

SINTESIS METIL ESTER DARI MINYAK BIJI FEUN KASE (*Thevetia peruviana*) DENGAN VARIASI KONSENTRASI MOLAR KATALIS NaOH**Silverius Jevon Tnopo¹, Sefrinus Maria Dolfi Kolo¹, Jefry Presson^{1*}**

Received:
17 oktober 2022,
Accepted:
10 November 2022,
Published:
15 Maret 2023

¹Program Studi Kimia Fakultas Pertanian Universitas Timor, Kefamenanu, Indonesia.*Email: pressontimor@gmail.com

DOI:

<https://10.32938/jcsa.v1i1.3442>**Abstrak**

Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan biodiesel yakni tumbuhan Feun Kase (*Thevetia peruviana*). Pada penelitian ini dapat dilakukan melalui beberapa uji parameter diantaranya bilangan asam, bilangan penyabunan, titik nyala, titik kabut, massa jenis dan viskositas. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kandungan metil ester dari produksi biodiesel yang dihasilkan dari tumbuhan Feun Kase dengan uji parameter yaitu rasio molar minyak: metanol dengan perbandingan 1:3, 1:6, 1:9, 1:12, 1:15 dan 1:18 menggunakan katalis NaOH. Pembuatan Biodiesel dapat dilakukan melalui proses transesterifikasi dan esterifikasi dimana proses transesterifikasi merupakan reaksi trigliserida dalam minyak nabati atau lemak hewani dengan alkohol rantai pendek seperti metanol untuk menghasilkan metil ester. Hasil pembuatan minyak mentah dari bungkil feun kase diperoleh rendemen sebesar 78,41%. Pada hasil transesterifikasi minyak yang dihasilkan terdapat dua lapisan dimana lapisan pada bagian atas berwarna putih keruh dan bagian bawah berwarna kuning. Pada rendemen rasio molar 1:3 - 1:18 memperoleh hasil rendemen sebesar 73,59% pada rasio molar 1:6. Pada analisa menggunakan GC-MS, senyawa yang terdeteksi yaitu metil palmitat, metil inoleat, metil oleat dan metil stearat.

Kata kunci : *Biodiesel, Degumming, Minyak Feun Kase, Transesterifikasi***1. Pendahuluan**

Kebutuhan Bahan Bakar Minyak (BBM) dalam negeri meningkat seiring berkembangnya pembangunan dan aktivitas industri. Sejumlah informasi menunjukkan bahwa sejak pertengahan tahun 80an terjadi peningkatan kebutuhan energi khususnya pada bahan bakar mesin diesel. Peningkatan kebutuhan bahan bakar diesel yang semakin tinggi, akan menyebabkan tidak berhasilnya Negara Indonesia untuk menemukan ladang minyak baru dalam 12 tahun terakhir. Hal tersebut diperkirakan cadangan minyak sebesar 3,9 miliar barel akan habis pada tahun 2024¹.

Biodiesel merupakan bahan bakar utama untuk industri transportasi karena dapat digunakan pada berbagai mesin diesel dan mesin-mesin pertanian. Hal ini dikarenakan, biodiesel memiliki sifat pembakaran yang baik dan tidak memerlukan modifikasi mesin². Selain itu, biodiesel dapat diproduksi dari lemak hewani dan minyak nabati dengan menggunakan reaksi esterifikasi dan transesterifikasi.

Adapun keunggulan lain dari biodiesel yaitu sebagai sumber energi alternatif dan mengurangi emisi gas rumah kaca³.

Tanaman *Thevetia peruviana* merupakan salah satu tumbuhan yang mengandung banyak senyawa kimia diantaranya senyawa *thevetin A*, *thevetin B*, *peruvoside*, *neriifolin*, *ruvoside (thevenerine)*, *perusitin*, *cerberin* dan *apigenin*⁴. Tumbuhan ini sebagian besar hanya dijadikan sebagai tumbuhan pagar. Masyarakat timor mengenal tumbuhan *Thevetia Peruviana* dengan sebutan "Feun Kase". Tumbuhan ini memiliki bungkil yang tidak dapat dikonsumsi oleh makhluk hidup, dikarenakan memiliki kandungan senyawa glikosida yang bersifat racun. Pembuatan biodiesel pada umumnya melalui tahap esterifikasi dan transesterifikasi, sebelumnya dilakukan degumming untuk menghilangkan berapa pengotor seperti asam lemak bebas, ion metal, fosfatida⁵. Proses ini menggunakan metanol dengan rasio perbandingan minyak dan metanol yakni 6:1

(w/w) pada suhu 60°C, waktu 120 menit yang dengan katalis 0,5% (v/v) asam fosfat⁶.

