

PENGARUH RASIO MOLAR DAN WAKTU TRANSESTERIFIKASI MENGGUNAKAN IRADIASI GELOMBANG MIKRO PADA MINYAK GORENG KELAPA TERHADAP KARAKTERISTIK *YIELD* BIODIESEL

Dwi Wulandari ^{*1)}, Sumardi Hadi Sumarlan²⁾, Yusuf Hendrawan ²⁾

^{1*)} Alumni Jurusan Keteknikan Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian-Universitas Brawijaya

²⁾ Staff Pengajar Keteknikan Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian-Universitas Brawijaya

E-mail: dwiwuland1993@gmail.com

Abstrak

Indonesia memiliki potensi kelapa yang besar, namun pemanfaatannya sebagai sumber energy, khususnya biodiesel, masih terbatas. Melalui proses transesterifikasi, minyak goreng kelapa dapat diubah menjadi biodiesel sebagai alternatif solar. Proses konvensional dengan pengaduk mekanik membutuhkan energy dan waktu reaksi tinggi, sehingga penelitian ini menggunakan metode iradiasi gelombang mikro terhadap karakteristik biodiesel dari minyak goreng kelapa, meliputi viskositas, densitas, titik nyala, titik tuang dan rendemen, serta menentukan perlakuan terbaik dan kadar FAME (Fatty Acid Methyl Ester). Rancangan penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap dua faktor, yaitu rasio molar methanol (6:1 dan 9:1) serta waktu reaksi (20,30,40 dan 50 detik) dengan tiga ulangan. Hasil analisis Multiple Attribute menunjukkan perlakuan terbaik pada rasio molar 9:1 dan waktu 40 detik dengan viskositas 2,732 Cst, densitas 0,874 g/ml, titik nyala 112,667°C, titik tuang -3°C dan rendemen 99,833%. Uji GC-MS pada sampel terpilih menunjukkan konversi trigliserida menjadi metil ester sebesar 91,17%. Metode gelombang mikro terbukti efektif meningkatkan efisiensi proses transesterifikasi biodiesel berbasis minyak goreng kelapa.

Kata kunci: biodiesel, coconut oil, microwave irradiation, transesterification, renewable energy.

Pendahuluan

Kelapa (*Cocos nucifera* L.) merupakan salah satu tanaman perkebunan yang memiliki potensi sangat besar di Indonesia. Menurut Padil *et al.* (2010) luas perkebunan kelapa di Indonesia adalah yang terluas di dunia, mencapai 31,2% dari total luas pekebunan kelapa dunia. Namun, pemanfaatan buah kelapa di Indonesia masih kurang maksimal. Pemanfaatan utama hanya sebatas tahap pembuatan kopra dengan harga jual yang relatif rendah. Kelapa terdiri dari 35% sabut, 12% tempurung, 28% daging buah, dan 25% air kelapa. Daging buah adalah sumber dari minyak nabati dari buah kelapa, dengan kandungan minyak mencapai 60-65%. Minyak dari buah kelapa inilah yang memiliki potensi besar untuk dikembangkan menjadi sumber bahan bakar alternatif, salah satunya adalah biodiesel. Karena minyak kelapa mengandung 84% trigliserida dengan tiga molekul asam lemak jenuh, 12% trigliserida dengan dua asam lemak jenuh dan 4% trigliserida dengan satu asam lemak jenuh [1].

Permasalahan yang timbul pada proses pembuatan biodiesel adalah pada tahap transesterifikasinya. Dimana, pada umumnya proses transesterifikasi dilakukan menggunakan metode konvensional dengan pengaduk mekanik yang membutuhkan waktu proses lama (≥ 2 jam) dan input energi besar. Oleh karena itu, dalam penelitian ini dilakukan pengamatan terhadap rasio molar metanol dan waktu transesterifikasi dengan metode transesterifikasi iradiasi gelombang mikro agar diketahui variasi perlakuan yang paling efisien untuk menghasilkan biodiesel dengan rendemen tinggi dan parameter uji yang sesuai SNI biodiesel namun dengan waktu proses yang lebih singkat.

