

Submitted : 21 Agustus 2021

Revised : 16 September 2021

Accepted : 30 Oktober 2021

## UJI KARAKTERISTIK PENCAMPURAN BIODIESEL MINYAK JELANTAH DAN BIODIESEL MINYAK KESAMBI

Dwi Ardiana Setyawardhani<sup>1\*</sup>, Ajeng Tenri Yola Widiastri<sup>1</sup>, Marttina Rahman<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret Jalan Ir. Sutami No. 36  
Jebres, Surakarta, 57126, Indonesia

\*Email: [dwiardiana@staff.uns.ac.id](mailto:dwiardiana@staff.uns.ac.id)

### Abstrak

Biodiesel merupakan bahan bakar pengganti solar yang bersifat *biodegradable*, *renewable*, dan memiliki angka setana yang lebih tinggi. Biodiesel dapat diproduksi dari berbagai minyak nabati atau lemak hewani. Penelitian ini memilih minyak kesambi dan minyak jelantah sebagai bahan baku biodiesel. Minyak kesambi berpotensi untuk dijadikan biodiesel karena tergolong minyak non-konsumsi. Sedangkan pemanfaatan minyak jelantah dapat mengurangi limbah, mengurangi resiko penyakit berbahaya, dan meningkatkan nilai ekonomisnya. Biodiesel diproduksi melalui proses esterifikasi dan transesterifikasi. Proses esterifikasi berlangsung pada suhu 50°C selama 60 menit dengan penambahan 0,5% v/v katalis asam sulfat 98% dan 20% v/v metanol. Proses transesterifikasi berlangsung pada suhu 50°C selama 60 menit dengan penambahan 2% w/w katalis kalium hidroksida dan metanol dengan perbandingan volume metanol:minyak yaitu 1:5. Rasio (%vol) pencampuran biodiesel minyak jelantah (BJ) dan biodiesel minyak kesambi (BK) yaitu 0:100, 20:80, 40:60, 60:40, 80:20, dan 100:0. Karakteristik biodiesel yang diuji meliputi densitas pada 40°C, viskositas kinematik pada 40°C, kadar FFA, angka asam, kadar air, dan titik nyala. Standar Nasional Indonesia (SNI) dan *American Standard Testing and Material* (ASTM) digunakan sebagai penentu kualitas campuran biodiesel. Pencampuran kedua biodiesel dapat meningkatkan viskositas kinematik, kadar FFA, angka asam, titik nyala biodiesel minyak jelantah, dan densitas biodiesel minyak kesambi.

**Kata Kunci:** Biodiesel, Minyak Jelantah, Minyak Kesambi, Pencampuran

### Abstract

*Biodiesel is an alternative to diesel fuel due to its biodegradable and renewable characteristics, and provides higher cetane number. Kesambi oil is a potential feedstock for biodiesel because it is non-edible oil. Utilization of waste cooking oil can reduce waste disposal, avoid degeneration diseases, and increasing its economic value. Biodiesel was produced through esterification and transesterification processes. The esterification process was maintained at 50°C for 60 minutes with 0.5% v/v of 98% sulfuric acid as a catalyst and 20% v/v methanol. The transesterification process was taken at 50°C for 60 minutes with the addition of 2% w/w potassium hydroxide catalyst and methanol in a volume ratio with oil was 1 : 5. The ratio (%vol) of blending WCO biodiesel and kesambi oil biodiesel were 0:100, 20:80, 40:60, 60:40, 80:20, 100:0. The biodiesel properties were analyzed to provide density at 40°C, kinematic viscosity at 40°C, FFA content, acid number, water content, and flash point. Indonesia's National Standards (SNI) and American Standard Testing and Material (ASTM) were used to determine the quality of biodiesel mixtures. The two biodiesel blends can increase kinematic viscosity, FFA content, acid number, flash point of WCO biodiesel and density of kesambi oil biodiesel.*

**Keywords:** Biodiesel, Waste Cooking Oil, Kesambi Oil, Blending

## 1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk dan industri di dunia dari tahun ke tahun semakin meningkat. Hal ini tidak sebanding dengan cadangan minyak bumi dunia yang semakin terbatas dan tidak terbarukan. Berdasarkan Statistik Minyak dan Gas Bumi (2016), cadangan minyak bumi di Indonesia menurun sebanyak 434,4 MMSTB pada tahun 2012-2016.

Biodiesel yang dihasilkan dari proses esterifikasi dan transesterifikasi merupakan salah satu bahan bakar alternatif pengganti bahan bakar solar. Biodiesel memiliki kesesuaian sifat dengan bahan bakar solar dan dapat terdegradasi, berasal dari sumber terbarukan, serta memiliki angka setana yang lebih tinggi. Hal ini menjadikan biodiesel dapat diterima dengan baik oleh masyarakat (Robles-Medina et al., 2009). Kelebihan lain dari biodiesel antara lain yaitu memiliki efek pelumasan yang tinggi sehingga dapat memperpanjang umur mesin (Sudradjat dkk., 2010).

Minyak kesambi merupakan salah satu bahan baku yang berpotensi untuk diproduksi menjadi biodiesel karena memiliki kandungan asam lemak yang tidak jauh berbeda dengan kandungan minyak nabati lainnya, seperti minyak jarak pagar atau minyak sawit. Fungsi minyak biji kesambi sebagai minyak non-pangan antara lain dapat dijadikan sebagai sabun lunak, pelumas, dan pembuatan lilin pada industri batik (Sudradjat dkk., 2010). Pohon kesambi tahan terhadap musim kemarau dan lahan yang kering. Biji kesambi memiliki kandungan minyak yang cukup tinggi yaitu 70% dari biji kesambi kering (Heyne, 1987).

