

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Karakteristik Ikan Patin

Ikan patin merupakan salah satu jenis ikan air tawar asli Indonesia yang tersebar di sebagian wilayah Sumatera dan Kalimantan (Febrianto, 2016). Ikan patin termasuk komoditi yang memiliki prospek cerah untuk dibudidayakan. Hal ini dikarenakan ikan patin yang mempunyai kelebihan rasa yang lezat dan gurih pada daging, memiliki ukuran yang besar per ekor, pertumbuhan yang cepat, dan mudah dikembang biakkan (Alfin, 2019). *Pangasius pangasius* atau *Pangasius jambal*, *Pangasius humeralis*, *Pangasius lithostoma*, *Pangasius nasutus*, *Pangasius polyuranodon*, *Pangasius nienhuysii* merupakan jenis-jenis ikan patin yang ada di Indonesia. Thailand juga memproduksi ikan patin yaitu *Pangasius sutchi* dan *Pangasius hypophthalmus* yang dikenal sebagai jambal Siam atau lele Bangkok (Ilza, 2016).



Gambar 2.1 Ikan Patin (*Pangasius sp*)

Klasifikasi ikan patin dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Klasifikasi Ikan Patin (*Pangasius sp*)

Klasifikasi Ilmiah	
Filum	: Chordata
Kelas	: Pisces
Sub Kelas	: Teleostei
Ordo	: Ostariophysi
Sub Ordo	: Siluroidea
Famili	: Pangasidae
Genus	: Pangasius
Spesies	: <i>Pangasius hypophthalmus</i>

(Ilza, 2016)

Ikan patin termasuk famili *Pangasidae*, yang mempunyai bentuk tubuh panjang hingga mencapai 120 cm, berwarna putih perak dengan punggung berwarna kebiruan. Ikan patin tidak mempunyai sisik, kepala yang relatif kecil dengan mulut terletak diujung kepala agak ke bawah, pada kedua sudut mulutnya terdapat dua pasang kumis yang berfungsi sebagai alat peraba yang merupakan ciri khas ikan golongan *catfish*, dan memiliki sirip ekor berbentuk cagak dan simetris. Ikan patin memiliki fase kehidupan yaitu bertelur, larva, benih dan dewasa (Amril, 2016).

Produksi ikan patin di Indonesia tahun 2017 mencapai 295,75 ribu ton mengalami peningkatan 492 ribu ton pada tahun 2018. Tingkat konsumsi masyarakat ikan patin pada tahun 2018 adalah 15 kg/kapita (Kementrian Kelautan dan Perikanan, 2018). Ikan patin memiliki kandungan lemak yang lebih rendah dibandingkan dengan jenis ikan lainnya, terutama dua asam lemak esensial DHA adalah sekitar 4,74 % dan EPA sekitar 0,31 %. Kedua jenis asam lemak omega-3 biasanya dihasilkan dari jenis ikan yang hidup di air dingin seperti ikan salmon, tuna dan ikan sarden. Total lemak yang terkandung didalam daging ikan Patin yaitu 2,55% menjadi 3,42 %, di mana asam lemak tak jenuh di atas 50%. Asam oleat merupakan asam lemak tak jenuh tunggal yang paling melimpah di dalam daging ikan Patin yaitu sebesar 8.43 % (Alfin, 2019).

## **2.2 Limbah Ikan Patin**

Limbah adalah sisa suatu usaha atau kegiatan. Pengolahan ikan patin baik skala rumah tangga atau industri masih memiliki masalah limbah yang dapat mencemari lingkungan karena dapat menimbulkan bau hal ini disebabkan limbah ikan terdapat banyak mikroorganisme (Ramadhan, 2016). Pengolahan ikan patin pada umumnya akan menghasilkan produk samping yaitu kepala, jeroan (isi perut), duri dan kulit. Produk samping inilah yang dimaksud dengan limbah ikan. Limbah yang dihasilkan cukup banyak yaitu sekitar 67 % dari total ikan patin (Ramadhan, 2016). Limbah ikan yang melimpah sekitar 20-30 % dapat dimanfaatkan lagi, karena masih mempunyai kandungan minyak yang cukup tinggi, limbah ikan mengandung banyak asam lemak rantai sangat panjang dengan lebih dari 20 atom karbon yang sebagian besar mempunyai 5-6 ikatan rangkap

(Rodiah, 2016). Jeroan ikan patin termasuk didalamnya seluruh pencernaan, hati, empedu dan lemak simpanan (lemak abdomen) merupakan sumber lemak potensial dengan kandungan omega 3 yang tinggi (Suhendra, 2017).



Gambar 2.2 Jeroan Ikan Patin

Komposisi Jeroan ikan Patin dapat dilihat pada Tabel 2.2

**Tabel 2.2 Komposisi Jeroan Ikan Patin**

No.	Komposisi	Jumlah %
1.	Protein	36 – 57
2.	Serat Kasar	0,05 – 2,38
3.	Kadar Air	24 – 63
4.	Kadar Abu	5 – 17
5.	Kadar Ca	0,9 – 5
6.	Kadar P	1 – 1,9

(Ramadhan, 2016)

### 2.3 Minyak Ikan Patin

Minyak ikan kasar dari isi perut ikan patin menghasilkan rendeman sekitar 20,34 – 30,05 %. Wahyudi (2016), Salah satu senyawa lipida yaitu Minyak ikan yang memiliki sifat tidak larut didalam air akan tetapi larut didalam pelarut organik non-polar, contohnya dietil ester ( $C_2H_5OC_2H_5$ ), kloroform ( $CHCl_3$ ), benzen dan hidrokarbon lainnya. Lemak dan minyak dapat larut dalam pelarut tersebut karena mempunyai polaritas yang sama dengan pelarut tersebut (Rodiah, 2016). Minyak ikan terbagi kedalam dua jenis, yaitu minyak hati ikan (*fish liver oil*) yang sangat bermanfaat sebagai sumber vitamin A dan D, dan minyak tubuh ikan (*body oil*). Lemak dan minyak adalah trigliserida dan triasilgliserol. Trigliserida alami yaitu trimester dari asam lemak berantai panjang ( $C_{12}$  sampai  $C_{24}$ ) dan gliserol, 80 % monogliserida, 30 - 40 % digliserida, 5 – 10 % trigliserida, 0,2 – 9 % asam lemak bebas dan 4 – 8 % gliserol (Rodiah, 2016).