2. Metodologi

2.1 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah Bungkil Feun Kase, akuades, Etanol (*Merck*), Kalium hidroksida (*Merck*), Asam klorida 37% (*Merck*), Natrium sulfat (*Merck*), petroleum eter (*Merck*), Natrium sulfat anhidrat (*Merck*), indikator pp (*Merck*), kloroform (*Merck*), es batu, Kalium Iodida (*Merck*), Aluminium Foil, Tisu, Kertas Label, Kertas Saring.

2.2 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah Oven, Blender, Neraca Analitik, Piknometer, Viskometer, Seperangkat Alat Gelas, Pipet Volum, Buret, Termometer, Desikator, Tabung Reaksi, *Hot Plate*, Corong Pisah, Labu Leher Tiga.

2.3 Prosedur Kerja

Preparasi Sampel Bungkil Feun Kase

Bungkil Feun kase yang sudah dipisahkan dari kulitnya, dibersihkan dari bahan-bahan yang tidak diinginkan seperti sisa-sisa kulit luar, ranting-ranting dan kerikil halus⁷. Biji Feun kase dibuka dengan cara tradisional sehingga didapatkan bungkil Feun Kase. Bungkil Feun Kase diblender, dan dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C selama 4 jam. Bungkil feun kase yang telah kering ini disimpan dalam wadah tertutup.

Pembuatan Minyak Mentah Feun Kase

Bungkil Feun Kase yang telah dipreparasi ditimbang, kemudian dilakukan pengepresan untuk mendapatkan minyak feun kase. Minyak feun kase disaring dengan kertas saring dan menghasilkan minyak mentah

Sintesis Biodiesel

Degumming merupakan proses penghilangan kotoran pada minyak. Proses ini dilakukan dengan cara, minyak mentah ditambahkan larutan asam fosfat 0,5% pada suhu 70°C selama 15 menit, kemudian minyak hasil *degumming* dilakukan monitoring⁶. Pada proses transesterifikasi, dimasukkan minyak mentah Feun kase, Metanol, dan katalis NaOH 1% (v/v) kedalam labu leher tiga, kemudian direfluks pada suhu 60°C selama 90 menit dengan rasio minyak/metanol 1:6 w/w dan kecepatan pengadukan 400 rpm. Percobaan ini dilakukan pada keadaan rasio molar dan konsentrasi yang tetap.

Pemurnian Minyak Transesterifikasi

Setelah reaksi selesai, minyak dipindahkan ke corong pisah untuk memisahkan sisa reaktan dan pengotor lainnya. Yang memiliki densitas lebih tinggi akan berada pada lapisan bawah sedangkan lapisan atas adalah biodiesel dan sisa metanol. Setelah gliserol dan sisa reaktan dipisahkan maka lapisan metil ester dibilas dengan air hangat (40°C-50°C) sampai pH air bilasan netral. Tahap selanjutnya adalah proses pemanasan minyak hasil transesterifikasi untuk menghilangkan air yang masih bercampur dengan metil ester pada suhu 100°C-110°C. Selanjutnya percobaan dilakukan monitoring bilangan asam, titik kabut, penyabunan dan titik nyala.

Uji Parameter Viskositas

Sejumlah sampel dimasukkan kedalam alat tersebut, kemudian termostat diatur pada suhu 40°C dengan mengisap atau meniup (melalui sepotong selang karet) dibawa sampai melewati garis batas pada alat tersebut. Selanjutnya minyak dibiarkan mengalir secara bebas. Dicatat waktu yang diperlukan minyak untuk mengalir dari m ke n. Diulangi langkah-langkah diatas untuk uji viskositas sampel lainnya dan air. Prosedur dilakukan dengan duplo pada setiap sampel⁸.

