

## ANALISIS SIFAT FISIKA DAN NILAI KEEKONOMIAN MINYAK GORENG BEKAS MENJADI BIODIESEL DENGAN METODE TRANSESTERIFIKASI

EKA MEGAWATI,<sup>1\*</sup>, ARHAM ADRIANSYAH<sup>1</sup>, AMIRUL MUKMININ<sup>1</sup>, DEBORA ARIYANI<sup>1</sup>, YUNIARTI<sup>1</sup>, DAN MOHAMMAD LUTFI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi D3 Pengolahan Minyak dan Gas, Sekolah Tinggi Teknologi Migas, Jalan Transad KM.10, Karang Joang, Balikpapan, Kalimantan Timur, Indonesia

<sup>2</sup>Program Studi S1 Teknik Perminyakan, Sekolah Tinggi Teknologi Migas, Jalan Transad KM.10, Karang Joang, Balikpapan, Kalimantan Timur, Indonesia

\*alamat email korespondensi: eka.megawati@sttmigas.ac.id

Informasi Artikel	Abstrak/Abstract
Riwayat Naskah : Diterima pada 11 Mei 2022 Diterima setelah direvisi pada 28 Juni 2022 Diterbitkan pada 30 Juni 2022	Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif pengganti solar yang berasal dari bahan nabati seperti minyak goreng bekas. Minyak goreng bekas adalah limbah dari sisa penggorengan, biasanya dibuang karena sudah digunakan lebih dari satu kali. Transesterifikasi merupakan reaksi antara trigliserida yang terkandung dalam minyak nabati atau lemak hewan dengan alkohol untuk membentuk alkil ester. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sifat fisika dan nilai keekonomian minyak goreng bekas menjadi biodiesel dengan metode transesterifikasi. Bahan limbah yang digunakan merupakan minyak goreng. Analisis fisika dilakukan dengan melakukan pengujian karakteristik biodiesel meliputi % FFA, angka asam, gliserol, kandungan air, massa jenis, pH, rendemen dan warna. Nilai karakteristik biodiesel pada sampel 1 yaitu: FFA sebesar 0,65 %, angka asam 0,42 mg, gliserol 59 mL, kadar air 0,006 %, rendemen 0,83 %, massa jenis 852 kg/m <sup>3</sup> , pH 7 dan menghasilkan warna kuning emas, sedangkan nilai karakteristik biodiesel pada sampel 2 yaitu: FFA sebesar 0,56 %, angka asam 0,50 mg, gliserol 58 mL, kadar air 0 %, rendemen 0,83 %, massa jenis 845 kg/m <sup>3</sup> , pH 7 dan menghasilkan warna kuning emas. Nilai karakteristik biodiesel pada sampel 3 yaitu: FFA sebesar 0,65 %, angka asam 0,50 mg, gliserol 59 mL, kadar air 0,07 %, rendemen 0,78 %, massa jenis 847 kg/m <sup>3</sup> , pH 7 dan menghasilkan warna kuning emas. Pengolahan minyak goreng bekas sebanyak 300 L/bulan akan menghasilkan biodiesel 246 L/bulan @Rp. 9.000 = Rp. 2.214.000 dan gliserol 23 L/bulan @Rp. 3.000 = Rp. 86.250. Sehingga diperoleh total pendapatan = Rp.2.300.250/bulan. Sementara itu, biaya produksi berupa penggunaan listrik, pembelian pelarut dan katalis sebesar Rp.1.370.500/bulan. Sehingga Hasil analisis keekonomian menunjukkan bahwa pembuatan biodiesel skala industri kecil layak diproduksi dengan nilai keuntungan mencapai Rp.929.750/bulan.
Kata kunci: Biodiesel; Minyak Goreng Bekas; Transesterifikasi.	
Keywords: Biodiesel; Used Cooking Oil; Transesterification.	<i>Biodiesel is an alternative fuel to replace diesel which is derived from vegetable materials such as used cooking oil. Used cooking oil is waste from the rest of the frying pan, usually thrown away because it has been used more than once. Transesterification is a reaction between triglycerides contained in vegetable oils or animal fats with alcohol to form alkyl esters. This study aims to analyze the physical properties and economic value of used cooking oil into biodiesel using the transesterification method. The waste material used is cooking oil. Physical analysis was carried out by testing the characteristics of biodiesel including % FFA, acid number, glycerol, water content, density, pH, yield, and color. The characteristic values of biodiesel in sample 1 are: FFA 0.65%, acid number 0.42 mg, glycerol 59 mL, water content 0.006%, yield 0.83%, density 852 kg/m<sup>3</sup>, pH 7 and produces a yellow color. gold, while the characteristic values for biodiesel in sample 2 are: FFA 0.56 %, acid number 0.50 mg, glycerol 58 mL, water content 0%, yield 0.83%, density 845 kg/m<sup>3</sup>, pH 7 and produces a golden yellow color. The characteristic values of biodiesel in sample 3 are: FFA 0.65%, acid number 0.50 mg, glycerol 59 mL, water content 0.07%, yield 0.78%, density 847 kg/m<sup>3</sup>, pH 7 and produces golden yellow color. Processing of used cooking oil of 300 L/month will produce biodiesel 246 L/month @Rp. 9,000 = Rp. 2,214,000 and glycerol 23 L/month @Rp. 3,000 = Rp. 86,250. So that the total income = Rp. 2,300,250/month. Meanwhile, production costs in the form of electricity usage, purchase of solvent, and catalysts are Rp. 1,370,500/month. So the results of the economic analysis show that the manufacture of biodiesel on a small industrial scale is feasible to produce with a profit value of Rp. 929.750/month.</i>

