

BAB I

BIODIESEL

I.1. Pendahuluan

Indonesia adalah negara kepulauan terbesar di ASEAN dengan populasi penduduk yang tinggi, tercatat sebanyak 270,02 juta jiwa penduduk Indonesia pada tahun 2020[1]. Tingginya penduduk di Indonesia menyebabkan penggunaan alat-alat transportasi, mesin-mesin pendukung industri, serta alat-alat listrik yang kita gunakan sehari-hari, semakin meningkat. Hal ini berdampak pada banyaknya konsumsi energi yang umumnya berasal dari bahan bakar fosil, seperti batu bara dan minyak bumi. Indonesia menargetkan untuk mencapai energi terbarukan sebesar 23% pada tahun 2025 dan 31% pada tahun 2050, dengan tujuan untuk memenuhi sebagian rencana seperti mengurangi efek rumah kaca [2,3]. Berdasarkan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) No. 12 tahun 2015, aturan B20 telah ditetapkan pada tahun 2018, sementara aturan B30 telah diimplementasikan sejak awal tahun 2020 [4,5]. Data dari ESDM menyatakan bahwa pada tahun 2014 minyak bumi yang masih tersedia adalah sebanyak 3,6 miliar barel, sehingga dengan melihat bahwa penggunaan minyak bumi mencapai 288 juta barel/tahun, maka persediaan tersebut dapat bertahan selama 13 tahun [5]. Melihat dari kebutuhan tersebut, pembaharuan energi sangatlah diperlukan. Salah satu metode untuk pembaharuan energi dapat dilakukan dengan mengganti sumber energi tidak terbarukan dengan sumber energi terbarukan, salah satunya adalah biodiesel.

Biodiesel merupakan salah satu bahan bakar alternatif yang dapat menggantikan minyak diesel tanpa harus mengganti atau memodifikasi mesin, dan memiliki keunggulan dimana menghasilkan g-

as emisi (CO_2) yang lebih sedikit dari pada minyak diesel, *flash point* yang tinggi, rendahnya kandungan sulfur, fungsi luminasi yang lebih baik, serta bersifat non-toksik. Biodiesel sendiri dapat dikatakan sebagai bahan bakar alternatif karena menggunakan baku minyak atau lemak, dimana bahan baku tersebut dapat terus diperbaharui. Biodiesel dapat diciptakan melalui beberapa cara, seperti subkritis dan superkritis, metode *ultrasound*, metode *microwave* dan transesterifikasi, dari beberapa cara tersebut penggunaan proses transesterifikasi dapat dikatakan sebagai proses yang paling meyakinkan, karena memiliki kemungkinan untuk dilakukan dengan proses industri dan hasil biodiesel yang dihasilkan memiliki komposisi yang hampir setara dengan minyak diesel [6,7]. Proses transesterifikasi dilakukan dengan bantuan katalis yang dapat membantu proses konversi dari bahan baku minyak/lemak menjadi biodiesel dengan lebih baik dan cepat.

Dalam proses pembuatan Biodiesel katalis juga mengambil peran yang sangat penting terhadap hasil *yield* biodiesel yang dihasilkan, oleh karena itu *critical review* ini disusun dengan menjelaskan terlebih dahulu mengenai biodiesel, mulai dari bahan baku, perkembangan biodiesel di Indonesia, serta metode yang digunakan untuk mendapatkan hasil biodiesel. Penggunaan katalis juga akan dibahas, seperti jenis-jenis katalis yang digunakan dalam proses pembuatan biodiesel, dengan lebih menekankan katalis heterogen, khususnya *metal oxide*. *Metal oxide* akan dijelaskan lebih mendetail pada modifikasi yang dilakukan oleh para peneliti selama 5 tahun terakhir, serta menjelaskan lebih mendetail mengenai pengaruh parameter yang mempengaruhi proses pembuatan biodiesel.

I.2. Minyak dan lemak

Minyak nabati sering digunakan sebagai bahan baku biodiesel, seperti, minyak jagung dan minyak kedelai merupakan bahan baku biodiesel yang sering digunakan oleh negara Amerika Serikat, serta minyak kelapa sawit dan minyak rapa yang biasanya digunakan oleh negara-negara di Eropa dan Asia sebagai bahan baku pembuat biodiesel [6]. Minyak-minyak tersebut merupakan bahan baku generasi pertama dan sering digunakan sebagai bahan baku biodiesel, tercatat lebih dari 95% minyak nabati digunakan sebagai bahan baku Biodiesel. namun penggunaan minyak nabati sebagai bahan baku biodiesel dapat menyebabkan terjadinya krisis sumber bahan makanan terhadap negara miskin dan berkembang[8], sehingga penggunaan bahan baku dari ketiga generasi lainnya digunakan. Oleh karena alasan tersebut, penggunaan bahan baku selain minyak pangan menjadi salah satu cara untuk mengatasi permasalahan krisis bahan pangan yang mungkin terjadi[8,9].