Bilangan Asam

Sebanyak 2 gram sampel dimasukkan kedalam erlenmeyer dan ditambahkan 10 mL etanol lalu dan *dishaker* selama 10 menit sampai minyak larut. Setelah itu, ditambahkan indikator pp 1% sebanyak 1 tetes dan dititrasi dengan KOH 0.1 N sampai tepat warna merah muda tidak hilang selama 30 detik. Dicatat volume KOH yang habis terpakai. Prosedur dilakukan dengan duplo pada setiap sampel⁹. Sampel dimasukkan kedalam tabung reaksi (diameter 30 mm) dan ditutup dengan penutup karet yang telah dipasang termometer. Kemudian dimasukkan kedalam wadah yang berisi air dan es batu. Diperhatikan suhu pada termometer dan bagian dasar tabung apabila mulai terlihat kristal (kabut), maka suhu pada keadaan ini dicatat sebagai titik kabut.

Massa Jenis

Piknometer dibersihkan dan dikeringkan di dalam oven pada suhu 50°C selama 1 jam dan didinginkan di dalam desikator kemudian ditimbang berat kosongnya. Sampel dimasukkan kedalam wadah kemudian dimasukkan kedalam piknometer yang direndam dalam termostat dengan suhu 40°C selama 30 menit. Piknometer diangkat dan dikeringkan dalam kertas

pengisap air kemudian ditimbang. dan dilakukan dengan duplo pada setiap sampel¹⁰.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Proses Transterifikasi Minyak Biji Feun Kase dengan Variasi Molar

Hasil proses transesterifikasi minyak biji Feun Kase dengan variasi molar ditunjukkan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Rendemen Biodiesel dengan Variasi Molar

No	Rasio Molar Minyak: Metanol	Rendemen (%)	Keterangan
1	1: 3	52,07	Gel
2	1: 6	73,59	Metil Ester
3	1: 9	70,82	Metil Ester
4	1: 12	71,38	Metil Ester
5	1: 15	63,13	Metil Ester
6	1: 18	72,76	Metil Ester

Berdasarkan **Tabel 1** diatas, dapat dilihat bahwa perbandingan rasio molar minyak:metanol dari 1:3-1:18, dapat menghasilkan perbandingan yang cukup baik. Pada rasio minyak:methanol 1:6 merupakan perbandingan molar dengan rendemen tertinggi yaitu 73.59%. Hal ini dikarenakan adanya pengaruh suhu dan pancuian sehingga dapat terbentuk gel dan metil ester¹¹.

3.2 Pemurnian Minyak Transesterifikasi

Setelah proses transesterifikasi, minyak yang dihasilkan dimasukan kedalam corong pisah agar dapat memisahkan sisa reaktan dan pengotor lainnya. Cairan yang memiliki densitas yang tinggi akan berada pada lapisan bawah, sedangkan pada lapisan atas adalah Biodiesel dan sisa metanol. Sesudah gliserol dan sisa reaktan dipisahkan maka lapisan metil ester, dibilas dua kali dengan pembilasan pertama dengan suhu air 50°C dan diukur pH= 9 (banyak emulsi), kemudian bilasan kedua dilakukan dengan suhu air 49°C dan diukur pH= 7 (banyak emulsi).

Gliserol hasil transesterifikasi NaOH diuapkan untuk menghilangkan sisa metanol. Pada saat reaksi transesterifikasi, asam oleat yang terkandung dalam minyak feun kase akan berubah menjadi metil ester. Reaksi ini merupakan reaksi reversibel sehingga produk biodiesel yang dihasilkan tidak selalu mengikuti analisis stoikiometrinya. Kenaikan rasio molar antar reaktan (metanol dengan NaOH) akan mengakibatkan kecepatan reaksi meningkat sehingga kesetimbangan akan bergeser kearah produk. Hal ini akan memaksimalkan jumlah produk biodiesel yang dihasilkan.

