

PROSES PRODUKSI BIODIESEL DARI MINYAK JELANTAH MENGUNAKAN *MICROWAVE HYDRO DISTILLATION* DAN SEPARASI TEGANGAN TINGGI

BIODIESEL PRODUCTION PROCESS FROM WASTE COOKING OIL USING MICROWAVES HEATING MEDIA AND HIGH VOLTAGE SEPARATION METHODE

Lety Trisnaliani^{1,a)}, Fatria¹, Indri Mayang Sari¹

¹Jurusan Teknik Kimia Program Studi Teknik Energi Politeknik Negeri Sriwijaya
Jalan Srijaya Negara Bukit Besar Palembang Telp (0711) 353414 Fax (0711) 355918
E-mail: ^{a)}tmsuharno@gmail.com

ABSTRACT

The development of alternative fuels is very necessary and a challenge for expert competent at this time. One of the alternative fuel is biomass utilization (biological materials) to produce biodiesel as a diesel fuel substitute. The process of making biodiesel using microwave heating using the reactor as a medium in microwave type of hydro distillation and equipped with high-intensity separator up to 400 KV. In the process of making biodiesel, there are several factors that affect the process of warming that is the molar ratio of waste cooking oil and methanol, the reaction temperature, reaction time, voltage, as well as the distance between the electrodes. The influence of various factors that can be seen from the results per cent yield and characteristics of biodiesel. From this research has done the optimum variations obtained on production process for obtained percent to yield the highest as well as products with characteristics in accordance with the standards of the SNI 7182-2015. Variation of 1:9 molar ratio obtained of 84.855% yield, reaction time 12 minutes obtained 86.04% yield, temperature of reaction 60 °C obtained 88.91% yield, as well as voltage and electrode distance 3 cm and 266 KV obtained 74.73% yield.

Keywords: Biodiesel, waste cooking oil, microwaves, high voltage, yield

1. PENDAHULUAN

Pengembangan bahan bakar alternatif sangat perlu dilakukan dan menjadi tantangan bagi pakar yang berkompeten pada saat ini. Salah satu bahan bakar alternative adalah pemanfaatan biomassa (bahan hayati) untuk menghasilkan biodiesel sebagai pengganti bahan bakar solar. Indonesia, sebagai negara agraria, mempunyai peluang sangat besar untuk mengembangkan biodiesel sebagai sumber energi alternatif. Namun demikian pada saat ini harga jual biodiesel masih hampir sama mahalannya dengan bahan bakar fosil karena masih tingginya biaya proses produksi biodiesel. Melihat kondisi tersebut, maka dilakukanlah suatu penelitian untuk memanfaatkan dan mengembangkan sumber daya biomassa menjadi bahan bakar dengan mengolah biomassa menjadi biodiesel. Salah satu sumber bahan baku biodiesel yang sering digunakan adalah minyak jelantah.

Minyak jelantah dapat dikonversi menjadi biodiesel dengan melalui tahap transesterifikasi yang mereaksikan molekul minyak dengan alkohol dan katalis sehingga didapat metil ester. Untuk mengkonversi molekul minyak tersebut menjadi biodiesel diperlukan metode yang dapat mengkonversi minyak dalam jumlah yang tinggi Berdasarkan hasil evaluasi kelayakan biodiesel jenis minyak nabati yang paling layak digunakan sebagai bahan baku biodiesel adalah minyak jelantah, sebab mengingat banyaknya minyak jelantah

yang belum dimanfaatkan secara maksimal (Adhari, 2016).

Dari penjelasan diatas, penulis melakukan penelitian rancang bangun alat pembuatan biodiesel dengan pemanfaatan gelombang mikro dan memanfaatkan tegangan tinggi untuk proses pemisahan biodiesel dan gliserol. Prototype yang dibuat ini merupakan penyempurnaan dari prototype yang telah ada sebelumnya dengan penambahan unit pemurnian minyak jelantah serta penggunaan reaktor tipe *batch* yang dilengkapi dengan set kondensasi untuk digunakan mengkondensasikan metanol berlebih.

