

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Lemak Sapi

Lemak Sapi merupakan jenis lemak hewani yang sering diberi istilah *Tallow* yang belum banyak diolah dan dimanfaatkan. Lemak dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu lemak jenuh dan lemak tak jenuh. Lemak yang tersusun oleh asam lemak tak jenuh akan bersifat cair pada suhu kamar, sedangkan asam lemak jenuh pada suhu kamar akan bersifat padat. Asam lemak jenuh akan memiliki titik cair lebih tinggi daripada asam lemak tak jenuh. Susilawati, *dkk.* (2011) melaporkan bahwa asam lemak jenuh sapi 45,34% lebih besar dibandingkan asam lemak jenuh kambing 26,23%. Pada lemak sapi 50% kandungan asam lemak berupa lemak jenuh (Adewale, *dkk.* 2014).

Lemak sapi atau *tallow* merupakan produk samping dari rumah potong hewan (RPH) dan biasanya digunakan sebagai bahan baku proses pembuatan sabun (Handarini, 2016). Produksi lemak sapi yang berlebih dapat meningkatkan pencemaran lingkungan terutama pencemaran air. Lemak sapi mengandung asam palmitat yang tinggi sehingga meningkatkan titik leleh dan viskositas (Susilawati, *dkk.* 2011) serta menjadi padat ketika berada pada suhu ruang. Kandungan asam lemak jenuh pada *beef tallow* dapat dilihat pada tabel 2.1

Tabel.2.1 Kandungan Asam Lemak Jenuh pada Lemak Sapi

Asam Lemak	Struktur	% berat
Asam Kaprilat	C 10	0,0958
Asam Laurat	C 12	0,5516
Asam Miristat	C 14	8,7588
Asam Miristoleinat	C 14 : 1	0,8933
Asam Palmitat	C 16	33,8750
Asam Palmitoleat	C 16 : 1	2,3073
Asam Heptadekanoat	C 17	1,2651
Asam Stearat	C 18	21,4603
Asam Oleat	C 18 : 1	29,5983

Asam Lemak	Struktur	% berat
Asam Linoleat	C 18 : 2	0,8967
Asam Arasidat	C 20	0,1754

(Sumber: Affandi, dkk. 2013)

2.2 Pirolisis

Pirolisis adalah proses penguraian bahan baku yang padat menjadi gas dengan menambahkan aksi suhu tinggi tanpa kehadiran oksigen. Pirolisis sering disebut juga sebagai termolisis secara definisi adalah proses terhadap suatu materi dengan menambahkan aksi suhu tinggi tanpa kehadiran udara (khususnya oksigen). Secara singkat pirolisis dapat diartikan sebagai pembakaran tanpa oksigen (Yuliarti dan Widya, 2017). Pada umumnya proses pirolisis berlangsung pada suhu diatas 300°C dalam waktu 4-7 jam (Yuliarti dan Widya, 2017). Namun, keadaan ini sangat bergantung pada bahan baku dan cara pembuatannya.

Mortasen, dkk. (2011) menjelaskan bahwa penambahan katalis pada proses pirolisis berguna dalam meningkatkan reaksi *cracking*, *dekarbonilasi*, *dekarboksilasi*, *hydrocracking*, dan *hidrogenasi*. Penggunaan katalis dapat meningkatkan selektivitas, produktifitas, dan menurunkan biaya produksi, serta meningkatkan laju reaksi dan juga meningkatkan kualitas produk yang hampir sama dengan produk yang dihasilkan dari minyak bumi (Tippayawong, dkk. 2017). Pada temperatur tertentu, seluruh material organik terdekomposisi dari senyawa rantai panjang menjadi molekul rantai pendek. Uap hasil pirolisis terkondensasi menjadi liquid.

Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi proses pirolisis adalah sebagai berikut (Basu, 2010) :

1. Temperatur

Temperatur memiliki pengaruh yang besar dalam proses pirolisis. Semakin tinggi temperatur maka semakin banyak gas yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan bahan baku padatan akan menguap dan berubah menjadi gas sehingga berat dari padatan bahan baku akan berkurang. Namun, semakin tinggi temperatur akan membuat produk yang dihasilkan semakin berkurang. Hal ini dikarenakan temperatur yang tinggi dapat merubah hidrokarbon rantai panjang dan sedang menjadi hidrokarbon rantai pendek. Jika rantai

hidrokarbon sangat pendek maka diperoleh hasil gas yang tidak dapat dikondensasi. Berdasarkan penelitian Riyadhi dan Syahrullah (2016), temperatur reaksi yang digunakan untuk proses pirolisis lemak sapi metode *catalytic cracking* yaitu maksimal 350°C.