Pengaruh keberadaan metil oleat dalam biodiesel tidak hanya meningkatkan kinerja suhu rendah biodiesel, tetapi juga berdampak positif pada stabilitas oksidasi biodiesel¹². Minyak hasil transesterifikasi yang dihasilkan dalam penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Minyak Hasil Transesterifikasi

Minyak feun kase tidak dapat digunakan sebagai bahan baku dikarenakan memiliki senyawa glikosida yang bersifat racun. Secara visual, minyak Feun Kase awal berwarna coklat gelap, keruh, dan kental. Warna coklat gelap disebabkan oleh proses oksidasi terhadap tokoferol, ekstraksi zat warna karena pemanasan suhu tinggi, serta reaksi dengan logam seperti Fe, Cu, dan Mn¹¹. Biodiesel atau metil ester dari asam lemak yang dihasilkan memiliki warna kuning jernih, dan encer. Warna yang lebih cerah dikarenakan hasil reaksi dengan pelarut organik tertentu seperti metanol. Hasil samping dari reaksi transesterifikasi adalah gliserol yang berwarna coklat gelap dan lebih kental dibandingkan dengan biodiesel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rasio molar yang digunakan mempengaruhi nilai rendemen biodiesel yang dihasilkan. Produksi biodiesel dari minyak nabati dan lemak ada empat rute dasar yaitu, transesterifikasi dengan katalis basa, transesterifikasi dengan katalis asam secara langsung, reaksi bertahap konversi minyak menjadi asam lemaknya dan kemudian menjadi biodiesel, transesterifikasi non katalitik minyak dan lemak. Secara umum, biodiesel dapat disintesis oleh reaksi transesterifikasi trigliserida dengan alkohol primer dengan adanya katalis maupun tanpa katalis.

3.3 Uji Parameter Biodiesel

Adapun beberapa uji parameter dalam produksi biodiesel meliputi viskositas, titik nyala, bilangan asam, bilangan penyabunan, titik kabut dan massa jenis dengan perbandingan rasio molar minyak: metanol sehingga dapat menentukan mutu dan kualitas dari minyak biodiesel yang dihasilkan dari biji feun kase dengan SNI, maka hasil uji parameter biodiesel dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Uji parameter dengan perbandingan rasio molar dilakukan untuk membandingkan biodiesel dari biji Feun Kase dengan biodiesel menurut SNI. Viskositas atau kekentalan dinyatakan oleh waktu yang diperlukan volume tertentu dari minyak yang mengalir melalui pipa kapiler pada jarak tertentu terhadap gaya gravitasi¹³. Bahan bakar yang baik memiliki kemampuan mudah mengalir dan teratomisasi dalam injeksi bahan bakar, sehingga viskositas biodiesel harus relatif rendah dengan batas minimum¹⁴. Berdasarkan data pada **Tabel 2** terlihat nilai viskositas dari perbandingan rasio molar minyak:metanol yaitu 1:3- 1:18, viskositas yang dihasilkan sudah memenuhi syarat umum biodiesel menurut SNI yaitu berkisar antara 2,3-6,0 mm²/s.

Bilangan asam merupakan indikator penentu kualitas bahan bakar selama penyimpanan, kerusakan biodiesel akibat oksidasi¹⁵. Bilangan asam dinyatakan oleh jumlah basa yang diperlukan untuk menetralkan 1 gr asam lemak bebas yang terkandung dalam minyak. Pada penelitian ini, bilangan asam yang dihasilkan dari perbandingan rasio molar minyak:metanol (1:3-1:18) nilainya telah memenuhi standar menurut SNI yaitu maksimal 1,08 mg KOH/gr. Konsentrasi asam lemak bahan baku minyak Feun Kase sebelum diproses menjadi biodiesel juga turut mempengaruhi¹⁶.

Bilangan penyabunan menunjukkan trigliserida dengan asam lemak yang rantainya pendek dinyatakan sebagai jumlah miligram KOH untuk menyabunkan 1 gram minyak¹⁷. Hasil analisis bilangan penyabunan dalam penelitian ini sangat rendah yaitu berkisar antara 152,9 – 157,1 mg HCl/gr sehingga biodiesel dari tumbuhan feun kase belum memenuhi syarat mutu SNI (180-265 mg HCl/gr). Bilangan penyabunan yang tinggi mengindikasikan kandungan asam lemak bebas yang rendah dalam biodiesel dan sebaliknya angka penyabunan yang kecil meyakinkan kandungan asam lemak yang tinggi (Zainudin *et al.*, 2020).

