0,05 maks. 0,3 | 0,03 |
| 8 | Air dan sedimen | %vol | maks. 0,05 | Trace |
| 9 | Temperatur distilasi 90% | °C | 360 | 354 |
| 10 | Abu tersulfatkan | %massa | maks. 0,02 | 0,01 |
| 11 | Belerang | ppm-m (mg/kg) | maks. 100 | 50 |
| 12 | Angka asam | mg-KOH/g | maks. 0,8 | 0,47 |
| 13 | Kadar alkil ester | %massa | min. 96,5 | 97 |

molar Metanol/CPO 10, serta konsentrasi NaOH 1,38 %-berat, dan waktu 60 menit. Perolehan biodiesel dengan variasi temperatur disajikan dalam Tabel 4 dan Gambar 5. Pada Gambar 5 terlihat bahwa semakin tinggi temperatur reaksi transesterifikasi yang melebihi titik didih metanol ($64,7^{\circ}\text{C}$), terjadi penurunan yang signifikan terhadap perolehan biodiesel. Penurunan perolehan biodiesel ini disebabkan oleh hilangnya sebagian metanol akibat penguapan. Akibatnya kesetimbangan reaksi transesterifikasi bergeser ke arah kiri, sehingga pembentukan biodiesel menjadi tidak maksimal. Perolehan biodiesel optimum diperoleh pada waktu reaksi 60 menit yaitu sebesar 98,25%-berat.

B. Karakteristik Produk Biodiesel

Hasil uji karakteristik fisika kimia produk biodiesel yang diperoleh dalam penelitian ini dicantumkan dalam Tabel 5.

Dalam Tabel 5 dapat dilihat bahwa karakteristik fisika kimia produk biodiesel ini sudah memenuhi karakteristik yang tercantum dalam SNI biodiesel.

IV. KESIMPULAN

Kondisi optimum proses pembuatan biodiesel yang diperoleh dalam penelitian ini adalah, konsentrasi NaOH 1,38 %-berat, rasio molar Metanol/CPO 10, waktu reaksi 60 menit dan temperatur 60°C , dengan perolehan biodiesel 98,96 %-berat.

Dengan kondisi operasi optimum ini, biodiesel yang dihasilkan dari percobaan telah memenuhi

karakteristik yang tercantum dalam SNI Biodiesel, dengan demikian dapat dipakai sebagai substitusi bahan bakar solar ataupun dalam bentuk campurannya.

KEPUSTAKAAN

1. Boocock D. G. B, Konar S. K, Mao. V, Lee, and Buligan Sonia., "Fast Formation of High-Purity Methyl Esters from Vegetable Oils," *JAOCS*, Vol. 75, No. 9, 1998
2. Chitra. P, Venkatachalam. P and Sampathrajan., "Optimisation of Experimental Condition for Biodiesel Production from Alkali-Catalysed Transesterification of Jatropha Curcus Oil," *Energy for Sustainable Development*, Vol. IX, No. 3, September 2005
3. Mittelbach Martin., "Biodiesel The Comprehensive Handbook," 2004
4. Rahman Maizar., "Biodiesel, Alternatif Substitusi Solar yang Menjanjikan bagi Indonesia," *Lembaran Publikasi Lemigas*, No. 1, 1995
5. Soerawidjaja H. Tatang., "Fondasi-Fondasi Ilmiah Keteknikan dari Teknologi Pembuatan Biodiesel," Seminar Nasional, Biodiesel Sebagai Energi Alternatif Masa Depan, UGM Yogyakarta, 15 April 2006
6. Vellguth Gerhard., "Performance of Vegetable Oils and their Monoesters as Fuel for Diesel Engines," *Renewable Energy Review Journal*, Vol. 7, No. 1, June 1 1985.