

**SINTESIS BIODIESEL DARI LOW GRADE CRUDE PALM OIL (LGCPO)
MENGUNAKAN KATALIS SULFONATED CARBON
NANOSPHERES@FERROMAGNETIC (HSO₃-CNS_s@Fe₃O₄)**

Heru Kristianto ¹⁾, Edy Saputra ²⁾, Zuchra Helwani ²⁾

¹⁾Mahasiswa Program Studi Teknik Kimia, ²⁾Dosen Teknik Kimia
Laboratorium Teknik Reaksi Kimia dan Katalisis
Program Studi Teknik Kimia S1, Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Bina Widya Jl. HR. Soebrantas Km. 12,5 Simpang Baru, Panam,
Pekanbaru 28293
Email: heruchrist95@gmail.com

ABSTRACT

Biodiesel is an alternative fuel that is environmentally friendly. Catalysts is commonly used in the production of biodiesel is strong base catalysts which is difficult to separate from the product because it has the same phase as the reactant. Therefore, it is necessary to develop catalyst technology that is more economical, easy to implement, and environmentally friendly, such as sulfonated carbon nanospheres@ferromagnetic catalyst. The catalyst was synthesized by reacting granulated sugar, FeCl₂, FeCl₃, and the addition of ammonia through a hydrothermal carbonization process for further sulfonated using 98% concentrated sulfuric acid. The catalyst produced has a nanospherical shape with a size of 0.08-0.16 μ m. The catalyst is then used in the transesterification reaction to produce biodiesel. Optimum condition is reached at process variables LGCPO weight of 50 grams, stirring speed of 400 rpm, reaction time of 120 minutes, and temperature of 60 °C, with catalyst concentration of 1.5% (w/w) and molar ratio methanol:oil 1:9. The yield of biodiesel is 96.62% with density 878.67 kg/m³, viscosity 3.28 mm²/s, the acid number of 0.29 mg-KOH/g biodiesel and the flash point 127°C comply with the SNI standards (SNI 7182: 2015).

Keywords: Biodiesel, carbon nanosphere, LGCPO, transesterification, yield

1. Pendahuluan

Kebutuhan bahan bakar dari minyak bumi di Indonesia terus mengalami peningkatan seiring dengan berkembangnya sektor industri, alat transportasi, dan pertambahan penduduk. Bahan bakar yang digunakan saat ini merupakan hasil pengilangan bahan bakar fosil yang sifatnya tidak terbarukan dan jumlahnya terbatas. Menipisnya cadangan bahan bakar fosil mendorong penelitian dan pengembangan

sumber energi alternatif dari bahan alam terbarukan yang jumlahnya melimpah.

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif sebagai pengganti solar yang memiliki prospek di masa yang akan datang. Biodiesel berasal dari transesterifikasi lemak hewani dan minyak nabati. Bahan baku pembuatan biodiesel yang banyak digunakan pada industri biodiesel adalah *crude palm oil* (CPO), namun penggunaan CPO sebagai bahan baku utama pembuatan biodiesel

dikhawatirkan akan bersaing dengan kebutuhan pangan, sehingga diperlukan bahan baku alternatif pengganti CPO. Salah satu bahan baku alternatif yang sangat potensial adalah *low grade* CPO.

Low grade CPO merupakan produk sampingan dari proses penggilingan kelapa sawit yang dianggap sebagai minyak kelas rendah dengan asam lemak bebas yang tinggi (Suppalakpanya dkk., 2011). Harganya yang murah dan ketersediaannya yang cukup melimpah menjadikan *low grade* CPO sebagai bahan baku yang sangat potensial untuk diolah menjadi biodiesel tanpa harus bersaing dengan kebutuhan pangan.

Perkembangan industri biodiesel mengutamakan hasil konversi yang tinggi. Salah satu yang mempengaruhinya yaitu penggunaan katalis. KOH dan NaOH adalah beberapa katalis homogen basa yang paling umum digunakan untuk sintesis biodiesel (Sharma dkk., 2015). Penggunaan katalis homogen menimbulkan masalah seperti limbah cair, emulsifikasi selama pemurnian dan pemisahan katalis, pengurangan hasil biodiesel dan biaya yang tinggi. Katalis homogen dapat diganti dengan katalis heterogen. Katalis heterogen bersifat ekonomis, ramah lingkungan, tidak bersifat korosif, mudah dipisahkan dan dapat digunakan kembali (Xue dkk., 2014).

