

SINTESIS BIODIESEL DARI MINYAK NYAMPLUNG (*Calophyllum Inophyllum*) MENGUNAKAN KATALIS HETEROGEN NH₄-GEOPOLIMER

Ganis Kharisma Wiranti ¹⁾, Edy Saputra ²⁾, Zuchra Helwani ²⁾

¹⁾Mahasiswa Program Studi Teknik Kimia, ²⁾Dosen Teknik

Kimia Laboratorium Pemurnian

Program Studi Teknik Kimia S1, Fakultas Teknik Universitas Riau

Kampus Bina Widya Jl. HR. Soebrantas Km. 12,5 Simpang Baru,

Panam, Pekanbaru 28293

Email: ganis.risma6@gmail.com

ABSTRACT

Biodiesel is an alternative energy to replace fossil fuels that have the advantage of producing less gas emissions and higher combustion efficiency. Biodiesel is produced by transesterification reaction of vegetable oil. During the process of making biodiesel usually used NaOH or KOH as homogeneous catalyst which has the disadvantage of formation side products such as soaps and complexity of the separation of catalyst because having the same phase. Therefore, in this study biodiesel was synthesized from calophyllum inophyllum oil using geopolymer catalyst. Geopolymer was synthesized by mixing sodium silicate, metakaolin, sodium hydroxide, aquadest, and ammonium nitrate. The process variables are weight of oil 50 grams, stirring rate 400 rpm, reaction time 120 minutes, and temperature of 65 °C, with catalyst 3% (w/w) and mole ratio of methanol:oil 1:12. The yield of biodiesel 94,14% with density 881,17 kg/m³, kinematic viscosity 3,66 mm²/s, the acid number of 0,25 mg-KOH/g biodiesel, and the flash point 146°C respectively accordance with the standards of Indonesian biodiesel (SNI 7182:2015).

Keywords: biodiesel, callophyllum inophyllum oil, geopolymer, transesterification, yield

1. PENDAHULUAN

Minyak bumi merupakan sumber energi utama di dunia, khususnya di Indonesia. Di Indonesia, konsumsi bahan bakar yang berasal dari minyak bumi terus meningkat seiring dengan meningkatnya pertumbuhan penduduk. Hal ini berakibat kepada semakin menipisnya cadangan minyak bumi, selain itu bahan bakar yang berasal dari minyak bumi dinilai dapat mencemari lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan energi alternatif yang bersifat ramah lingkungan seperti biodiesel.

Biodiesel merupakan pengganti bahan bakar minyak yang menghasilkan emisi gas buang lebih rendah dan memiliki efisiensi pembakaran yang lebih tinggi (Sharma dan

Singh, 2009). Biodiesel dihasilkan dari proses transesterifikasi minyak nabati. Saat ini, sebagian besar produksi biodiesel masih memanfaatkan bahan baku *edible oil*, seperti minyak kelapa sawit. Pemanfaatan *edible oil* sebagai bahan baku dalam pembuatan biodiesel akan mengakibatkan terjadinya persaingan dengan industri pangan dan oleokimia, yang dapat menyebabkan meningkatnya harga *edible oil* dan biaya produksi biodiesel. Sumber minyak nabati yang dapat digunakan sebagai bahan baku biodiesel diantaranya adalah biji karet, biji jarak pagar, dan biji nyamplung.

Nyamplung (*Calophyllum inophyllum*) merupakan salah satu tumbuhan yang memiliki potensi untuk dijadikan bahan

baku pembuatan biodiesel. Tanaman nyamplung tersebar diseluruh Indonesia, produktivitas biji nyamplung sangat tinggi mencapai 20 ton/ha, lebih tinggi dari biji jarak pagar sebesar 5 ton/ha dan biji karet sebesar 2 ton/ha. Kandungan minyak dari biji nyamplung tergolong tinggi yaitu sebesar 40-73%, sedangkan biji jarak pagar 40-60% dan biji karet 40-50% (Sahirman, 2009). Penggunaan minyak nyamplung sebagai bahan baku pembuatan biodiesel dinilai cukup potensial tanpa perlu bersaing dengan industri pangan.

Biodiesel umumnya diproduksi melalui reaksi transesterifikasi dengan menggunakan katalis basa homogen, seperti NaOH dan KOH. Namun penggunaan katalis homogen memiliki kelemahan, yaitu sukar dipisahkan dari produk karena memiliki fasa yang sama dengan reaktan dan tidak dapat diregenerasi (Leung dkk, 2010). Oleh karena itu perlu dikembangkan katalis heterogen yang membuat proses produksi menjadi lebih ekonomis, bisa diterapkan, dan ramah lingkungan.