TEORI DASAR

Biodiesel merupakan salah satu jenis bahan bakar diesel alternatif yang ramah lingkungan yang berasal dari minyak tumbuhan atau lemak hewan yang dihasilkan melalui proses reaksi esterifikasi dan transesterifikasi (Adhari, dkk., 2016). Biodiesel merupakan monoalkil ester dari asam-asam lemak rantai panjang yang terkandung dalam minyak nabati atau lemak hewani untuk digunakan sebagai bahan bakar mesin diesel.

Biodiesel dapat diperoleh melalui reaksi transesterifikasi trigliserida dan atau reaksi esterifikasi asam lemak bebas tergantung dari kualitas minyak nabati yang digunakan sebagai bahan baku.

Transesterifikasi adalah proses yang mereaksikan trigliserida dalam minyak nabati atau lemak hewani dengan alkohol rantai pendek seperti methanol atau etanol (pada saat ini sebagian besar produksi biodiesel menggunakan metanol) menghasilkan metil ester asam lemak (*Fatty Acids Methyl Esters / FAME*) atau biodiesel dan gliserol (gliserin) sebagai produk samping. Katalis yang digunakan pada proses transesterifikasi adalah basa/alkali, biasanya digunakan natrium hidroksida (NaOH) atau kalium hidroksida (KOH). Esterifikasi adalah proses yang mereaksikan asam lemak bebas (FFA) dengan alkohol rantai pendek (metanol atau etanol) menghasilkan metil ester asam lemak (FAME) dan air. Katalis yang digunakan untuk reaksi esterifikasi adalah asam, biasanya asam sulfat (H_2SO_4) atau asam fosfat (H_3PO_4). Berdasarkan kandungan FFA dalam minyak nabati maka proses pembuatan biodiesel secara komersial dibedakan menjadi 2 yaitu :

1. Transesterifikasi dengan katalis basa (sebagian besar menggunakan kalium hidroksida) untuk bahan baku *refined oil* atau minyak nabati dengan kandungan FFA rendah.
2. Esterifikasi dengan katalis asam (umumnya menggunakan asam sulfat) untuk minyak nabati dengan kandungan FFA tinggi dilanjutkan dengan transesterifikasi dengan katalis basa.

Proses pembuatan biodiesel dari minyak dengan kandungan FFA rendah secara keseluruhan terdiri dari reaksi transesterifikasi, pemisahan gliserol dari metil ester, pemurnian metil ester (netralisasi, pemisahan methanol, pencucian dan pengeringan /dehidrasi), pengambilan gliserol sebagai produk samping (asidulasi dan pemisahan metanol) dan pemurnian metanol tak bereaksi secara destilasi/*rectification*.

Gelombang Mikro

Gelombang mikro merupakan alternatif sumber energi yang dapat digunakan untuk mensuplai energi dalam reaksi kimia. Melalui pemanasan dielektrik, campuran reaksi dapat bercampur secara homogen tanpa kontak dengan dinding. Waktu yang diperlukan untuk reaksi secara keseluruhan dapat tereduksi secara signifikan (Santoso, 2008).

Radiasi gelombang mikro merupakan radiasi non-ionisasi yang dapat memutuskan suatu ikatan sehingga menghasilkan energi yang dimanifestasikan dalam bentuk panas melalui interaksi antara zat atau medium. Energi tersebut dapat direfleksikan, ditransmisikan, atau diabsorbsikan. Sebenarnya gelombang ini merupakan gelombang radio, tetapi panjang gelombangnya lebih kecil dari gelombang radio biasa. Panjang gelombangnya termasuk *ultra-short* (sangat pendek) sehingga disebut juga mikro, dari sinilah lahir istilah *microwave* (Handayani, 2010).

Proses pemanasan dengan *microwave* menggunakan waktu yang lebih singkat untuk memanaskan bahan baku tanpa pemanasan awal (Lertsathapornasuk, dkk., 2004). Selain itu penggunaan *microwave* menunjukkan reaksi yang lebih efisien, dengan lama reaksi dan proses pemisahan yang singkat, menurunkan jumlah produk samping, dan dapat menurunkan konsumsi energi (Terigar, 2009). Efisiensi dari transesterifikasi *microwave* berasal dari sifat dielektrik dari campuran polar dan komponen ion dari minyak, pelarut, dan katalis. Pemanasan yang cepat dan

efisien pada radiasi *microwave* karena gelombang *microwave* berinteraksi dengan sampel pada tingkat molekular menghasilkan campuran intermolekul dan agitasi yang meningkatkan peluang dari sebuah molekul alkohol bertemu dengan sebuah molekul minyak (Terigar, 2009).

