

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Lemak Sapi

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 dan Kustyawati (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 (Dumont, 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 stearat dan palmitat yang tinggi sehingga meningkatkan titik leleh dan viskositas (Bhatia, 2010) 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 Lemak	Struktur	% berat
Asam Stearat	C 18	21,4603
Asam Oleat	C 18 : 1	29,5983
Asam Linoleat	C 18 : 2	0,8967
Asam $\alpha$ Linolenat	C 18 : 3	0,1163
Asam Arasidat	C 20	0,1754

(Sumber: Affandi, 2013)

## 2.2 Pirolisis

Pirolisis adalah proses konversi dari suatu bahan organik pada suhu yang tinggi dan terurai menjadi ikatan molekul yang lebih kecil. 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).

Pirolisis merupakan proses pengeringan dengan cara pembakaran tidak sempurna bahan-bahan yang mengandung karbon pada suhu tinggi. Kebanyakan proses pirolisis menggunakan reaktor tertutup yang terbuat dari baja, sehingga bahan tidak terjadi kontak langsung dengan oksigen. 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. 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 *temperature* akan membuat produk yang dihasilkan semakin berkurang. Hal ini dikarenakan temperature 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 Adi dan Syahrullah (2016), temperatur reaksi yang digunakan untuk proses pirolisis lemak sapi metode *catalytic cracking* yaitu maksimal 350°C. sedangkan pada penelitian Yuliarti dan Widya (2017) temperatur pirolisis berlangsung pada suhu diatas 300°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 juga akan semakin berkurang karena menguap jika waktu reaksinya semakin lama. Berdasarkan penelitian Tambun (2016), waktu reaksi yang digunakan untuk pirolisis metode *catalytic cracking* pada range 60-150 menit

## 2.3 Reaktor

Reaktor kimia merupakan suatu alat atau bejana yang didesain sebagai tempat terjadinya reaksi kimia untuk mengubah bahan baku menjadi produk (Wijaya dan Ismail, 2017). Proses di dalam reaktor kimia dibagi menjadi 2, yaitu :

### a. Proses *batch*

Proses *Batch* merupakan sebuah proses dimana semua reaktan dimasukan bersama-sama pada awal proses dan produk dikeluarkan pada akhir proses. Dalam proses ini, semua reagen ditambahkan di awal proses dan tidak ada penambahan atau pengeluaran ketika proses berlangsung.

### b. Proses kontinyu

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

Pada perancangan alat ini, reaktor yang digunakan merupakan reactor sistem *batch*. Perhitungan desain pada perancangan reactor batch yaitu berikut :

### a. Menghitung dimensi reactor

- Rasio antara diameter dan tinggi reactor batch (H/D)

$$H/D = 1,5 \quad (\text{Sumber: Putra, Salman Yasir Fakhri., dkk. 2016. p.83})$$

$$H = 1,5D$$

- Tebal dinding (t)

$$t = \frac{Pxr}{(fxE)-0,6P} + C \quad (\text{Sumber : Brownell \& young, p.254.,eq.13.1})$$

dimana :32

P = Tekanan Desain (kg/cm<sup>2</sup>)

R = Jari-jari reaktor (cm)

S = Allowable Stress (Kg/cm<sup>2</sup>)

E = Joint Efficiency (%)

C = Allowable Corrosion (cm)

- b. Menghitung volume total reaktor

Dimensi reactor berbentuk silinder, maka volume total reactor dapat ditentukan menggunakan persamaan berikut

$$V = \pi \times r \times l^2$$

dimana :

r = jari – jari reaktor (cm)

l = tinggi reaktor (cm)

- c. Menghitung kapasitas reaktor

Kapasitas reaktor = 75% x volume total reaktor (Trianggito, 2014. P.41)

- d. Menghitung massa lemak sapi yang masuk reaktor

massa lemak sapi =  $\rho_{\text{lemak sapi}} \times (75\% \times \text{volume total reaktor})$

- e. Menghitung waktu tinggal didalam reaktor

- Menghitung Hold Up

Biasanya beroperasi dengan 10-15% dari volume yang diisi dengan bahan.

(perry, 7ed. p.1051)

- Menghitung feed rate bahan baku

Feed rate = hold up x massa jenis bahan baku

- Menghitung waktu tinggal

$$t = \frac{\text{hold up} \times \rho}{\text{feed rate}} \quad (\text{Dewi dan Sugito, 2016})$$

## 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). Panas yang dihasilkan dari elemen pemanas ini bersumber dari kawat ataupun pita ketahanan listrik (*resistance wire*). Bentuk dan tipe dari elemen pemanas listrik ini bermacam-macam disesuaikan dengan fungsi, tempat pemasangan dan media yang akan di panaskan.

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 plastic dalam bentuk silinder.

## 2.5 Katalis

Katalis merupakan suatu substansi yang dapat meningkatkan laju reaksi kimia sehingga dapat mencapai kesetimbangan, tanpa terlibat di dalam reaksi (Bunaciu, dkk.2015). Faktor-faktor yang digunakan dalam pemilihan katalis antara lain, harga katalisator murah, sulit atau tidaknya diregenerasi, tahan terhadap racun, sehingga umur katalis panjang.