Minyak ikan merupakan salah satu *ingredient* pangan yang mengandung asam lemak kaya manfaat karena mengandung sekitar 25 % asam lemak jenuh dan 75 % asam lemak tak jenuh (Wahyudi, 2016). Asam lemak jenuh seperti asam palmitat, asam stearat, asam sedangkan asam lemak tak jenuh tunggal yaitu oleat dan asam lemak tak jenuh ganda yaitu linoeat, linolenat dan arakidoat (Faishal, 2016).



Gambar 2.3 Minyak Ikan Patin

Banyaknya kandungan asam lemak dalam minyak ikan berbeda tergantung dari jenis ikan, makanan ikan, tempat hidup ikan, dan lain-lain (Kamini, 2016). Kandungan asam lemak pada minyak ikan patin dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Kandungan Asam Lemak Pada Minyak Ikan Patin

No.	% Area	Nama Asam Lemak	Rumus Molekul	BM sebenarnya (gr/mol)
1.	1,59	<i>Nonanedioic Acid</i>	$C_{11}H_{20}O_4$	3,43
2.	4,65	<i>Octadecanoid Acid</i> (Asam Stearat)	$C_{19}H_{38}O_2$	13,85
3.	1,14	<i>11-Octadecanoid Acid</i>	$C_{19}H_{36}O_2$	3,37
4.	40,67	<i>Hexadecanoid Acid</i> (Asam Palmitat)	$C_{17}H_{34}O_2$	109,809
5.	3,23	<i>9,12-Octadecanoid Acid</i>	$C_{19}H_{34}O_2$	9,49
6.	32,23	<i>9-Octadecanoid Acid</i> (Asam Oleat)	$C_{19}H_{36}O_2$	95,40
7.	9,75	<i>Eicosanoic Acid</i>	$C_{21}H_{42}O_2$	31,785
8.	2,79	<i>Hexadecyline Acid</i>	$C_{16}H_{32}O$	6,69
9.	3,96	<i>1-Tridecyn-4</i>	$C_{13}H_{24}O$	7,76
<b>Total</b>				<b>281,584</b>

(Rodiah, 2016)

## 2.4 Biodiesel

Bahan bakar alternatif pengganti minyak diesel yang diproduksi dari minyak tumbuhan atau lemak hewan yaitu sering disebut dengan biodiesel. Biodiesel sangat mudah digunakan, karena memiliki sifat yang *biodegradable*, tidak beracun, dan bebas dari sulfur dan senyawa aromatik. Biodiesel mempunyai nilai *flash point* (titik nyala) yang lebih tinggi dari petroleum diesel sehingga biodiesel lebih aman jika disimpan dan digunakan (Sangar, 2019). Karena dapat diperbarui dan harganya relatif stabil dan produksinya mudah disesuaikan dengan kebutuhan. Biodiesel merupakan bahan bakar yang ramah lingkungan, tidak mengandung belerang sehingga dapat mengurangi kerusakan lingkungan yang diakibatkan oleh hujan asam (*rain acid*) (Lokman, 2016).

Keunggulan biodiesel diantaranya efisiensi pembakaran dan angka setana yang lebih tinggi dari pada bahan bakar diesel turunan minyak bumi. Biodiesel memiliki kandungan senyawa sulfur dan aromatik yang lebih rendah dari pada bahan bakar diesel sehingga emisi gas berbahaya hasil pembakarannya lebih rendah dari pada emisi bahan bakar diesel turunan minyak bumi. Selain itu biodiesel juga dapat terdegradasi secara alami. Lebih dari 90% biodiesel dapat terdegradasi secara biologis selama 21 hari (Purwasusanti, 2016). Biodiesel adalah monoalkil ester yang diperoleh dari reaksi esterifikasi atau transesterifikasi asam-asam lemak rantai panjang dan alkohol dengan bantuan katalis asam atau basa. Bahan baku pembuatan biodiesel dapat diperoleh dari limbah, seperti limbah jeroan ikan (Ayu, 2019). Biodiesel mempunyai kandungan kurang dari 155 ppm (*part per million*) sulfur, tidak mengandung nitrogen atau senyawa aromatik. Selain itu biodiesel juga mengandung 11% oksigen didalam % berat. Kandungan ini mengakibatkan berkurangnya kandungan energi namun menurunkan kadar emisi gas buang yang berupa karbon monoksida (CO), Hidrokarbon (HC), partikulat dan jelaga. Biodiesel memiliki kandungan energi sebesar 10 % yang lebih rendah dari pada solar, sedangkan efisiensi bahan bakar biodiesel hampir sama dengan bahan bakar solar, yaitu daya dan torsi yang akan menghasilkan proporsional dengan kandungan nilai kalor pembakarannya (Irdoni, 2016).

Tabel 2.4 Syarat Mutu Biodiesel

No.	Parameter	Satuan	Batas Nilai
1	Massa jenis pada 40°C	Kg/m <sup>3</sup>	850-890
2	Viskositas kinematik pada 40°C	mm <sup>2</sup> /s (cSt)	2,3-6,0
3	Angka setana	-	Min.51
4	Titik nyala	°C	Min.100
5	Titik kabut	°C	Maks.18
6	Korosi lempeng tembaga (3 jam, 50°C)	°C	Maks. no.1
7	Residu karbon		
	dalam contoh asli	% massa	Maks. 0,05
	dalam 10% ampas distilasi		Maks. 0,3
8	Air dan sedimen	% vol	Maks. 0,05
9	Temperatur distilasi 90%	°C	Maks. 360
10	Abu tersulfatkan	% massa	Maks. 0,02
11	Belerang	mg/kg	Maks. 100
12	Fosfor	mg/kg	Maks. 10
13	Angka asam	mg-KOH/g	Maks. 0,5
14	Gliserol bebas	% massa	Maks. 0,02
15	Gliserol total	% massa	Maks. 0,24
16	Kadar ester alkil	% massa	Min. 96,5
17	Angka iodium	% massa (g-I <sub>2</sub> /100 g)	Maks. 115
18	Monogliserida	% massa	Maks. 0,8
19	Kestabilan oksidasi periode induksi metode rancimat atau metode induksi metode petro oksidasi	Menit	360
	Periode induksi metode petro oksidasi		27