Geopolimer merupakan polimer anorganik yang memiliki struktur amorf dengan jaringan tiga dimensi AlO_4 dan SiO_4 tetrahedra. Material ini umumnya digunakan sebagai bahan perekat pada konstruksi bangunan. Secara kimia, struktur geopolimer mirip dengan *zeolite low-silica* dengan rasio Si/Al antara 1 sampai 3. Luas permukaan dan ukuran pori yang besar, serta sifat basa yang kuat pada geopolimer membuat material ini sangat berpotensi untuk dijadikan sebagai katalis pada reaksi transesterifikasi (Sharma dkk., 2015).

2. METODE PENELITIAN

Bahan baku minyak nyamplung yang berasal dari Koperasi Jarak Lestari Cilacap Jawa Tengah, sodium silikat, sodium hidroksida, kaolin, amonium nitrat, akuades, asam fosfat, asam oksalat, metanol, etanol, H_2SO_4 , KOH, dan indikator PP. Sedangkan alat yang digunakan pada penelitian ini

adalah ayakan 100 mesh, satu set motor pengaduk, oven, *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 Geopolimer

Pembuatan katalis geopolimer diawali dengan kalsinasi kaolin pada suhu $700^\circ C$ selama 3 jam dan didapatkan produk berupa metakaolin (Sore dkk, 2016). Metakaolin, sodium silikat, sodium hidroksida, dan akuades dicampur hingga homogen dengan masing-masing berat 10 gram, 12,2 gram, 1,1 gram, dan 0,7 gram. Campuran tersebut lalu dipanaskan dalam oven pada suhu $60^\circ C$ selama 48 jam. Geopolimer yang terbentuk didiamkan selama 7 hari lalu digerus hingga menjadi serbuk (Sazama dkk, 2011).

Geopolimer yang terbentuk tersebut kemudian dilakukan pencampuran dengan larutan NH_4NO_3 0,5 M sebanyak 100 ml untuk setiap 1 gr Na-geopolimer yang dihasilkan. Campuran tersebut kemudian diaduk selama 12 jam dalam suhu ruangan. Kemudian disaring, dicuci, dan dikeringkan dalam suhu ruangan. Setelah itu, proses ini diulang sebanyak tiga kali untuk memastikan proses pertukaran ion terjadi secara maksimal (Sazama dkk, 2011). Serbuk geopolimer yang dihasilkan kemudian dikarakterisasi.

Proses Pembuatan Biodiesel

Pembuatan biodiesel dari minyak nyamplung memerlukan beberapa tahapan yaitu proses *pre-treatment* bahan baku minyak nyamplung, proses esterifikasi minyak nyamplung, proses transesterifikasi dengan katalis heterogen, proses pemisahan dan pemurnian biodiesel serta pengujian biodiesel secara fisika dan kimia.

Pre-treatment Bahan Baku

Minyak nyamplung dimurnikan dengan metode *degumming* dan netralisasi

untuk menghilangkan kotoran yang ada dalam minyak. *Degumming* bertujuan untuk menghilangkan pengotor/getah yang ada di dalam minyak (Ketaren, 1986). Getah terdiri dari campuran beberapa komponen, antara lain, fosfolipid, senyawa tidak dapat tersabunkan, karbohidrat, protein, air, asam resin dan sebagian kecil asam lemak bebas.

Sebanyak 500 ml minyak nyamplung dipanaskan pada suhu 80°C dalam gelas piala sambil diaduk dengan menggunakan *magnetic stirrer*. Setelah suhu tercapai, minyak ditambah larutan asam fosfat 85% sebanyak 0,3% (v/v) dan pengadukan dilanjutkan hingga 30 menit. Selanjutnya minyak dimasukkan kedalam corong pisah, didiamkan selama 24 jam hingga *gum* dan kotoran terpisah dari minyak (Prihanto dkk., 2013).

Selanjutnya hasil dari *degumming* dipisahkan dari sisa *gum* dengan disaring. Minyak yang telah dilakukan proses *degumming* dianalisa karakteristik meliputi densitas, viskositas, kadar air, kadar ALB dan perubahan warna yang terjadi.

