

# PEMBUATAN BIODIESEL DARI MINYAK NYAMPLUNG (*Calophyllum Inophyllum*) MENGUNAKAN KATALIS BASA HETEROGEN NaCa-GEOPOLIMER

Mustapa Ardi <sup>1)</sup>, Zuchra Helwani <sup>2)</sup>, Edy Saputra <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Mahasiswa Program Studi Teknik Kimia, <sup>2)</sup>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: [Mustapa.ardi2867@student.unri.ac.id](mailto:Mustapa.ardi2867@student.unri.ac.id)

## ABSTRACT

*Biodiesel is a product of transesterification reaction fat/oil and methanol with the aid of catalyst. Catalysts is commonly used in the production of biodiesel is strong base catalysts such as NaOH and KOH which is difficult to separate from the product of the reaction because it has the same phase as the reactant. Therefore, it is necessary to develop catalyst technology in order to get the production process becomes more economical, applicable and environmentally friendly, one of the catalyst is geopolymer. Geopolymers are synthesized by reacting sodium silicate, metakaolin, and bottom ash. Geopolymers is used in transesterification reaction. The process variables are weight of oil 50 grams, stirring rate 400 rpm, reaction time 120 minutes, and temperature of 65 °C, with catalyst 2% (w/w) and mole ratio of methanol:oil 1:12. The yield of biodiesel 88.04% with density 875 kg/m<sup>3</sup>, viscosity 4.27 mm<sup>2</sup>/s, the acid number of 0.29 mg-KOH/g biodiesel, the flash point 140 °C and alkyl ester level of 99,91% comply with the SNI standards (SNI 7182: 2015).*

**Keywords:** *biodiesel, calophyllum inophyllum oil, geopolymer, transesterification, yield*

## 1. Pendahuluan

Indonesia memiliki berbagai macam sumber daya alam yang dapat dijadikan sumber energi. Salah satunya adalah minyak bumi yang termasuk kedalam sumber energi tidak terbarukan. Salah satu hasil pengolahan minyak bumi yang dijadikan sumber energi adalah bahan bakar minyak. Kebutuhan masyarakat Indonesia terhadap energi dan bahan bakar terus meningkat setiap tahunnya. Tingginya tingkat konsumsi energi dan bahan bakar yang berasal dari minyak bumi akan menyebabkan menipisnya cadangan minyak bumi yang tersedia dan akan berpotensi menimbulkan krisis energi. Selain itu, penggunaan bahan bakar dari minyak bumi disinyalir sebagai

penyebab utama terjadinya pemanasan global. Terkait hal tersebut, penelitian mengenai energi alternatif terbarukan semakin banyak dilakukan. Salah satunya adalah pembuatan biodiesel sebagai pengganti dari petrodiesel.

Saat ini, sebagian besar biodiesel berasal dari transesterifikasi sumber daya yang dapat dimakan, seperti lemak hewan dan minyak sayur. Pemanfaatan minyak nabati seperti minyak kelapa sawit untuk pembuatan biodiesel akan mengakibatkan terjadinya persaingan dengan industri pangan dan oleokimia, mengingat minyak kelapa sawit merupakan komoditas yang berharga cukup mahal di pasar internasional.

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif sebagai pengganti solar yang memiliki prospek di masa yang akan datang. Biodiesel berasal dari transesterifikasi lemak hewan dan minyak nabati misalnya minyak kelapa, minyak kedelai, minyak kelapa sawit, minyak kacang tanah, dan minyak biji bunga matahari. Namun bahan baku tersebut adalah bahan pangan, sehingga perlu dicari alternatif lain dari minyak non pangan. Adapun sebagai sumber minyak non pangan yang potensial misalnya adalah minyak nyamplung.

