



dapat diakses melalui: <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jmuo/index>



## Studi Bahan Bakar Campuran Biodiesel-Disel-Etanol: Biodiesel Dibuat Dengan Transesterifikasi Tekanan Tinggi

Joshua Renaldo Rombang<sup>a\*</sup>, Hanny Frans Sangian<sup>a</sup>, Guntur Pasau<sup>a</sup>, Jil Astriko Lametige<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sam Ratulangi, Manado

### KATA KUNCI

Bahan bakar campuran  
Biodiesel  
Diesel  
Etanol  
Parameter bahan bakar

### ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan studi bahan bakar campuran, etanol, diesel, dan biodiesel yang terbuat dari minyak kelapa sawit dan kelapa. Penelitian ini dilakukan untuk mengurangi penggunaan bahan bakar fosil dan pencemaran yang dihasilkannya. Biodiesel dibuat dengan menggunakan metode konvensional dan transesterifikasi subkritis dekat isokorik. Setelah disiapkan, biodiesel, diesel, dan etanol 96% dicampur. Sampel dianalisis menggunakan metode ASTM. Sampel 1b yang terdiri dari 69 % biodiesel memiliki densitas  $0.886 \text{ g/cm}^3$ , viskositas  $5,182 \text{ mm}^2/\text{s}$ , titik api  $66^\circ\text{C}$ , titik tuang  $6^\circ\text{C}$ . Sampel 2b yang mengandung 60 % biodiesel memiliki densitas  $0,865 \text{ g/cm}^3$ , viskositas  $4,271 \text{ mm}^2/\text{s}$ , titik api  $65^\circ\text{C}$ , titik tuang  $3^\circ\text{C}$ . Sampel 3b yang mengandung 72 % biodiesel memiliki densitas  $0,878 \text{ g/cm}^3$ , viskositas  $5,350 \text{ mm}^2/\text{s}$ , titik api  $70^\circ\text{C}$ , titik tuang  $0^\circ\text{C}$ . Sampel 4b yang terdiri atas 54 % biodiesel memiliki densitas  $0,859 \text{ g/cm}^3$ , viskositas  $4,289 \text{ mm}^2/\text{s}$ , titik api  $56^\circ\text{C}$ , titik tuang  $3^\circ\text{C}$ . Berdasarkan peraturan Pemerintah Indonesia tentang spesifikasi bahan bakar diesel, sampel 2b adalah campuran terbaik, sedangkan sampel 3b yang tidak sesuai dengan spesifikasi.

### KEYWORDS

Blended Fuel  
Biodiesel  
Diesel  
Ethanol  
Fuel Parameters

### ABSTRACT

The purpose of this study is to conduct a study of blended fuels, ethanol, diesel, and biodiesel prepared from palm and coconut oils. This research was conducted to reduce the usage of fossil fuels and its resulting pollution. Biodiesel was prepared using conventional method and near isochoric subcritical transesterification. After prepared, biodiesel, diesel, and 96% ethanol were mixed. The sample was analyzed using the ASTM method. Sample 1b which contains 69 % biodiesel has density  $0.886 \text{ g/cm}^3$ , viscosity  $5.182 \text{ mm}^2/\text{s}$ , flash point  $66^\circ\text{C}$ , pour point  $6^\circ\text{C}$ . Sample 2b containing 60 % biodiesel has density  $0.865 \text{ g/cm}^3$ , viscosity  $4.271 \text{ mm}^2/\text{s}$ , flash point  $65^\circ\text{C}$ , pour point  $3^\circ\text{C}$ . Sample 3b consisting 72 % biodiesel has density  $0.878 \text{ g/cm}^3$ , viscosity  $5.350 \text{ mm}^2/\text{s}$ , flash point  $70^\circ\text{C}$ , pour point  $0^\circ\text{C}$ . Sample 4b that contains 54 % biodiesel has density  $0.859 \text{ g/cm}^3$ , viscosity  $4.289 \text{ mm}^2/\text{s}$ , flash point  $56^\circ\text{C}$ , pour point  $3^\circ\text{C}$ . Based on the regulation of the Indonesia Government about diesel fuel specification, sample 2b is the best blends, while sample 3b is the least one.

