

OPTIMASI PROSES PRODUKSI BIODIESEL DARI SAWIT *OFF GRADE* MENGGUNAKAN KATALIS ZEOLIT ALAM TERAKTIVASI PADA TAHAP TRANSESTERIFIKASI

Heriza Saputri, Zuchra Helwani, Hari Rionaldo

Laboratorium Teknologi Oleokimia

Program Sarjana Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Bina Widya Jl. HR Soebrantas KM 12,5 Pekanbaru, Kode Pos 28293

E-mail : heriza_saputrinawir@yahoo.co.id

ABSTRACT

Oil-palm off grade is a source of vegetable oil that unmaximum utilization from the rest of the sorting in Crude Palm Oil (CPO) factory. The availability of oil-palm off grade is about 7-10% of a CPO factory with capacity of 30 tons per hour. This research aims to produce biodiesel from oil-palm off grade with two-stage reaction (esterification and transesterification) using activated natural zeolite catalysts in transesterification reaction. The other aims of this research is to study the influence of the reaction temperature (50, 60, 70°C), the molar ratio methanol : oil (6:1, 8:1, 10:1), and catalyst concentration (1, 3, 5%-wt) to yield of biodiesel and also to predict the optimum of proccess condition that give maximum yield. Natural zeolite is modified by impregnation with 75% KOH solution and calcined at 450°C for 4 hours. The highest yield of biodiesel is 92,04% at the reaction temperature of 60°C, the molar ratio of methanol : oil 8:1, and 3%-wt catalyst concentration.

Keywords : *oil-palm off grade, biodiesel, natural zeolite modified, response surface methodology, transesterification*

1. Pendahuluan

Biodiesel merupakan salah satu sumber energi terbarukan (*renewable energy*) sebagai pengganti bahan bakar diesel. Secara kimiawi biodiesel didefinisikan sebagai monoalkil ester dari asam lemak rantai panjang yang bersumber dari minyak nabati atau lemak hewani. Sebagai pengganti bahan bakar diesel, bodiesel memiliki kelebihan, diantaranya tidak bersifat toksik dan ramah lingkungan, memiliki angka setana yang tinggi, dapat terurai secara alami, serta memiliki sifat pelumasan dan efisiensi pembakaran yang baik [1].

Biodiesel dapat dibuat melalui dua tahap reaksi yaitu esterifikasi dan

transesterifikasi. Reaksi esterifikasi merupakan proses konversi asam lemak bebas (ALB) dengan alkohol rantai pendek menghasilkan campuran metil ester dan trigliserida serta produk samping berupa air. Sedangkan reaksi transesterifikasi merupakan proses konversi trigliserida dalam minyak nabati atau lemak hewani dengan alkohol rantai pendek menghasilkan metil ester (biodiesel) dan produk samping berupa gliserol.

Crude palm oil (CPO) merupakan bahan baku pembuatan biodiesel yang banyak digunakan di Industri Biodiesel Indonesia. Pembuatan biodiesel diharapkan bersumber dari bahan baku yang

murah dan ekonomis karena sekitar 60 – 80% biaya total produksi biodiesel merupakan biaya bahan baku [2]. Jika CPO dijadikan sebagai bahan baku utama pembuatan biodiesel maka dikhawatirkan akan bersaing dengan kebutuhan pangan. Sehingga diperlukan bahan baku alternatif pengganti CPO, salah satunya adalah sawit *off grade*. Sawit *off grade* merupakan sumber minyak nabati yang tersedia dalam jumlah yang besar, yaitu sekitar 7 – 10 ton dihasilkan dari pabrik CPO dengan kapasitas olah 30 ton/ jam dan dijual dengan harga 30 – 40% lebih murah dibandingkan sawit layak olah [3]. Selain memiliki ketersediaan yang besar dan harga murah, selama ini sawit *off grade* belum dimanfaatkan secara maksimal sehingga sawit *off grade* berpotensi dijadikan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel, namun kelemahan dari sawit *off grade* adalah memiliki kadar ALB yang tinggi. Kelemahan tersebut dapat diatasi dengan penggunaan dua tahap reaksi karena kadar ALB yang tinggi dapat dikurangi melalui reaksi esterifikasi sebelum dilanjutkan ke reaksi transesterifikasi. Kadar ALB yang diperbolehkan pada reaksi transesterifikasi adalah <2% [4]. Selain itu penggunaan dua tahap reaksi dapat menghasilkan *yield* biodiesel yang tinggi.