Bahan baku biodiesel dapat dibedakan dalam beberapa generasi. Generasi pertama merupakan bahan baku yang berasal dari minyak yang sering digunakan oleh manusia dalam kehidupan sehari-hari yaitu minyak pangan. Generasi kedua merupakan minyak yang berasal dari tanaman yang minyaknya tidak dapat langsung di konsumsi oleh manusia seperti *jatropha oil* dan *neem oil*. Generasi ketiga merupakan minyak yang berasal dari *microalgae* atau hasil limbah minyak nabati. Minyak generasi ke empat didapatkan dengan membudidayakan *microalgae* yang dapat menyerap CO₂, serta modifikasi dari mikroorganisme tersebut untuk kemudian dilakukan ekstraksi lemak sebagai bahan baku biodiesel, proses ini biasa disebut dengan *Photobiological Solar Energy* [10–12]. Generasi keempat

merupakan teknologi yang sedang banyak dikembangkan, karena dengan menggunakan minyak generasi berikut ini, gas CO₂ dapat dikurangi dan juga bahan baku dari minyak dapat terus berkembang dengan sendirinya. Perbedaan bahan baku biodiesel sangat berpengaruh akan hasil dari biodiesel yang akan dihasilkan setelahnya, seperti tingkatan kemurnian dan komposisi dari biodiesel yang dihasilkan, oleh karena itu pemilihan bahan baku merupakan salah satu langkah penting sebelum membuat biodiesel[10].

a. Kandungan asam lemak pada minyak

Indonesia menggunakan minyak kelapa sawit sebagai bahan baku pembuatan biodiesel, dapat dilihat pada Tabel I.1 minyak kelapa sawit memiliki kandungan minyak antara 30-60%, oleh karena itu penggunaan minyak kelapa sawit sangat cocok digunakan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel[13]. Minyak kelapa sawit termasuk dalam sumber bahan baku generasi pertama, seperti minyak kanola, minyak kelapa, minyak kacang kedelai dan lain-lain[6,10–12]. Minyak mengandung asam lemak yang menjadi salah satu dasar tolak ukur pemilihan bahan baku, karena hasil biodiesel yang dihasilkan juga di pengaruhi oleh kandungan asam lemak tersebut[14]. Asam lemak biasanya terbagi menjadi 2 bagian, *unsaturated* (oleic, linoleic, ricinoleic, palmitoleic, linolenic and eicosenoic) dan *saturated* (stearic, palmitic and dihydroxystearic)[15]. Kandungan *saturated fatty acids* dalam minyak atau lemak mempengaruhi hasil *cetane number*, *cloud point*, dan stabilitas dari bahan bakar biodiesel[16]. Kandungan *monounsaturated fatty acids* juga dapat mempengaruhi, *ignition*

quality, fuel flow properties, dan fuel stability dari biodiesel yang dihasilkan[17]. Tabel I.2. memperlihatkan ciri-ciri *physicochemical* dari beberapa macam bahan baku pembuat biodiesel. Pada Tabel I.2. terdapat penjelasan mengenai ciri-ciri *physicochemical* seperti Titre (suhu yang dibutuhkan minyak berubah fase dari padat hingga menjadi cair / *melting point*), MIU (*moisture, impurities, dan unsaponifiable matters*), dan lain-lain.

Asam oleat (C18:1), asam linoleat (C18:2), asam linolenat (C18:3), asam stearat (C18:0) dan asam palmitat (C16:0) merupakan asam lemak yang sering di temukan didalam kandungan minyak [11,14,15,18]. Pada Tabel I.3 terlihat kadar-kadar asam lemak yang terdiri dari berbagai bahan baku. Lemak hewan memiliki kandungan asam lemak jenuh lebih banyak dari pada asam lemak pada minyak tumbuhan, asam lemak (asam myristat, asam palmitat dan asam stearat) tersebut menyebabkan kecenderungan lemak menjadi lebih cepat mengeras pada suhu ruang.