(SNI 04-7182-2015)

Biodiesel terbentuk dari rantai panjang asam lemak dan alkohol. Asam lemak biasanya terdapat pada minyak nabati maupun minyak hewani. Biodiesel dari minyak nabati maupun minyak hewani dapat dihasilkan dengan cara mereaksikan *methyl alcohol* atau *ethyl alcohol* pada suatu lingkungan yang diberi katalis. Katalis yang sering digunakan dalam pembuatan biodiesel biasanya *potassium hydroxide* (KOH) atau *sodium hydroxide* (NaOH). Pembuatan biodiesel dengan proses tersebut dinamakan transesterifikasi, yang pada akhirnya akan menghasilkan biodiesel dan gliserol. Secara kimiawi, apabila alkohol yang digunakan jenis metanol maka biodiesel disebut methyl ester dan jika menggunakan alkohol jenis etanol maka disebut ethyl ester (Elma, 2018).

## 2.5 Esterifikasi

Esterifikasi yaitu tahap dimana konversi dari asam lemak bebas menjadi ester. Esterifikasi mereaksikan minyak lemak dengan alkoho (Ependi, 2018). Asam sulfat, asam sulfonat organik atau resin penukar kation asam kuat merupakan katalis-katalis yang biasa terpilih dalam praktek industrial (Mardawati, 2019). Reaksi esterifikasi merupakan reaksi bolak balik yang relatif lambat (Purwaningrum, 2019), untuk mendorong agar reaksi bisa berlangsung ke konversi yang sempurna pada temperatur rendah (misalnya paling tinggi 120°C), harus menambahkan reaktan metanol dengan jumlah yang sangat banyak dan air produk yang ikut reaksi, harus disingkirkan dari fasa reaksi, yaitu fasa minyak. Campuran yang tepat dari keadaan reaksi dan menggunakan metode penyingkiran air, konversi sempurna asam lemak menjadi ester metilnya dapat dituntaskan dalam waktu satu sampai beberapa jam (Nuraeni, 2019). Esterifikasi adalah reaksi antara asam karboksilat dengan alkohol yang menghasilkan ester dan air. Asam karboksilat yang digunakan dapat berasal dari asam lemak bebas yang terkandung dalam minyak nabati atau berupa distilat asam lemak sawit (Arfah, 2015).

Dengan menggunakan esterifikasi, dapat menurunkan kandungan asam lemak bebas dan memperoleh tambahan ester. Proses esterifikasi dengan katalis asam diperlukan jika minyak mengandung FFA (*Free Fatty Acid*) di atas 2 %. Jika minyak dengan kadar FFA tinggi (>2%) langsung di transesterifikasi menggunakan katalis basah maka FFA akan bereaksi dengan katalis membentuk sabun. Esterifikasi merupakan proses pendahuluan pada pembuatan biodiesel yang dapat mengubah FFA menjadi metil ester sehingga dapat mengurangi kadar FFA didalam minyak dan dapat diproses melalui proses transesterifikasi dengan katalis basah untuk mengkonversikan trigliserida menjadi metil ester. Esterifikasi hanya dapat dilakukan jika umpan yang direaksikan dengan alkohol mengandung asam lemak bebas tinggi (Laila, 2017).

## 2.6 Transesterifikasi

Proses produksi biodiesel umumnya melalui reaksi transesterifikasi senyawa trigliserida yang terkandung di dalam minyak atau lemak. Reaksi transesterifikasi bertujuan untuk menurunkan viskositas minyak atau lemak agar dapat memenuhi

spesifikasi sebagai bahan bakar. Adapun metode reaksi transesterifikasi dapat melalui berbagai variasi bahan baku, jenis alkohol, katalis, temperatur reaksi, waktu reaksi, jenis reaktor dan proses pemisahan (Poerwadi, 2019). Transesterifikasi adalah reaksi antara lemak atau minyak nabati dengan alkohol untuk membentuk ester dan gliserol. Biasanya dalam reaksi ini digunakan katalis untuk meningkatkan laju reaksi dan jumlah yield produk. Karena reaksi ini adalah reaksi reversible, maka digunakan alkohol berlebih untuk menggeser kesetimbangan ke arah produk (Tahya, 2019).

Transesterifikasi merupakan proses lanjutan dari esterifikasi dimana proses ini yaitu penggantian alkohol dari suatu gugus ester (trigliserida) dengan ester lain atau mengubah asam-asam lemak ke dalam bentuk ester sehingga menghasilkan alkil ester. Proses tersebut dikenal sebagai proses alkoholisis. Proses alkoholisis ini merupakan reaksi biasanya berjalan lambat namun dapat dipercepat dengan bantuan suatu katalis (Haryanto, 2015).

Reaksi transesterifikasi adalah reaksi bolak balik yang relatif lambat. Untuk mempercepat jalannya reaksi dan meningkatkan hasil dilakukan proses pengadukan yang baik, penambahan katalias dan memberikan reaktan berlebih agar reaksi bergeser ke kanan. Pemilihan katalis dilakukan berdasarkan kemudahan penanganan dan pemisahannya dari produk. Hal ini dapat digunakan katalis asam, basa dan penukar ion (Khodijah, 2017). Katalis yang biasa digunakan pada reaksi transesterifikasi adalah katalis basah, karena katalis ini dapat mempercepat reaksi (Poewardi, 2019). Penggunaan katalis ini dapat menghasilkan air dari reaksi antara hidoksida dan alkohol. Pembentukan air ini akan mengakibatkan terjadinya reaksi hidrolisis ester yang sudah terbentuk, menghasilkan sabun yang tidak hanya mengurangi rendemen reaksi akan tetapi juga menyulitkan pemisahan gliserol akibat pembentukan emulsi (Freedman, 1986). Sedangkan penggunaan katalis asam diketahui membutuhkan waktu reaksi yang cukup lama dan pemisahan katalis dan produk sangat sulit sehingga di butuhkan perlakuan khusus untuk memisahkannya. Reaksi ini harus berlangsung tanpa air karena adanya air akan meningkatkan pembentukan asam karboksilat sehingga mengurangi rendemen reaksi (Hidayanti, 2015).