### TERSEDIA ONLINE

01 Agustus 2020

### Pendahuluan

Meningkatnya harga bahan bakar fosil, menipisnya cadangan minyak bumi, dampak lingkungan hidup dan

pemanasan global berkontribusi pada pengembangan alternatif energi lokal (Lim dan Lee, 2013). Bahan Bakar Fosil masih menjadi sumber energi utama di Indonesia. Berdasarkan data dari Kementerian Energi dan Sumber

Daya Mineral Republik Indonesia pada tahun 2018, distribusi penggunaan sumber energi nasional: Minyak mentah dan produknya 34.27%, Batu bara 24.70%, Biomassa 18.58%, Gas alam dan produknya 17.37%, Tenaga Air 2.84%, Panas bumi 1.23%, Biofuel 1.01% dari total 1,650.26 juta SBM atau Setara Bahan Bakar Minyak. Penggunaan energi alternatif sangat penting untuk mengurangi ketergantungan pada sumber energi fosil. Menurut Gebremariam dan Marchetti pada penelitian mereka tahun 2018, bahan bakar alternatif memiliki keunggulan dibandingkan bahan bakar konvensional, seperti mengurangi efek gas rumah kaca dan pengurangan polusi.

Biodiesel dan ethanol adalah dua opsi paling baik di pasar. Biodiesel adalah bahan bakar yang mengacu pada ester mono-alkil dan terbuat dari minyak nabati atau lemak hewan. Bahan bakar biodiesel memiliki banyak keunggulan sebagai bahan bakar alternatif seperti menjadi bahan bakar beroksigen, memiliki angka setana yang tinggi, viskositas dan kepadatan yang tinggi dibandingkan dengan diesel (Park et al, 2009). Proses pembuatan biodiesel merupakan reaksi kimia yang melibatkan minyak nabati, alkohol seperti methanol dan ditambahkan katalis seperti kalium hidroksida. Biodiesel telah diteliti sebagai pengganti yang mungkin untuk diesel dan terdiri dari ester metil asam lemak, yang diperoleh dari trigliserida melalui transesterifikasi dengan methanol / ethanol (Barnwal dan Sharma, 2004).

Proses produksi biodiesel dengan reaksi transesterifikasi menggunakan minyak nabati telah lama digunakan. Transesterifikasi adalah proses menggunakan alkohol, dengan adanya katalis, untuk memecah molekul minyak nabati menjadi ester metil dari minyak nabati, dengan gliserol sebagai produk sampingan (Demirba, 2002). Alkohol yang paling sering digunakan adalah methanol

Indonesia sebagai negara tropis sebenarnya kaya akan tanaman menghasilkan minyak nabati sebagai bahan baku biodiesel, bahkan Indonesia sudah menjadi penghasil Minyak Sawit Mentah (CPO) terbesar di dunia sejak tahun 2007 (Prihandana et al, 2008). Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS) Republik Indonesia pada tahun 2016, Indonesia memiliki 11.20 juta hektar perkebunan kelapa sawit yang menghasilkan 34.47 juta ton minyak sawit mentah (CPO). Berdasarkan data dari Direktorat Jenderal Perkebunan Republik Indonesia tahun 2015, Indonesia memiliki 3.54 juta hektar perkebunan kelapa yang menghasilkan 2.92 juta ton kopra. Dengan banyaknya bahan baku untuk membuat biodiesel, diharapkan dapat mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan meningkatkan penggunaan biodiesel.

Biodiesel yang ditambahkan ke diesel membuat sifat campuran bahan bakar, seperti, stabilitas, massa jenis, viskositas, kandungan energi dan cetane number bervariasi. Dari penelitian sebelumnya pada campuran biodiesel-diesel-ethanol telah ditemukan bahwa penambahan sejumlah kecil ethanol dapat meningkatkan stabilitas campuran pada kisaran suhu yang luas (bahkan di bawah sub-nol). Bahan bakar campuran yang mengandung 60% diesel, 20% biodiesel, dan 20% ethanol lebih padat daripada diesel

konvensional. Umumnya, biodiesel dan ethanol memiliki nilai kalor lebih rendah dari diesel. Dengan meningkatnya jumlah biofuel dalam campuran, nilai kalor berkurang (Krishna et al, 2019).

