

PEMBUATAN BIODIESEL DENGAN PENAMBAHAN METHANOL DAN KATALIS Na_2SiO_3

BIODIESEL PRODUCTION WITH THE ADDITION OF METHANOL AND Na_2SiO_3 CATALYST

Achmad Faisal Faputri¹⁾, Indah Agus Setiorini²⁾, Sulton Amna³⁾, Jonatan L. Tobing⁴⁾
^{1,2,3,4)}Program Studi Teknik Pengolahan Migas Politeknik Akamigas Palembang, 30257, Indonesia
 Corresponding Author E-mail: *achmadfaisal@pap.ac.id* dan *indah@pap.ac.id*

Abstract: Biodiesel offers many advantages that make it an attractive alternative in the fuel industry. Firstly, as a renewable biofuel, biodiesel can be replenished from plant-based materials and animal fats, which can be cultivated or produced again within a single generation. This study focuses on the production of biodiesel from used cooking oil using methanol and the addition of sodium silicate catalyst, employing esterification and transesterification methods. The quality of the biodiesel was assessed through tests for density, distillation, Cetane Index, flash point, Cooper Strip Corrosion and Pour point. In this study, the operating conditions were set at 1 atm pressure and 60°C temperature, with varying reaction times of 2, 3, and 4 hours. The results obtained were: yield percentages of 82%, 92%, and 94%; densities of 861,1 kg/m³; 829,6 kg/m³; and 828,8 kg/m³; distillation temperatures for 90% recovery were 340°C, 341°C, and 346°C; Cetane Index values were 56,65 for all samples; and flash points were 127°C, 155°C, and 160°C. Additionally, Cooper Strip Corrosion values for all samples indicated number 1a, and Pour Point values were -8°C. The quality testing results indicate that the biodiesel meets the standards, although the yield percentages are still below 90%. It can be concluded that the use of sodium silicate as a catalyst is quite effective in the production of biodiesel.

Keywords: Biodiesel, Used Cooking Oil, Catalyst, Sodium Silicate.

Abstrak: Biodiesel memiliki banyak keunggulan yang membuatnya menjadi alternatif yang menarik dalam industri bahan bakar. Pertama, sebagai bahan bakar yang dapat diperbarui biorenewable, biodiesel dapat diperbaharui dari bahan baku nabati dan lemak hewani, yang dapat ditanam atau dihasilkan dalam satu generasi. Pada penelitian ini pembuatan biodiesel dari minyak jelantah menggunakan methanol dan penambahan katalis sodium silicate dengan metode esterifikasi dan transesterifikasi. Karakteristik pengujian kadar mutu biodiesel dengan parameter uji densitas, distilasi, Cetane Index, flash point, Cooper Strip Corrosion dan Pour point. Pada penelitian ini kondisi operasi Tekanan 1 atm suhu 60°C dengan variasi waktu selama 2 jam, 3 jam dan 4 jam didapat hasil % yield adalah 82 %; 92 %; 94 %, untuk densitas yang didapat 861,1 kg/m³; 829,6 kg/m³; 828,8 kg/m³, Distilasi 90% didapat 340 °C, 341 °C dan 346 °C kemudian Cetane Index ketiga sampel yang didapat 56,65 dan untuk flash point didapat 127°C; 155°C; 160°C. Untuk nilai Cooper Strip Corrosion dan nilai Pour point ketiga sampel menunjukkan indikasi nomor 1a dan -8°C. Dari hasil pengujian kadar mutu, hasil penelitian ini memenuhi standar walaupun ada % yield yang didapat masih kurang dari 90 % yield. Dapat dikatakan penggunaan katalis sodium silicate cukup efektif untuk pembuatan biodiesel. Kata kunci: Biodiesel, Minyak Jelantah, Katalis, Sodium Silicate.