Tabel I. 1. Generasi 1 hingga 4 sumber bahan baku biodiesel

Generasi 1			
No.	Bahan baku	Konten minyak (%)	Referensi
1	Biji bunga matahari	25-35	[19,20]
2	Kacang kedelai	15-20	[21–25]
3	Rapeseed	38-46	[20,26]
4	Kacang	45-55	[27]
5	Olive	45-70	[28,29]
6	Canola	40-45	[30,31]
7	Kelapa sawit	30-60	[32]
8	Kelapa	63-65	[33]
9	Mustard	28-36	[34]
10	Linseed	40-44	[14]
Generasi 2			
No.	Bahan baku	Konten minyak (%)	Referensi
1	Jatropha	30-40	[25,35,36]
2	Castor	45-50	[14,37]
3	Sylibum marianum	50	[38]
4	Rubber seed	53,74-68,35	[39]
5	Karanja	27-39	[14]
6	Neem	20-30	[40]

7	Chinese tallow seed	44.15	[14]
8	Jajoba	43-49	[41]
Generasi 3			
No.	Bahan baku	Konten minyak (%)	Referensi
1	Animal tallow	100	[42]
2	Chicken fat	25	[43]
3	Microalgae	30-70	[6,44]
4	Pine and Kapok	27,5	[6,45]
5	Waste fish oil	4-8	[46]
6	Waste cooking oil	75	[47-51]
7	Poultry fat	25-30	[11,50]
Generasi 4			
No.	Bahan baku	Konten minyak (%)	Referensi
1	<i>Cyanobacteria</i>	16-30	[12]
2	Algae sintesis	50-80	[12]

Tabel I. 2. Ciri-ciri *physico-chemical* dari beberapa macam bahan baku pembuat biodiesel[11,14].

No	Bahan baku	Titre	MIU	$\nu, 40^\circ\text{C}$	ρ	Bil. set.	Tit. nya.	Bil. sap.	Bil. iod.	Kand. Sulf.	Bil. as.
		$^\circ\text{C}$	% massa	mm^2/s	kg/m^3	$^\circ\text{C}$	$^\circ\text{C}$			% massa	mg KOH/g
1	Kelapa Sawit	42 - 45	0,03	44,79	876	37,1	274	193,14	125 - 140	-	1,4
2	Biji bunga matahari	16 - 20	0,65	35,84	880	49	183	208,63	48 - 58	-	1,4
3	Kanola	-	0,85	34,72	904	37,6	246	189,8	-	2	0,41
4	Kacang	26 - 32	-	39,6	902,6	41,8	271	191,5	84 - 100	0,01	-
5	Jagung	14 - 21	1,67	30,75	909,5	37,6	277	183,06	103 - 128	0,02	-
6	<i>Jatropha</i>	31	0,16	33,9	940	-	225	200,8	82 - 98	-	-
7	<i>Neem</i>	35 - 36	2,16	50,3	918,5	-	-	209,66	65 - 80	0,01	-
8	<i>Karanja</i>	30 - 31	0,72	43,61	936,5	-	-	188,5	81 - 90	0,025	-
9	<i>Mahua</i>	23 - 31	-	24,5	960	-	232	190,5	58 - 70	-	-
10	<i>Linseed</i>	19 - 21	0,64	25,75	923,6	34,6	241	187,63	-	0,01	-
11	Lemak daging	-	0,84	45,34	-	-	-	198	-	-	-
12	<i>Yellow Grease</i>	41	0,68	132,1	-	-	-	198,36	-	-	-

Keterangan

MIU

= *Moisture, Impurities, dan Unsaponifiable matters*

ν	= Viskositas kinematik pada suhu 40°C
ρ	= Densitas
Bil. set.	= Bilangan Setana
Tit. nya.	= Titik Nyala
Bil. sap.	= Bilangan Saponifikasi
Bil. Iod.	= Bilangan Iodin
Kand. Sulf.	= Kandungan Sulfur
Bil. as.	= Bilangan Asam

Tabel I. 3. Komposisi Asam Lemak setiap Generasi bahan baku Biodiesel[6,11,15].

No.	Generasi 1	C12:0	C14:0	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	C20:0	C20:1	C22:1
1.	Bunga matahari	-	-	5 - 8	2 - 6	15 - 40	30 - 70	3 - 5	-	-	-
2.	Kacang kedelai	-	-	6 - 10	2 - 5	20 - 30	50 - 60	5 - 11	-	-	-
3.	<i>Rapeseed</i>	-	-	1 - 3	0 - 1	10 - 15	12 - 15	8 - 12	7 - 10	-	45 - 60
4.	Kacang	-	-	8 - 9	2 - 3	50 - 60	-	20 - 30	-	-	-
5.	<i>Olive</i>	-	-	9 - 10	2 - 3	72 - 85	10 - 12	0 - 1	-	-	-
No.	Generasi 2										
1.	<i>Jatropha</i>	-	14.1 - 15.3	0 - 13	-	14.3 - 45.8	14.1 - 15.3	0 - 0.3	-	-	-
2.	<i>Linseed</i>	-	-	4 - 7	2 - 4	25 - 40	35 - 40	25 - 60	-	-	-
3.	<i>Neem</i>	-	-	13.6 - 16.2	-	49.1 - 61.9	-	-	-	-	-
4.	<i>Rubber seed</i>	-	2.2	10.2	8.7	24.6	39.6	16.3	-	-	-
5.	<i>Karanja</i>	-	-	3.7 - 7.9	2.4 - 8.6	44.5 - 71.3	10.8 - 18.3	-	-	-	-
No.	Generasi 3										
1.	<i>Animal tallow</i>	-	23.3	19.3	42.4	2.9	0.9	2.9	-	-	-
2.	Minyak ikan bekas	-	6.8	14.9	3.2	15.6	2.1	11.5	-	-	-

