

Review Artikel : Produksi Biodiesel Dari Minyak Goreng Bekas Dengan Metode Purifikasi Dan Katalisis

Review Article : Biodiesel Production From Used Cooking Oil Purification And Catalysis

Aditya Arif Budiman*, Samik Samik

Jurusan Kimia, Universitas Negeri Surabaya, Jl. Ketintang, Kota Surabaya, Indonesia

*corresponding author: samik@unesa.ac.id

Abstrak. Minyak goreng bekas atau *WFO* (*Waste Frying Oils*) merupakan jenis bahan energiterbarukan dalam memproduksi biodiesel dan salah satu keuntungannya yaitu biaya produksi yang lebih ekonomis dari bahan baku yang lain ketika diproduksi dalam jumlah yang besar. Dalam produksi biodiesel, penggunaan *WFO* merupakan tindakan yang ramah lingkungan karena memanfaatkan kembali limbah. Hal itu dapat mengurangi pencemaran lingkungan terutama pada tanah dan sungai. Maka dari itu artikel review ini dibuat untuk menjelaskan pengolahan *WFO* yang canggih sebagai bahan baku produksi biodiesel dengan metode purifikasi dan katalitik yang disajikan dan dibandingkan dengan meliputi keuntungan dan kerugian menggunakan bahan baku *WFO* dan berbagai katalis. Metode yang digunakan pada artikel ini yaitu metode purifikasi dan katalitik. Hasil yang diperoleh bahwa *WFO* dapat diubah menjadi biodiesel hal ini ditunjukkan dari beberapa peneliti yang menggunakan katalis NaOH memperoleh % yield biodiesel dengan rentang 78-98%. Selain itu juga terdapat katalis yang digunakan seperti KOH yang memperoleh % yield biodiesel dengan rentang 76-99%. Terdapat juga katalis H₂SO₄ yang digunakan. Katalis ini mampu memperoleh % yield biodiesel sebesar 83 – 95% serta terdapat katalis TiO₂ yang dapat memperoleh % yield biodiesel sebesar 74%.

Kata kunci: Minyak goreng bekas, Purifikasi, Biodiesel, Katalis.

Abstract. *Used cooking oil or WFO (Waste Frying Oils) is a type of renewable energy material in producing biodiesel and one of the advantages is that production costs are more economical than other raw materials when produced in large quantities. In biodiesel production, the use of WFO is an environmentally friendly measure because it reuses waste. It can reduce environmental pollution, especially on soil and rivers. Therefore, this review article was made to explain the advanced processing of WFO as a raw material for biodiesel production with purification and catalytic methods which is presented and compared by covering the advantages and disadvantages of using WFO raw materials and various catalysts. The methods used in this article are purification and catalytic methods. The results obtained that WFO can be converted into biodiesel, this is shown by several researchers who used NaOH catalyst to obtain % biodiesel yield in the range of 78-98%. In addition, there are also catalysts used such as KOH which obtains % biodiesel yield in the range of 76-99%. There is also an H₂SO₄ catalyst used. This catalyst is able to obtain % biodiesel yield of 83 - 95% and there is a TiO₂ catalyst which can obtain % biodiesel yield of 74%.*

Keywords: *Waste Crude Oil, Purification, Biodiesel, catalysts.*

1. Pendahuluan

Bahan bakar terbarukan yang dibuat dari minyak nabati atau lemak hewani atau umumnya disebut dengan biodiesel. Bahan ini merupakan bahan yang tidak beracun, dapat terurai secara alami, menghasilkan lebih sedikit sulfur dan hidrokarbon di udara, serta dapat digunakan pada mesin diesel yang telah sesuai dengan standar yang ditetapkan [4]. Biodiesel memiliki kandungan senyawa yang terdiri dari campuran mono alkil ester dan rantai panjang asam lemak. Senyawa ini

terbentuk saat bereaksi dengan senyawa alkohol rantai pendek (metanol atau etanol) dengan adanya bantuan katalis, reaksi yang terjadi disebut dengan reaksi transesterifikasi [36]. Terdapat beberapa jenis minyak nabati yang dapat dikonsumsi seperti kacang kedelai, biji bunga matahari, dan minyak sawit. Minyak nabati tersebut dapat dijadikan bahan baku utama dalam produksi biodiesel, namun mahal harganya serta persaingan dengan degradasi pangan dan tanah karena skala penanaman yang besar jelas merupakan suatu kerugian untuk produksi dan komersialisasi biodiesel [24]. Minyak goreng bekas (*WFO*) dianggap sebagai alternatif yang menjanjikan dalam produksi biodiesel, selain biayanya yang rendah juga tingkat ketersediaannya yang tinggi. Selain itu, penggunaan *WFO* sebagai bahan baku tidak mempengaruhi persaingan dengan permintaan pangan. Harga *WFO* sendiri jauh lebih murah dibanding minyak nabati lain yakni sekitar dua sampai tiga kali lebih rendah. Disamping itu menggunakan *WFO* sebagai bahan baku juga akan mengurangi tingkat polutan di air maupun di tanah [40]. Kandungan di dalam *WFO* seperti senyawa triasilgliserol, air, asam lemak bebas (*FFA*), senyawa polar dan senyawa non-volatil yang dihasilkan selama proses memasak makanan dapat mempengaruhi reaksi transesterifikasi dengan penggunaan katalis homogen [2]. Maka dari itu pada artikel ini akan dibahas dari beberapa literatur yang menjelaskan penggunaan *WFO* dengan metode transesterifikasi dalam memperoleh biodiesel dengan menggunakan beberapa jenis katalis serta % yield biodiesel sehingga kualitas biodiesel yang didapat sudah memenuhi syarat baku mutu biodiesel.

