

## SINTESIS METIL ESTER DARI MINYAK BIJI FEUN KASE (*THEVETIA PERUVIANA*) MENGGUNAKAN KATALIS NaOH DENGAN VARIASI WAKTU

Received 20<sup>th</sup> June 2023,  
Accepted 20<sup>th</sup> February 2024  
DOI: 10.32938/jcsa.v2i1.3858

Dessy Debora Talan, Jefry Presson\*, dan Sefrinus M.D. Kolo

Program Studi Kimia, Fakultas Pertanian, Universitas Timor

Jalan KM. 09, kelurahan sasi, kecamatan Kota Kefamenanu, Kabupaten TTU, Provinsi NTT, Kode Pos :85613, Negara Indonesia

\*Email: [dessydeboratalan@gmail.com](mailto:dessydeboratalan@gmail.com)

### Abstrak

Pencarian energi alternatif terus dilakukan sebagai bentuk upaya mengatasi berkurarnya energi bahan bakar fosil. sintesis metil ester sebagai bahan bakar alternatif terbarukan dari minyak biji Feun Kase (*Thevetia Peruviana*) telah berhasil dilakukan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui besar rendemen metil ester dari minyak biji *Feun Kase* berdasarkan variasi waktu, pengaruh variasi waktu terhadap mutu biodiesel dari minyak biji *Feun Kase* berdasarkan uji parameter yang dibandingkan dengan SNI 7182:2015. Penelitian ini menggunakan sampel biji Feun Kase (*Thevetia Peruviana*). Metode yang digunakan dalam pengambilan minyak adalah ekstraksi dengan pelarut petroleum eter. Jenis alkohol yang digunakan pada reaksi transesterifikasi adalah metanol dengan perbandingan metanol dengan minyak (6:1). Katalis yang digunakan adalah katalis NaOH 1% b/b dengan variasi waktu 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit dan 150 menit. Metil ester yang dihasilkan diuji parameter berupa densitas, viskositas, bilangan asam, bilangan penyabunan, titik kabut, titik nyala. Hasil transesterifikasi dengan variasi waktu menghasilkan rendemen tertinggi pada waktu 90 menit sebesar 81,48%. Hasil uji parameter metil ester dari minyak biji *Feun Kase* nilai densitas sebesar 851 kg/m<sup>3</sup>, viskositas sebesar 4,34 mm<sup>2</sup>/s, titik kabut 6°C dan titik nyala 165°C telah memenuhi standar SNI 7182:2015 sedangkan bilangan asam sebesar 3,65 mg-KOH/gr, bilangan penyabunan sebesar 155,76 mg-KOH/gr belum memenuhi standar SNI 7182:2015.

**Kata kunci:** Transesterifikasi, Metil Ester, Feun Kase, waktu

### 1. Pendahuluan

Berkurangnya ketersediaan bahan bakar fosil menjadi masalah yang serius yang perlu diatasi. Salah satu upaya untuk mengatasi masalah ketersediaan bahan bakar fosil tersebut adalah dengan mengembangkan energi alternatif

pengganti bahan bakar fosil salah satunya adalah biodiesel. Biodiesel adalah energi alternatif yang dihasilkan dari minyak nabati, minyak hewani atau minyak bekas<sup>1</sup>. Biodiesel yang dihasilkan dari minyak nabati memiliki keunggulan dapat diperbaharui dan diproduksi secara berkesinambungan. Salah satu bahan baku yang dapat digunakan untuk menghasilkan biodiesel adalah minyak Feun Kase (*Thevetia Peruviana*). Minyak *feun kase* mangandung minyak nabati sebesar 60-66% berdasarkan penelitian<sup>2</sup>. Biodiesel diproduksi melalui reaksi transesetifikasi asam lemak minyak nabati dengan alkohol dan katalis dapat menghasilkan metil ester asam lemak (biodiesel). Bahan

<sup>a</sup>Address here.

<sup>b</sup>Address here.

<sup>c</sup>Address here.

\*Corresponding author:

† Footnotes relating to the title and/or authors should appear here.