Limbah minyak hasil penggorengan atau minyak jelantah juga dapat diproses menjadi biodiesel. Menurut Blumethal (1991) serta Mazzal & Qi (1992), minyak goreng mengalami penurunan kualitas selama proses pemanasan sehingga dapat mempengaruhi kesehatan konsumen. Minyak jelantah memiliki sifat karsinogenik dan jika dibuang akan menjadi limbah yang sulit diuraikan. Kemudahan dalam memperoleh minyak jelantah dan pemanfaatannya dalam mengurangi limbah minyak habis pakai, serta dapat meningkatkan nilai ekonomi, menjadikan minyak jelantah juga berpotensi untuk dijadikan biodiesel.

Penelitian mengenai peningkatan mutu biodiesel telah banyak dilakukan antara lain dengan gliserolisis (Elgharbawy et al., 2021), penambahan bahan aditif (Girardi et al., 2021), penggunaan gelombang ultrasonik (Satriadi dkk., 2014), penggunaan teknologi superkritis dengan *reactive co-solven* (Akkarawatkhoosith et al., 2019), dan pencampuran biodiesel-solar (El-Araby et al., 2018). Peningkatan mutu biodiesel dengan pencampuran biodiesel-solar akan tetap mengakibatkan ketergantungan terhadap bahan bakar solar walaupun dalam jumlah yang lebih sedikit. Oleh karena itu, diperlukan perbaikan mutu biodiesel dengan cara lain, salah satunya dengan pencampuran 2 atau lebih biodiesel/minyak nabati tanpa pencampuran dengan solar. Berdasarkan penelitian Tazora (2011) dan Elma dkk. (2016), pencampuran 2 biodiesel dari bahan baku yang berbeda dapat mempengaruhi kualitas dari produk yang dihasilkan.

Pada penelitian ini dilakukan pencampuran antara biodiesel minyak kesambi (BK) dan biodiesel minyak jelantah (BJ) pada berbagai variasi komposisi (%vol) pencampuran biodiesel. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pencampuran biodiesel minyak jelantah dan biodiesel minyak kesambi terhadap karakteristik biodiesel campuran serta membandingkan hasil dari parameter yang diuji dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) dan *American Standard Testing and Material* (ASTM).

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian terdiri atas 3 tahap, yaitu *pretreatment* dan reaksi pembuatan biodiesel. *Pretreatment* meliputi pemurnian minyak dengan *degumming* dan penyaringan. Proses reaksi meliputi esterifikasi dan transesterifikasi untuk menghasilkan biodiesel. Biodiesel kemudian melalui proses pencampuran dan pengujian mutu campuran biodiesel.

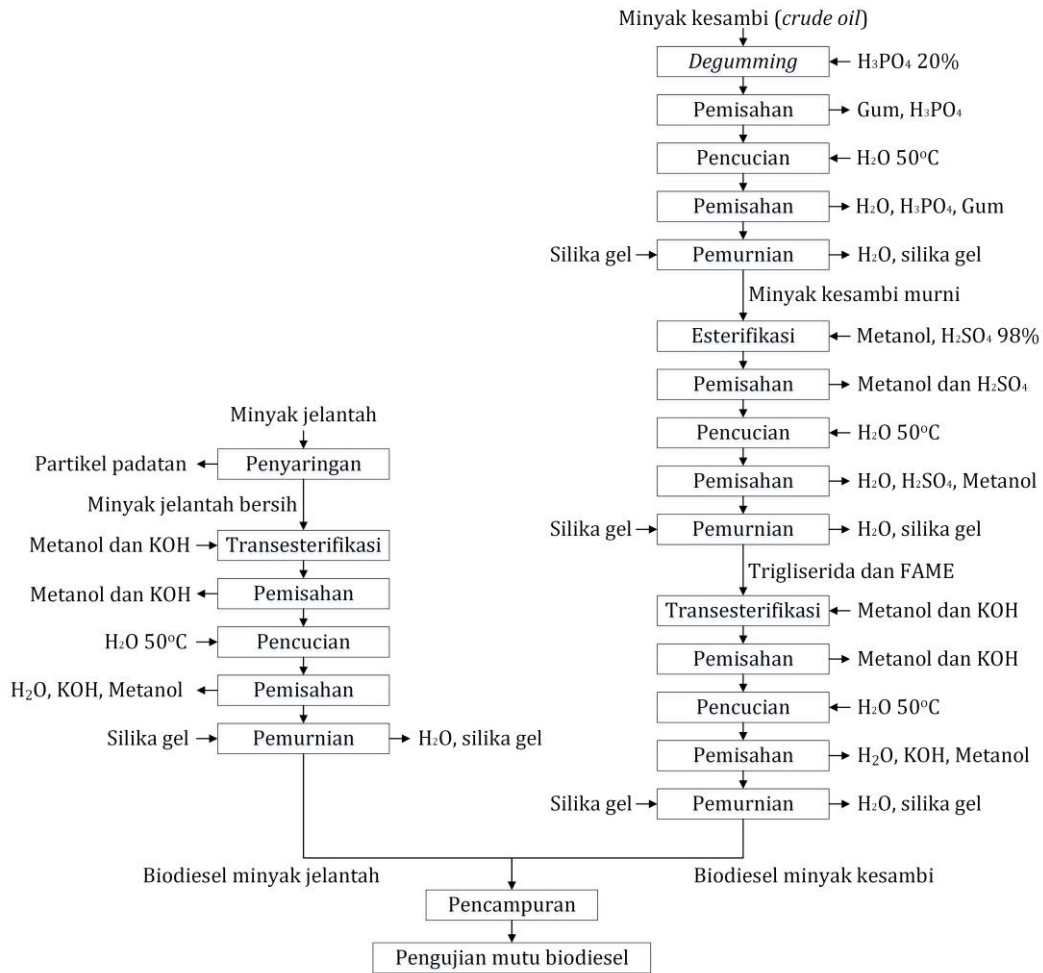
### 2.1 Bahan

Minyak kesambi mentah dipasok dari Probolinggo, Jawa Timur sedangkan minyak jelantah didapatkan dari pedagang lokal di sekitar Jebres, Surakarta. Bahan kimia yang digunakan yaitu asam fosfat (85%, Merck) untuk proses *degumming*; metanol teknis, asam sulfat (98%, Merck), kalium hidroksida (85%, Merck), dan silika gel untuk proses esterifikasi-transesterifikasi; serta etanol absolut (99,9%, Merck) dan indikator *fenoftalein* untuk uji angka asam dari campuran biodiesel.