Microwave Hydro Distillation (MHD) adalah salah satu metode ekstraksi pelarut dengan menggunakan gelombang mikro sebagai sumber panas untuk menguapkan kandungan pelarut yang terkandung (Kantasamy, dkk., 2017). Prinsip kerja *microwave hydro distillation* ialah dengan adanya energi gelombang mikro yang diserap oleh air (sifat dielektrik tinggi). Energi ini kemudian diubah menjadi energi panas yang kemudian ditransfer ke bahan (Kantasamy, dkk., 2017). Transfer energi panas ini dapat membawa lokalisasi panas pada bagian yang diinginkan dari bahan terutama bagian yang mengandung minyak. Minyak dapat dengan mudah melepaskan kandungan pelarut tanpa mengalami banyak pemecahan ikatan. Hal ini tidak terjadi dengan metode konvensional. Hal ini telah dikaitkan dengan sifat distribusi panas oleh *microwave hydro distillation* di mana energi panas pertama mencapai permukaan pelarut sebelum memanaskan bahan pelarut. Pelarut dan kandungan uap air yang telah teruapkan oleh energi panas akan dikondensasikan menggunakan kondenser yang terdapat pada *microwave hydro distillation* ini.

Microwave hydro distillation merupakan reaktor yang digunakan pada prototype namun zat yang diuapkan adalah metanol saja tanpa kandungan uap air. Penggunaan *microwave hydro distillation* ini merupakan salah satu metode distilasi yang memiliki keunggulan dalam hal penghematan energi dan waktu. Proses yang terjadi pada *microwave hydro distillation* lebih cepat dibandingkan dengan menggunakan reaktor biasa (Fazlali, dkk., 2015).

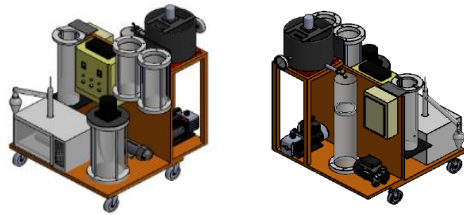
Tegangan Tinggi

Proses separasi dengan bantuan aliran listrik bertegangan dapat memberikan hasil yang cukup baik karena dapat mempercepat terjadinya proses pemisahan antara biodiesel dari gliserol dan zat lain yang tidak diinginkan. Pemisahan biodiesel dengan metode separasi tegangan listrik dapat menjadi teknologi yang menjanjikan untuk sintesa biodiesel dari minyak tumbuhan karena waktu reaksi relatif singkat, tidak terjadi pembentukan sabun, dan tidak membentuk gliserol sebagai hasil samping. Namun kerugiannya adalah masih sulitnya mengendalikan mekanisme reaksi karena adanya elektron berenergi tinggi, mengendalikan ikatan mana yang akan dieksitasi atau diionisasi dan mencegah reaksi lanjutan karena aksi dari elektron berenergi tinggi.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Prototype yang digunakan berupa sebuah *microwave* menggunakan reaktor *methanol distillation* yang dilengkapi dengan 2 buah tangka umpan, satu buah tangki *emulsifier* lengkap dengan *propeller*, 2 buah pompa portable, serta satu buah tangki separasi dengan sepasang elektroda. Selain itu,

prototype ini juga dilengkapi dengan unit penjernihan minyak jelantah yang terletak di bagian belakang



Tampak Depan **Tampak Belakang**
Gambar 1. Desain Peralatan Prototype
Produksi Biodiesel

Tahap Persiapan

Minyak jelantah diperoleh dari sebuah pabrik kemplang dan kerupuk yang ada di daerah Palembang. Minyak jelantah yang didapat selanjutnya dilakukan uji kadar asam lemak bebas (ALB) dengan cara mengambil sebanyak 5 gr sampel minyak dan ditambahkan 50 ml methanol. Selanjutnya, ditambahkan indikator pp dan dilakukan titrasi sampel dengan larutan NaOH 0,1 N. Volume NaOH yang digunakan setelah sampel berubah warna merah muda dicatat dan dihitung nilai ALB dengan menggunakan rumus:

$$\%ALB = \frac{V \text{ NaOH} \times N \text{ NaOH} \times BE \text{ Asam Lemak}}{m \text{ sampel}} \times 100$$

