

## **PILOT PLANT PROSES PRODUKSI BIODIESEL MENGUNAKAN KATALIS BASA HOMOGEN**

**Rif'ah Amalia\***, Hendrik Elvian Gayuh Prasetya, Eka Siti Nurlaili, dan Achmad Bahrul Ulum  
Politeknik Elektronika Negeri Surabaya  
\*e-mail: rifahamalia@pens.ac.id

### **Abstract**

Methyl ester is an alkyl ester compound which is produced through an transesterification process between triglycerides and methanol with the aid of alkaline catalysts into alkyl esters and glycerol. Methyl ester is produced through a transesterification reaction. The method used in the production of methyl ester was Pilot Plant with batch process. Base catalyst variations were carried out at 0,1% w/w; 0,3% w/w; 0,5% w/w; 0,7% w/w; dan 0,9% w/w. The productions of methyl ester consisted of pre-treatment, transesterification reaction, and post-treatment. Quality test of methyl ester consists of density and kinematic viscosity. Based on the result of the research, the overall quality of methyl ester were appropriate according to the Indonesian National Standard on Biodiesel. The highest density value was 889,6kg/m<sup>3</sup> at 0,5%w/w base catalyst concentration and the lowest value was 862,7kg/m<sup>3</sup> at 0,3%w/w base catalyst concentration. The highest value of kinematic viscosity contained in base catalyst variation of 0.1%w/w was at 5.80cSt and the lowest value of 0.7%w/w was at 3,76cSt.

**Keywords:** Waste Cooking Oil, Base Catalyst, Methyl Ester, Pilot Plant.

### **Abstrak**

*Metil ester merupakan senyawa alkil ester yang diproduksi melalui proses transesterifikasi antara trigliserida dan metanol dengan bantuan katalis basa menjadi alkil ester dan gliserol. Metil ester diproduksi melalui reaksi transesterifikasi. Metode yang digunakan dalam produksi metil ester merupakan Metode Pilot Plant dengan proses batch. Dilakukan variasi katalis basa sebesar 0,1% w/w; 0,3% w/w; 0,5% w/w; 0,7% w/w; dan 0,9% w/w. Produksi metil ester terdiri dari pre-treatment, reaksi transesterifikasi, dan post-treatment. Pengujian kualitas biodiesel terdiri atas densitas dan viskositas kinematik. Dari hasil penelitian, kualitas dari metil ester sesuai dengan SNI Biodiesel. Nilai densitas tertinggi pada konsentrasi katalis basa 0,5%w/w sebesar 889,7 kg/m<sup>3</sup> serta 0,3%w/w dengan nilai terendah sebesar 862,7 kg/m<sup>3</sup>. Viskositas kinematik dengan nilai tertinggi terkandung pada variasi katalis basa 0,1%w/w sebesar 5,80 cSt dan terendah pada 0,7%w/w sebesar 3,76 cSt.*

**Kata kunci:** Minyak Jelantah, Katalis Basa, Metil Ester, Pilot Plant.

### **1. PENDAHULUAN**

Kehidupan abad ke-21 ini membuat manusia semakin konsumtif dalam menggunakan energi. Kebutuhan energi

akan menjadi kebutuhan primer, jika tidak ada pembaruan atau energi alternatif akan menimbulkan ketidakstabilan antara bahan baku dan kebutuhan energi. Energi

merupakan kemampuan untuk melakukan kerja, kekuatan yang digunakan untuk melakukan berbagai proses kegiatan. Energi memiliki beberapa bentuk dan berasal dari mana saja misal energi listrik, energi cahaya, energi kimia dan lain-lain. Energi alternatif merupakan energi pengganti dari energi itu sendiri. Energi alternatif berasal bukan dari minyak bumi meliputi tenaga air, panas bumi, nuklir, surya, angin, gelombang, biomassa, gas alam, gambut, batu bara, dan gas alam.

