

Interesterifikasi Biodiesel *Non Alcohol* dengan Bahan Baku Minyak Bekas Penggorengan menggunakan Metode Elektrolisis

Abdul Aziz*, Mukhsin, Mardani, Santi R., Yonhly H, Aulia F.

*Jurusan Teknologi Kimia Industri Politeknik Negeri Lhokseumawe
Jln. B.Aceh Medan Km.280 Buketrata 24301 Indonesia*

*Aziz@pnl.ac.id @pnl.ac.id

Abstrak— Penggunaan biodiesel sebagai alternative bahan bakar dapat mengurangi emisi carbon CO₂ dan partikel gas rumah kaca karena karbon yang terkandung dalam biofuel bersifat biogenic dan terbarukan. Sintesis biodiesel non alkohol mampu memperbaiki kelemahan katalis alkali, yaitu tidak bercampur homogen, sehingga pemisahannya mudah dan mampu mengarahkan reaksi secara spesifik tanpa adanya reaksi samping yang tidak diinginkan. Namun penggunaan biokatalis di lingkungan beralkohol pada proses esterifikasi dan transesterifikasi pada pembuatan biodiesel akan menyebabkan biokatalis terdeaktivasi secara cepat dan stabilitasnya menjadi buruk, maka melalui penelitian terapan memberi informasi adanya teknologi baru produksi biodiesel, pemanfaatan limbah rumah tangga dan limbah industry yang cenderung terbuang akan menghasilkan sebuah produk, berkembangnya Iptek dibidang bioenergy dan bio fuel, serta akan membantu pemerintah dalam pencapaian green teknologi dan menekan pemanasan global. Untuk meningkatkan dan mengembangkan biodiesel ini maka dilakukan proses menggunakan elektrolisis sebagai media penghasil hidrogen untuk meminimalisir penggunaan katalis kimia dengan reaksi interesterifikasi menggunakan methyl eter yang merupakan senyawa organik yang ramah lingkungan sebagai pengganti penggunaan alkohol pada reaksi pembentukan biodiesel yang selama ini digunakan pada metode transesterifikasi sehingga menghasilkan biodiesel dengan proses green technology. Penggunaan alkohol yang telah dilakukan sebelumnya berpotensi menghasilkan Limbah B3 yang berbahaya bagi lingkungan maka pada penelitian terapan ini digantikan dengan methyl eter.

Kata kunci— *Biodiesel, Interesterifikasi, Route Non Alcohol, Metode Elektrolisis*

Abstract— Currently, biodiesel is used as a source of diesel fuel to replace fossil fuels which tend to become increasingly depleted. Regarding diesel fuel, its combustion has the potential to produce air pollution by greenhouse gas emissions (NO, CO, CO₂) which are harmful to the environment and damage to the ozone layer. which is caused by photochemical interactions from hydrocarbon, CO and NO emissions. The use of biodiesel as an alternative fuel can reduce CO₂ carbon emissions and greenhouse gas particles because the carbon contained in biofuel is biogenic and renewable, which means that CO₂ gas enters the closed cycle of photosynthesis, thereby helping reduce the greenhouse effect. The synthesis of non-alkoholic biodiesel is able to improve the weaknesses of alkaline catalysts, namely that they do not mix homogeneously, so the separation is easy and is able to direct the reaction specifically without any unwanted side reactions. However, the use of biocatalysts in an alcoholic environment in the esterification and transesterification processes in making biodiesel will cause the biocatalyst to be deactivated quickly and its stability will be poor, so through applied research it will provide information about new technologies for biodiesel production, the use of household waste and industrial waste which tend to be wasted will produce a product, the development of science and technology in the field of bioenergy and biofuel, and will help the government in achieving green technology and reducing global warming. To improve and develop this biodiesel, a process will be carried out using electrolysis as a hydrogen producing medium to minimize the use of chemical catalysts with an interesterification reaction using methyl ether which is an environmentally friendly organic compound as a substitute for the use of alcohol in the biodiesel formation reaction which has been used in the transesterification method so that produce biodiesel using a green technology process. Previously used alcohol has the potential to produce B3 waste which is dangerous for the environment, so in this applied research it was replaced with methyl ether.

Keywords— *Biodiesel, Interesterifikasi, Route Non Alcohol, Electrolisis Methode*

I. PENDAHULUAN

Seiring berjalannya waktu kebutuhan dan konsumsi bahan bakar sangat besar namun ketersediaan bahan bakar fosil semakin menipis, ketersediaan bahan bakar yang terbatas dan efek penggunaan bahan bakar fosil yang berbahaya terhadap lingkungan menjadi permasalahan global saat ini, biodiesel di yakini dapat menjadi alternative dari permasalahan bahan bakar yang ramah lingkungan dan lebih ekonomis [1].

Biodiesel digunakan sebagai sumber bahan bakar diesel untuk menggantikan bahan bakar fosil yang cenderung semakin menipis, Mengenai bahan bakar diesel pembakarannya berpotensi menghasilkan polusi udara oleh emisi gas rumah (NO, CO, CO₂) kaca yang berbahaya terhadap lingkungan dan kerusakan pada lapisan ozon yang di sebabkan oleh interaksi Photochemical dari emisi hydrocarbon, CO, dan NO [1]. Penggunaan biodiesel sebagai alternative

bahan bakar dapat mengurangi emisi carbon CO₂ dan partikel gas rumah kaca karena karbon yang terkandung dalam biofuel bersifat biogenic dan terbarukan yang artinya gas CO₂ memasuki siklus tertutup dari fotosintesis sehingga membantu mengurangi efek rumah kaca [1]. Berdasarkan dari permasalahan tersebut, maka perlu dikembangkan penelitian pembuatan biodiesel menggunakan katalis heterogen. Katalis heterogen mempunyai aktivitas yang tinggi, kondisi reaksi yang ringan, biaya realtif murah, tidak korosif, ramah lingkungan, dan dapat dipisahkan dari produk sehingga dapat di gunakan kembali [19].