2. Waktu reaksi

Waktu memiliki pengaruh pada proses pirolisis. Dalam kondisi vakum, waktu reaksi yang lama akan menyebabkan produk pirolisis menjadi gas karena semakin lama waktunya maka akan membuat hidrokarbon rantai panjang menjadi hidrokarbon rantai pendek. Produk padatan yang dihasilkan akan semakin berkurang jika waktu reaksinya semakin lama. Berdasarkan penelitian Tambun, *dkk.* (2016), waktu reaksi yang digunakan untuk pirolisis metode *catalytic cracking* pada range 60-150 menit.

2.2.1 Cracking (Perengkahan)

Reaksi Perengkahan merupakan reaksi pemutusan ikatan C-C dari rantai karbon yang panjang dan berat molekul yang besar menjadi hidrokarbon dengan rantai pendek dan berat molekul kecil. Menurut Yolanda (2018) Proses perengkahan terbagi menjadi dua yaitu :

1. Perengkahan Thermal (Thermal Cracking)

Perengkahan termal dilakukan pada suhu yang tinggi yaitu 425 – 650°C tanpa menggunakan katalis (Yolanda, 2018).

2. Perengkahan Katalitik (*Catalytic Cracking*)

Catalytic cracking atau perengkahan katalitik merupakan suatu cara untuk memecahkan suatu rantai karbon yang panjang menjadi suatu rantai karbon yang lebih sederhana dengan bantuan katalis sebagai substansi mempercepat laju reaksi kimia, meningkatkan kualitas dan kuantitas produk. Keberadaan katalis dapat memperbesar puncak selektivitas dan menggesernya ke atom karbon yang lebih kecil. Menurut Syamsiro (2015) Penggunaan katalis dapat meningkatkan fraksi bensin (C₇-C₁₁) dan menurunkan fraksi solar (C₁₂-C₁₉) dan minyak berat (>20).

2.3 Reaktor

Reaktor adalah suatu alat proses tempat dimana suatu reaksi berlangsung untuk mengubah bahan baku menjadi produk. Menurut Wijaya dan Ismail (2017) Proses di dalam reaktor dibagi menjadi 2, yaitu :

a. Proses *batch*

Proses *Batch* merupakan sebuah proses dimana semua reaktan dimasukkan bersama-sama pada awal proses dan produk dikeluarkan pada akhir proses.

b. Proses kontinyu

Proses kontinyu merupakan sebuah proses dimana reaktan yang diumpankan ke dalam reaktor dan produk atau produk sampingan dikeluarkan ketika proses masih berlangsung secara berkelanjutan.

2.4 Pemanas (*Heater*)

Electrical Heating Element (elemen pemanas listrik) banyak dipakai dalam kehidupan sehari-hari, baik didalam rumah tangga ataupun peralatan dan mesin industri. Elemen pemanas merupakan alat yang berfungsi sebagai salah satu kegiatan kerja untuk mendapatkan suhu dari suhu rendah suatu zat sampai ke suhu tinggi (Ariffudin, 2014).

Pada perancangan alat reaktor untuk konversi lemak sapi menjadi bahan bakar cair, pemanas yang digunakan adalah jenis *Band heater* 220 V dan daya 1000 watt. *Band heater* adalah jenis elemen pemanas listrik/ *heating* elemen yang penggunaannya harus menempel pada permukaan dari bidang yang ingin dipanaskan. *Band Heater* digunakan untuk aplikasi pengolahan plastik dalam bentuk silinder. *Band Heater* dilengkapi dengan baut pengunci pada bagian plat sabuknya. Bentuk dari *Band Heater* dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2.1 Elemen Pemanas *Band Heater*
(Okatama, 2016)

2.5 Katalis

Katalis adalah zat yang dapat mempercepat dan mengarahkan reaksi. Menurut Subagjo (2018) dengan adanya katalis, reaksi dapat dilakukan pada kondisi yang lebih lunak (temperatur dan tekanan rendah) dengan laju selektifitas yang tinggi. Katalis yang banyak digunakan dalam proses pirolisis yaitu katalis heterogen. Katalis heterogen banyak digunakan di industri karena mudah dipisahkan dari campuran reaksinya, lebih tahan terhadap asam lemak bebas yang terkandung didalam bahan baku. Katalis pada umumnya mempunyai sifat selektifitas, stabilitas, umur, dan aktivasi (Yuliarti dan Widya, 2017). Pada proses produksi bahan bakar cair dari lemak sapi katalis yang digunakan adalah Zeolit.

