

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Minyak Jelantah

Minyak jelantah (*waste cooking oil*) adalah minyak limbah yang bisa berasal dari jenis-jenis minyak goreng seperti halnya minyak jagung, minyak sayur, minyak samin dan sebagainya. minyak goreng bekas mengandung bahan kimia dengan senyawa yang bersifat karsinogenik, pada proses pemanasan atau pemakaian yang terus menerus dapat merusak kesehatan dan mengurangi kecerdasan manusia. Proses pemanasan yang terus menerus akan berpengaruh terhadap minyak goreng. Pada suhu penggorengan 200°C rantai kimia minyak akan terurai. (*Department of Food Science and Technology*, 2005). Minyak goreng bekas mengandung asam lemak bebas yang tinggi antara 3% - 40% (Marchetti dkk., 2007).

Kandungan FFA dan air dalam minyak jelantah berdampak negatif terhadap reaksi transesterifikasi, karena metil ester dari gliserol menjadi susah dipisahkan, pemanasan yang terlalu lama membuat viskositas, densitas, angka penyabunan semakin tinggi sementara berat molekul dan angka iodin semakin menurun (Mahreni, 2010). Komposisi Asam lemak dari minyak jelantah dapat dilihat pada Tabel 2.1.

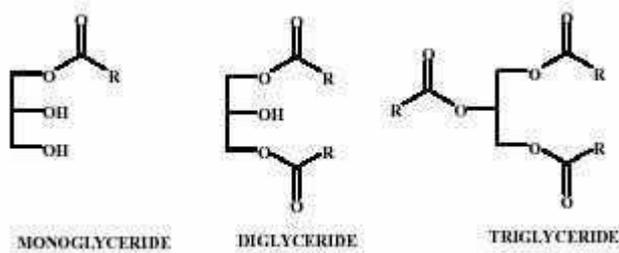
**Tabel 2.1** Komposisi Asam Lemak Minyak Jelantah

Kriteria	Nilai (wt%)
Asam Palmitat	21,47
Asam Stearat	13
Asam Oleat	28,64
Asam Linoleat	13,58
Asam Linoleneat	1,59
Asam Miristat	3,21
Asam Laurat	1,1
Lain-lain	9,34

Sumber : Taufiqurrahmi dkk, 2011

### 2.1.1 Struktur Kimia Minyak Jelantah

Trigliserida adalah triester dari gliserol dengan asam – asam lemak, yaitu asam – asam karboksilat beratom karbon 6 s/d 30. Trigliserida banyak dikandung 6 dalam minyak dan lemak, merupakan komponen terbesar penyusun minyak nabati. Selain trigliserida, terdapat juga monogliserida dan digliserida. Struktur molekul dari ketiga macam gliserida tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.1 (Destiana. M, ITB 2007).



**Gambar 2.1** Struktur Molekul Minyak Jelantah

## 2.2 Katalis

### 2.2.1 Pengertian Katalis

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 (Trisunaryanti, 2018).

Katalis memiliki beberapa kegunaan, diantaranya (Widi, 2018):

- Menurunkan penghalang (*barrier*) energi aktivasi ( $E_a$ ).
- Memperoleh/menghasilkan produk lebih cepat.
- Menurunkan suhu reaksi.
- Memperoleh produk metastabil (produk antara) dan bukan produk termodinamika yang disukai (produk akhir).
- Mempertahankan konstanta kesetimbangan ( $K_p$  atau  $K_c$ ) sehingga dapat mempercepat reaksi maju (ke kanan) maupun reaksi balik (ke kiri).

Pada umumnya Katalis hanya mempengaruhi laju pencapaian kesetimbangan, bukan posisi kesetimbangan, (misalnya: membalikkan reaksi). Katalis tidak mengganggu hasil suatu reaksi kesetimbangan dan konsentrasi atau massanya setelah reaksi selesai sama dengan konsentrasi atau massa reaksi sebelum reaksi dilangsungkan. Artinya, katalis bukan berfungsi mengubah zat yang tidak bereaksi

menjadi bereaksi, melainkan mengubah zat yang bereaksi lambat menjadi bereaksi cepat.