Saat ini, katalis homogen yang biasa digunakan untuk produksi biodiesel yaitu NaOH, KOH, H₂PO₄, dan H₂SO₄. Sistem katalitik semacam ini memiliki banyak kelemahan, diantaranya dapat mencemari lingkungan, kesulitan dalam pemisahan dan pemurnian produk dari air limbah, sensitif terhadap asam lemak bebas [21]. Katalis homogeny yang

digunakan secara konvensional tidak cocok untuk minyak dengan kandungan asam lemak bebas yang tinggi karena dapat menghasilkan produk samping berupa sabun dan mengurangi hasil biodiesel [20]. Kelemahan pada penggunaan katalis basa homogen dapat ditangani dengan katalis basa heterogen. Katalis heterogen dinilai lebih baik sebagai alternatif karena lebih stabil secara termal, tidak beracun, tidak korosif, ramah lingkungan, dan dapat di gunakan kembali [22]

Sintesis biodiesel non alkohol mampu memperbaiki kelemahan katalis alkali, yaitu tidak bercampur homogen, sehingga pemisahannya mudah dan mampu mengarahkan reaksi secara spesifik tanpa adanya reaksi samping yang tidak diinginkan. Namun penggunaan biokatalis di lingkungan beralkohol pada proses esterifikasi dan transesterifikasi pada pembuatan biodiesel akan menyebabkan biokatalis terdeaktivasi secara cepat dan stabilitasnya menjadi buruk.

Tujuan khusus penelitian terapan ini adalah untuk mengembangkan metode yang dapat di aplikasikan pada Proses Produksi biodiesel. Tujuan khusus yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengkaji proses interesterifikasi minyak goreng bekas untuk produksi biodiesel dengan elektrolisis
2. Mengkaji pengaruh waktu, Rasio Minyak/metil asetat dalam proses produksi biodiesel dengan elektrolisis.
3. Mengkaji karakteristik biodiesel yang dihasilkan dari proses interesterifikasi biodiesel dengan elektrolisis.

Studi kelayakan dari penelitian terapan ini adalah mendapatkan informasi mengenai teknologi produksi biodiesel, pemanfaatan limbah rumah tangga dan limbah industry yang cenderung terbuang akan menghasilkan sebuah produk, berkembangnya Iptek dibidang bioenergy dan bio fuel, serta akan membantu pemerintah dalam pencapaian green teknologi dan menekan pemanasan global.

A. Biodiesel

Biodiesel dapat diproduksi dari minyak nabati, hayawani, biomassa dan lainnya yang memiliki asam lemak sehingga ketersediaannya di alam sangat melimpah. Minyak Nabati salah satunya CPO sering di manfaatkan menjadi minyak goreng untuk kebutuhan sehari-hari, penggunaan minyak goreng di kalangan industry rumah tangga maupun industry lainnya sering kali terbuang percuma setelah di gunakan. Minyak goreng bekas tersebut dapat dimanfaatkan menjadi biodiesel dengan melalui tahapan dan proses reaksi pembentukan biodiesel. Biodiesel juga sangat mudah terurai secara alami lebih dari 90% biodiesel murni dapat terdegradasi dalam beberapa minggu serta biodiesel memiliki kandungan sulfur yang hampir nol [2-5].

Katalis yang biasa digunakan adalah katalis homogen, tetapi katalis jenis ini memiliki kesulitan pada saat proses pemisahan dan pemurnian biodiesel dari produk. Selain itu, katalis homogen tidak dapat digunakan kembali dan dapat mencemari lingkungan.

Katalis berfungsi mempercepat laju reaksi pembentukan biodiesel, namun hampir semua produk biodiesel masih dalam bentuk metil ester yang secara hakikatnya hanya memiliki sifat fisika yang menyerupai diesel namun bukan secara kimia yang akan berpengaruh pada mesin diesel. Pembentukan ester dapat dikurangi dengan proses elektrolisis dan menaikkan rendemen produk

Sintesis biodiesel dengan metode elektrolisis merupakan metode yang sangat memberi keuntungan. Aliran listrik yang digunakan pada metode ini dapat menciptakan efek katalitik yang bersifat asam dan basa. Sehingga terjadi 3 fenomena elektrolisis air pada anoda dan katoda dimana air mengalami peruraian molekul menjadi ion H+ dan OH- pada suhu ruang ($\pm 30^{\circ}\text{C}$) [6-8].

Berdasarkan uraian diatas proses Elektrolisis di aplikasikan pada proses produksi biodiesel, Pembentukan metil ester terjadi melalui proses reaksi esterifikasi dan transesterifikasi yang membutuhkan katalis asam dan basa. Maka dengan terbentuknya ion H+ dan OH- pada permukaan elektroda akan dimanfaatkan sebagai katalis asam maupun basa dalam system untuk membantu kedua proses reaksi pembentukan biodiesel yang berjalan dalam satu waktu [6,9]. Pada tesis ini akan diaplikasikan eletrolisis dalam reactor interesterifikasi biodiesel dengan Air sebagai elektrolit yang menghasilkan H+ dan OH- tanpa meggunakan katalis kimia.

B. Potensi Minyak Goreng

Minyak goreng merupakan salah satu komoditas bahan pangan pokok yang strategis seperti ditunjukkan pada table 1. Hampir di seluruh rumah tangga Indonesia komoditas ini tersedia, karena minyak goreng merupakan bahan untuk mengolah makanan seperti menggoreng dan menumis. Jenis minyak goreng yang paling banyak dikonsumsi di Indonesia saat ini adalah minyak kelapa sawit. Saat ini minyak kelapa sawit merupakan minyak goreng primadona di Indonesia dan menguasai sebagian besar pasar minyak goreng, mulai dari pasar-pasar tradisional, warung-warung kecil sampai di pasar swalayan [10].

Tabel 1. Proyeksi ketersediaan dan kebutuhan minyak goreng tahun 2021 [10]

Bulan	Perkiraan ketersediaan	Perkiraan Kebutuhan Total	Perkiraan Neraca Domestik	Perkiraan Neraca Kumulatif (Surplus/Defisit)
1	2	3	4 = 3-2	5= stok awal + 4
Stock Awal 2021				576,000
Jan-21	353,000	458,200	(105,200)	470,800
Feb-21	551,000	472,500	78,500	549,300
Mar-21	455,000	473,200	(18,200)	531,100
Apr-21	498,000	483,400	14,600	545,700
May-21	498,000	488,800	9,200	554,900
Jun-21	455,123	446,199	8,924	563,824
Jul-21	470,517	461,291	9,226	573,050
Aug-21	470,294	461,072	9,221	582,271
Sep-21	455,123	446,199	8,924	591,195
Oct-21	470,294	461,072	9,221	600,417
Nov-21	455,123	446,199	8,924	609,341
Dec-21	471,708	462,459	9,249	618,590
Total 2021	5,603,183	5,560,593	42,590	618,590

Stok minyak goreng dalam negeri akhir tahun 2021 sebesar 618,59 ribu ton, berasal dari ketersediaan minyak goreng dari produksi dalam negeri sebesar 5,6 juta ton dan stok awal tahun 2021 sebesar 576 ribu ton untuk memenuhi kebutuhan minyak goreng nasional selama 1 (satu) tahun yang sebesar 5,56 juta ton [10]

Di masyarakat kita minyak goreng bekas sebagian dibuang ke tanah atau saluran pembuangan air sehingga menjadi bahan pencemar. Beberapa kelompok masyarakat mengumpulkan minyak goreng bekas ke bank sampah. Dari hasil survei yang dilakukan di bank induk sampah di kota Surabaya, minyak goreng bekas yang terkumpul dapat mencapai 5000 – 6000 liter dalam sebulan (data bank sampah 2021). Minyak goreng yang sudah tidak terpakai atau used

cooking oil (UCO) mempunyai potensi untuk diubah menjadi biodiesel [12].