Hasil yang diinginkan dari proses reaksi transesterifikasi adalah Produk ester metil asam-asam lemak. Beberapa cara agar kesetimbangan lebih ke arah produk, yaitu (Aristy, 2016) :

- a. Menambahkan metanol berlebih ke dalam reaksi
- b. Memisahkan gliserol
- c. Menurunkan temperatur reaksi (transesterifikasi merupakan reaksi eksoterm)

Adapun kondisi reaksi yang mempengaruhi konversi maupun perolehan biodiesel melalui transesterifikasi adalah sebagai berikut (Freedman. 1984) :

- a. Minyak nabati yang akan di transesterifikasi harus memiliki angka asam yang lebih kecil dari 1. Kebanyakan peneliti yang menyarankan agar kandungan asam lemak bebas lebih kecil dari 0,5 % ( $<0,5$  %). Selain itu, semua bahan yang akan digunakan harus bebas dari air. Karena air akan bereaksi dengan katalis, sehingga jumlah katalis menjadi berkurang. Katalis harus terhindar dari kontak dengan udara agar tidak mengalami reaksi dengan uap air dan karbon dioksida.
- b. Pengaruh perbandingan molar alkohol dengan bahan mentah. Secara stoikiometri, jumlah alkohol yang dibutuhkan untuk reaksi 3 mol untuk setiap 1 mol trigliserida untuk memperoleh 3 mol alkil ester dan 1 mol gliserol. Perbandingan alkohol dengan minyak nabati 4,8 : 1 dapat menghasilkan konversi 98 %. Secara umum ditunjukkan bahwa semakin banyak jumlah alkohol yang digunakan, maka konversi yang diperoleh juga akan semakin bertambah. Pada rasio molar 6 : 1 setelah 1 jam konversi yang dihasilkan adalah 98-99 %, sedangkan pada 3 : 1 adalah 74 – 89 % nilai perbandingan yang terletak adalah 6 : 1 karena dapat memberikan konversi yang maksimum.
- c. Pengaruh jenis alkohol. Pada rasio 6 : 1 metanol akan memberikan perolehan ester yang tertinggi dibandingkan dengan penggunaan etanol atau butanol. Peran alkohol adalah penyumbang gugus metil dalam reaksi esterifikasi.

- d. Pengaruh jenis katalis. Alkali katalis (katalis basah) akan mempercepat reaksi transesterifikasi bila dibandingkan dengan katalis asam. Katalis basa yang paling populer untuk reaksi transesterifikasi adalah natrium hidroksida (NaOH), kalium hidroksida (KOH), natrium metoksida (NaOCH<sub>3</sub>), dan kalium metoksida (KOCH<sub>3</sub>). Katalis sangat penting bagi reaksi adalah ion metilat (metoksida). Reaksi transesterifikasi akan menghasilkan konversi yang maksimum dengan jumlah katalis 0,5 – 1,5 % berat minyak nabati. Jumlah katalis yang relatif untuk reaksi adalah 0,5 % berat minyak nabati untuk natrium metoksida dan 1 % berat minyak nabati untuk natrium hidroksida.
- e. Metanolisis *Crude* dan *Refined* minyak nabati. Jika menggunakan minyak nabati *refined* Hasil yang di peroleh dari metil ester akan lebih tinggi. Untuk produk metil ester jika akan digunakan sebagai bahan bakar mesin diesel, cukup digunakan bahan baku berupa minyak yang telah dihilangkan getahnya dan disaring.
- f. Pengaruh temperatur. Temperatur yang digunakan pada reaksi transesterifikasi yaitu pada temperatur 30–65 °C (titik didih metanol sekitar 65°C). Semakin tinggi temperatur, konversi yang diperoleh akan semakin tinggi untuk waktu yang lebih efisien.

Pada reaksi transesterifikasi, trigliserida (minyak) bereaksi dengan metanol dalam katalis basa untuk menghasilkan biodiesel dan gliserol (gliserin). Sampai tahap ini, pembuatan biodiesel telah selesai dan dapat digunakan sebagai bahan bakar yang mengurangi pemakaian solar (Renata, 2016).

## 2.7 Katalis

Katalis ditemukan oleh J.J Berzelius pada tahun 1836 sebagai komponen yang dapat meningkatkan laju reaksi kimia, namun tidak ikut bereaksi. Definisi katalisator adalah suatu substansi yang dapat meningkatkan kecepatan, sehingga reaksi kimia dapat mencapai kesetimbangan, tanpa terlibat di dalam reaksi secara permanen (Satterfield, 1991). Dengan adanya katalis dapat mempengaruhi faktor-faktor kinetika suatu reaksi seperti laju reaksi, energi aktivasi, sifat dasar keadaan transisi dan lain-lain (Satterfield, 1991).

Karakteristik Katalis adalah (Richardson, 1989) :

- a. Berinteraksi dengan reaktan tetapi tidak berubah pada akhir reaksi
- b. Mempercepat kinetika reaksi dengan memberikan jalur molekul yang lebih rumit.

Kemampuan katalis untuk meningkatkan kecepatan reaksi terjadi dalam beberapa langkah, sehingga mengakibatkan penurunan energi aktivasi reaksi. sehingga reaksi dapat berlangsung pada suhu kamar sedangkan tanpa katalis reaksi dapat berlangsung pada suhu 250°C (Damayanti, 2016).

Reaksi katalis meliputi (Richardson, 1989) :

- a. Adsorpsi
- b. Pembentukan dan pemutusan activated complex
- c. Desorpsi

Katalis memiliki fungsi di dalam reaksi yaitu menyediakan situs aktif untuk mempertemukan reaktan-reaktan serta menyumbangkan tenaga dalam bentuk panas sehingga akan memudahkan molekul reaktan untuk melewati tenaga pengaktifan (Sartika, 2015). Semakin banyak jumlah katalis basa yang digunakan dalam reaksi transesterifikasi pada pembuatan metil ester, maka akan menyebabkan jumlah metil ester yang dihasilkan semakin berkurang. Hal ini dikarenakan oleh reaksi berlebih dari katalis dengan trigliserida yang membentuk sabun dan menghasilkan produk samping berupa gliserol yang lebih banyak. Pembentukan sabun terlihat dari hasil transesterifikasi yang keruh pada sampel dengan jumlah katalis yang lebih banyak (Damayanti, 2016).