### 2.2 Percobaan

*Pretreatment* dilakukan terhadap minyak jelantah dan minyak kesambi. Minyak jelantah disaring untuk memisahkan zat pengotor yang terkandung di dalam minyak sedangkan minyak kesambi melalui proses *degumming* pada suhu 60°C selama 20 menit dengan menambahkan 1% v/v asam fosfat konsentrasi 20% (Silitonga et al., 2015). Selama proses pemisahan akan terbentuk 2 lapisan yaitu *gum* pada bagian bawah dan minyak pada bagian atas. Minyak yang telah terpisah dari *gum* kemudian dicuci menggunakan aquades bersuhu 50°C sebanyak 5,5% v/v. Pencucian diulang beberapa kali hingga air hasil pencucian mencapai pH 6,5-7, kemudian dihilangkan kadar airnya menggunakan silika gel sebanyak 5,5% w/w.

Proses esterifikasi berlangsung pada suhu 50°C selama 60 menit dengan penambahan katalis asam sulfat 98% sebanyak 0,5% v/v dan metanol sebanyak 20% v/v (Wahyuni dkk., 2011). Proses pemisahan dilakukan hingga terbentuk 2 lapisan yaitu sisa metanol dan asam sulfat pada bagian atas sedangkan campuran trigliserida dan *fatty acid methyl ester* (FAME) pada bagian bawah. Setelah campuran



**Gambar 1.** Proses pembuatan dan pencampuran biodiesel

trigliserida dan FAME terpisah, dilakukan proses pencucian dan penghilangan kadar air.

Proses transesterifikasi berlangsung pada suhu 50°C selama 60 menit dengan penambahan katalis KOH 2% w/w dan metanol dengan perbandingan volume metanol:minyak yaitu 1:5 (Anggraini & Anatasia, 2011). Hasil pemisahan proses transesterifikasi yaitu gliserol pada bagian bawah dan biodiesel pada bagian atas. Biodiesel yang dihasilkan kemudian dicuci dan dihilangkan kandungan airnya. Alur proses secara detail dapat dilihat pada Gambar 1.

Pencampuran dilakukan terhadap biodiesel minyak jelantah dan biodiesel minyak kesambi. Kondisi operasi dan variasi komposisi (%vol) dapat dilihat pada Tabel 1.

Hasil dari pencampuran biodiesel kemudian dimasukkan pada botol kaca gelap dan disimpan di tempat yang terhindar dari sinar matahari langsung. Metode ASTM dan SNI digunakan untuk menguji karakteristik biodiesel seperti yang tercantum pada Tabel 2.

**Tabel 1.** Kondisi operasi dan variasi komposisi (%vol) pencampuran

Sampel	Suhu (°C)	Waktu pengadukan (detik)	Variasi komposisi (%vol)	
			BK	BJ
I	40	60	0	100
II	40	60	20	80
III	40	60	40	60
IV	40	60	60	40
V	40	60	80	20
VI	40	60	100	0

Keterangan: BK, biodiesel minyak kesambi; BJ, biodiesel minyak jelantah

**Tabel 2.** Metode pengujian biodiesel

Pengujian	Values
Densitas	ASTM D 1298
Viskositas kinematik	ASTM D 445
Kadar <i>free fatty acid</i>	ASTM D 664
Angka asam	ASTM D 664
Kadar air	SNI 01-2901-2006
Flash point	ASTM D 93

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Biodiesel campuran dianalisis densitas, visositas kinematis, %FFA, angka asam, kadar air, dan titik nyala untuk melihat kesesuaiannya dengan SNI dan ASTM.

**3.1 Densitas pada 40°C**

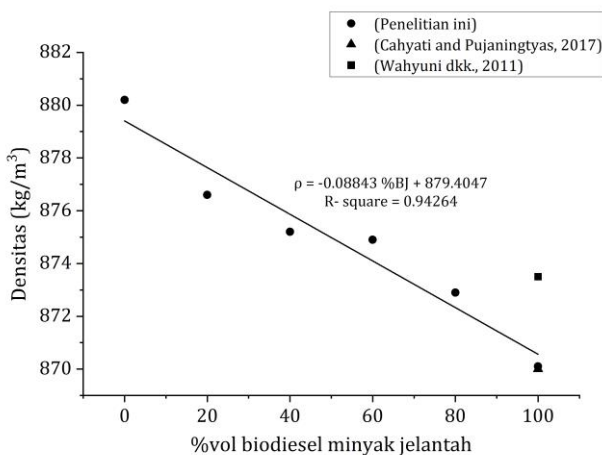
Densitas berkaitan dengan nilai kalor dan daya yang dihasilkan oleh mesin diesel persatuan volume bahan bakar (Atmoko dkk., 2014). Biodiesel dengan nilai densitas yang rendah dan memenuhi standar akan menghasilkan nilai kalor yang tinggi (Aziz dkk., 2011). Biodiesel yang tidak memenuhi standar seharusnya tidak digunakan karena dapat meningkatkan keausan mesin, emisi, dan kerusakan pada mesin (Nenobahan dkk., 2020). Hasil uji densitas pada 40°C disajikan pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Hasil analisis densitas pada 40°C

Komposisi BJ:BK (%vol)	Unit	Hasil Analisis	Standar	
			SNI	ASTM
0:100	kg/m <sup>3</sup>	880,2	850-890	860-900
20:80		876,6		
40:60		875,2		
60:40		874,9		
80:20		872,9		
100:0		870,1		

Keterangan: BK, biodiesel minyak kesambi; BJ, biodiesel minyak jelantah

Tabel 3 menunjukkan densitas biodiesel yang dihasilkan oleh setiap komposisi memenuhi SNI maupun ASTM. Biodiesel minyak jelantah murni (BJ:BK = 100:0) memiliki densitas terendah sedangkan minyak kesambi murni (BJ:BK = 0:100) memiliki densitas tertinggi. Kecenderungan data Tabel 3 dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Nilai densitas pada berbagai variasi pencampuran biodiesel

