

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Minyak Jelantah

Minyak jelantah merupakan minyak yang bersumber dari tumbuhan dan telah mengalami kerusakan karena terjadinya proses oksidasi, polimerisasi dan hidrolisis akibat aktivitas pemanasan yang berulang kali (Widayat, 2009 dalam Gatot, 2014). Proses pemanasan yang terjadi berulang kali, mempercepat hidrolisis trigliserida dan meningkatkan kandungan asam lemak bebas (FFA) serta mengubah sifat fisika-kimia dari minyak. Minyak akan berubah menjadi berwarna gelap karena terjadinya reaksi kimia yang dapat menghasilkan senyawa kimia yang bersifat karsinogenik (Buchori, 2016). Gede (2013) menuturkan bahwa minyak Jelantah merupakan minyak limbah hasil penggorengan yang telah digunakan beberapa kali dari jenis-jenis minyak goreng pemakaian skala rumah tangga (Gede, 2013). Minyak jelantah memiliki sifat fisik dan kimia serta kandungan asam lemak yang dapat dilihat pada tabel 2.1 dan tabel 2.2

Tabel 2.1 Sifat fisik dan kimia minyak Jelantah

Sifat- Sifat	Minyak Goreng	Minyak Jelantah
Bilangan Penyabunan (mg KOH/g)	-	201,5
Bilangan Asam (mg KOH/g)	0,5	1,9
%FFA	0,3	1
%Kandungan Air	0,1	2,6
Densitas pada 15°C (g/cm ³)	892	902
Viskositas pada 40°C (mm ² /s)	25,6	32
Warna	Kuning Terang	Kuning Gelap

(Sumber : Maneerung, 2016)

Tabel 2.2 Kandungan Asam Lemak Jenuh Minyak Jelantah

Asam Lemak	Struktur	% Massa
Asam Oleat	(C ₁₈ H ₃₄ O ₂)	43,2
Asam Linoleat	(C ₁₈ H ₃₂ O ₂)	30,1
Asam Palmitat	(C ₁₆ H ₃₂ O ₂)	19,4
Asam Linolenat	(C ₁₈ H ₃₀ O ₂)	4,7
Asam Stearat	(C ₁₈ H ₃₆ O ₂)	2,6

(Sumber : Maneerung, 2016)

2.2 Pirolisis

Pirolisis adalah proses konversi dari suatu bahan organik dengan menambahkan suhu tinggi tanpa kehadiran udara (khususnya oksigen). Secara singkat pirolisis dapat diartikan sebagai pembakaran tanpa oksigen (Yuliarti dan Widya, 2017). Proses pirolisis dapat disebut juga dengan proses perengkahan atau *cracking*. Penelitian ini menggunakan metode *catalytic cracking*/perengkahan katalitik, yakni proses pemanasan dengan menggunakan tambahan katalis pada prosesnya (Riyadhi dan Syahrullah, 2016). Beberapa faktor yang mempengaruhi proses pirolisis dengan metode *catalytic cracking* adalah sebagai berikut :

a. Temperatur

Temperatur adalah salah satu faktor yang dapat mempengaruhi proses pirolisis, semakin tinggi temperatur maka semakin banyak gas yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan bahan baku akan menguap dan berubah menjadi gas sehingga berat dari bahan baku akan berkurang. Namun, semakin tinggi temperatur akan membuat produk yang dihasilkan semakin berkurang, dikarenakan temperatur yang tinggi dapat merubah hidrokarbon rantai panjang menjadi hidrokarbon sangat pendek. Hidrokarbon yang sangat pendek akan sulit dikondensasi. Berdasarkan penelitian Tambun (2016), temperatur reaksi yang digunakan untuk metode *catalytic cracking* yaitu pada *range* 400°C - 450°C.

b. Waktu Reaksi

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 waktunya reaksinya semakin lama. Berdasarkan penelitian Tambun, dkk (2016), waktu reaksi yang digunakan untuk pirolisis metode *Catalytic Cracking* pada *range* 60-150 menit.

2.3. Reaktor

Reaktor 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 proses *batch* dan proses kontinyu. Pada penelitian ini proses di dalam reaktor berlangsung secara

batch, dimana semua reaktan dimasukkan bersama-sama pada awal proses dan produk dikeluarkan pada akhir proses. Dalam proses ini, semua reaktan ditambahkan di awal proses dan tidak ada penambahan atau pengeluaran ketika proses berlangsung. Perhitungan desain pada perancangan reaktor batch yaitu berikut :

a. Menghitung dimensi reaktor

- Rasio antara diameter dan tinggi reaktor *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 :

P = Tekanan Desain (kg/cm²)

R = Jari-jari reaktor (cm)

S = Allowable Stress (Kg/cm²)

E = Joint Efficiency (%)

C = Allowable Corrosion (cm)

b. Menghitung volume total reaktor

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

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

dimana :

r = jari – jari reaktor (cm)

l = tinggi reactor (cm)

c. Menghitung kapasitas reaktor

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

d. 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

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

2.4 Catalytic Cracking

Catalytic cracking (perengkahan) 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. Ada tiga tipe dari proses *catalytic cracking* yaitu :

1. Fluid catalytic cracking

Proses perengkahan dimana minyak dipecah dengan adanya katalis yang ada didalam reaktor dengan jalan menjaga aliran fluida dalam proses tersebut.