2. Bahan dan Metode

2.1. Minyak Jelantah

Dalam memproduksi biodiesel dengan skala besar tentu mempunyai biaya produksi yang mahal. Hal ini diakibatkan pada jenis bahan baku yang digunakan. Minyak jelantah bisa menjadi alternatif dalam menekan biaya produksi. Selain itu menggunakan minyak jelantah dalam produksi biodiesel dapat menurunkan tingkat polutan minyak jelantah pada lingkungan [37].

Minyak jelantah tidak disarankan untuk dikonsumsi kembali karena dapat menyebabkan penyakit serius pada tubuh [27]. Menggunakan minyak jelantah sebagai bahan produksi memiliki kekurangan yaitu memiliki tingkat kadar asam lemak bebas (*FFA*) yang tinggi [22].

Selain mempunyai kandungan kadar asam lemak bebas (*FFA*) minyak jelantah juga memiliki kadar air. Kadar air yang didapat selain berasal dari air yang berasal dari minyak goreng itu sendiri, juga berasal dari bahan pangan lain yang digoreng. Pada saat penggorengan berlangsung, sebagian kadar air akan menguap ke udara dan sebagiannya tetap berada dalam minyak. Selain kadar air, minyak jelantah memiliki kandungan senyawa peroksida. Senyawa ini terbentuk karena frekuensi penggorengan yang terlalu sering sehingga menyebabkan kandungan peroksidanya tinggi [20]. Hal ini dikarenakan reaksi oksidasi termal yang terjadi pada proses penggorengan. Oksidasi termal merupakan reaksi yang disebabkan karena adanya pemanasan dan terpapar oleh udara yang mengakibatkan terbentuknya senyawa peroksida dalam minyak [44]. Minyak jelantah yang sudah tidak layak pakai ditandai dengan bau tengik, memiliki warna dari coklat hingga kehitaman, memiliki endapan, keruh dan berbuih [45].

2.2. Metode Produksi Biodiesel

Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan dalam produksi biodiesel, seperti metode mikroemulsi, metode pirolisis dan reaksi transesterifikasi. Metode konvensional dan yang paling sering digunakan pada skala rumahan hingga industri yaitu menggunakan reaksi transesterifikasi (*alcoholysis*) dengan menggunakan metode ini produk biodiesel yang diperoleh beradadalam kondisi murni. Reaksi transesterifikasi memiliki berbagai macam jenis antara lain, reaksi dengan menggunakan katalis dan reaksi yang tidak memakai katalis, biasanya jenis ini membutuhkan waktu yang relatif lama. Katalis yang lazim digunakan terdapat 3 jenis antara lain katalis heterogen (katalis asam dan basa), katalis homogen (katalis asam dan basa) dan enzim. Berikut tabel perbandingan ketiga jenis katalis :

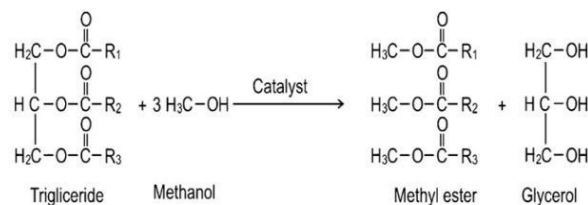
Tabel 1. Perbandingan Jenis Katalis Dalam Produksi Biodiesel