Salah satu katalis heterogen yang saat ini banyak dikembangkan adalah katalis heterogen asam berbasis karbon tersulfonasi. Berbagai penelitian membuktikan bahwa aktivitas katalitik katalis asam berbasis karbon tersulfonasi sangat menjanjikan untuk produksi biodiesel, dikarenakan ikatan karbon pada katalis sangat aktif dan stabil dalam reaksi, serta katalis yang berukuran nano yang mengakibatkan luas permukaannya tinggi sehingga kemampuan katalitiknya bertambah. Secara teoritis, luas permukaan katalis dapat meningkatkan hasil

reaksi transesterifikasi biodiesel (Guo dkk., 2012).

2. Metode Penelitian

Bahan baku *low grade* CPO dari pabrik kelapa sawit Intan Sejati Andalan Duri XIII, metanol, gula pasir, $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, NH_4OH , H_2SO_4 , KOH, etanol, akuades, dan indikator PP.

Sedangkan alat yang digunakan pada penelitian ini adalah *magnetic stirrer*, oven, *tubular furnace*, timbangan analitik, reaktor labu leher tiga, kondensor, *hot plate*, termometer, dan peralatan gelas seperti gelas kimia, gelas ukur, corong pisah, dan lain-lain.

Pembuatan Katalis $\text{HSO}_3\text{-CNS}_s\text{@Fe}_3\text{O}_4$

Pembuatan katalis terdiri dari dua tahap yaitu sintesis *carbon nanosphere* (CNS) *ferromagnetic* dan sulfonasi. CNS *ferromagnetic* disintesis menggunakan metode *one-pot hydrothermal* (Wang dkk., 2015). Sebanyak 7,05 gram (0,02 mol) gula pasir dilarutkan ke dalam 50 ml akuades. Kemudian 5,41 gram (0,02 mol) $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dan 1,99 gram (0,01 mol) $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ditambahkan ke dalam larutan tersebut. Campuran kemudian diaduk selama 1 jam dengan kecepatan pengadukan 500 rpm. Larutan ammonia 25% ditambahkan ke dalam campuran (dalam kondisi pengadukan) hingga pH campuran mencapai rentang 9-12. Selanjutnya campuran dimasukkan ke dalam teflon *autoclave* dan dipanaskan selama 18 jam pada suhu 180°C . Setelah teflon didinginkan hingga suhu kamar, produk kemudian disaring dan padatan hitam $\text{CNS}_s\text{@Fe}_3\text{O}_4$ yang dihasilkan dicuci dengan akuades hingga pH air cucian ~ 7 . Selanjutnya padatan dikeringkan menggunakan oven pada suhu 80°C selama 5 jam. Padatan yang telah kering kemudian dikalsinasi menggunakan *tubular furnace* pada suhu 550°C selama 5 jam di bawah aliran gas Argon.

Tahap selanjutnya adalah sulfonasi. Sebanyak 4 gram padatan $\text{CNS}_5\text{@Fe}_3\text{O}_4$ ditambahkan 100 ml larutan pekat H_2SO_4 98%, kemudian dipanaskan pada suhu 150°C dalam sistem *reflux* selama 12 jam (Akinfalabi dkk., 2017). Setelah didinginkan hingga suhu kamar, campuran kemudian diencerkan dengan akuades. Selanjutnya padatan hitam $\text{HSO}_3\text{-CNS}_5\text{@Fe}_3\text{O}_4$ disaring dan dicuci dengan akuades hingga pH air cucian ~ 7 . Selanjutnya padatan dikeringkan menggunakan oven pada suhu 105°C selama 10 jam.

Proses Pembuatan Biodiesel

Pembuatan biodiesel dari minyak nyamplung memerlukan beberapa tahapan yaitu proses *pre-treatment* bahan baku, proses esterifikasi dan transesterifikasi, proses pemisahan dan pemurnian biodiesel serta karakterisasi biodiesel.