2.5.1 Zeolit

Zeolit merupakan mineral yang terdiri dari mineral aluminosilikat terhidrasi yang mengandung kation alkali atau alkali tanah dalam kerangka tiga dimensi. Zeolit juga sering disebut sebagai '*molecular sieve*' atau '*molecular mesh*' (saringan molekuler) karena zeolit memiliki pori-pori berukuran molekuler sehingga mampu memisahkan/menyaring molekul dengan ukuran tertentu. Zeolit berfungsi sebagai katalis padatan dengan karakteristik mempunyai kapasitas adsorpsi yang tinggi, dapat mereaksikan produk dan reaktan serta luas permukaan yang besar (Yuliarti dan Widya, 2017).

Zeolit merupakan salah satu jenis katalis yang banyak digunakan dalam proses *cracking*. Menurut proses pembentukannya Zeolit digolongkan menjadi zeolit alam dan zeolit sintesis. Pada proses pembuatan bahan bakar cair dari lemak sapi, katalis yang digunakan adalah Zeolit alam, dimana zeolit alam merupakan mineral yang terbentuk karena adanya proses perubahan alam (Zeolitisasi). Zeolit alam dapat digunakan sebagai katalis asam amorf yang mengandung asam Bronsted dan Lewis. Menurut Yuliarti dan Widya (2017) menjelaskan bahwa Aktivasi zeolit alam dapat dilakukan secara fisik dengan pemanasan pada suhu 300- 400°C dan secara kimiawi dengan pencucian menggunakan larutan HCl untuk menghilangkan pengotor yang menutupi permukaan pori. Berdasarkan penelitian Riyadhi dan Syahrullah (2016), jumlah katalis Zeolit yang digunakan pada proses *catalytic cracking* untuk konversi lemak sapi menjadi bahan bakar cair adalah sebanyak 5 %w/w dari jumlah bahan baku.

2.6 Biofuel

Biofuel merupakan bahan bakar yang sumbernya berasal dari bahan organik yang juga energi non-fossil (Yolanda, 2018). Bahan bakar ini dapat berasal dari hewan, tumbuhan, ataupun sisa-sisa hasil pertanian.

Tabel 2.2 Komponen dan Fraksi Hasil Pengolahan Minyak Bumi

Komponen	Fraksi
Gas	C ₁ -C ₄
Petroleum Eter	C ₅ -C ₆
Gasoline	C ₇ -C ₁₁
Kerosin/Diesel/solar	C ₁₂ -C ₁₉
Minyak Berat	>C ₂₀

(Riyadhi dan Syahrullah, 2016)

2.6.1 Biogasoline

Menurut Riyadhi dan Syahrullah (2016) gasoline merupakan suatu campuran yang kompleks yang tersusun atas hidrokarbon rantai lurus 7 sampai 11 atom C dengan rumus kimia C_nH_{2n+2}. Biogasoline merupakan jenis gasoline yang berasal dari sumber daya alam hayati seperti lemak sapi.

Menurut Subagjo (2018), komposisi hidrokarbon pada gasoline yakni terdiri dari 4-8% alkane, 2-5% alkena, 25-40% isoalkana, 3-7% sikloalkana, 1-4% sikloalkena, dan 20-50% aromatic total (0,5-2,5% benzene). Adapun sifat fisik dan kimia dari gasoline dapat dilihat pada tabel 2.2 dibawah ini

Tabel 2.3 Sifat Fisik dan Kimia Gasoline

No	Parameter	Persyaratan
1	Berat Molekul	108 ^a
2	Warna	Tidak berwarna sampai coklat pucat
3	Bentuk fisik	Cairan
4	Titik didih	Awal, 39°C Setelah disuling 50%, 110°C Setelah disuling 90%, 170°C
5	Densitas	Titik didih akhir, 204°C 700-800 kg/m ^b
6	Bau	Bau Bensin

No	Parameter	Persyaratan
7	Kelarutan dalam air	Tidak larut
8	Kelarutan dalam pelarut organik	Larut pada alcohol, eter, kloroform, dan benzene
9	Suhu pengapian otomatis	553-759°K
10	Titik nyala	227°K

(Subagjo, 2018)

Ket : ^a berat molekul rata-rata

^b suhu yang tidak spesifik

Tabel 2.4 Standar SNI untuk Gasoline SNI 3506-2017

Karakteristik	Satuan	Batasan	
		Min	Maks
Angka oktan riset	RON	88,0	-
Kandungan Timbal	g/L	-	0,46
Distilasi:			
- 10% vol. Penguapan	°C	-	74
50% vol. Penguapan	°C	88	125
- 90% vol. Penguapan	°C	-	180
- Titik didih akhir	°C	-	205
- Residu	% vol	240	2,0
Kandungan sulfur	%berat	-	0,2