Titik nyala adalah titik suhu terendah yang menyebabkan bahan bakar dapat menyala dan berkaitan dengan penanganan dan keamanan dalam penyimpanan bahan bakar¹⁸. Biodiesel yang dihasilkan pada penelitian ini memiliki nilai titik nyala sebesar 165°C. Titik nyala biodiesel dari minyak biji Feun Kase telah memenuhi standar mutu sifat fisis biodiesel yaitu diatas batas minimum standar SNI yaitu 100°C. Hal ini mengindikasikan bahwa tidak ada lagi kandungan methanol pada produksi biodiesel¹⁴.

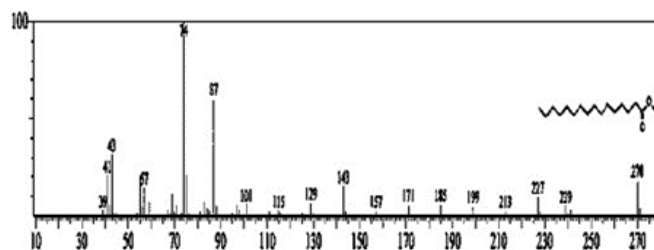
3.4 Hasil Analisa Metil Ester Menggunakan Instrumen GC-MS

Hasil analisa metil ester dari minyak Feun Kase menggunakan instrumen GC-MS dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Senyawa Metil Ester Hasil Analisis Menggunakan GC-MS

No	Waktu Retensi	Nama Senyawa	Rumus Molekul
1	29,121	Metil Palmitat	C ₁₇ H ₃₄ O ₂
2	35,395	Metil Linoleat	C ₁₉ H ₃₄ O ₂
3	35,574	Metil Oleat	C ₁₈ H ₃₄ O ₂
4	36,308	Metil Stearat	C ₁₈ H ₃₆ O ₂

Dari **Tabel 3** terlihat bahwa senyawa metil ester yang terkandung dalam minyak biji Feun Kase adalah metil palmitat, metil linoleat, metil oleat, dan metil stearat. Senyawa metil ester yang diperoleh tersebut sebagian sesuai dengan kandungan asam lemak yang terdapat pada minyak Feun Kase. Pada hasil tersebut masih terdapat asam lemak bebas seperti metil palmitat, metil linoleat, metil oleat, metil stearat yang sudah terkonversi menjadi metil ester. Fragmen dari masing-masing senyawa metil ester terlihat pada **Gambar 2, 3, 4 dan 5** berikut.

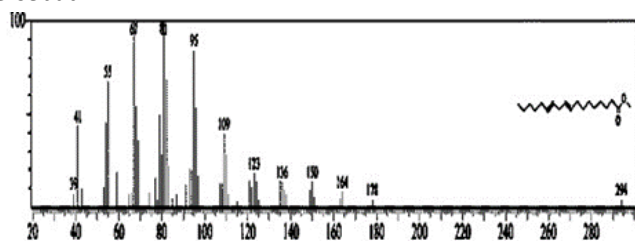


Gambar 2. Hasil uji GC-MS senyawa Metil Palmitat

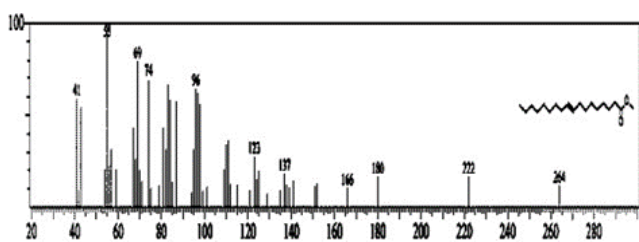
Metil palmitat merupakan senyawa terbaik sebagai bahan baku untuk produksi surfaktan MES (*metil ester sulfonat*). Produk ini dapat digunakan sebagai pembersih dan pembersih karena memiliki daya deterjensi yang kuat) jika dibandingkan dengan penelitian terdahulu oleh Hidayah dkk¹¹ (2015) menjelaskan bahwa, hasil tersebut terdapat asam lemak bebas seperti asam palmitat, asam palmitoleat, dan asam heksanadioat yang masih belum terkonversi menjadi metil ester. Adanya asam lemak bebas tersebut tidak bereaksi dengan metanol dikarenakan penggunaan jumlah katalis yang berlebih sehingga cenderung membentuk reaksi penyabunan dan menghambat pembentukan metil ester (Wanda, 2015).