### 2.2.2 Komponen – Komponen Katalis

Beberapa bahan katalis pada umumnya tersusun dari zat tunggal, namun kebanyakan katalis memiliki tiga komponen yaitu:

#### 1. Komponen Aktif

Komponen aktif berperan untuk reaksi kimia yang utama (Widi, 2018). Komponen aktif merupakan inti katalis yang bertugas mempercepat dan mengarahkan reaksi sehingga komponen ini harus aktif mengonversikan reaktan dan selektif dalam pembentukan produk (Tsani, 2011) *Pengemban/Penyangga (Support)*

Penyangga berfungsi sebagai tempat penebaran komponen aktif dengan tujuan memperluas kontak antara komponen aktif dengan reaktan tanpa mengurangi aktivitas komponen itu sendiri (Tsani, 2011).

Pada umumnya, katalis heterogen dapat mengalami *sintering* (penggabungan atau penggumpalan) sampai batas tertentu sehingga dapat menimbulkan penurunan luas permukaan dan mengurangi aktivitas katalis (Widi, 2018). Pengemban dapat memberi celah fisik antara kristal komponen aktif katalis sehingga menghambat terjadinya *sintering* (Widi, 2018).

Menurut Widi (2018), pengemban memiliki banyak fungsi, diantaranya:

- a. Mempertahankan luas permukaan komponen aktif tetap tinggi.
- b. Menciptakan permukaan yang stabil dimana komponen aktif terdispersi sedemikian rupa sehingga *sintering* tidak terjadi.
- c. Berdampak pada stabilitas termal dan kekuatan mekanik partikel katalis.
- d. Inert dan memberikan efek terhadap porositas

#### 2. Promotor

Promotor merupakan zat yang dapat meningkatkan aktivitas katalis (Widi, 2018). Promotor ditambahkan untuk meningkatkan kinerja katalis dalam jumlah kecil saat pembuatan katalis (Tsani, 2011).

Dengan adanya promotor, pengemban terlindungi dari segala gangguan dan perubahan jangka panjang, serta menghambat aktivitas yang tidak diinginkan.

### 2.2.3 Klasifikasi Katalis

Material katalis sangat beragam jenisnya, tergantung dari proses reaksi kimia yang akan dikatalisasi, ukuran molekul reaktan, produk yang dikehendaki, dan kondisi reaksi katalisasi (Trisunaryanti, 2018).

Katalis diklasifikasikan menjadi beberapa kategori yaitu:

#### 1. Katalisis Homogen

Material yang digunakan pada katalisis homogen memiliki fase yang sama dengan reaktan dan produk (Widi, 2018). Menurut Trisunaryanti (2018), katalisis homogen adalah proses kimia yang melibatkan katalis dimana umpan dan katalis memiliki fase yang sama, berupa gas-gas atau cair-cair.

#### 2. Katalis Heterogen

Katalisis heterogen merupakan proses reaksi kimia yang melibatkan katalis, dimana material katalis dan umpan (reaktan) memiliki fase yang berbeda, berupa padat-cair, padat-gas, atau gas-cair.

Proses katalisis heterogen memiliki beberapa kelebihan, diantaranya memungkinkan pemisahan umpan (reaktan) dan produk dari katalis, pemahaman dan kontrol terhadap teknologi proses menjadi lebih mudah, katalis dapat diregenerasi maupun digunakan kembali, dan dapat dilakukan kontrol terhadap limbah dan komponen beracun (Widi, 2018).