Nyamplung (*Calophyllum inophyllum*) adalah salah satu dari banyak tanaman di Indonesia yang memiliki potensi besar untuk dijadikan bahan baku biodiesel karena kandungan minyak pada biji yang tinggi. Produktivitas biji nyamplung sangat tinggi, bisa mencapai 20 ton/ha, lebih tinggi dari biji jarak pagar 5 ton/ha dan sawit 6 ton/ha (Leksono dkk., 2014). Kandungan minyak dalam biji nyamplung berkisar antara 40-73%, lebih tinggi dari kandungan minyak biji jarak pagar (40-60%) dan minyak biji sawit (46-54%) (Atabani dan Cesar, 2014).

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).

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. (Sharma dkk., 2015). Bahan dasar utama yang diperlukan untuk pembuatan material geopolimer ini adalah bahan-bahan yang banyak mengandung unsur-unsur silikon dan aluminium.

Pada pembuatan geopolimer dibutuhkan larutan alkali aktivator seperti sodium hidroksida, sodium silikat, kalium hidroksida dan kalium silikat yang memiliki sifat basa yang kuat. Sodium silikat atau kalium silikat dapat dibuat dengan mereaksikan larutan alkali dengan bahan yang memiliki kandungan silika.

## 2. Metode Penelitian

Bahan baku minyak nyamplung yang berasal dari Koperasi Jarak Lestari Cilacap Jawa Tengah, kaolin, abu sekam padi, *bottom ash*, KOH, aquades, asam fosfat, metanol, etanol,  $H_2SO_4$ , 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

Kaolin dikalsinasi pada suhu  $700\text{ }^{\circ}\text{C}$  selama 3 jam dan didapatkan produk berupa metakaolin (Sore dkk., 2016). *bottom ash* dikalsinasi pada suhu  $800\text{ }^{\circ}\text{C}$  selama 2 jam untuk menghilangkan kadar karbon yang terdapat didalamnya (Maneerung dkk., 2015). Metakaolin, natrium silikat, dan *bottom ash*, dimasukkan ke dalam gelas kimia dengan perbandingan massa 10 : 16,2 : 8 dan diaduk hingga tercampur sempurna di dalam reaktor tertutup pada temperatur ruang. Geopolimer yang terbentuk

didiamkan selama 28 hari lalu digerus hingga menjadi serbuk (Sazama dkk., 2011).

### **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.

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 pospat 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). 300 mL minyak nyamplung hasil *degumming*

dipanaskan dalam labu leher tiga hingga suhu mencapai  $\pm 60$  °C (Prihanto dkk., 2013). Metanol yang telah diukur dengan perbandingan rasio mol minyak:metanol 1:20 dan katalis H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> sebanyak 1% (v/v) ditambahkan ke dalam reaktor. Reaksi esterifikasi berlangsung selama 3 jam dan kecepatan pengadukan 400 rpm.

Setelah reaksi selesai, produk dimasukkan ke dalam corong pemisah untuk memisahkan kelebihan alkohol, asam sulfat dan impuritis yang terdapat di lapisan atas (Atabani dan Cesar, 2014). Minyak yang telah dilakukan proses esterifikasi dianalisa kadar asam lemak bebasnya.

#### **Proses Transesterifikasi**

Pembuatan biodiesel dilakukan dengan proses transesterifikasi. Produk esterifikasi dimasukkan ke reaktor transesterifikasi dan dipanaskan hingga mencapai suhu reaksi yaitu 65 °C. Setelah suhu reaksi tercapai, minyak nyamplung direaksikan metanol yang telah diukur dengan perbandingan rasio mol minyak:metanol 1:12 dan 2 % (w/w) katalis.

Setelah reaksi berlangsung selama 120 menit dengan kecepatan pengadukan 400 rpm. Setelah reaksi selesai, produk transesterifikasi didinginkan selama 12 jam di dalam corong pisang 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 konsentrasi katalis dan rasio mol minyak terhadap metanol.