Dengan ketidakstabilan produksi energi dan konsumsi telah merubah paradigma energi dan memaksa dunia beradaptasi untuk mencapai keamanan energi jangka panjang yang berkelanjutan (Budiman, 2014). Konsumsi dunia terhadap petroleum diesel adalah 934 juta ton pertahun (Atmaja, 2010). Mengetahui kondisi tersebut, pemerintah Indonesia mulai mencari energi alternatif pengganti petroleum diesel dengan memanfaatkan biomassa dari bahan bakar nabati (BBN) yang berasal dari sumber daya alam yang dapat diperbaharui seperti metil ester (biodiesel).

Metil ester merupakan bahan bakar diesel alternatif yang dibuat dari sumber biologis terbarukan seperti minyak nabati dan hewani. Metil ester dapat terurai secara hayati dan tidak beracun, serta memiliki emisi rendah dan juga ramah lingkungan (Atmaja, 2010). Daerah Indonesia memiliki banyak potensi bahan baku penghasil metil ester, meliputi kelapa sawit, jarak pagar, minyak jelantah, minyak kelapa, minyak nyamplung, alga dan lain sebagainya (Densi, 2017).

Minyak jelantah merupakan salah satu bahan baku metil ester. Minyak jelantah dari industri pangan dan rumah

tangga cukup tersedia banyak di Indonesia. Minyak jelantah tidak baik jika digunakan kembali untuk memasak karena mengandung banyak asam lemak bebas dan radikal yang dapat membahayakan kesehatan. Minyak jelantah dapat menjadi bahan baku metil ester, tetapi minyak jelantah memiliki kandungan asam lemak bebas dengan konsentrasi cukup tinggi. Kandungan tersebut dapat dikurangi dengan mereaksikan asam lemak bebas dengan katalis.

Metil ester dari minyak jelantah dihasilkan melalui proses transesterifikasi. Pada proses transesterifikasi minyak jelantah direaksikan dengan alkohol (metanol) dan katalis basa akan menghasilkan *crude* metil ester sebagai produk utama dan gliserol sebagai produk samping. Proses ini memiliki sifat *immiscible* (tidak bercampur), oleh karena itu pemanasan dengan *heater* dan pencampuran dengan pengaduk diperlukan untuk menghomogenkan minyak jelantah, alkohol, dan katalis. Proses *settling* (pengendapan) terjadi dua kali untuk mengendapkan produk samping serta air yang digunakan untuk membersihkan metil ester dari kotoran yang dimungkinkan masih tercampur. Keuntungan penggunaan katalis basa homogen yaitu laju reaksi 4.000 kali lipat lebih besar daripada katalis asam, dapat dijalankan dalam kondisi suhu dan tekanan rendah serta waktu reaksi yang cepat. Proses *batch* merupakan proses produksi yang tidak berlangsung secara kontinyu pada skala produksi kecil. Perbandingan molar alkohol dan trigliserida adalah 4:1 sampai 20:1, tetapi paling banyak digunakan adalah rasio 6:1. Dengan suhu operasi berkisar 298–358°K.

Kelebihan proses *batch* adalah pencampuran bahan baku mudah, pengumpanan bahan kimia efisien, dan kontrol kualitasnya mudah (Oseni dkk, 2013).

Penelitian biodiesel dengan mencampur minyak mentah dengan *wild mustard* dilakukan oleh Erlymaz (2015) dalam tangki pilot plant, lalu dipanaskan 65°C. Pada tangki lainnya dicampur dengan 4 liter metil alkohol dan 70 g NaOH sebagai katalis dengan berat 3,5 g/l. Katalis dan minyak dicampur selama 90 menit, kemudian didiamkan, dan diambil hingga membentuk 2 *layer* yaitu *crude* biodiesel dan gliserol keduanya akan dipisahkan pada tangki pencucian menggunakan temperatur air 50°C sebanyak 4 liter. Setelah itu diendapkan sehingga akan terpisah biodiesel dan endapan air (Eryilmaz, T, 2015).