Proses Esterifikasi

Proses esterifikasi digunakan ketika kadar asam lemak bebas pada minyak lebih dari 2% (Atabani dan Cesar, 2014). Minyak hasil *degumming* sebanyak 300 ml dipanaskan dalam labu leher tiga hingga suhu mencapai $\pm 60^{\circ}\text{C}$ (Prihanto dkk., 2013). Setelah suhu reaksi tercapai, ditambahkan metanol yang telah diukur dengan perbandingan rasio mol minyak:metanol 1:12 dan katalis H_2SO_4 sebanyak 1% (v/v) ditambahkan ke dalam reaktor. Reaksi esterifikasi berlangsung selama 3 jam dan kecepatan pengadukan 400 rpm.

Setelah reaksi selesai, produk esterifikasi dimasukkan ke dalam corong pisah selama 8 jam untuk memisahkan kelebihan alkohol, asam sulfat dan impuritis yang terdapat pada lapisan atas (Atabani dan Cesar, 2014). Sementara pada bagian bawah

merupakan minyak hasil esterifikasi. Minyak hasil esterifikasi dianalisa kadar asam lemak bebas dan kadar air.

Proses Transesterifikasi

Pembuatan biodiesel dilakukan dengan proses transesterifikasi. Minyak hasil esterifikasi dimasukkan ke reaktor transesterifikasi dan dipanaskan hingga mencapai suhu reaksi yaitu 65°C. Setelah suhu reaksi tercapai, minyak nyamplung direaksikan dengan metanol yang telah diukur dengan perbandingan rasio mol minyak:metanol 1:12 dan 3% (w/w) katalis.

Setelah reaksi berlangsung selama 120 menit dengan kecepatan pengadukan 400 rpm. Produk transesterifikasi didinginkan selama 12 jam di dalam corong pisah untuk memisahkan gliserol dari biodiesel (Atabani dan Cesar, 2014). Endapan berupa katalis dipisahkan dari filtratnya. Filtrat tersebut dilanjutkan keproses pemisahan dan pemurnian biodiesel.

Proses Pemisahan dan Pemurnian

Filtrat yang telah dipisahkan dari katalis dimasukkan ke 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 suhu 105°C selama 20 menit untuk menguapkan metanol sisa reaksi dan air (Setiadi, 2015). Selanjutnya biodiesel ditimbang untuk menentukan *yield* yang dihasilkan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Katalis Geopolimer

Analisa FTIR (*Fourier Transform Infrared*) dilakukan untuk memastikan proses pertukaran ion yang dilakukan terhadap katalis geopolimer. Kandungan ion

amonium pada geopolimer berhasil dideteksi pada nomor gelombang 1402,98 cm⁻¹ dan 1445,45 cm⁻¹.

Sementara untuk mengetahui luas permukaan katalis dilakukan analisa BET (*Brunauer Emmet Teller*), diperoleh luas permukaan katalis sebesar 52,7 m²/g. Katalis yang besar akan memberikan sisi aktif yang besar, sehingga daerah kontak lebih banyak memungkinkan reaktan untuk berdifusi ke permukaan katalis dan membentuk produk dan meningkatkan *yield*.

Proses Degumming

Proses *degumming* bertujuan untuk menghilangkan pengotor yang terdapat didalam minyak nyamplung seperti fosfolipid, protein, karotenoid, karbohidrat, air, resin, dan serat yang ikut terbawa saat proses ekstraksi minyak. Pemilihan asam fosfat bertujuan agar terjadi proses koagulasi dan flokulasi sehingga memungkinkan partikel pengotor dapat mengendap karena adanya tumbukkan antar flok yang terjadi dengan bantuan pengadukan.

Minyak nyamplung hasil proses *degumming* ditentukan densitas, kadar asam lemak bebas, viskositas, kadar air, dan perubahan warna. Perubahan warna terjadi karna dominannya pigmen karotenoid. Karakteristik minyak nyamplung sebelum dan setelah proses *degumming* dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Karakterisasi Minyak Nyamplung

Karakteristik	Satuan	Sebelum <i>degumming</i>	Setelah <i>degumming</i>
Densitas	kg/m ³	959	935
Viskositas	mm ² /s	6,74	6,21
Kadar air	%	8,95	8,5
Kadar ALB	%	31,2	29,92
Warna	-	Hijau gelap	Kuning kemerahan

Proses Esterifikasi

Dari Tabel 3.1 menunjukkan bahwa data kadar air yang terdapat pada minyak nyamplung setelah proses *degumming* sebesar 8,5%, sedangkan kadar asam lemak

bebas sebesar 29,92%. Kadar air berkaitan dengan kadar ALB dimana semakin tinggi kadar air maka kadar ALB pada minyak juga akan meningkat. Tingginya kadar ALB disebabkan kadar air yang tinggi dan aktivitas enzim lipase dalam minyak yang digunakan sebagai bahan baku. Kandungan asam lemak bebas yang tinggi pada minyak, salah satunya disebabkan oleh kandungan air pada minyak (Sharma dan Singh, 2009).