Katalis	Jenis Katalis	Karakteristik Katalis Nilai Keasaman (KOH/g)	Kondisi Reaksi	% Yield Biodiesel	Referensi
TiO ₂ – MgO	Basa Heterogen	3,6mg KOH/g	T = 250oC t = 10 menit Katalis = 3% Metanol / Oil 36 : 1	99%	[42]
CaO	Basa Heterogen	2,18mgKOH/g	T = 60°C t = 150 menit Katalis = 5% Metanol / Oil 12 : 1	98%	[7]
CaO	Basa Heterogen	0,98mgKOH/g	T = 64°C t = 120 menit Katalis = 10% Metanol / Oil 30 : 1	92,1%	[26]
ZnO ₂	Basa Heterogen	1,01mgKOH/g	T = 65°C t = 50 menit Katalis = 2,5% Metanol / Oil 18 : 1	98%	[43]
NaOH	Basa Homogen	7,25mgKOH/g	T = 50°C t = 90 menit Katalis = 1% Metanol / Oil 9 : 1	89,8%	[25]
NaOH	Basa Homogen	2,085mg KOH/g	T = 50°C t = 40 menit Katalis = 1% Metanol / Oil 6 : 1	89,5%	[17]
KOH	Basa Homogen	3,64mg KOH/G	T = 50°C T = 60 Menit Katalis = 0,75% Metanol / Oil 8 : 1	88%	[28]
CH ₃ COOC ₂ H ₅	Basa Homogen	4,3mg KOH/G	T = 40°C T = 70 Menit Katalis = 1% Metanol / Oil 12 : 1	88%	[22]
NaOH	Basa Homogen	0,2mg KOH/G	T = 55°C T = 90 Menit Katalis = 1,21% Metanol / Oil 15 : 1	99%	[3]
H ₂ SO ₄	Asam Homogen	68,2mg KOH/G	T = 51°C T = 61 Menit Katalis = 0,68% Metanol / Oil 6,1 : 1	90%	[8]
H ₂ SO ₄	Asam Homogen	17,41mg KOH/G	T = 40°C T = 50 Menit Katalis = 0,5% Metanol / Oil	90%	[20]

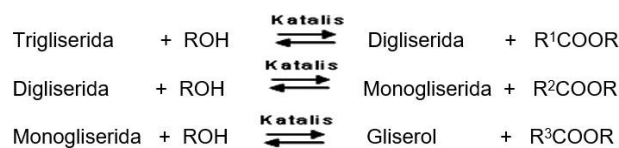
Katalis	Jenis Katalis	Karakteristik Katalis Nilai Keasaman (KOH/g)	Kondisi Reaksi	% Yield Biodiesel	Referensi
			6 : 1		
Lipase	Enzimatik	143,64mg KOH/G	T = 50°C T = 240 Menit Katalis =10% Metanol / Oil 25 : 1	89,2%	[21]
Lipase Novozym 435	Enzimatik	1,68mg KOH/g	T = 40°C t = 2880 menit Katalis =10% Metanol / Oil 14 : 1	93,6%	[32]

2.3. Reaksi Transesterifikasi

Reaksi transesterifikasi adalah cara mengubah minyak dan asam lemak menjadi alkil ester atau yang dikenal biodiesel. Dalam reaksi transesterifikasi, trigliserida bereaksi dengan alkohol (metanol atau etanol) sehingga menghasilkan metil ester atau etil ester dari kandungan asam lemak dan gliserol. Pada umumnya alkil ester yang digunakan dalam bentuk metil ester bukan dalam bentuk etil ester karena dalam segi ekonomi metanol lebih murah daripada etanol, selain itu metanol memiliki keunggulan dari segi sifat kimia maupun fisika yaitu memiliki sifat lebih polar serta rantai karbonnya lebih pendek jika dibanding etanol [17]. Transesterifikasi telah menjadi subjek beberapa studi sejak ide biodiesel diajukan. Pada tahun 1986, para peneliti melakukan analisis komparatif terhadap pemakaian minyak nabati sebagai alternatif bahan bakar mesin diesel [26]. Kemudian pada tahun 1988, lipase digunakan sebagai katalisator dalam reaksi transesterifikasi. Secara tradisional, transesterifikasi dapat dilakukan dengan bantuan katalis heterogen dan homogen baik yang bersifat asam maupun basa [26]. Reaksi transesterifikasi yang diperoleh merupakan reaksi keseluruhan dari trigliserida. Pada reaksi ini terdapat tiga tahapan reaksi yang bersifat reversible seperti dicantumkan pada Gambar 1. [34]



Gambar 1. Reaksi Transesterifikasi Keseluruhan dari Trigliserida



Gambar 2. Tahapan Reaksi Transesterifikasi dari Trigliserida

2.4. Tahapan Purifikasi

Untuk menjaga kualitas agar produk akhir dapat dikatakan sebagai biodiesel perlu memperhatikan berbagai macam standar. Yang pertama biodiesel tidak boleh terkontaminasi dengan kotoran yang dapat merusak mesin dengan terbentuknya endapan di ruang mesin sehingga dapat menyebabkan korosi pada mesin. Pengotor tersebut berasal dari bahan sisa hasil reaksi seperti residu katalis, air, gliserol dan alkohol berlebih. Ketika biodiesel diproduksi dari *WFO*, senyawa lain akan muncul dalam reaksi seperti senyawa polar, dimer, mono dan diasilgliserol dan FFA [10]. Kotoran yang ditimbulkan dari *WFO* umumnya berbentuk padat dan dapat dihilangkan dengan sentrifugasi dan / atau filtrasi sebelum tahap produksi biodiesel [11]. Pengotor tersebut perlu dihilangkan untuk menjaga kualitas biodiesel yang akan diproduksi. Terdapat beberapa metode untuk menghilangkan kotoran tersebut seperti membran, distilasi dan pencucian basah dan pencucian kering [5]. Salah satu teknik utama yang digunakan dalam industri saat ini merupakan teknik pencucian basah (Wet Washing) serta terdapat juga teknik pencucian kering dengan adsorpsi (Dry Washing) [35].