Penelitian lain mengenai produksi metil ester melalui proses transesterifikasi *in situ*. Bahan baku yang digunakan yakni biji jarak dilakukan dengan skala pilot, katalis yang digunakan adalah KOH dilarutkan dalam metanol. Berdasarkan penelitian ini, bilangan asam biodiesel yang dihasilkan berkisar antara 0.20–0.26 mg KOH/g. Viskositas biodiesel hasil penelitian ini berkisar antara 3.45–5.42 cSt. Metil ester yang dihasilkan telah memenuhi SNI Biodiesel (Yulianingtyas, 2011).

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Metode dan Tempat Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini merupakan Metode *Pilot Plant* skala *batch* melalui reaksi transesterifikasi. Penelitian dilakukan di Laboratorium Pembangkit, Program Studi

Sistem Pembangkit Energi, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya.

### 2.2 Bahan

Bahan baku yang digunakan pada proses produksi biodiesel adalah minyak jelantah, dengan menggunakan perbandingan mol katalis basa NaOH dan metanol adalah 6:1. Bahan baku yang digunakan diperoleh dari depot rumah makan di Jalan Tempurejo.

### 2.3 Uraian Proses

Uraian proses (Gambar 1) yang dilakukan meliputi:

#### 1. *Pre-treatment*

##### a. Penyaringan

Melakukan penyaringan minyak jelantah menggunakan kertas saring sebanyak 2 (dua) kali.

##### b. Pengujian Kadar *Free Fatty Acid* (FFA) dan Bilangan Asam Minyak Jelantah

Jika kadar FFA yang terlalu tinggi (>2%) pada bahan baku mengakibatkan kecilnya kadar metil ester yang dihasilkan. Jika FFA <2%, maka dapat dilanjutkan ke proses berikutnya, jika >2% dilakukan *treatment* esterifikasi (Densi, 2017)

#### 2. Proses Transesterifikasi

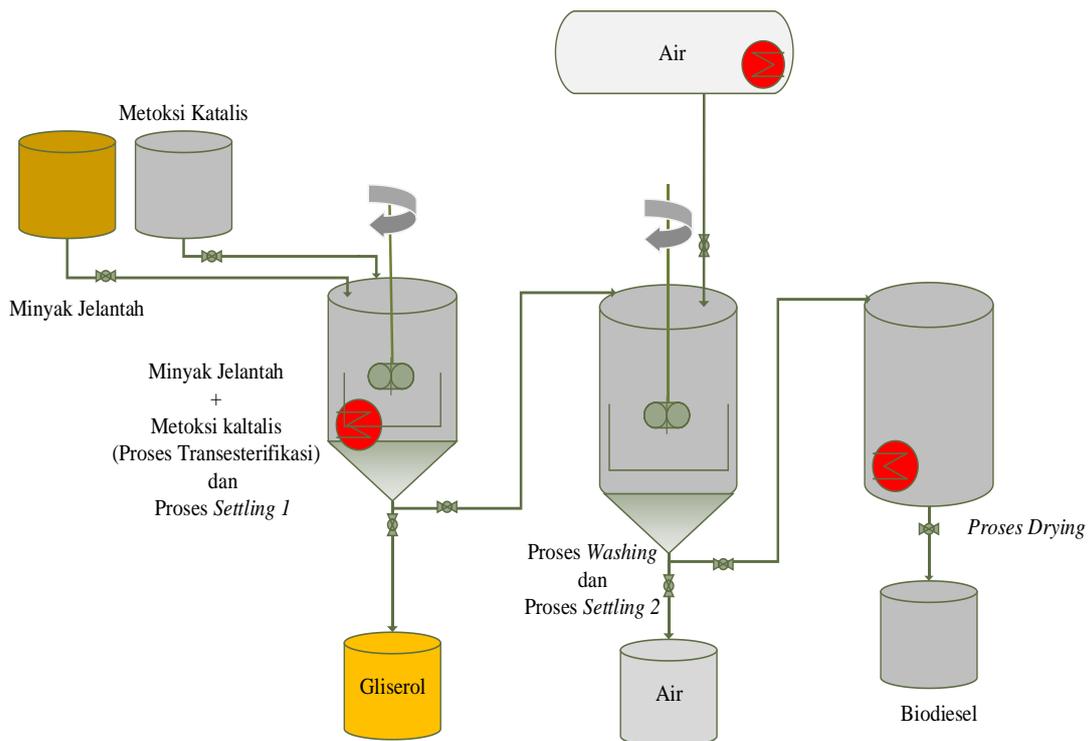
##### a. Mencampurkan minyak jelantah yang telah melalui *pre-treatment* dengan larutan alkohol dan NaOH.