Gambar 2 menunjukkan bahwa semakin tinggi komposisi biodiesel kesambi (BK), maka densitas campuran biodiesel juga semakin besar. Densitas biodiesel tergantung pada komposisi asam lemak

penyusun bahan baku minyaknya. Makin tinggi derajat ketidakjenuhan asam lemak, makin tinggi pula densitas minyak, sekaligus densitas biodieselnnya (Mittelbach & Remschmidt, 2004; Wahyudi et al., 2019). Total asam lemak tak jenuh pada minyak kesambi dan minyak jelantah berturut-turut sebesar 54,1% (Ong et al., 2020) dan 34,33% (Riadi et al., 2015). Dengan demikian, komposisi biodiesel jelantah (BJ) yang makin tinggi akan menghasilkan nilai kalor yang makin besar.

Perbandingan dengan penelitian sejenis menunjukkan bahwa densitas biodiesel jelantah murni mendekati hasil penelitian sebelumnya yaitu 860 kg/m<sup>3</sup> (Cahyati & Pujaningtyas, 2017) dan 873,5 kg/m<sup>3</sup> (Wahyuni dkk., 2011) sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2. Dari persamaan garis densitas versus % BJ pada Gambar 2 juga dapat diprediksikan nilai densitas biodiesel campuran dengan komposisi BJ dan BK tertentu.

**3.2 Viskositas Kinematik pada 40°C**

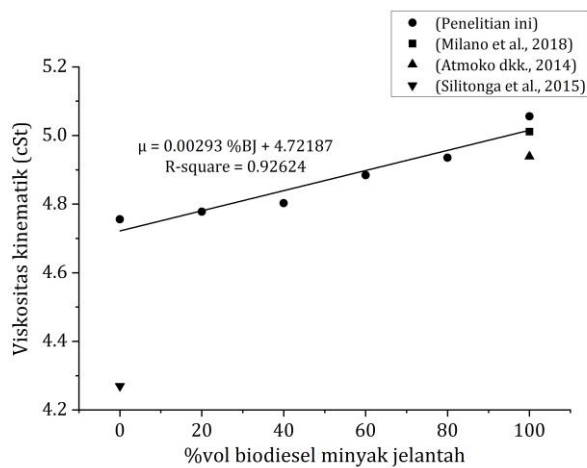
Viskositas berpengaruh terhadap proses pembakaran dan penyemprotan biodiesel di dalam mesin. Viskositas yang tinggi dapat membuat atomisasi bahan bakar dan udara menjadi kurang baik (Tate et al., 2006) dan mengakibatkan pembakaran di ruang bakar menjadi tidak sempurna serta dapat menghambat pengoperasian mesin (Abd Rabu et al., 2013). Hasil viskositas kinematik pada 40°C disajikan pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Hasil analisis viskositas kinematik pada 40°C

Komposisi BJ:BK (%vol)	Unit	Hasil Analisis	Standar	
			SNI	ASTM
0:100	cSt	4,76	2,3-6,0	1,9-6,0
20:80		4,78		
40:60		4,80		
60:40		4,88		
80:20		4,94		
100:0		5,06		

Keterangan: BK, biodiesel minyak kesambi; BJ, biodiesel minyak jelantah

Berdasarkan Tabel 4, nilai viskositas kinematik pada semua variasi komposisi memenuhi SNI dan ASTM. Biodiesel minyak jelantah murni (BJ:BK = 100:0) memiliki viskositas kinematik tertinggi dan terus menurun seiring dengan berkurangnya komposisi biodiesel minyak jelantah. Kecenderungan tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Nilai viskositas kinematik pada berbagai variasi pencampuran biodiesel

Kecenderungan pada Gambar 3 terjadi karena pengaruh dari tingginya viskositas biodiesel minyak jelantah murni dibandingkan biodiesel minyak kesambi murni. Tingginya viskositas kinematik biodiesel minyak jelantah tersebut kemungkinan terjadi karena pemisahan gliserol yang kurang sempurna (Sudradjat dkk., 2010) dan penyimpanan biodiesel yang kurang baik sehingga menimbulkan reaksi oksidasi (Canakci & Van Gerpen, 1999) yang dapat meningkatkan viskositas biodiesel. Gambar 3 menunjukkan bahwa dengan adanya proses pencampuran antara biodiesel minyak jelantah dan biodiesel minyak kesambi dapat menurunkan nilai viskositas kinematik biodiesel minyak jelantah.

Apabila dibandingkan dengan beberapa penelitian sebelumnya, viskositas biodiesel kesambi (BK) dari penelitian ini lebih tinggi (4,76 cSt) dibandingkan dengan penelitian sebelumnya sebesar 4,27 cSt (Silitonga et al., 2015). Hal ini kemungkinan disebabkan oleh perbedaan kondisi reaksi pada penelitian ini (suhu 50°C dan waktu reaksi 1 jam) dibandingkan dari penelitian sebelumnya (Silitonga et al., 2015) yang dijalankan pada suhu 65°C selama 3 jam, menyebabkan konversi pada penelitian ini lebih rendah. Konversi yang lebih rendah menyebabkan jumlah minyak yang bereaksi menjadi biodiesel lebih sedikit, sehingga viskositas biodiesel meningkat. Untuk perbandingan nilai viskositas minyak jelantah pada penelitian ini sebesar 5,06 cSt tidak jauh dari penelitian sebelumnya yaitu sebesar 4,94 cSt (Atmoko dkk., 2014) dan 5,0111 cSt (Milano et al., 2018).

Gambar 3 juga menunjukkan persamaan garis viskositas kinematik versus % BJ yang dapat digunakan untuk memprediksi nilai viskositas kinematis biodiesel campuran dengan komposisi BJ dan BK tertentu. Campuran biodiesel dengan lebih sedikit BJ memberikan viskositas yang lebih baik karena pembakaran akan lebih sempurna.

