

## KARAKTERISTIK BIODIESEL DARI MINYAK BIJI RANDU (*CEIBA PENTANDRA*) PADA REAKTOR *BATCH* BERPENGADUK BERTEKANAN MENGGUNAKAN KATALIS KOH

Nove K. Erliyanti

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas NU Sidoarjo  
E-mail: nove\_kartika.tkm@unusida.ac.id

### Abstract

Biodiesel is fuel from plant oils that has been converted into methyl ester with transesterification process. The research was aimed at investigating the influence of KOH concentration and reaction time on the characteristics (density and viscosity) biodiesel at a pressure of 4 bar. The process of making biodiesel in a stirred batch reactor is pressurized, purged nitrogen, and the temperature operation of 60°C. The kapok seed oil used as raw material was 1000, methanol, and KOH (concentration of 0.5; 1.0; 1.5; and 2% oil by weight) were mixed and put into a reactor with a reaction time of 0.25; 0.50; 1.00; and 1.50 hours. Products were analyzed according to ASTM standard. KOH concentration and reaction time has a significantly affected with respect to the density and viscosity of biodiesel. Biodiesel produced in compliance with the ASTM standard. The highest density and viscosity resulting in 0.5% KOH concentration and reaction time of 0.25 hours is equal to 0.8918 g / cm<sup>3</sup> and 4.989 cSt.

**Keywords:** Biodiesel, Density, Kapok seed oil, KOH, Reaction time, Viscosity.

### Abstrak

*Biodiesel adalah bahan bakar dari minyak tumbuhan yang telah dikonversi menjadi methyl ester dengan proses transesterifikasi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari pengaruh konsentrasi KOH dan waktu reaksi terhadap karakteristik (densitas dan viskositas) biodiesel pada tekanan 4 bar. Proses pembuatan biodiesel dilakukan pada reaktor batch berpengaduk bertekanan, dialiri nitrogen, pada temperature operasi 60 °C. bahan baku berupa minyak biji randu sebanyak 1000 gram, metanol, dan KOH (konsentrasi 0,5; 1,0; 1,5; dan 2% berat minyak) dicampur dan dimasukkan ke dalam reaktor dengan waktu reaksi 0,25; 0,50; 1,00; dan 1,50 jam. Produk dianalisis sesuai standard ASTM. Konsentrasi KOH dan waktu reaksi mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap densitas dan viskositas biodiesel. Biodiesel yang dihasilkan telah memenuhi standard ASTM. Densitas dan viskositas tertinggi dihasilkan pada konsentrasi KOH 0,5 % dan waktu reaksi 0,25 jam yaitu sebesar 0,8918 g/cm<sup>3</sup> dan 4,989 cSt.*

**Kata kunci:** Biodiesel, Densitas, Minyak biji randu, KOH, Waktu reaksi, Viskositas.

### 1. PENDAHULUAN

Biodiesel merupakan bahan bakar motor diesel yang berupa ester alkil/alkil asam-asam lemak yang dibuat dari minyak nabati melalui proses transesterifikasi atau esterifikasi dengan metanol. Biodiesel mempunyai banyak keunggulan dibandingkan dengan minyak diesel yakni dapat diperbaharui

(renewable), non toksik, dan dapat terurai secara alami (biodegradable) (Pratama dkk, 2009). Bioediesel tersusun dari berbagai macam ester asam lemak yang dapat diproduksi dari minyak-minyak tumbuhan seperti minyak sawit (*palm oil*), minyak kelapa, minyak jarak pagar, dan minyak biji kapok/randu (Demirbas, 2008). Biodiesel

diharapkan dapat mereduksi penggunaan bahan bakar fosil (Maceiras dkk, 2011).