(Saputra,dkk. 2008)

Dengan,

V = volume NaOH (ml)

N = normalitas larutan NaOH (N)

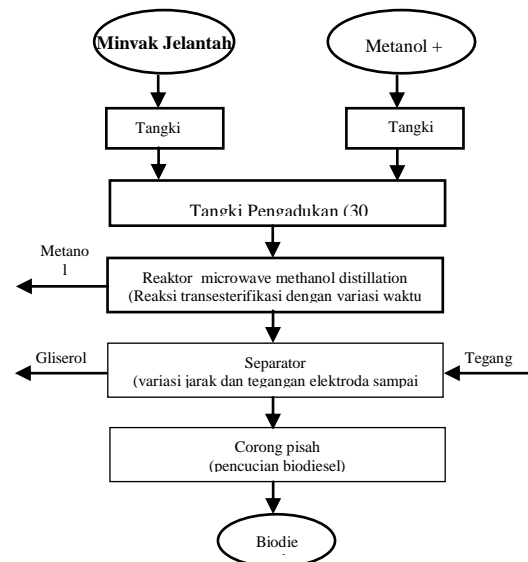
m = massa sampel (gr)

Tahap Pembuatan Katalis Kalium Metoksida

Katalis kalium metoksida dibuat dengan menimbang kalium hidroksida dan metanol yang dibutuhkan dan kemudian melarutkan kalium hidroksida ke dalam metanol yang telah ditimbang. Selanjutnya dilakukan pengadukan pada larutan hingga semua kalium hidroksida terlarut ke dalam metanol.

Tahap Pembuatan Biodiesel

Pada tahapan ini air pada awalnya dipanaskan hingga temperturnya mencapai 60°C. Selanjutnya, biodiesel yang diperoleh dicampurkan dengan air yang telah dipanaskan ke dalam corong pisah dengan perbandingan volume 1:1. Air kemudian dipisahkan dari biodiesel dan diikuti dengan proses pemanasan biodiesel pada temperatur 40-48°C. Biodiesel yang telah dipanaskan selanjutnya didinginkan hingga temperturnya sama dengan temperatur lingkungan. Proses pemurnian dilakukan berulang hingga air pemurnian berwarna bening.

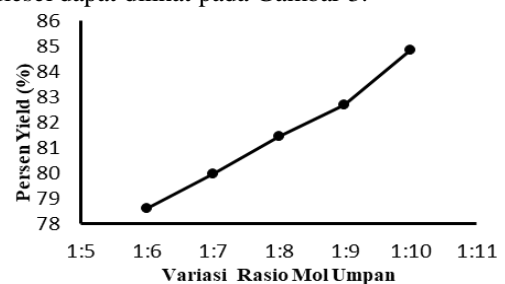


Gambar 2. Metodologi Pembuatan Biodiesel

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Rasio Molar Minyak Jelantah Dan Metanol Terhadap Persen Yield Biodiesel

Persen yield merupakan suatu parameter yang penting untuk mengetahui nilai ekonomis dan efektivitas suatu proses produk atau bahan. Persen yield biodiesel penting untuk diketahui agar dapat mengetahui seberapa ekonomis proses pembuatan biodiesel dengan metode yang diterapkan. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa persen yield biodiesel dipengaruhi oleh rasio molar minyak jelantah dan metanol. Grafikhubungan rasio massa minyak jelantah dan metanol terhadap persen rendemen biodiesel dapat dilihat pada Gambar 3.