##### b. Memanaskan campuran dan diaduk dalam tangki 60°C selama 10-15 menit.

##### c. Mengendapkan campuran dilakukan hingga terpisah dua fase, pada penelitian ini pengendapan terjadi selama 16 jam kemudian terbentuk

- gliserol dan *crude* metil ester (proses *settling 1*).
  - d. Mencuci *crude* metil ester selama 15 menit dengan air bersuhu 40–50°C serta diaduk sampai pH normal (6,8-7,2) (proses *washing*).
  - e. Dilakukan pengendapan ulang untuk memisahkan air selama 10 jam (proses *settling 2*).
  - f. Memanaskan hasil metil ester untuk menguapkan air sisa pencucian pada suhu 90–100°C (proses *drying*)
3. *Post-treatment*  
Melakukan pengujian sifat fisik metil ester di laboratorium dan membandingkan dengan SNI Biodiesel, antara lain densitas, viskositas kinematik, gliserol bebas, dan bilangan asam

## 2.4 Uraian Proses



**Gambar 1.** Skema Alir Proses Pembuatan Metil Ester

## 4. HASIL DAN DISKUSI

Penelitian pendahuluan dilakukan dengan menghitung kadar FFA dan jumlah asam dalam minyak. Dikenal sebagai konten FFA 0,948% sehingga masih dalam kadar <2%, maka dilakukan proses transesterifikasi.

**Tabel 1.** SNI Biodiesel dan Solar

Parameter	SNI Biodiesel	Solar
Density (kg/m <sup>3</sup> )	850-890	859,9

Parameter	SNI Biodiesel	Solar
<i>Kinematic Viscosity</i> (cSt)	2,3-6	4,17

**Tabel 2.** Hasil Pengujian Densitas dan Viskositas Minyak Jelantah dan Biodiesel

Parameter	Minyak Jelantah	0,1% w/w
Density (kg/m <sup>3</sup> )	928,7	885,7
<i>Kinematic Viscosity</i> (cSt)	10,55	5,80

Parameter	0,3% w/w	0,5% w/w
Density (kg/m <sup>3</sup> )	862,7	889,7
Kinematic Viscosity (cSt)	5,57	4,81

Parameter	0,7% w/w	0,9% w/w
Density (kg/m <sup>3</sup> )	868,0	889,3
Kinematic Viscosity (cSt)	3,76	4,30

Pengujian sifat fisik biodiesel penelitian pendahuluan dilakukan dengan menghitung kadar asam lemak bebas (FFA) dan jumlah asam dalam minyak. Dikenal sebagai konten FFA 0,948% sehingga masih dalam kadar <2%, maka dilakukan proses transesterifikasi. Nilai densitas diukur menggunakan *picnometer*. Pengambilan sampel viskositas menggunakan Viskometer Ostward.