Tujuan dari penelitian ini adalah (1) mengetahui pengaruh radiasi gelombang mikro terhadap transesterifikasi minyak goreng kelapa pada pembuatan biodiesel, (2) mengetahui pengaruh perbedaan rasio molar metanol dengan minyak goreng kelapa serta waktu transesterifikasi terhadap nilai viskositas, densitas, titik nyala, titik tuang dan rendemen biodiesel yang dihasilkan, (3) mengetahui perlakuan terbaik karakteristik biodiesel yang dihasilkan.

Studi Pustaka

Biodiesel merupakan salah satu sumber bahan bakar terbaru pengganti minyak solar yang terdiri dari campuran *fatty acid methyl esters* (FAMES) yang secara kimia reaksi transesterifikasinya

merupakan reaksi reversible tiga tahap yang mengkonversi trigliserida menjadi campuran FAMES dan gliserol dengan bantuan katalis. Proses produksi biodiesel telah dilakukan para peneliti, diantaranya proses transesterifikasi dan esterifikasi berkatalis asam, transesterifikasi berkatalis basa heterogen, transesterifikasi dengan proses *enzymatic*, transesterifikasi via-metanol superkritik non katalis, transesterifikasi berbantuan microwave, dan transesterifikasi berbantuan gelombang ultrasonik. Penelitian-penelitian tersebut dilakukan secara intensif untuk memperbaiki konversi, waktu reaksi, konsumsi bahan, dan pengaruh lingkungan [2]. Reaksi transesterifikasi adalah reaksi terjadinya pertukaran langsung gugus alkohol akibat hidrolisis dengan esterifikasi kembali dengan gugus alkohol yang lain. Reaksi transesterifikasi dapat dijalankan dengan baik dalam keadaan asam maupun basa [3].

Pemanasan dengan gelombang mikro mempunyai kelebihan yaitu pemanasan lebih merata karena bukan mentransfer panas dari luar tetapi membangkitkan panas dari dalam bahan tersebut. Pemanasannya juga dapat bersifat selektif artinya tergantung dari dielektrik properties bahan. Hal ini akan menghemat energi untuk pemanasan [4].

Metodologi Penelitian

Alat yang digunakan untuk pembuatan biodiesel meliputi : mikrowave, timbangan digital, *timer*, gelas ukur, *beaker glass*, botol plastik bening, *hot plate* dan *stirrer*, erlenmeyer, pipet *scroll*, dan termometer. Bahan yang digunakan meliputi : minyak goreng kelapa, metanol, katalis basa kuat KOH, dan aquades.

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) Faktorial yang terdiri dari dua faktor dengan tiga kali ulangan. Faktor pertama adalah rasio molar metanol terdiri dari dua level yaitu: A1: 6:1 dan A2: 9:1. Faktor kedua yaitu waktu transesterifikasi terdiri dari empat level yaitu: B1: 20 detik; B2: 30 detik; B3: 40 detik; dan B4: 50 detik. Data hasil pengamatan dianalisa menggunakan ragam ANNOVA. Parameter yang akan diamati meliputi nilai viskositas, densitas, titik nyala, titik tuang, dan rendemen [5]. Selanjutnya uji kandungan *FAME* pada salah satu sampel dengan *GC-MS* [6].

