

SAWIT OFF GRADE SEBAGAI BAHAN BAKU ALTERNATIF PEMBUATAN BIODIESEL MELALUI PROSES DUA TAHAP MENGUNAKAN KATALIS ZEOLIT ALAM YANG DIMODIFIKASI

Ayu Naluri, Hari Rionaldo, Zuchra Helwani

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 : ayu.naluri@gmail.com

ABSTRACT

Palm off grade is a sort of CPO mill utilization which is not maximized. Palm off grade produced approximately 7-10% of the processing capacity of the plant CPO. Oil-palm off grade has a high free fatty acid contents, so it needs two stage process to produce biodiesel. The purpose of this research is to produce biodiesel with a maximum yield above 90%, determine the effectiveness of biodiesel production using a two-stage process with natural zeolite catalysts and determine the effect of temperature, mole ratio of oil : methanol and the concentration of catalyst to biodiesel yield. In this research, natural zeolite modified using 75% KOH solution. Then, biodiesel production have done in two stage, that was esterification and transesterification with variation of temperature (50°C, 60°C, 70°C), mole ratio of oil : methanol (1: 6, 1: 8, 1:10) and concentration of catalyst (2%-w, 4%-w, 6%-w) in transesterification. The highest yield of biodiesel is 96.99% at temperature 60°C, mole ratio of oil : methanol 1: 8 and concentration catalyst 4%-w. The result showed that the process conditions which influencing the yield of biodiesel is the reaction temperature and catalyst concentration.

Keywords: *biodiesel, natural zeolite, off grade palm oil, response surface methodology.*

1. Pendahuluan

Sawit *off grade* merupakan salah satu sumber minyak nabati yang belum dimanfaatkan dan berasal dari sisa sortasi Pabrik CPO. Ketersediaan sawit *off grade* sebagai bahan baku cukup banyak, yaitu sekitar 7 – 10% dari seunit Pabrik CPO dengan kapasitas olah 30 ton per jam [1]. Penggunaan sawit *off-grade* dapat mengurangi biaya produksi biodiesel karena sawit *off-grade* dijual dengan harga 30-40% lebih murah dibandingkan sawit layak olah [1]. Biodiesel dapat diproduksi dari minyak nabati dengan kadar ALB tinggi (> 2%) melalui dua tahap reaksi yaitu esterifikasi dan transesterifikasi.

Produksi biodiesel banyak menggunakan katalis homogen. Katalis homogen memiliki kelemahan yaitu sangat sulit dipisahkan dari produk sehingga membutuhkan banyak air untuk pemurniannya dan bersifat korosif sehingga air buangan dari permurnian biodiesel dapat mencemari lingkungan. Katalis heterogen merupakan alternatif yang baik untuk menggantikan katalis homogen berdasarkan kemudahan pemisahan produk, non korosif serta dapat digunakan kembali. Katalis heterogen biasanya menghasilkan *yield* yang lebih rendah, sehingga beberapa penelitian berfokus pada pengembangan katalis heterogen agar

dapat menghasilkan *yield* yang optimal [2].

Zeolit alam dapat dijadikan sebagai katalis karena harganya relatif murah dan berlimpah, memiliki stabilitas termal yang tinggi, tersusun oleh kerangka silika alumina, tidak beracun sehingga lebih ramah lingkungan, kemampuan adsorpsi tinggi, selektif dan mempunyai banyak struktur pori (*mikroporous*) aktif sehingga memiliki luas permukaan spesifik tinggi [3]. Sebelum digunakan sebagai katalis, zeolit alam perlu diaktivasi dan dimodifikasi terlebih dahulu untuk meningkatkan daya guna zeolit alam [4].

Penggunaan zeolit alam pada reaksi transesterifikasi melalui proses dua tahap diharapkan dapat meningkatkan *yield* biodiesel. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan biodiesel maksimal, menentukan efektifitas proses pembuatan biodiesel dengan reaksi dua tahap menggunakan katalis zeolit alam sebagai *support catalyst*, menentukan pengaruh temperatur, rasio molar, dan konsentrasi katalis terhadap *yield* biodiesel.