Menurut Widi (2018), berdasarkan fasa katalis, reaktan, dan produk reaksinya, katalis dapat dibedakan menjadi 2 yaitu :

### a. Katalis homogen

Katalis homogen merupakan katalis yang berfasa sama dengan fasa campuran reaksinya. Katalis homogen umumnya memiliki aktivitas dan selektivitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan katalis heterogen, karena setiap molekul-katalis aktif sebagai katalis. Katalis homogen terdiri dari dua jenis yaitu katalis asam homogen dan katalis basa homogen.

### b. Katalis heterogen

Katalis heterogen merupakan katalis yang reaktan dan produk reaksinya berbeda fasa. Katalis heterogen sangat umum digunakan di bidang industri karena mudah

dipisahkan dari campuran reaksinya, tahan terhadap asam lemak bebas yang terkandung di dalam bahan baku tanpa melalui reaksi saponifikasi sehingga memungkinkan untuk melakukan reaksi transesterifikasi ataupun pirolisis dengan bahan baku yang mengandung kadar asam lemak bebas yang tinggi, baik bahan baku yang berasal dari hewan maupun yang berasal dari tumbuhan.. Pada katalis heterogen penggunaan pengemban membantu katalis bekerja lebih efektif dan lebih reaktif karena memiliki luas permukaan yang besar untuk proses adsorbs. Menurut Dumont,P.A.dkk. (2015), katalis memegang peranan vital dalam proses *catalytic cracking* karena dapat mengurangi bilangan asam dan kandungan oksigen pada *biofuel*, yang dapat meningkatkan massa jenis, nilai kalor, viskositas dll.

Zeolit alam dan CaO merupakan salah satu jenis katalis yang banyak digunakan dalam proses *cracking*. Keberadaan yang melimpah dan hasil konversi bagus menjadikan kedua katalis ini banyak digunakan dan juga menghasilkan karbon netral. Menurut Ginting. A Br.dkk, (2007), Zeolit alam merupakan kristal aluminosilikat terhidrasi yang mengandung kation alkali atau alkali tanah dalam kerangka tiga dimensi. Kerangka dasar struktur zeolit terdiri dari unit tetrahedral AlO<sub>2</sub> dan SiO<sub>2</sub> yang saling berhubungan melalui atom O dan memiliki rumus empiris  $x/n M^{n+}[(AlO_2)_x(SiO_2)_y].zH_2O$ , dengan  $M^{n+}$  adalah kation yang bergerak bebas dan dapat dipertukarkan sebagian atau seluruhnya oleh kation lain. Kandungan zeolit lainnya selain alkali dan alkali tanah, juga mengandung mineral seperti *feldspar*, *kuarsa* dan lainnya (Ginting. A. Br.dkk,2007). Zeolit alam dapat digunakan sebagai katalis asam amorf yang mengandung asam Bronsted dan Lewis. Konsentrasi asam pada katalis alumina-silika ditentukan oleh rasio SiO<sub>2</sub> dan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, semakin besar rasio maka semakin besar tingkat keasamannya dan relatif stabil pada suhu tinggi (500-700 °C). Aziz,Isalmi,dkk (2019) mengkonversi minyak goreng bekas menggunakan katalis zeolit pada suhu 300-400 °C dengan konsentrasi katalis 7% w/w, dengan waktu *cracking* selama 3 jam. Riyadhi,A dan Syahrullah (2016) mengkonversi lemak sapi dengan konsentrasi katalis 5% w/w dengan suhu 300-500 °C. Khammasan,T dan Tippayawong,N. (2017) berhasil mengkonversi *tallow* menjadi *Liquid fuel* dengan konsentrasi katalis 6.5% w/w dengan temperature 400-450 °C.

CaO merupakan katalis yang banyak digunakan dalam proses pembuatan biodiesel baik pirolisis maupun transesterifikasi. Penelitian (Zaher,F,2017) menggunakan katalis CaO dalam mengkonversi trigliserida. Pemanfaatan CaO untuk memproduksi biodiesel mempunyai lebih banyak keuntungan seperti CaO mempunyai kekuatan basa yang relatif tinggi sehingga aktivitas katalitiknya relatif tinggi, bilangan asam pada produk yang dihasilkan kecil, kondisi reaksi yang rendah. Menurut Samik,dkk (2010) keuntungan penggunaan CaO antara lain, *lifetime* katalis yang lama, ramah lingkungan karena kelarutan yang rendah di metanol, dan dapat disintesis dari bahan dasar yang murah seperti batu gamping. Penelitian yang dilakukan Samik,dkk (2017) menjelaskan bahwa kebasaaan katalis CaO sebanding dengan yield produk yang dihasilkan. Penggunaan katalis CaO dapat bervariasi. Zaher,F. dkk (2017) melaporkan penggunaan katalis CaO sebesar 5% v/v pada pirolisis minyak nabati dan (Hajj, S.D., dkk:2019) menggunakan 4% katalis CaO pada *cracking Palm fatty acid*