### 3.1 Pengaruh Penambahan Katalis Basa terhadap Densitas Metil Ester

Densitas menunjukkan perbandingan berat jenis per satuan volume. Pada proses pembakaran densitas mempengaruhi titik didih (nilai yang dibutuhkan untuk mengubah bahan bakar cair menjadi uap untuk proses pembakaran yang bercampur dengan oksigen). Semakin besar nilai densitas cenderung menjadi tinggi titik didih zat, sehingga semakin tinggi densitas suatu zat, maka semakin tinggi titik didih zat tersebut dan semakin sulit menguap. Bahan bakar yang sulit menguap cenderung menjadi *smoke* atau jelaga.

Tabel 2 menunjukkan nilai densitas metil ester cenderung meningkat sebanding dengan meningkatnya konsentrasi katalis basa. Faktor yang mempengaruhi densitas antara lain

konsentrasi katalis basa dan proses pemurnian (*washing* dan *drying*). Peningkatan katalis basa pada campuran metil ester sebanding dengan densitas, dimana molaritas merupakan konsentrasi larutan yang didapatkan dari perbandingan mol zat terlarut terhadap volume zat pelarut. Mol zat terlarut diurai kembali menjadi perbandingan massa zat terlarut dan massa molar relatif suatu zat. Densitas merupakan perbandingan massa zat terlarut dengan volume, maka densitas berbanding lurus dengan peningkatan katalis basa. Semakin besar konsentrasi katalis, maka nilai densitas akan semakin tinggi. Nilai densitas tertinggi dengan konsentrasi katalis 0,5% w/w sebesar 889,7 kg/m<sup>3</sup> dan terkecil pada konsentrasi katalis basa 0,3% w/w dengan nilai 862,7 kg/m<sup>3</sup>. Pada konsentrasi 0,5% w/w densitas meningkat, hal yang sama juga terjadi ketika konsentrasi 0,9% w/w. Penurunan nilai densitas terjadi pada konsentrasi 0,7% w/w menjadi 868,0 kg/m<sup>3</sup> hal itu dikarenakan proses *washing* dilakukan sebanyak 2 (dua) kali sehingga masih ada kandungan gliserol didalam *crude* metil ester.

Berdasarkan penelitian ini metil ester dengan variasi katalis basa 0,1% w/w, 0,3% w/w, 0,5% w/w, 0,7% w/w, dan 0,9% w/w nilai densitas berbanding lurus dengan konsentrasi metil ester dan nilai densitas metil ester sesuai dengan SNI Biodiesel, sehingga dapat digunakan sebagai campuran solar untuk bahan bakar mesin diesel.

### 3.2 Pengaruh Penambahan Katalis Basa terhadap Viskositas Kinematik Metil Ester

Viskositas adalah suatu angka yang menyatakan besarnya hambatan dari suatu

bahan cair untuk mengalir atau ukuran dari besarnya tahanan geser dari cairan. Jika viskositas rendah akan menyebabkan kebocoran injektor sehingga daya pembakaran berkurang dan jika viskositas tinggi, maka bahan bakar akan sulit disuplai ke ruang pembakaran atau *burner*.

Dijelaskan pada Tabel 2 bahwa nilai viskositas kinematik metil ester terhadap peningkatan katalis basa cenderung menurun. Penurunan viskositas sebanding dengan meningkatnya konsentrasi katalis basa yang digunakan. Berdasarkan hasil percobaan, nilai viskositas kinematik metil ester menunjukkan bahwa reaksi katalis basa berhasil menurunkan viskositas katalis. Faktor yang mempengaruhi nilai viskositas kinematik metil ester ialah konsentrasi katalis basa dan proses pemurnian. Persamaan viskositas kinematik merupakan perbandingan antara viskositas dinamik dan densitas. Dari persamaan tersebut diketahui bahwa viskositas kinematik berbanding terbalik dengan densitas, densitas berbanding lurus dengan konsentrasi katalis basa, maka hubungan viskositas kinematik berbanding terbalik dengan kenaikan konsentrasi katalis basa. Pada hasil percobaan, konsentrasi terendah nilai viskositas kinematik pada konsentrasi 0,7% w/w sebesar 3,76 cSt dan tertinggi pada konsentrasi katalis basa 0,1% w/w sebesar 5,80 cSt. Terjadi penurunan pada konsentrasi 0,7% menjadi 3,76 cSt dan kenaikan konsentrasi pada konsentrasi 0,9% w/w menjadi 4,30 cSt. Berdasarkan hasil eksperimen, kekentalan metil ester menurun seiring meningkatnya konsentrasi katalis basa. Kenaikan nilai viskositas kinematik dipengaruhi oleh kesempurnaan konversi minyak jelantah