Tabel 2. Komposisi Minyak Jelantah dari Minyak Goreng Sawit [19]

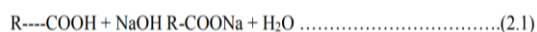
Kriteria	Satuan	Nilai
Asam Palmitat	Wt%	21,47
Asam Stearat	Wt%	13
Asam Oleat	Wt%	28,64
Asam Linoleat	Wt%	13,58
Asam Linolenat	Wt%	1,59
Asam Miristat	Wt%	3,21
Asam Laurat	Wt%	1,1
Lain-lain	Wt%	9,34

C. Netralisasi

Setiap minyak atau lemak memiliki nilai asam lemak bebas yang harus di netralkan untuk menunjang produksi biodiesel sehingga memperoleh produk yang optimal. Untuk menghilangkan asam lemak bebas, maka perlu dilakukan poses netralisasi atau deasidifikasi yang terdapat dalam minyak mentah. Asam lemak bebas (FFA) pada minyak menimbulkan bau tengik. Beberapa proses netralisasi yang sering digunakan pada industri kimia antara lain:

- Netralisasi dengan soda kostik.
- Netralisasi dengan alkali karbonat.
- Netralisasi dengan kapur.
- Deasidifikasi dengan distilasi uap.
- Deasidifikasi dengan ekstraksi solvent.
- Deasidifikasi dengan esterifikasi.
- Deasidifikasi dengan resin penukar ion.

Proses netralisasi yang digunakan dalam pabrik minyak goreng ini adalah proses netralisasi dengan soda kostik, dengan prinsip reaksi penyabunan antara asam lemak bebas dengan larutan soda kostik, dengan reaksi sebagai berikut:



Kondisi optimum reaksi pada tekanan atmosfer adalah pada suhu 60 – 80 °C, dimana reaksinya merupakan reaksi kesetimbangan yang akan bergeser ke sebelah kanan. Soda kostik yang direaksikan berlebihan, sekitar 5 - 7 % dari kebutuhan stokiometris. Sabun yang terbentuk dipisahkan dengan cara pengendapan atau sentrifugasi. Selain sebagai penetralisir asam lemak bebas, soda kaustik juga memiliki sifat penghilang warna (decolorization). Kekurangan pemakaian soda kostik ini adalah adanya gliserida netral yang turut tersabunkan serta adanya kehilangan minyak netral yang turut terbawa oleh soap stock.

D. Elektrolisis

Elektrolisis merupakan perubahan kimia, atau reaksi dekomposisi dalam suatu elektrolit oleh arus listrik. Elektrolit larut dalam pelarut polar (misalnya air) dengan terdisosiasi menjadi ion-ion positif (kation-kation) dan ion-ion negatif (anion-anion). Ion negatif disebut anion karena melalui larutan tertarik ke muatan positif pada anoda, sedangkan ion positif disebut katoda karena melalui larutan akan bergerak menuju muatan negatif (katoda). Air sebagai pelarut bersifat polar. Molekul polar memiliki muatan di ujung molekulnya, yakni

muatan positif dan negatif. Muatan ini mampu berinteraksi dengan muatan pada molekul polar lain untuk melarutkannya. Antar molekul-molekul tersebut terjadi transfer atom hidrogen sehingga terbentuk ion hydronium [17].

Penambahan zat elektrolit, misalnya asam, basa atau garam dapat meningkatkan konduktivitas air sehingga proses elektrolisis air menjadi lebih cepat. Dalam sel elektrolisis terjadi perubahan energi listrik menjadi energi kimia. Hubungan kuantitatif antara jumlah muatan listrik yang digunakan dan jumlah zat yang terlibat dalam reaksi telah dirumuskan oleh Faraday. Hal ini dapat terjadi 8 karena melibatkan reaksi reduksi-oksidasi yang mengandalkan peran partikel bermuatan sebagai penghantar muatan listrik [17].

Air merupakan elektrolit sangat lemah, yang dapat mengalami ionisasi menjadi ion-ion H+ dan -OH. Oleh karena itu sangat memungkinkan untuk dielektrolisis menjadi gas-gas H2 dan O2 . Gas H2 dapat diperoleh pada katoda karena terjadi reaksi reduksi ion H +, sedangkan gas O2 diperoleh pada anoda karena terjadi reaksi oksidasi -OH. Berdasarkan sifat air yang merupakan elektrolit sangat lemah maka ion-ion H + dan -OH dalam larutan relatif sedikit, pada kondisi standar hanya sekitar 10-7 M, oleh karenanya elektrolisis air akan berjalan sangat lambat. Untuk itu perlu dilakukan modifikasi terhadap elektrolisis air.

Biodiesel adalah bahan bakar nabati untuk aplikasi mesin/motor diesel berupa ester metil asam lemak (fatty acid methyl ester, FAME) yang terbuat dari minyak nabati atau lemak hewani dan memenuhi standar mutu yang disyaratkan, di Indonesia spesifikasi teknis biodiesel diatur dalam SK Dirjen EBTKE No. 189.K/10/DJE/2019.