Metil linoleat merupakan asam lemak tak jenuh ganda sedangkan asam linoleat adalah cairan tidak berwarna atau putih, dan tidak larut dalam air tetapi larut dalam pelarut organik. Hal ini biasanya terjadi di alam sebagai trigliserida (estergliserin). Jika dibandingkan dengan penelitian terdahulu menyatakan bahwa, adanya asam lemak bebas tersebut tidak bereaksi dengan metanol dikarenakan penggunaan jumlah katalis yang berlebih sehingga cenderung

membentuk reaksi penyabunan dan menghambat pembentukan metil ester. Selain itu, kualitas biodiesel ditentukan dari jumlah molekul metil linoleat yang terkandung di dalam dari karakterisasi sifat fisik biodiesel tersebut¹⁹.

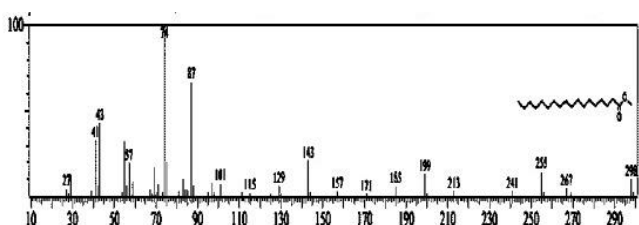


Gambar 3. Hasil uji GC-MS senyawa Metil Linoleat



Gambar 4. Hasil uji GC-MS senyawa Metil Oleat

Metil Oleat merupakan bahan bakar yang baik pengganti solar. Metil oleat memiliki angka setana yang lebih tinggi dan memiliki titik cair dan titik kabut yang rendah. Penelitian terdahulu menyatakan bahwa metil oleat yang diperoleh tersebut sebagian sesuai dengan kandungan asam lemak yang terdapat pada minyak kelapa sawit, hasil tersebut masih terdapat asam lemak bebas seperti asam oleat (Wanda, 2015).



Gambar 5. Hasil uji GC-MS senyawa Metil Stearat

Hasil analisa GC-MS dari minyak biodiesel Feun kase menunjukkan adanya 4 puncak yang terdeteksi sebagai metil ester asam lemak. Puncak-puncak tersebut antara lain puncak pertama dengan waktu retensi 29.121 merupakan metil palmitat ($C_{17}H_{34}O_2$) (Gambar 2), puncak kedua dengan waktu retensi 35.395 merupakan metil linoleat ($C_{19}H_{34}O_2$) (Gambar 3), puncak ketiga dengan waktu retensi 35.574 yang merupakan metil oleat ($C_{18}H_{34}O_2$) (Gambar 4), dan puncak keempat dengan waktu retensi 36.308 merupakan metil stearat ($C_{18}H_{36}O_2$) (Gambar 5). Data MS menunjukkan bahwa hasil sintesis pada penelitian ini merupakan senyawa metil ester yakni biodiesel. Konversi hasil metil ester didominasi oleh asam lemak tak jenuh tunggal yaitu asam oleat (C18:1) sebesar 53,13% dan asam palmitat (C16:1) sebesar 20,90%. Asam lemak tak jenuh ganda yaitu asam linoleat (C18:2) dan asam lemak jenuh rantai panjang yaitu asam stearat (C18) berturut-turut sebesar 12,11% dan 10,09%. Metil ester yang muncul pada spektra sesuai dengan kandungan asam lemak yang terdapat pada minyak nabati yang digunakan untuk sintesis biodiesel. Biodiesel yang didominasi oleh keberadaan metil oleat dapat meningkatkan kinerja suhu rendah biodiesel, memberi dampak positif terhadap stabilitas oksidasi biodiesel dan menghasilkan viskositas yang lebih rendah²⁰.