Pre-treatment Bahan Baku

Pembuatan biodiesel dimulai dengan filtrasi *low grade* CPO menggunakan kertas saring dan pompa vacuum yang bertujuan untuk mengurangi kandungan ampas dan menghilangkan kotoran yang ada dalam minyak, sehingga diperoleh *low grade* CPO murni. *low grade* CPO yang telah dilakukan proses filtrasi dianalisa karakteristiknya meliputi densitas, viskositas, kadar air, dan kadar ALB.

Proses Esterifikasi dan Transesterifikasi

Proses esterifikasi dilakukan ketika kadar asam lemak bebas pada minyak lebih dari 2% (Atabani dan Cesar, 2014). Proses ini akan mengkonversi asam lemak bebas pada minyak menjadi *fatty acid methyl ester* (FAME), baru kemudian akan diikuti dengan proses transesterifikasi menggunakan katalis basa untuk menghasilkan biodiesel.

Salah satu kelebihan katalis asam heterogen adalah dapat mengkatalisis proses esterifikasi dan transesterifikasi secara

simultan, sehingga proses pembuatan biodiesel menjadi lebih sederhana (Lien dkk., 2010). Proses esterifikasi dan transesterifikasi tidak dilakukan secara terpisah, melainkan dilakukan dalam satu tahapan sekaligus.

Proses esterifikasi dan transesterifikasi dilakukan dengan variasi jumlah katalis dan rasio molar metanol terhadap *low grade* CPO. Sebanyak 50 gram *low grade* CPO dimasukkan ke dalam labu leher tiga dan dipanaskan hingga mencapai suhu reaksi yaitu 60°C . Setelah suhu reaksi tercapai, metanol yang telah diukur dengan perbandingan rasio molar minyak:metanol 1:9 dan katalis sebanyak 1,5%-b *low grade* CPO ditambahkan. Reaksi berlangsung selama 120 menit dengan kecepatan pengadukan 600 rpm. Setelah reaksi selesai, produk didinginkan selama 6 jam di dalam corong pisah untuk memisahkan gliserol dari biodiesel (Atabani dan Cesar, 2014). Endapan berupa katalis dipisahkan dari filtratnya. Filtrat tersebut dilanjutkan ke proses pemisahan dan pemurnian biodiesel. Prosedur yang sama diulangi untuk variasi berat katalis, dan rasio molar *low grade* CPO terhadap metanol.

Proses Pemisahan dan Pemurnian

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. *Crude* biodiesel kemudian dimurnikan dengan cara dicuci menggunakan akuades yang telah dipanaskan pada suhu 60°C . Kemudian biodiesel dipanaskan pada *hot plate* dengan suhu 105°C selama 60 menit untuk menguapkan metanol sisa reaksi dan air (Setiadi, 2015). Selanjutnya biodiesel ditimbang untuk menentukan *yield* yang dihasilkan.

3. Hasil dan Pembahasan

Karakterisasi Sifat Fisika LGCPO

LGCPO yang akan digunakan sebagai bahan baku terlebih dahulu dikarakterisasi untuk mengetahui sifat fisiknya. Minyak nyamplung hasil proses Karakterisasi sifat fisika LGCPO meliputi densitas, viskositas, kadar air, dan kadar asam lemak bebas. Pada penelitian ini diperoleh karakteristik LGCPO yaitu densitas 942 kg/m^3 , viskositas $9,51 \text{ mm}^2/\text{s}$, kadar air 9,11%, dan kadar asam lemak bebas 29,38%.

Yield Biodiesel

Yield biodiesel dihitung dengan persamaan berikut (Ho dkk., 2014):

$$\text{yield (\%)} = \frac{\text{Total berat biodiesel}}{\text{Total berat sampel minyak}} \times 100\%$$

Dengan menggunakan persamaan tersebut, diperoleh yield biodiesel sebesar 96,12 pada konsentrasi katalis 1,5% (w/w) dan rasio molar minyak:metanol 1:9.

Karakterisasi Biodiesel

Analisa karakteristik biodiesel dilakukan untuk mengetahui biodiesel yang didapat pada penelitian ini sesuai dengan standar mutu biodiesel di Indonesia (SNI 7182:2015).