Tabel 3. Perkembangan standar biodiesel di Indonesia [25]

No.	Parameter Uji	Satuan	Perkembangan Standar Biodiesel di Indonesia					Standar Uji
			SNI 7182 : 2006	SNI 7182 : 2012	SNI 7182 : 2015	SK Dirjen EBTKE No. 189/2019	SK Dirjen EBTKE No. 189/2019	
1	Massa jenis (pada 40°C)	kg/m ³	850-890	850-890	850-890	850-890	850-890	SNI 7182
2	Viskositas kinematik (pada 40°C)	cSt	2,3-6,0	2,3-6,0	2,3-6,0	2,3-6,0	2,3-6,0	SNI 7182
3	Angka setana	min	51	51	51	51	51	SNI 7182
4	Titik nyala (mengikuti tertutup)	% min	100	100	100	100	100	SNI 7182
5	Titik kabut	% maks	18	18	18	18	18	Dibatalkan SNI 7182
6	Residu karbon - dalam per contoh asli, atau - dalam 10% ampas distilasi	% massa	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	SNI 7182
		maks	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	
7	Temperatur distilasi 90%	% maks	360	360	360	360	360	SNI 7182
8	Abu tersulfurikan	% massa, maks	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	SNI 7182
9	Gliserol bebas	% massa, maks	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	SNI 7182
		% massa, maks	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	
10	Gliserol total	% massa, maks	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	SNI 7182
		% massa, maks	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	
11	Kadar ester metil	% massa, min	96,5	96,5	96,5	96,5	96,5	SNI 7182
12	Angka iodium	(I/200g)	115	115	115	115	115	SNI 7182
13	Katoda lempeng tembaga (1 jam, 50°C)	nomor 3	nomor 1	nomor 1	nomor 1	nomor 1	nomor 1	SNI 7182
14	Belulang	mg/kg, maks	100	100	50	50	10	SNI 7182
15	Fosfor	mg/kg, maks	10	10	4	4	4	SNI 7182
16	Angka asam	mg-KOH/kg, maks	0,8	0,6	0,5	0,5	0,4	SNI 7182
		mg-KOH/kg, maks	0,8	0,6	0,5	0,5	0,4	
17	Stabilitas oksidasi - Periode induksi metode rancimat - Petroska	menit, min	-	300	480	480	600	SNI 7182
		menit, min	-	27	36	36	45	
18	Monoglisierida	% massa, maks	-	-	0,8	0,8	0,55	SNI 7182
19	Kadar air	mg/kg, maks	-	-	-	500	350	ASTM D-6304
20	Cold Filter Plugging Point (CFPP)	% maks	-	-	-	16	15	-
21	Jugam I (H+K)	mg/kg, maks	-	-	-	-	5	EN 14108
22	Jugam II (Ca+Mg)	mg/kg, maks	-	-	-	-	5	EN 14109
23	Total Kontaminan	mg/l, maks	-	-	-	-	20	EN 12662
24	Uji heliphen	Negatif	Negatif	Negatif	Dibatalkan	Dibatalkan	Dibatalkan	SNI 7182
25	Air dan sedimen	%-vol, maks	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	Dibatalkan SNI 7182
26	Warna					3	3	ASTM D 1500

(Sumber; Pedoman Umum Penanganan Dan Penyimpanan Biodiesel & B30)

Biodiesel juga salah satu bahan alternatif pengganti minyak diesel yang ramah lingkungan, dapat diperbarui karena berasal dari alam. Biodiesel dapat di pakai sebagai bahan bakar kendaraan bermotor yang dapat menurunkan emisi gas, sehingga tidak menimbulkan asap yang berdampak

terhadap kesehatan. Biodiesel merupakan senyawa kimia sederhana dengan kandungan enam sampai tujuh macam ester dan asam lemak.

Biodiesel didefinisikan sebagai methyl ester dengan panjang rantai C12-C20 dari asam lemak turunan dan mengandung oksigen [13]. Biodiesel memiliki efek pelumas yang sangat tinggi, sehingga membuat mesin diesel lebih awet. Biodiesel memiliki angka setana relatif tinggi, dapat mengurangi ketukan pada mesin sehingga mesin bekerja lebih mulus, memiliki flash point yang lebih tinggi dibandingkan dengan solar, tidak menimbulkan bau yang berbahaya sehingga lebih mudah dan aman untuk ditangani.

Beberapa keuntungan biodiesel untuk terus dikembangkan hingga saat ini antara lain memiliki sifat biodegradable, tidak mencemari lingkungan, keberlanjutan yang tinggi, diperoleh dari sumber yang dapat diperbarui, rendah emisi gas buang secara keseluruhan, kandungan sulfur terabaikan, dan membuka peluang ditemukannya pasar baru untuk produk hasil pertanian [14].

E. Keuntungan Biodiesel

Biodiesel memiliki tingkat polusi yang lebih rendah dari pada solar dan dapat digunakan pada motor diesel tanpa modifikasi sedikitpun. Biodiesel dianggap tidak menyumbang pemanasan global sebanyak bahan bakar fosil. 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 [15]. Penggunaan biodiesel mempunyai beberapa keuntungan, menurut studi yang dilakukan National Biodiesel Board beberapa keuntungan penggunaan biodiesel antara lain:

1. Biodiesel mempunyai karakteristik yang hampir sama dengan minyak diesel, sehingga dapat langsung dipakai pada motor diesel tanpa melakukan modifikasi yang signifikan dengan resiko kerusakan yang sangat kecil.
2. Biodiesel memberikan efek pelumasan yang lebih baik daripada minyak diesel konvensional. Bahkan satu persen penambahan biodiesel dapat meningkatkan pelumasan hampir 30 persen.
3. Hasil percobaan membuktikan bahwa jarak tempuh 15.000.000 mil biodiesel memberikan konsumsi bahan bakar, horse power (HP), dan torsi yang hampir sama dengan minyak diesel konvensional.

Biodiesel dapat diperbarui dan siklus karbonnya yang tertutup tidak menyebabkan pemanasan global. Analisa siklus kehidupan memperlihatkan bahwa emisi CO₂ secara keseluruhan berkurang sebesar 78% dibandingkan dengan mesin diesel yang menggunakan bahan bakar petroleum.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilakukan di laboratorium Pilot Plant, laboratorium satuan proses dan laboratorium kimia analitik jurusan Teknik kimia Politeknik Negeri Lhokseumawe.