### 2.2.4 Katalis NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Katalis didefinisikan merupakan material yang berfungsi untuk mempercepat reaksi dan menurunkan energi aktivasi. Katalis bekerja dengan cara menurunkan energi aktivasi dalam reaksi. Energi aktivasi adalah energi minimum yang dibutuhkan untuk menghasilkan suatu produk. Dalam proses produksi *green diesel*, tahapan *Hydroprocessing* juga memerlukan katalis, salah satunya adalah NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Katalis NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> terdiri dari logam metal berupa *Nickel* (Ni) dan *Molybdenum* (Mo) dan pendukung berupa  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Arun dkk, 2015)

Katalis NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> memiliki ukuran pori yang lebih kecil dari katalis lainnya hingga menghasilkan persen yield C<sub>18</sub> (green diesel) tertinggi (Mughal, 2011). Beberapa penelitian pada katalis NiMo/  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, dengan *yield* 83% dan *index cetane* 46,5% (Setiawan, D. et.al, 2019) aktivasi NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> konversi 46% (Kumar,P. dkk., 2019), Pengembangan Katalis NiMoP/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-B<sub>2</sub>O<sub>2</sub> konversi

81,45% (Dwiratna, B. dkk., 2015). dan aktivasi NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dengan persentase yield sebesar 98% (Orozko dkk, 2017). Penambahan promotor pada katalis berupa K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> dan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> berfungsi untuk meningkatkan aktivitas dari katalis, serta mengurangi deposit karbon (*coke removal*) yang mungkin dihasilkan oleh  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Hagen, 2006). Sedangkan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> berfungsi untuk meningkatkan pusat aktif dari katalis. Promotor K dan P cocok untuk proses dengan temperatur tinggi, serta berfungsi untuk menetralisasi pusat asam, mereduksi *coke*, dan meningkatkan dispersi *molybdenum* di dalam katalis.

1. Alumina ( $\gamma$ - Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) dengan luas area spesifik 160-300 m<sup>2</sup>/g memiliki peran sebagai support atau penyangga katalis (Hagen, 2006). Support adalah suatu komponen dalam katalis yang berfungsi untuk memperbesar luas permukaan katalis dengan menyediakan permukaan pori atau sebagai cetakan bentuk katalis. Umumnya penyangga  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sering digunakan karena harganya cukup ekonomis, memiliki struktur yang stabil, dan ukuran porinya dapat divariasikan. Support ini relatif stabil pada temperatur tinggi, mudah dibentuk, dan memiliki titik leleh yang cukup tinggi, serta cocok untuk reaksi yang melibatkan hidrogen karena membutuhkan luas permukaan yang besar (Zhong He, 2012).
2. Nikel (Ni) merupakan logam yang sering digunakan sebagai komponen katalis dalam berbagai macam proses *hydrotreating*. Logam ini dipilih karena memiliki titik leleh yang tinggi sehingga dapat digunakan dalam kondisi operasi yang sangat eksotermis. Penggunaan katalis dari logam non-mulia seperti Ni, Co, dan Mo, atau kombinasi dari ketiganya pada proses *hydrotreating* dapat menghasilkan yield terhadap produk yang diinginkan dalam jumlah yang sama atau lebih besar dibandingkan menggunakan katalis logam mulia (Dindi et al, 2008). Logam Ni lebih selektif terhadap proses deoksigenasi melalui jalur dekarboksilasi.
3. *Molybdenum* (Mo) pada katalis lebih selektif terhadap proses deoksigenasi melalui jalur hidrideoksigenasi. *Molybdenum* memiliki aktivitas yang rendah dalam proses hidrogenasi tetapi memiliki aktivitas yang lebih tinggi dalam proses hidrideoksigenasi.
4. Promotor adalah substansi yang tidak aktif dalam katalisis tetapi mampu meningkatkan aktivitas dari katalis. Promotor yang digunakan dalam variasi

penelitian ini adalah K yang diperoleh dari  $K_2CO_3$  atau  $K_2O$  dan P yang diperoleh dari  $H_3PO_4$ .  $K_2CO_3$  merupakan promotor yang paling efektif dalam menghilangkan mengurangi deposit karbon (*coke removal*) yang mungkin dihasilkan oleh  $\gamma-Al_2O_3$  (Hagen, 2006), sedangkan  $H_3PO_4$  berfungsi untuk meningkatkan pusat aktif dari katalis. Variasi rasio promotor dipresentasikan dengan rasio massa  $K_2CO_3$  sebesar 25% dan 50% dari massa  $H_3PO_4$  (Hudaya,dkk. 2015)