## PENDAHULUAN

Kebutuhan energi yang semakin meningkat memerlukan sumber energi lain sebagai pengganti minyak bumi [1]. Biodiesel merupakan sumber energi alternatif yang menjanjikan dan telah dilakukan penelitian dalam beberapa tahun terakhir yang merupakan alternatif pengganti solar yang ramah lingkungan [2]. Biodiesel tersusun dari senyawa asam lemak alkil ester yang dihasilkan dari minyak nabati, lemak hewani dan limbah minyak nabati yang telah melewati proses pengenceran dengan berbagai cara, contohnya pengenceran, mikro-emulsifikasi, pirolisis (*thermal cracking*), transesterifikasi atau esterifikasi menggunakan katalis [3].

Menurut Fatimura [4] Produksi biodiesel yang dikembangkan saat ini umumnya terbuat dari minyak tumbuhan (minyak kedelai, minyak canola, minyak sawit mentah), lemak hewan (sapi talow, lemak babi, lemak ayam) dan bahkan dari minyak jelantah. Minyak goreng bekas (minyak jelantah) adalah limbah dari sisa penggorengan. Biasanya minyak jelantah dibuang karena sudah digunakan lebih dari satu kali, hal tersebut akan mempengaruhi rasa makanan, berubah warna, dan tidak baik untuk kesehatan [5]. Menurut Putra, R dkk [6] biodiesel dihasilkan dari proses transesterifikasi yang dibantu dengan katalis basa homogen seperti natrium hidroksida (NaOH) dan kalium hidroksida (KOH). Selain itu, produksi biodiesel dengan penggunaan bahan baku *Crude Palm Oil* (CPO), metanol sebagai pelarut dan kalium hidroksida (KOH) sebagai katalis, dapat menghasilkan biodiesel sebesar 88% [7].

Hasil Penelitian biodiesel yang dilakukan oleh Ula & Kurniadi [5] yang menggunakan minyak goreng bekas dan pelarut metanol serta katalis NaOH 2,5 g dengan metode transesterifikasi memperoleh hasil densitas 0,8780 gr/mL, viskositas 6,118 mm<sup>2</sup>/s, titik nyala 178 °C, residu karbon 0,0006 %wt, kadar abu 0,0397 %wt dan *gross heating value* 19400 BTU/lb. Namun pada penelitian tersebut belum melakukan analisis GC-MS yang artinya belum dapat memperlihatkan dengan jelas struktur senyawa kimia serta kadar metil ester pada sampel.

Analisis keekonomian dilakukan untuk menentukan suatu usaha, baik dari segi teknis, ekonomis, maupun finansial. Analisis finansial bertujuan untuk menganalisis keuntungan dari usaha suatu usaha. Beberapa hal yang dianalisis adalah biaya investasi, prakiraan pendapatan serta kriteria kelayakan usaha. Kelayakan produksi atau analisis finansial biodiesel dari minyak jelantah difokuskan pada produksi usaha skala kecil [5].

Berdasarkan penelitian Yoel [8] reaksi transesterifikasi dengan menggunakan minyak jelantah menggunakan katalis NaOH dan pelarut metanol, menunjukkan karakteristik biodiesel yang diperoleh dengan katalis NaOH: densitas (kg/m<sup>3</sup>) 872; viskositas (mm<sup>2</sup> /s) 2,93 dan angka asam (mg NaOH/g sampel) 0,56;. Penelitian lain dilakukan oleh Rita [9] menyimpulkan bahwa proses transesterifikasi optimum pada persen berat katalis NaOH sebesar 0,3 mol NaOH/kg minyak, suhu transesterifikasi 50 °C, waktu reaksi 30 menit, dan rasio reaktan 1:6 mol minyak:mol etanol. Pada dua penelitian tersebut analisis ekonomis dalam pembuatan biodiesel belum dilakukan, sehingga belum dapat mengetahui tentang produksi biodiesel dari minyak jelantah pada skala industri kecil.