Katalis merupakan suatu materi atau bahan/zat yang dapat meningkatkan laju reaksi kimia untuk mencapai kesetimbangan dimana katalis terlibat di dalam reaksi secara tidak permanen (Lestari, 2019).

Katalis memiliki beberapa kegunaan, diantaranya (Hidayanti, 2015):

- a. Menurunkan penghalang (*barrier*) energi aktivasi ( $E_a$ ).
- b. Memperoleh/menghasilkan produk lebih cepat.
- c. Menurunkan suhu reaksi.
- d. Memperoleh produk metastabil (produk antara) dan bukan produk termodinamika yang disukai (produk akhir).

- e. Mempertahankan konstanta kesetimbangan ( $K_p$  atau  $K_c$ ) sehingga dapat mempercepat reaksi maju (ke kanan) maupun reaksi balik (ke kiri).

#### 2.7.1 Katalis $H_2SO_4$ (Asam Sulfat)

Katalis asam sulfat merupakan katalis yang umum digunakan dalam sintesis biodiesel. Asam sulfat memiliki sifat yang korosif dan reaksi hidrasi dengan air sangat eksotermis. Asam sulfat juga sangat kuat sebagai dehidrator dan harus dilakukan dengan hati-hati. Sifat korosif asam sulfat dapat merusak benda-benda dari logam, karena logam akan teroksidasi baik dengan asam sulfat encer maupun pekat (Arita, 2020).

Asam Sulfat juga merupakan asam mineral (anorganik) yang kuat. Asam ini sering digunakan dalam berbagai praktikum biologi maupun kimia. Asam sulfat yang digunakan bisa konsentrasi (pekat) maupun encer. Asam sulfat yang keadaan encer, belum menunjukkan sifatnya sebagai oksidator, jadi masih bersifat seperti asam-asam biasanya, seperti asam halida. Meskipun dalam keadaan encer, larutan asam sulfat dapat membuat kulit kita gatal. Sedangkan dalam keadaan pekat, sifat oksidator dari asam ini muncul. Asam sulfat pekat sering digunakan untuk reaksi senyawa-senyawa organik, karena senyawa organik lambat reaksinya. Jadi, butuh yang kuat-kuat untuk reaksi senyawa organik tersebut (Mardawati, 2019).

#### 2.7.2 Katalis KOH

Kalium hidroksida merupakan basa kuat yang terbuat dari logam alkali kalium dengan nomor atom 19 pada tabel periodik. Kalium hidroksida merupakan senyawa anorganik dengan KOH formula. Nama umum adalah garam abu api. Ini memiliki aplikasi industri dan niche banyak. Kalium hidroksida seringkali diaplikasikan mengeksploitasi kereaktifannya terhadap asam dan sifat korosif tersebut. Ditahun 2005, perkiraan 700.000 hingga 800.000 ton yang diproduksi. Berkisar 100 kali NaOH lebih dari KOH yang dihasilkan setiap tahun. KOH dicatat sebagai prekursor untuk sabun yang paling lembut dan cair serta berbagai kalium yang mengandung bahan kimia (Damayanti, 2016)

Kalium hidroksida bisa ditemukan dalam bentuk murni dengan mereaksikan natrium hidroksida dengan kalium murni. Kalium hidroksida

seringkali dijual sebagai pelet tembus, yang akan menjadi norak di udara karena KOH adalah higroskopis. Akibatnya, KOH biasanya mengandung berbagai jumlah air (dan juga karbonat, lihat di bawah). Mengakhiri dalam air sangat eksotermik, yang berarti proses mengeluarkan panas yang signifikan. Konsentrat solusi air kadang-kadang disebut alkali kalium. Bahkan pada suhu tinggi, KOH padat tidak mudah dehidrasi (Nurrachmad, 2018)

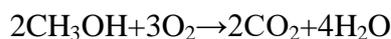
Kalium hidroksida (KOH) merupakan katalis basa homogen yang paling umum digunakan dalam proses pembuatan biodiesel karena dapat digunakan pada temperatur dan tekanan operasi yang relatif rendah serta memiliki kemampuan katalisator yang tinggi. Akan tetapi, katalis basa homogen sangat sulit dipisahkan dari campuran reaksi sehingga tidak dapat digunakan kembali dan pada akhirnya akan ikut terbuang sebagai limbah yang dapat mencemarkan lingkungan (Nurrachmad, 2018).

Pembuatan biodiesel umumnya dilakukan dengan menggunakan katalis basa homogen seperti KOH karena memiliki kemampuan katalisator yang lebih tinggi dibandingkan dengan katalis lainnya. Akan tetapi, penggunaan katalis ini memiliki kelemahan yaitu sulit dipisahkan dari campuran reaksi sehingga tidak dapat digunakan kembali dan pada akhirnya akan ikut terbuang sebagai limbah yang dapat mencemarkan lingkungan (Damayanti, 2016).

## **2.8 Pelarut Methanol**

Metanol sering juga dikenal sebagai metil alkohol, wood alcohol atau spiritus, merupakan senyawa kimia dengan rumus kimia  $\text{CH}_3\text{OH}$ . Metanol yaitu bentuk alkohol paling sederhana. Adapun sifat dari metanol berupa cairan yang ringan, serta mudah menguap, tidak memiliki berwarna, mudah terbakar, dan beracun dengan bau yang khas (berbau lebih ringan dari pada etanol) jika metanol dalam keadaan atmosfer. Kegunaan metanol yaitu sebagai bahan pendingin anti beku, pelarut, bahan bakardan sebagai bahan additif bagi etanol industry. Produksi metanol secara alami oleh metabolisme anaerobik oleh bakteri. Proses tersebut menghasilkan uap metanol (dalam jumlah kecil) di udara. Uap metanol akan teroksidasi oleh oksigen dengan bantuan sinar matahari menjadi karbondioksida dan air jika metanol setelah beberapa hari.