Selain teknik dry washing juga terdapat teknik wet washing. Teknik ini merupakan teknik yang paling sering digunakan dalam skala rumahan maupun industri. Prinsip dari teknik ini yaitu menghilangkan sisa gliserol serta metanol yang tidak bereaksi dengan katalis. Selain itu teknik ini memiliki kekurangan yaitu pada segi waktu. Teknik wet washing membutuhkan waktu sedikitnya selama 2,5 jam dan juga membutuhkan air dalam jumlah yang besar sehingga menghasilkan limbah berupa emulsi sabun, gliserol dan metanol yang tidak mudah untuk dibuang begitu saja di lingkungan [35]. Berikut tabel jenis bahan yang digunakan pada teknik wet washing dan dry washing :

Tabel 2. Jenis Bahan Pada Teknik Wet Washing dan Dry Washing

Jenis Pencucian	Bahan	% Ester	Refrensi
Wet Washing	Asam Fosfat 5 %	92 %	[30]
	Air Suling Panas	89 %	[17]
	Asam Fosfat 1 %	93,5 %	[23]
Dry Washing	Magnesol & Purolit	94,5 %	[34]
	Abu Ampas Tebu	88 %	[38]
	Abu Sekam Padi	83 %	[38]

2.5 Produksi Biodiesel dari Minyak Jelantah

Berikut disajikan tabel yang berisi kajian dari berbagai literatur yang memakai minyak jelantah sebagai bahan baku utama pembuatan biodiesel :

Tabel 3. Hasil Produksi Biodiesel dari Minyak Jelantah

No	Katalis	Rasio (oil : metanol)	Kualitas Biodiesel				% Yield	Ref.
			Berat Jenis (Kg/L)	Viskositas (cSt)	Bilangan Asam (KOH/g)	Gliserol Bebas		
1	NaOH	1:4	870	3,93	-	1,01%	95%	[15]
2	KOH	1:5	870	2,35	0,8	0,04%	99%	[18]
3	NaOH	1:6	853	1,26	0,8	-	72,87 %	[39]
4	KOH	1:6	870	3,06	-	0,24%	99%	[20]

No	Katalis	Rasio (oil : metanol)	Kualitas Biodiesel				% Yield	Ref.
			Berat Jenis (Kg/L)	Viskositas (cSt)	Bilangan Asam (KOH/g)	Gliserol Bebas		
5	H ₂ SO ₄	1:6	869	4,5	0,37	-	83,20 %	[12]
6	NaOH	1:6	937	-	-	0,50%	90%	[29]
7	NaOH	1:6	870	1,9	2,98	-	91,10 %	[16]
8	TiO ₂	1:24	879	4,5	0,9	0,21%	74,02 %	[9]
9	KOH	1:6	870	4,5	0,2	0,23%	96,65 %	[13]
10	KOH	1:4	873	4,64	-	0,16%	76,25 %	[41]
11	KOH	1:5	870	4,5	-	0,23%	90%	[33]
12	H ₂ SO ₄	1:7	-	-	0,59	0,03%	95,28 %	[14]
13	KOH	1:6	901	3,5	0,224	-	96,70 %	[1]
14	NaOH	1:6	-	4,43	-	-	81,83 %	[31]
15	NaOH	1:6	866	5,15	-	0,26%	98,42 %	[6]

Pada tabel 3. Telah disediakan beberapa hasil analisa dari pengujian penggunaan minyak jelantah sebagai bahan baku dalam pembuatan biodiesel. Terdapat berbagai jenis katalis yang digunakan tentu dengan besaran rasio metanol : minyak yang berbeda-beda tiap peneliti. Peninjauan dilakukan dari jenis katalis yang dipakai, rasio metanol dengan minyak, berat jenis yang dihasilkan, tingkat viskositas, bilangan asam, angka gliserol bebas serta hasil yield atau FAME yang diperoleh setelah percobaan dilakukan.