### 2.3 Parameter Uji Katalis

Pengujian katalis NiMo/ $\gamma-Al_2O_3$  dapat dilakukan menggunakan metode XRD (*X-Ray Diffraction*). XRD adalah metode analisa yang memanfaatkan interaksi sinar x dengan atom yang tersusun pada sebuah kristal. XRD merupakan alat yang digunakan untuk melihat karakteristik struktur kristal, ukuran kristal dari suatu bahan padat (Maghfury dikutip Mukti, 2020). Bahan padat yang mengandung kristal tertentu ketika dianalisa menggunakan XRD akan memunculkan nilai puncak spesifik.

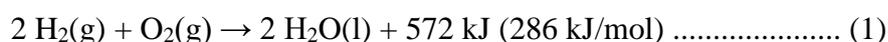
Struktur kristal merupakan susunan atom-atom yang teratur dalam ruang tiga dimensi. Keteraturan susunan tersebut disebabkan oleh kondisi geometris yang dipengaruhi oleh ikatan atom yang memiliki arah (Muzakir, 2012)

### 2.4 Gas Hidrogen

Hidrogen merupakan unsur berbentuk gas yang paling melimpah dengan persentase kira-kira 75% dari total massa unsur alam semesta yang telah digunakan selama bertahun-tahun sebelum akhirnya dinyatakan sebagai unsur yang unik oleh Cavendish di tahun 1776. Dinamakan hidrogen oleh Lavoisier yang berasal dari bahasa Yunani, *hydro* = air dan *genes* = pembentukan. Pada suhu dan tekanan standar, hidrogen tidak berwarna, tidak berbau, bersifat non-logam, bervalensi tunggal, dan merupakan gas diatomik yang sangat mudah terbakar. Hidrogen memiliki nilai pembakaran atas (*high heating value*) paling besar dari semua bahan bakar kimia (Paggiaro, 2008). Hidrogen menyimpan energi kimia sebesar 142 MJ/kg dibandingkan dengan cairan hidrokarbon yang menyimpan energi kimia sebesar 47 MJ/kg.

Senyawa hidrogen relatif langka dan jarang dijumpai secara alami di bumi, dan biasanya dihasilkan secara industri dari berbagai senyawa hidrokarbon seperti metana. Pada konsentrasi rendah sekitar 4% dan suhu ruang, hidrogen dapat terbakar secara spontan bila bereaksi dengan klorin dan fluorin.

Hidrogen juga dapat dihasilkan dari air melalui proses elektrolisis. Hidrogen atau H<sub>2</sub> mempunyai kandungan energi per satuan berat tertinggi, dibandingkan dengan bahan bakar manapun. Gas hidrogen sangat mudah terbakar dan akan terbakar pada konsentrasi serendah 4% H<sub>2</sub> di udara bebas. Entalpi pembakaran hidrogen adalah -286 kJ/mol. Hidrogen terbakar menurut persamaan kimia:



Tabel sifat fisik dan kimia Hidrogen dapat dilihat pada Tabel 2.3.

**Tabel 2.2** Sifat Fisik dan Kimia Hidrogen (H<sub>2</sub>) (Jolly, 2019)

Sifat Fisik dan Kimia	Spesifikasi
Jarak Ikatan	0,7416 angstrom
Energi Disosiasi (25°C)	104,19 kcal/mol
Densitas (Fase Padat)	0,08671 gr/cm <sup>3</sup>
Titik Leleh	-259,20°C
Densitas (Fase Cair)	0,07099 gr/cm <sup>3</sup> (-252,78°C)
Titik Didih	-252,77°C
Panas Penguapan	216 cal/mol
Temperatur Kritis	-240°C
Tekanan Kritis	13,0 atm
Densitas Kritis	0,0310 gr/cm <sup>3</sup>
Panas Pembakaran	-57,796 (kcal/mol)