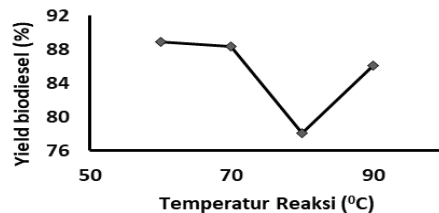
Gambar 3. Hubungan Rasio Minyak Jelantah dan Metanol Terhadap Yield Biodiesel

Pada Gambar 3 menunjukkan bahwa semakin besar rasio molar minyak jelantah dan metanol maka persen yield yang dihasilkan akan semakin besar. Hal ini dikarenakan jumlah metanol yang lebih besar pada perbandingan rasio yang semakin besar pula. Dengan menggunakan metanol yang berlebih maka reaksi dapat digeser ke kanan (ke arah pembentukan produk) untuk menghasilkan konversi yang maksimum. Hal ini sesuai dengan Hasahatan dkk. (2015), yaitu untuk meningkatkan jumlah produk dan persen yield maka dapat dilakukan dengan penambahan metanol yang berlebih ke dalam reaksi. Persen yield biodiesel tertinggi terdapat pada

rasio molar minyak jelantah dan metanol 1:9 yaitu sebesar 84,855%.

Pengaruh Temperatur Reaksi Terhadap Persen Yield Biodiesel

Temperatur reaksi akan berpengaruh terhadap reaksi transesterifikasi yang terjadi. Temperatur reaksi yang digunakan pada penelitian ini 60, 70, 80 dan 90 °C. Grafik hubungan temperatur reaksi terhadap persen rendemen biodiesel dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Hubungan Temperatur Reaksi Terhadap Persen Yield Biodiesel

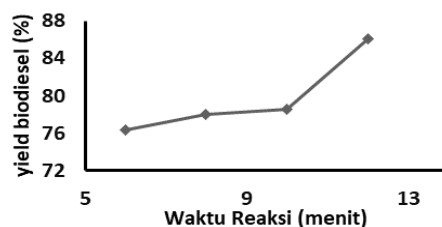
Gambar 4. menunjukkan bahwa persen yield biodiesel yang dihasilkan berdasarkan variasi temperatur sudah cukup optimum yaitu berkisar dari 78-88 %. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa yield yang tertinggi dapat dihasilkan pada temperatur reaksi 60°C yaitu sebesar 88,91% sedangkan untuk yang terendah diperoleh pada temperatur reaksi 80°C yaitu 78,01 %.

Penurunan persen yield biodiesel seiring dengan peningkatan temperatur reaksi pada microwave. Sempurnanya sebuah reaksi transesterifikasi tergantung pada suhu proses, dimana perbedaan suhu menunjukkan persentase yield yang berbeda-beda pula (Wahyuni, dkk. 2015).

Perbedaan dan penurunan yield biodiesel tersebut disebabkan oleh beberapa hal yaitu, suhu dan ketelitian dalam menghomogenisasikan campuran antara bahan baku katalis dan alkohol. Selain itu, saat temperatur reaksi 60°C bahan baku minyak jelantah sudah menerima panas yang maksimal untuk bereaksi. Sedangkan untuk temperatur reaksi 80°C mengalami penurunan yang lumayan jauh dibandingkan dengan temperatur reaksi yang lainnya, hal ini dimungkinkan akibat dari pergeseran reaksi ke arah reaksi saponifikasi yang lebih banyak menghasilkan sabun daripada metil ester.

Pengaruh Waktu Reaksi Terhadap Persen Yield Biodiesel

Menurut pengertiannya waktu reaksi merupakan waktu yang dibutuhkan reaktan untuk bereaksi membentuk sebuah produk. Pada penelitian ini dilakukan perlakuan variasi waktu reaksi pada reaksi transesterifikasi selama 6 menit, 8 menit, 10 menit, dan 12 menit.

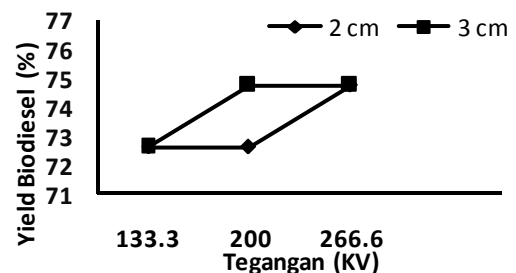


Gambar 5. Hubungan Waktu Reaksi Terhadap Persen Yield Biodiesel

Dari Gambar 5. dapat dilihat bahwa waktu reaksi berpengaruh terhadap yield biodiesel yang dihasilkan. Dimana pada grafik diatas menunjukkan bahwa semakin lama waktu reaksi yang digunakan maka semakin besar pula persen yield yang dihasilkan. Hal ini disebabkan karena semakin lama reaksi yang berlangsung maka kemungkinan kontak antar zat akan semakin banyak sehingga konversi semakin tinggi. Kondisi ini hanya berlaku hingga tercapainya kesetimbangan dan setelah itu waktu reaksi tidak akan mempengaruhi konversi reaksi tetapi hanya akan meningkatkan biaya produksi saja (Majid, dkk 2012).