Electronic Supplementary Information (ESI) available: [details of any supplementary information available should be included here]. See DOI: 10.1039/x0xx00000x

bakar minyak nabati berpotensi sebagai bahan bakar diesel<sup>3</sup>. Dalam produksi metil ester dipengaruhi oleh beberapa faktor salah satunya adalah waktu reaksi transesterifikasi. Metil ester yang dihasilkan dari minyak kelapa menghasilkan rendemen metil ester sebesar 75,56% pada kondisi waktu terbaik 60 menit dengan katalis NaOH<sup>4</sup>. Sedangkan penelitian menggunakan *Virgin Coconut Oil* (VCO) menghasilkan kadar metil ester berkisar antara 97,15-97,50% pada kondisi waktu 1,5 jam menggunakan katalis NaOH 1,25%<sup>5</sup>. Metil ester dihasilkan dari minyak jarak menggunakan katalis NaOH menghasilkan rendemen tertinggi yaitu sebesar 99,2% pada kondisi waktu 120 menit<sup>1</sup>. Rendemen yang dihasilkan dari proses transesterifikasi berbeda setiap sampel yang digunakan. Penelitian sebelumnya minyak *Feun Kase* menggunakan proses transesterifikasi menunjukkan minyak *Feun Kase* layak digunakan sebagai bahan bakar<sup>6</sup>. Perlu untuk mencari kondisi waktu optimum yang dihasilkan dari sampel. penelitian ini menggunakan minyak biji *Feun Kase* dengan variasi waktu menggunakan metode transesterifikasi dengan katalis NaOH 1%. Sintesis biodiesel dilakukan dengan variabel waktu reaksi untuk mengetahui pengaruh variasi waktu terhadap rendemen metil ester. Metil ester yang diperoleh kemudian diuji kualitasnya dengan menggunakan uji parameter yang dibandingkan dengan Standar Mutu Biodiesel (SNI).

## 2. Metodologi

### 2.1 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Biji *Feun Kase*, aquades, metanol, NaOH, KOH, etanol, petroleum eter, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> anhidrat, indikator PP, HCl, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, tisu, aluminium foil, kertas label.

### 2.2 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain oven, blender, neraca analitik, pignometer, viskometer oswald, termostat, seperangkat alat gelas, statif, buret, pipet volum, termometer, desikator, tabung reaksi, hot plate, corong pisah, labu leher tiga, Erlenmeyer, labu ukur.

### 2.3 Prosedur Kerja

Dalam penelitian ini prosedur kerja yang dilakukan terdiri dari beberapa tahapan berupa preparasi sampel, ekstraksi, *degumming*, transesterifikasi dan pemurnian.

### Preparasi dan ekstraksi sampel

Preparasi sampel bungkil *Feun Kase* dilakukan dengan biji *Feun Kase* dibersihkan dari kulitnya kemudian diambil bungkil *Feun Kase*, setelah itu bungkil *Feun Kase* dilender sampai halus, ditimbang kemudian dioven pada suhu 60°C selama 4 jam. Bungkil *Feun Kase* setelah dioven kemudian diekstraksi maserasi menggunakan petroleum eter untuk mendapatkan minyak mentah *Feun Kase*.

### Degumming

Minyak mentah *Feun Kase* kemudian ditambahkan asam fosfat (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) 1% 70°C selama 30 menit, minyak dimasukkan kedalam corong pisah untuk memisahkan minyak dengan pengotor yang mengendap. Setelah itu minyak dibilas dengan aquades sampai pH netral. Kemudian minyak dilakukan monitoring<sup>7</sup>

### Transesterifikasi

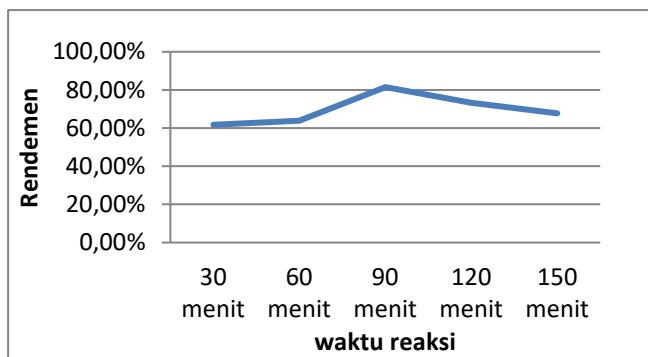
Dimasukkan minyak *Feun Kase* hasil degumming, metanol, dan katalis NaOH 1% ke dalam botol duran, kemudian dipanaskan pada hot plate dengan keadaan: rasio minyak/metanol 1:6 w/w, T= 60°C, dan dilakukan pada keadaan waktu yang bervariasi (60, 90, 120, 150, 180 menit)<sup>8</sup>.