## 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 <sub>1</sub> -C <sub>4</sub>
Petroleum Eter	C <sub>5</sub> -C <sub>6</sub>
Gasoline	C <sub>7</sub> -C <sub>11</sub>
Kerosin/Diesel/solar	C <sub>12</sub> -C <sub>19</sub>
Minyak Berat	>C <sub>20</sub>

(Sumber : Riyadhhi, Adi, dan Syahrullah. 2016., Wiyantoko 2016)

### 2.6.1 Biogasoline

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

Kualitas suatu gasoline diukur dengan angka oktan. Angka oktan merupakan suatu parameter antiknocking yang terjadi pada mesin. Angka oktan merupakan perbandingan antara iso-oktana dengan n-oktana dalam suatu gasoline (saipulloh, 2008). Menurut Shamsul, (2017), 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 <sup>a</sup>
2	Warna	Tidak berwarna sampai coklat pucat
3	Bentuk fisik	Cairan
4	Titik didih	Awal, 39°C Setelah disuling 10%, 60°C Setelah disuling 50%, 110°C Setelah disuling 90%, 170°C Titik didih akhir, 204°C
5	Densitas	700-800 kg/m <sup>b</sup>
6	Bau	Bau bensin
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

*Sumber : Shamsul, 2017*

Ket : <sup>a</sup> berat molekul rata-rata

<sup>b</sup> suhu yang tidak spesifik



**Tabel 2.4** Standar SNI untuk Gasoline SNI 3506-2017

Karakteristik	SNI 3506-2017		
	Satuan	Batasan	
		Min	Maks
Angka oktana 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	-	2,0
Periode Induksi	Menit	240	-
Kandungan sulfur	% berat	-	0,2

*Sumber : 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 C<sub>11</sub>-C<sub>19</sub> 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, 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, 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 Adi dan Syarullah (2016) Kerosin merupakan produk minyak bumi yang mempunyai rantai atom karbon  $C_{12}$ - $C_{19}$ . Biodiesel dapat diproduksi langsung dari minyak nabati dan minyak atau lemak hewan (Mahfud, 2018). Biodiesel memiliki berbagai kelebihan dibandingkan minyak diesel biasa yaitu dapat digunakan pada kebanyakan mesin diesel tanpa modifikasi, 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 <sup>3</sup>	850 – 890
2	Viskositas kinematik	mm <sup>2</sup> /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
6	Korosi lempeng tembaga (3 jam pada 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 %	°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.0,6
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 <sub>2</sub> /100 g)	maks. 115

(Sumber : SK Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. 2013)

- 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 <sup>3</sup>	815	870	D 4737
3	Viskositas	mm <sup>2</sup> /s	2	4,5	D1298/ D 4052
4	Distilasi 90 % vol. Penguapan	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/ D 189
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

(Sumber:Keputusan Direktorat Jendral Minyak dan Gas Bumi, No:28.K/10/DJM.T/2016)

## 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

(Qurratul'uyun, 2017). Densitas ( $\rho$ ) dapat dihitung dengan menggunakan

persamaan berikut:

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

Massa jenis atau yang biasa disebut densitas merupakan indikator banyaknya zat-zat pengotor hasil reaksi. Jika massa jenis suatu bahan bakar melebihi ketentuan, maka akan meningkatkan keausan mesin dan menyebabkan kerusakan mesin (Setiawati & Edwar, 2012).

## 2. Titik Nyala dengan menggunakan Metode ASTM D-93

Titik nyala merupakan temperature dimana timbul sejumlah uap dengan udara membentuk suatu campuran yang mudah menyala (Qurratul'uyun, 2017). Titik nyala suatu bahan bakar menandakan batas aman terhadap bahaya kebakaran selama penyimpanan, penanganan, dan transportasi. Titik nyala mengindikasikan tinggi rendahnya volatilitas dan kemampuan suatu bahan bakar untuk terbakar (Setiawati & Edwar, 2012).

## 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, 2015). 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

$$\mu = k (\rho_b - \rho_f)t \quad (\text{Sumber: Panduan Viskositas Lab. KAI POLSRI})$$

Dimana :

$\mu$  = Viskositas dinamik (mPa.s)

$k$  = Konstanta Bola (mPa.s.cm<sup>3</sup>/gr.s)

$\rho_b$  = Densitas dari Bola (gr/cm<sup>3</sup>)

$\rho_f$  = Densitas Bahan bakar cair (gr/cm<sup>3</sup>)

$t$  = Waktu rata-rata (s)

## b. Viskositas Kinematik

$$v = \frac{\mu}{\rho_{BBC}} \quad (\text{Sumber: Panduan Viskositas Lab. KAI POLSRI})$$

Dimana :

$v$  = Viskositas Kinematik (cSt)

$\mu$  = Viskositas dinamik (mPa.s)

$\rho_{BBC}$  = Densitas Bahan bakar cair (gr/cm<sup>3</sup>)

## 4. %Yield

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

$$\%Yield = \frac{mp}{mb} \times 100\% \quad (\text{Sumber : Wahyudi, 2016})$$

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).