Pada penelitian biodiesel dari minyak jelantah salah satu katalis yang sering umum dipakai adalah NaOH seperti pada penelitian yang dilakukan oleh Hadrah dkk pada Tahun 2018. Peneliti memperoleh % yield biodiesel sebesar 95% dengan perbandingan rasio molar metanol : minyak sebesar 1:4. Disamping itu penelitian yang dilakukan oleh Prasetyo di Tahun 2018 yang menaikkan angka rasio molar metanol : minyak yaitu sebesar 1 : 6 dapat memperoleh yield biodiesel sebesar 90%. Hal ini tidak beda jauh dengan penelitian yang dilakukan oleh Haryanto dkk pada Tahun 2015 dengan menggunakan rasio molar metanol : minyak yang sama memperoleh yield biodiesel sebesar 91,10% . Dan yield paling terbesar yang diperoleh dari penelitian busyairi tahun 2020 sebesar 98,42% dengan menggunakan rasio molar metanol : minyak yang sama. Dan penelitian yang dilakukan oleh Rahkadima pada Tahun 2016 menghasilkan yield biodiesel sebesar 81,33% dengan rasio molar metanol : minyak yang sama. Namun penelitian yang dilakukan oleh Sinaga dkk pada Tahun 2014 dengan menggunakan rasio molar metanol : minyak yang sama sebesar 1:6 memperoleh yield biodiesel sebesar 72,87% dan ini merupakan hasil yield terkecil dibanding peneliti yang menggunakan katalis NaOH dengan rasio molar metanol : minyak yang sama.

Selain NaOH juga terdapat katalis seperti KOH yang sering digunakan dalam pembuatan biodiesel. Seperti penelitian yang dilakukan oleh Wahyuni & Kadarwati di Tahun 2011 dengan menggunakan rasio molar metanol : minyak sebesar 1: 4 sehingga diperoleh yield biodiesel sebesar 76,25%. Hal yang berbeda dilakukan oleh peneliti Rhofita pada Tahun 2016 yaitu dengan menaikkan angka rasio metanol : minyak sebesar 1 : 5 sehingga memperoleh yield biodiesel sebesar 90%. Tidak cukup sampai disitu terdapat peneliti seperti yang dilakukan oleh Elma di Tahun 2018 dengan menaikkan angka rasio molar metanol : minyak sebesar 1 : 6 peneliti memperoleh yield biodiesel lebih tinggi dari peneliti

sebelumnya yaitu sebesar 96,65%. Hal yang sama juga dilakukan oleh Ahmad pada Tahun 2016 pada penelitiannya menggunakan rasio molar yang sama yakni sebesar 1 : 6 dan memperoleh yield biodiesel yang tidak kalah jauh dari sebelumnya sebesar 96,70%. Namun terdapat beberapa penelitian seperti yang dilakukan oleh Husna di Tahun 2012 dan Kartika di Tahun 2013 dalam penelitiannya sama-sama memperoleh yield biodiesel sebesar 99% dengan rasio molar metanol : minyak sebesar 1: 6.

Selain KOH dan NaOH sebagai katalis yang umum digunakan terdapat juga katalis H₂SO₄ yang digunakan oleh Efendi pada Tahun 2018 dengan menggunakan rasio molar metanol : minyak sebesar 1:6 yield biodiesel yang diperoleh sebesar 83,20%, sementara itu pada penelitian yang dilakukan oleh Hadi dkk di Tahun 2013 dengan menggunakan rasio molar metanol : minyak sebesar 1:7 yield biodiesel yang diperoleh jauh lebih besar dari peneliti sebelumnya yaitu 95,28%. Selain H₂SO₄ juga terdapat katalis TiO₂ yang digunakan oleh Clowutimon dkk pada Tahun 2011 dengan menggunakan rasio molar metanol : minyak sebesar 1 : 24 hasil yield biodiesel yang diperoleh sebesar 74,02%.

2.6. Baku Mutu Kualitas Biodiesel

Biodiesel yang dihasilkan dari *WFO* harus memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan pemerintah Indonesia dalam SNI-04-7182-2006 yang menyebutkan sebanyak 9 kriteria biodiesel sebagai pengganti bahan bakar solar konvensional yang harus dipenuhi supaya tidak terjadi masalah pada mesin diesel dan tetap aman untuk kendaraan maupun penggunaannya. Sembilan kriteria tersebut disebutkan pada tabel 4.

Tabel 4. Standar Kualitas Biodiesel

No	Standar Kualitas
1	Berat jenis (850 – 890 kg/m ³)
2	Viskositas (2.3 – 2.6 cSt)
3	Angka Cetana (minimum 51)
4	Kadar air (0.05 %)
5	Bilangan asam (maks 0.8 mg KOH/g)
6	Gliserol bebas (0.02 %)
7	Flash Point (minimum 100 0C)
8	Residu karbon (maks 0,02 % massa)
9	Kalor Pembakaran (min. 35.000 kJ/kg)

3. Kesimpulan

Sebelum *WFO* diubah menjadi biodiesel terdapat beberapa tahapan yang harus dilalui. Seperti pemilihan jenis katalis. Jenis katalis yang bisa digunakan dalam produksi biodiesel dari *WFO* antara lain antara lain katalis heterogen (katalis asam dan basa), katalis homogen (katalis asam dan basa) dan enzim. Setelah itu *WFO* melalui tahapan reaksi transesterifikasi dan purifikasi hal ini bertujuan untuk membersihkan sampel dari zat pengotor selama proses transesterifikasi. Terakhir merupakan tahap pengujian biodiesel. Sehingga pada tahap ini diketahui % konversi yield atau FAME yang diperoleh. Masing-masing peneliti memiliki tahap proses yang berbeda dalam hal produksi biodiesel. Perbedaan ini dilakukan karena penyesuaian masing-masing karakteristik bahan maupun mengikuti standar yang berlaku di setiap negara pembuatnya.