Salah satu bahan alami yang dapat digunakan sebagai bahan baku biodiesel adalah biji randu. Biji randu mengandung 24-40% minyak dari berat kering sehingga berpotensi untuk dikembangkan menjadi produk biodiesel. Minyak biji randu mudah didapat, harganya relatif murah, mempunyai kandungan asam tak jenuh yang relatif tinggi (71,95%), dan bilangan *iodine* yang memenuhi standard spesifikasi biodiesel (88 g/g). Tiap gelendong buah randu mengandung 26% biji buah kapok randu sehingga setiap 100 kg gelendong menghasilkan 26 kg biji buah kapok randu.

Beberapa peneliti terdahulu yang meneliti biodiesel dari minyak nabati diantaranya adalah Setyadi dkk (2005) yang telah melakukan pembuatan *methyl ester* (biodiesel) dari minyak jarak pagar dan metanol dengan katalisator NaOH. Linfeng dkk (2007) telah melakukan penelitian tentang transesterifikasi minyak biji kapas menggunakan katalis heterogen padatan basa. Suryandari dkk (2013) telah melakukan pembuatan biodiesel dari minyak biji kapok (*Ceiba pentandra*) melalui proses transesterifikasi dengan katalis MgO/CaO.

Peneliti-peneliti terdahulu melakukan pembuatan biodiesel dari minyak biji randu pada kondisi atmosferik, yaitu dengan kondisi tekanan 1 atm. Pembuatan biodiesel pada tekanan atmosferik dibutuhkan waktu yang lama untuk mendapatkan hasil yang optimum. Untuk memperoleh waktu reaksi yang lebih singkat, maka kecepatan reaksi harus ditingkatkan dengan jalan menaikkan suhu reaksi. Suhu reaksi yang terlalu tinggi dapat menyebabkan bahan-bahan yang titik didihnya rendah (dalam hal ini adalah metanol) akan cepat menguap. Hal ini dapat diatasi dengan cara menaikkan tekanan operasi. Untuk meningkatkan tekanan tersebut, maka dibutuhkan sebuah reaktor yang mempunyai variabel tekanan yang dapat dinaikkan atau diubah-ubah, yaitu sebuah reaktor *batch* berpengaduk bertekanan. Berdasarkan uraian tersebut, maka akan dilakukan penelitian pembuatan biodiesel dari minyak biji randu pada reaktor *batch* berpengaduk bertekanan dengan menggunakan katalis KOH dengan

konsentrasi yang bervariasi. Tekanan operasi pada penelitian ini adalah 4 bar.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari pengaruh konsentrasi KOH dan waktu reaksi terhadap karakteristik (densitas dan viskositas) biodiesel pada reaktor *batch* berpengaduk bertekanan.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1. Proses Persiapan Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah minyak biji randu yang diperoleh dari daerah Pandaan Kabupaten Pasuruan. Tahap pertama dalam penelitian ini adalah minyak biji randu dianalisis kadar *Free Fatty Acid* (FFA) dengan metode titrimetri. Analisis kadar FFA bertujuan untuk mengetahui kadar asam lemak bebas yang ada pada minyak biji randu dan untuk menentukan proses pembuatan biodiesel selanjutnya. Jika kadar FFA > 1%, maka dilakukan proses esterifikasi terlebih dahulu, yaitu mereaksikan minyak biji randu dengan larutan *metoxide* (metanol + katalis asam (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)). Kadar FFA yang terlalu besar dapat mengakibatkan reaksi saponifikasi dengan katalis, oleh karena itu kadar FFA harus dijaga maksimal 1 % (Pandey dkk, 2011).

### 2.2. Proses Esterifikasi

Esterifikasi bertujuan untuk menghilangkan asam lemak bebas (FFA) pada minyak dengan cara mengonversi asam lemak bebas menjadi metil ester dengan katalis asam sehingga kadar FFA menjadi turun. Turunnya kadar FFA diharapkan menekan terjadinya reaksi saponifikasi. Hasil samping reaksi esterifikasi adalah terbentuknya air (Leung dkk, 2010).

