

PENGARUH KATALIS KOH TERHADAP KUALITAS SINTETIS BIODIESEL MINYAK JELANTAH

Maulana Ishaq¹, Ridwan², Al Gazali³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas bosowa

Email : maulanaishaq911@gmail.com

Abstract

Peningkatan akan kebutuhan Bahan Bakar Minyak (BBM) mengakibatkan penurunan jumlah cadangan bahan bakar fosil. Minyak jelantah sebagai limbah dari rumah tangga, restoran, dan pengusaha makanan dapat diolah menjadi biodiesel sebagai bahan bakar alternative yang dapat diperbarui. Teknologi sintetis biodiesel minyak jelantah menggunakan metode Transesterifikasi dengan katalis KOH dengan komposisi berbeda-beda tiap sampel, yakni sampel 1 (2.5 gram), sampel 2 (5 gram), sampel 3 (10 gram). Proses transesterifikasi berlangsung selama 60 menit dengan suhu 60°C.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh katalis terhadap kualitas biodiesel. Biodiesel yang dihasilkan kemudian diuji kualitas densitas, viskositas, kandungan air, angka asam dan bilangan iod berdasarkan Standar Nasional Indonesia.

Keywords: Biodiesel, Minyak Jelantah, Transesterifikasi, Katalis KOH, Uji kualitas

1. PENDAHULUAN

Bahan bakar minyak bumi diperkirakan akan habis jika dieksploitasi secara besar-besaran. Kita ketahui bahwa energi di alam tidak dapat diperbaharui dan jumlah sangat terbatas. Dewasa ini penggunaan bahan bakar minyak bumi di seluruh dunia sudah melampaui batasnya, setiap kendaraan bermotor, pabrik dan lain-lain menggunakan bahan bakar minyak bumi. Krisis energi di Indonesia disebabkan oleh peningkatan konsumsi minyak bumi dalam kehidupan sehari-hari.

Salah satu jenis produk minyak bumi adalah solar yang merupakan bagian penting karena digunakan di berbagai sektor. Berkurangnya jumlah produksi solar menyebabkan Indonesia harus mengimpor-nya dari negara lain. Ketergantungan terhadap bahan bakar minyak bumi dapat dikurangi dengan cara memanfaatkan bahan bakar biodiesel, dimana bahan bakunya masih sangat besar untuk dikembangkan (Darmanto, Ireng, 2006). Biodiesel adalah ester asam lemak yang berasal dari minyak nabati atau hewani melalui reaksi transesterifikasi atau esterifikasi dan digunakan sebagai bahan bakar diesel (Darnoko dan Cheryan, 2000). Biodiesel juga merupakan bahan bakar yang ramah lingkungan, tidak mengandung belerang sehingga dapat mengurangi kerusakan lingkungan yang diakibatkan hujan asam.

Pada umumnya proses pembuatan biodiesel dari minyak nabati/hewani melalui tahapan esterifikasi dan transesterifikasi minyak hingga menjadi biodiesel. Pembuatan biodiesel dari minyak jelantah kali ini menggunakan metode transesterifikasi. Pada proses ini minyak jelantah sebagai sumber trigliserida direaksikan dengan alkohol menghasilkan campuran alkil ester dan gliserol dengan adanya katalis basa kuat (KOH).

Tujuan penelitian kali ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan katalis terhadap kualitas biodiesel berdasarkan uji viskositas, Densitas, kadar air, bilangan asam, dan bilangan iod.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Minyak jelantah