### Pemurnian

Minyak hasil transesterifikasi dipindahkan ke corong pisah memisahkan sisa reaktan dan pengotor lainnya. Pada proses pemisahan akan terbentuk dua lapisan yaitu metil ester dan gliserol. Setelah metil ester dan gliserol dipisahkan metil ester dibilas untuk menghilangkan sisa reaktan dan katalis. Tahap selanjutnya metil ester dipanaskan untuk menghilangkan kandungan air yang masih tersisa pada metil ester kemudian disaring menggunakan kertas saring. pemanasan dilakukan dengan suhu 100-110°C<sup>9</sup> Rendemen metil ester dihitung dengan rumus berikut

## 3. Hasil dan Pembahasan

Rendemen metil ester hasil transesterifikasi dengan menggunakan katalis NaOH 1% variasi waktu dapat dilihat pada **gambar 1**.

**Gambar 1.** Rendemen Metil Ester Variasi Waktu

Dari hasil perhitungan rendemen metil ester hasil transesterifikasi menggunakan katalis NaOH 1% dengan variasi waktu menghasilkan rendemen metil ester tertinggi pada variasi waktu 90 menit yaitu sebesar 81,48%. Terjadi peningkatan rendemen dari variasi waktu 30 menit hingga variasi waktu 90 menit hal ini menunjukkan semakin bertambahnya waktu reaksi maka konversi asam lemak menjadi metil ester semakin meningkat. Penelitian ini sejalan dengan penelitian sebelumnya menyatakan semakin lama waktu reaksi menyebabkan aktifitas tumbukan antar molekul reaktan semakin lama, sehingga rendemen metil ester semakin bertambah<sup>5</sup>. Pada waktu reaksi yang lebih lama menyebabkan penurunan rendemen metil ester hal ini disebabkan reaksi telah melewati waktu optimum dimana ketika reaksi mencapai reaksi kesetimbangan akan terjadi reaksi antara reaktan dan katalis membentuk kembali asam lemak (reaksi balik).

#### Perhitungan parameter

Parameter biodiesel yang dihitung dalam penelitian ini terdiri dari densitas, viskositas, bilangan asam, bilangan penyabunan, titik kabut dan titik nyala

#### Densitas

Densitas biodiesel merupakan berat biodiesel per satuan volum. Berdasarkan penelitian, biodiesel dari reaksi transesterifikasi minyak biji *Feun Kase* memiliki nilai densitas sebagai berikut.

**Tabel 1.** Nilai Densitas Minyak *Feun Kase*

Sampel	Densitas Kg/m <sup>3</sup>
Minyak mentah (press)	800
Minyak maserasi	837
Minyak degumming	865
Metil ester 30 menit	844
Metil ester 60 menit	833
Metil ester 90 menit	851
Metil ester 120 menit	830

Metil ester 150 menit	828
Standar SNI 7182;2015	850-890

Berdasarkan data tabel diatas, Nilai densitas yang memenuhi standar yaitu minyak *degumming* dan variasi waktu 90 menit dengan masing-masing memiliki nilai sebesar 865 kg/m<sup>3</sup> dan 851 kg/m<sup>3</sup>. Nilai densitas yang diperoleh sudah memenuhi standar SNI 7182;2015 dengan nilai berkisar 850-890 kg/m<sup>3</sup>. Nilai densitas bahan bakar yang memenuhi standar akan menghasilkan pembakaran yang sempurna<sup>11</sup>. Semakin tinggi nilai densitas akan berpengaruh terhadap peningkatan konsumsi bahan bakar. Nilai densitas bahan bakar yang semakin tinggi akan mengakibatkan banyak bahan bakar yang dibutuhkan untuk menginjeksi pembakaran pada mesin<sup>12</sup>

#### Viskositas

Pengujian viskositas bertujuan untuk menentukan kekentalan zat cair. Semakin tinggi nilai viskositas maka semakin kental larutan tersebut dan semakin kecil nilai viskositas maka akan semakin cair. Viskositas biodiesel menurut standar SNI berkisar antara 2,3-6,0 mm<sup>2</sup>/s. **Tabel 2** merupakan hasil uji viskositas dari minyak biji *Feun Kase*.