Pengaruh Tegangan dan Jarak Elektroda Terhadap % Yield Biodiesel

Besarnya tegangan dan jarak elektroda memiliki pengaruh terhadap kuantitas biodiesel yang dihasilkan. Variasi tegangan dan jarak elektroda terhadap persen yield biodiesel dapat dilihat pada Gambar 6. berikut ini.



Berdasarkan Gambar 6. di atas, terjadi peningkatan persen yield biodiesel seiring dengan peningkatan tegangan di dalam separator, persen yield yang tinggi ini dikarenakan semakin tinggi tegangan listrik yang digunakan maka semakin besar pula gas klorin yang dihasilkan. Ion hidroksil (OH-) yang dihasilkan juga akan semakin bertambah seiring dengan naiknya tegangan listrik yang digunakan pada proses elektrolisis. Ion metoksida dapat terbentuk ketika metanol bereaksi dengan ion hidroksil sehingga dengan naiknya tegangan listrik maka ion metoksida yang terbentuk akan semakin banyak dan yield biodiesel yang dihasilkan akan semakin banyak (Moeksin, dkk., 2017). Yaitu semakin besar tegangan menyebabkan persen yield meningkat. Dalam hal ini Jarak kurang mempengaruhi persen yield. Dikarenakan jarak hanya berpengaruh pada proses pemisahan biodiesel dan gliserol.

Analisa Pengaruh Variasi Kondisi Operasi Terhadap Kualitas Produk Biodiesel

Variasi kondisi proses selain berpengaruh terhadap kuantitas produk (yield biodiesel) juga berpengaruh terhadap kualitas biodiesel seperti pada Tabel 1. berikut ini.

Tabel 1. Variasi Proses Terhadap Kualitas Produk Biodiesel

Karakteristik	Variasi Kondisi Optimum				Standar SNI 7182-2015
	Rasio Molar Minyak Dan Jelantah (1:9)	Temperatur Reaksi (60°C)	Waktu Reaksi (12 Menit)	Tegangan & Jarak Elektroda (266,6 KV dan 3 cm)	
pH	7	6	7	6	-
Angka asam	0,318	0,54	0,21	0,32	Maks 0,6
Kadar air	0,0387	0,03	0,03	0,264	Maks 0,05
Densitas	0,87	0,86	0,86	0,875	0,850-0,890
Viskositas	2,757	2,42	2,36	2,353	2,3-6,0
Titik nyala	127	101	102,1	102,5	Min 100
Persen yield	82,699	88,91	86,04	74,73	-

Tabel 1. di atas menunjukkan tentang kualitas biodiesel yang dipengaruhi oleh variasi kondisi proses. Variasi yang dilampirkan di atas merupakan variasi kondisi yang menghasilkan produk biodiesel dengan karakteristik yang sesuai dengan standar SNI 7182-2015. Untuk mengetahui besarnya nilai karakteristik produk biodiesel, sebelumnya telah dilakukan proses analisa menggunakan beberapa metode. Hasilnya ialah pada variasi rasio molar umpan, 1: 9 merupakan rasio molar umpan yang paling optimum untuk memproduksi biodiesel. Untuk variasi temperatur ialah pada saat temperatur reaksi 60 °C sangat cocok digunakan untuk proses produksi biodiesel. Sedangkan unntuk variasi waktu, kondisi proses yang paling optimum untuk memproduksi biodiesel ialah pada waktu reaksi 12 menit. Dan pada variasi tegangan dan jarak elektroda, besar tegangan 266,6 KV dan jarak 3 cm adalah kondisi operasi yang paling optimum untuk memproduksi biodiesel dengan kualitas yang sesuai dengan SNI 7182-2015.