Tahapan Penelitian

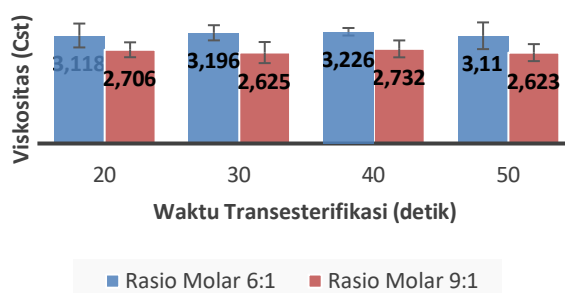
Minyak goreng kelapa dianalisa kandungan FFA nya, apabila nilainya $\leq 2\%$ maka proses transesterifikasi dapat dilakukan. Selanjutnya minyak goreng kelapa diukur volumenya sebanyak 200 ml dengan gelas ukur, lalu KOH ditimbang menggunakan timbangan digital sebanyak 1,8 gr. Setelah KOH ditimbang, KOH diletakkan pada cawan yang diisolasi dengan aluminium foil agar tidak teroksidasi. Selanjutnya volume metanol diukur sebanyak 50 ml untuk rasio molar 6:1 dan 75 ml untuk rasio molar 9:1. Metanol sesuai dengan rasio molar yang telah ditentukan dicampur dengan KOH pada tabung erlenmeyer, dengan dikocok-kocok hingga KOH larut seluruhnya dinamakan, senyawa tersebut berubah menjadi kalium metoksida. Senyawa kalium metoksida ini selanjutnya dicampurkan dengan minyak goreng kelapa pada gelas ukur dengan cara pengadukan menggunakan *magnetic stirrer* selama 10 menit. Campuran antara minyak goreng kelapa dan kalium metoksida kemudian siap ditransesterifikasi menggunakan alat mikrowave selama selang waktu yang telah ditentukan (20,30,40, dan 50 detik) pada daya mikrowave 950 watt dan suhu yang terukur selama proses berkisar antara 51°C hingga 81°C. Setelah proses transesterifikasi selesai, maka larutan hasil transesterifikasi dimasukkan dalam botol plastik bening dan didiamkan selama 24 jam agar larutan gliserol dapat memisah dari biodiesel. Jika larutan gliserol telah terbentuk (lapisan paling bawah), maka lapisan biodiesel (lapisan atas) dipisahkan dari gliserol menggunakan pipet *scroll*. Larutan biodiesel hasil pemisahan selanjutnya dicuci dengan aquades pH 7 dengan perbandingan antara biodiesel dan aquades 1:1 agar kotoran maupun sisa-sisa katalis dan metanol yang tidak bereaksi dapat dihilangkan. Pencucian dilakukan sebanyak dua kali dan masing-masing proses membutuhkan waktu 24 jam. Biodiesel hasil pencucian selanjutnya dipisahkan dari aquades menggunakan pipet *scroll*. Biodiesel hasil pemisahan dari aquades kemudian dikeringkan dengan *hot plate* dan *stirrer* selama 20 menit pada kisaran suhu 100°C. Pengeringan dimaksudkan untuk menguapkan kandungan air yang masih bercampur dengan aquades. Setelah pengeringan maka biodiesel siap dilakukan

pengujian nilai viskositas, densitas, titik nyala, titik tuang dan rendemen.

Hasil dan Pembahasan

Viskositas

Nilai rata-rata viskositas biodiesel yang dihasilkan berada pada kisaran antara 2,623 Cst hingga 3,226 Cst. Grafik hubungan perlakuan rasio molar metanol dan waktu transesterifikasi terhadap nilai viskositas ditunjukkan pada **Gambar 1**.

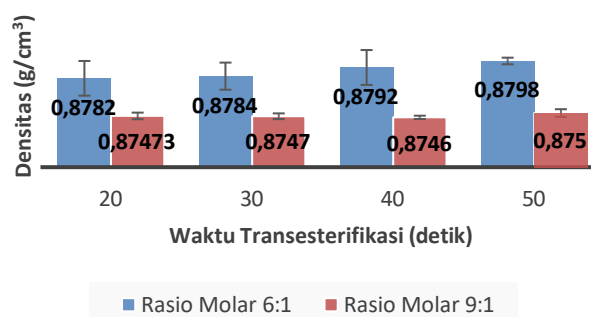


Gambar 1. Grafik hubungan nilai viskositas terhadap rasio molar metanol dan waktu transesterifikasi