Berdasarkan penjelasan di atas, maka penelitian ini bertujuan untuk Menganalisis sifat fisika dan nilai keekonomian minyak goreng bekas menjadi biodiesel dengan metode transesterifikasi. Katalis KOH dengan variasi 1,5 g, 2 g, dan 2,5 g. Adapun parameter yang diuji meliputi % *Free Fatty Acid* (FFA), angka asam, gliserol, kandungan air, massa jenis, pH, randemen, warna.

## EKSPERIMEN

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kimia dan Pengolahan Migas, Sekolah Tinggi Teknologi Minyak dan Gas Bumi Balikpapan yang dimulai pada bulan Desember 2020 – Januari 2021.

### Material

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: Aquades, Asam Asetat, Indikator pp, KOH (Padatan), KOH 0,1 N, Metanol 98 %, Minyak jelantah, NaOH 0,1 N, Vaseline

### Instrumentasi

Alat yang digunakan pada penelitian ini meliputi: Baker tongs, buret, corong pisah, cawan porselin, gelas ukur, *heating mantle* 500 mL dengan *magnetic stirrer*, thermometer, kondensor, kertas pH, labu erlenmeyer, labu leher 3, pipet tetes

### Prosedur

#### *Analisis Free Fatty Acid (FFA) sebelum Transesterifikasi*

Pengujian FFA menggunakan metode titrasi. Titrasi dilakukan dengan menggunakan larutan standar NaOH 0,1 N dan 3 tetes indikator phenolphthalein sampai terjadi perubahan warna menjadi *pink* muda. Hasil tersebut sejalan dengan

penelitian yang dilakukan oleh S. Salamah (2014) yang menggunakan larutan standar KOH 0,1 N.

Pengujian FFA dimulai dengan menimbang minyak jelantah sebanyak 1 g, lalu menuangkan minyak tersebut ke dalam erlenmeyer. Pada analisis digunakan triplo dengan erlenmeyer yang berbeda. Metanol disiapkan sebanyak 50 mL, dicampurkan ke setiap sampel kemudian dikocok hingga rata. Air dipanaskan sampai suhu sekitar 50 °C sebanyak 1000 mL menggunakan *Hotplate*. Erlenmeyer yang berisi sampel dipanaskan di atas air tersebut sambil digoyangkan menggunakan baker tongs selama 3 menit hingga sampel telah bercampur secara homogen. Indikator PP ditambahkan sebanyak 0,5 mL menggunakan pipet tetes sambil dikocok.

Pada rangkaian alat titrasi : Valve pada buret (yang berisi NaOH 0,1 N) dibuka sedikit demi sedikit dicampurkan pada sampel sambil digoyangkan, sampai diperoleh perubahan warna larutan. Volume larutan NaOH yang digunakan pada buret dicatat.

Persen kadar FFA dengan menggunakan persamaan:

$$FFA = \frac{(V \text{ titrasi} \times N \text{ NaOH} \times Mr \text{ NaOH})}{(m \text{ sampel} \times 1000)} \times 100\% \quad (1)$$

#### *Transesterifikasi, Pendiapan dan Pemisahan Metil Ester*

##### *Proses Transesterifikasi*

Metanol disiapkan 100 mL dan minyak jelantah 400 mL. Menimbang KOH sebanyak 1,5 g lalu dicampurkan dengan metanol, percampuran sampai terlarut sempurna dan terbentuk kalium metoksida.

Pemanasan campuran dari minyak jelantah dengan kalium metoksida dilakukan dengan cara sebagai berikut: Minyak jelantah dipanaskan pada suhu 55-60 °C. Sambil diaduk, kalium metoksida ditambahkan sedikit demi sedikit. Percampuran larutan dilakukan dengan menggunakan labu leher 3 dan *heating mantle* 500 mL dengan *magnetic stirrer* selama 60 menit agar larutan homogen. Proses ini akan menghasilkan metil ester (minyak biodiesel) dan gliserol.

##### *Pendiapan dan Pemisahan Metil Ester*

Proses pendiaman hasil transesterifikasi selama 24 jam. Biodiesel akan berada di bagian atas dan gliserol ada di bagian bawah. Gliserol merupakan cairan kental berwarna coklat gelap yang dapat memadat di bawah suhu 38 °C. Gliserol dialirkan dengan hati-hati dari bagian bawah

corong pisah, sehingga biodiesel dapat dipisahkan kemudian ditempatkan di wadah lain [5].