1. PENDAHULUAN

Biodiesel memiliki banyak keunggulan yang membuatnya menjadi alternatif yang menarik dalam industri bahan bakar. Pertama, sebagai bahan bakar yang dapat diperbarui atau *biorenewable*, biodiesel dapat diperbaharui dari bahan baku nabati dan lemak hewani, yang dapat ditanam atau dihasilkan kembali dalam satu generasi. Selain itu, biodiesel adalah karbon netral karena tanaman yang digunakan untuk membuatnya menyerap jumlah CO₂ yang sama dengan yang dilepaskan saat bahan bakar tersebut dibakar (Gerhard Knothe, dkk.2010).

2. TEORI DASAR

2.1 Minyak Jelantah Kelapa Sawit

Bagi kebanyakan orang, minyak goreng adalah komoditas penting. Minyak goreng tidak hanya berfungsi sebagai penghantar panas, tetapi juga berubah menjadi kuning kecoklatan saat digoreng dan berfungsi sebagai penambah rasa. Ketika minyak dipanaskan pada suhu tinggi, asam lemak bebas akan dihasilkan. Senyawa karbonil dan peroksida juga diproduksi, yang dapat menyebabkan keracunan kronis pada manusia (Aziz, I., dkk. 2011) (Aziz, I., dkk. 2012) (Hidayanti, dkk. 2016).

2.2 Biodiesel

Biodiesel dapat berupa bahan bakar cair yang dibuat dari minyak nabati dan lemak yang memiliki sifat pembakaran yang sebanding dengan bahan bakar diesel biasa (dari minyak bumi). Biodiesel dapat dibuat secara khusus dari minyak nabati, minyak atau lemak hewan, dan minyak goreng bekas. Biodiesel dapat terurai secara alami, tidak beracun, dan memiliki emisi yang lebih sedikit dibandingkan dengan minyak diesel berbahan dasar minyak bumi ketika dibakar (Gerhard Knothe, dkk. 2010).

Biodiesel adalah bahan bakar pengganti yang sebanding dengan minyak diesel biasa (*fossil*). Metode yang digunakan untuk mengubah bahan baku minyak menjadi biodiesel disebut transesterifikasi. Proses ini akan dijelaskan secara lebih rinci dalam bab berikut. Sumber minyak yang sesuai terbesar berasal dari tanaman minyak seperti kedelai, rapeseed, jagung, kelapa sawit dan bunga matahari (Budiman, Arif. dkk., 2014).

Tabel 2.1 Sifat Fisik Biodiesel

Karakteristik	Sifat Fisik
Rumus Kimia	$C_{17}H_{34}O_2$
Berat Molekul	270 kg/ kmol
Densitas	850 kg/m^3
Titik Lebur	22°C
Titik Didih	193°C
Kelarutan dalam air	Sukar larut
Kelarutan	Larut dalam alkohol atau senyawa non polar

Sumber: Kepdirjen Nomor 189 K/10/DJE/2019, 2019

2.3 Sodium Silicate

Sodium silicate adalah nama umum untuk senyawa dengan rumus kimia Na_2SiO_3 . Wujud zat ini tersedia dalam bentuk larutan dan padatan. Komposisi murni bahan tidak berwarna atau putih dan memiliki berat molekul 122,06 g/mol. Sodium silikat umumnya diproduksi dengan mereaksikan alkali dan silikon dioksida dalam kondisi padat (PubChem, 2024).

2.4 Esterifikasi

Esterifikasi adalah salah satu langkah penting dalam pembuatan biodiesel dari minyak nabati seperti minyak jelantah. Proses ini melibatkan reaksi antara minyak nabati yang mengandung trigliserida dengan alkohol (biasanya methanol atau etanol) dalam keberadaan katalis (seperti katalis asam atau basa). Tujuan utama dari esterifikasi adalah untuk mengubah trigliserida dalam minyak nabati menjadi ester metil atau etil serta gliserol. Proses esterifikasi memecah molekul-molekul trigliserida menjadi ester-ester yang lebih sederhana dan gliserol. Ester-ester tersebut adalah bahan bakar biodiesel yang diinginkan, sementara gliserol merupakan produk samping dari reaksi tersebut (Faputri, dkk. 2019).