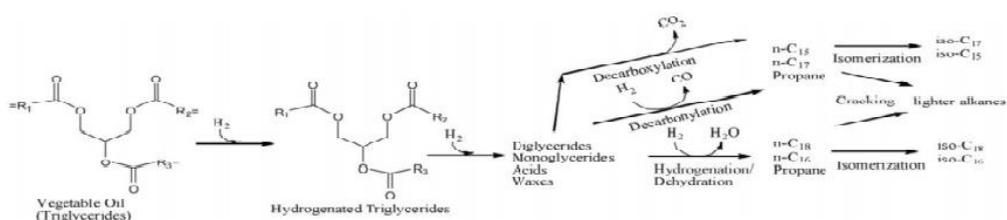
Dalam banyak hal, hidrogen merupakan bahan bakar yang sempurna. Berjumlah melimpah, sangat efisien, dan tidak menghasilkan emisi saat terbakar, tidak beracun, dapat diproduksi dari sumber daya terbarukan, dan bukan merupakan gas rumah kaca. Senyawa hidrogen relatif langka dan jarang dijumpai secara alami di bumi sehingga untuk mendapatkan gas hidrogen maka harus secara khusus dibuat. Gas Hidrogen biasanya dihasilkan dalam skala industri dari berbagai senyawa hidrokarbon. Hidrogen mudah larut dalam berbagai senyawa alkali tanah dan transisi, terutama dengan karbon. Reaksi pembentukan senyawa yang terjadi antara karbon dan hidrogen disebut reaksi hidrogenasi. Pada reaksi ini, ikatan

karbon diputuskan oleh hidrogen sampai ikatan rangkap karbon menjadi jenuh (Andhika, R., 2012).

## 2.5 Proses *Hydrotreating*

Proses *hydrotreating* merupakan reaksi senyawa organik dengan proses hidredeoksigenasi. Proses hidredeoksigenasi adalah proses yang menggunakan hidrogen bertekanan tinggi untuk menghilangkan oksigen serta heteroatom lainnya, yaitu nitrogen, sulfur, dan klorin (De S, dkk., 2015). Penggunaan gas hidrogen sangat diperlukan karena jika tidak maka akan terjadi deaktivasi katalis.

Reaksi-reaksi *hydrotreating* yang utama adalah hidredeoksigenasi, dekarboksilasi, hidroisomerisasi, dan *hydrocracking*. Hidredeoksigenasi adalah suatu proses yang bertujuan menghilangkan oksigen dari suatu bahan dengan cara memotong ikatan karbon-oksigen dengan menggunakan gas hidrogen. Proses hidredeoksigenasi biasa diikuti dengan reaksi hidrogenasi, dekarboksilasi, dan dekarbonilasi, ataupun gabungan ketiganya. Dalam hidredeoksigenasi terjadi peningkatan nilai energi pada minyak dengan melepaskan gugus oksi dalam bentuk  $H_2O$  atau dalam bentuk  $CO_2$  melalui proses dekarboksilasi. Tujuan utama dari proses ini adalah untuk mereduksi rasio O/C dan secara simultan meningkatkan rasio H/C (Mohammad, dkk., 2012). Reaksi kimia *Hydrotreating* trigliserida menjadi green diesel dapat dilihat pada Gambar 2.1.



**Gambar 2.2** Reaksi *hydrotreating* trigliserida menjadi *green diesel*

Penelitian lainnya juga dilakukan oleh Abdulkareem-Alsultan dkk. (2018). Dalam penelitiannya, digunakan minyak goreng bekas sebagai bahan baku dengan katalis  $Ag_2O_3-La_2O_3/ACnano$ . Pada penelitiannya diperoleh *yield* melebihi 89% hidrokarbon dan selektivitas n- (C15 + C17) sebesar 93%. Hal tersebut diperoleh pada kondisi optimum katalis 1% wt., suhu reaksi  $350^{\circ}C$ , dan waktu reaksi selama 120 menit. Selain itu, Orozco dkk.. (2017) juga melakukan penelitian terkait

pemanfaatan minyak nabati menjadi bahan bakar. Penelitiannya menggunakan minyak jarak dengan katalis Ni-Mo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> pada suhu 270°C dan 350°C. Perbandingan H<sub>2</sub> / minyak 35 : 1. Dari penelitiannya dihasilkan kemurnian relatif produk sebesar 95% - 98%.