4. SIMPULAN

Dari hasil penelitian pembuatan biodiesel dengan pemanfaatan gelombang mikro dan tegangan tinggi, dapat disimpulkan bahwa:

Rasio molar minyak jelantah dan metanol memiliki pengaruh terhadap persen yield biodiesel yaitu semakin tinggi rasio molar umpan maka persen yield akan semakin besar pula dengan persen yield tertinggi sebesar 82,69 % pada rasio molar 1:9. Semenntara untuk temperatur reasi, semakin tinggi temperatur reaksi yang digunakan maka semakin kecil persen yield yang dihasilkan, dengan yield tertinggi sebesar 88,91% pada temperatur 60°C. Dan untuk waktu reaksi, semakin lama waktu reaksi yang digunakan maka persen yield yang dihasilkan akan semakin besar, dengan yield terbesar

adalah 86,04% pada waktu reaksi 12 menit. Variasi tegangan dan jarak elektroda menghasilkan persen yield tertinggi pada tegangan 266,6 KV dan jarak 3 cm dengan yield sebesar 74,73%. Selain menghasilkan yield tertinggi, rasio molar 1:9, temperatur reaksi 60°C, waktu reaksi 12 menit, serta tegangan 266,6 KV dan jarak elektroda 3 cm juga merupakan kondisi operasi paling optimum untuk memproduksi biodiesel karena menghasilkan biodiesel dengan kualitas karakteristik yang sesuai dengan standar SNI 7182-2015.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhari, H., Yusnimar, dan Utami, S. (2016). *Pemanfaatan Minyak Jelantah Menjadi Biodiesel dengan Katalis ZnO Presipitan Zinc Karbonat*.
- Fazlali, Alireza, Sara Moradi, dan Hamid Hamed. (2018). *Microwave-Assisted Hydro-Distillation of Essential Oil from Rosemary: Comparison with Traditional Distillation*.
- Handayani, S. P. (2010). *Pembuatan Biodiesel dari Minyak Ikan dengan Radiasi Gelombang Mikro*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Hasahatan, D., Sunaryo, J., dan Komariah, L. N. (2012). *Pengaruh Rasio H2SO4 dan Waktu Reaksi Terhadap Kuantitas dan Kualitas Biodiesel Dari Minyak Jarak Pagar*. Jurnal Teknik Kimia, 26-36.
- Kantasamy, R., Jeyaratnam Nitthiyah, Abdurahman Hamid Nour, dan John O. Akindoyo. (2017). *Microwave Assisted Hydrodistillation – An Overview of Mechanism and Heating Properties*. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 22-29.
- Lertsathapornsuk V., R.Pairintra dan K. Krisnangkura. 2004. *Direct Conversion of Used Vegetable Oil to Biodiesel and Its Use As An Alternative Fuel For Compression Ignition Engine*. King Mongkut's University of Technology Thonburi. Bangkok. Thailand.
- Majid, A., Prasetyo, D., dan Danarto, Y. (2012). *Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah dengan Menggunakan Radiasi Gelombang Mikro*. 5-21.
- Moeksin, Rosdiana, Shofahaudy, M., dan Warsito, D. (2017). *Pengaruh Rasio Metanol dan Tegangan Arus Elektrolisis Terhadap Yield*

Biodiesel dari Minyak Jelantah. (U. Sriwijaya, Ed.) *Jurnal Teknik Kimia*, 39-47.

Santoso, H., Kristianto, I., dan Setyadi, A. (2012). *Pembuatan Biodiesel Menggunakan Katalis Basa Heterogen Berbahan Dasar Kulit Telur.* Bandung: Universitas Katolik Parahyangan.

Saputra, A., Sahar, Y., dan Zahrina, I. (2013). *Recovery Minyak dari Spent Bleaching Earth (SBE).*

Terigar, B. (2009). *Advance Microwave Technology for Biodiesel Feedstock Processing.* Romania : Aurel Vlaicu University of Arad.

Wahyuni, S., Ramli, dan Mahrizal. (2015). *Pengaruh Suhu Proses dan Lama Proses Pengendapan terhadap Kualitas Biodiesel dari Minyak Jelantah.* 33-40.