Tabel 4. Hasil Uji Parameter dari Biodiesel Minyak Biji Feun Kase

Parameter Biodiesel	Perbandingan Molar Minyak dan Metanol						SNI 7182:2015
	1 : 3	1 : 6	1 : 9	1 : 12	1 : 15	1 : 18	
Viskositas (mm^2/s)	4,30	5,19	4,35	4,35	4,37	-	2,3-6,0
Bilangan Penyabunan (mg HCl/gr)	157,1	152,9	155,7	155,7	155,71	155,71	180-265
Bilangan Asam (mg KOH/gr)	3,92	2,94	3,64	2,52	1,54	-	Max 0,8
Titik Kabut ($^{\circ}C$)	5	6	6	6	6	6	Max 18
Massa Jenis (Kg/m^3)	840	798	851	814	870	-	850-890
Titik Nyala ($^{\circ}C$)	165						Min 100

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan perbandingan variasi molar:metanol yang menghasilkan rendemen biodiesel tertinggi yaitu 1:6 dimana rendemen biodiesel yang diperoleh sebesar 81,48%. Hasil uji parameter meliputi viskositas, bilangan asam, bilangan penyabunan, titik nyala dengan perbandingan rasio molar 1:3- 1:18 sudah memenuhi syarat dari SNI 7182:2015 kecuali bilangan asam yang memiliki nilai dibawah SNI. Analisis asam lemak metil ester menggunakan GC-MS menunjukkan hasil transesterifikasi dari minyak biji Feun Kase merupakan metil ester yang didominasi oleh metil oleat (53,45%), metil palmitat (27,05%), metil linoleat (6,29%) dan metil stearat (10,96%)

Referensi

- (1) Asyadiqi, Z.; Nurhayati; Muhdarina. Sintesis Biodiesel Menggunakan Katalis CaO Cangkang Kerang: Optimalisasi Temperatur Reaksi Dan Kalsinasi Katalis. *JOM FMIPA* **2014**, *1* (2), 370–377.
- (2) Atabani, A. E.; Silitonga, A. S.; Ong, H. C.; Mahlia, T. M. I.; Masjuki, H. H.; Badruddin, I. A.; Fayaz, H. Non-Edible Vegetable Oils : A Critical Evaluation of Oil Extraction, Fatty Acid Compositions, Biodiesel Production, Characteristics, Engine Performance and Emissions Production. *Renew. Sustain. Energy Rev.* **2013**, *18*, 211–245. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.10.013>.
- (3) Leung, D. Y. C.; Wu, X.; Leung, M. K. H. A Review on Biodiesel Production Using Catalyzed Transesterification. *Appl. Energy* **2010**, *87* (4), 1083–1095. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2009.10.006>.
- (4) Dhoot, S. B.; Jaju, Ds. R.; Deshmukh, S. A. Extraction of Thevetia Peruviana Seed Oil and Optimization of Biodiesel Production Using Alkali-Catalyzed Methanolysis. *J. Altern. Energy Technol.* **2011**, *2* (2), 8–16.
- (5) Ghadge, S. V.; Raheman, H. Biodiesel Production from Mahua (*Madhuca Indica*) Oil Having High Free Fatty Acids. *Biomass and Bioenergy* **2005**, *28* (6), 601–605. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2004.11.009>.
- (6) Li, Q.; Jaiswal, M.; Rohokale, R. S.; Guo, Z. A Diversity-Oriented Strategy for Chemoenzymatic Synthesis of Glycosphingolipids and Related Derivatives. *Org. Lett.* **2020**, *22* (21), 8245–8249. <https://doi.org/10.1021/acs.orglett.0c02847>.
- (7) Kolo, S. M. D.; Siburian, R. A. F.; Lulan, T. Y. K. Produksi Biodiesel Dari Minyak Biji Jarak Pagar (*Jatropha Curcas* L.). *J. Pendidik. Biol.* **2016**, *1* (1), 6–8. <https://doi.org/https://doi.org/10.32938/jbe.v1i1>.
- (8) Musta, R.; Haetami, A.; Salmawati, M. Biodiesel Hasil Transesterifikasi Minyak Biji Nyamplung (*Calophyllum Inophyllum*) Dengan Metanol. *Indo. J. Chem. Res.* **2017**, *4* (2), 394–401. <https://doi.org/10.30598/ijcr.2017.4-rus>.
- (9) Sudradjat, R.; Pawoko, E.; Hendra, D.; Setiawan, D. Pembuatan Biodiesel Dari Biji Kesambi (*Schleichera Oleosa* L.). *J. Penelit. Has. Hutan* **2010**, *28* (4), 358–379. <https://doi.org/https://doi.org/10.20886/jphh.2010.28.4.358-379>.
- (10) Adhani, L.; Aziz, I.; Nurbayti, S.; Oktaviana, C. O. Pembuatan Biodiesel Dengan Cara Adsorpsi Dan Transesterifikasi Dari Minyak Goreng Bekas. *J. Kim. Val.* **2016**, *2* (15), 71–80. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15408/jkv.v2i1.3107>.
- (11) Haryanto, A.; Silviana, U.; Triyono, S.; Prabawa, S. Produksi Biodiesel Dari Transesterifikasi Minyak Jelantah Dengan Bantuan Gelombang Mikro: Pengaruh Intensitas Daya Dan Waktu Reaksi Terhadap Rendemen Dan Karakterisasi Biodiesel. *Agritech* **2015**, *35* (2), 234–240. <https://doi.org/https://doi.org/10.22146/agritech.13792>.
- (12) Hasby, H.; Nurhafidhah, N.; Pamungkas, G. Pemodelan Komputasi Komponen Cis Dan Trans Metil Oleta Dalam Biodiesel Yang Disintesis Dari Minyak Kelapa Sawit. *J. Kim. (Journal Chem.* **2021**, *15* (2), 208–214. <https://doi.org/https://doi.org/10.24843/JCHEM.2021.v15.i02.p12>.
- (13) Hoang, A. T. Prediction of the Density and Viscosity of Biodiesel and The Influence of Biodiesel Properties on a Diesel Engine Fuel Supply System. *J. Mar. Eng. Technol.* **2021**, *20* (5), 299–311. <https://doi.org/10.1080/20464177.2018.1532734>.
- (14) Giakoumis, E. G.; Sarakatsanis, C. K. Estimation of Biodiesel Cetane Number, Density, Kinematic Viscosity and Heating Values From Its Fatty Acid Weight Composition. *Fuel* **2018**, *222* (January), 574–585. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2018.02.187>.
- (15) Andalia, W.; Pratiwi, I. Kinerja Katalis NaOH Dan KOH Ditinjau Dari Kualitas Produk Biodiesel Yang Dihasilkan