Minyak jelantah merupakan limbah sisa penggorengan. Bila ditinjau dari komposisi kimianya, minyak jelantah mengandung senyawa-senyawa bersifat karsinogenik, yang terjadi selama proses penggorengan. Pemanasan dapat mempercepat hidrolisis trigliserida dan meningkatkan kandungan asam lemak bebas (FFA) di dalam minyak. Kandungan FFA dan air didalam minyak bekas berdampak negatif terhadap reaksi transesterifikasi, karena metil ester dan gliserol menjadi susah untuk dipisahkan (Julianus, 2006). Minyak goreng bekas lebih kental dibandingkan dengan minyak segar disebabkan oleh pembentukan dimer dan

polimer asam dan gliseridadi dalam minyak goreng bekas karena pemanasan sewaktu digunakan. Berat molekul dan angka iodin menurun sementara berat jenis dan angka penyabunan semakin tinggi. Minyak jelantah disebabkan karena minyak mengalami kerusakan selama proses penggorengandan pemanasan secara berulang-ulang yang mempengaruhi mutu dan nilai gizi bahan pangan yang digoreng (Angga, dkk 2012). Minyak jelantah dapat dijadikan bahan baku biodiesel untuk menggantikan petroleum-based diesel.

Keuntungan biodiesel minyak jelantah dibandingkan dengan bahan bakar solar yaitu biodiesel mempunyai kadar belerang yang jauh kecil atau sangat ramah lingkungan karena kadar belerang kurang dari 15 ppm dan biodiesel dapat meningkatkan daya pelumas karena viskositasnya yang lebih tinggi (Shilvia Vera Sinaga, 2013).

Pemilihan minyak jelantah (Waste Cooking Oil) sebagai bahan baku biodiesel dikarenakan beberapa alasan berikut ini :

1. Limbah Minyak Goreng

Minyak jelantah merupakan limbah hasil penggorengan dan limbah tersebut akan berdampak pada lingkungan jika dibuang sembarangan.

2. Murah

Selain memanfaatkan limbah, minyak jelantah merupakan bahan baku yang murah dibandingkan bahan baku lainnya.

3. Jumlah Penghasil

Minyak JelantahMinyak jelantah memiliki potensi yang cukup besar untuk diolah menjadi minyak biodiesel karena konsumsi minyak goreng yang sangat tinggi sehingga sisa minyak goreng bekas atau minyak jelantah juga banyak.

2.2 Transesterifikasi

Transesterifikasi adalah proses transformasi kimia molekul trigliserida yang besar, bercabang dari minyak nabati dan lemak menjadi molekul yang lebih kecil, molekul rantai lurus, dan hampir sama dengan molekul dalam bahan bakar diesel. Minyak nabati atau lemak hewani bereaksi dengan alkohol (biasanya metanol) dengan bantuan katalis (biasanya basa) yang menghasilkan alkil ester

(atau untuk metanol, metil ester) (Knothe et al., 2005).

Tidak seperti esterifikasi yang mengkonversi asam lemak bebas menjadi ester, pada transesterifikasi yang terjadi adalah mengubah trigliserida menjadi ester. Perbedaan antara transesterifikasi dan esterifikasi menjadi sangat penting ketika memilih bahan baku dan katalis. Transesterifikasi dikatalisis oleh asam atau basa, sedangkan esterifikasi, bagaimanapun hanya dikatalisis oleh asam (Agblevor, 2010). Pada transesterifikasi, reaksi saponifikasi yang tidak diinginkan bisa terjadi jika bahan baku mengandung asam lemak bebas yang mengakibatkan terbentuknya sabun. Lotero et al. (2005) merekomendasikan bahan baku yang mengandung kurang dari 0,5% berat asam lemak saat menggunakan katalis basa untuk menghindari pembentukan sabun.

Transesterifikasi trigliserida dengan katalis basa homogen merupakan aspek kimia biodiesel yang paling penting. Spesies reaktif dalam transesterifikasi menggunakan katalis basa homogen alkoksida yang terbentuk ketika alkohol dan katalis bereaksi. Alkoksida yang sangat reaktif kemudian terlibat dalam serangan nukleofilik pada gugus karbonil dari asam lemak sehingga memungkinkan serangan nukleofilik oleh alkohol melalui oksigen yang bersifat elektronegatif.