**Tabel 2.** Nilai Viskositas Minyak *Feun Kase*

Sampel	Waktu Alir Sampel mm <sup>2</sup> /s
Minyak maserasi	19,72
minyak degumming	18,73
Waktu 30 menit	4,90
Waktu 60 menit	4,61
Waktu 90 menit	4,34
Waktu 120 menit	4,21
Waktu 150 menit	5,02
Standar SNI	2,3-6,0

Berdasarkan tabel diatas hasil pengujian viskositas minyak maserasi dan minyak degumming sebesar 19,72 mm<sup>2</sup>/s dan 18,73 mm<sup>2</sup>/s. Sedangkan setelah proses transesterifikasi dengan variasi waktu memiliki nilai viskositas yaitu 4,90 mm<sup>2</sup>/s, 4,61 mm<sup>2</sup>/s, 4,34 mm<sup>2</sup>/s, 4,31 mm<sup>2</sup>/s, 5,02 mm<sup>2</sup>/s, dan 3,97 mm<sup>2</sup>/s. Nilai ini telah memenuhi standar SNI 7182;2015 yaitu berkisar 2,3-6,0 mm<sup>2</sup>/s. Nilai viskositas yang tinggi disebabkan proses pemisahan yang tidak sempurna<sup>13</sup>. Nilai viskositas yang tinggi dikarenakan pada biodiesel masih terdapat sisa air setelah proses pencucian. Jika dibandingkan dengan penelitian menggunakan minyak kelapa, minyak *Feun Kase* memiliki nilai viskositas yang lebih besar dan

sudah mencapai standar sedangkan viskositas minyak kelapa lebih rendah dengan nilai viskositas  $1,31 \text{ mm}^2/\text{s}$  belum memenuhi standar mutu<sup>5</sup>. Viskositas yang rendah berarti bahan bakar mudah mengalir (cair). Jika bahan bakar terlalu cair akan mengakibatkan pembakaran semakin sulit dan merusak pipa injeksi mesin. Apabila viskositas bahan bakar semakin tinggi, berarti tidak mudah mengalir, maka memungkinkan terjadi kebocoran pada mesin.

### Bilangan asam

Bilangan asam menyatakan jumlah mg KOH untuk menetralkan 1 gram lemak. Penentuan bilangan asam menggunakan prinsip titrasi dengan pereaksi KOH. Bilangan asam menurut standar SNI adalah memiliki nilai maksimal 0,8 mg KOH/g. bilangan asam biodiesel variasi waktu dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3. Nilai Bilangan Asam Minyak *Feun Kase*

Sampel	Bilangan Asam mg-KOH/g
Minyak mentah (press)	10,52
Minyak maserasi	4,91
Minyak degumming	3,32
Metil ester 30 menit	1,54
Metil ester 60 menit	2,10
Metil ester 90 menit	3,65
Metil ester 120 menit	2,10
Metil ester 150 menit	2,10
<b>Standar SNI</b>	<b>Max. 0,8</b>

Dari data tabel di atas, hasil uji bilangan asam dari biodiesel minyak *Feun Kase* masih memiliki nilai yang tinggi dan belum memenuhi standar SNI. Bilangan asam di dalam bahan bakar mempengaruhi sifat korosinya terhadap mesin. Jika bahan bakar memiliki nilai bilangan asam yang tinggi maka korosivitasnya semakin tinggi<sup>14</sup>. Berdasarkan pengujian bilangan asam biodiesel dengan variasi waktu menggunakan katalis NaOH 1%, didapatkan nilai bilangan asam yang berkisar 1,54-3,65 mg-KOH/gr. Jika dibandingkan dengan bilangan asam dari bahan baku yaitu bernilai 4,91 mg KOH/gr maka bilangan asam biodiesel mengalami penurunan. Namun demikian nilai bilangan asam hasil transesterifikasi variasi waktu belum memenuhi standar SNI 7182;2015 yaitu dengan nilai maksimal 0,8 mg KOH/gr. Nilai bilangan asam biodiesel *Feun Kase* masih belum memenuhi standar dikarenakan masih terdapat kandungan asam lemak bebas dalam biodiesel. Untuk menghilangkan kandungan asam lemak bebas perlu dilakukan reaksi esterifikasi<sup>15</sup>. Pada proses esterifikasi asam lemak bebas pada metil ester akan

berkurang karena melalui proses esterifikasi asam lemak akan diubah menjadi senyawa ester.