Nilai viskositas tertinggi terdapat pada perlakuan rasio molar metanol 6:1 dan waktu transesterifikasi 40 detik. Sedangkan nilai viskositas terendah terdapat pada perlakuan rasio molar metanol 9:1 dan waktu transesterifikasi 50 detik. Semakin besar rasio molar metanol maka nilai viskositas akan semakin menurun. Hal ini disebabkan oleh semakin besar jumlah metanol yang digunakan maka kemampuannya untuk melarutkan minyak akan semakin tinggi yang menyebabkan nilai viskositas biodiesel akan semakin menurun. Menurut (Santoso *et al.*, 2010) semakin besar perbandingan ekivalen metanol-minyak, konversi reaksi meningkat [7]. Hal ini dikarenakan peluang terjadinya tumbukan antara reaktan semakin besar. Akibat adanya tumbukan tersebut menyebabkan berkurangnya berat molekul trigliserida dan menurunkan nilai viskositasnya. Dari analisa sidik ragam diketahui bahwa rasio molar metanol memberikan pengaruh berbeda sangat nyata terhadap nilai viskositas biodiesel. Sedangkan waktu transesterifikasi dan interaksi perlakuan tidak memberi pengaruh nyata terhadap nilai viskositas biodiesel.

Densitas

Nilai rerata densitas biodiesel yang dihasilkan pada penelitian ini berada pada kisaran antara 0,8746 g/cm³ hingga 0,8798 g/cm³ pada suhu pengujian 15°C. Grafik hubungan perlakuan rasio molar metanol dan waktu transesterifikasi terhadap nilai densitas ditunjukkan pada **Gambar 2**.



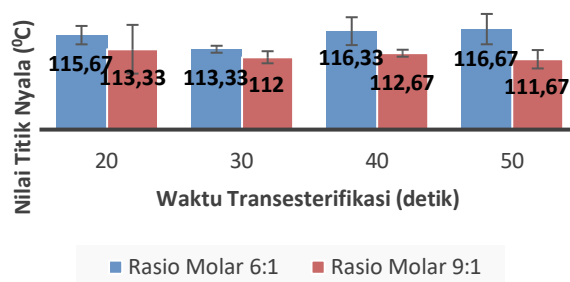
Gambar 2. Grafik hubungan nilai densitas terhadap rasio molar metanol dan waktu transesterifikasi

Nilai densitas tertinggi terdapat pada perlakuan rasio molar metanol 6:1 dan waktu transesterifikasi 50 detik. Sedangkan nilai densitas terendah terdapat pada perlakuan rasio molar metanol 9:1 dan waktu transesterifikasi 40 detik. Nilai densitas cenderung menurun seiring

meningkatnya penggunaan rasio molar metanol yang semakin tinggi. Hal ini dikarenakan oleh semakin tinggi jumlah metanol maka akan menyebabkan konversi trigliserida menjadi metil ester akan semakin meningkat karena kesetimbangan reaksi akan lebih bergeser ke arah produk. Tingkat konversi trigliserida menjadi metil ester yang tinggi menyebabkan densitas semakin menurun karena pada dasarnya densitas metil ester lebih rendah dibandingkan densitas trigliserida. Menurut (Sinarep dan Mirmanto, 2011) nilai densitas biodiesel menjadi semakin rendah yang disebabkan oleh metanol yang dapat bercampur sempurna dengan minyak kelapa [8]. Dimana menyebabkan biodiesel yang dihasilkan seluruh trigliseridanya dapat berikatan dengan alkohol (metanol) yang memiliki nilai densitas lebih rendah dari densitas minyak kelapa. Berdasarkan analisa sidik ragam diketahui bahwa faktor perlakuan perbandingan rasio molar antara metanol dengan minyak kelapa berpengaruh sangat nyata terhadap nilai densitas biodiesel. Sedangkan faktor perlakuan waktu transesterifikasi dan interaksi kedua perlakuan tidak berpengaruh nyata terhadap nilai densitas biodiesel.

Titik Nyala

Pada penelitian ini, nilai titik nyala dari biodiesel berada pada kisaran $111,67^{\circ}\text{C}$ hingga $116,67^{\circ}\text{C}$. Grafik hubungan perlakuan rasio molar metanol dan waktu transesterifikasi terhadap nilai titik nyala ditunjukkan pada **Gambar 3**.