2. Metodologi Penelitian

2.1 Bahan dan Alat

Bahan baku yang digunakan yaitu minyak sawit *off grade* yang diperoleh dari hasil ekstraksi. Proses ekstraksi minyak sawit *off grade* dilakukan dengan menggunakan alat *spindle hydraulic press*. Reaktan yang digunakan pada tahap esterifikasi dan transesterifikasi adalah metanol 98%. Katalis yang digunakan pada tahap esterifikasi adalah H_2SO_4 dan katalis yang digunakan pada tahap transesterifikasi adalah zeolit alam yang telah dimodifikasi.

Alat yang digunakan pada proses pembuatan biodiesel dari

minyak sawit *off grade* yaitu labu leher tiga dengan kapasitas 500 ml sebagai reaktor *batch* yang dilengkapi dengan kondensor dan termometer. Untuk proses pemanasan dan pengadukan menggunakan mantel pemanas dengan *magnetic stirrer*.

2.2 Modifikasi Katalis

Modifikasi zeolit alam dimulai dengan proses impregnasi larutan kalium hidroksida (KOH) pada konsentrasi 75%. Proses ini dilakukan dalam labu dengan kondensor *reflux*, termometer dan pengaduk. Proses berlangsung pada suhu $60^\circ C$ selama 2 jam, kemudian campuran diletakkan dalam oven bersuhu $60^\circ C$ selama 24 jam. Setelah proses impregnasi selesai, campuran dipisahkan dengan cara penyaringan. Katalis termodifikasi dikeringkan dalam oven bersuhu $110^\circ C$ selama 24 jam untuk menghilangkan kadar air. Selanjutnya katalis termodifikasi dikalsinasi pada suhu $450^\circ C$ selama 4 jam [5]. Katalis yang telah dimodifikasi dikarakterisasi dengan menggunakan metode *X-Ray Diffraction* (XRD).

Untuk menentukan sifat aktivitas dari katalis merujuk pada penelitian yang dilakukan oleh Mahreni, dkk [6]. Pertama 1 gram katalis padat dicampurkan kedalam 50 ml aquades, campuran diaduk dan pH larutan diukur menggunakan pH meter. Uji kekuatan basa dari katalis merujuk pada penelitian yang dilakukan oleh Xie, dkk [7] dimana 0,3 gram katalis kemudian ditambahkan 1 ml indikator phenolphthalein ($H_- = 9,3$) dan dilarutkan menggunakan metanol pada diaduk selama 1 jam. Apabila tidak terjadi perubahan warna maka katalis memiliki kekuatan basa $< 9,3$ dan bila terjadi perubahan warna maka

katalis memiliki kekuatan basa sebesar $H_- = 9,3$ atau $>9,3$.

2.3 Proses Produksi Biodiesel dengan Dua Tahap Reaksi

Proses esterifikasi dilakukan untuk menurunkan kadar ALB pada sawit *off-grade*. Langkah pertama minyak sawit *off grade* sebanyak 100 gram dimasukkan ke dalam reaktor (labu leher tiga 500 ml) yang dilengkapi dengan kondensor, kemudian pengaduk dan pemanas dinyalakan pada suhu reaksi yaitu 60°C . Setelah suhu minyak mencapai suhu reaksi, metanol yang telah diukur dengan perbandingan rasio mol minyak : metanol 1 : 12 dan katalis H_2SO_4 sebanyak 1%-berat dimasukkan ke dalam reaktor. Produk esterifikasi dipisahkan dari campuran katalis dan sisa reaktan.