### 3.3 Kadar Free Fatty Acid (FFA)

Free fatty acid (FFA) adalah banyaknya mL KOH pada 0,1 N yang dibutuhkan untuk menetralkan 100 gram minyak atau lemak (Ketaren, 2008). Kadar FFA di

dalam biodiesel menunjukkan tingkat kualitas dan tingkat kerusakan biodiesel akibat oksidasi asam lemak (Silalahi dkk., 2017). Hasil uji kadar *free fatty acid* pada penelitian ini disajikan pada Tabel 5.

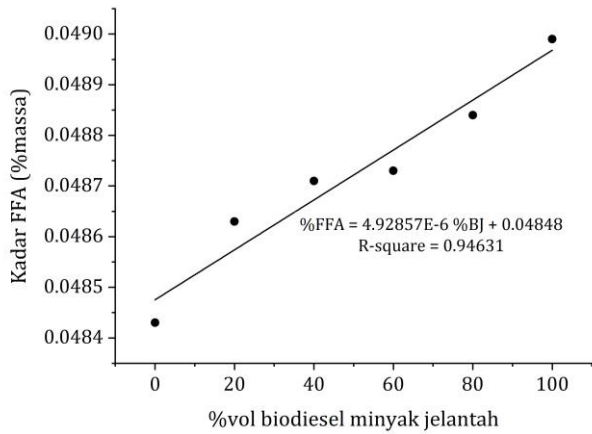
**Tabel 5.** Hasil analisis kadar *free fatty acid* (FFA)

Komposisi BJ:BK (%vol)	Unit	Hasil Analisis	Standar	
			SNI	ASTM
0:100	%massa	0,04843	≤ 0,3	≤ 0,45
20:80		0,04863		
40:60		0,04871		
60:40		0,04873		
80:20		0,04884		
100:0		0,04899		

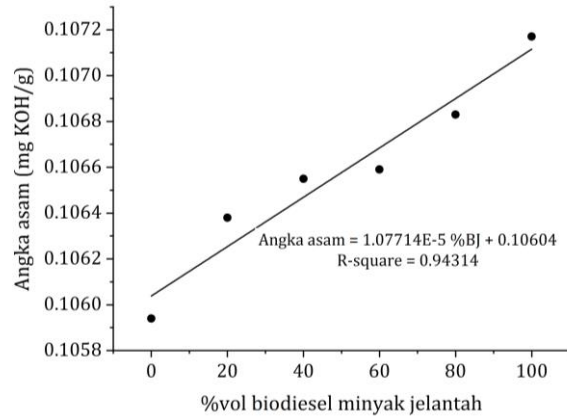
Keterangan: BK, biodiesel minyak kesambi; BJ, biodiesel minyak jelantah

Tabel 5 menunjukkan kadar FFA campuran biodiesel kesambi dan biodiesel jelantah berada pada rentang 0,04843 - 0,04899% memenuhi SNI dan ASTM. Biodiesel minyak jelantah murni (BJ:BK = 100:0) memiliki kadar FFA tertinggi. Hal ini dapat terjadi karena minyak jelantah murni telah melalui proses pemanasan pada suhu tinggi yang berulang sebelum diproses menjadi biodiesel sehingga trigliserida yang terkandung di minyak jelantah telah banyak terurai menjadi asam lemak bebasnya (Suroso, 2013). Selain itu, minyak jelantah tidak diproses dengan reaksi esterifikasi terlebih dahulu untuk menurunkan FFA nya, melainkan langsung direaksikan secara transesterifikasi. Sementara minyak kesambi mengalami esterifikasi terlebih dahulu sebelum transesterifikasi, sehingga kadar FFA biodieselnnya lebih rendah. Kecenderungan tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.

Semakin tinggi kadar FFA maka viskositas biodiesel akan semakin tinggi (Alias et al., 2018). Hal ini sesuai dengan data viskositas pada poin 3.3. di atas. Jika dibandingkan antara grafik pada Gambar 4 dan 3, didapatkan kecenderungan yang sesuai yaitu komposisi campuran dengan kadar FFA tertinggi memiliki viskositas tertinggi. Berdasarkan grafik pada Gambar 4, pencampuran antara biodiesel minyak jelantah dan biodiesel minyak kesambi dapat menurunkan kadar FFA biodiesel minyak jelantah. Persamaan garis % FFA versus % BJ pada Gambar 4 dapat digunakan untuk memprediksi nilai % FFA biodiesel campuran dengan komposisi BJ dan BK tertentu. Campuran biodiesel dengan lebih banyak BK cenderung lebih baik karena kadar FFA yang makin rendah menjadikan biodiesel lebih tahan oksidasi selama penyimpanan.



**Gambar 4.** Kadar *free fatty acid* (FFA) pada berbagai variasi pencampuran biodiesel



**Gambar 5.** Nilai angka asam pada berbagai variasi pencampuran biodiesel

### 3.4 Angka Asam

Angka asam menunjukkan jumlah mineral asam dan *free fatty acid* (FFA) yang terkandung di dalam biodiesel. Angka asam dinyatakan dalam mg KOH yang dibutuhkan untuk menetralkan asam-asam lemak dalam 1 gram biodiesel (Tazora, 2011). Semakin tinggi angka asam maka sifat korosivitas biodiesel terhadap mesin akan semakin tinggi (Nenobahan dkk., 2020). Hasil uji angka asam pada penelitian ini disajikan pada Tabel 6.

**Tabel 6.** Hasil analisis angka asam

Komposisi BJ:BK (%vol)	Unit	Hasil Analisis	Standar	
			SNI	ASTM
0:100		0,10594		
20:80		0,10638		
40:60	mg	0,10655	≤ 0,5	≤ 0,8
60:40	KOH/g	0,10659		
80:20		0,10683		
100:0		0,10717		

Keterangan: BK, biodiesel minyak kesambi; BJ, biodiesel minyak jelantah

Jika dilihat pada Tabel 6, nilai angka asam dari semua sampel memenuhi standar SNI maupun ASTM. Nilai terendah terdapat pada biodiesel minyak kesambi murni (BJ:BK = 0:100), sedangkan nilai tertinggi terdapat pada biodiesel minyak jelantah murni (BJ:BK = 100:0). Kecenderungan data pada Tabel 6 dapat dilihat pada Gambar 5.