Selain menggunakan dua tahap reaksi proses produksi biodiesel dapat ditingkatkan dengan penggunaan katalis heterogen karena katalis heterogen memiliki kemudahan dalam proses pemisahan katalis, produk yang dihasilkan lebih murni, dan dapat digunakan secara berulang-ulang [5]. Salah satu katalis heterogen yang dapat dijadikan sebagai katalis adalah zeolit alam [6]. Zeolit alam merupakan mineral alam yang

tersusun oleh senyawa AlO_4 dan SiO_4 yang berhubungan melalui atom oksigen [5]. Zeolit alam dapat dijadikan sebagai katalis karena ketersediaannya yang berlimpah, memiliki struktur kristal berpori dan luas permukaan yang besar serta stabilitas termal yang tinggi, dan harga yang relatif murah, namun zeolit alam memiliki aktivitas katalitik yang rendah sehingga perlu diaktivasi terlebih dahulu [7]. Dengan demikian optimasi proses produksi biodiesel dapat ditingkatkan dengan menggunakan sawit *off grade* sebagai bahan baku melalui dua tahap reaksi dengan bantuan katalis heterogen berupa zeolit alam teraktivasi.

2. Metodologi Penelitian

2.1 Bahan dan Alat

Alat yang digunakan adalah labu leher tiga dengan kapasitas 500 ml sebagai reaktor *batch* yang dilengkapi dengan *heating mantel*, kondensor, termometer, dan *magnetic stirrer*. Bahan baku yang digunakan adalah minyak dari hasil ekstraksi sawit *off grade* menggunakan alat *spindle hydraulic press*. Sebagai reaktan pada reaksi esterifikasi dan transesterifikasi digunakan metanol 98%, sedangkan pada reaksi esterifikasi menggunakan katalis H_2SO_4 dan reaksi transesterifikasi menggunakan katalis zeolit alam teraktivasi.

2.2 Pembuatan Katalis Zeolit Alam Teraktivasi

Zeolit alam dihaluskan hingga berukuran 100 *mesh* kemudian diimpregnasi menggunakan larutan KOH 75% dalam labu dengan kondensor refluks, *heating mantel*, termometer dan stirer pada suhu 60°C selama 2 jam. Selanjutnya campuran dipanaskan di dalam oven pada suhu 60°C selama 24 jam. Setelah proses

impregnasi selesai, campuran dipisahkan menggunakan pompa vakum. Zeolit alam yang tertahan pada kertas saring dikeringkan dalam oven pada suhu 110°C selama 24 jam untuk menghilangkan kandungan air kemudian di kalsinasi pada suhu 450°C selama 4 jam [5].

2.3 Proses Pembuatan Biodiesel dengan Dua Tahap Reaksi

Tahap esterifikasi dilakukan untuk mengurangi kadar ALB dalam minyak sawit *off grade*. Sebanyak 100 gram minyak sawit *off grade* dimasukkan ke dalam reaktor yang ditempatkan di atas *heating mantel* hingga mencapai suhu 60°C. Setelah suhu reaksi tercapai reaktan metanol dengan perbandingan rasio molar metanol : minyak 12:1 dan katalis H₂SO₄ sebanyak 1%-b dimasukkan ke dalam reaktor. Setelah reaksi berlangsung 1 jam, produk esterifikasi dimasukkan ke dalam corong pisah dan didiamkan selama 1 jam hingga terbentuk dua lapisan. Lapisan bawah dipisahkan dari lapisan atas berupa katalis H₂SO₄ dan metanol sisa dan dilanjutkan ke tahap transesterifikasi, namun sebelumnya lapisan bawah tersebut dihitung kadar ALBnya [8].