WFO dapat diubah menjadi biodiesel hal ini ditunjukkan dari beberapa peneliti yang menggunakan katalis NaOH memperoleh % yield biodiesel dengan rentang 78-98%. Selain itu

juga terdapat katalis yang digunakan seperti KOH yang memperoleh % yield biodiesel dengan rentang 76-99%. Terdapat juga katalis H₂SO₄ yang digunakan. Katalis ini mampu memperoleh % yield biodiesel sebesar 83 – 95% serta terdapat katalis TiO₂ yang dapat memperoleh % yield biodiesel sebesar 74%.

Ucapan Terima Kasih

Alhamdulillah, puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena dengan rahmat serta karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan artikel review ini. Tak lupa penulis juga menyampaikan shalawat dan salam kepada baginda Nabi Besar Muhammad SAW yang telah membawa umat islam kejalan yang diridhoi oleh Allah SWT . Tidak lupa juga ucapan terimakasih disampaikan kepada teman-teman penulis yang senantiasa memberikan semangat dan dukungan dalam penulisan artikel review ini. Serta ucapan terimakasih juga penulis tujukan kepada pihak-pihak yang telah membantu penulis untuk menyelesaikan artikel review ini baik kepada reviewer hingga publisher.

Daftar Pustaka

- [1] Ahmad, H. S., Bialangi, N., Salimi, Y. K., & Kimia, J. (2016). Pengolahan Minyak Jelantah Menjadi Biodiesel. *Entropi*, 11, 204–214.
- [2] Atapour, M., Kariminia, H. R., & Moslehabadi, P. M. (2014). Optimization of biodiesel production by alkali-catalyzed transesterification of used frying oil. *Process Safety and Environmental Protection*, 92(2), 179–185. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2012.12.005>
- [3]. Banerjee, N., Ramakrishnan, R., & Jash, T. (2014). Biodiesel production from used vegetable oil collected from shops selling fritters in Kolkata. *Energy Procedia*, 54, 161–165. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.07.259>
- [4]. Baskar, G., Aberna Ebenezer Selvakumari, I., & Aiswarya, R. (2018). Biodiesel production from castor oil using heterogeneous Ni doped ZnO nanocatalyst. *Bioresource Technology*, 250, 793–798. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.12.010>
- [5] Berrios, M., & Skelton, R. L. (2012). Comparison of purification methods for biodiesel. *Chemical Engineering Journal*, 144(3), 459–465. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2008.07.019>
- [6] Busyairi, M., Muttaqin, A. Z., Meicahyanti, I., & Saryadi, S. (2020). Potensi Minyak Jelantah. Sebagai Biodiesel dan Pengaruh Katalis Serta Waktu Reaksi Terhadap Kualitas Biodiesel Melalui Proses Transesterifikasi. *Jurnal Serambi Engineering*, 5(2), 933–940. <https://doi.org/10.32672/jse.v5i2.1920>
- [7] Catarino, M., Ramos, M., Dias, A. P. S., Santos, M. T., Puna, J. F., & Gomes, J. F. (2017) Calcium Rich Food Wastes Based Catalysts for Biodiesel Production. *Waste and Biomass Valorization*, 8(5), 1699–1707. <https://doi.org/10.1007/s12649-017-9988-8>
- [8] Charoenthrakool, M., & Thienmethangkoon, J. (2011). Statistical optimization for biodiesel production from waste frying oil through two-step catalyzed process. *Fuel Processing Technology*, 92(1), 112–118. <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2010.09.012>
- [9] Clowutimon, W., Kitchaiya, P., & Assawasaengrat, P. (2011). Adsorption of free fatty acid from crude palm oil on magnesium silicate derived from rice husk. *Engineering Journal*, 15(3), 16–25. <https://doi.org/10.4186/ej.2011.15.3.15>
- [10] De Paula, A. J. A., Krügel, M., Paulo Miranda, J., Rossi, L. F. D. S., & Neto, P. R. D. C. (2011). Biodiesel use of clays for purification of biodiesel. *Quimica Nova*, 34(1), 91–95. <https://doi.org/10.1590/s0100-40422011000100018>
- [11] Demirbas, A. (2013). Biodiesel from waste cooking oil via base-catalytic and supercritical methanol transesterification. *Energy Conversion and Management*, 50(4), 923–927. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2008.12.023>
- [12] Efendi, R., Faiz, H. A. N., & Firdaus, E. R. (2018). Pembuatan Biodiesel Minyak Jelantah Menggunakan Metode Esterifikasi-Transesterifikasi Berdasarkan Jumlah Pemakaian Minyak Jelantah. *Industrial Research*, 7182, 402–409.
- [13] Elma, M., Suhendra, S. A., & Wahyuddin, W. (2018). Proses Pembuatan Biodiesel Dari Campuran Minyak Kelapa Dan Minyak Jelantah. *Konversi*, 5(1), 8. <https://doi.org/10.31213/k.v5i1.23>

