

Submitted : 28 Maret 2021

Revised : 21 April 2021

Accepted : 11 Juni 2021

## BIODIESEL DARI MINYAK BIJI NYAMPLUNG SECARA ESTERIFIKASI-TRANSESTERIFIKASI

Rudi Hartono<sup>1\*</sup>, Heri Heryanto<sup>1</sup>, Wardalia<sup>1</sup>, Rusdi<sup>1</sup>, Niki Dwiyasa<sup>2</sup>, Tomi Yudha Tama<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Jln.Jendral Sudirman Km.3 Cilegon 42435, Indonesia

<sup>2</sup>Alumni jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Jln.Jendral Sudirman Km.3 Cilegon 42435, Indonesia

\*Email: [rudi.hartono@untirta.ac.id](mailto:rudi.hartono@untirta.ac.id)

### Abstrak

Persediaan sumber energi minyak dan gas bumi semakin menipis dan pengembangan produksinya terbatas, sehingga bahan bakar alternatif perlu dikembangkan dan dimanfaatkan. Sumber energi alternatif yang mulai dikembangkan adalah sumber energi biofuel dari minyak nabati seperti minyak biji nyamplung (*Calophyllum inophyllum*). Kendala penggunaan minyak nyamplung yaitu bilangan asam dan viskositas yang cukup tinggi. Bilangan asam minyak nyamplung yang tinggi harus diturunkan agar biodiesel yang dihasilkan memenuhi standar mutu SNI Biodiesel. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan perbandingan rasio molar metanol dengan minyak dan waktu reaksi transesterifikasi terbaik untuk memperoleh biodiesel yang berkualitas (bilangan asam, densitas, viskositas dan redemen). Penelitian dilakukan dengan mengkombinasikan proses produksi biodiesel yaitu metode esterifikasi-transesterifikasi. Kondisi operasi dan variabel yang digunakan adalah pada suhu reaksi 60°C serta perbandingan rasio mol minyak terhadap metanol yaitu 1:5, 1:6, dan 1:7 selama 50, 60, dan 70 menit pada tahap transesterifikasi. Hasil penelitian yang terbaik berdasarkan kualitas biodiesel yang memenuhi standar SNI 7182:2015 adalah proses esterifikasi-transesterifikasi pada rasio molar 1:6 selama 60 menit dengan bilangan asam 10,4 mg KOH/g sampel, densitas yaitu 0,821 gr/mL, viskositas 3,22 Cst, dan rendemen 62% (v/v).

**Kata Kunci:** Biodiesel, *Calophyllum Inophyllum*, Esterifikasi, Transesterifikasi

### Abstract

*The supply of oil and gas energy sources is running low, and the development of production is limited, so alternative fuels need to be developed and utilized. Alternative energy sources being developed are biofuel energy sources from vegetable oils such as mastwood seed oil (Calophyllum inophyllum). Constraints to the use of mastwood seed oil are the high acid number and viscosity. The high acid number of mastwood seed oil must be reduced so that the biodiesel produced meets the Biodiesel quality standard. The purpose of this study was to obtain a comparison of the molar ratio of methanol to oil and the best transesterification reaction time to obtain certain quality in biodiesel (acid number, density, viscosity, and yield). The research was conducted by combining the biodiesel production process, namely the esterification-transesterification method. The operating conditions and variables used were at a reaction temperature of 60°C, and the ratio of moles of oil to methanol were 1:5, 1:6, and 1:7 for 50, 60, and 70 minutes in the transesterification stage. The best results based on the quality of biodiesel that meets SNI 7182:2015 standards are the esterification-transesterification process at a molar ratio of 1:6 for 60 minutes with an acid number of 10.4 mg KOH/g sample, density is 0.821 gr/mL, viscosity 3, 22 Cst, and 62% (v/v) yield.*

**Keywords:** Biodiesel, *Calophyllum Inophyllum*, Esterification, Transesterification

## 1. PENDAHULUAN

Konsumsi bahan bakar minyak di Indonesia untuk kendaraan bermesin diesel dari tahun ke tahun mengalami peningkatan, khususnya untuk kendaraan mesin diesel yang berbahan bakar solar. Sedangkan produksi minyak bumi di dalam negeri yang semakin menurun, sehingga perlu diambil langkah-langkah untuk mendapatkan sumber energi alternatif. Indonesia mempunyai sumber energi terbarukan yang melimpah, tetapi belum dimanfaatkan secara optimal dibandingkan dengan penggunaan bahan bakar fosil.