2. Moving-bed catalytic cracking

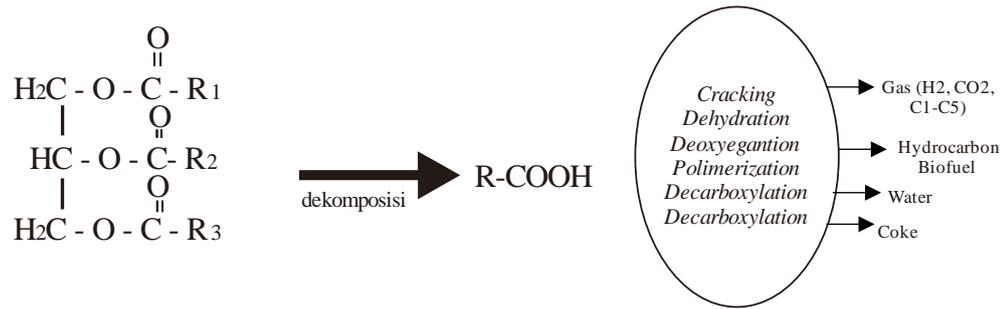
Proses perengkahan dimana selama proses berjalan katalis dipindahkan secara kontinyu untuk dijatuhkan kedalam reaktor dan kemudian diregenerasi.

3. Thermofor catalytic cracking

Proses ini dilakukan dengan cara memanaskan minyak terlebih dahulu, kemudian dialirkan hingga mencapai reaktor bed katalitik. Dalam reaktor ini uap akan terpisah dari katalis dan mengirimnya ke kolom fraksinasi.

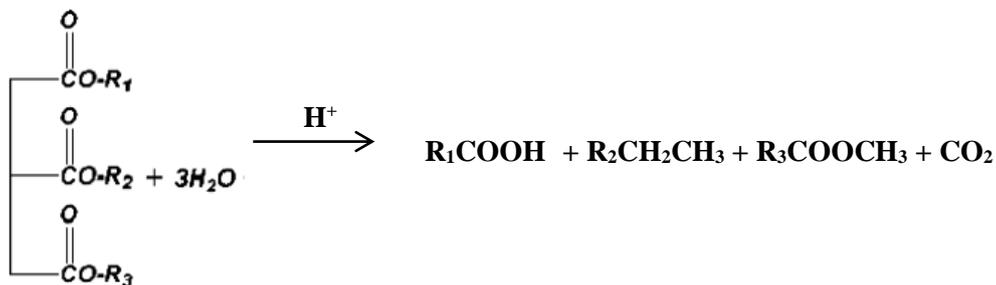
2.4.1 Mekanisme Perengkahan Katalitik

Secara umum, proses *catalytic cracking* melalui 2 tahap yakni tahap pembentukan *oxygenated component* oleh dekomposisi trigliserida dan tahap *oxygenated component* untuk membentuk hidrokarbon dengan karakteristik seperti minyak bumi. Adapun reaksi *catalytic cracking* yang terjadi agar menghasilkan *biofuel* adalah sebagai berikut :



Gambar 2.1 Mekanisme reaksi *catalytic cracking*

Reaksi pada gambar 2.1 menunjukkan jalur reaksi untuk perengkahan katalitik trigliserida menjadi *biofuel*, gas, air dan residu. Molekul trigliserida akan terdekomposisi membentuk *oxegenated component* (senyawa dengan atom oksigen di rumus molekulnya) seperti asam lemak, ester dan lainnya. Reaksinya dapat dilihat pada gambar 2.2 :



(sumber: Yolanda T, 2018)

Gambar 2.2 Mekanisme dekomposisi molekul trigliserida

Molekul trigliserida akan mengalami pemecahan akibat suhu yang tinggi dan karena adanya katalis, dimana H^+ akan menyerang ikatan $\text{C}=\text{C}$ yang ada pada trigliserida sehingga membentuk ion karbonium. Setelah terbentuknya ion karbonium, terjadi pemutusan rantai sehingga membentuk hidrokarbon dengan rantai yang lebih pendek dan senyawa ester (Nasikin, 2009 dalam Yolanda T, 2018).