- [14] Hadi, I., Arsa, M., & Sudiarta, I. (2013). Sintesis Silika Gel Dari Abu Sekam Padi Dan AbuLimbah Pembakaran Batu-Bata Dengan Metode Presipitasi. *Jurnal Kimia*, 7(1), 31–38.
- [15] Hadrah, H., Kasman, M., & Sari, F. M. (2018). Analisis Minyak Jelantah Sebagai BahanBakar Biodiesel dengan Proses Transesterifikasi. *Jurnal Daur Lingkungan*, 1(1), 16. <https://doi.org/10.33087/daurling.v1i1.4>
- [16] Haryanto, A., Silviana, U., Triyono, S., & Prabawa, S. (2015). Produksi Biodiesel Dari Transesterifikasi Minyak Jelantah Dengan Bantuan Gelombang Mikro: Pengaruh Intensitas Daya Dan Waktu Reaksi Terhadap Rendemen Dan Karakteristik Biodiesel. *Jurnal Agritech*, 35(02), 234. <https://doi.org/10.22146/agritech.13792>
- [17] Hingu, S. M., Gogate, P. R., & Rathod, V. K. (2011). Synthesis of biodiesel from wastecooking oil using sonochemical reactors. *Ultrasonics Sonochemistry*, 17(5), 827–832. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2010.02.010>
- [18] Husna, N. El, Teknologi, J., Pertanian, H., Pertanian, F., Kuala, U. S., Kimia, J. T., Teknik, F., & Kuala, U. S. (2012). *the Characteristics of Biodiesel Transesterification Used Cooking Oil By. 2*.
- [19] Istiningrum, R. B., E.A. P., Sulfiyah, L. A. ., & D, N. (2017). Pemanfaatan Abu Sekam Padi Untuk Pemurnian Bahan Baku Dan Produk Biodiesel Dari Minyak Jelantah. *JST (Jurnal SainsDan Teknologi)*, 6(1), 61–71. <https://doi.org/10.23887/jst-undiksha.v6i1.9440>
- [20] Kartika, D., & Widyaningsih, S. (2013). Konsentrasi Katalis dan Suhu Optimum pada Reaksi Esterifikasi menggunakan Katalis Zeolit Alam Aktif (ZAH) dalam Pembuatan Biodiesel dariMinyak Jelantah. *Jurnal Natur Indonesia*, 14(3), 219. <https://doi.org/10.31258/jnat.14.3.219-226>
- [21] Maceiras, R., Vega, M., Costa, C., Ramos, P., & Márquez, M. C. (2012). Effect of methanol content on enzymatic production of biodiesel from waste frying oil. *Fuel*, 88(11), 2130–2134. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2009.05.007>.
- [22] Maddikeri, G. L., Pandit, A. B., & Gogate, P. R. (2013). Ultrasound assisted interesterificationof waste cooking oil and methyl acetate for biodiesel and triacetin production. *Fuel Processing Technology*, 116, 241–249. <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2013.07.004>
- [23] Manique, M. C., Faccini, C. S., Onorevoli, B., Benvenuti, E. V., & Caramão, E. B. (2012). Rice husk ash as an adsorbent for purifying biodiesel from waste frying oil. *Fuel*, 92(1), 56– 61. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2011.07.024>
- [24] Mansir, N., Teo, S. H., Rashid, U., Saiman, M. I., Tan, Y. P., Alsultan, G. A., & Taufiq-Yap, Y. H. (2018). Modified waste egg shell derived bifunctional catalyst for biodiesel productionfrom high FFA waste cooking oil. A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82(May 2017), 3645–3655. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.10.098>
- [25] Meng, X., Chen, G., & Wang, Y. (2011). Biodiesel production from waste cooking oil viaalkali catalyst and its engine test. *Fuel Processing Technology*, 89(9), 851–857. <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2008.02.006>
- [26] Molaei Dehkordi, A., & Ghasemi, M. (2012). Transesterification of waste cooking oil to biodiesel using Ca and Zr mixed oxides as heterogeneous base catalysts. *Fuel ProcessingTechnology*, 97, 45–51. <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2012.01.010>
- [27] Na-Ranong, D., Laungthaleongpong, P., & Khambung, S. (2015). Removal of steryl glucosides in palm oil based biodiesel using magnesium silicate and bleaching earth. *Fuel*, 143, 229–235. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2014.11.049>
- [28] Phan, A. N., & Phan, T. M. (2012). Biodiesel production from waste cooking oils. *Fuel*, 87(17–18), 3490–3496. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2008.07.008>
- [29] Prasetyo, J. (2018). Studi Pemanfaatan Minyak Jelantah Sebagai Bahan Baku PembuatanBiodiesel. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia*, 2(2), 45. <https://doi.org/10.32493/jitk.v2i2.1679>
- [30] Predojević, Z. J. (2008). The production of biodiesel from waste frying oils: A comparison ofdifferent purification steps. *Fuel*, 87(17–18), 3522–3528. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2008.07.003>
- [31] Rahkadima, Y. T., Studi, P., Kimia, T., Teknik, F., Studi, P., Kimia, T., & Teknik, F. (2016). Produksi biodiesel dari minyak jelantah menggunakan katalis kalsium oksida. *Jurnal of Research and Technologies*, 2(1), 44–48. <https://journal.unusida.ac.id/index.php/jrt/article/view/20/21>
- [32] Razack, S. A., & Duraiarasan, S. (2016). Response surface methodology assisted biodiesel production from waste cooking oil using encapsulated mixed enzyme. *Waste Management*, 47, 98–104. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.07.036>
- [33] Rhofita, E. I. (2016). PEMANFAATAN MINYAK JELANTAH SEBAGAI BIODIESEL: KAJIAN TEMPERATUR DAN WAKTU REAKSI TRANSESTERIFIKASI Erry Ika Rhofita 1. *Jurnal Ilmu-Ilmu Teknik - Sistem*, 12(3), 141–150.