### Bilangan Penyabunan

Bilangan penyabunan menyatakan jumlah mg KOH untuk menyabunkan 1 gram lemak. Bilangan penyabunan berdasarkan standar SNI berkisar 180-264 mg KOH/gr. Berikut ini merupakan data hasil uji bilangan penyabunan biodiesel *Feun Kase* dengan menggunakan variasi waktu transesterifikasi dengan katalis NaOH 1%.

Tabel 4. Nilai Uji Bilangan Penyabunan

Sampel	Bilangan penyabunan mg-KOH/g
Minyak mentah (press)	147,29
Minyak maserasi	155,71
Minyak degumming	155,71
Metil ester 30 menit	157,1
Metil ester 60 menit	155,71
Metil ester 90 menit	155,71
Metil ester 120 menit	157,1
Metil ester 150 menit	155,7
<b>Standar SNI</b>	<b>180-264</b>

Berdasarkan data tabel di atas, hasil uji bilangan penyabunan didapatkan dari masing-masing variasi waktu. Dari hasil uji bilangan penyabunan biodiesel minyak biji *Feun Kase* berkisar 155,71-157,1 mg KOH/g. Bilangan penyabunan biodiesel *Feun Kase* masih rendah dan belum memenuhi standar. Angka penyabunan menunjukkan berat molekul triglycerida penyusun minyak<sup>16</sup>. Bilangan penyabunan minyak yang tinggi berarti memiliki berat molekul yang kecil. Semakin besar berat molekul semakin semakin rendah bilangan penyabunan. Dari hasil uji bilangan penyabunan, biodiesel *Feun Kase* memiliki nilai bilangan penyabunan yang rendah hal ini menunjukkan biodiesel *Feun Kase* disusun oleh asam-asam lemak dengan berat molekul yang besar. Penelitian sebelumnya menghasilkan bilangan penyabunan biodiesel dari minyak jarak sebesar 161,934 mg KOH/g. Hal ini menandakan minyak jarak yang digunakan memiliki berat molekul yang besar<sup>10</sup>.

### Titik kabut

Titik kabut merupakan parameter biodiesel untuk mengukur suhu pada saat metil ester keruh atau berkabut. Titik kabut menurut standar SNI 7182;2015 yaitu bernilai maksimal  $18^\circ\text{C}$ . Hasil uji titik kabut biodiesel yang dihasilkan dari minyak biji *Feun Kase*, menggunakan katalis NaOH 1% variasi waktu dapat dilihat pada tabel 5.

**Tabel 5.** Nilai Titik Kabut Biodiesel

Sampel	Titik Kabut
Minyak mentah (Press)	3
Minyak Maserasi	3
Minyak degumming	1
Metil ester 30 menit	6
Metil ester 60 menit	6
Metil ester 90 menit	6
Metil ester 120 menit	7
Metil ester 150 menit	6
<b>SNI</b>	<b>Max. 18</b>

Berdasarkan hasil uji titik kabut biodiesel *Feun Kase* berkisar 1°C-7°C nilai ini memenuhi standar SNI dimana maksimal titik kabut biodiesel adalah 18°C. Nilai titik kabut biodiesel *Feun Kase* menunjukkan biodiesel *Feun Kase* aman digunakan pada mesil diesel. Bahan bakar yang memiliki titik kabut yang tinggi, dalam kondisi dingin mengakibatkan bahan bakar membentuk kristal-kristal dan padatan yang dapat merusak saringan dan pipa bahan bakar. Biodiesel minyak *Feun Kase* dapat digunakan karena memiliki nilai titik kabut yang rendah yang berarti kemungkinan biodiesel untuk membentuk Kristal padatan pada mesin sangat kecil<sup>10</sup>.