Variabel-variabel yang mempengaruhi hidrogenasi adalah suhu, tekanan, pengadukan, tingkat katalisasi, pemilihan katalis (Andhika, R., 2012), yang dijelaskan seperti di bawah ini:

#### 1) Suhu

Seperti reaksi kimia lainnya, kenaikan suhu reaksi hidrogenasi akan mempercepat laju reaksi. Peningkatan suhu mengurangi kelarutan gas hidrogen dalam asam, sementara laju reaksi meningkat. Hal ini menyebabkan jumlah hidrogen yang diserap oleh katalis meningkat. Meningkatnya jumlah hidrogen yang diserap katalis akan meningkatkan selektivitas pembentukan isomer. Suhu optimum hidrogenasi bervariasi terhadap produk yang diinginkan, tetapi untuk lemak dan minyak suhu maksimumnya berkisar antara 300-450°C.

#### 2) Tekanan

Kebanyakan lemak dan minyak terbentuk pada tekanan hidrogenasi dengan range 0,8-4 atm. Pada tekanan yang rendah, gas hidrogen yang terlarut dalam minyak tidak menutupi permukaan katalis, hidrogen yang diserap katalis sedikit. Sedangkan pada tekanan yang lebih tinggi, gas hidrogen yang diserap lebih banyak sehingga laju reaksi meningkat. Tekanan gas hidrogen yang tinggi bertujuan untuk meningkatkan kelarutan gas H<sub>2</sub> dalam minyak nabati, serta mencegah pembentukan deposit karbon pada permukaan katalis.

#### 3) Pengadukan

Fungsi utama dari pengadukan adalah untuk mensuplai hidrogen terlarut ke permukaan katalis. Pendistribusian masa reaksi dilakukan dengan pengadukan supaya distribusi pemanasan dan pendinginan suhu dapat dikontrol sehingga suspensi katalis ke dalam lemak dan minyak menjadi seragam.

#### 4) Tingkat Katalisasi

Laju hidrogenasi akan meningkat seiring meningkatnya konsentrasi katalis hingga titik tertentu, disebabkan kenaikan aktifitas permukaan katalis.

#### 5) Pemilihan Katalis

Pemilihan katalis yang tepat membantu proses hidrogenasi dan berpengaruh kuat pada laju reaksi, selektivitas, dan geometrik isomer lemak dan minyak. Katalis terdiri dari katalis homogen dan heterogen. Katalis homogen biasanya berupa cairan dan digunakan untuk enzim. Sedangkan katalis heterogen berbentuk logam bubuk yang diabsorpsikan pada suatu *inert* yang digunakan sebagai katalis hidrogenasi.

#### 6) Racun Katalis

Racun katalis adalah zat yang dalam jumlah sedikit dapat menghambat kerja katalis. Akibatnya secara langsung adalah dapat mengurangi konsentrasi katalis, menurunkan selektivitas, laju reaksi, serta isomerisasi yang secara tidak langsung memberikan pengaruh signifikan terhadap produk.