Alkohol yang paling umum digunakan adalah metanol dan etanol, terutama metanol, karena harganya murah dan reaktifitasnya paling tinggi (sehingga reaksinya disebut metanolisis). Produk yang dihasilkan (jika menggunakan metanol) lebih sering disebut sebagai metil ester asam lemak (fatty acid methyl ester/FAME) daripada biodiesel (Knothe et al., 2005), sedangkan jika etanol yang digunakan sebagai reaktan, maka akan diperoleh campuran etil ester asam lemak (fatty acid ethyl ester/FAEE). Dengan minyak berbasis bio (minyak nabati) maka hubungan stoikiometrinya memerlukan 3 mol alkohol per mol TAG (3:1), tetapi reaksi biasanya membutuhkan alkohol berlebih berkisar 6:1 hingga 20:1, tergantung pada reaksi kimia untuk transesterifikasi katalis basa dan 50:1 untuk transesterifikasi katalis asam (Zhang et al., 2003).

Laju reaksi transesterifikasi sangat dipengaruhi oleh suhu reaksi. Umumnya reaksi dilakukan pada suhu yang dekat dengan titik didih metanol (60-70°C) pada tekanan

atmosfer. Dengan menaikkan lagi dari suhu tersebut, maka akan lebih banyak lagi metanol yang hilang atau menguap (Ramadhas et al., 2005).

2.3 Biodiesel

Biodiesel atau Fatty Acid Methyl Ester adalah bahan bakar alternatif terbarui yang tersusun dari metil/etil ester, berasal dari trigliserida yang merupakan bahan penyusun utama minyak nabati dan lemak hewani untuk digunakan sebagai bahan bakar di dalam mesin diesel.

Biodiesel merupakan kandidat yang paling dekat untuk menggantikan bahan bakar fosil sebagai sumber energi transportasi utama dunia saat ini. Hal tersebut karena biodiesel merupakan bahan bakar terbarui yang dapat menggantikan diesel petrol di mesin.

Biodiesel dihasilkan dengan proses transesterifikasi, yaitu mereaksikan minyak tanaman dengan alkohol menggunakan zat basa sebagai katalis pada suhu dan komposisi tertentu, sehingga akan menghasilkan dua zat yang disebut alkil ester (umumnya methyl atau ethyl ester) dan gliserin.

Transesterifikasi biodiesel pertama kali dilakukan pada tahun 1853 oleh E. Duffy dan J. Patrick, jauh sebelum mesin diesel pertama kali ditemukan. Baru kemudian pada tahun 1893 di Augsburg, Jerman, Rudolf Diesel mengenalkan model mesin diesel pertama pada world fair Paris, Prancis. Pada saat itu mesin diesel dioperasikan menggunakan bahan bakar biodiesel yaitu terbuat dari transesterifikasi kacang tanah.

Mesin diesel yang beroperasi dengan menggunakan biodiesel menghasilkan emisi karbon monoksida, hidrokarbon yang tidak terbakar, partikulat dan udara beracun yang lebih rendah dibandingkan dengan mesin diesel yang menggunakan bahan bakar petroleum.

Kelebihan biodiesel selain sebagai bahan bakar yang dapat diperbaharui antara lain tidak perlu modifikasi mesin, mudah digunakan, ramah lingkungan, tercampurkan dengan minyak diesel (solar), memiliki cetane number tinggi, memiliki daya pelumas yang tinggi, biodegradable, non toksik, serta bebas dari sulfur dan bahan aromatik (Soerawidjaja, 2005).