Pada tahap transesterifikasi, lapisan bawah dari produk esterifikasi dimasukkan ke dalam reaktor yang ditempatkan di atas *heating mantel* hingga mencapai suhu 50°C. Setelah suhu reaksi tercapai reaktan metanol dengan perbandingan rasio molar metanol : minyak 6:1 dan katalis zeolit alam teraktivasi sebanyak 1%-b dimasukkan ke dalam reaktor. Setelah reaksi berlangsung 2 jam, produk transesterifikasi didinginkan dan disaring secara vakum. Filtrat dipisahkan dari endapan berupa katalis dan dilanjutkan ke tahap pemisahan dan pemurnian. Pada reaksi

transesterifikasi, variasi suhu reaksi adalah 50, 60, dan 70°C, rasio molar metanol : minyak 6, 8, dan 10 : 1, serta konsentrasi katalis sebanyak 1, 3, dan 5%-b.

2.4 Pemisahan dan Pemurnian Biodiesel

Filtrat yang telah dipisahkan dari katalis dimasukkan ke dalam corong pisah dan didiamkan selama 6 jam hingga terbentuk dua lapisan. Lapisan bawah berupa gliserol dipisahkan dari lapisan atas berupa *crude* biodiesel dan metanol sisa reaksi. *Crude* biodiesel kemudian dimurnikan dengan cara dicuci menggunakan aquades hingga pH air pencucian netral. Biodiesel dipanaskan pada *hot plate* pada suhu 105°C selama 60 menit untuk menguapkan metanol sisa reaksi dan air [3]. Selanjutnya biodiesel ditimbang untuk menentukan *yield* yang dihasilkan dan dianalisa angka asam, berat jenis, viskositas kinematik, dan titik nyala untuk mengetahui karakteristiknya. *Yield* biodiesel dihitung dengan persamaan berikut [9] :

$$\text{Yield} = \frac{\text{Berat biodiesel}}{\text{Berat bahan baku (minyak)}} \times 100\%$$

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Ekstraksi Minyak Sawit Off Grade

Proses ekstraksi minyak sawit *off grade* diawali dengan pengukusan yang bertujuan untuk melunakkan bagian *mesocarp* buah dan memperlambat proses aktivasi enzim lipase di dalam minyak sawit *off grade*. Hasil analisa menunjukkan bahwa minyak sawit *off grade* memiliki warna jingga kemerahan dan kadar air dan ALB yang tinggi yaitu sebesar 9,2% dan 12,02%. Tingginya

kadar ALB dalam minyak sawit *off grade* terjadi karena kadar air yang tinggi dan aktivitas enzim lipase sehingga menyebabkan minyak mengalami hidrolisis membentuk ALB.

3.2 Penurunan Kadar ALB pada Reaksi Esterifikasi

Kadar ALB awal dalam minyak sawit *off grade* sebesar 12,02%, sehingga diperlukan perlakuan awal untuk mengurangi kadar ALB pada minyak sawit *off grade*. Salah satu proses/perlakuan awal yang dapat digunakan adalah reaksi esterifikasi. Setelah dilakukan reaksi esterifikasi, ALB terkonversi menjadi metil ester sebesar 89,85% sehingga kadar ALB dalam minyak sawit *off grade* berkurang menjadi 1,22%.

3.3 Yield Biodiesel

Pembuatan biodiesel dari minyak sawit *off grade* menggunakan katalis zeolit alam teraktivasi menghasilkan *yield* biodiesel terendah sebesar 35,07% pada kondisi proses suhu reaksi 60°C, rasio molar metanol : minyak 8:1, dan konsentrasi katalis 0%-b. Sedangkan *yield* biodiesel tertinggi diperoleh sebesar 92,04 % pada kondisi proses suhu reaksi 60°C, rasio molar metanol : minyak 8:1, dan konsentrasi katalis 3%-b.

3.4 Karakteristik Biodiesel

Hasil analisa karaktersitik biodiesel pada penelitian ini ditampilkan pada Tabel 1 yang memperlihatkan bahwa biodiesel yang dihasilkan memiliki nilai yang mendekati dan tidak melebihi standar yang ditetapkan oleh SNI-2012 untuk biodiesel [11].