3.	Lemak ayam	-	3.1	19.82	3.06	37.62	-	-	-	-	-
4.	Mikroalga	-	12 - 15	10 - 20	-	-	-	-	-	-	-
5.	Minyak goreng bekas	-	-	8.5	3.1	21.2	55.2	5.9	-	-	-
No.	Generasi 4										
1.	<i>Chlorella vulgaris</i> (<i>photobiological fuel</i>)	0.9	6.1	22.6	21.4	6.9	6.6	14.3	2.3	6	-

I.3. Biodiesel

I.3.1. Biodiesel di Indonesia dan masa depan dari biodiesel di Indonesia

Penggunaan bahan bakar sangat penting dalam kehidupan manusia. Indonesia adalah salah satu negara di ASEAN yang memiliki jumlah penduduk terbanyak, tercatat sebanyak 270,02 juta jiwa penduduk Indonesia pada tahun 2020 [1]. Hal ini berdampak pada penggunaan energi yang berasal dari bahan bakar. Tercatat penggunaan bahan bakar (BBM) dalam sektor transportasi membutuhkan kurang lebih 85-90%, hal ini juga akan terus bertambah seiring dengan terjadinya pertambahan alat transportasi yang mencapai 6-8%/tahun [52]. Penggunaan bahan bakar diesel di Indonesia mencapai 288 juta barel/tahun, sedangkan cadangan bahan bakar diesel sebanyak 3,6 miliar barel. Berkaca pada penggunaan diesel pertahun sisa cadangan bahan bakar tersebut dapat diestimasikan bertahan hanya selama 13 tahun saja, sehingga dengan menggunakan biodiesel dapat membantu menambah jangka waktu habisnya bahan bakar diesel[5]. Indonesia menargetkan untuk mencapai energi terbarukan sebesar 23% pada tahun 2025 dan 31% pada tahun 2050, dengan tujuan untuk memenuhi sebagian rencana seperti mengurangi efek gas rumah kaca [2,3]. Berdasarkan ketentuan tersebut, Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) mengeluarkan Peraturan No. 12 tahun 2015. Peraturan tersebut mengatur mengenai pencampuran bahan bakar biodiesel dan diesel, aturan B20 (20% biodiesel + 80% diesel) pada tahun

2018 telah berhasil dilaksanakan dan B30 baru saja disahkan pada tahun 2020[4,13].

Biodiesel (pada Gambar I.1.) sendiri biasanya terbuat dari berbagai jenis minyak dan lemak, khususnya minyak nabati yang tergolong dalam generasi 1 pada Tabel I.1. Indonesia dan Malaysia merupakan negara yang mayoritas menghasilkan biodiesel dari minyak kelapa sawit, tercatat pada tahun 2015 Indonesia dan Malaysia menyumbang sebanyak 83% cadangan minyak kelapa sawit dunia[13]. Data pada Badan Pusat Statistik (BPS) Indonesia tahun 2015 menyatakan luas perkebunan kelapa sawit secara nasional mencapai 11,3 juta hektar. Lahan tersebut menghasilkan sebanyak 3,4 juta ton minyak kelapa sawit yang khusus digunakan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel[53]. Sumatra dan Kalimantan adalah daerah penghasil utama minyak kelapa sawit di Indonesia, itulah mengapa daerah tersebut dapat dijadikan sebagai sektor utama pengembang biodiesel di Indonesia. Perkembangan bahan bakar biodiesel di Indonesia masih terus meningkat[53]. Pada tahun 2017 tercatat 32 kilang minyak biodiesel yang berkerja, hal ini mengalami kenaikan dari tahun 2011, di mana Indonesia hanya memiliki 22 kilang minyak biodiesel yang berkerja. Pengembangan mandatori pencampuran bahan bakar diesel dan biodiesel, akan menyebabkan penambahan kilang minyak yang ada.

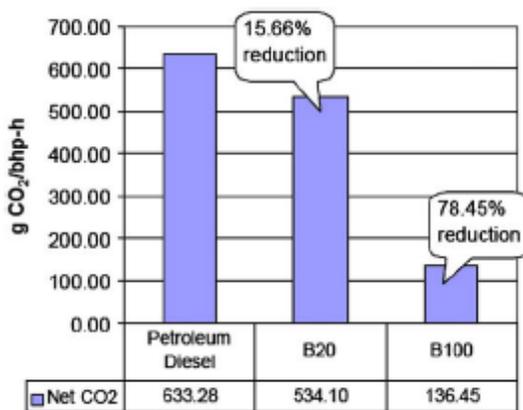


Gambar I. 1. Gambar Biodiesel diambil dari [54,55].