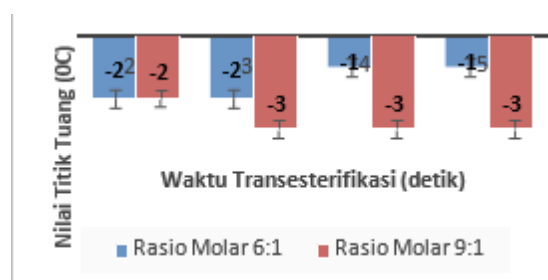


Gambar 3. Grafik hubungan nilai titik nyala terhadap rasio molar metanol dan waktu transesterifikasi

Nilai titik nyala tertinggi terdapat pada perlakuan rasio molar metanol 6:1 dan waktu transesterifikasi 50 detik. Sedangkan nilai titik terendah terdapat pada perlakuan rasio molar metanol 9:1 dan waktu transesterifikasi 30 detik. Nilai titik nyala cenderung menurun seiring meningkatnya penggunaan rasio molar metanol. Menurut (Sinarep dan Mirmanto, 2011) semakin banyak penambahan metanol pada proses transesterifikasi maka semakin banyak ester yang berikatan dengan molekul alkohol dan menyebabkan nilai titik nyala nya akan semakin menurun [8]. Kemungkinan penurunan nilai titik nyala ini berkaitan dengan sifat fisik dari metanol itu sendiri. Dimana, metanol merupakan larutan yang mudah menguap dan memiliki titik didih yang rendah. Sehingga, penambahan sejumlah metanol pada trigliserida yang semakin tinggi, akan menurunkan nilai titik nyala dari metil ester atau biodiesel yang dihasilkan selepas proses transesterifikasi. Dari analisa sidik ragam diketahui bahwa nilai faktor perlakuan perbandingan rasio molar antara metanol dengan minyak kelapa berpengaruh sangat nyata terhadap nilai titik nyala dari biodiesel. Sedangkan pengaruh perlakuan waktu transesterifikasi dan interaksi kedua perlakuan tidak berpengaruh nyata terhadap nilai titik nyala biodiesel.

Titik Tuang

Pada penelitian ini, nilai rerata titik tuang dari biodiesel berada pada kisaran -1°C hingga -3°C . Grafik hubungan perlakuan rasio molar metanol dan waktu transesterifikasi terhadap nilai titik tuang ditunjukkan pada **Gambar 4**.

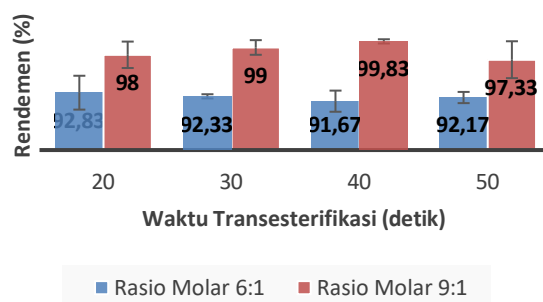


Gambar 4. Grafik hubungan nilai titik tuang terhadap rasio molar metanol dan waktu transesterifikasi