Kadar ALB minyak nyamplung menurun dari 29,92% menjadi 1,97% dan kadar air menurun dari 8,5% menjadi 0,74% setelah dilakukan tahap reaksi esterifikasi.

Yield Biodiesel

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

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

Dengan menggunakan persamaan tersebut, diperoleh *yield* biodiesel sebesar 94,14 pada konsentrasi katalis 3% (w/w) dan rasio mol minyak:metanol 1:12. Perbandingan *yield* yang diperoleh dibandingkan dengan beberapa peneliti yang melakukan sintesis biodiesel berbahan baku minyak nyamplung dengan menggunakan katalis geopolimer, dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Perbandingan Perolehan *Yield*

Katalis	Yield
Na-Geopolimer (Saputra dkk, 2018)	87,68 %
KCa-Geopolimer (Sugesti dkk, 2018)	96,62 %
NH ₄ -Geopolimer (Penelitian ini)	94,14%

Karakterisasi Biodiesel

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

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.

Tabel 3.3 Hasil Karakterisasi Biodiesel

Parameter	SNI 7182:2015	Hasil Penelitian
Massa Jenis (kg/m ³)	850-890	881,17
Viskositas Kinematik (mm ² /s)	2,3-6,0	3,66
Angka Asam (mgKOH/g)	maks. 0,5	0,25
Titik Nyala (°C)	min. 100	146

4. KESIMPULAN

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

DAFTAR PUSTAKA

Atabani, A. E. dan César, A. D. S. (2014). *Calophyllum Inophyllum L.-A Prospective Non-Edible Biodiesel Feedstock. Study of Biodiesel Production, Properties, Fatty Acid Composition, Blending and Engine Performance. Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 37, 644-655.

Badan Standarisasi Nasional (BSN). (2015). *Standar Nasional Indonesia (SNI) 7182:2015 tentang Syarat Mutu Biodiesel*. Badan Standarisasi Nasional: Jakarta.

Ho, W.W.S., Ng, H. K., Gan, S., dan Tan, S. H. (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.

Ketaren, S. (1986). *Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan*, UI Press: Jakarta.

Leung, D. Y., Wu, X., dan Leung, M. K. H. (2010). A Review on Biodiesel Production using Catalyzed Transesterification. *Applied Energy*, 87, 1083-1095.

Prihanto, A., Pramudono, B., dan Santosa, H. (2013). Peningkatan Yield Biodisel dari Minyak Biji Nyamplung melalui Transesterifikasi Dua Tahap. *Momentum*, 9, 46-53.

Sahirman. (2009). *Perancangan Proses Produksi Biodiesel dari Minyak Biji Nyamplung (Calophyllum Inophyllum)*, *Disertasi*, Insitut Pertanian Bogor.

Saputra, E., Nugraha, M. W., Helwani, Z., Olivia, M., dan Wang, S. (2018). Synthesis of Geopolymer From Rice Husk Ash For Biodiesel Production of *Calophyllum Inophyllum* Seed Oil. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 345, 012019.

Sazama, P., Bortnovsky, O., Dědeček, J., Tvarůžková, Z., dan Sobalík, Z. (2011). Geopolymer Based Catalysts-New Group of Catalytic Materials. *Catalysis Today*, 164, 92-99.

Setiadi, F. 2015. Kajian Minyak Biji Picung sebagai Bahan Baku Alternatif Pembuatan Biodiesel dengan Katalis Al₂O₃ 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.

Sharma, Y. C. dan Singh, B. (2009). *Development of Biodiesel: Current*

Scenario. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(6-7), 1646-1651.

Sore, S. O., Messan, A., Prud'homme, E., Escadeillas, G., dan Tsobnang, F. (2016). Synthesis and Characterization of Geopolymer Binders Based on Local Materials from Burkina Faso-Metakaolin and Rice Husk Ash. *Construction and Building Materials*, 124, 301-311.

Sugesti, H., Saputra, E., dan Helwani, Z. (2018). Sintesis Biodiesel dari Minyak Nyamplung (*Calophyllum Inophyllum*) Menggunakan Katalis Geopolimer: Pengaruh Konsentrasi Katalis dan Rasio Mol Minyak:Metanol. *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) FTeknik*, 5(2), 1-6.