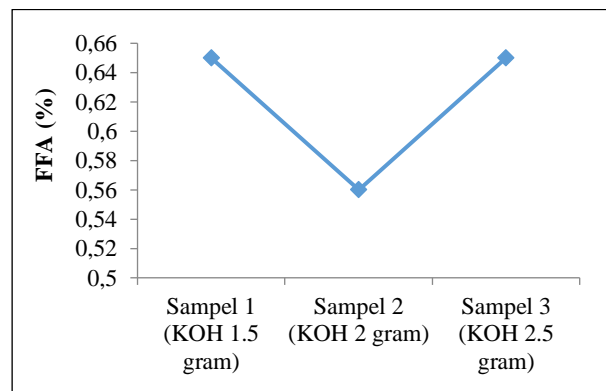
Sampel hasil transesterifikasi dilanjutkan dengan uji karakteristik yang meliputi: % FFA dengan metode titrasi, angka asam dengan metode titrasi, gliserol, kandungan air, massa jenis dilakukan dengan menggunakan alat piknometer dan diukur pada suhu 15 °C [11], pH dengan kertas pH universal, rendemen dengan timbangan analitik, warna dengan pengamatan secara visual.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### *Karakteristik Biodiesel*

Selama proses transesterifikasi, minyak jelantah dicampur dengan pelarut metanol dengan variasi katalis KOH sebanyak: 1,5 g (sampel 1), 2 g (sampel 2), dan 2,5 g (sampel 3). Hasil analisis karakteristik minyak jelantah setelah transesterifikasi ditunjukkan di bawah ini.

**% FFA.** Kandungan FFA pada bahan baku perlu diperhatikan dan dijaga di bawah 5 %. Hal ini dikarenakan, kandungan FFA yang tinggi pada minyak jelantah dapat bereaksi dengan katalis basa membentuk sabun. Minyak jelantah yang memiliki nilai FFA di bawah 5 % dapat di olah menjadi biodiesel dengan proses transesterifikasi [12]. Nilai FFA di bawah 5 % dan di atas 2 % dapat dilakukan proses lanjutan terhadap minyak yaitu dengan proses transesterifikasi [13].

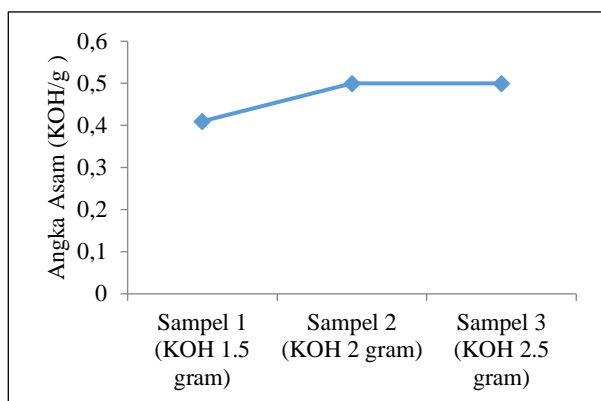


**Gambar 1.** Hubungan FAA terhadap massa katalis.

Berdasarkan **Gambar 1**. Jika dibandingkan dengan standar yaitu dibawah 5 %, maka dapat dikatakan % FFA yang dihasilkan ke 3 sampel telah memenuhi standar [12]. Hasil tersebut juga sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Faputri, A. F., & Agustiorini [14] dimana pada suhu 60°C penambahan berupa asam kuat seperti asam sulfat sebagai katalis membuat reaksi sempurna dan membuat nilai FFA menjadi menurun.

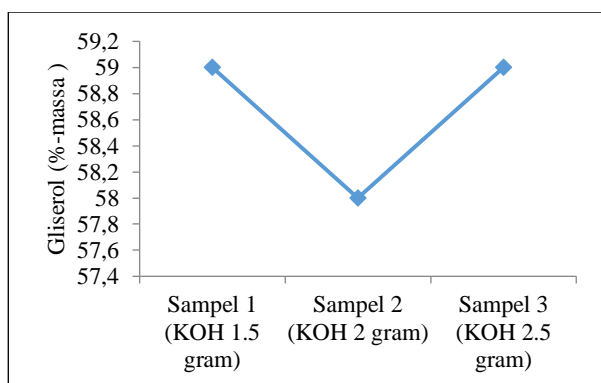
**Angka Asam.** Angka asam adalah angka asam lemak bebas pada biodiesel. Ukuran

kerusakan pada biodiesel dapat dilihat dari angka asam, kerusakan tersebut yang diduga akibat terjadinya aktivitas oksidasi. Angka asam yang dihasilkan dari penelitian ini ditunjukkan pada **Gambar 2**. Berdasarkan **Gambar 2**. Jika dibandingkan dengan standar mutu biodiesel yang ditetapkan SNI 3741:2013 yaitu maksimal 0.5 mg KOH/g maka, dapat dikatakan angka asam yang dihasilkan ke 3 sampel telah memenuhi standar. Hal tersebut sejalan dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Zulfa [15] dengan perlakuan sama yang menghasilkan angka asam pada ketiga sampel dalam batas standar yang telah ditetapkan dalam SNI 3741:2013 yaitu maksimal 0,6 mg KOH/g.