Reaksi kimia metanol yang terbakar di udara dan membentuk karbon dioksida dan air adalah sebagai berikut (Hidayanti, 2015) :



Api dari metanol biasanya tidak berwarna. Oleh sebab itu, kita harus berhati-hati bila berdekatan dengan metanol yang terbakar untuk mencegah cedera akibat api yang tak terlihat. Metanol memiliki sifat yang beracun dan metanol juga sering digunakan sebagai bahan additif bagi pembuatan alkohol untuk penggunaan industri. Penambahan racun ini akan menghindarkan industri daripajak yang dapat dikenakan karena etanol merupakan bahan utama untuk minuman keras (minuman beralkohol). Metanol sering juga disebut sebagai wood alcohol karena ia dahulu merupakan produk samping dari distilasi kayu. Saat ini metanol dihasilkan melalui proses multi tahap. Gas alam dan uap air akan dibakar dalam tungku untuk membentuk gas hidrogen dan karbon monoksida, yang kemudian, gas hidrogen dan karbon monoksida ini bereaksi dalam tekanan tinggi dengan bantuan katalis untuk menghasilkan metanol. Tahap pembentukannya adalah endotermik dan tahap sintesisnya adalah eksotermik (Hidayanti, 2015).

### 2.8.1 Sifat – Sifat Methanol

Tabel 2.5 Sifat – Sifat Fisik dan Kimia Metanol

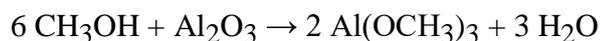
Karakteristik	Nilai
Massa Molar	32,04 g/mol
Wujud Cair	Tidak Berwarna
<i>Spesific Gravity</i>	0,7918
Titik Leleh	-79°C, - 142,9°F (176 K)
Titik Didih	64,7°C, 148,4°F (337,8 K)
Kelarutan dalam Air	Sangat Larut
Keasaman (pKa)	~ 15,5

(Perry, 2018)

### 2.8.2 Kegunaan Methanol

Kegunaan metanol sangat terbatas dalam mesin pembakaran, karena metanol tidak mudah terbakar dibandingkan dengan bensin. Campuran metanol merupakan bahan bakar dalam model radio kontrol. Metanol juga memiliki kelemahan yaitu sebagai bahan bakar adalah sifat korosi terhadap beberapa logam,

termasuk aluminium. Metanol berupa asam lemah, yang menyerang lapisan oksida, biasanya melindungi aluminium dari korosi (Mardawati 2019) :



Metanol organik berasal dari kayu atau bahan organik lainnya merupakan bahan bakar terbaru yang dapat menggantikan hidrokarbon. Namun pada mobil modern tidak bisa menggunakan BA100 (100% bioalkohol) sebagai bahan bakar tanpa modifikasi. Metanol dapat digunakan sebagai solven dan sebagai antifreeze, dan fluida pencuci kaca depan mobil atau sebagai bahan pembuat bahan kimia lainnya. Sebesar 40% metanol akan diubah menjadi formaldehide, formaldehide ini diubah menjadi berbagai macam produk seperti plastik, plywood, cat, peledak, dan tekstil. Ada beberapa pabrik yang menggunakan metanol contohnya pada pabrik pengolahan air limbah, metanol akan digunakan ke air limbah sebagai bahan makanan karbon untuk denitrifikasi bakteri, yang mengubah nitrat menjadi nitrogen. Bahan bakar yang berupa direct- methanol sering digunakan karena suhunya yang rendah dan beroperasi pada tekanan atmosfer, ditambah lagi dengan penyimpanan dan penanganannya yang mudah dan aman membuat methanol dapat digunakan dalam perlengkapan elektronik (Lestari, 2019).

## 2.9 Gelombang Mikro dan Mekanisme Pemanasan Gelombang Mikro

Gelombang mikro merupakan gelombang elektromagnetik yang mempunyai panjang gelombang antara 1.0cm–1.0m dan frekuensi antara 0.3–30GHz (Syahir, 2017). Menurut Xiang (2017), gelombang elektromagnetik merupakan energi listrik dan magnet yang bergerak bolak balik (*oscillate*) dan menghasilkan gelombang yang harmonis. Copson (1975), menyatakan bahwa frekuensi gelombang mikro mempunyai kesamaan dengan gelombang pada radar dan telekomunikasi sehingga untuk menghindari gangguan pada pemakaian radar dan telekomunikasi maka pada tahun 1859 di Genewa, *Federal Communications and International Radio Regulation* menyetujui empat frekuensi gelombang mikro untuk digunakan dalam industri, sains, kedokteran dan aplikasi lainnya, yaitu  $915 \pm 25$ ,  $2450 \pm 13$ ,  $5800 \pm 75$ , dan  $1250 \pm 125$  MHz. Diantara frekuensi-frekuensi tersebut yang paling banyak digunakan untuk oven gelombang mikro (*microwave*

oven) 2.45GHz yaitu pada panjang gelombang 12.25cm. Sumber tenaga bagi microwave oven adalah magnetron. Pada frekuensi 2.45GHz, magnetron bisa menghasilkan daya antara 500–2000W, bahkan dapat mencapai tingkat maksimum 6–10kW.

Penggunaan energi gelombang mikro pada microwave termasuk mekanisme perpindahan panas secara radiasi. Radiasi merupakan perpindahan panas dari suatu benda ke benda lainnya, tanpa adanya kontak fisik, melalui gerakan gelombang. Radiasi gelombang mikro berbeda dengan metode pemanasan konvensional. Radiasi gelombang mikro memberikan pemanasan yang merata pada campuran reaksi (Faishal, 2016).

Energi yang dihasilkan oleh microwave dapat menimbulkan gelombang mikro sehingga dapat memutuskan ikatan antar atom dalam molekul, akibatnya menyebabkan terjadinya gerakan rotasi, vibrasi dan transisi menjadi meningkat yang pada akhirnya menyebabkan tumbukan antar molekul juga mengalami peningkatan. Adanya tumbukan antar molekul menyebabkan timbulnya panas dan hal ini dapat menyebabkan meningkatnya jumlah tumbukan efektif antar atom, sehingga adanya gelombang mikro menyebabkan reaksi kimia yang semula berjalan lambat dapat berlangsung dengan lebih cepat karena kemungkinan tumbukan yang terjadi menjadi efektif (Faishal, 2016).