I.3.2. Efek pengurangan gas rumah kaca pada penggunaan biodiesel dibandingkan dengan diesel.

Bahan bakar diesel mengalami peningkatan harga setiap saatnya, karena jumlah persediaan bahan bakar tersebut yang akan terus berkurang. Permasalahan lain yaitu, meningkatnya gas rumah kaca juga menjadi salah satu kekurangan yang diberikan oleh penggunaan diesel sebagai bahan bakar[56]. Dibandingkan dengan bahan bakar diesel, biodiesel dapat mengurangi emisi gas CO_2 , salah satu komponen utama penyebab gas rumah kaca. Tercatat 28% gas CO_2 berasal dari hasil pembakaran mesin transportasi[57,58]. Emisi-emisi seperti Hidrokarbon, gas CO, dan benda-benda partikulat dapat di kurangi dengan menggunakan biodiesel, tetapi kemungkinan gas NO_x dapat bertambah khususnya untuk alat yang memiliki beban mesin yang berat[59]. Biodiesel dapat dikatakan mengurangi gas CO_2 , karena dalam siklus gas CO_2 dapat terlihat bahwa biodiesel tidak menambahkan gas CO_2 yang sudah ada, dengan cara tanaman yang ditanam kembali akan

mengambil gas CO₂ tersebut untuk kemudian digunakan sebagai bahan pembuat akar, batang, tangkai dari tanaman tersebut dan siklus tersebut akan terus berulang, sedangkan diesel akan terus menambahkan gas CO₂ di udara karena hasil pembakaran yang dihasilkan berasal dari bahan baku yang tidak dapat diperbaharui[56,58,59]. Berdasarkan hasil percobaan seperti pada Gambar I.2. diperlihatkan mengenai biodiesel B100 dan B20 dapat mengurangi gas rumah kaca sebanyak 78,45% dan 15,06%, dimana hal ini terjadi karena kandungan karbon dan hidrogen yang rendah pada biodiesel[57].



Gambar I. 2. Gambar pengaruh penggunaan biodiesel B20 dan B100 terhadap pengurangan hasil gas CO₂ (Gambar diambil dari: *Coronado et al, Journal of Fuel Processing Technology*, 2009) [58].

I.3.3. Perbedaan spesifikasi dan standarisasi antara biodiesel dengan diesel.

Dalam penentuan kualitas biodiesel terdapat beberapa standar yang digunakan seperti, *American Society for Testing and*

Materials (ASTM) ASTM D6751 dan *European Committee of Standardization* (ISO) EN14214 sesuai dengan nama yang dimilikinya peraturan tersebut berlaku pada negara Amerika dan Eropa[6,60,61]. Standar ASTM juga sering digunakan negara lain sebagai standar penilaian bahan bakar biodiesel yang dihasilkan[40]. Indonesia memiliki peraturan penentuan kualitas biodiesel sendiri, standar tersebut bernama Standar Negara Indonesia (SNI) No. 7182. SNI tersebut mengatur seberapa maksimum atau minimum kandungan yang harus di miliki oleh biodiesel tersebut, sehingga dapat dikatakan layak untuk digunakan sebagai bahan bakar campuran. SNI 7182 sebelumnya di tetapkan pada tahun 2012, kemudian dilakukan pembaharuan limitasi dari standar tersebut pada tahun 2015, peraturan tersebut berlaku hingga sekarang. Beberapa limitasi yang di perbaharui seperti, kandungan sulfur tidak boleh melebihi 50ppm (sebelumnya 100ppm), kandungan fosfor yang tidak lebih dari 4 ppm (sebelumnya 10ppm), serta kandungan asam tidak boleh melebihi 0,5 (sebelumnya 0,6)[62]. Pada Tabel I.4. di perlihatkan beberapa perbandingan kriteria antara minyak diesel dan biodiesel dengan beberapa metode standarisasi yang berbeda.