**Gambar 2.** Hubungan angka asam terhadap massa katalis .

**Gliserol.** Gliserol merupakan cairan kental yang dapat memadat dibawah suhu 38 °C, dan berwarna coklat gelap [5]. Penentuan nilai gliserol dilakukan dengan cara menghitung massa gliserol yang diperoleh dari lapisan bawah larutan dalam corong pisah. Gliserol yang dihasilkan dari penelitian ini ditunjukkan pada **Gambar 3** sebagai berikut:

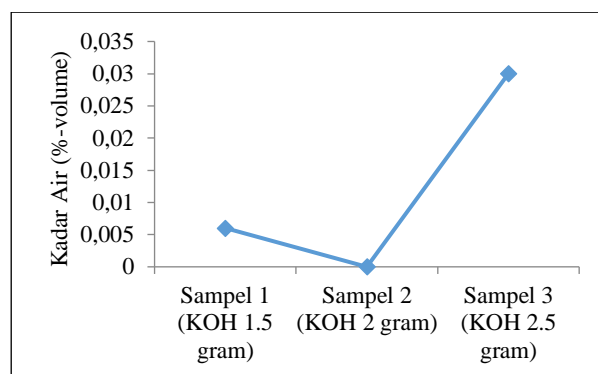


**Gambar 3.** Hubungan gliserol biodiesel terhadap massa katalis.

Berdasarkan **Gambar 3**. Jika dibandingkan dengan standar mutu biodiesel yang ditetapkan SNI

(2006) yaitu maksimal 0.24 %-massa maka, dapat dikatakan gliserol yang dihasilkan ke 3 sampel tidak memenuhi standar. Terdapat sampel yang tidak memenuhi standar, kemungkinan hal tersebut karena pengaruh dari komposisi katalis saat transesterifikasi [16]. Katalis yang berlebih bereaksi dengan air hingga terbentuk gliserol.

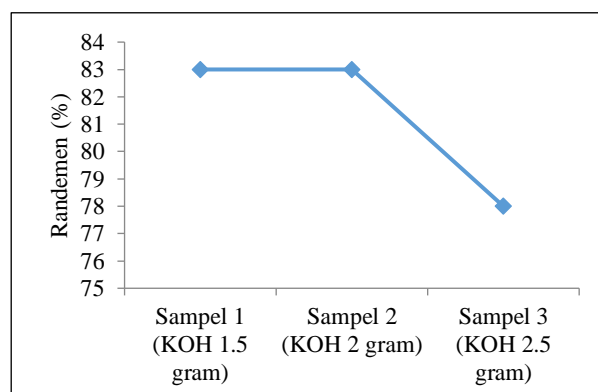
**Kadar Air.** Menurut Suroso [17] kadar air merupakan penentu kualitas minyak, bila kadar air tinggi maka minyak mengandung banyak air dan tingkat hidrolisisnya tinggi sehingga minyak menjadi mudah terurai, selain itu penggunaannya sebagai bahan bakar tidak baik untuk mesin karena dapat berpengaruh pada nilai bakar. Kadar air hanya akan meningkat jika sampel disimpan dalam kondisi paparan udara dengan suhu tinggi [18]. Kadar air yang dihasilkan dari penelitian ini ditunjukkan pada **Gambar 4** sebagai berikut:



**Gambar 4.** Hubungan kadar air terhadap massa katalis.

Berdasarkan **Gambar 4**. Jika dibandingkan dengan standar mutu biodiesel yang ditetapkan SNI (2006) yaitu maksimal 0.05 %-volume. Maka dapat dikatakan kadar air yang dihasilkan ke 3 sampel telah memenuhi standar.

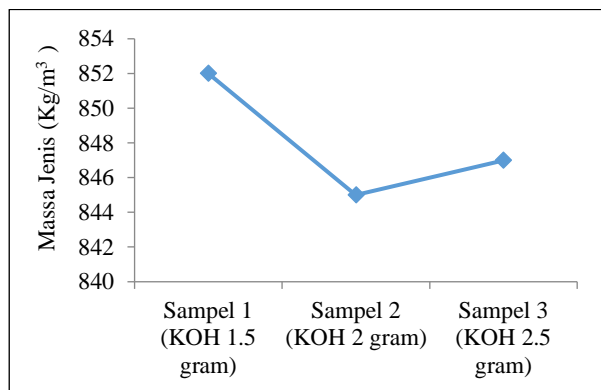
**Rendemen.** Katalis yang berfungsi untuk mempercepat reaksi transesterifikasi, dan juga sebagai salah satu faktor yang mempengaruhi rendemen biodiesel [19]. Rendemen yang dihasilkan dari penelitian ini ditunjukkan pada **Gambar 5** sebagai berikut:



**Gambar 5.** Hubungan rendemen terhadap massa katalis

Pada proses transesterifikasi semua sampel dipanaskan pada suhu 45-60 °C selama 60 menit. Berdasarkan gambar 5. Rendemen yang dihasilkan pada sampel 1 yaitu sebesar 84 %, pada sampel 2 sebesar 84 %, dan sampel ke 3 sebesar 78 %. Adanya perbedaan pada sampel ke 3 kemungkinan disebabkan karena variasi KOH selama proses transesterifikasi.