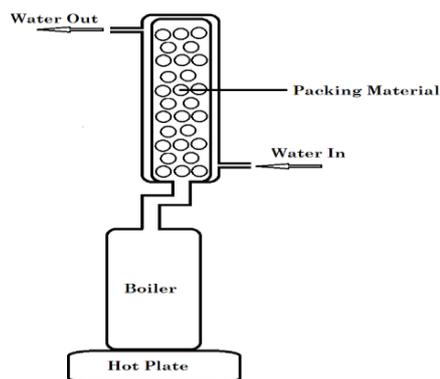
## Material dan Metode

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah bahan baku biodiesel (methanol, minyak kelapa, minyak sawit, dan KOH), nira aren, diesel, pemanas, reaktor, dan reaktor tekanan tinggi volume 600 ml. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Instrumentasi dan Energi Terbarukan Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sam Ratulangi, dan sampel dianalisis di Laboratorium Terpadu Universitas Negeri Malang Jawa Timur, dan Politeknik Energi dan Mineral Akamigas Cepu.

### Pembuatan Biodiesel

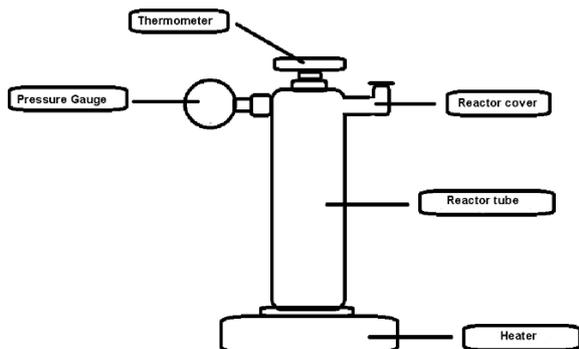
Ada 2 metode pembuatan biodiesel yang dilakukan pada penelitian ini yaitu transesterifikasi tekanan atmosfer dan transesterifikasi tekanan tinggi. KOH, methanol, minyak kelapa, dan minyak kelapa sawit digunakan sebagai bahan baku biodiesel pada 2 metode ini.

Transesterifikasi tekanan atmosfer adalah proses transesterifikasi yang terjadi dalam tekanan atmosfer (1 atm atau 1,01 bar) bisa disebut juga teknik konvensional. KOH dilarutkan pada methanol kemudian dicampur dengan minyak kelapa. Campuran tersebut dimasukkan ke boiler dan dipanaskan pada suhu 60°C-80°C selama 2 jam. Proses yang sama juga dilakukan pada minyak kelapa sawit. Gambar 1 menunjukkan alat yang digunakan dalam metode transesterifikasi tekanan atmosfer.



Gambar 1. Alat transesterifikasi tekanan atmosfer

Transesterifikasi tekanan tinggi dilakukan yang pada tekanan sampai dengan 15 bar. Campuran bahan baku biodiesel dimasukkan ke suatu reaktor tertutup supaya dapat mencapai tekanan 15 bar. Reaktor kemudian dipanaskan selama 1 jam.



Gambar 2. Alat transesterifikasi tekanan tinggi

**Pembuatan Bahan Bakar Campuran**

Proses pembuatan bahan bakar campuran dilakukan dengan cara mencampurkan biodiesel yang sudah dibuat dengan diesel dan ethanol. Pertama ethanol dicampur dengan diesel dengan volume tertentu kemudian biodiesel ditambah secara perlahan sampai campuran membentuk emulsi stabil. Selama penambahan biodiesel, campuran diaduk. Tabel 1 menunjukkan kode sampel.

Tabel 1. Penamaan kode sampel.