Komposisi yang dimiliki oleh minyak dan lemak dapat mempengaruhi setiap komposisi akhir dari biodiesel, seperti pada minyak nabati yang dapat dikonsumsi biasanya akan menghasilkan biodiesel dengan nilai *pour point* dan *cetane number* sedikit lebih tinggi, sedangkan minyak nabati yang tidak dapat di konsumsi biasanya memiliki nilai viskositas dan *caloric value* yang sedikit

lebih tinggi[63]. Penelitian yang dilakukan terhadap biodiesel dari lemak hewan juga menghasilkan hasil yang memuaskan, karena dapat mengurangi emisi hidrokarbon aromatik sebanyak 75-90% daripada minyak diesel[61]. Kandungan dalam biodiesel seperti asam lemak, dapat mempengaruhi tingkat korosifitas bahan bakar biodiesel terhadap mesin yang juga akan bertambah seiring dengan konsentrasi dari asam lemak tersebut[57,58]. *Cetane number* mempengaruhi karakteristik bahan bakar ketika dalam proses pembakaran, semakin tinggi nilai dari *cetane number*, maka pembakaran dari bahan bakar tersebut semakin baik[59]. *Cold Filter Plugging Point* (CFFP) memperlihatkan suhu terendah dari mengalirnya sebuah bahan melalui filter yang ditentukan waktu lamanya, dan dicatat suhunya ketika bahan tersebut mulai mengeras/berubah menjadi gel. CFFP berguna sebagai penentu ketika bahan bakar tersebut akan digunakan pada suhu yang dingin[57].

Biodiesel juga memiliki kelebihan dimana memiliki nilai lubrikasi yang lebih baik dibandingkan dengan minyak diesel, hal ini berpengaruh terhadap kinerja mesin yang digunakan[11,61]. Proses lubrikasi yang terjadi pada proses pembakaran bahan bakar pada mesin terbagi menjadi 2, lapisan lubrikasi dan lubrikasi hidrodinamik. Lubrikasi hidrodinamik biasanya digunakan untuk mengurangi kerusakan yang terjadi antara dua benda padat dalam mesin pembakaran dengan bantuan lapisan cairan di antara injektor bahan bakar. Lapisan cairan (bahan bakar biodiesel dalam injektor) mencegah kontak antara dinding satu dengan yang lain. Lapisan

lubrikasi (*boundry lubrication*) adalah lapisan yang terbentuk dari cairan (biodiesel) yang melapisi bagian mesin secara tipis, dengan tujuan untuk melindungi bagian mesin tersebut, lapisan tersebut akan berguna ketika lubrikasi hidrodinamik terpecah dari mesin injektor setelah melakukan injeksi (pengkabutan) bahan bakar ke dalam mesin[11,64]. Sebuah penelitian menyatakan bahwa dengan meningkatnya tingkat lubrikasi dapat memperpanjang umur dari mesin tersebut. Lubrikasi juga di pengaruhi oleh besarnya nilai viskositas dari bahan bakar tersebut, ketika bahan bakar tersebut memiliki nilai viskositas $>3,5 \text{ mm}^2/\text{s}$, proses pembakaran dan *pumping* akan mengalami permasalahan. Nilai viskositas yang tinggi biasanya di sebabkan oleh beberapa hal seperti tingginya tingkatan *saturated fats* dalam minyak, terdapat komponen pengotor, dan juga tingkatan sulfur dari bahan bakar tersebut[57,58].

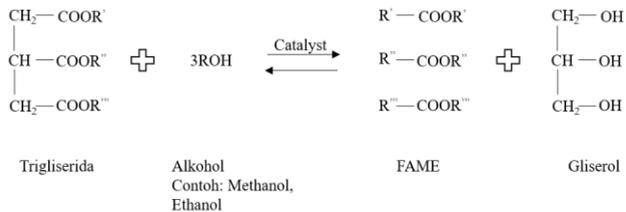
I.4. Metode pembentukan biodiesel

I.4.1. Metode untuk mendapatkan hasil biodiesel

Terdapat beberapa cara untuk mendapatkan biodiesel yang berasal dari berbagai sumber bahan baku, terdapat beberapa cara yang digunakan untuk mendapatkan biodiesel dan juga kelebihan serta kekurangan dari metode-metode tersebut[65]. Pada Tabel I.5 terlihat beberapa cara seperti, teknologi *ultrasound*, teknologi *microwave*, metode *supercritical* dan *subcritical*, dan Transesterifikasi (Gambar I.3.). Teknologi *ultrasound* adalah teknologi pembuatan biodiesel yang menggunakan gelombang