**Massa Jenis.** Massa jenis berkaitan dengan nilai kalor dan daya yang dihasilkan oleh bahan bakar pada setiap satuan volume [20]. Massa jenis yang dihasilkan dari penelitian ini ditunjukkan pada **Gambar 6** sebagai berikut:

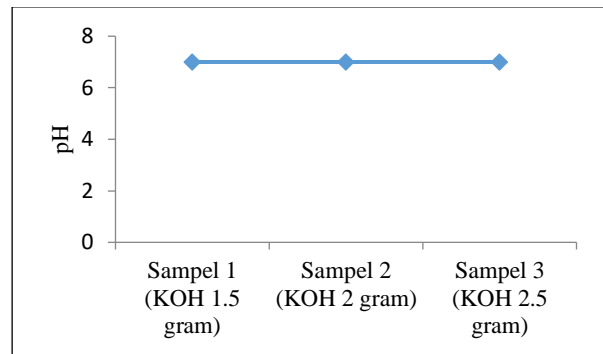


**Gambar 6.** Hubungan massa jenis terhadap massa katalis

Berdasarkan **Gambar 6**. Jika dibandingkan dengan standar mutu biodiesel yang ditetapkan SNI (2006) yaitu 850-890 Kg/m<sup>3</sup> maka, dapat dikatakan hanya sampel 1 yang memenuhi standar. Menurut Sinaga (2014) kemurnian komponen metil ester dalam biodiesel sangat ditentukan oleh nilai massa jenis biodiesel [21]. Keberadaan gliserol pada biodiesel dapat mempengaruhi massa jenis biodiesel karena gliserol sendiri memiliki massa jenis sebesar (1,26 g/cm<sup>3</sup>), sehingga jika gliserol tidak terpisah dengan baik dari biodiesel, maka massa jenis biodiesel akan meningkat.

**pH.** pH adalah nilai dari tingkat keasaman larutan. Rentang pH dari 0 – 14. Semakin kecil pH dari produk biodiesel maka asam lemak yang terkandung dalam biodiesel semakin besar [22]. Larutan basa memiliki pH lebih dari 7, larutan asam memiliki pH kurang dari 7, sedangkan larutan netral memiliki pH 7. pH yang dihasilkan dari penelitian ini ditunjukkan pada **Gambar 7**. Berdasarkan **Gambar 7**, pH yang dihasilkan oleh ketiga sampel dinyatakan sebagai larutan netral. Pada proses pembuatan biodiesel, konsentrasi metanol yang digunakan dapat mempengaruhi pH yang dihasilkan. Persentase FFA dalam minyak jelantah berkurang karena FFA terkonversi menjadi ester melalui reaksi transesterifikasi yang juga mempengaruhi nilai pH [23]. Hasil tersebut

sejalan dengan penelitian yang dilakukan Satriana yang menyimpulkan bahwa semakin rendah konsentrasi metanol yang digunakan, maka nilai pH juga semakin rendah.



**Gambar 7.** Kadar pH biodiesel.

### Analisis Keekonomian

Analisis finansial atau kelayakan produksi biodiesel dari minyak jelantah yang dianalisis pada penelitian ini untuk produksi usaha skala kecil. Terdapat beberapa asumsi mengenai skala produksi dan faktor-faktor lainnya beserta ringkasan hasil indikator kelayakan dari usaha produksi biodiesel skala industri kecil dirancang oleh penulis. Adapun indicator tersebut yaitu sebagai berikut: Harga rata-rata minyak jelantah di tingkat pengepul Rp. 3000/L. Berdasarkan hasil penelitian, dalam 500 mL minyak jelantah dihasilkan 407 mL biodiesel (0,41 L). Minyak jelantah yang dibutuhkan untuk produksi adalah 10 liter per hari. Hal tersebut dapat diartikan bahwa biodiesel yang dihasilkan dari 10 L minyak jelantah sebesar = 2 x 0.41 L x 10 L x 30 hari = 246 L, Harga jual biodiesel Rp. 9.000/ L. Pendapatan sampingan usaha dapat diperoleh dari penjualan gliserol. Harga jual gliserol Rp 30.000/Kg