Proses transesterifikasi dilakukan untuk mendapatkan biodiesel dengan mengkonversi trigliserida yang terdapat di dalam minyak sawit *off grade*. Minyak produk esterifikasi dimasukkan ke dalam reaktor dan panaskan hingga mencapai suhu reaksi yaitu 50°C . Reaktan berupa minyak dan metanol pada perbandingan rasio mol 1 : 6 dan katalis zeolit sebanyak 2%-berat dimasukkan ke dalam reaktor. Reaksi transesterifikasi berlangsung selama 2 jam. Setelah reaksi berlangsung selama 2 jam, campuran didinginkan dan disaring dengan kertas saring *wathman* secara vakum. Endapan berupa katalis dipisahkan dari filtratnya. Filtrat yang didapat dilanjutkan ke proses pemisahan dan pemurnian biodiesel. Prosedur diulangi untuk variabel suhu reaksi 60°C dan 70°C , perbandingan rasio mol : minyak 1:8 dan 1:10, serta katalis zeolit sebanyak 4%-berat dan 6%-berat.

Filtrat kemudian dimasukkan ke dalam corong pisah dan didiamkan hingga terbentuk dua lapisan. Lapisan atas berupa *crude biodiesel* dan metanol sisa reaksi dan lapisan bawah berupa gliserol. *Crude biodiesel* kemudian dimurnikan dengan cara dicuci dengan aquades hingga air pencuci terlihat jernih. Biodiesel dipanaskan pada suhu 105°C selama 60 menit untuk menguapkan metanol sisa reaksi dan air [8].

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Ekstraksi Sawit Off Grade

Bahan baku dalam pembuatan biodiesel adalah minyak sawit *off grade*. Sebelum digunakan sebagai bahan baku minyak dianalisa untuk mengetahui kadar ALB dan kadar Air. Bila bahan baku minyak memiliki kadar $\text{ALB} > 2\%$ maka dilakukan proses esterifikasi untuk menurunkan kadar ALB hingga $< 2\%$.

Hasil analisa menunjukkan bahwa minyak sawit *off grade* memiliki kadar air yang tinggi yaitu 9,2% yang dapat meningkatkan kadar ALB serta dapat beraksi dengan katalis yang menyebabkan katalis berkurang sehingga dapat mengurangi *yield* biodiesel. Kadar air dalam bahan baku dapat diturunkan dengan proses pemanasan [9]. Kadar ALB dari minyak sawit *off grade* yang dianalisa sangat tinggi yaitu 12,02%, sehingga membutuhkan perlakuan awal terhadap minyak sebelum dilanjutkan ke proses transesterifikasi yaitu dengan cara esterifikasi.

3.3 Yield dan Karakteristik Biodiesel dari Proses Dua Tahap

3.3.1 Yield Biodiesel dari Proses Dua Tahap

Pada penelitian ini minyak sawit *off grade* yang memiliki kadar ALB

yang tinggi yaitu 12,02%. Tahap esterifikasi menurunkan kadar ALB minyak sawit *off grade* dari 12,02% menjadi 1,22%.

Yield biodiesel yang dihasilkan pada tahap transesterifikasi berkisar 85,99% sampai 96,99%. *Yield* biodiesel tertinggi sebesar 96,99% dengan kondisi operasi pada rasio mol minyak : metanol 1:8, konsentrasi katalis zeolit alam termodifikasi 4%-b,

dan suhu reaksi 60°C. Sedangkan *yield* biodiesel terendah sebesar 85,99% diperoleh pada rasio mol minyak : metanol 1:43,18, konsentrasi katalis zeolit termodifikasi 4%-b dan suhu reaksi 60°C.

3.3.2 Karakteristik Biodiesel dari Proses Dua Tahap

Karakteristik biodiesel yang dihasilkan dituliskan pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan karakteristik biodiesel hasil penelitian dengan biodiesel standar SNI 7182-2012.