Penggunaan bahan bakar fosil secara terus menerus akan memberikan dampak negatif terhadap lingkungan terutama polusi udara akibat emisi CO<sub>2</sub> dari pembakaran bahan bakar fosil. Pengantisipasi krisis bahan bakar diperlukan untuk pengadaan energy yang ramah lingkungan dan mudah terurai (Murniati R, 2011).

Biodiesel merupakan senyawa metil ester hasil reaksi transesterifikasi trigliserida yang berasal dari minyak nabati atau lemak hewan. Kelebihan biodiesel sebagai bahan bakar alternatif pengganti solar diantaranya adalah pengurangan efek rumah kaca, pengurangan emisi gas buang, mudah terurai (Wahyudin et al., 2018) juga memiliki angka setana tinggi, ramah lingkungan karena mengandung sedikit gas SO<sub>x</sub>, daya lumas yang baik, emisi gas buang sedikit dan karakter pembakaran yang relatif bersih. Penggunaan biodiesel memberikan keuntungan terhadap perawatan mesin kendaraan.

Tanaman nyamplung (*Calophyllum inophyllum*) merupakan salah satu bahan baku alternatif biodiesel yang mempunyai potensi cukup besar, produksi biji nyamplung per tahun mencapai 20 ton/ha. Kandungan minyak relatif tinggi yaitu antara 40-73 %, dibandingkan sawit 46-54 %, jarak pagar 40-60%, saga hutan 14-28%, kapuk 24-40%, kesumba 30-40% dan kelor 39- 40%. Satu liter minyak nyamplung dapat dihasilkan dari 2,5 kg biji, sedangkan jarak membutuhkan 4 kg untuk menghasilkan satu liter minyak (Dedeh, 2009).

Beberapa penelitian yang sudah dilakukan terhadap pembuatan biodiesel dari minyak biji nyamplung diantaranya adalah Musta R et al., (2017) yang membuat biodiesel dari minyak biji nyamplung dengan metanol berlebih dengan konversi yield biodiesel yang dihasilkan sebesar 85%, viskositas 0,315 mm<sup>2</sup>/s, densitas 0,8725 g/cm<sup>3</sup> dan kadar air yang diperoleh dalam penelitian ini sebesar 0,02%. Kandungan air ini berpengaruh terhadap nilai bakar. Suyono et al., (2017) dalam pembuatan biodiesel dari minyak biji nyamplung dengan konversi yield biodiesel yang dihasilkan sebesar 82,87%, viskositas biodiesel 15,7 mm<sup>2</sup>/s, densitas 893,1 kg/m<sup>3</sup> dan gliserol totalnya 0,26%, angka asam yang dihasilkan sebesar 1,86 mg KOH/gram biodiesel. Muderawan I W et al. (2016) melakukan penelitian terhadap minyak biji nyamplung menjadi biodiesel secara esterifikasi menggunakan katalis asam sulfat dan natrium metoksi secara transesterifikasi, biodiesel yang dihasilkan sebesar 83,40% dengan komposisi metil oleat 43,41%, metil linoleat 23,68%, metil palmitat 17,05%, metil

stearate 11,71%, metil arakidat 2,66%, metil palmitoleat 1,30%, dan metil gondoat 0,20%.