Pindah panas menggunakan microwave yang lebih efektif dari pada pemanasan secara konvensional karena panas dipindahkan dari lingkungan. Proses pemanasan dengan microwave menggunakan waktu yang lebih singkat untuk memanaskan bahan baku tanpa pemanasan awal (Poewardi, 2019). Selain itu penggunaan microwave menunjukkan reaksi lebih efisien, dengan lama reaksi dan proses pemisahan yang singkat, menurunkan jumlah produk samping dan dapat menurunkan konsumsi energi (Haryanto, 2015). Transesterifikasi microwave memiliki efisiensi yang berasal dari sifat dielektrik dari campuran polar dan komponen ion dari minyak, pelarut dan katalis. Pemanasan yang cepat dan efisien pada radiasi microwave lebih banyak karena gelombang microwave berinteraksi dengan sampel pada tingkat molekular, menghasikan campuran inter molekular dan

agitasi yang meningkatkan peluang dari molekul alkohol bertemu dengan molekul minyak (Hidayanti, 2015).

Secara teoritis, ada dua proses mekanisme yang terjadi pada metode gelombang mikro yaitu mekanisme secara polarisasi dipolar dan mekanisme secara konduksi.

a. Mekanisme secara polarisasi dipolar

Prinsip dari mekanisme ini adalah terjadinya polarisasi dipolar sebagai akibat dari adanya interaksi dipol-dipol antara molekul-molekul polar ketika diradiasikan dengan gelombang mikro. Dipol tersebut sangat sensitif terhadap medan listrik yang berasal dari luar sehingga dapat mengakibatkan terjadinya rotasi pada molekul tersebut sehingga menghasilkan sejumlah energi (Lidstrom, 2001). Energi yang dihasilkan pada proses tersebut adalah energi kalor sehingga hal tersebut dikenal dengan istilah efek termal (pemanasan dielektrik) (Perreux, 2001).

Molekul yang dapat dipanaskan dengan gelombang mikro adalah molekul-molekul yang bersifat polar, karena pada molekul-molekul yang bersifat non-polar tidak akan terjadi interaksi dipol-dipol antar molekulnya. Molekul-molekul non-polar tersebut bersifat inert terhadap gelombang mikro dielektrik (Perruex, 2001).

b. Mekanisme konduksi

Mekanisme secara konduksi terjadi pada larutan-larutan yang mengandung ion. Bila suatu larutan mengandung partikel bermuatan atau ion diberikan suatu medan listrik maka ion-ion tersebut akan bergerak. Pergerakan tersebut akan mengakibatkan peningkatan kecepatan terjadinya tumbukan sehingga akan mengubah energi kinetic menjadi energi kalor (Lidstrom, 2001).

Larutan-larutan yang mengandung ion akan memberikan energi kalor bila diberi medan listrik dibandingkan dengan larutan-larutan yang tidak mengandung ion (Perruex, 2001).

## **2.10 Analisa Biodiesel**

### **2.10.1 *Free Fatty Acids* (FFA) dan Angka Asam**

Kandungan asam lemak bebas paling banyak ditemukan pada minyak tertentu. Lipida terdiri dari asam-asam lemak dan alkohol. FFA (*free fatty*

*acids*) atau asam lemak bebas yaitu nilai yang menunjukkan jumlah asam lemak bebas yang ada di dalam lemak atau jumlah yang menunjukkan berapa banyak asam lemak bebas yang terdapat didalam lemak yang telah dihidrolisa. Tujuan analisa angka asam atau bilangan saponifikasi adalah sebagai indikasi untuk mengetahui seberapa besar Mr lemak yang dianalisa. FFA adalah bagian dari angka asam untuk mengetahui tingkat kerusakan minyak, semakin tinggi FFA, semakin tinggi tingkat kerusakan minyak. Sebagai faktor koreksi pada titrasi, sehingga dapat mengetahui volume titran yang benar-benar bereaksi dengan titran yang diinginkan. Asam lemak bebas merupakan hasil degradasi dari trigliserida, sebagai akibat dari kerusakan minyak (Armstrong, 1995). Penentu FFA dapat dihitung menggunakan rumus (Head Laboratorium, 2019) :

$$\% \text{ FFA} = \frac{V \text{ Titran} \times N \text{ KOH} \times \text{BM Asam Oleat}}{M \text{ sampel} \times 1000} \times 100 \%$$

Bilangan asam didefinisikan sebagai jumlah miligram KOH yang dibutuhkan untuk menetralkan asam-asam lemak bebas dari satu gram minyak. Besarnya bilangan asam menunjukkan asam lemak bebas yang besar pula, yang berasal dari hidrolisa minyak atau lemak, ataupun karena proses pengolahan yang kurang baik. Makin tinggi bilangan asam, maka makin rendah kualitasnya (Armstrong, 1995). Bilangan asam dipergunakan untuk mengukur jumlah asam lemak bebas yang terdapat dalam sampel minyak. Kandungan asam yang besar pada minyak bahan bakar akan berakibat buruk pada kinerja mesin pembakar. Asam akan menyebabkan korosi pada mesin sehingga menghambat proses pembakaran (Laila, 2017).

Penentuan bilangan asam dilakukan dengan metode titrasi asam basa. Sampel minyak dilarutkan dengan alkohol dan diberi indikator phenolphthalein. Kemudian dititrasi dengan larutan KOH sampai terjadi perubahan warna merah jambu yang tetap. Senyawa KOH akan bereaksi dengan asam lemak yang berada pada sampel minyak nabati. Titrasi dilakukan untuk mengetahui keadaan dimana semua KOH telah bereaksi dengan asam lemak pada minyak dan kelebihan KOH ditandai dengan perubahan warna pada sampel akibat ditambahi dengan indikator

phenolphthalein (Laila, 2017). Penentuan bilangan asam dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{Angka Asam} = \frac{V \text{ Titran} \times N \text{ KOH} \times BM \text{ KOH}}{\text{Massa Sampel}}$$

### 2.10.2 Densitas

Berat jenis atau densitas adalah suatu angka yang menyatakan perbandingan massa bahan bakar minyak pada temperatur tertentu terhadap air pada volume dan temperatur yang sama. Bahan bakar minyak mempunyai massa jenis antara 850-890 kg/m<sup>3</sup>, dengan kata lain massa jenis bahan bakar minyak lebih rendah dari pada air (Kasie Laboratorium Batubara, 2019). Berat jenis bergantung pada komposisi asam lemak dan kemurniannya. Berat jenis akan meningkat dengan menurunnya rantai panjang dan meningkatnya jumlah ikatan rangkap, hal ini menyatakan nilai yang tinggi untuk bahan bakar yang kaya akan senyawa tak jenuh. Sebaliknya berat jenis dapat dikurangi dengan keberadaan kontaminan berdensitas rendah seperti methanol.