2.5 Transesterifikasi

Metode pembuatan biodiesel pada umumnya melalui reaksi transesterifikasi senyawa trigliserida yang terkandung dalam minyak atau lemak. Reaksi transesterifikasi bertujuan untuk mengurangi kekentalan minyak atau lemak agar memenuhi persyaratan sebagai bahan bakar. Ada beberapa proses reaksi transesterifikasi yang berbeda melalui berbagai macam bahan mentah, jenis cairan, katalis, suhu reaksi, waktu reaksi, jenis reaktor dan proses pemisahan. Transesterifikasi dapat berupa penggantian alkohol dari gugus ester (trigliserida) dengan ester lain atau mengubah asam lemak menjadi bentuk ester untuk membuat alkil ester. Metode ini dikenal sebagai alkoholisis. Proses alkoholisis ini mungkin merupakan reaksi yang lebih sering berjalan secara bertahap tetapi dapat dipercepat dengan bantuan katalis (Mahfud. 2018) (Ahmad, M., dkk., 2012).

2.6 Analisa Minyak Jelantah

1) Analisa kadar air

Analisis kadar air pada minyak jelantah adalah proses untuk menentukan jumlah air yang terkandung dalam minyak jelantah. Kadar air yang tinggi dalam minyak jelantah dapat memengaruhi kualitasnya dan dapat menyebabkan masalah seperti oksidasi yang

cepat, penurunan umur simpan, dan perubahan rasa serta aroma pada produk yang dihasilkan dengan menggunakan minyak tersebut.

2) *Free Fat Acid* (FFA)

Analisis *Free Fatty Acids* (FFAs) pada minyak jelantah adalah proses untuk menentukan jumlah asam lemak bebas dalam minyak tersebut. FFAs adalah hasil dari hidrolisis trigliserida dalam minyak jelantah, yang dapat terjadi karena berbagai faktor termasuk pengolahan yang tidak tepat atau penyimpanan yang tidak sesuai. Minyak kelapa sawit mengandung Asam Paimitat dengan BM = 256 g/mol

2.7 Analisa Biodiesel

1) Densitas ASTM D-1480

ASTM D-1480 adalah standar yang digunakan untuk mengukur densitas cairan menggunakan piknometer. Metode ini mengharuskan penimbangan yang akurat untuk mendapatkan hasil yang konsisten dan dapat diandalkan.

2) Cetane Index ASTM D-4737

Indeks setana digunakan sebagai pengganti angka setana bahan bakar diesel. Indeks setana dihitung berdasarkan kepadatan bahan bakar dan rentang distilasi (ASTM D86). Ada dua metode yang digunakan, ASTM D976 dan D4737.

3) *Flash Point Pensky – Marten* (PM) ASTM D-93

ASTM D-93 adalah standar ASTM International yang menggambarkan metode pengujian untuk menentukan titik nyala (*flash point*) dari cairan yang mudah terbakar, termasuk minyak bumi dan produk turunannya. Titik nyala adalah suhu terendah di mana uap dari suatu cairan dapat terbakar secara spontan ketika terkena sumber api atau panas.

4) *Distilasi* ASTM D-86

Distilasi ASTM D-86 memberikan gambaran tentang sifat penguapan suatu produk minyak bumi. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui distilasi standard ASTM, pada contoh mogas, avgas, kerosine, *gas oil* dan produk produk lain yang sejenis.

5) *Cooper Strip Corrosion* ASTM D-130

Metode ini untuk penentuan *Copper strip corrosion* dari avgas, avtur, mogas kerosine, *solvent*, solar, minyak pelumas atau hydrocarbon lainnya yang memiliki tekanan ≤ 124 kPa (18 psi pada suhu 38,7°C). *Copper strip corrosion* merupakan gambaran tingkat korosi/karat suatu sampel terhadap bahan tembaga (*copper*).

Sebuah *copper strip* dicelupkan dalam sejumlah sampel, dipanaskan pada suhu dan waktu tertentu untuk mengetahui sifat / karakteristik sampel yang diuji untuk biodiesel pada suhu 50°C selama 3 jam. Lalu membandingkan *copper strip* tersebut dengan *copper strip* standar sesuai ASTM.