Tabel 3.3 Hasil Karakterisasi Biodiesel

Parameter	SNI 7182:2015	Hasil Penelitian
Massa Jenis (kg/m^3)	850-890	878,67
Viskositas (mm^2/s)	2,3-6,0	3,28
Angka asam (mg-KOH/g)	Maks. 0,5	0,29
Titik Nyala ($^{\circ}\text{C}$)	Min 100	127

Karakterisasi biodiesel yang diuji meliputi densitas (ASTM D1298), viskositas kinematik (ASTM D445), angka keasaman (AOCS Cd 3-63) dan titik nyala (ASTM

D93). Perbandingan hasil karakterisasi biodiesel penelitian ini dengan SNI 7182:2015 dapat dilihat pada Tabel 3.3.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat disimpulkan bahwa biodiesel yang dihasilkan telah memenuhi standar mutu menurut SNI 7182:2015.

Daftar Pustaka

- Akinfalabi, S.I., Rashid, U., Yunus, R. dan Taufiq-Yap, Y.H., 2017. Synthesis of Biodiesel from Palm Fatty Acid Distillate using Sulfonated Palm Seed Cake Catalyst. *Renewable energy*, 111, 611-619.
- Atabani, A. E. dan Cesar, A. D. S. 2014. Callophyllum Inophyllum L. – A Prospective Non-Edible Biodiesel Feedstock. Study of Biodiesel Production, Properties, Fatty Acid Composition, Blending, Engine Performance. *Renewable and Sustainable Energy Review*, 37, 644-655.
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). 2015. Standar Nasional Indonesia (SNI) 7182:2015. Syarat Mutu Biodiesel. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Guo, F., Fang, Z., Xu, C.C. dan Smith Jr, R.L. 2012. Solid Acid Mediated Hydrolysis of Biomass for Producing Biofuels. *Progress in Energy and Combustion Science*, 38(5), 672-690.
- Ho, W.W.S., H.K. Ng, S. Gan dan S.H. Tan. 2014. Evaluation of Palm Oil Mill Fly Ash Supported Calcium Oxide as A Heterogenous Base Catalyst in Biodiesel Synthesis from Crude Palm Oil. *Energy Conversion and Management*. 88, 1167-1178.
- Leung, D.Y., Wu, X. dan Leung, M.K.H., 2010. A review on Biodiesel Production Using Catalyzed

- Transesterification. *Applied Energy*, 87(4), 1083-1095.
- Lien, Y.S., Hsieh, L.S. dan Wu, J.C. 2010. Biodiesel Synthesis by Simultaneous Esterification and Transesterification Using Oleophilic Acid Catalyst. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 49(5), 2118-2121.
- Setiadi, F. 2015. Kajian Minyak Biji Picung sebagai Bahan Baku Alternatif Pembuatan Biodiesel dengan Katalis Al_2O_3 dalam Mewujudkan Green Energy and Technology, *Skripsi*, Universitas Riau.
- Sharma, S., Medpelli, D., Chen, S., dan Seo, D. K. 2015. Calcium-Modified Hierarchically Porous Aluminosilicate Geopolymer as A Highly Efficient Regenerable Catalyst for Biodiesel Production. *RSC Advances*, 5, 65454–65461.
- Suppalakpanya, K., Ratanawilai, S.B. dan Tongurai, C. 2010. Production of Ethyl Ester from Crude Palm Oil by Two-Step Reaction with A Microwave System. *Fuel*, 89(8), 2140-2144.
- Wang, Y., Sun, H., Duan, X., Ang, H.M., Tadé, M.O. dan Wang, S. 2015. A New Magnetic Nano Zero-Valent Iron Encapsulated in Carbon Spheres for Oxidative Degradation of Phenol. *Applied Catalysis B: Environmental*, 172, 73-81.
- Xue, B.J., Luo, J., Zhang, F. dan Fang, Z., 2014. Biodiesel Production from Soybean and Jatropha Oils by Magnetic CaFe_2O_4 – $\text{Ca}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$ -Based Catalyst. *Energy*, 68, 584-591.