Definisi berat jenis yaitu massa suatu bahan persatuan volume bahan tersebut. Bentuk persamaannya adalah (Kasie Laboratorium Instrumen dan Pengukuran, 2018) :

$$\text{Berat jenis} = \frac{\text{massa}}{\text{volume}} \text{ atau } \rho = \frac{m}{v}$$

Diman :  $\rho$  = rapat massa (kg/m<sup>3</sup>)

m = massa (kg)

v = volume (mL)

kg/dm<sup>3</sup>, gr/cm<sup>3</sup> atau gr/ml merupakan satuan densitas atau berat jenis. Densitas memiliki harga konstan pada suatu temperatur tertentu dan tidak tergantung pada bahan cuplikan atau sampel. Berat jenis suatu zat cair dapat dihitung dengan mengukur secara langsung berat zat cair dalam piknometer (menimbang) dan volume zat ditentukan berdasarkan volume piknometer (Kasie Laboratorium Instrumen dan Pengukuran, 2018).

*berat zat cair dalam piknometer*

Berat jenis zat cair = *volume zat cair dalam piknometer*

Dimana :

Berat zat cair dalam piknometer = (berat piknometer + berat zat cair – piknometer kosong )

Volume zat cair dalam piknometer = volume piknometer

Untuk mengetahui volume piknometer dilakukan menggunakan zat cair yang lain yang telah diketahui berat jenisnya. densitas adalah perbandingan antara berat jenis zat pada suhu tertentu terhadap berat jenis air pada suhu tertentu. Berat jenis relatif tidak memiliki satuan, berat jenis relatif akan sama dengan berat jenis absolut bila sebagai pembandingnya adalah air pada suhu 40°C (Kasie Laboratorium Instrumen dan Pengukuran, 2018).

### 2.10.3 Viskositas

Untuk mengukur kekentalan yang menyatakan besar kecilnya gesekan dalam fluida dinamakan viskositas. Bedarnya viskositas fluida, semakin sulit suatu benda bergerak dalam fluida tersebut. Viskositas suatu bahan berhubungan dengan bobot molekul (BM) rata-rata dan distribusi molekul bahan, sedangkan bobot molekul gelatin berhubungan langsung dengan panjang rantai asam aminonya. Semakin tinggi konsentrasi larutan yang dipakai dalam rangkaian proses, semakin kuat penetrasi larutan tersebut dalam memecah ikatan sekunder protein sehingga terjadi hidrolisis yang menghasilkan rantai lebih pendek dan BM rata-rata yang lebih kecil sehingga menghasilkan viskositas yang lebih kecil (Lumbantoruan, 2016).

Kecepatan aliran yang lebih lambat sehingga pada proses derajat atomisasi bahan bakar akan terlambat pada ruang bakar dikarenakan viskositas yang tinggi. Pada umumnya viskositas minyak nabati lebih tinggi dibandingkan dengan viskositas solar, sehingga diperlukan proses transesterifikasi untuk menurunkan viskositas tersebut agar mendekati viskositas biodiesel Standar Nasional Indonesia (SNI). Viskositas dapat dibedakan atas viskositas dinamik ( $\mu$ ) dan viskositas kinematik ( $\nu$ ). Viskositas kinematik merupakan perbandingan antara viskositas dinamik (absolute) dengan densitas (rapat massa) fluida (shreve, 1956). Konversi viskositas dinamik ke viskositas kinematik digunakan persamaan (Kasie Laboratorium Instrumen dan Pengukuran, 2018).

$$\text{Viskositas Kinematik } (\nu) = \frac{\text{Viskositas Dinamik } (\mu)}{\text{Densitas } (\rho)}$$

Dimana  $\nu$  = viskositas kinematik ( $\text{mm}^2/\text{detik}$ ),  $1 \text{ mm}^2/\text{detik} = 1 \text{ cSt}$

$\mu$  = viskositas dinamik (mPa/s)

$\rho$  = densitas sampel ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )

#### 2.10.4 % Yield Biodiesel

% Yield adalah perbandingan terhadap banyaknya biodiesel yang diperoleh dengan jumlah minyak yang digunakan. % Yield dapat dihitung dengan rumus (Head Laboratorium, 2019) :

$$\% \text{ Yield} = \frac{\text{Berat Sample}}{\text{Berat Minyak}} \times 100 \%$$

#### 2.10.5 Kadar air

Kadar air merupakan komponen yang sangat penting dalam bahan pangan karena dapat mempengaruhi penampakan, tekstur, dan cita rasa. Semakin tinggi kadar air dalam bahan pangan maka tekstur bahan semakin lembab, dan juga sebaliknya jika kadar air dalam bahan pangan sedikit, maka bahan pangan akan semakin keras (Purwaningrum, 2018). Kadar air pada bahan pangan akan berpengaruh terhadap daya simpan, karena erat kaitannya dengan aktivitas metabolisme yang terjadi selama bahan pangan tersebut disimpan seperti aktivitas enzim, aktivitas mikroba dan aktivitas kimiawi, yaitu terjadinya ketengikan dan reaksi-reaksi non enzimatik sehingga menimbulkan perubahan sifat-sifat organoleptik dan nilai mutunya (Hidayanti, 2015).

Kadar air dapat dihitung dengan rumus (Head Laboratorium, 2019) :

$$\text{Kadar Air } (\%) = \frac{(\text{Berat cawan+sampel}) - (\text{Berat Cawan+sampel setelah di oven})}{(\text{Berat cawan+sampel})}$$

#### 2.10.6 Titik Nyala (*Flash Point*)

Titik nyala adalah temperatur dimana uap bahan bakar tepat menyala jika berdekatan dengan api. Titik nyala diperlukan sehubungan dengan adanya pertimbangan-pertimbangan mengenai keamanan dari penimbunan minyak dan pengangkutan bahan bakar minyak terhadap bahaya kebakaran, (Purwaningrum, 2018).