ultrasound untuk membantu mempercepat proses pengadukan dari proses transesterifikasi. Gelombang suara yang digetarkan dengan rentang frekuensi 20-40kHz, penggunaan gelombang suara ini agar membantu terjadinya proses getaran yang dapat meningkatkan transfer massa, menambah kemungkinan kontak luas permukaan bahan baku dengan katalis, dan mempercepat terjadinya reaksi. Proses tersebut dibantu dengan alat transduser yang akan mengubah energi listrik menjadi gelombang *ultrasound*[65]. Teknologi *microwave* adalah teknologi yang menggunakan sinar irradiasi elektromagnetik yang mempengaruhi gerak dari molekul, penggunaan teknologi ini akan membantu pergerakan molekul dari minyak, metanol, dan katalis agar terbentuk interaksi antar molekul tanpa memecah rangkaian molekul tersebut sehingga terbentuk panas. Proses tersebut menyebabkan biodiesel terbentuk dengan sangat cepat dan menghasilkan produk yang memiliki yield tinggi[65]. Teknologi *supercritical* dan *subcritical* adalah salah satu teknologi nonkatalitik. Teknologi berikut diminati, karena dapat menghasilkan produk dengan yield yang sangat baik tanpa harus menggunakan bantuan katalis. Proses subkritikal atau superkritikal berjalan pada suhu yang tinggi dan tekanan yang tinggi tepat pada atau melawati titik kritisnya. Proses tersebut akan memanaskan minyak hingga suhu dan tekanan tinggi agar meningkatkan kelarutan dari minyak dan metanol, sehingga meningkatkan penggabungan kedua bahas tersebut dan didapatkan hasil biodiesel yang tinggi[65]. Air bekerja sebagai acid catalyst pada supercritical methanol method. Bahkan, berdasarkan studi

Kusdiana dkk, air sebagai katalis asam yang berperan lebih kuat jika dibandingkan dengan metanol pada proses subkritisal/supercritisal[66]. Kandungan air didalam bahan dapat meningkatkan sisi hidrofobik dan hidrofilik dari metanol, karena pada suhu 280-350°C air kaya akan ion-ion yang juga mampu melarutkan unsur-unsur hidrokarbon seperti Trigliserida. Hal tersebut meningkatkan yield biodiesel walaupun tidak secara signifikan[66].



Gambar I. 3. Gambar reaksi umum Transesterifikasi diambil dari [6].

Tabel I. 4. Standarisasi Diesel dan Biodiesel [6,11]

No	Spesifikasi biodiesel	Unit	Diesel		Biodiesel	
			ASTM D975		ASTM D6751	
			Metode tes	Limit	Metode tes	Limit
1	Angka keasaman	mg KOH/g	-	-	ASTM D664	0,5 maks.
2	Konten abu	% massa	ASTM D482	100 maks.	-	-
3	<i>BOCLE Scuff</i>	g	ASTM D975	2000-5000	ASTM PS121	>7000
4	Titik didih	°C	-	-	ASTM D7398	100 -615
5	Karbon	% massa	ASTM D975	87	ASTM PS121	77
6	Residu karbon	% m/m	ASTM D4530	0,2 maks.	ASTM D4530	0,050 maks.
7	<i>Cetane Number</i>	-	ASTM D4737	46	ASTM D613	47 min.
8	<i>Cloud point</i>	°C	ASTM D975	-15 sampai -5	ASTM D2500	-3 sampai -12
9	<i>Cold Filter Plugging Point (CFPP)</i>	°C	EN590	-8	ASTM D6371	plus 5 maks.

10	Konduktivitas ketika di suhu ruang	pS/m	ASTM D2624	50 m min. pada saat suhu ruang	-	-
11	Korosi tembaga		ASTM D130	kelas 1 maks.	ASTM D130	Kelas 3 maks.
12	Densitas pada 15 °C	kg/m ³	ASTM D1298	820-860	ASTM D1298	880
13	Digliserida	% massa	-	-	-	-
14	Temperatur Distilasi	°C	ASTM D86	370 maks.	ASTM D1160	360
15	Titik nyala api	°C	ASTM D975	60-80	ASTM D93	130 min.
16	<i>Free Glycerine</i>	% massa	-	-	ASTM D6584	0,02 maks.
17	Hidrogen	% massa	ASTM D975	13	ASTM PS121	12
18	Angka Iodine	g I ₂ / 100 g	-	-	-	-
19	Viskositas kinematic pada 40 °C	mm ² /s	ASTM D445	2 - 4,5	ASTM D445	1,9 - 6
20	Lubrisitas	m	IP 450	0,460 mm (maks)	ASTM D6079	520 maks.

21	Monogliserida	% massa	-	25 mg/L maks.	-	-
22	Kestabilan oksidasi		ASTM D2274	-	-	-
23	Oksigen	% massa	-	- 35 sampai - 15	ASTM PS121	-
24	Titik tuang	°C	ASTM D975	-	ASTM D97	-15 sampai -16
25	Kandungan fosfor	% massa	-	-	ASTM D4951	0,001 maks.
26	Angka penyabunan	mg KOH/g	-	-	ASTM D5558,98	370 maks.
27	Konten sulfur	ppm	ASTM D5453	50 maks.	-	-
28	Total gliserin	% massa	-	-	ASTM D6548	0,24
29	Trigliserida	% massa	-	-	-	-
30	Sedimen dan air		ASTM D2709	0,05 maks.	ASTM D2709	0,005 % vol maks.