Sebelum memulai pengujian terlebih dahulu dilakukan proses pembuatan dengan menggunakan bahan dan alat-alat sebagai berikut:

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu, sebagai berikut: minyak goreng bekas; metylasetat ; aquadest. alat yang digunakan :peralatan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu, sebagai berikut: timbangan analitik, power supply dc

(sanfix sp-305e, taiwan), elektroda grafit (ø 10 mm x 130 mm) , spatula, cawan porselin, beaker glass (500 ml)

Rancangan Penelitian Terapan :

- a) Minyak goreng bekas yang bersumber dari para pedagang di aceh utara dan lhokseumawe (200 ml)
- b) Waktu elektrolisis selama 1 jam
- c) Tegangan konstan DC 30 V
- d) Jarak Elektroda adalah 10 mm
- e) Temperatur Proses 50 °C

Pada pengujian karakteristik biodiesel dengan teknik interesterifikasi menggunakan elektrolisis. Adapun yang menjadi parameter terikat dalam penelitian ini yaitu:

- a) Analisa Komposisi
- b) Asam Lemak Bebas (ALB)
- c) Angka Setana
- d) Kinematic Viscosity
- e) Titik Nyala (Flash Point)
- f) Kadar Air
- g) Massa Jenis
- h) Nilai Kalor

A. Prosedur Penelitian

Miyak goreng bekas yang diperoleh dari para pedagang di saring dengan kertas saring kemudian dipanaskan pada suhu 120 °C untuk mengurangi kadar air dan dianalisa kandungan FFA jika menunjukkan bahwa kandungan yang tinggi (> 5%), maka perlu dilakukan reaksi Netralisasi dengan NaOH Namun, apabila kandungan asam lemak bebas dalam minyak nabati rendah (< 5%), dapat di lanjutkan ke proses selanjutnya. Sampel di masukkan ke dalam reactor dengan perbandingan bahan baku dan metil asetat dengan ratio 1:2%;1:3%;1:4% dan 1:5% temperatur diatur pada 50 °C. Penambahan Air sebagai elektrolit dengan rasio volume air elektrolisis sebanyak 20% dari volume total serta menggunakan tegangan konstan DC 30 V dengan elektroda grafit sebagai anoda dan katoda yang berjarak 10 mm. Elektrolisis ini dilakukan dengan rasio (25 menit; 50 menit ; 75 menit; dan 100 Menit) pengadukan konstan.

Fasa air yang terbentuk pada tahap interesterifikasi mengandung gum dan kotoran dipisahkan pada corong pisah dengan mengatur bukaan dan menutup valve pada peralatan secara perlahan hingga pada Sight Glass terlihat lapisan minyak. Fasa air yang terbentuk akan ditampung pada penampung (storage) seperti pada gambar 1.



Gambar 1. Peralatan Elektrolisis

B. Pengujian Densitas

Pengukuran densitas biodiesel pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan piknomoter. Piknomoter diisi dengan minyak. Piknomoter ditera sampai batas yang ditentukan lalu ditimbang.

- a) Ditimbang piknomoter kosong.
- b) Diisi piknomoter dengan aquadets
- c) Ditimbang kembali dan catat beratnya

C. Uji Nilai Kalor

Analisa nilai kalor menggunakan alat bomb calorimeter ASTM-K88890, dengan cara berikut:

1. Hubungkan kabel pada alat arus listrik
2. Hidupkan alat cooling water dan tekan tombol power dan tunggu hingga alat cooling water mencapai suhu 20 C.
3. Dihidupkan alat bomb calorimeter, lalu pasang benang pada kawat holder crucible.
4. Ditimbang sampel sebanyak 1 gr dan dimasukkan ke dalam crucible
5. Ujung benang yang telah di pasang pada kawat holder, di masukkan ke dalam sampel.
6. Disiapkan 1 ml aquades untuk membasahi vessel.
7. Hidupkan alat bomb calorimeter.
8. Masukkan vessel ke dalam alat bomb calorimeter.
9. Ditunggu hingga alat bomb stabil, ketika keluar di layar "ok for test" masukkan data berat sampel, dan seterusnya.
10. Klik Start, Ok, tunggu samapai 25 menit dan catat hasil percobaan.
11. Keluarkan vessel dari alat bomb calorimeter, lalu pilih system, pilih ok dan pilih exit pada alat.
12. Tekan tombol on- off pada alat bomb calorimeter dan cooler.
13. Lepaskan kabel pada alat arus listrik

D. Analisa Komposisi Dengan Gas Chromatography



Gambar 2. Alat Analisa GC-MS

Analisa Gas Chromatografy menggunakan GC-MS seperti pada gambar 2, dengan cara berikut :

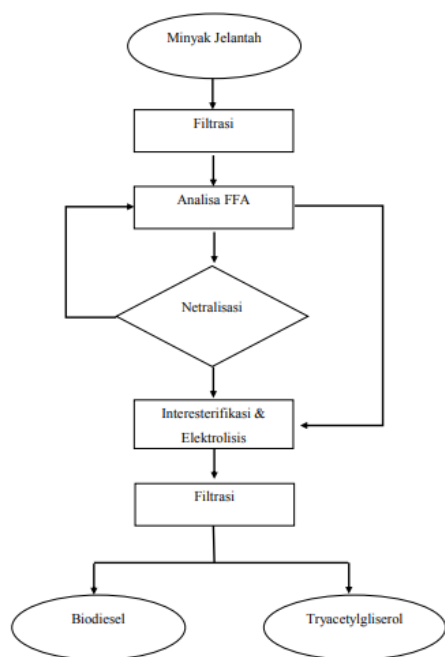
1. Hubungkan kabel power ke sumber listrik
2. Siapkan kebutuhan analisis
3. Pasang kolom kapiler yang akan digunakan
4. Buka aliran gas helium (tekanan suplai ± 6 psi)
5. Hidupkan GCMS dan nyalakan PC serta Printer
6. Dilakukan pengukuran sampel
7. Isi parameter sesuai yang diinginkan Klik "ok"
8. Klik standby. Tunggu hingga muncul status ready
9. Klik ikon start yang berwarna hijau

Analisis akan segera berlangsung dan akan berhenti secara otomatis sesuai stop time yang akan di set sebelumnya. Ulangi penginjeksian sampel berikutnya dengan mengulangi langkah no 1.