6) *Pour Point* ASTM D- 97

Pour point atau titik tuang merupakan petunjuk tempratur terendah dimana minyak masih bisa dituangkan atau masih bisa mengalir dengan gaya beratnya sendiri pada kondisi pengujian. Pengujian dipergunakan untuk penentuan *pour point* dari Produk minyak bumi (*petroleum product*) seperti: solar, pelumas, minyak diesel dan minyak bakar.

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Bahan dan alat Penelitian

Bahan dan alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *hot plate*, piknometer, *viscometer Otward*, labu leher tiga, pengaduk, termometer, kondensor, separator, beaker glass, gelas ukur, neraca analitik, spatula, saringan serta alat analisis lainnya. Bahan yang digunakan adalah minyak jelantah yang diambil dari pedagang gorengan, metanol, KOH dan asam sulfat, aquadest, *sodium silicate*, indikator PP dan bahan kimia untuk analisis lainnya.

3.2 *Pretreatment*

Minyak jelantah yang didapatkan dari hasil proses penggorengan. Minyak ini masih banyak terdapat impurities atau zat pengotor sehingga perlu dilakukan proses pemisahan minyak dari zat pengotor yang masih terdapat didalam minyak dengan metode pengendapan dilakukan untuk memisahkan partikel-partikel padatan dan air pada minyak kacang dengan

memanfaatkan perbedaan berat jenis dan gaya gravitasi bumi menggunakan alat separator.

3.3 Analisa Asam Lemak Bebas Dengan Menggunakan Titrasi Asam Basa

Tahapan Analisa asam lemak bebas sebagai berikut:

1. Sampel ditimbang sebanyak 5 gram.
2. Sampel dimasukkan dalam erlenmeyer dan ditambahkan 50 ml alkohol netral.
3. Dipanaskan hingga mendidih.
4. Setelah sampel dingin ditambahkan dengan 2 ml indikator PP dan dititrasi dengan larutan 0,1 N NaOH yang telah distandarisasi sampai warna pink tercapai dan tidak hilang selama 30 detik.

3.4 Preparasi Minyak Jelantah, Metanol, dan Katalis

Minyak jelantah sebanyak 500 ml dengan kandungan asam lemak bebas > 1%, lalu metanol sebanyak 250 ml dan katalis H_2SO_4 1 M sebesar 5 % v minyak jelantah lalu dilakukan pencampuran antara metanol dan H_2SO_4 sehingga membentuk senyawa metoksil.

3.5 Proses Esterifikasi

Minyak jelantah dimasukkan kedalam reaktor lalu dipanaskan hingga suhu 50 °C. Kemudian tambahkan metoksil yaitu campuran metanol 250 ml dan katalis H_2SO_4 5 %v minyak kacang tanah kedalam reaktor secara perlahan, setelah seluruh metoksil telah dialirkan kedalam reaktor. Atur suhu didalam reaktor sebesar 60 °C dan pengadukan dengan kecepatan \pm 300 rpm selama 60 menit.

3.6 Pengendapan dan Pemisahan

Setelah dilakukan proses esterifikasi maka dihasilkan minyak (ester alkil) dan air. Untuk memisahkan antara minyak dan air perlu dilakukannya proses pengendapan dengan menggunakan separator. Kemudian minyak dan air dipisahkan sehingga dihasilkan minyak (ester alkil) yang memiliki kadar asam lemak bebas < 0,5%.

3.7 Preparasi Minyak Jelantah, Metanol, dan Katalis

Minyak jelantah sebanyak 50 ml dengan kandungan asam lemak bebas < 5%, lalu metanol sebanyak 150 ml dan katalis *sodium silicate* 5%v, kemudian dilakukan pencampuran antara metanol dan KOH sehingga membentuk senyawa metoksida.