**Biaya Investasi.** Perhitungan biaya Investasi sebagai berikut:

Drum (tempat penyimpanan minyak) = Rp. 200.000

1 Set reaktor biodiesel kapasitas 0.5 L = Rp. 8.000.000

Total biaya = Rp.8.200.000

**Biaya Tetap.** Biaya tetap merupakan biaya yang harus dikeluarkan dan besarnya tidak dipengaruhi oleh jumlah produk yang dihasilkan. Biaya Tetap untuk memproduksi biodiesel dari minyak jelantah adalah sebagai berikut :

Listrik = Rp. 200.000

Total biaya = Rp.200.000

**Biaya Tidak Tetap.** Biaya tidak tetap yaitu yang jumlahnya dipengaruhi oleh jumlah produk yang dihasilkan. Biaya tidak tetap sebagai berikut :

Minyak jelantah 10 L @ Rp. 3000 x 30 hari = Rp. 900.000

Kalium hidroksida (KOH) 1 kg = Rp. 80.500

Metanol 10 L = Rp. 190.000

Total biaya = Rp.1.170.500

Total biaya Produksi = biaya tetap + biaya tidak tetap = Rp.200.000 + Rp.1.170.500 = Rp.1.370.500

**Pendapatan dan Keuntungan.** Produk sampingan yang berupa gliserol dapat menjadi pendapatan lain.

Biodiesel 246 L @Rp. 9.000 = Rp. 2.214.000

Gliserol 23 L @3000 = Rp. 86.250

Total pendapatan = Rp.2.300.250

Keuntungan :

= Total pendapatan – Total biaya produksi

= Rp.2.300.250/bulan – Rp.1.370.500/bulan

= Rp. 929.750/bulan

## SIMPULAN

Hasil Analisis sifat fisika diperoleh, pada sampel 1 yaitu, FFA sebesar 0,65 %, angka asam 0,42 mg, gliserol 59 mL, kadar air 0,006 %, rendemen 0,83 %, massa jenis 852 kg/m<sup>3</sup>, pH 7 dan menghasilkan warna kuning emas. Pada sampel 2 yaitu, FFA sebesar 0,56 %, angka asam 0,50 mg, gliserol 58 mL, kadar air 0 %, rendemen 0,83 %, massa jenis 845 kg/m<sup>3</sup>, pH 7 dan menghasilkan warna kuning emas. Pada sampel 3 yaitu, FFA sebesar 0,65 %, angka asam 0,50 mg, gliserol 59 mL, kadar air 0,07 %, rendemen 0,78 %, massa jenis 847 kg/m<sup>3</sup>, pH 7 dan menghasilkan warna kuning emas. Hasil analisis keekonomian menunjukkan bahwa pembuatan biodiesel skala industri kecil layak diproduksi dengan nilai keuntungan mencapai Rp.929.750/bulan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Sekolah Tinggi Teknologi Migas Balikpapan dan segala pihak yang telah banyak membantu, sehingga penelitian ini dapat terselesaikan.

## REFERENSI

- [1] Wahyudi, Sarip, Sudarja, and H. Suhatno, "Unjuk kerja mesin diesel berbahan bakar campuran biodiesel jarak dan biodiesel jelantah", *Jurnal Material dan Proses Manufaktur (JMPPM)*, vol. 3, no. 1, pp. 36-41, 2019.
- [2] W. Wahyudi, A. Sasuta, and M. Nadjib, "Pengaruh komposisi biodisel jagung terhadap sifat-sifat campuran biodisel jatrophajagung", *Semesta Teknika*, vol. 22, no. 2, pp. 176–182, 2019.
- [3] J. Poosumas, K. Ngaosuwan, A.T. Quitain, and S. Assabumrungrat, "Role of ultrasonic irradiation on transesterification of palm oil using calcium oxide as a solid base catalyst", *Energy Conversion and Management*, vol. 120, pp. 62–70, 2016.
- [4] M. Fatimura, D. Daryanti, and S. Santi, "Pembuatan biodiesel dari minyak jelantah bekas rumah makan dengan variasi penambahan katalis KOH pada proses transesterifikasi", *Jurnal Redoks*, vol. 1, no. 2, pp. 35–43, 2018.
- [5] S. Ula and W. Kurniadi, "Studi kelayakan produksi biodiesel dari minyak jelantah skala industri", *Journal of Mechanical Engineering*, vol. 2, no. 2, pp. 1–7, 2017.
- [6] R. Putra, S. Supriyadi, and S. Suheli, "Analisa pembuatan biodiesel minyak jelantah dengan katalis basa", *Journal of Vocational Education and Automotive Technology*, vol. 3, no. 1, pp. 137-145, 2021.
- [7] E.N. Ali, and C.I. Tay, "Karakterisasi Biodiesel yang dihasilkan dari minyak sawit melalui transesterifikasi katalis basa", *Rekayasa Procedia*, vol. 53, pp. 7–12, 2013.
- [8] Y. Pasae, L. Bulu, and B. Ivonne, "Perbandingan karakteristik biodiesel berbahan baku minyak jelantah hasil proses transesterifikasi berkatalis NaOH, CaO superbasa dan zeolit", *Journal of Chemical Process Engineering*, vol. 4, no. 1, pp. 1–6, 2019.
- [9] R. Arbianti, T.S. Utami, H. Hermansyah, I. Setiawati, and E.L. Rini, "Transesterifikasi parsial minyak kelapa sawit dengan etanol pada pembuatan digliserida sebagai agen pengemulsi", *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*, vol. 8, no. 1, pp. 33–37, 2018.
- [10] S. Salamah, "Kinetika Reaksi Esterifikasi Minyak Biji Kapuk Pada Pembuatan Biodisel", *CHEMICA: Jurnal Teknik Kimia*, vol. 1, no. 1, pp. 11–18, 2014.
- [11] S. D. Anggraini, T.P. Utami, and D. Prasetyoko, "Sintesis dan karakteristik biodisel dari minyak kemiri sunan (reutealis trisperma oil) dengan katalis KOH (variasi konsentrasi katalis)", *Jurnal MIPA Universitas Negeri Semarang*, vol. 36, no. 2, pp. 178–183, 2014.
- [12] M. Ahmad, A.K. Mir, Z. Muhammad, and S. Shazia, *Practical Handbook on Biodiesel Production and Properties*, 1st ed. Boca Raton, Florida: CRC Press, 2012.
- [13] D. Ariyani, E. Megawati, A. Mukminin, F. Frilly, and Alfin, "Pembuatan biodisel dari limbah kulit bawang merah (*Allium cepa* L.)", *PETROGAS: Journal of Energy and*