E. Menghitung Rendemen Biodiesel

Konversi metil ester dilakukan dengan menghitung kandungan rendemen yang ditunjukkan pada persamaan berikut:

1. Pastikan cawan yang digunakan bebas dari pengotor.
2. Ditimbang berat awal bahan baku (g)
3. Ditimbang berat akhir biodiesel yang di peroleh (g)



Gambar 3. Tahapan Penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 4. Data Hasil Pengamatan Penelitian

No	Waktu	Air	Voltase	Minyak : Methyl Asetat	Product	Trigleserin (gr)	Metil asetat	FFA
1		450 ml	30 Volt	1 : 2	413	0,62	185	0,98
2		450 ml	30 Volt	1 : 3	447	1,19	115	0,97
3	25	450 ml	30 Volt	1 : 4	305	0,82	331	0,98
4		450 ml	30 Volt	1 : 5	225	0,62	339	0,96
5		450 ml	30 Volt	1 : 2	414	0,75	176	0,95
6		450 ml	30 Volt	1 : 3	458	1,19	106	0,96
7	50	450 ml	30 Volt	1 : 4	312	0,82	315	0,93
8		450 ml	30 Volt	1 : 5	226	0,62	318	0,91
9		450 ml	30 Volt	1 : 2	415	0,81	167	0,96
10		450 ml	30 Volt	1 : 3	467	1,2	104	0,95
11	75	450 ml	30 Volt	1 : 4	318	0,83	308	0,91
12		450 ml	30 Volt	1 : 5	227	0,63	306	0,87
13		450 ml	30 Volt	1 : 2	416	0,92	157	0,96
14		450 ml	30 Volt	1 : 3	568	1,43	98	0,95
15	100	450 ml	30 Volt	1 : 4	317	0,83	298	0,87
16		450 ml	30 Volt	1 : 5	228	0,64	297	0,82

Penelitian ini menggunakan tiga tahapan proses; purifikasi minyak: mentah jarak, proses hidrolisa dan proses dekarboksilasi dengan menggunakan reaktor elektrokimia (*electrochemical reactor*). Untuk rancangan reaktor dapat dilihat pada Gambar 1. Variabel proses yang diamati pada konversi minyak goreng menjadi biodiesel ini yaitu pada voltase (V) 30 V menggunakan adaptor yang diberikan selama reaksi. Selain itu pengamatan kuantitatif meliputi jarak: antar elektroda dan konsentrasi asam asetat dilakukan. Dalam hal ini, tentunya akan memberikan pengaruh terhadap proses elektrolisa. Kedua rasio ini akan sangat menentukan besarnya persentase (%) rendemen biodiesel yang akan dihasilkan.

Elektroda grafit merupakan elektroda yang telah banyak digunakan dalam berbagai bidang elektrokimia seperti elektrolisis atau sel galvanik. Sifat mekaniknya yang seperti logam pada umumnya menjadikan grafit sebagai elektroda yang terbilang memberi banyak keuntungan khususnya dari segi ekonomi, kelimpahan dan ketahanannya terhadap suhu tinggi (Artadi., 2007 dan Moeksin dkk., 2017).

Pada penelitian terapan ini dilakukan metode elektrolisis dimana campuran minyak goreng dari kedai wongso tersebut dimasukkan kedalam reaktor elektrolisis 100 mL yang dilengkapi dengan dua buah elektroda grafit berdimensi 10 mm (diameter) x 130 mm (panjang). Selanjutnya ditambahkan katalis OH⁻-zeolit yang telah dipreparasi sebelumnya. Proses elektrolisis pada campuran tersebut dilakukan pada suhu kamar (25° C) dengan tegangan konstan 18.2 volt selama 1 jam.

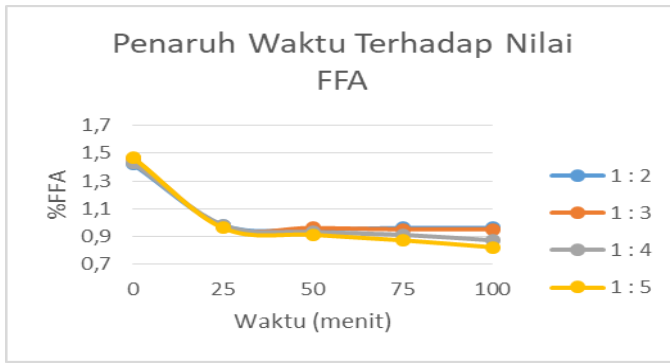


Gambar 4. Proses Transesterifikasi Menggunakan Elektroda Grafit

Reaksi transesterifikasi yang terjadi pada proses elektrolisis menghasilkan dua lapisan yaitu lapisan bawah berwarna coklat keruh berupa lapisan Trygliserin, sedangkan pada lapisan atas berwarna kuning keruh yang merupakan lapisan biodiesel. Kedua senyawa tersebut tidak saling larut sehingga membentuk dua fasa yang dapat dipisahkan dengan corong pisah. Biodiesel yang diperoleh masih mengandung residu antara lain sisa hasil reaksi, metylacetat yang tidak bereaksi dan Trygliserin yang tidak terpisah. Produk biodiesel dilakukan pemurnian dengan ditambahkan Na₂SO₄ untuk mengikat sisa aquadest yang tercampur dalam biodiesel. Tahap selanjutnya yaitu dengan melakukan evaporasi pada suhu 75° C dengan kecepatan evaporator 90 rpm selama 1 jam.

F. Pengujian FFA Asam Lemak Bebas

FFA (*Free Fatty Acid*) atau disebut juga dengan asam lemak bebas sangat mempengaruhi hasil dari biodiesel itu sendiri. Semakin tinggi nilai FFA maka semakin menurun kualitas dari hasil produk biodiesel. Analisa asam lemak bebas (*Free Fatty Acid*) dilakukan dengan menitar sampel menggunakan larutan basa yang telah distandarisasi. Larutan basa yang digunakan disini adalah NaOH.

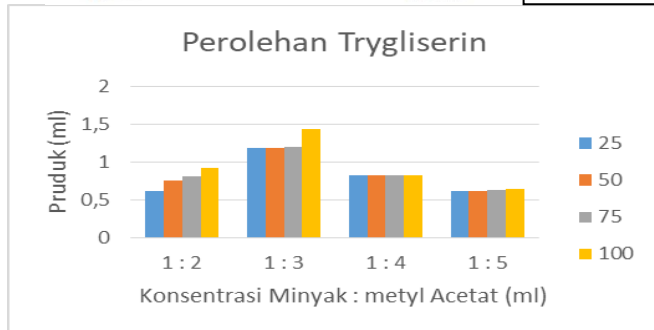
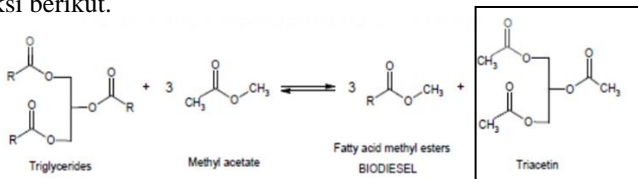


Gambar 5. Perubahan FFA Terhadap Waktu Proses

FFA (*Free Fatty Acid*) pada bahan baku yang awalnya berada di 6% di turunkan dengan metode netralisasi NaOH. Dalam Gambar 5 menunjukkan penurunan nilai % FFA dalam produk. Penurunan diakibatkan adanya reaksi antara ion yang dihasilkan oleh elektroda. Semakin lama menunjukkan semakin menurun akibat semakin banyak interaksi dengan ion dalam proses elektrolisis. Namun pada proses ini belum di peroleh titik optimal penurunan % FFA dan jumlah waktu yang di butuhkan untuk menghasilkan % FFA yang minimum.