Biodiesel memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan solar (Hambali et al, 2008), yaitu:

1. Merupakan bahan bakar yang ramah lingkungan karena menghasilkan emisi yang jauh lebih baik.
 2. Cetane number (angka setane) lebih tinggi (> 60) sehingga efisiensi pembakaran lebih baik.
 3. Memiliki sifat pelumasan terhadap piston mesin.
 4. Biodegradable (dapat terurai).
 5. Merupakan renewable energy karena terbuat dari bahan alam yang dapat diperbarui.
 6. Meningkatkan independensi suplai bahan bakar karena dapat diproduksi secara lokal.
- Standar mutu biodiesel telah ditetapkan nilainya pada masing-masing negara, antara lain Amerika dengan ASTM, Jerman dengan DIN, Prancis dengan Journal Officiel dan Indonesia dengan SNI. Standar mutu Biodiesel di Indonesia telah dikeluarkan dalam bentuk SNI No.04-7182-2006, melalui keputusan Kepala Badan Standardisasi Nasional (BSN) Nomor 73/KEP/BSN/2/2006 tanggal 15 Maret 2006.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Sintesis produk biodiesel

A. Pencampuran dan pemanasan

- Pencampuran Pertama antara 200 ml metanol dengan 2,5 gr, 5gr, dan 10gr KOH sampai keduanya larut (larutan metoksida).
- Dilakukan pemanasan minyak sebanyak 2 L sambil diaduk sampai suhu minyak mencapai 60°C.
- Pencampuran kedua dengan mereaksikan larutan metoksida dengan minyak yang telah dipanaskan hingga bersuhu 60°C, dan diaduk selama 60 menit.

B. Pengendapan dan Pemisahan

- Menuangkan hasil pencampuran larutan metoksida dengan minyak kedalam wadah plastik
- Mendingkan larutan di atas selama 24 jam. Maka akan diperoleh biodiesel yang terpisah dari gliserin yang mengendap didasar wadah.
- Dilakukan proses pemisahan antara biodiesel dengan gliserin.

C. Netralisasi

Tujuan netralisasi untuk meminimalkan sabun. Terhadap biodiesel yang bersifat basa tersebut, untuk menetralkannya maka ditambahkan larutan asam sebelum dilakukan proses pencucian.

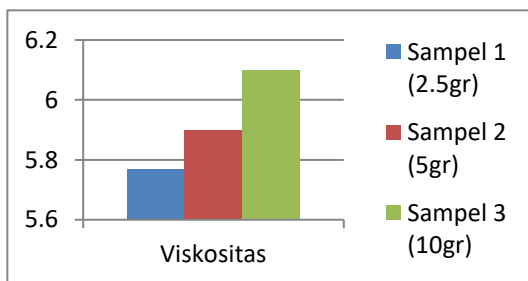
- Air yang digunakan untuk mencuci terlebih dahulu dicampur dengan asam cuka dengan perbandingan 2:1.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji kualitas biodiesel

Uji kualitas biodiesel meliputi penentuan berat jenis, viskositas, kadar air, bilangan asam, gliserol bebas, gliserol total, kadar ester alkil dan bilangan iod.

4.1 Viskositas

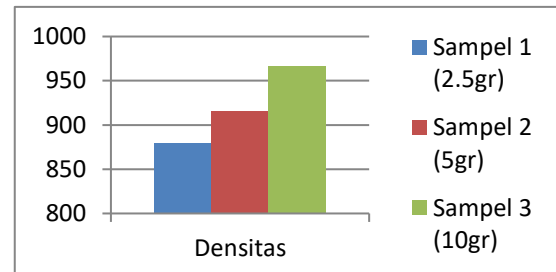


Dari hasil pengujian pada sampel biodiesel maka diperoleh angka viskositasnya sebesar 5.77 mm²/s (cSt), 5.90 mm²/s (cSt), 6.1 mm²/s (cSt). Angka ini masih dalam range SNI biodiesel yaitu sekitar 2,3-6,0 mm²/s (cSt). Viskositas yang tinggi atau fluida yang masih lebih kental akan mengakibatkan kecepatan aliran akan lebih lambat sehingga proses derajat atomisasi bahan bakar akan terlambat pada ruang bakar. Jika viskositas semakin tinggi, maka tahanan untuk mengalir akan semakin tinggi. Karakteristik ini sangat penting karena mempengaruhi kinerja injektor pada mesin diesel. Atomisasi bahan bakar sangat bergantung pada viskositas, tekanan injeksi serta ukuran lubang injektor.