Muhammad F R et al. (2014) melakukan penelitian pembuatan biodiesel dari minyak biji nyamplung menggunakan pemanasan gelombang mikro dengan konversi yield biodiesel yang dihasilkan sebesar 94%. Rasio molar optimal yang dihasilkan 1:9 dengan penggunaan katalis 4% dari bahan baku minyak biji nyamplung. Penelitian dilakukan untuk tujuan mendapatkan perbandingan rasio molar metanol terhadap bilangan asam, densitas, viskositas dan redemen terhadap biodiesel yang dihasilkan.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Bahan

Minyak biji nyamplung (*Calophyllum inophyllum*), HCl, KOH, metanol, natrium thiosulfat, asam oksalat, NaOH, Indikator PP, dan Aquadest.

### 2.2 Analisis Sifat Fisik Dan Kimia Minyak Nyamplung Dan Perlakuan Awal

Analisis yang dilakukan meliputi warna minyak, densitas, kadar FFA dan viskositas. Tujuan analisis adalah untuk mengetahui sifat awal minyak nyamplung (*Calophyllum inophyllum*) yang akan diproses menjadi biodiesel sebelum dan setelah dilakukan perlakuan awal, yaitu *degumming*. Proses *degumming* dilakukan pada suhu 80°C menggunakan asam fosfat sebanyak 1:1 (v/v).

### 2.3 Esterifikasi

Minyak hasil *degumming* yang masih tinggi angka asamnya direaksikan dengan metanol yang telah ditambahkan katalis asam, rasio molar 20:1 menggunakan katalis HCl pekat 37% sebanyak 1% minyak (b/b) pada suhu 60°C, pengadukan 300 rpm selama 60 menit. Lapisan yang terbentuk dipisahkan pada corong pemisah selama 2 jam, lapisan atas sisa metanol yang tidak bereaksi dan air, lapisan bawah metil ester yang kemudian dicuci dengan air yang mengandung NaHCO<sub>3</sub> 0,01% untuk mengikat HCl berlebih yang dapat mengganggu analisis bilangan asam. Hasil pencucian akan membentuk garam NaCl dan dicuci kembali dengan air hangat 60°C sampai air cucian netral. Metil ester dihitung bobot dan dianalisis FFA (*Free Fatty Acid*). Metil ester yang dihasilkan bilangan asamnya sudah rendah dan selanjutnya dilakukan dengan proses transesterifikasi.

### 2.4 Transesterifikasi

Minyak hasil esterifikasi direaksikan dengan metanol yang sudah ditambahkan katalis basa, rasio molar metanol dan minyak adalah 5:1, 6:1 dan 7:1, katalis KOH 0,5% b/b pada suhu 60°C, pengadukan 400 rpm selama 50, 60 dan 70 menit. Hasil reaksi dipisahkan pada corong pemisah selama 24 jam. Lapisan bawah merupakan gliserol dan lapisan atas adalah metil ester. Metil ester yang terbentuk dicuci dengan air yang mengandung asam asetat (CH<sub>3</sub>COOH) 0,01% untuk mengikat KOH berlebih, kemudian larutan dicuci dengan air hangat 60°C. Pengeringan metil ester dilakukan dengan cara dipanaskan pada

suhu 110-120 °C selama 5 menit. Setelah itu metil ester dianalisa bilangan asam, densitas, viskositas dan rendemen.

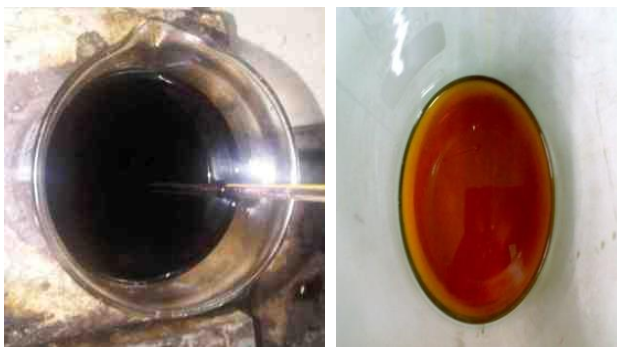
**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**3.1 Karakteristik Minyak Nyamplung**