Esterifikasi dilakukan dengan mereaksikan metanol sebesar 20% berat minyak (molar rasio metanol : mol minyak = 6 : 1) dengan menggunakan katalis H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> sebanyak 1,5% berat minyak. Tahap selanjutnya adalah memasukkan hasil reaksi pada tahap pertama ke dalam reaktor yang telah berisi minyak biji randu. Massa minyak biji randu yang digunakan adalah 1000 gram. Reaktor yang telah berisi campuran minyak biji randu, metanol, dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dimasukkan ke dalam *water bath* yang telah berisi air, kemudian dipanaskan dan suhu reaksi dipertahankan 60°C dan waktu reaksi dibuat selama dua jam. Setelah dua jam proses,

*methyl ester* yang dihasilkan kemudian dipisahkan dalam corong pisah dan didiamkan sampai terbentuk dua lapisan yang terpisah. Biodiesel hasil esterifikasi kemudian dianalisis kadar FFA.

### 2.3. Proses Transesterifikasi

Proses transesterifikasi dilakukan dalam beberapa tahap. Tahap pertama adalah menimbang minyak biji randu sebanyak 1000 gram. Minyak biji randu yang telah ditimbang dimasukkan ke dalam reaktor. Tahap kedua adalah mencampurkan metanol sebesar 20% berat minyak (mol rasio methanol:minyak = 6:1) dengan katalis KOH sesuai variabel proses (konsentrasi 0,5; 1,0; 1,5; dan 2% berat minyak). Metanol dan KOH yang telah dicampur kemudian dimasukkan ke dalam reaktor. Reaktor yang telah berisi minyak biji randu, metanol, dan KOH dengan berbagai variasi dimasukkan ke dalam *water bath* yang telah berisi air. Nitrogen dialirkan ke dalam reaktor sampai tekanan reaktor mencapai 4 bar. Reaktor kemudian dipanaskan mulai dari suhu kamar sampai suhu proses dan dipertahankan 60°C. Proses reaksi di dalam reaktor berlangsung selama 0,25; 0,5; 1,0; dan 1,5 jam. Pengambilan produk dilakukan setelah proses reaksi selesai. Produk berupa *methyl ester* (biodiesel) dan gliserol. Produk yang berupa *methyl ester* (biodiesel) dan gliserol dipisahkan dalam corong pisah dan didiamkan selama satu malam sehingga terbentuk dua lapisan yang terpisah.

### 2.4. Proses Pencucian (*Washing*)

*Methyl ester* yang telah dipisahkan dengan gliserol dimurnikan dengan cara dicuci menggunakan *bubblewash*. Biodiesel dimasukkan ke dalam wadah pencucian dan ditambah dengan air sebanyak 25-50% dari volume biodiesel. Biodiesel yang telah dicampur dengan air kemudian dicuci dengan menggunakan *aerator* akuarium yang dimasukkan ke dalam wadah pencucian. Proses pencucian berlangsung selama ± 0,5 jam. Pada saat proses pencucian, air dan biodiesel akan teraduk-aduk dan tercampur, sehingga air dapat mencuci biodiesel dengan melarutkan katalis basa. Biodiesel yang telah dicuci kemudian dipisahkan menggunakan corong pisah dan didiamkan selama satu jam, setelah itu dipisahkan antara biodiesel dengan air pencuci. Jika air cucian masih keruh

(berwarna putih), maka dicuci lagi sampai jernih.

### 2.5. Proses Analisis

Biodiesel yang telah dicuci dianalisis densitas dan viskositasnya sesuai standard ASTM di Pertamina Surabaya.

## 3. HASIL DAN DISKUSI

### 3.1 Analisis Kadar *Free Fatty Acid* (FFA) Bahan Baku

Minyak biji randu setelah dianalisis mempunyai kadar FFA rata-rata sebesar 7,570% sehingga perlu dilakukan proses esterifikasi untuk menurunkan kadar FFA. Kadar FFA minyak biji randu melebihi batas toleransi yang diijinkan yaitu 1% (Putri dkk, 2012). Pada minyak biji randu (*Ceiba pentandra*) mengandung FFA sebagai *oleic acid* (Sivakumar dkk, 2012).