- Dari Minyak Goreng Bekas. *J. Tekno Glob.* **2018**, 7 (2), 32–36.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.36982/jtg.v7i2.549>
- (16) Hadiyanto, H.; Yuliandaru, I.; Hapsari, R. Production of Biodiesel from Mixed Waste Cooking and Castor Oil. *MATEC Web Conf.* **2018**, 03056 (03056), 1–4.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1051/mateconf/201815603056>.
- (17) Laila, L.; Oktavia, L. Kaji Eksperimen Angka Asam Dan Viskositas Biodiesel Berbahan Baku Minyak Kelapa Sawit Dari PT Smart Tbk. *J. Teknol. Proses dan Inov. Ind.* **2017**, 2 (1), 3–6. <https://doi.org/10.36048/jtpii.v2i1.2245>.
- (18) Álvarez, A.; Lapuerta, M.; Agudelo, J. R. Prediction of Flash Point Temperature of Alcohol/ Biodiesel/Diesel Fuel Blends. *Ind. Eng. Chem. Res.* **2019**, 1 (2), 1–37.
<https://doi.org/10.1021/acs.iecr.9b00843>.
- (19) Wahyudin; Tambunan, A. H.; Purwanti, N.; Joelianingsih; Nabetani, H. Tinjauan Perkembangan Proses Katalitik Heterogen Dan Non-Katalitik Untuk Produksi Biodiesel. *J. Keteknikan Pertan.* **2018**, 6 (2), 123–130.
<https://doi.org/https://doi.org/10.19028/jtep.06.2.123-130>.
- (20) Manaf, I. S. A.; Embong, N. H.; Khazaai, S. N. M.; Rahim, M. H. A.; Yusoff, M. M.; Lee, K. T.; Maniam, G. P. A Review for Key Challenges of the Development of Biodiesel Industry. *Energy Convers. Manag.* **2019**, 185 (February), 508–517.
<https://doi.org/10.1016/j.enconman.2019.02.019>.