Grafik pada Gambar 5 menggambarkan nilai angka asam yang terus meningkat seiring dengan penambahan rasio biodiesel minyak jelantah. Senada dengan parameter % FFA, tingginya angka asam biodiesel jelantah disebabkan karena tidak adanya proses esterifikasi sebelum reaksi transesterifikasi pada minyak jelantah. Proses pencampuran antara biodiesel minyak jelantah dan biodiesel minyak kesambi dapat menurunkan angka asam dari biodiesel minyak jelantah karena angka asam biodiesel kesambi relatif rendah. Jika dibandingkan dengan grafik pada Gambar 4, terlihat adanya kecenderungan yang sama antara kandungan FFA dan angka asam dari campuran biodiesel.

### 3.5 Kadar Air

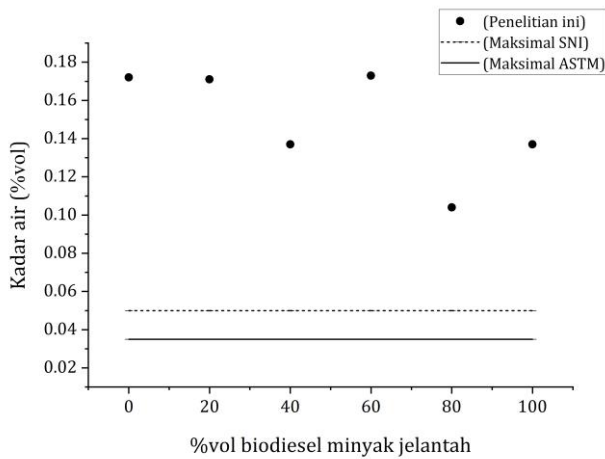
Kadar air biodiesel dapat mempengaruhi kualitas biodiesel selama penyimpanan. Kadar air yang tinggi dapat menyebabkan tumbuhnya mikroorganisme sehingga mengakibatkan terbentuknya endapan dan kotoran yang dapat menyumbat filter dan jalannya bahan bakar menuju ruang pembakaran di dalam mesin. Selain itu, air juga menyebabkan korosi pada mesin dan pada jangka waktu lama akan meningkatkan kadar FFA akibat terjadinya reaksi hidrolisis (Ahmad dkk., 2016). Keberadaan air juga dapat menyebabkan turunnya nilai panas pembakaran (Adhani dkk., 2016). Oleh karena itu, kadar air pada biodiesel harus memenuhi standar biodiesel yang telah ditentukan. Hasil uji kadar air pada penelitian ini disajikan pada Tabel 7.

**Tabel 7.** Hasil analisis kadar air

Komposisi BJ:BK (%vol)	Unit	Hasil Analisis	Standar	
			SNI	ASTM
0:100		0,172		
20:80		0,171		
40:60	%vol	0,137	≤ 0,05	≤ 0,035
60:40		0,173		
80:20		0,104		
100:0		0,137		

Keterangan: BK, biodiesel minyak kesambi; BJ, biodiesel minyak jelantah

Tabel 7 menunjukkan data analisis kadar air keenam sampel berada pada rentang 0,104 - 0,173%. Hasil tersebut tidak memenuhi standar yang telah ditentukan oleh SNI maupun ASTM. Hal ini dapat disebabkan oleh kurang sempurnanya proses pencucian dan pengeringan biodiesel serta cara penyimpanan. Kadar air pada biodiesel dapat dikurangi dengan penambahan agen penyerap air yaitu  $MgSO_4$  anhidrat sebelum digunakan sebagai bahan bakar mesin.  $MgSO_4$  anhidrat memiliki efektifitas yang lebih baik untuk menghilangkan air dibandingkan *drying agent* lainnya (Schenck et al., 2002).  $MgSO_4$  anhidrat juga memiliki kemampuan menyerap air dalam kapasitas yang besar dan tingkat penyerapan air yang tinggi (Ford & Marvel, 1943). Kecenderungan data Tabel 7 dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Nilai kadar air pada berbagai variasi pencampuran biodiesel

### 3.6 Flash Point

*Flash point* atau titik nyala adalah suhu terendah dimana bahan bakar dapat menyala ketika bereaksi dengan udara (Setyawardhani dkk., 2010). *Flash point* merupakan salah satu karakteristik biodiesel yang perlu diketahui karena erat kaitannya dengan standar keamanan dan keselamatan dalam transportasi dan penyimpanan (Alias et al., 2018). Hasil uji *flash point* pada penelitian ini disajikan pada Tabel 8.

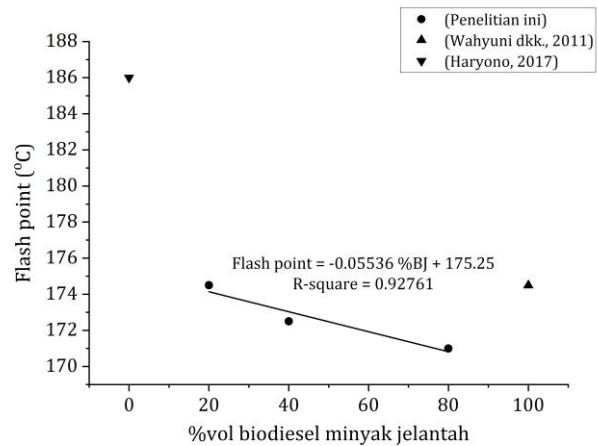
Tabel 8. Hasil analisis *flash point*

Komposisi BJ:BK (%vol)	Unit	Hasil Analisis	Standar	
			SNI	ASTM
0:100		186*		
20:80		174,5		
60:40	°C	172,5	≥ 100	≥ 100
80:20		171,0		
100:0		174,5**		

Keterangan: \* *Flash point* BK (Haryono, 2017); \*\* *Flash point* BJ (Wahyuni dkk., 2011)