(Qurratul'uyun, 2017)

2.6.2 Biokerosin

Biokerosin merupakan minyak nabati sebagai pengganti minyak tanah atau kerosin. Menurut Adi dan Syarullah Kerosin merupakan produk minyak bumi yang mempunyai rantai atom karbon C₁₁-C₁₉ dan memiliki titik didih sekitar 302-554°F. Kerosin atau minyak tanah biasanya digunakan sebagai bahan bakar kompor atau minyak lampu didalam rumah tangga. Kerosin ini memiliki sifat diantaranya mudah terbakar, uapnya dalam udara akan mudah menguap pada suhu diatas 37°C, dan warnanya kuning pucat dengan mempunyai bau yang khas (Pratiwi, *dkk.* 2016).

Menurut Kasrianti (2017), penggunaan biokerosin sebagai bahan bakar memiliki beberapa keunggulan diantaranya lebih mudah diperbaharui, dapat mereduksi gas rumah kaca serta ramah lingkungan. Namun biokerosin juga memiliki kekuarangan yaitu memiliki densitas dan viskositas yang lebih tinggi dari minyak tanah, minyak bersifat asam, dan nilai kalor lebih rendah dari pada minyak tanah (Pratiwi, *dkk.* 2016).

2.6.3 Biodiesel

Biodiesel merupakan bahan bakar cair yang berasal dari minyak nabati dan lemak yang memiliki sifat pembakaran yang mirip dengan bahan bakar diesel biasa (dari minyak bumi). Menurut Riyadhhi dan Syarullah (2016) Kerosin merupakan produk minyak bumi yang mempunyai rantai atom karbon C₁₂-C₁₉. Biodiesel dapat diproduksi langsung dari minyak nabati dan minyak atau lemak hewan (Mahfud, 2018). Biodiesel memiliki berbagai kelebihan dibandingkan minyak diesel biasa yaitu bersifat lebih ramah lingkungan karena dapat terurai di alam, emisi buang kecil, serta kandungan sulfur dan aromatic rendah (Murtiningrum dan Firdaus, 2016).

a. Standar Mutu Biodiesel

Persyaratan mutu biodiesel di Indonesia sudah terdapat dalam SNI 7182:2012 yang disajikan dalam Tabel berikut :

Tabel 2.5 Standar SNI untuk Biodiesel SNI 7182:2015

No	Parameter	Satuan	Nilai
1	Massa jenis	kg/m ³	850 – 890
2	Viskositas kinematik	mm ² /s (cSt)	2,3 – 6,0
3	Angka setana	-	min. 51
4	Titik nyala (mangkok tertutup)	°C	min. 100
5	Titik kabut	°C	maks. 18
	Korosi lempeng tembaga (3 jam pada)		
6	50°C	-	maks. no 1
7	Residu karbon :	%-massa	
	- dalam contoh asli, atau	-	maks 0,05
	- dalam 10 % ampas distilasi	-	maks. 0,30
8	Air dan sedimen	%-vol.	maks. 0,05
9	Temperatur distilasi 90 %	α C	maks. 360
10	Abu Tersulfatkan	% - massa	Maks. 0,02

No	Parameter	Satuan	Nilai
11	Belerang	(mg/kg)	maks. 100
12	Fosfor	(mg/kg)	maks. 10
13	Angka asam	mg-KOH/g	maks.0,6
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 ₂ /100 g)	maks. 115

(Wibowo, dkk. 2019)

b. Standar Mutu Bahan Bakar Jenis Solar

Persyaratan mutu Solar di Indonesia sudah terdapat dalam SNI 8220:2017 yang disajikan dalam Tabel berikut :

Tabel 2.6 Standar SNI untuk Solar SNI 8220:2017

No	Karakteristik	Satuan	Batasan		Metode Uji
			Min	Max	ASTM
1	Bilangan Setana	-	48	-	D613
2	Berat Jenis	kg/cm ³	815	870	D 4737
3	Viskositas	mm ² /s	2	4,5	D1298/
4	Distilasi 90 % vol.	C	-	370	D445
5	Titik Nyala	CC	52	-	D 93
6	Titik Tuang	C	-	18	D 97
7	Residu Karbon	% m/m	-	0,1	D 4530
8	Kandungan Air	mg/kg	-	500	D 6304
9	Kandungan FAME	%v/v	-	-	
10	Korosi Bilah Tembaga	menit	-	kelas 1	D 130
11	Kandungan Abu	%v/v	-	0,01	D 482
12	Kandungan Sedimen	%m/m	-	0	D 473
13	Bilangan Asam Kuat	mgKOH/gr	-	0,6	D 664
14	Bilangan Asam Total	mgKOH/gr	-	0,6	D 664
15	Partikulat	mg/l	-	-	D 2270
16	Penampilan Visual	-	Jernih dan Terang		
17	Warna	No. ASTM	3	3	D 1500
18	Lubricity	Micron	-	400	D 6079