Dalam proses transesterifikasi dimana asam lemak bereaksi dengan katalis KOH dan membentuk sabun. Dengan adanya sabun yang dihasilkan dalam pembuatan biodiesel maka mengakibatkan tegangan permukaan biodiesel menjadi tinggi, dan apabila tegangan permukaan tinggi maka susah untuk memecah

molekul senyawa tersebut, hal ini berkaitan dengan tingkat kekentalan dari senyawa biodiesel tersebut. KOH yang semakin besar juga akan menyebabkan proses metanolisis semakin cepat sehingga nilai viskositas semakin besar, yang tidak baik untuk mesin.

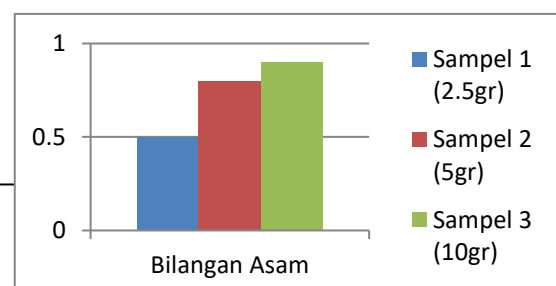
4.2 Densitas



Massa jenis menunjukkan perbandingan massa persatuan volume. Densitas atau berat jenis, diukur dengan menimbang volume tertentu biodiesel dalam gelas piknometer. Dari perhitungan tersebut diperoleh hasil densitas biodiesel pada suhu 40°C adalah sebesar 880 kg/m³, 916 kg/m³, 966 kg/m³, untuk sampel 2 nilai ini masih dalam range standar biodiesel SNI 04-7182-2006 yaitu 850-890 kg/m³. Sedangkan untuk sampel 2 dan 3 telah melewati batas yang telah ditentukan. Karakteristik ini berkaitan dengan nilai kalor dan daya yang dihasilkan oleh mesin diesel per satuan volume bahan bakar.

Massa jenis terkait dengan viskositas. Jika biodiesel mempunyai massa jenis melebihi ketentuan, akan terjadi reaksi tidak sempurna pada konversi minyak nabati. Biodiesel dengan mutu seperti ini seharusnya tidak digunakan untuk mesin diesel karena akan meningkatkan keausan mesin, emisi, dan menyebabkan kerusakan pada mesin. Berat jenis yang diperoleh pada penelitian ini masih tergolong tinggi. Hal ini disebabkan karena bahan baku yang dibuat sebagai biodiesel itu telah mengalami beberapa kali pemanasan. Akibat pemanasan yang beberapa kali ini maka berat jenis biodiesel dari minyak jelantah menjadi tinggi, karena telah bercampur dengan bahan-bahan lain pada saat penggorengan berlangsung.

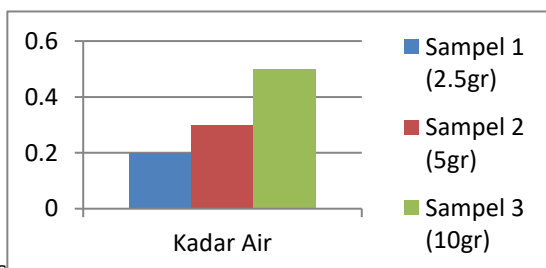
4.3 Bilangan Asam



Dari pengujian yang telah dilakukan maka diperoleh bahwa bilangan asam dari biodiesel yang dihasilkan sekitar 0.5 mg-KOH/g, 0.8 mg-KOH/g, 0.9 mg-KOH/g. Sedangkan nilai SNI itu sendiri untuk biodiesel sekitar 0,8 mg-KOH/g. Dari hasil sampel 1 dan 2 masih masuk dalam standar yang telah ditentukan, dibandingkan dengan sampel 3 yang telah melewati batas ditetapkan.