Nilai titik tuang tertinggi terdapat pada perlakuan rasio molar metanol 6:1 dan waktu transesterifikasi 40 dan 50 detik. Sedangkan nilai titik terendah terdapat pada perlakuan rasio molar metanol 9:1 dan waktu transesterifikasi 30, 40 dan 50 detik. Nilai titik tuang cenderung menurun seiring meningkatnya penggunaan rasio molar metanol yang semakin tinggi. Pengaruh rasio molar metanol terhadap nilai titik tuang biodiesel dapat disebabkan oleh peran dari metanol yang mampu melarutkan senyawa trigliserida. Hal ini dapat dilihat pada penambahan sejumlah metanol yang dapat mengakibatkan penurunan nilai viskositas. Sedangkan nilai viskositas itu sendiri menentukan juga nilai titik tuang. Pada nilai viskositas yang semakin rendah, maka biodiesel akan memiliki nilai titik tuang yang semakin rendah pula yang artinya dengan semakin kecilnya viskositas dari biodiesel maka nilai tuang juga semakin kecil dan hal tersebut berarti bahwa kualitas titik tuang biodiesel semakin baik. Menurut (Sibarani *et al.*, 2007) titik tuang itu berkaitan erat dengan nilai viskositas karena, semakin rendah viskositas maka akan semakin mudah biodiesel tersebut mengalir pada kondisi tertentu [9]. Dari analisa sidik ragam nilai faktor perlakuan perbandingan rasio molar antara metanol dengan minyak kelapa berpengaruh nyata terhadap nilai titik tuang dari biodiesel. Sedangkan pengaruh perlakuan waktu transesterifikasi dan interaksi kedua perlakuan tidak berpengaruh nyata terhadap nilai titik tuang biodiesel.

Rendemen

Pada penelitian ini, nilai rerata rendemen dari biodiesel berada pada kisaran 91,67% hingga 99,83%. Grafik hubungan perlakuan rasio molar metanol dan waktu transesterifikasi terhadap nilai rendemen ditunjukkan pada **Gambar 5**.



Gambar 5. Grafik hubungan nilai rendemen terhadap rasio molar metanol dan waktu transesterifikasi

Nilai rerata rendemen tertinggi terdapat pada rasio molar metanol 9:1 pada waktu reaksi transesterifikasi 40 detik. Sedangkan nilai rendemen terendah terdapat pada rasio molar metanol 6:1 dan waktu transesterifikasi 40 detik. Nilai rendemen semakin naik seiring meningkatnya penggunaan rasio molar metanol yang semakin tinggi. Pengaruh rasio molar metanol terhadap nilai rendemen biodiesel dapat disebabkan oleh peluang terjadinya tumbukan antara reaktan semakin besar sehingga pada waktu reaksi yang sama akan menghasilkan konversi yang lebih besar pula. Selain itu, semakin tinggi nilai perbandingan metanol maka dapat menyebabkan pergeseran kesetimbangan reaksi ke sebelah kanan (produk) sehingga didapatkan jumlah produk yang tinggi. Menurut (Risnoyatiningsih, 2010) yang menyatakan bahwa semakin banyak penambahan metanol pada proses transesterifikasi

maka secara umum akan semakin banyak produk metil ester yang dihasilkan akibat kecepatan konversi yang semakin tinggi pula [10]. Karena, pada dasarnya dalam persamaan reaksi transesterifikasi itu sendiri dibutuhkan reaktan berlebih agar reaksi dapat berjalan searah (*irreversible*) menuju ke arah kanan (produk). Berdasarkan analisa sidik ragam, faktor perlakuan beda rasio molar metanol terhadap minyak berpengaruh sangat nyata terhadap nilai rendemen dari biodiesel. Sedangkan pengaruh perlakuan waktu transesterifikasi dan interaksi kedua perlakuan tidak berpengaruh nyata terhadap nilai rendemen biodiesel.

Kadar *FAME* Biodiesel

Pengujian kadar *FAME* biodiesel dilakukan pada sampel dengan rasio molar metanol 9:1 dan waktu transesterifikasi 50 detik. Perlakuan tersebut dipilih karena merupakan sampel dengan pemberian rasio molar metanol terbanyak dan waktu transesterifikasi terlama. Hasil kadar *FAME* mencapai 91,17% yang artinya persentase konversi senyawa trigliserida menjadi metil ester sebanyak 91,17% dari 100% trigliserida yang ada.

Perlakuan Terbaik

Penentuan perlakuan terbaik menggunakan metode *Multiple Attribute* (Zeleny,1982) adalah pada perlakuan rasio molar metanol 9:1 dan waktu transesterifikasi 40 detik [11].