#### **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 dengan suhu 105°C selama 60 menit untuk menguapkan metanol sisa reaksi dan air (Setiadi, 2015). Proses ini dilakukan sebanyak empat kali. Selanjutnya biodiesel ditimbang untuk menentukan *yield* yang dihasilkan.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### Proses *Degumming*

Proses *degumming* bertujuan untuk mengurangi pengotor-pengotor yang terdapat didalam minyak nyamplung seperti fosfolipid, serat yang ikut terbawa saat proses ekstraksi minyak dan pengotor lainnya. Pemilihan asam phospat pada proses *degumming* 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 karakteristiknya meliputi densitas, viskositas, kadar air, kadar asam lemak bebas dan perubahan warna. 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 <sup>3</sup>	959	935
Viskositas	mm <sup>2</sup> /s	6,74	6,21
Kadar air	%	8,95	8,5
Kadar ALB	%	31,1	29,92
Warna	-	Hijau Kehitaman	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 berhubungan 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 (Putri dkk., 2015). Kandungan asam lemak bebas yang tinggi pada minyak, salah satunya disebabkan oleh kandungan air pada minyak (Leung dkk., 2010).

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

**Tabel 3.2** Perbandingan *Yield* Biodiesel dari Minyak nyamplung.

Katalis	Yield(%)
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> ,Metakaolin (Amrullah dkk, 2017)	91,5
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> ,Metakaolin,NaOH (Nugraha dkk, 2017)	87,68
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> ,Metakaolin, dan <i>Bottom Ash</i> (Ardi, 2018)	88,04

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

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

#### Karakterisasi Biodiesel

Analisa karakteristik biodiesel dilakukan untuk mengetahui 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) titik nyala (ASTM D93) dan kadar ester alkil (Dihitung). Perbandingan hasil karakterisasi biodiesel

penelitian ini dengan SNI 7182:2015 dapat dilihat pada Tabel 3.3.

**Tabel 3.3** Hasil Karakterisasi Biodiesel

Parameter	SNI	Hasil
	7182:2015	Penelitian
Massa Jenis (kg/m <sup>3</sup> )	850-890	878,3
Viskositas (mm <sup>2</sup> /s)	2,3-6,0	4,395
Angka asam (mg-KOH/g)	Maks. 0,5	0,3575
Titik Nyala (°C)	Min 100	134,25
Kadar ester alkil (%massa)	Min.96,5	99,91

#### 4. Kesimpulan

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

#### Daftar Pustaka

Amrullah, F., E. Saputra, dan Z. Helwani. 2017. Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Nyamplung (*Calophyllum Inophyllum*) Menggunakan Katalis Geopolimer: Pengaruh Temperatur Dan Rasio Mol Minyak:Metanol. *JOM FTEKNIK*, 4 (2), 1-5.

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.

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.

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

Leksono, B., Windyarini E., dan Hasnah, T.M., 2014., Budidaya Tanaman Nyamplung (*Calophyllum inophyllum L.*) untuk Bioenergi dan Prospek Pemanfaatan Lainnya. IPB Press : Bogor.

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.

Maneerung, T., Kawi, S. dan Wang, C.H., 2015. Biomass Gasification Bottom Ash as A Source of CaO Catalyst for Biodiesel Production Via Transesterification of Palm Oil. *Energy Conversion and Management*, 92, 234-243.

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

Putri, F. D., Helwani, Z., dan Drastinawati. 2015. Pembuatan Biodiesel dari Minyak Sawit *Off-Grade* menggunakan Katalis CaO melalui Proses Dua Tahap. *Jurnal Rekayasa dan Lingkungan*, 10 (3), 99-105, ISSN: 1412-5064.

Saputra, E, M. W. Nugraha, Z. Helwani dan S, Wang. 2018. Synthesis of Geopolymer from Rice Husk Ash for Biodiesel Production of *Calophyllum Inophyllum Seed Oil*. *IOP Publishing*, 345, 1-5.

Sazama, P., Bortnovsky, O., Dedecek, J., Tvaruzková, 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  $\text{Al}_2\text{O}_3$  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.
- Sore, S. O., Messan, A., Prudhomme, 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.
- Xue, B.J., Luo, J., Zhang, F. dan Fang, Z., 2014. Biodiesel Production from Soybean and Jatropha Oils by Magnetic  $\text{CaFe}_2\text{O}_4$ – $\text{Ca}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$ -Based Catalyst. *Energy*, 68, 584-591.