#### Titik Nyala

Titik nyala (*flash point*) menyatakan suhu terendah yang dibutuhkan bahan bakar untuk menyala saat didekatkan dengan nyala api. Pengujian titik nyala dari bahan bakar sangat diperlukan untuk mempermudah penyimpanan. Berikut merupakan data pengujian titik nyala dari biodiesel hasil sintesis dari minyak biji *Feun Kase* dapat dilihat pada tabel 6.

**Tabel 6.** Nilai Uji Titik Nyala

Sampel	Titik Nyala °C	SNI 7182:2015
Biodiesel Feun Kase	165	Min. 100°C
Biodiesel Miyak Jelantah	175	Min. 100°C

Titik nyala dari biodiesel hasil sintesis bernilai 165°C. Nilai titik nyala biodiesel telah memenuhi standar SNI 7182:2015 yaitu minimal 100°C. Jika dibandingkan dengan nilai titik nyala dari biodiesel minyak jelantah lebih tinggi dibandingkan titik nyala biodiesel *Feun Kase*. Titik nyala biodiesel *Feun Kase* masih berada pada batas standar SNI. Nilai titik nyala yang terlalu rendah akan mempersulit penyimpanan dan jika titik nyalanya terlalu tinggi maka penyalaannya akan semakin sulit sehingga dibutuhkan lebih banyak energi untuk menyalakan bahan bakar. Menurut penelitian sebelumnya nilai titik nyala yang sesui dengan

standar SNI masih dalam batas aman terhadap bahaya pembakaran, penyimpanan dan transportasi<sup>17</sup>.

#### 4 Kesimpulan

Dari hasil penelitian sintesis metil ester (biodiesel) dari minyak biji *Feun Kase* menggunakan katalis NaOH, perbandingan molar 1:6 dengan variasi waktu reaksi dapat disimpulkan bahwa Sintesis metil ester dari minyak biji *Feun Kase* melalui reaksi transesterifikasi, menghasilkan rendemen biodiesel tertinggi pada variasi waktu 90 menit sebesar 81,48%. Hasil uji mutu biodiesel *Feun Kase* yang memenuhi standar SNI 7182:2015 yaitu nilai densitas sebesar 851 kg/m<sup>3</sup> pada waktu 90 menit, viskositas 4,34 mm<sup>2</sup>/s, titik kabut 6°C, dan titik nyala 165°C. Nilai yang belum memenuhi standar yaitu nilai bilangan asam sebesar 3,65 mg KOH/g masih melewati batas standar maksimal sebesar 0,8 mg-KOH/g dan hasil bilangan penyabunan sebesar 155,76 mg-KOH/g belum memenuhi standar SNI sebesar 180-264 mg-KOH/g.

#### Referensi

- (1) Sipahutar, R. and; Tobing, H. L. L. Pengaruh Variasi Suhu Dan Waktu Konversi Biodiesel Dari Minyak Jarak Terhadap Kuantitas Biodiesel Yang Dihasilkan. *J. REKAYASA MESIN* 2013, 13 (1), 15–20.
- (2) Bora, M. M.; Gogoi, P.; Deka, D. C.; Dilip Kumar Kakati. Tanaman Dan Produk Industri Sintesis Dan Karakterisasi Oleander Kuning ( *Thevetia Peruviana* ) Resin Alkid Berbasis Minyak Biji. *Tanam. dan Prod. Ind.* 2014, 52, 721–728. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.11.012>.
- (3) Kharis, N.; Sutjahjono, H.; Arifiantara, H.; Setyawan, D. L.; Ilminnafik, N. Karakteristik Biodiesel Dari Minyak Biji Randu (*Ceiba Pentandra*) Dengan Proses Transesterifikasi Menggunakan Katalis NaOH. *J. Energi Dan Manufaktur* 2019, 12 (1), 37. <https://doi.org/10.24843/jem.2019.v12.i01.p07>.
- (4) Pramitha, R. I.; Haryanto, A.; Triyono, S. PENGARUH PERBANDINGAN MOLAR DAN DURASI REAKSI TERHADAP RENDEMEN BIODIESEL DARI MINYAK KELAPA (Coconut Oil). *J. Tek. Pertan. Lampung Vol 5, No. 3 157- 166 2016*, 5 (3), 157–166.
- (5) Mandei, J. H.; Edam, M.; Assah, Y.; Makalalag, A.; Silaban, D. METIL ESTER MINYAK KELAPA MURNI YANG TELAH DIEKSTRAK SENYAWA FENOLIK DENGAN VARIASI WAKTU TRANSESTERIFIKASI. *J. Ris. Teknol.*