(Wibowo, dkk. 2019)

2.7 Karakteristik Bahan Bakar Cair

Karakteristik bahan bakar cair yang dianalisis pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Densitas dengan menggunakan Metode ASTM D-1298

Densitas fluida didefinisikan sebagai massa per satuan volume. Uji Densitas dilakukan dengan menggunakan alat Piskometer. (Qurratul'uyun, 2017). Densitas (ρ) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\rho = \frac{\text{massa sampel}}{\text{volume}} \quad (\text{Sumber: Qurratul'uyun, 2017})$$

2. Titik Nyala dengan menggunakan Metode ASTM D-93

Titik nyala merupakan temperatur dimana timbul sejumlah uap dengan udara membentuk suatu campuran yang mudah menyala (Qurratul'uyun, 2017). Titik nyala secara prinsip ditentukan untuk mengetahui bahaya terbakar beberapa produk minyak bumi. Sehingga jika diketahui titik nyala suatu produk minyak, kita dapat mengetahui kondisi maksimum yang terpercay pada saat penyimpanan (Lestari, 2017).

3. Uji Viskositas Metode Bola Jatuh

Viskositas merupakan suatu angka yang menyatakan besarnya perlawanan dari suatu cairan untuk mengalir atau ukuran besarnya tahanan geser dari suatu cairan, semakin tinggi viskositasnya, maka semakin kental dan semakin sukar mengalir, untuk pengukuran viskositas biodiesel disebut untuk viskositas kinematik (Wahyuni, dkk. 2015). Uji Viskositas dilakukan menggunakan alat *Falling Ball Viscometers*. Temperatur merupakan Salah satu faktor yang mempengaruhi viskositas karena viskositas berbanding terbalik dengan temperatur hal ini disebabkan karena adanya gerakan partikel-partikel cairan yang semakin cepat apabila temperatur ditingkatkan dan menurunkan kekentalannya.

Rumus perhitungan Viskositas yaitu:

a. Viskositas Dinamik

$$\mu = k (\rho_b - \rho_f)t \quad (\text{Sumber: Sinaga, 2014})$$

Dimana :

μ = Viskositas dinamik (mPa.s)

k = Konstanta Bola (mPa.s.cm³/gr.s)

ρ_b = Densitas dari Bola (gr/cm³)

ρ_f = Densitas Bahan bakar cair (gr/cm³)

t = Waktu rata-rata (s)

b. Viskositas Kinematik

$$v = \frac{\mu}{\rho_{BBC}} \quad (\text{Sumber: Sinaga, 2014})$$

Dimana :

v = Viskositas Kinematik (cSt)

μ = Viskositas dinamik (mPa.s)

ρ_{BBC} = Densitas Bahan bakar cair (gr/cm³)

4. %Yield

Yield merupakan perbandingan antara jumlah produk yang dihasilkan dengan jumlah bahan baku yang digunakan. Yield dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\%Yield = \frac{mp}{mb} \times 100\% \quad (\text{Sumber : Turnip, dkk. 2017})$$

Keterangan :

Mp = massa produk (gr)

Mb = massa bahan baku (gr)

5. Analisa Senyawa Kimia dengan *Gas Chromatography-Mass Spectroscopy* (GC-MS)

GC-MS (*Gas Chromatography-Mass Spectroscopy*) merupakan suatu instrumen yang terdiri dari dua metode analisis. Kromatografi gas berfungsi sebagai pemisah komponen dalam suatu senyawa, sedangkan spektrometri massa berfungsi untuk mendeteksi masing-masing molekul komponen yang telah dipisahkan pada kromatografi gas (Qurratul'uyun, 2017). Gas kromatografi merupakan pemisahan campuran menjadi konstituennya dalam fase gerak berupa gas yang melalui fase diam yang berupa sorben. Gas kromatografi dapat digunakan untuk analisis kualitatif maupun kuantitatif. Analisa kualitatif dilakukan dengan cara membandingkan waktu retensi dari komponen yang dianalisis dengan waktu retensi zat pembanding pada kondisi analisis yang sama. Sementara untuk analisis kuantitatif dilakukan dengan

cara perhitungan relative dari luas puncak kromatogram komponen yang dianalisis terhadap zat baku pembanding yang dianalisis (Qurratul'uyun, 2017).