Tabel 8 menunjukkan nilai *flash point* pada komposisi BJ:BK sebesar 80:20 lebih rendah dari *flash point* pada komposisi 20:80. Namun, ketiga komposisi

tersebut masih memenuhi SNI dan ASTM. Data *flash point* BK murni dan BJ murni diperoleh dari referensi. Kecenderungan data Tabel 8 dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Nilai *flash point* pada berbagai variasi pencampuran biodiesel

Menurut Setyawardhani dkk. (2010), kelemahan biodiesel asam lemak jenuh yaitu nilai *flash point*-nya yang rendah karena asam lemak jenuh mudah terlarut di metanol sehingga menyebabkan adanya metanol yang terikat di dalam biodiesel. Metanol yang terikat mengakibatkan turunnya nilai *flash point* biodiesel. Gambar 7 menunjukkan kecenderungan nilai *flash point* yang semakin rendah seiring dengan bertambahnya biodiesel minyak jelantah. Pencampuran biodiesel minyak kesambi dan biodiesel minyak jelantah dapat meningkatkan nilai *flash point* biodiesel minyak jelantah.

Prediksi *flash point* dari komposisi BJ dan BK dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan linier pada Gambar 7. Persamaan ini disusun hanya dari data penelitian ini tanpa melibatkan data *flash point* BJ dan BK murni, karena keduanya memiliki nilai yang cukup jauh dibandingkan *flash point* campuran biodiesel. Dari persamaan garis tersebut dapat diprediksikan nilai *flash point* BK murni sebesar 175,195°C dan BJ murni sebesar 169,714°C.

### 4. KESIMPULAN

Hasil yang didapatkan pada penelitian ini yaitu semua parameter yang diuji pada campuran biodiesel minyak jelantah dan biodiesel minyak kesambi dengan berbagai variasi komposisi (%vol) memenuhi SNI dan ASTM kecuali hasil uji terhadap kadar air. Penambahan biodiesel minyak kesambi terhadap biodiesel minyak jelantah dapat meningkatkan densitas dan *flash point*, serta menurunkan viskositas kinematik, kadar FFA, dan angka asam.

### 5. DAFTAR PUSTAKA

Abd Rabu, R., Janajreh, I., & Honnery, D. (2013). Transesterification of waste cooking oil: process optimization and conversion rate evaluation. *Energy Conversion and Management*, 65, 764-769. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.enconm>

- an.2012.02.031
- Adhani, L., Aziz, I., Nurbayti, S., & Oktaviana, C. O. (2016). Pembuatan biodiesel dengan cara adsorpsi dan transesterifikasi dari minyak goreng bekas. *Jurnal Kimia VALENSI*, 2(1), 71–80. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15408/jkv.v2i1.3107>
- Ahmad, H. S., Bialangi, N., & Salimi, Y. K. (2016). Pengolahan minyak jelantah menjadi biodiesel. *Entropi*, 11(2), 204–214.
- Akkarawatkhoosith, N., Kaewchada, A., & Jaree, A. (2019). Simultaneous development of biodiesel synthesis and fuel quality via continuous supercritical process with reactive co-solvent. *Fuel*, 237, 117–125. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fuel.2018.09.077>
- Alias, N. I., Jaya Kumar, J. K. A., & Zain, S. M. (2018). Characterization of waste cooking oil for biodiesel production. *Jurnal Kejuruteraan*, 1(2), 79–83. [https://doi.org/http://dx.doi.org/10.17576/jkukm-2018-si1\(2\)-10](https://doi.org/http://dx.doi.org/10.17576/jkukm-2018-si1(2)-10)
- Anggraini, A. R. W., & Anatasia, P. (2011). Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Biji Kapuk Randu. Tugas Akhir. Universitas Sebelas Maret.
- Atmoko, W. P., Widjanarko, D., & Pramono. (2014). Pengaruh temperatur pada proses transesterifikasi terhadap karakteristik biodiesel dari minyak goreng bekas. *Journal of Mechanical Engineering Learning*, 3(1), 39–46.
- Aziz, I., Nurbayti, S., & Ulum, B. (2011). Pembuatan produk biodiesel dari minyak goreng bekas dengan cara esterifikasi dan transesterifikasi. *Jurnal Kimia VALENSI*, 2(3), 443–448. <https://doi.org/10.15408/jkv.v2i3.115>
- Blumethal, M. M. (1991). A new lost at the chemistry and physics of deep fat fring. *JF Tech*, 45(2), 68–71.
- Cahyati, E. D., & Pujaningtyas, L. (2017). Pembuatan Biodiesel dari Minyak Goreng Bekas dengan Proses Transesterifikasi Menggunakan Katalis KOH. Tugas Akhir. Institut Teknologi Sepuluh November.
- Canakci, M., & Van Gerpen, J. (1999). Biodiesel production via acid catalysis. *Transactions of the ASAE*, 42(5), 1203.
- El-Araby, R., Amin, A., El Morsi, A. K., El-Ibiari, N. N., & El-Diwani, G. I. (2018). Study on the characteristics of palm oil-biodiesel-diesel fuel blend. *Egyptian Journal of Petroleum*, 27(2), 187–194. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ejpe.2017.03.002>
- Elgharbawy, A. S., Sadik, W. A., Sadek, O. M., & Kasaby, M. A. (2021). Glycerolysis treatment to enhance biodiesel production from low-quality feedstocks. *Fuel*, 284, 118970. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.118970>
- Elma, M., Suhendra, S. A., & Wahyuddin. (2016). Proses pembuatan biodiesel dari campuran minyak kelapa dan minyak jelantah. *Konversi*, 5(1), 9–19. <https://doi.org/10.31213/k.v5i1.23>
- Ford, S. G., & Marvel, C. S. (1943). *Organic Syntheses, collect*, Vol. 11, p. 373. Wiley Online Library.
- Girardi, J. C., Bariccatti, R. A., de Souza, S. N. M., do Amaral, C. Z., & Guedes, C. L. B. (2021). Natural compounds as antifreeze additives to improve babassu biodiesel. *Fuel*, 289, 119746. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.119746>
- Haryono, E. (2017). Analisa unjuk kerja two stroke marine diesel berbahan bakar campuran HSD dan biodiesel minyak kesambi pada kondisi balast load. *INOVTEK POLBENG*, 7(1), 57–64. <https://doi.org/https://doi.org/10.35314/ip.v7i1.157>
- Heyne, K. (1987). *Tumbuhan Berguna Indonesia*. In Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, Departemen Kehutanan, Vol. 2, pp. 1188–1189.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Direktorat Jenderal Minyak dan Gas. <https://www.esdm.go.id/assets/media/content/content-statistik-minyak-dan-gas-bumi-tahun-2016.pdf> (accessed on 6 February 2021).
- Ketaren, S. (2008). *Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan*. UI Press.
- Mazzal, & Qi. (1992). Biosorption of heavy metals from aqueous solutions. *Journal of Water Process Engineering*, 2, 105–128.
- Milano, J., Ong, H. C., Masjuki, H. H., Silitonga, A. S., Kusumo, F., Dharma, S., Sebayang, A. H., Cheah, M. Y., & Wang, C.-T. (2018). Physicochemical property enhancement of biodiesel synthesis from hybrid feedstocks of waste cooking vegetable oil and beauty leaf oil through optimized alkaline-catalysed transesterification. *Waste Management*, 80, 435–449. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.09.005>
- Mittelbach, M., & Remschmidt, C. (2004). *Biodiesel The Comprehensive Handbook*.
- Nenobahan, M. A., Ledo, M. E. S., & Nitsae, M. (2020). Pembuatan biodiesel minyak jelantah menggunakan biokatalis ekstrak kasar lipase dari biji kesambi (*Schleichera oleosa* L.). *Jurnal Saintek Lahan Kering*, 3(1), 20–25. <https://doi.org/https://doi.org/10.32938/slk.v3i1.1040>
- Ong, H. C., Mofijur, M., Silitonga, A. S., Gumilang, D., Kusumo, F., & Mahlia, T. M. I. (2020). Physicochemical properties of biodiesel synthesised from grape seed, philippine tung, kesambi, and palm oils. *Energies*, 13(6). <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/en13061319>
- Riadi, L., Widiyanto, A. Y., Purwanto, E., Pono, A., & Theresia, R. (2015). Synthesis of biodiesel from waste cooking oil by two steps process transesterification and ozonation. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 7(9), 17–21.
- Robles-Medina, A., González-Moreno, P. A., Esteban-Cerdán, L., & Molina-Grima, E. (2009). Biocatalysis: towards ever greener biodiesel production. *Biotechnology Advances*, 27(4), 398–408. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.biotech>