Nama sampel	Komposisi
1a	Biodiesel(minyak kelapa) -Ethanol
1b	Biodiesel(minyak kelapa sawit)- Diesel-Ethanol
2a	Biodiesel(minyak kelapa) -Ethanol
2b	Biodiesel(minyak kelapa sawit)- Diesel-Ethanol
3a	Biodiesel(minyak kelapa) -Ethanol
3b	Biodiesel(minyak kelapa sawit)- Diesel-Ethanol
4a	Biodiesel(minyak kelapa) -Ethanol
4b	Biodiesel(minyak kelapa sawit)- Diesel-Ethanol

Penelitian ini berfokus kepada bahan bakar campuran biodiesel-diesel-ethanol yaitu yang berkode belakang b. Sampel 1 dan 2 menggunakan biodiesel yang dibuat dengan metode transesterifikasi tekanan atmosfer. Sampel 3 dan 4 menggunakan biodiesel yang dibuat dengan metode transesterifikasi tekanan tinggi.

**Pengujian Sampel**

Sampel bahan bakar campuran diuji dengan metode ASTM. Tabel 2 menunjukkan parameter yang diuji dan metode pengujiannya.

Tabel 2. Metode pengujian bahan bakar

Parameter bahan bakar	Satuan	Metode ASTM
Densitas (pada 15 °C)	g/cm <sup>3</sup>	D4052
Viskositas (pada 40°C)	mm/s <sup>2</sup>	D445
Titik api	°C	D93
Titik tuang	°C	D97

Bahan bakar minyak yang beredar dipasarkan di Indonesia memiliki spesifikasi tertentu yang sudah ditetapkan pada Keputusan Direktur Jendral Minyak dan

Gas Bumi Nomor 28 Tahun 2016 yang ditunjukkan pada tabel 2

Tabel 2. Parameter Bahan Bakar Diesel.

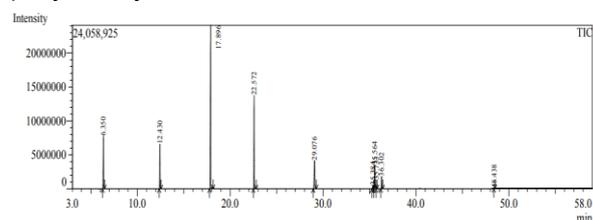
Parameter bahan bakar	Satuan	Batas	
		Minimal	Maksimal
Densitas (pada 15 °C)	g/cm <sup>3</sup>	0,815	0,870
Viskositas (pada 40°C)	mm/s <sup>2</sup>	2,0	4,5
Titik api	°C	52	-
Titik tuang	°C	-	18

Sumber: Keputusan Dirjen Migas No 28 Tahun 2016.

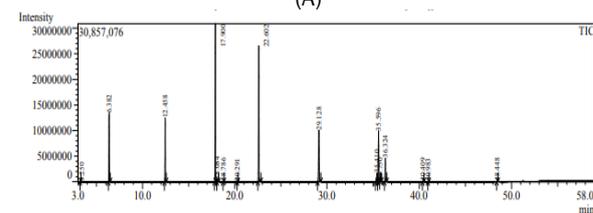
**Hasil dan Pembahasan**

**Biodiesel**

Biodiesel dianalisis menggunakan alat yang bernama Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GCMS) untuk mengetahui rantai karbon penyusunnya.



(A)



(B)

Gambar 3. Kromatogram biodiesel yang terbuat dari minyak kelapa sawit dengan metode (A) transesterifikasi tekanan atmosfer dan (B) transesterifikasi tekanan tinggi.