Lanjutan Tabel Tabel I.4. Standarisasi Diesel dan Biodiesel [6,11]

No	Spesifikasi biodiesel	Unit	Biodiesel			
			EN 14214		SNI 7182	
			Metode tes	Limit	Metode tes	Limit
1	Angka keasaman	mg KOH/g	EN 14104	0,5 maks.	SNI 7182	0,5 maks.
2	Konten abu	%massa	-	-	-	-
3	<i>BOCLE Scuff</i>	g	-	-	-	-
4	Titik didih	°C	-	-	-	-
5	Karbon	%massa	-	-	-	-
6	Residu karbon	%m/m	EN ISO 10370	0,3 maks.	SNI 7182	0,005 maks.
7	Angka setana	-	EN ISO 5165	51 min.	SNI 7182	51 min.
8	Titik Asap	°C	-	-	SNI 7182	18 maksimal
9	<i>Cold Filter Plugging Point (CFPP)</i>	°C	EN 14214	-	-	-
10	Konduktivitas ketika di suhu ruang	pS/m	-	-	-	-
11	Korosi tembaga		EN ISO 2160	Kelas 1	SNI 7182	Kelas 1

12	Densitas pada 15 °C	kg/m ³	EN ISO 3675/12185	860 - 900	-	-
13	Diglisericida	%massa	EN 14105	0,2 maks.	-	-
14	Temperatur Distilasi	°C	-	-	-	-
15	Titik nyala api	°C	EN ISO 3679	101 min.	SNI 7182	100 min.
16	<i>Free Glycerine</i>	%massa	EN 1405/14016	0,02 maks.	SNI 7182	0,02 maks.
17	Hidrogen	%massa	-	-	-	-
18	Angka Iodine	g I ₂ / 100 g	EN 14111	120 maks.	SNI 7182	115 maks.
19	Viskositas kinematik pada 40 °C	mm ² /s	EN ISO 3104	3,5 - 5	SNI 7128	2,3 - 6
20	Lubrisitas	m	-	-	-	-
21	Monoglisericida	%massa	EN 14105	0,8 maks.	SNI 7182	0,8 maks.
22	Kestabilan oksidasi		EN 14112	3 jam min.	SNI 7182	6 jam min.
23	Oksigen	%massa	-	-	-	-
24	Titik tuang	°C	-	-	-	-
25	Kandungan fosfor	%massa	EN 14107	0,001 maks.	-	-

26	Angka penyabunan	mg KOH/g	-	-	-	-
27	Konten sulfur	ppm	EN ISO 3987	0,02 maks.	-	-
28	Total gliserin	%massa	EN 1406	0,25	SNI 7182	0,24 maks.
29	Trigliserida	%massa	EN 1406	0,2 maks.	-	-
30	Sedimen dan air		EN ISO 12937	500 mg/kg	SNI 7182	0,005 maks.

Tabel I. 5. Cara-cara mendapatkan biodiesel serta kelebihan dan kekurangan dari berbagai cara tersebut [6,11,65].

No	Metode	Kelebihan	Kekurangan
1.	Transesterifikasi/ Esterifikasi	Cocok digunakan untuk proses Industri, Properti bahan bakar menyerupai Diesel	Efisiensi konversi, harga, penggunaan katalis (katalis homogen), penggunaan bahan baku dan kadar air dalam bahan baku mempengaruhi penggunaan katalis yang sesuai, agar didapatkan hasil yang maksimal
2.	<i>Microwave</i>	Proses simple, waktu yang diperlukan sangat sedikit, proses pemisahan juga lebih mudah karena produk sampingan yang terbentuk sedikit.	Tidak bisa digunakan pada proses Industri, penetrasi bahan baku apabila menggunakan cara ini hanya beberapa sentimeter, sehingga apabila menggunakan bahan baku yang banyak mengalami kesulitan
3.	Superkritikal	Proses simple, waktu yang relatif cepat, peningkatan yield biodiesel, tidak perlu menggunakan katalis	Proses membutuhkan bahan metanol yang banyak agar proses dapat berjalan dan tingginya konsumsi energi yang dibutuhkan.
4.	Subkritikal	Proses simple, tidak memerlukan katalis, memiliki waktu reaksi yang lebih singkat dibandingkan trans/esterifikasi.	Mebutuhkan metanol yang lebih banyak, hasil yang didapatkan tidak setinggi penggunaan metode superkritikal.

5.	<i>Ultrasound</i>	Waktu reaksi cepat, energi yang dibutuhkan lebih kecil dibandingkan dengan pengadukan biasa dan baik untuk lingkungan	Kebutuhan penggunaan alat penghasil gelombang <i>ultrasound</i> yang banyak.
----	-------------------	---	--