Tabel 1 menunjukkan perbedaan karakteristik minyak nyamplung yang telah melalui proses *degumming*. Koagulan gum lebih cepat terjadi pada suhu 80°C karena penggumpalan protein terjadi pada suhu tinggi sehingga fungsi emulsifiernya hilang. Setelah proses *degumming* warna minyak mengalami perubahan dari warna hijau kehitaman menjadi kuning kemerahan, hal ini disebabkan pigmen warna dominan pada minyak yaitu klorofil mengalami kerusakan saat proses, digantikan dengan pigmen karotenoid yang berwarna kuning kemerahan. Rendemen rata-rata minyak setelah *degumming* adalah 88,3% (v/v). *Gum* (getah dan lendir) yang menyebabkan kekentalan pada minyak nyamplung hilang saat proses *degumming*, sehingga kadar FFA dan viskositas minyak menurun.

**Tabel 1.** Karakteristik minyak nyamplung (*Calophyllum inophyllum*)

Karakteristik	Komposisi	
	Awal	<i>Degumming</i>
Warna	Hijau kehitaman	Kemerahan
Densitas pada suhu 27°C (g/mL)	0,9316	0,888
Kadar FFA (%)	40,961	28,075
Viskositas kinematik 40°C (cSt)	28,65	25,39

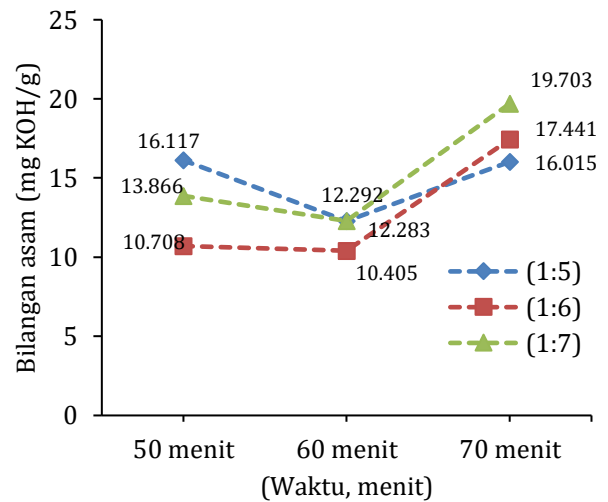


**Gambar 1.** Minyak nyamplung (*Calophyllum inophyllum*) (a) Minyak awal, (b) Minyak setelah *degumming*

**3.2 Pengaruh Waktu Reaksi Dan Rasio Molar Terhadap Bilangan Asam**

Gambar 1 menunjukkan bahwa penurunan bilangan asam terendah dicapai pada variasi rasio molar 1:6 dengan waktu reaksi 60 menit dimana bilangan asam mencapai 10,4 mg KOH/g, hal ini mengalami penurunan sebesar 40 % dari kadar awal. Bilangan asam yang dihasilkan masih terlalu tinggi diakibatkan oleh pengendapan yang terlalu lama pada proses transesterifikasi (Suyono et al., 2017). Penyimpanan produk biodiesel tanpa ditutup dapat

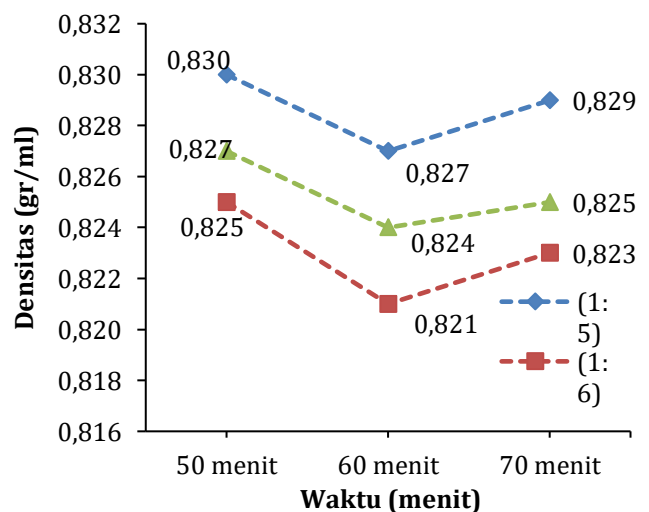
mengakibatkan angka asam tinggi akibat aktivasi oksidasi (Suyono et al., 2017).