Tabel 3. Komponen biodiesel minyak kelapa yang terbuat dengan metode transesterifikasi tekanan atmosfer

Ret. Time (Menit)	Senyawa	Luas (%)	Tinggi (%)
6,350	C <sub>9</sub> H <sub>18</sub> O <sub>2</sub>	11,17	12,48
12,430	C <sub>11</sub> H <sub>22</sub> O <sub>2</sub>	8,50	10,53
17,896	C <sub>13</sub> H <sub>26</sub> O <sub>2</sub>	41,09	38,77
22,572	C <sub>15</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	19,27	22,08
29,076	C <sub>17</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	9,68	6,69
35,384	C <sub>19</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	1,06	0,76
35,564	C <sub>19</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	6,30	5,64
35,733	C <sub>19</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	0,10	0,08
36,302	C <sub>19</sub> H <sub>38</sub> O <sub>2</sub>	2,77	2,88
48,438	-	0,07	0,08

Gambar 3 diuraikan pada tabel 3 dan tabel 4. Dapat dilihat hasil analisis rantai karbon biodiesel dan didapati terdapat perbedaan dalam komposisi penyusunnya. Puncak tertinggi pada biodiesel kelapa dari metode transesterifikasi tekanan atmosfer adalah  $C_{13}H_{26}O_2$  dengan luas area 41.09 % dan terendah  $C_{19}H_{36}O_2$  dengan luas area 0.10 % sedangkan puncak tertinggi biodiesel kelapa yang terbuat dengan metode transesterifikasi tekanan tinggi adalah  $C_{19}H_{36}O_2$  dengan luas area 42.51 % dan terendah  $C_{10}H_{12}O_2$  dengan luas area 0.31%. Hasil ini menunjukkan bahwa biodiesel sudah berhasil dibuat.

Tabel 4. Komponen biodiesel minyak kelapa yang terbuat dengan metode transesterifikasi tekanan ringgi.

Ret. Time (Menit)	Senyawa	Luas (%)	Tinggi (%)
3,250	$C_3H_8O_2$	0,05	0,07
6,382	$C_9H_{18}O_2$	11,96	12,11
12,458	$C_{11}H_{21}O_2$	9,50	11,29
17,900	$C_{13}H_{26}O_2$	20,70	27,98
18,084	-	0,24	0,39
18,786	$C_{12}H_{24}O_2$	0,07	0,08
20,291	$C_{18}H_{36}O_2$	0,02	0,03
22,602	$C_{15}H_{30}O_2$	24,47	24,04
29,128	$C_{17}H_{34}O_2$	14,88	9,10
35,410	$C_{19}H_{34}O_2$	2,19	1,54
35,596	$C_{19}H_{36}O_2$	11,10	8,98
35,750	$C_{19}H_{36}O_2$	0,01	0,03
36,324	$C_{19}H_{38}O_2$	4,57	4,17
40,409	$C_{21}H_{40}O_2$	0,12	0,08
40,983	$C_{25}H_{50}O_2$	0,04	0,04
48,448	-	0,06	0,06

#### Bahan Bakar Campuran

Setelah dilakukan pengujian parameter bahan bakar dengan menggunakan metode ASTM, terdapat beberapa parameter yang memenuhi peraturan pemerintah mengenai bahan bakar diesel. Parameter yang diuji adalah densitas, viskositas, titik api, titik tuang.

Tabel 5. Hasil pengujian densitas dan viskositas bahan bakar campuran

Sampel	Densitas pada 15°C ( $g/cm^3$ )	Viskositas pada 40°C ( $mm^2/s$ )
1b	0,886	5,182
2b	0,865	4,271
3b	0,878	5,350
4b	0,859	4,289

Densitas dari sampel yang berbahan baku minyak kelapa, sampel 1b dan 3b yaitu  $0,886 g/cm^3$  dan  $0,878 g/cm^3$ . Sedangkan densitas sampel yang

berbahan baku minyak kelapa sawit, sampel 2b dan 4b yaitu  $0,865 g/cm^3$  dan  $0,859 g/cm^3$ . Densitas sampel 1b dan 2b melewati batas dari peraturan pemerintah Indonesia dikarenakan bahan bakar campuran terdiri dari 69% biodiesel untuk sampel 1b dan 72 % biodiesel untuk sampel 3b.