Senyawa dengan atom oksigen di rumus molekulnya (asam lemak dan ester) akan mengalami pemutusan ikatan rantai karbon $\text{C}-\text{O}$ dan $\text{C}-\text{C}$ melalui reaksi dekarboksilasi dan dekarbonisasi. Reaksi dekarboksilasi merupakan reaksi

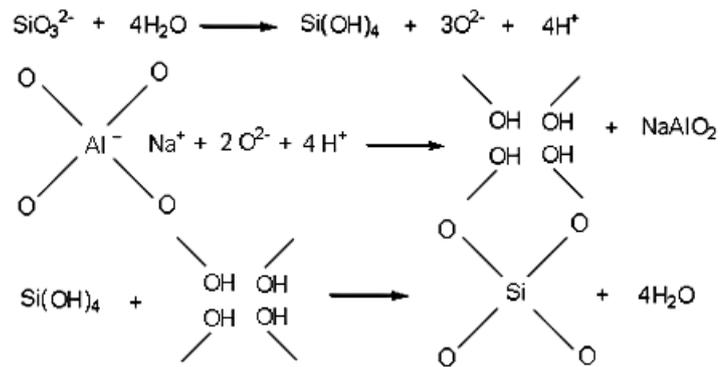
pemutusan ikatan karboksilat yang menghasilkan senyawa hidrokarbon dan gas CO₂. Sedangkan reaksi dekarbonisasi merupakan reaksi yang mengindikasikan pelepasan gugus ester menghasilkan senyawa hidrokarbon, H₂O dan CO dalam prosesnya (Zhao,2015 dalam Yolanda T,2018).

2.5 Katalis

Katalis merupakan zat yang dapat mempercepat dan mengarahkan reaksi. Menurut Subagyo (2018) dengan adanya katalis, reaksi dapat dilakukan pada kondisi yang lebih lunak (temperatur dan tekanan rendah) dengan laju selektifitas yang tinggi. Agar reaksi kimia bisa terjadi, reaktan harus bertumbukan. Tumbukan ini bertujuan agar masing-masing molekul dapat teraktifkan. Tumbukan antar molekul ini memberikan energi yang dibutuhkan untuk memutus ikatan sehingga akan terbentuk ikatan baru (Fathona, 2019).

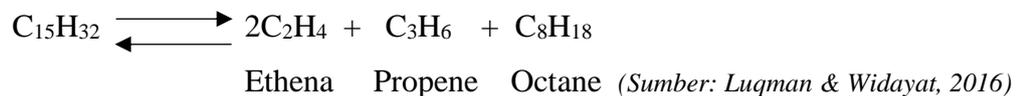
Pada proses konversi minyak jelantah menjadi bahan bakar cair, digunakan katalis zeolit alam. Zeolit merupakan kristal aluminosilikat terhidrasi yang mengandung kation alkali. Kerangka dasar zeolit terdiri dari unit tetrahedral AlO₂ dan SiO₂ yang saling berhubungan melalui atom O sehingga zeolit memiliki rumus empiris Mⁿ⁺ [(AlO₂)_x(SiO₂)_y]. zH₂O.

Pada penelitiannya, Yuanita (2010) telah melakukan modifikasi (aktivasi) terhadap zeolit alam dengan perlakuan asam (HCl) dan penyisipan Si pada kerangka zeolit. Hasil analisis dengan XRD menunjukkan bahwa zeolit alam awal memiliki rasio Si/Al 6,05 namun setelah dilakukan perlakuan asam dan penyisipan Si, rasio Si/Al meningkat menjadi 9,71. HCl bereaksi dengan zeolit sehingga menyebabkan terekstraknya Al dari zeolit. Hal ini mengakibatkan turunnya kandungan Al dalam zeolit sehingga rasio mol Si/Al naik. Penambahan natrium silikat pada zeolit akan menyebabkan terjadinya penyisipan Si dalam kerangka zeolit. Si akan menempati ruang yang ditinggalkan oleh Al atau dapat dikatakan bahwa Si mensubstitusi Al sehingga kandungan Si dalam sampel zeolit meningkat. Mekanisme nya terlihat seperti dibawah ini :



Gambar 2.3 Penyisipan Si Dalam Kerangka Zeolit

Dipilihnya katalis zeolit ini berdasar pada kemampuan zeolit yang memiliki stabilitas termal yang tinggi, zeolit alam mampu mencapai suhu 400°C. Menurut Bukhori (2016), Kristal zeolit yang baik digunakan berukuran 10-15 mikron, hal ini dikarenakan semakin kecil ukuran zeolit maka ukuran pori akan semakin luas sehingga frekuensi tumbukan dengan atom minyak goreng semakin besar dan akibatnya aktifitas perengkahan zeolite dalam memutus rantai akan semakin baik. Keunikan dari reaksi yang terjadi akibat adanya zeolit yaitu penghancuran molekul hidrokarbon secara acak untuk menghasilkan hidrokarbon yang lebih kecil. Misal $\text{C}_{15}\text{H}_{32}$ dapat dipecah dengan zeolite menjadi :



2.6 Biofuel

Biofuel merupakan salah satu bahan bakar alternatif yang dapat diproduksi dengan sumber bahan organik yang juga energi non-fosil (Yolanda, 2018). Produk yang dihasilkan berupa bahan bakar nabati yang dikelompokkan menjadi biogasolin, biodiesel dan biokerosin.