Angka asam yang diperoleh pada penelitian ini cukup tinggi, hal ini disebabkan karena minyak jelantah adalah minyak bekas hasil pemakaian, dimana telah terjadi pemakaian berkali-kali sehingga menyebabkan jumlah kandungan asam lemaknya lebih tinggi dan hal ini disebabkan karena masih banyaknya minyak yang belum terkonversi secara sempurna sehingga didalam biodiesel tersebut masih terkandung asam lemak bebas. Besarnya nilai bilangan asam dapat pula dipengaruhi juga oleh cara menyimpan yang bisa menyebabkan terjadinya hidrolisis.

4.4 Kadar air

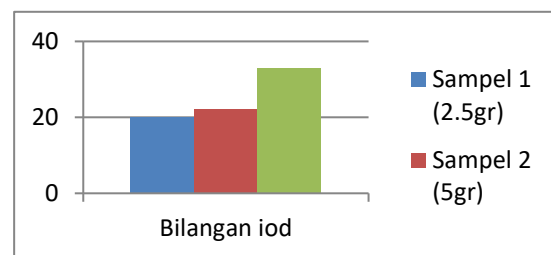


Sedangkan kadar air pada biodiesel yang dihasilkan yaitu sebesar 0,5 %, 0,3 %, 0,2 % sedangkan standar untuk biodiesel itu sendiri sebesar 0,5%. Dari hasil uji yang telah dilakukan menjelaskan bahwa biodiesel yang telah dibuat sudah masuk dalam standar biodiesel yang telah ditetapkan, namun yang bisa dilihat bahwa untuk sampel 2 dan 3 kadar airnya lebih tinggi dibandingkan dengan sampel 1. Makin kecil kadar air dalam minyak maka mutunya akan semakin baik pula karena akan memperkecil terjadinya hidrolisis yang dapat menyebabkan kenaikan kadar asam lemak bebas, kandungan air dalam bahan bakar dapat juga menyebabkan turunnya panas pembakaran, berbisa dan bersifat korosif jika bereaksi dengan sulfur karena akan membentuk asam.

Sebaliknya apabila kadar air yang diperoleh itu tinggi maka akan berpengaruh pada kualitas dari metil ester itu nanti, salah satunya yaitu kemampuan untuk terbakar itu akan berkurang karena adanya air yang terkandung di dalam biodiesel/metil ester.

Kadar air yang diperoleh pada penelitian ini tergolong rendah disebabkan karena minyak jelantah yang digunakan untuk pembuatan biodiesel ini telah dilakukan treatment untuk mengurangi campuran dari bahan-bahan lain yang terkandung di dalam minyak jelantah. Walaupun minyak jelantah yang digunakan untuk pembuatan biodiesel ini telah mengalami beberapa kali seperti 4 atau 5 kali pemakaian/penggoresan.

4.5 Bilangan iod



Jumlah bilangan iod yang terkandung dalam biodiesel yang dihasilkan dari bahan baku minyak jelantah ini adalah sebesar 20%, 22%, 33% sedangkan standar maksimum yang ditentukan SNI biodiesel adalah sebesar 115%. Secara keseluruhan biodiesel ini telah memenuhi standar untuk bilangan iod, akan tetapi bilangan iod terbilang rendah karena bahan baku digunakan adalah minyak yang sudah berkali-kali pakai dan kandungan asam lemak jenuhnya tinggi. Terlihat pada sampel 2 dan 3 bilangan iod nya lebih tinggi dibandingkan dengan sampel 1, karena penggunaan katalisnya lebih banyak sehingga dapat mengikat asam lemak lebih banyak. Semakin tinggi bilangan iod maka kualitas biodiesel itu juga semakin baik. Bilangan iod menunjukkan banyaknya derajat ketidakjenuhan minyak yaitu banyaknya ikatan rangkap 2 pada ikatan biodiesel. Semakin banyak derajat ketidakjenuhan maka semakin bagus kualitas biodiesel yang dihasilkan. Kandungan senyawa asam lemak tak jenuh meningkatkan ferpormansi biodiesel pada temperatur rendah karena senyawa ini memiliki titik leleh (Melting Point) yang lebih rendah sehingga berkorelasi terhadap clout point dan puor point yang rendah.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa kualitas biodiesel dari Sampel 1 mempunyai mutu yang lebih baik dibandingkan dengan sampel 2 dan 3 untuk digunakan sebagai bahan bakar karena memenuhi uji mulai dari Viskositas 5.77 mm²/s dengan batas standar 6.0 mm²/s, Densitas 880 Kg/m³ dengan batas maksimum 890 Kg/m³, Bilangan asam 0.5 mg-KOH/g dengan batas maksimum 0.8 mg-KOH/g, Kadar air yang ditunjukkan pada angka 0.3% dengan batas maksimum 0.5%, dan Bilangan iod ditunjukkan pada angka 20% yang tergolong masih rendah akan tetapi tetap termasuk dalam standar, dengan angka maksimum yakni 115% berdasarkan Standar Biodiesel Indonesia. Hal ini dapat diamati pada nilai hasil uji kualitas yang telah dilakukan dengan membandingkan standar SNI untuk bahan bakar biodiesel.