**Gambar 1.** Pengaruh waktu dan rasio molar terhadap bilangan asam

**3.3 Pengaruh Waktu Reaksi Dan Rasio Molar Terhadap Densitas**

Dari Gambar 2. diperoleh kondisi optimum pada waktu reaksi 60 menit pada rasio molar 1:6 memiliki densitas 0,821 gr/ml. Nilai ini mendekati nilai range produk biodiesel yang berkisar antara (0,8150 – 0,8700 gr/ml). Nilai densitas yang dihasilkan menunjukkan nilai kalor yang dihasilkan, semakin kecil nilai densitasnya, maka makin besar nilai kalorinya. Nilai kalori merupakan jumlah energy yang dilepaskan bahan bakar pada waktu terjadi oksidasi unsur-unsur kimia yang ada pada bahan bakar (Natipulu, 2006).



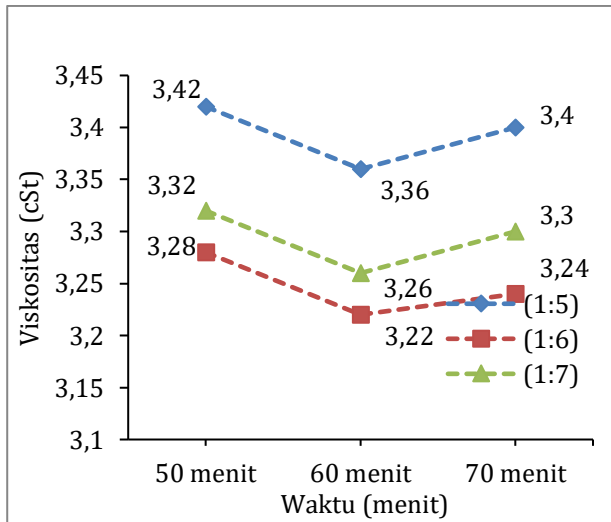
**Gambar 2.** Pengaruh waktu reaksi dan rasio molar terhadap densitas

**3.4 Pengaruh Waktu Reaksi Dan Rasio Molar Terhadap Viskositas**

Dari Gambar 3 diperoleh kondisi optimum pada waktu reaksi 60 menit pada rasio molar reaktan 1:6 memiliki viskositas 3,22 Cst (viskositas di ukur pada 40oC). Nilai ini masuk dalam SNI 7182:2015 biodiesel (2,3 – 6,0 mm<sup>2</sup>/s (cSt)). Viskositas berkaitan dengan

suplai bahan bakar ke dalam ruang bakar yang berpengaruh terhadap proses pengakabutan bahan bakar melalui *injector* (Musta R et al., 2017).

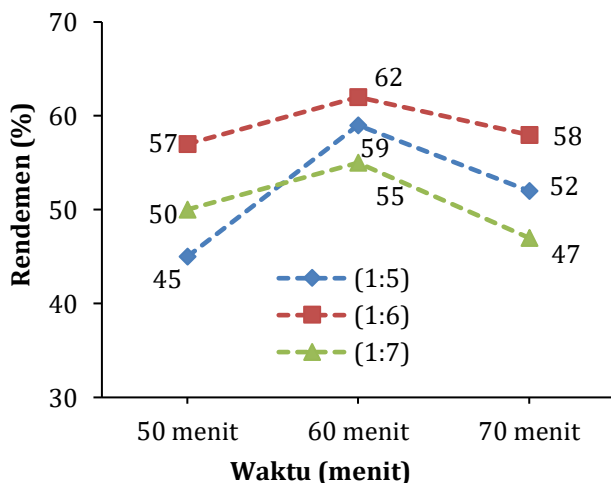
Pada waktu operasi melewati waktu operasi 60 menit terjadi peningkatan viskositas, hal ini disebabkan oleh banyaknya metanol yang bereaksi dengan minyak nyamplung berkurang akibat adanya penguapan sehingga mempengaruhi proses perengkahan menjadi tidak optimal (Musta R et al., 2017). Penurunan viskositas ini berpengaruh pada kemudahan pengaliran di dalam mesin diesel, Dengan nilai viskositas yang semakin rendah akan meningkatkan kinerja pada sistem pembakaran mesin.