Tabel 2.3 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

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

2.6.1 Biogasoline

Menurut Sundaryono & Budiyanto (2010), gasoline merupakan suatu campuran yang kompleks yang tersusun atas hidrokarbon rantai lurus 5 sampai 12 atom C dengan rumus kimia C_nH_{2n+2} . 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). Adapun sifat fisik dan kimia dari gasoline dapat dilihat pada tabel 2.4 dibawah ini :

Tabel 2.4 Sifat fisik dan kimia gasoline

No	Parameter	Persyaratan
1	Berat Molekul	108 (BM rata-rata)
2	Warna	Tidak berwarna sampai coklat pucat
No	Parameter	Persyaratan
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	0,7-0,8 g/ml (suhu yang tidak spesifik)
6	Bau	Bau bensin
7	Kelarutan dalam air (20°C)	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

Tabel 2.5 Standar SNI untuk gasoline SNI 06-3506-2017

Karakteristik	Satuan	SNI 06-3506-2017	
		Batasan	
		Minimal	Maksimal
Angka oktana riset	RON	88	-
Kandungan timbal	g/L	-	0,46
Distilasi :	°C	-	74
- 10% vol. Penguapan	°C	88	125
- 50% vol. Penguapan	°C	-	180
- 90% vol. Penguapan	°C	-	205

Karakteristik	SNI 06-3506-2017		
	Satuan	Batasan	
		Minimal	Maksimal
- Titik didih akhir	% Vol	-	2
- Residu			
Tekanan uap Reid (100°F)	Psi	-	9
- Getah Purwa	Mg/100ml	-	4
- Periode Induksi	menit	240	-
- Kandungan sulfur	% berat	-	0,2
- Titik didih akhir	% vol	-	2

Sumber : Qurratul'uyun, 2017

2.6.2 Biokerosin

Biokerosin merupakan minyak nabati sebagai pengganti minyak tanah atau kerosin. Kerosin merupakan produk minyak bumi yang mempunyai rantai atom karbon C₁₂-C₁₅ 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, et al., 2016).

2.6.3 Biodiesel

Biodiesel merupakan bahan bakar cair yang berasal dari minyak nabati dan lemak yang memiliki sifat pembakaran mirip dengan bahan bakar diesel biasa (Mahfud, 2018). Biodiesel memiliki kelebihan dibandingkan minyak diesel biasa yaitu diproduksi dari bahan baku yang dapat diperbaharui, 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 silakukan dalam SNI 7182-2015, Persyaratan kualitas biodiesel dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2.6 Standar SNI untuk biodiesel SNI 7182:2015

No.	Parameter	Satuan	Nilai
1	Massa jenis pada	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
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 ₂ /100 g)	Maks. 115

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

b. Standar Mutu Bahan Bakar Jenis Solar

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

Tabel 2.7 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/ 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	-	-	

No	Karakteristik	Satuan	Batasan		Metode Uji
			Min	Max	ASTM
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 Pengujian Karakteristik Bahan Bakar Cair

Karakteristik bahan bakar cair yang akan ditentukan 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). Massa jenis atau yang biasa disebut densitas merupakan indikator banyaknya zat-zat pengotor hasil reaksi. 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-6550

Titik nyala merupakan temperatur 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). Titik nyala yang tinggi akan memudahkan penyimpanan bahan bakar, yang artinya minyak tidak akan mudah terbakar pada temperatur ruang (Aziz, 2011:447).

3. Persen *Yield*

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

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

Keterangan :

Mp = massa produk (gr)

Mb = massa bahan baku (gr)

4. Viskositas

Viskositas adalah suatu ukuran dari besarnya perlawanan suatu bahan bakar cair untuk mengalir. Viskositas berhubungan dengan tekanan hidrostatis, tekanan ini mendorong cairan turun melalui pipa kapiler akibat adanya gravitasi. Pengujian viskositas menggunakan viskometer dengan mengukur waktu yang dibutuhkan untuk melewati batas yang telah ditentukan, sesuai dengan ketentuan ASTM D-445.

5. Analisa komponen kimia dengan *Gas Chromatography-Mass Spectroscopy* (GC-MS)

GC-MS merupakan suatu instrumen yang terdiri dari dua metode analisis senyawa. 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 (Agusta, 2000 dalam Qurratul'uyun, 2017). 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 (Mc Nair, 1998; Johnson, 1997 dalam Qurratul'uyun, 2017).