Kesimpulan

Pemberian perlakuan beda rasio molar metanol terhadap minyak kelapa (A) memberikan pengaruh sangat nyata terhadap nilai viskositas, densitas, titik nyala, rendemen biodiesel dan memberikan pengaruh nyata terhadap nilai titik tuang biodiesel. Sedangkan waktu transesterifikasi (B) dan interaksi kedua perlakuan (AB) tidak berbeda nyata. Hasil perlakuan terbaik didapatkan pada sampel dengan beda rasio molar metanol terhadap minyak kelapa 9:1 dan waktu transesterifikasi 40 detik dengan nilai viskositas 2,732 Cst, densitas 0,874 g/ml, titik nyala 112,667°C, titik tuang -3°C dan rendemen 99,833%. Iradiasi gelombang mikro mampu memecah rantai trigliserida minyak kelapa melalui reaksi transesterifikasi pada sampel rasio molar 9:1 dan waktu transesterifikasi 50 detik, gelombang mikro tersebut mampu mengkonversi senyawa trigliserida menjadi senyawa metil ester (biodiesel) dengan tingkat konversi mencapai 91,17%.

Daftar Pustaka

- [1] Cristianti, L. dan A.H. Prakosa. *Pembuatan Minyak Kelapa Murni (Virgin Coconut Oil) Menggunakan Fermentasi Ragi Tempe*. Skripsi. Universitas Sebelas Maret, Surakarta, 2009.
- [2] Aulia, H.N, Widayat dan S.B Sasongko. 2012. *Simulasi Kinetika Reaksi Transesterifikasi Minyak Goreng Bekas Berbantuan Radiasi Ultrasonik*. Prosiding SNST ke-3. Universitas Wahid Hasyim, Semarang, hlm. 18-24.
- [3] Siswani, E.D., S. Kristianingrum dan Suwardi. *Sintesis dan Karakterisasi Biodiesel dari Minyak Jelantah dari Berbagai Waktu dan Suhu*. Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta, hlm. 103-112.
- [4] Handayani, S.P. *Pembuatan Biodiesel dari Minyak Ikan dengan Radiasi Gelombang Mikro*. Skripsi. Universitas Sebelas Maret, Surakarta, 2010.
- [5] UPPS. 2015. Laboratorium Unit Produksi Pelumas PT Pertamina. Surabaya
- [6] Izza, N. *Aplikasi Gelombang Ultrasonik pada Proses Pengolahan Biodiesel Berbahan Baku Jarak Pagar (Jatropha curcas L.)*. Skripsi. Universitas Brawijaya, Malang, 2010.

- [7] Santoso, N., F. Pradana dan H.M. Rachimoellah. 2010. *Pembuatan Biodiesel dari Minyak Biji Kapuk Randu (Ceiba pentandra) Melalui Proses Transesterifikasi Dengan Menggunakan CaO Sebagai Katalis*. Skripsi. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2010.
- [8] Sinarep dan Mirmanto. 2011. *Karakteristik Biodiesel Minyak Kelapa Yang Dihasilkan Dengan Cara Proses Pirolisis Kondensasi*. Jurnal Teknik Rekayasa 12 (1) : hlm. 8-18.
- [9] Sibarani, J., S. Khairi, Yoeswono, K.Wijaya, dan I. Tahir. 2011. *Effect of Palm Empty Bunch Ash On Transesterification Of Palm Oil Into Biodiesel*. Jurnal Kimia 7 (3) : hlm. 314-319.
- [10] Risnoyatiningsih, S. 2010. *Biodiesel From Avocado Seeds By Transesterification Process*. Jurnal Teknik Kimia 5(1) : hlm. 345-351.
- [11] Zeleny, M. 1982. *Multiple Criteria Decision Making*. Mc Graw Hill Book Company. New York.
- [12] Padil, S.W. dan Amir A. 2010. *Pembuatan Biodiesel dari Minyak Kelapa Melalui Reaksi Metanolisis Menggunakan Katalis CaCO_3 yang Dipijarkan*. Jurnal Natur Indonesia 13(1) : hlm. 27-32.