G. Perolehan Trygliserin

Trygliserin merupakan produk samping dari proses reaksi antara minyak jelantah dengan Metyl Acetat, seperti dalam reaksi berikut.

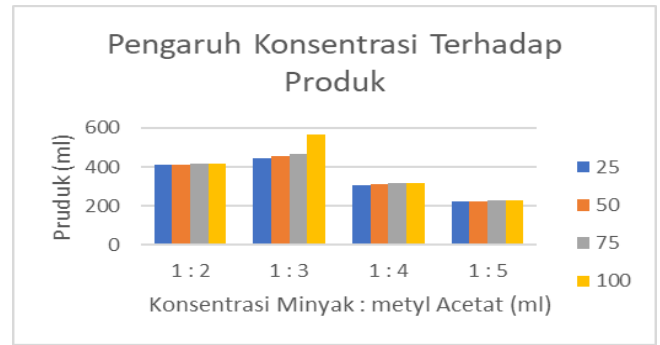


Gambar 6. Perolehan trygliserin

Dalam proses elektrolisis yang dilakukan perolehan trygliserin cenderung meningkat searah dengan meningkatnya produk yang di peroleh. Selama proses perolehan tertinggi didapati pada konsentrasi 1:3 dengan waktu proses di 100 menit sehingga menghasilkan trygliserin sebanyak 1,43 gr lebih banyak dari yang lainnya.

H. Biodiesel

Pada penelitian terapan ini mengkaji mengenai pengaruh konsentrasi minyak jelantah wongsolo dan metyl acetat terhadap produk hasil penelitian, berikut merupakan grafik pengaruh konsentrasi terhadap produk biodiesel yang dihasilkan dilihat dari waktu pengoperasian dan konsentrasi minyak:metyl asetat, sebagai berikut :



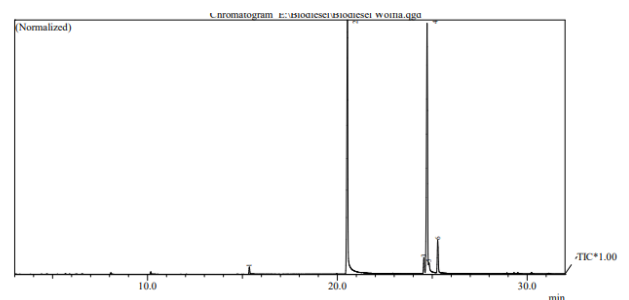
Gambar 7. Pengaruh Konsentrasi Terhadap Produk

Perolehan produk di setiap konsentrasinya cenderung menurun, penurunan terjadi karena jumlah minyak jelantah yang digunakan semakin sedikit dan jumlah metyl asetat semakin banyak. Pembentukan biodiesel terjadi antara reaksi trygliserida pada minyak jelantah dengan metyl acetat, maka jika minyak jelantah berkurang makan reaksi pembentukan akan semakin sedikit dan jumlah metyl acetat yang tidak bereaksi semakin banyak seiring meningkatnya perbandingan konsentrasi metylacetat.

Namun dapat dilihat pada gambar 7 bahwa pada grafik batang ini menunjukkan peningkatan pada hasil yang diperoleh antara konsentrasi 1;2 dengan konsentrasi 1;3 dan terus menurun di konsentrasi selanjutnya. Maka jumlah optimum perolehan biodiesel yang dapat di aplikasikan dengan reaktor metyl acetat adalah 1;3 secara teoristis juga diketahui satu molekul minyak jelantah mampu diikat oleh 3 molekul metyl acetat. Jika terlalu banyak metyl acetat yang digunakan dapat dipastikan akan ada senyawa metyl acetat yang tidak bereaksi.

Di tinjau dari pengaruh waktu proses pada setiap konsentrasinya menunjukkan peningkatan produk hingga ke 100 menit proses. Ion yang terbentuk pada proses elektrolisis berpengaruh dalam proses pembentukan biodiesel sehingga dapat diperoleh peningkatan produk.

I. Kuantitas Biodiesel Pengujian GC-MS



Gambar 8. Analisa GC-MS Biodiesel Metode Elektrolisis

Dari hasil analisis GC-MS, biodiesel mengandung senyawa-senyawa yang dapat dilihat pada tabel 3 di bawah ini

Tabel 5. Senyawa-senyawa yang terdapat dalam Biodiesel dari Analisis GC-MS

Peak#	R.Time	Area	Area%	Name
1	15.364	1130445	0.97	Tetradecanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl myristate \$\$ Myristic acid methyl ester
2	20.533	57115325	49.10	Hexadecanoic acid, methyl ester \$\$ Palmitic acid, methyl ester
3	24.564	2679959	2.30	9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-, methyl ester (CAS) Methyl linoleate
4	24.732	45802946	39.37	9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester (CAS) Methyl oleate \$\$ Oleic acid methyl ester
5	24.829	2948481	2.53	11-Octadecenoic acid, methyl ester, (Z)- (CAS) METHYL CIS OCTADEC-11-ENOATE
6	25.293	6650120	5.72	Octadecanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl stearate \$\$ Stearic acid methyl ester
		116327276	100.00	

Dari Gambar 8 dan Tabel 5 diketahui bahwa biodiesel yang dihasilkan mengandung senyawa metil ester. Komposisinya dapat dilihat pada tabel Hexadecanoic acid, methyl ester, Methyl ester, Methyl ester. Komposisi senyawa terbesar adalah 9-Octadecenoic acid, methyl ester (49,10 %) dan 9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester (CAS) Methyl oleate, Methyl ester (39,37%). Analisa GC-MS menghasilkan puncak-puncak spektra yang masing-masing menunjukkan jenis metil asetat yang spesifik. Biodiesel yang mengandung senyawa metil asetat dan menunjukkan bahwa penggunaan metil asetat dapat diterapkan untuk pembentukan biodiesel.