- adv.2008.10.008
- Satriadi, H., Widayat, Nafiega, F., & Dipo, R. (2014). Peningkatan kualitas dan proses pembuatan biodiesel dari blending minyak kelapa sawit (palm oil) dan minyak kelapa (coconut oil) dan bantuan gelombang ultrasonik. *Teknik*, 35(2), 68–71. <https://doi.org/10.14710/teknik.v35i2.7020>
- Schenck, F. J., Callery, P., Gannett, P. M., Daft, J. R., & Lehotay, S. J. (2002). Comparison of magnesium sulfate and sodium sulfate for removal of water from pesticide extracts of foods. *Journal of AOAC International*, 85(5), 1177–1180. <https://doi.org/https://doi.org/10.1093/jaoac/85.5.1177>
- Setyawardhani, D. A., Distantina, S., Henfiana, H., & Dewi, A. S. (2010). Pembuatan Biodiesel dari Asam Lemak Jenuh Minyak Biji Karet. *Proceeding Conference on Seminar Rekayasa Kimia Dan Proses*, Semarang.
- Silalahi, R. L. R., Sari, D. P., & Dewi, I. A. (2017). Pengujian free fatty acid (FFA) dan colour untuk mengendalikan mutu minyak goreng produksi PT. XYZ. *Industria: Jurnal Teknologi Dan Manajemen Agroindustri*, 6(1), 41–50. <https://doi.org/https://doi.org/10.21776/ub.industria.2017.006.01.6>
- Silitonga, A. S., Masjuki, H. H., Mahlia, T. M. I., Ong, H. C., Kusumo, F., Aditiya, H. B., & Ghazali, N. N. N. (2015). *Schleichera oleosa* L oil as feedstock for biodiesel production. *Fuel*, 156, 63–70. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fuel.2015.04.046>
- Sudradjat, R., Pawoko, E., Hendra, D., & Setiawan, D. (2010). Pembuatan biodiesel dari biji kesambi (*Schleichera oleosa* L.). *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 28(4), 358–379. <https://doi.org/10.20886/jphh.2010.28.4.358-379>
- Suroso, A. S. (2013). Kualitas minyak goreng habis pakai ditinjau dari bilangan peroksida, bilangan asam dan kadar air. *Jurnal Kefarmasian Indonesia*, 3(2), 77–88.
- Tate, R. E., Watts, K. C., Allen, C. A. W., & Wilkie, K. I. (2006). The viscosities of three biodiesel fuels at temperatures up to 300 C. *Fuel*, 85(7–8), 1010–1015. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fuel.2005.10.015>
- Tazora, Z. (2011). Peningkatan Mutu Biodiesel dari Minyak Biji Karet Melalui Pencampuran dengan Biodiesel dari Minyak Jarak Pagar. *Thesis Magister Sains*. Institut Pertanian Bogor.
- Wahyudi, W., Nadjib, M., Bari, M. F., & Permana, F. W. (2019). Increasing of quality biodiesel of jatropha seed oil with biodiesel mixture of waste cooking oil. *Journal of Biotech Research*, 10, 183–189.
- Wahyuni, S., Kadarwati, S., & Latifah. (2011). Sintesis biodiesel dari minyak jelantah sebagai sumber energi alternatif solar. *Saintekno: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 9(1), 51–62. <https://doi.org/10.15294/saintekno.v9i1.5525>