**Gambar 3.** Pengaruh waktu reaksi dan rasio molar terhadap viskositas

### 3.5 Pengaruh Waktu Reaksi dan Rasio Molar Terhadap Rendemen

Gambar 4 menunjukkan kondisi optimum diperoleh pada waktu reaksi 60 menit dengan rasio molar 1:6. Pada kondisi ini didapat rendemen biodiesel sebesar 62 %. Hasil rendemen biodiesel yang dihasilkan semakin kecil pada waktu di atas 60 menit, hal ini disebabkan oleh tumbukan yang terlalu cepat yang mengakibatkan terjadinya reaksi penyabunan.



**Gambar 4.** Pengaruh waktu reaksi dan rasio molar terhadap *rendemen* biodiesel

## 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan terhadap pengujian bilangan asam, densitas, viskositas dan rendemen maka diperoleh hasil penelitian yang terbaik berdasarkan standar SNI 7182:2015 adalah bilangan asam 10,4 mgKOH/gram sampel, densitas 0,821 g/mL, viskositas 3,22 Cst dan rendemen sebesar 62%.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- Dedeh (2009) Kajian Proses Produksi Biodiesel Dari Minyak Biji Nyamplung (*Calophyllum inophyllum* L.). Tesis, Fakultas Teknologi Pertanian. Bogor.
- Muderawan, I Wayan, & Daiwataningsih, Ni Ketut Prati. (2016). Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Nyamplung (*Calophyllum Inophyllum* L.) dan Analisis Metil Esternya dengan GC-MS. Paper presented at the Prosiding Seminar Nasional MIPA.
- Muhammad, Fatih Ridho, Jatranti, Safetyllah, Qadariyah, Lailatul, & Mahfud, Mahfud. (2014). Pembuatan Biodiesel dari Minyak Nyamplung Menggunakan Pemanasan Gelombang Mikro. *Jurnal Teknik ITS*, 3(2), F154-F159.
- Murniati, Rini. (2011). Karakteristik Biodiesel dari Minyak Jelantah Hasil Fisisorpsi Zeolit Alam Teraktivasi. Skripsi. Jurusan Fisika. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Andalas. Padang. hal, 2-4.
- Musta, Rustam, Haetami, Aceng, & Salmawati, Mimi. (2017). Biodiesel Hasil Transesterifikasi Minyak Biji Nyamplung (*Calophyllum inophyllum*) Dengan Metanol. *Indonesian Journal of Chemical Research*, 4(2), 394-401.
- Napitupulu, Farel H. (2006). Pengaruh nilai kalor (heating value) suatu bahan bakar terhadap perencanaan volume ruang bakar ketel uap berdasarkan metode penentuan nilai kalor bahan bakar yang dipergunakan.
- Suyono, Suyono, Hartanti, Ninik Umi, Wibowo, Agus, & Narto, Narto. (2017). Biodisel dari Mangrove Jenis Nyamplung (*Callophyllum inophyllum*) sebagai Alternatif Pengganti Bahan Bakar Minyak Fosil. *Majalah Ilmiah Biologi BIOSFERA: A Scientific Journal*, 34(3), 123-130.
- Wahyudin, Wahyudin, Tambunan, Armansyah Halomoan, Purwanti, Nanik, Joelianingsih, Joelianingsih, & Nabetani, Hiroshi. (2018). Tinjauan Perkembangan Proses Katalitik Heterogen dan Non-Katalitik untuk Produksi Biodiesel. *Jurnal Keteknikan Pertanian*, 6(2), 123-130.