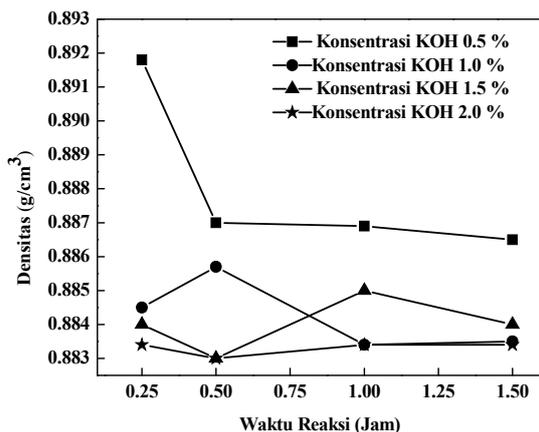
### 3.2 Esterifikasi Minyak Biji Randu

Kadar FFA minyak biji randu setelah proses esterifikasi adalah sebesar 0,560%. Turunnya kadar FFA diharapkan menekan terjadinya reaksi saponifikasi. Hasil samping reaksi esterifikasi adalah terbentuknya air (Leung dkk, 2010). Penambahan katalis H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pada proses esterifikasi dapat menyebabkan terjadinya proses transesterifikasi secara simultan namun laju reaksinya sangat lambat dan hanya bisa terjadi pada kondisi tertentu, yaitu pada suhu tinggi seta perbandingan molar rasio antara metanol dan minyak yang tinggi (Lam dkk, 2010).

### 3.3 Pengaruh Waktu Reaksi dan Konsentrasi KOH terhadap Densitas Biodiesel

Waktu reaksi yang digunakan dalam proses pembuatan biodiesel adalah 0,25; 0,50; 1,00; dan 1,5 jam dan konsentrasi KOH adalah 0,50; 1,00; 1,50; dan 2,00%. Pengaruh waktu reaksi dan konsentrasi KOH ditunjukkan pada Gambar 1.

Pada Gambar 1 ditunjukkan bahwa densitas tertinggi diperoleh pada biodiesel dengan konsentrasi KOH 0,5% dengan waktu reaksi 0,25 jam, yaitu sebesar 0,8918 g/cm<sup>3</sup>. Densitas paling rendah diperoleh pada konsentrasi KOH 1,5% dan 2% dengan waktu 0,5 jam, yaitu sebesar 0,883 g/cm<sup>3</sup>.

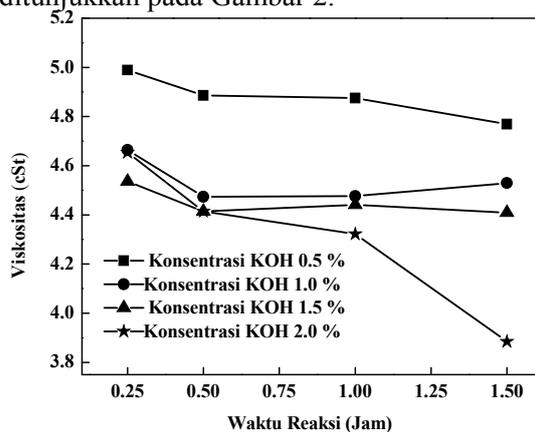


**Gambar 1.** Pengaruh Waktu Reaksi dan Konsentrasi KOH terhadap Densitas Biodiesel

Dari grafik tersebut dapat diketahui bahwa semakin tinggi konsentrasi KOH dengan waktu reaksi yang sama densitas semakin kecil. Hal ini berkaitan dengan viskositas dimana semakin tinggi katalis, maka laju reaksi semakin besar sehingga menyebabkan terpecahnya rantai trigliserida menjadi tiga ester asam lemak yang akan menurunkan sepertiga dari berat awal molekul. Berat molekul yang menurun menyebabkan viskositas dan densitas juga menurun.