6. REFERENSI

- [1] Augustine, R.L., 1996. *Heterogenous Catalysis for the Synthetic Chemist*, 1st ed. New York : Marcel Dokker Inc.
- [2] Carlo Perego, and Pierluigi Villa. 1997. *Catalyst Preparation Methods*. Departement Of Industrial Chemistry and Chemical Engineering.
- [3] Darmanto, and Ireng, 2006. *Analisa Biodiesel Minyak Kelapa Sebagai Bahan Bakar Alternatif Minyak Diesel*. Mechanical Engineering Department, Universitas Muhammadiyah Semarang. Semarang
- [4] Darnoko, and Cheryan, 2000. Kinetics of Palm Oil Transesterification In a Batch Reactor. *Journal of American Oil Schemists' Society*.
- [5] Hadrah, et al., 2018. *Analisa Minyak Jelantah Sebagai Bahan Bakar Biodiesel dengan Proses Transesterifikasi*. Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Universitas Batanghari. Jambi.
- [6] Hamilton, C. 2004. *Biofuel Made Easy*, Australian Engineers Institute, Melbourne.
- Ketaren, S., 1996. *Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan*, Jakarta : Penerbit UI Press.
- [7] Ma, Fangrui and Milford A. Hanna. 1999. *Biodiesel Production: a Review*, Elsevier.
- [8] Mescha Destianna, 2007. *Intensifikasi Proses Produksi Biodiesel*, Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- [9] Mittelbach, M. and Remschmidt, C., 2004. *Biodiesel*, The Comprehensive Handbook.
- [10] Nurfadillah, 2011. *Pemanfaatan dan Uji Kualitas Biodiesel dari Minyak Jelantah*. Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Alauddin. Makassar
- [11] Satterfield, Charles, N. 1991. *Heterogenous Catalyst In Industrial Practice*, 2nd ed. USA : Mc Graw Hill, Inc.

[12]Schuchardt, Ulf and Sercheli Ricardo. 1998. *Transesterification of Vegetable Oil: a Review*, J. Braz. Chem Sec. Vol. 9.

[13]Soerawidjaja, Tatang H. 2006. *Fondasi-Fondasi Ilmiah dan Keteknikan dari Teknologi Pembuatan Biodiesel, Handout Seminar Nasional “Biodiesel Sebagai Energi Alternatif Masa Depan*. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.

[14]Srivastava, Anjana and Prasad Ram. 1999. *Triglycerides – Based Diesel Fuels*, Pergamon

[15]Waffa, Muhammad. 2007. *Penggunaan Katalis Heterogen KOH/Zeolit dalam Tahapan Reaksi Sintesis Minyak Dasar Pelumas-Bio*, Skripsi, Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Depok.

[16]Yusuf, Rachman. 2001. *Preparasi Biodiesel dari Minyak Curah*, Seminar, Departemen Gas Petrokimia, Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Depok.