3.8 Proses Transesterifikasi

Minyak jelantah dialirkan kedalam reaktor lalu dipanaskan hingga suhu 50 °C. Kemudian tambahkan metoksida yaitu campuran metanol sebanyak 750 ml dan katalis dengan jumlah tertentu kedalam reaktor secara perlahan, setelah seluruh metoksida telah dialirkan kedalam reaktor. Atur suhu di dalam reaktor sebesar 60 °C dan pengadukan dengan kecepatan \pm 300 rpm selama 2 jam, 3 jam dan 4 jam.

3.9 Pengendapan dan Pemisahan

Setelah dilakukan proses transesterifikasi maka dihasilkan minyak (biodiesel) + gliserol. Untuk memisahkan antara minyak (biodiesel) dan gliserol perlu dilakukannya proses pengendapan selama 1 hari lalu minyak (biodiesel) dan gliserol dipisahkan, sehingga dihasilkan minyak ester alkil (biodiesel). Untuk menghilangkan methanol dan sodium silicate yang terikut pada biodiesel, maka dilarutkan dengan menggunakan aquadest pada suhu \pm 50 °C sebanyak 250 ml, proses dilakukan sebanyak 4 kali pencucian untuk mendapatkan hasil biodiesel yang lebih baik.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

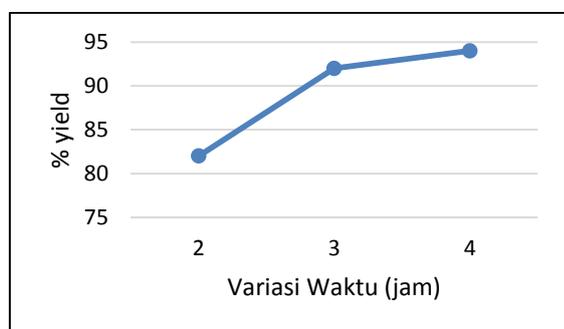
Pada penelitian pembuatan biodiesel dari minyak jelantah dengan *methanol* dan penambahan katalis *sodium silicate* 5%v, dengan variasi waktu pengadukan selama 2 jam, 3 jam dan 4 jam, dengan pengujian densitas, distilasi 90%, *cetane index*, *flash point*, *cooper strip corrosion* dan *pour point* dapat dilihat data hasil penelitian pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data Hasil Penelitian

Parameter Uji	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
	2 jam	3 jam	4 jam
Yield (%)	82	92	94
Densitas (kg/m ³)	861,1	829,6	828,8
Distilasi 90% (°C)	340	341	346
Cetane Index	56,65	56,65	56,65
Flash Point (°C)	127	155	160
Cooper Strip Corrosion	1a	1a	1a
Pour Point (°C)	-8	-8	-8

4.2 Pembahasan

4.2.1 %yield

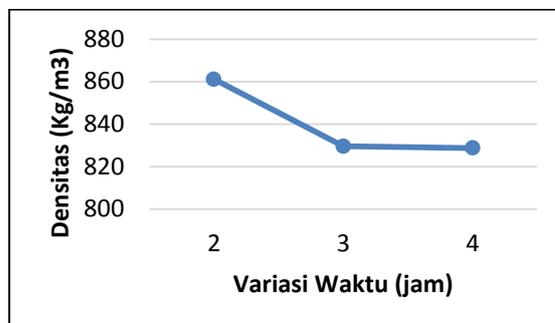
**Gambar 4.1** Grafik Hasil % Yield

Hasil % *yield* yang didapatkan pada variasi waktu yang lebih besar hasil %*yield* semakin besar, dikarenakan dengan semakin lama waktu reaksi maka kecepatan reaksi semakin kecil dapat diartikan bertambahnya konsentrasi hasil reaksi (produk) dalam setiap satuan waktu dan energi aktivasi yang diperlukan semakin menurun, sehingga jumlah molekul yang teraktifkan semakin besar dan menyebabkan konsentrasi produk menjadi naik. Dapat dikatakan lama waktu yang digunakan mempengaruhi %*yield* yang didapat, semakin lama waktu reaksi yang digunakan semakin besar juga %*yield* yang didapat.