Tabel 1. Karakteristik biodiesel dari sawit *off grade*

No	Karakteristik	Hasil penelitian	SNI-2012 untuk biodiesel
1	Angka asam	0,52 mg-KOH/gr biodiesel	Maks 0,6 mg-KOH/gr biodiesel
2	Berat jenis pada 40°C	859,72 kg/m ³	850 - 890 kg/m ³
3	Viskositas kinematik pada 40°C	2,71 mm ² /s	2,3 - 6,0 mm ² /s
4	Titik nyala	169°C	Minimal 100°C

4. Simpulan

Dari hasil percobaan yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa biodiesel dapat dihasilkan dari minyak sawit *off grade* yang memiliki kualitas rendah dengan kadar ALB yang tinggi melalui dua tahap reaksi menggunakan katalis zeolit alam teraktivasi pada tahap transesterifikasi. *Yield* biodiesel tertinggi diperoleh sebesar 92,04% pada kondisi proses suhu reaksi 60°C, rasio molar metanol : minyak 8:1, dan konsentrasi katalis zeolit alam teraktivasi 3%-b. Kondisi

proses yang memberikan pengaruh yang signifikan terhadap *yield* biodiesel adalah konsentrasi katalis dimana semakin tinggi konsentrasi katalis akan meningkatkan *yield* biodiesel yang dihasilkan.

Daftar Pustaka

- [1] Samik., R. Edianti dan D. Prasetyoko., 2011. *Pengaruh Kebasaan dan Luas Permukaan Katalis Terhadap Aktivitas Katalis Basa Heterogen untuk Produksi Biodiesel. Jurnal.*

- Jurusan Kimia Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [2] Helwani, Z., M. R. Othman, N. Aziz, J. Kim dan W. J. N., 2009. *Solid Heterogeneous Catalyst for Transesterification of Triglycerides with Methanol, Applied Catalysis A : General* 369, 1 – 10.
- [3] Arifin, J.K., 2009. Pemanfaatan Buah Sawit Sisa Sortiran sebagai Sumber Bahan Baku Asam Lemak. *Tesis*. Program S2 Teknik Kimia Universitas Sumatra Utara. Medan.
- [4] Farag, H.A., El – Maghraby, A. dan Taha, N.A., 2013. *Kinetic Study of Used Vegetable Oil for Esterification and Transesterification Process of Biodiesel Production. International Journal of Chemical and Biochemical Sciences (ISSN 2226-9614)* 3 : 1 – 8.
- [5] Kusuma, R. I., J. P. Hadinoto, A. Ayucitra dan S. Ismadji., 2011. *Pemanfaatan Zeolit Alam sebagai Katalis Murah dalam Proses Pembuatan Biodiesel dari Minyak Kelapa Sawit. Prosiding Seminar Nasional Fundamental dan Aplikasi Teknik Kimia*. Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.
- [6] Wirasito., T. Usman dan Harlia., 2014. *Transesterifikasi Minyak Goreng Bekas dengan Menggunakan Katalis Zeolit Termodifikasi Abu Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS). JKK (ISSN: 2303-1077)*. 3(1) : 32 – 36.
- [7] Syafii, F., Sugiarti dan Charlena., 2010. *Modifikasi Zeolit Melalui Interaksi dengan $Fe(OH)_3$ untuk Meningkatkan Kapasitas Tukar Anion. Prosiding Seminar Nasional Sains III*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- [8] Budiawan, R., Zulfansyah, W. Fatra dan Z. Helwani., 2013. *Off-grade Palm Oil as a Renewable Raw Material for Biodiesel Production by Two-Step Processes. Prosiding ChESA Conference. Chemical Engineering on Science and Application*. 7 : 40 – 50.
- [9] Hayyan, A., Md. Z. Alam., M. E. S. Mirghani., N. A. Kabbashi., N. I. N. M. Hakimi., Y. M. Siran dan S. Tahiruddin., 2011. *Reduction of High Content of Free Fatty Acid in Sludge Palm Oil via Acid Catalyst for Biodiesel Production. Fuel Processing Technology*, 52, 920 – 924.
- [10] Montgomery, D.C., 1991. *Design and Analysis of Experiments 3rd edition*. John Wiley and Sons Inc. Singapore.
- [11] (BSN) Badan Standarisasi Nasional. 2012. *Standar Nasional Indonesia (SNI) Nomor 7182:2012 tentang Biodiesel*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.