IV. KESIMPULAN

Elektrosintesis biodiesel memanfaatkan ion hydrogen terlepas dari air yang dapat dilakukan dengan mengoptimalkan proses elektrolisis yang diatur berdasarkan aspek konsentrasi elektrolit, tegangan konstan DC dan jenis elektroda. Ion yang dihasilkan terbukti mempengaruhi reaksi dengan munculnya produk samping berupa trigliserin. Optimalisasi perlu dilakukan untuk menentukan titik optimal waktu yang dibutuhkan konsentrasi untuk bereaksi secara optimal. Pengujian kualitas biodiesel dalam penelitian ini menggunakan analisa GC-MS diperoleh bahwa terbentuknya senyawa metil asetat dan dapat diterapkan untuk pembentukan biodiesel.

REFERENSI

[1] Adhari, Hamsyah ; Yusnimar; Utami, S. P. (2016). Pemanfaatan Juan Francisco Garcia Martin, Francisco javier ales alvarez, Maria sel carmen lopez barrera, Irene martin dominguen, Paloma alvarez mateos, "Cetane number prediction of waste cooking oil derived biodiesel prior to transesterification reaction using near infrared spectroscopy," Departamento de Ingenieria Quimica, Facultad de Quimica, Universidad de Sevilla, C/ Profesor Garcia Gonzalez, 1, 42012 Sevilla, Spain.

[2] Knothe G. Dependence of biodiesel fuel properties on the structure of fatty acid alkyl esters. *Fuel Process Technol* 2005;86:1059–70. <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2004.11.002>.

[3] Giwa SO, Adama KO, Nwaokocha CN, Solana OI. Characterization and flow behaviour of sandalwood (Hura crepitans Linn) seed oil and its methyl esters. *Int Energy J* 2016;16:65–72.

[4] Ramos MJ, Fernández CM, Casas A, Rodríguez L, Pérez Á. Influence of fatty acid composition of raw materials on biodiesel properties. *Bioresour Technol* 2009;100:261–8. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.06.039>.

[5] García-Martín JF, Barrios CC, Alés-Álvarez FJ, Domínguez-Sáez A, Álvarez-Mateos P. Biodiesel production from waste cooking oil in an oscillatory flow reactor. Performance as a fuel on a TDI diesel engine. *Renew Energy* 2018;125:546–56. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.03.002>. IPCC, "IPCC fourth assessment report: climate change," 2007.

[6] Putra, RS., Hartono, P., Julianto, TS. 2015. Conversion of Methyl Ester from Used Cooking Oil: the Combine Use of Electrolysis Process and Chitosan. *Energy Procedia*. 65, 309-316.

[7] Putra, RS., Pratama, K., Antono, Y., Idris, M., Rua, J., Ramadhani, H. 2016. Enhanced Electrocatalytic Biodiesel Production with Chitosan Gel (Hydrogel and Xerogel). *Procedia Engineering*. 148, 609- 614.

[8] Putra, RS., Liyanita, A., Arifah, N., Puspitasari, E., Sawaludin., Hizam, MN. Enhanced Electro-Catalytic Process on the Synthesis of FAME Using CaO from Eggshell. *Energ. Proced.* 105, 289-296

[9] Alliou, FM., Holland, BJ., Kong, L., Dumez, LF. 2017. Electro-Catalytic Biodiesel Production from Conola Oil in Methanolic and Ethanolic Solutions with Low-Cost Stainless Steel and Hybrid Ion-Exchange Resin Grafted Electrodes. *Frontiers in Material*. 4, 22-32.

[10] Irnawati, "Proyeksi ketersediaan dan kebutuhan Minyak goreng tahun 2021," Analisis Pasar Hasil Pertanian Ahli Muda, Badan Ketahanan Pangan

[11] Direktorat Jenderal Perkebunan. 2021. Statistik Perkebunan Unggulan Nasional Tahun 2021. Direktorat Jenderal Perkebunan. Jakarta.

[12] Tsatsos, T., & al. (2019). Quality Characteristics of Biodiesel Produced from Used Cooking Oil in Southern Europe. *ChemEngineering*, III(19) Nasution, M.A., 2007. Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar Biodiesel Sawit Terhadap Konsumsi Dan Emisi Mobil Diesel Tipe Common Rail. *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit*, 15 (2) : 91-102

[13] Thanh LT, Okitsu K, Boi LV, Maeda Y. 2012. catalytic technologies for biodiesel fuel production and utilization of glycerol: a review. *Catalysts*. 2: 191-222

[14] Gerpen, J.V. dan Canakci, M. 2004. Biodiesel Production via Acid Catalysis. *American Society of Agricultural Engineers*. Vol.42 (5): 1203-1210. [16] Rizal Mika, "Manual Book Mesin Produksi Biodiesel Sistem Batch dengan kapasitas 50L Politeknik Negeri Lhokseumawe," Pt. Buatan Guna Indonesia, Bandung, 2019

[15] Isana, SYL. 2010. Perilaku Sel Elektrolisis Air dengan Elektroda Stainless steel. Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia. Yogyakarta.

[16] [BSN] Badan Standar Nasional. (2015). SNI 04-7182:2015. Biodiesel. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional

[17] Hermansyah H, Arbianti R, Prammeswari DA, Non-Alcohol Route of Biodiesel Synthesis from Used Cooking Oil Using Immobilized Biocatalyst in Packed Bed Reactor, *Journal of Sustainable Energy & Environment* 2 (2011) 1-5, Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, University of Indonesia, Depok, Indonesia.

[18] Chuah, L.F., Klemes, J.J., Yusup, S., Bokhari, A., Akbar, M.M., 2017. A review of cleaner intensification technologies in biodiesel production. *J. Clean. Prod.* 146, 181–193.

[19] Balajii, M., Niju, S., 2019. A novel biobased heterogeneous catalyst derived from *Musa acuminata* peduncle for biodiesel production – Process optimization using central composite design. *Energy Convers. Manag.* 189, 118–131. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2019.03.085>.

[20] Singh, D., Sharma, D., Soni, S.L., Sharma, S., Kumar Sharma, P., Jhalani, A., 2020. A review on feedstocks, production processes, and yield for different generations of biodiesel. *Fuel*.

[21] Perry, Robert, H. 1996. *Perry Chemical Engineers Handbook Seventh Edition*. New York : The McGraw-Hill Companies

[22] Dhika Uljanah., Eko Safitri., "Pra Rencana Pabrik Pembuatan Metil Asetat Dengan Kapasitas Produksi 70.000 Ton/Tahun," Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya 2018.

[23] Standar dan Mutu (Spesifikasi) Bahan Bakar Nabati (Biofuel) Jenis Biodiesel sebagai Bahan Bakar Lain yang Dipasarkan di Dalam Negeri DJEBTKE-ESDM SK Dirjen EBTKE No. 189.K/10/DJE/2019 2019