No.	Karakteristik	Satuan	Biodiesel Hasil Penelitian	Standar Biodiesel SNI 7182-2012
1	Densitas 40 °C	kg/m ³	860,73	850-890
2	Viskositas 40 °C	mm ² /s	2,84	2,3-6,0
3	Titik Nyala	°C	172	Min. 100
4	Angka Asam	Mg-KOH/g	0,43	Maks. 0,6

Tabel 1 menunjukkan bahwa biodiesel hasil penelitian layak dipasarkan karena telah memenuhi syarat mutu biodiesel yang telah

ditetapkan oleh Badan Standar Nasional Indonesia.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dapat ditarik kesimpulan, yaitu penggunaan katalis heterogen berupa zeolit alam termodifikasi pada pembuatan biodiesel dari minyak sawit *off grade* dapat menghasilkan *yield* biodiesel yang tinggi yaitu 96,99% pada kondisi proses suhu reaksi 60°C, rasio mol minyak : metanol 1:8, dan konsentrasi katalis 4%-b. Semakin besar konsentrasi katalis zeolit alam termodifikasi yang digunakan maka *yield* biodiesel semakin tinggi, konsentrasi katalis diatas 4%-b dapat menurunkan *yield* biodiesel. Kondisi operasi yang memberikan pengaruh signifikan terhadap *yield* biodiesel adalah suhu reaksi. Penggunaan suhu

reaksi diatas 60°C tidak meningkatkan *yield* biodiesel.

Daftar Pustaka

- [1] Arifin, J.K., 2009. Pemanfaatan Buah Sawit Sisa Sortiran sebagai Sumber Bahan Baku Asam Lemak. *Tesis*. Program S2 Teknik Kimia Universitas Sumatra Utara. Medan.
- [2] Rahmawati, D, A., Intaningrum, D dan Istadi., 2013. *Pembuatan dan Karakterisasi Katalis Heterogen SO₄²⁻/ZnO dan SO₄²⁻/ZnO dengan Metode Kopresipitasi dan Impregnasi untuk Produksi Biodiesel dari Minyak Kedelai*. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*. 2(4) : 243-252.

- [3] Kasim, R., 2010. Desain Esterifikasi Menggunakan Katalis Zeolit pada Proses Pembuatan Biodiesel dari Crude Palm Oil (CPO) Melalui Metode Dua Tahap Esterifikasi – Transesterifikasi. *Tesis*. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- [4] 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.
- [5] Kusuma, R.I., Hadinoto, J.P., Ayucitra, A dan Ismadji, S., 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] Mahreni dan Sulistyawati, E., 2011. *Pemanfaatan Kulit Telur sebagai Katalis Biodiesel dari Minyak Sawit dan Metanol*. *Prosiding Seminar Rekayasa Kimia dan Proses*. Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta. Yogyakarta.
- [7] Xie, W dan Li, H., 2006. *Alumina Supported Potassium Iodide as a Heterogeneous Catalyst for Biodiesel Production from Soybean Oil*. *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical* 255 (2006) : 1-9.
- [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] 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.
- [10] Samik., R. Ediaty dan D. Prasetyoko., 2011. *Pengaruh Kebasaan dan Luas Permukaan Katalis Terhadap Aktivitas Katalis Basa Heterogen untuk Produksi Biodiesel*. *Prosiding Seminar Nasional Kimia Unesa*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- [12] Awaluddin, A., Saryono., S. Nelvia dan Wahyuni., 2008. *Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Produksi Biodiesel dari Minyak Sawit Mentah Menggunakan Katalis Padat Kalsium Karbonat yang Dipijarkan*. *Jurnal Natur Indonesia (ISSN 1410-9379)*. 11(2) : 129-134.
- [13] Prihanto, A., Bambang, P dan Herry, S., 2013. *Peningkatan Yield Biodiesel dari Minyak Biji Nyamplung melalui Transesterifikasi Dua Tahap*. *Momentum (ISSN: 0216-7395)*. 9(2) : 46-53.
- [14] Venkanna, B. K dan Venkataramana, R. C., 2009. *Biodiesel Production and Optimization from Calophyllum Inophyllum Linn Oil (Honne Oil) – A Three Stage*

- Method. Bioresource Technology.* 100 : 5122-5125.
- [15] Padil., Wahyuningsih, S dan Awaluddin, A., 2010. *Pembuatan Biodiesel dari Minyak Kelapa melalui Reaksi Metanolisis Menggunakan Katalis CaCO_3 yang dipijarkan. Jurnal Natur Indonesia (ISSN: 1410-9379).* 13(1) : 27-3.