Viskositas sampel 1b dan 3b yaitu  $5,182 mm^2/s$  dan  $5,350 mm^2/s$  sedangkan untuk sampel 2b dan 4b memiliki viskositas yang lebih rendah yaitu  $4,271 mm^2/s$  dan  $4,289 mm^2/s$ . Viskositas dari bahan bakar campuran yang terdiri dari biodiesel kelapa sawit memiliki viskositas yang lebih rendah dan memenuhi spesifikasi bahan bakar diesel yang diedarkan di Indonesia.

Tabel 6. Hasil pengujian titik api dan titik tuang bahan bakar campuran

Sampel	Titik api (°C)	Titik tuang(°C)
1b	66	6
2b	65	3
3b	70	0
4b	56	3

Titik api dari bahan bakar diesel yang diedarkan di Indonesia paling rendah  $52^\circ C$ . Titik api sampel 1b, 2b, 3b dan 4b yaitu  $66^\circ C$ ,  $65^\circ C$ ,  $70^\circ C$ ,  $56^\circ C$  masih memenuhi spesifikasi. Titik tuang sampel 1b, 2b, 3b, dan 4b yaitu  $6^\circ C$ ,  $3^\circ C$ ,  $0^\circ C$ ,  $3^\circ C$ . Titik tuang ini juga masih memenuhi spesifikasi bahan bakar diesel yang maksimumnya  $18^\circ C$

#### Kesimpulan

Bahan bakar campuran biodiesel-diese-etanol berhasil dibuat dalam fase emulsi stabil Sampel 2b, yang terdiri dari 60% biodiesel memiliki densitas  $0,865 g/cm^3$ , viskositas  $4,271 mm^2/s$ , titik api  $65^\circ C$ , titik tuang  $3^\circ C$  memenuhi spesifikasi bahan bakar diesel menurut Keputusan Direktur Jendral Minyak dan Gas Nomor 28 Tahun 2016. Sampel yang lain mempunyai densitas atau viskositas yang melebihi spesifikasi bahan bakar diesel di Indonesia disebabkan oleh biodiesel yang memiliki densitas dan viskositas yang besar. Untuk titik api dan titik tuang semua sampel masih berada dalam spesifikasi. Penelitian ini menunjukkan bahwa bahan bakar campuran bisa digunakan untuk mengurangi penggunaan bahan bakar diesel.

#### Daftar Pustaka

- Badan Pusat Statistik Indonesia. 2016. *Statistik Kelapa Sawit Indonesia 2016*. BPS, Indonesia
- Barnwal B. K. and Sharma M. P. 2005. Prospects of biodiesel production from vegetable oils in India. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. **9**: 363-378.
- Demirba A. 2002. Biodiesel fuels from vegetable oils via catalytic and non-catalytic supercritical alcohol transesterifications and other methods: a survey. *Energy Conversion and Management*. **44**: 2093-2109.
- Direktorat Jendral Perkebunan Indonesia. 2015. *Statistik Perkebunan Indonesia*. Direktorat Jendral Perkebunan, Indonesia.
- Gebremariam S. N. and Marchetti J. M. 2018. Economics of biodiesel production: Review.

- 
- Energy Conversion and Management*. **168**: 74-84.
- Krishna S. M., Salam P. A., Tongoon M., Chollacoop N. 2019. Performance and emission assessment of optimally blended biodiesel-diesel-ethanol in diesel engine generator. *Applied Thermal Engineering*. **155**: 525-533.
- Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral. 2018. *Hand Book of Energy & Economic of Indonesia*. Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral, Indonesia.
- Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral. 2016. *Keputusan Direktur Jendral Minyak dan Gas Bumi Nomor 28 Tahun 2016*. Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral, Indonesia.
- Mittelbach, M. and Remschmidt, C. 2006. *Biodiesel: The Comprehensive Handbook, third edition*. Boersdruck Ges, Austria.
- Park S. H., Suh H. K., Lee C. K. 2009. Nozzle flow and atomization characteristics of ethanol blended biodiesel fuel. *Renewable Energy*. **35**: 144-150.
- Prihandana, Rama, Hendroko R. 2008. *Energi Hijau*. Penebar Swadaya, Jakarta