- [34] Sabudak, T., & Yildiz, M. (2011). Biodiesel production from waste frying oils and its quality control. *Waste Management*, 30(5), 799–803. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2010.01.007>
- [35] Saleh, J., Dubé, M. A., & Tremblay, A. Y. (2011). Effect of soap, methanol, and water on glycerol particle size in biodiesel purification. *Energy and Fuels*, 24(11), 6179–6186. <https://doi.org/10.1021/ef1011353>
- [36] Sander, A., Antonije Koščak, M., Kosir, D., Milosavljević, N., Parlov Vuković, J., & Magić, L. (2018). The influence of animal fat type and purification conditions on biodiesel quality. *Renewable Energy*, 118, 752–760. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.11.068>
- [37] Sapei, L., Padmawijaya, Samuel, K., Sutejo, A., & Theresia, L. (2015). Temperatur Leaching Menggunakan Asam Asetat. *Jurnal Teknik Kimia*, 9(2), 38–43.
- [38] Schneider, L. T., Bonassa, G., Alves, H. J., Meier, T. R. W., Frigo, E. P., & Teleken, J. G. (2019). Use of rice husk in waste cooking oil pretreatment. *Environmental Technology (United Kingdom)*, 40(5), 594–604. <https://doi.org/10.1080/09593330.2017.1397772>
- [39] Sinaga, S. V., Haryanto, A., & Triyono, S. (2014). Pengaruh Suhu Dan Waktu Reaksi Pada Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Jelantah [Effects of Temperature and Reaction Time on the Biodiesel Production Using Waste Cooking Oil]. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 3(1), 27–34. <http://www.youtube.com>
- [40] Talebian-Kiakalaieh, A., Amin, N. A. S., & Mazaheri, H. (2013). A review on novel processes of biodiesel production from waste cooking oil. *Applied Energy*, 104, 683–710. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.11.061>
- [41] Wahyuni, S., Kadarwati, S., Wahyuni, S., & Kadarwati, S. (2011). Sintesis Biodiesel Dari Minyak Jelantah Sebagai Sumber Energi Alternatif Solar. *Sintesis Biodiesel Dari Minyak Jelantah Sebagai Sumber Energi Alternatif Solar*, 9(1), 51–62. <https://doi.org/10.15294/saintekno.v9i1.5525>
- [42] Wen, Z., Yu, X., Tu, S. T., Yan, J., & Dahlquist, E. (2013). Biodiesel production from waste cooking oil catalyzed by TiO₂-MgO mixed oxides. *Bioresour. Technol.*, 101(24), 9570–9576. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.07.066>
- [43] Yadav, M., Singh, V., & Sharma, Y. C. (2017). Methyl transesterification of waste cooking oil using a laboratory synthesized reusable heterogeneous base catalyst: Process optimization and homogeneity study of catalyst. *Energy Conversion and Management*, 148, 1438–1452. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2017.06.024>
- [44] Islam, A., Taufiq-Yap, Y. H., Chu, C. M., Chan, E. S., & Ravindra, P. (2013). Studies on design of heterogeneous catalysts for biodiesel production. *Process Safety and Environmental Protection*, 91(1–2), 131–144. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2012.01.002>
- [45] Yuarini, D. A. A., Putra, G. P. G., Wrasati, L. P., & Wiranatha, A. A. P. S. (2018). Karakteristik minyak goreng bekas yang dihasilkan di kota Denpasar. *Scientific Journal of Food Technology*, 5(1), 49–55.