- Ind.* 2020, 14 (2), 309–319.
- (6) Presson, J.; Ivana, Y. The Physicochemical Profile Of Feun Kase ( Thevetia Peruviana ) Oil As A New Feedstock For Renewable Energy. *SAVANA CENDANA* 2021, 6 (1), 11–15.
- (7) M. Wahyu Nugraha, E. S. and Z. H. SINTESIS BIODIESEL DARI MINYAK BIJI NYAMPLUNG (*Calophyllum Inophyllum*) MENGGUNAKAN KATALIS GEOPOLIMER DARI ABU SEKAM PADI DAN KAOLIN. *JoM FTEKNIK* 2017, 4 (2), 1–5.
- (8) Dhoot, S.B. , Jaju, D. R. and D. S. A. Extraction of Thevetia Peruviana Seed Oil and Optimization of Biodiesel Production Using Alkali- Catalyzed Methanolysis. *J. Altern. Energy Sources Technol.* 2011, 2 (2), 8–16.
- (9) Nurlis, Syaiful Bahri, and E. S. PEMBUATAN BIODIESEL DARI MINYAK BIJI KAPUK (CEIBA PENTANDRA) DENGAN KATALIS LEMPUNG TERAKTIVASI; PENGARUH WAKTU REAKSI TERHADAP YIELD BIODIESEL. *JOOM FTEKNIK* 2017, 4 (2), 1–6.
- (10) AULIYA, F. REAKSI TRANSESTERIFIKASI TRIGLISERIDA DARI MINYAK JARAK MENGGUNAKAN KATALIS SUPERBASA  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, 2008. <https://lontar.ui.ac.id/detail?id=20181834&lokasi=lokal>.
- (11) Mujiharti; Yusmartini, E. S.; Roni, A. TRANSESTERIFIKASI MINYAK JELANTAH MENJADI BIODIESEL DENGAN KATALIS RFCCU BASE CHEMICAL Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. *J. Distilasi* 2020, 4 (2), 27. <https://doi.org/10.32502/jd.v4i2.2211>.
- (12) Busyairi, M.; Za, A.; Meicahyanti, I. Potensi Minyak Jelantah Sebagai Biodiesel Dan Pengaruh Katalis Serta Waktu Reaksi Terhadap Kualitas Biodiesel Melalui Proses Transesterifikasi. *Serambi Eng.* 2020, V (2), 933–940.
- (13) Lestari, L. P.; Meriatna; Suryati; Jalaluddin; Sylvia, N. Pengaruh Suhu Dan Waktu Reaksi Transesterifikasi Minyak Jarak Kepyar. *Chem. Eng. J. Storage* 2021, 2 (Oktober), 64–80.
- (14) Rezeika, S. H.; Ulfin, I.; Lailun, Y. Sintesis Biodiesel Dari Minyak Jelantah Menggunakan Katalis NaOH Dengan Variasi Waktu Reaksi Transesterifikasi Dan Uji Performanya Dengan Mesin Diesel. *AKTA Kim. Indones.* 2018, 3 (2), 175–189.
- (15) Sanjiwani, N. M. S.; Suaniti, N. M.; Rustini, N. L. Bilangan Peroksida, Bilangan Asam, Dan Kadar FFA Biodiesel Dengan Penambahan Antioksidan Dari Kulit Buah Pisang Kepok (*Musa Paradisiaca Linn.*). *J. Kim.* 2015, 9 (2), 259–266.
- (16) Fatmawati, F. Penentuan Bilangan Penyabunan Pada Limbah Biodiesel Pertamina Di Tarakan. *Borneo J. Biol. Educ.* 2021, 3 (Vol 3, No 1 (2021): April), 54–58.
- (17) Setiawati, E.; Edwar, F. Teknologi Pengolahan Biodiesel Dari Minyak Goreng Bekas Dengan Teknik Mikrofiltrasi Dan Transesterifikasi Sebagai Alternatif Bahan Bakar Mesin Diesel. *Ris. Ind.* 2012, VI (2), 117–127.