- Technology*, vol. 1, no. 1, pp. 22–29, 2019.
- [14] A.F. Faputri, and I. Agustiorini, “Optimalisasi produksi biodiesel dari minyak kacang tanah bekas pedagang sate menggunakan proses esterifikasi dan transesterifikasi dengan perbedaan konsentrasi katalis KOH”, *Prosiding Applicable Innovation of Engineering and Science Research*, pp. 528–534, 2019.
- [15] Z. Khoirunnisa, A.S. Wardana, and R. Rauf, “Angka asam dan peroksida minyak jelantah dari penggorengan lele secara berulang”, *Jurnal Kesehatan*, vol. 12, no. 2, pp. 81–90, 2020.
- [16] M. Elma, S.A. Suhendra, and W. Wahyuddin, “Proses Pembuatan biodiesel dari campuran minyak kelapa dan minyak jelantah”, *Konversi*, vol. 5, no. 1, pp. 9-19, 2016.
- [17] A.S. Suroso, “Kualitas minyak goreng habis pakai ditinjau dari bilangan peroksida, bilangan asam dan kadar air”, *Jurnal Kefarmasian Indonesia*, vol. Vol 3, no. 2, pp. 77–88, 2013.
- [18] M. Matheofani, A. Pamungkas, K. Amri, F.T. Pratiwi, A.G. Arisant, R. Romelan, and M.D. Solikhah, "Pengaruh waktu penyimpanan terhadap kadar air dan angka asam pada sampel biodiesel dan campuran biodiesel (BXX)". *Prosiding Semnastek*, 2021.
- [19] R.A.M. Harahap, Z. Zulfahrizal, and D. Darwin, "Studi aplikasi Co-katalis pada produksi biodiesel berbahan baku minyak goreng bekas", *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, vol. 7, no. 1, pp. 477-481, 2022.
- [20] P. Pardi, I. Hasmita, and V. Viena, "Pembuatan biodiesel berbahan baku biji karet (*havea brasiliensis*) menggunakan katalis KOH melalui proses transesterifikasi", *Karya Ilmiah Fakultas Teknik (KIFT)*, vol. 1, no. 1, pp. 30-35, 2021.
- [21] S.V. Sinaga, A. Haryanto, and S. Triyono, “Pengaruh suhu dan waktu reaksi pada pembuatan biodiesel dari minyak jelantah”, *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, vol. 3, no. 1, pp. 27–34, 2014.
- [22] M. Faizal, U. Maftuchah, and W.A. Auriyani, "Pengaruh kadar metanol, jumlah katalis dan waktu reaksi pada pembuatan biodiesel dari lemak sapi melalui proses transesterifikasi", *Jurnal Teknik Kimia*, vol. 19, no. 4, pp. 29-37, 2013.
- [23] E. Megawati, A.H. Pratama, I.K. Warsa, A.O. P. Putra, N. Effendi, and Y. Yuniarti, "Optimasi volume katalis H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan waktu proses esterifikasi pada tahapan proses biodiesel", *Jurnal Teknik Kimia*, vol. 28, no. 1, pp. 37-43, 2022.