menjadi metil ester. Jika nilai viskositas meningkat, maka metil ester pada konsentrasi tersebut memiliki kandungan asam lemak yang tinggi. Peningkatan ini dikarenakan proses hidrolisis selama pemanasan sebelum proses produksi dan meningkat selama penyimpanan sehingga dengan nilai massa minyak jelantah yang sama untuk produksi metil ester tidak sama nilai viskositasnya. Proses pemurnian dimungkinkan berpengaruh dengan viskositas kinematik metil ester karena setelah reaksi transesterifikasi metil ester akan dicuci dengan air dan dipanaskan untuk menguapkan kandungan airnya pada saat pencucian tersebut dimungkinkan larutan non metil ester tidak tercuci maksimal dan tidak menguap karena suhu rendah.

Hubungan nilai viskositas kinematik metil ester dengan peningkatan konsentrasi katalis basa bernilai 0,1% w/w, 0,3% w/w, 0,5% w/w, 0,7% w/w, dan 0,9% w/w berbanding terbalik. Nilai viskositas sesuai dengan ketentuan SNI Biodiesel, sehingga tidak akan menyebabkan kebocoran injektor dan bahan bakar akan mudah disuplai ke ruang pembakaran atau *burner*.

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis mengenai produksi metil ester Metode *Pilot Plant* skala *batch* dengan variasi konsentrasi katalis basa dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Produksi metil ester Metode *Pilot Plant* skala *batch* berhasil dilakukan menggunakan tiga proses yakni *pre-treatment*, transesterifikasi, dan *post-treatment*.
2. Konsentrasi katalis basa 0,1% w/w, 0,3% w/w, 0,5% w/w dan 0,7% w/w

merupakan konsentrasi metil ester dengan nilai densitas dan viskositas kinematik sesuai SNI Biodiesel, sehingga dapat digunakan sebagai campuran solar untuk bahan bakar mesin diesel.

### **Ucapan Terima Kasih**

Penulis mengucapkan terima kasih atas *support* material dari Penelitian Lokal, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya 2019. Semoga penelitian ini dapat bermanfaat bagi masyarakat.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Atmaja, S. (2010) *Biodiesel dari Minyak Jelantah (Waste Cooking Oil) Sebagai Solusi Sumber Energi Alternatif Ramah Lingkungan*. Karya Ilmiah Teknologi Bandung.
- Budiman, A. (2014) *Biodiesel Bahan Baku, Proses, dan Teknologi*. Yogyakarta: Erlangga.
- Densi dan S. (2017) Penetapan Kadar Asam Lemak Bebas pada Minyak Goreng.
- Eryilmaz, T. (2015) *Design Of A Small Scale Pilot Plant Biodiesel Production Plant And Determination Of The Fuel Properties Of Biodiesel Produced With This Plant*. Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology, 3(2): 67-70.
- Oseni, M. I., Tuleun, M. T., & Musa, A. *Development and Performance Evaluation of a Small Scale Biodiesel Production Pilot Plant*. Journal of Emerging Trends in Engineering and Applied Sciences (JETEAS) 4(4): 679-685.
- Yulianingtyas, P. *Kajian Proses Produksi Biodiesel Melalui Transesterifikasi In Situ Jarak Pagar (Jatropha Curcas L.) pada Skala Pilot Plant*. Institut Pertanian Bogor.