### 3.4 Pengaruh Waktu Reaksi dan Konsentrasi KOH terhadap Viskositas Biodiesel

Pengaruh waktu reaksi dan konsentrasi KOH terhadap viskositas biodiesel ditunjukkan pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Pengaruh Waktu Reaksi dan Konsentrasi KOH terhadap Viskositas Biodiesel

Pada Gambar 2 ditunjukkan bahwa viskositas tertinggi diperoleh pada konsentrasi

0,5% dengan waktu reaksi 0,25 jam, yaitu sebesar 4,989 cSt dan nilai ini masih memenuhi standart ASTM dimana standart ASTM untuk viskositas yaitu berkisar antara 2,3-6 cSt. Dari grafik di atas menunjukkan bahwa semakin lama waktu reaksi dan semakin besar konsentrasi KOH, maka viskositas biodiesel cenderung semakin kecil. Hal ini dikarenakan banyaknya trigliserida yang terpecah menjadi *methyl ester* dapat menurunkan berat molekul trigliserida serta menurunkan viskositas

## 4. KESIMPULAN

Semakin lama waktu reaksi dan semakin besar konsentrasi KOH, maka viskositas biodiesel cenderung semakin kecil, viskositas rata-rata adalah 4,572 cSt. Semakin tinggi konsentrasi KOH dengan waktu reaksi yang sama densitas semakin kecil, densitas rata-rata yang diperoleh adalah 0,8848 g/cm<sup>3</sup>.

## DAFTAR PUSTAKA

Demirbas, A. (2008). Studies on cottonseed oil biodiesel prepare in non catalytic SCF condition. *Bioresource Technology*, 99(5): 1125-1130.

Lam, M. K., Lee, K. T., dan Mohamed, A. R. (2010). Homogeneous, heterogeneous, and enzymatic catalysis for transesterification of high free fatty acid oil (waste cooking oil) to biodiesel: A review. *Biotechnology Advances*, 28: 500-518.

Leung, D. Y. C., Wu, X., dan Leung, M. K. H. (2010). A review on biodiesel production using catalyzed transesterification. *Applied Energy*, 87:1083-1095.

Lin Feng, C., Guamin, X. (2007). Tran esterification of cottonseed oil to bioesel by using heterogeneous solid basic catalysts. *Energi and Fuel*, 21: 3740-3743.

Maceiras, R., Rodriguez, M., Cancela, A., Urrejola, S., dan Sanchez, A. (2011). Macroalgae: Raw material for biodiesel production. *Applied Energy*, 88: 3318-3323.

Pandey, A., Arroche, C., Riche, C., Gnansounou, E. (2011). *Biofuels. Academic Press*: 362-362.

Pratama, L., Yoeswono, Triyono, dan Tahir, L. (2009). Effect of temperature and

- speed of stirrer to biodiesel conversion from a coconut oil with the use of palm empty fruit bunches as a heterogeneous catalyst. *Indonesian Journal of Chemistry*, 9(1): 54-61.
- Putri, E. M. M., Rachimoellah, M., Santoso, N., dan Pradana, F. (2011). Biodiesel production from kapok seed oil (*Ceiba pentandra*) through the transesterification process by using CaO as catalyst. *Global Journal of Researches in Engineering*.
- Setyadji, M., Susiantini, E. (2005). Pembuatan metil ester (biodiesel) dari minyak biji jarak pagar dan metanol dengan katalisator natrium hidroksida. *Prosiding PPI-PDIPTN Puslitbang Teknologi Maju-Batan*: 12-18.
- Sivakumar, P., Sindhanaiselvan, S., Gandhi, N. N., Devi, S. S., dan Renganatan, S. (2012). Optimization and kinetic studies on biodiesel production from ceiba pentandra oil. *Elsevier Journal*.