4.2.2 Densitas ASTM D1480

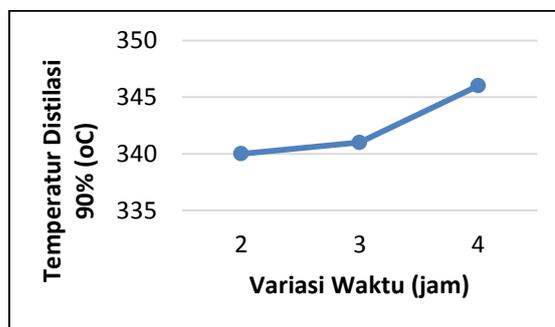
Pada hasil pengujian densitas menggunakan piknometer didapat hasil pengujian densitas pada ketiga sampel masih masuk dalam range kadar mutu biodiesel dikisaran 850 kg/m³ – 890 kg/m³. Semakin lama waktu proses transesterifikasi yang digunakan densitas yang diperoleh semakin

rendah. Dan densitas yang tinggi disebabkan oleh panjang rantai karbon yang lebih pendek dan peningkatan jumlah ikatan rangkap pada asam lemak

**Gambar 4.2** Grafik Hasil Pengujian Densitas

4.2.3 Distilasi ASTM D-86

Dari hasil pengujian distilasi 90 % pada biodiesel dengan variasi waktu diperoleh hasil telah memenuhi standar ASTM distilasi 90 % dengan temperatur maksimal 360 °C pada setiap kenaikan variasi waktu yang digunakan.

**Gambar 4.3** Grafik Hasil Pengujian Distilasi 90 %

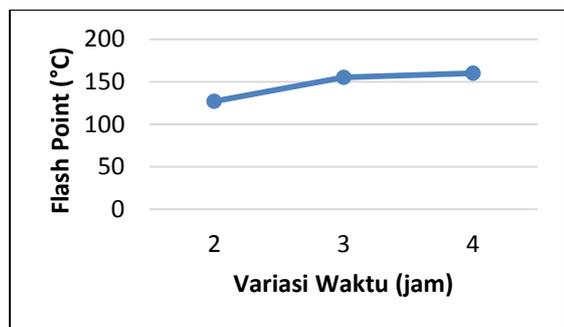
4.2.4 Cetan Index ASTM D-4737

Pada hasil pengujian *cetane index* didapat hasil sebesar 56,65 pada setiap hasil pengujian biodiesel dengan variasi waktu diperoleh hasil yang memenuhi standar ASTM D-4737 dengan nilai minimal 51 pada setiap kenaikan variasi waktu yang digunakan.

4.2.6 Flash Point Pensky – Marten (PM) ASTM D-93

Pada hasil pengujian *flash point* didapat hasil disetiap variasi waktu terjadi kenaikan suhu. Hal ini disebabkan oleh

semakin lama waktu yang digunakan maka kestabilan termal meningkatkan dan meningkatkan titik nyala. Hasil pengujian *flash point* untuk ketiga sampel memenuhi standar kadar mutu, yaitu $>100^{\circ}\text{C}$ sehingga penyimpanan lebih aman dari pada minyak solar yang titik nyalanya minimal 52°C .



Gambar 4.4 Grafik Hasil Pengujian *Flash Point*

4.2.7 Cooper Strip Corrosion ASTM D-130

Pada hasil pengujian *cooper strip corrosion* didapat hasil dengan indikasi sebesar 1a pada setiap hasil pengujian biodiesel dengan variasi waktu diperoleh hasil yang memenuhi standar ASTM D-130 dengan nilai nomor 1 pada setiap kenaikan variasi waktu yang digunakan.

4.2.8 Pour Point ASTM D- 97

Pada hasil pengujian *pour point* didapat hasil dengan nilai sebesar -8°C pada setiap hasil pengujian biodiesel dengan variasi waktu diperoleh hasil yang memenuhi standar ASTM D-97 dengan nilai maksimum sebesar 18°C .

5. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian kadar mutu, hasil penelitian ini memenuhi standar walaupun %yield yang didapat masih ada kurang dari 90 %yield yaitu dengan lama waktu proses transesterifikasi selama 2 jam. Dapat dikatakan penggunaan katalis sodium silicate cukup efektif untuk pembuatan biodiesel. Berdasarkan data hasil penelitian, sampel biodiesel yang memperoleh yield lebih tinggi, densitas lebih rendah, dan titik nyala lebih tinggi (seperti pada sampel 3) cenderung memiliki kualitas yang lebih baik dan lebih

cocok untuk digunakan dalam aplikasi mesin diesel. Ini menunjukkan peningkatan dalam efisiensi produksi serta sifat-sifat yang lebih menguntungkan untuk aplikasi praktis.

DAFTAR PUSTAKA

Ahmad, M., Khan, M.A., Zafar, M., dan Sultana, S. 2012. *Practical Handbook on Biodiesel Production and Properties*. CRC PRESS London Newyork hal 127

AOAC. 1984. *Official Methods of Analysis of The Association of Official Analytical Chemistry*. 14th Ed. Virginia: AOC, Inc.

AOCS (American Oil Chemists' Society). 1997. *Acid value*. In: *Official Methods and Recommended Practices of AOCS*. American Oil Chemists. Society Press. Champaign. Illinois.

ASTM (American Society for Testing of Materials). 1997. *Standard test method for Cetane index of transparent and opaque liquids (the calculation of dynamic viscosity: In annual book of ASTM standards*. Vol. 05.01, Conshohocken, United states.

ASTM (American Society for Testing of Materials). 1999. *Standard test method for density, relative density (specific gravity), or API gravity of crude petroleum and liquid petroleum products by hydrometer method: In annual book of ASTM standards*. Vol. 05.01. Conshohocken. United States.

ASTM (American Society for Testing of Materials). 1999. *Standard test methods for flashpoint by Pensky closed cup tester: In annual book of ASTM standards*. Vol. 05.01. Conshohocken. United States.

Aziz, Isalmi, Siti Nurbayti dan Badrul Ulum. 2011. *Pembuatan Produk Biodiesel dari Minyak Goreng Bekas Dengan Cara Esterifikasi dan Transesterifikasi*. Jurnal Valensi Volume 2, No. 3, 443-448

Aziz, I., Nurbayti, Siti., Rahman, Arif. 2012. *Penggunaan Zeolit Alam sebagai Katalis dalam Pembuatan Biodiesel*. Valensi. 2. 511-51

Budiman, Arif. dkk. 2014. *Biodiesel Bahan Baku, Proses, dan Teknologi*. Gadjah Mada University Press hal 33.

Faputri, A F , & Setiorini, I.A. 2019. *Optimalisasi Produksi Biodiesel Dari Minyak Kacang Tanah Bekas Pedagang Sate Menggunakan Proses Esterifikasi Dan Transesterifikasi Dengan Perbedaan Konsentrasi Katalis KOH*. Palembang. Jurnal Teknik Patra Akademika. Vol. 10 No 2. DOI <https://doi.org/10.52506/jtpa.v10i02.90>.

Gerhard Knothe, Jurgen Krah, Jon Van Gerven. 2010. *The biodiesel handbook 2nd edition*, AOCS Press Illinois hal.1.

Hidayanti, Fitri Choiri, Masturi, & Ian Yulianti. 2016. *Pemurnian Minyak Goreng Habis Pakai (Jelantah) dengan Menggunakan Arang Bonggol Jagung*. Semarang. Universitas Negeri Semarang.

Kementerian ESDM RI. Keputusan Direktur Jendral Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. Nomor : 189 K/10/DJE/2019. Tentang Standar Dan Mutu (Spesifikasi) Bahan Bakar Nabati (Biofuel) Jenis Biodiesel Sebagai Bahan Bakar Lain Yang Dipasarkan Di Dalam Negeri. 2019.

Mahfud. 2018. *Biodiesel Perkembangan Bahan Baku dan Teknologi*. Surabaya. CV. Putra Media Nusantara (PMN).

PubChem. 2004. *Sodium Silicate*. National Institutes of Health. National Center for Biotechnology Information.