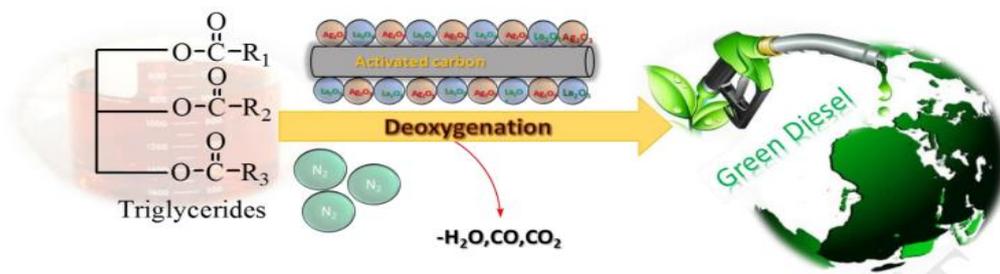
### 2.6 *Green Diesel*

*Green diesel* merupakan minyak diesel terbarukan yang terhidrogenasi sebagai alternatif bahan bakar yang menjanjikan karena memiliki kemiripan sifat dengan minyak diesel dari petroleum, diantaranya *cetane number* yang tinggi, jumlah kalor yang tinggi, dan ramah lingkungan dibandingkan dengan diesel yang berasal dari petroleum.

*Green diesel* juga dikenal sebagai diesel terbarukan (*renewable diesel*). *Renewable diesel* memiliki komposisi utama yang terdiri dari alkana rantai panjang, alkana rantai pendek dan bercabang serta aromatik yang memenuhi syarat. Alkana rantai panjang memiliki angka *cetane* yang tinggi, dan angka *cetane* yang rendah untuk alkana rantai pendek dan bercabang (Patel dan Kumar, 2016). Dalam prosesnya, ikatan rangkap dan gugus oksigen yang ada dalam bahan baku dipecah dan dihilangkan dengan mengolah bahan baku dengan hidrogen di bawah suhu tinggi dengan adanya katalis dalam kilang..

*Green Diesel* diperoleh dengan mengadopsi salah satu proses yang ada di kilang minyak bumi yakni *hydrotreating*. Proses dapat mentransformasi trigliserida

menjadi hidrokarbon rantai panjang ( $C_{15}$ - $C_{18}$ ) dengan bantuan katalis (Ameen *et.al*, 2018). Dengan proses *hydrotreating* menggunakan katalis mampu mengubah ikatan senyawa trigliserida dalam minyak nabati menjadi senyawa hidrokarbon rantai parafinik lurus yang menyerupai struktur senyawa hidrokarbon dalam minyak solar. Hidrogen digunakan untuk melepas oksigen yang terikat pada molekul trigliserida. *Green Diesel* ini dihasilkan dari tumbuhan biomassa yang sebagian besar bahannya adalah lignoselulosa, karena hal ini membuat sebagian besar sumber bahan bakunya dapat berasal dari biomassa yang bukan sumber makanan, dan ini tersedia murah dan berlimpah di Indonesia (Naik, 2010).



**Gambar 2.3** Reaksi Pembentukan *Green Diesel*

Sumber: Alsultan *et.al* (2018)

Dalam proses pembuatan green diesel, bahan baku yang digunakan dapat berupa trigliserida maupun asam lemak bebas. Trigliserida dan asam lemak bebas masing-masing mengandung rantai alifatik hidrokarbon yang panjang. Sebagian dari rantai alifatik merupakan hidrokarbon tidak jenuh dan memiliki rentang nomor karbon maupun berat molekul yang mirip dengan bahan bakar diesel (Kalnes *et.al*, 2009).

*Green diesel* memiliki kelebihan dibandingkan biodiesel (FAME). Kelebihan *green diesel* atau biodiesel G2 ini mampu mencapai bilangan *cetane* 55-90 jauh lebih tinggi dari capaian biodiesel G1 yang hanya 40-45, sehingga minyak yang dihasilkan dapat langsung dipakai sebagai bahan bakar mesin diesel tanpa harus ditambahkan dengan solar bahkan tanpa harus melakukan modifikasi mesin dan *green diesel* lebih ramah lingkungan dan  $CO_2$  yang di produksi dari proses pembuatan green diesel lebih rendah daripada produksi pembuatan FAME (Holmgren *et.al*, 2007).

Penggunaan green diesel menjadi bahan bakar dalam sektor transportasi mampu mereduksi emisi gas rumah kaca, diversifikasi sumber energi, meningkatkan keamanan energi, dan menstimulasi ekonomi maupun pertanian di pedesaan (Kalnes *et.al*, 2009).

Sifat fisik dan kimia dari biodiesel dan green diesel dapat dilihat pada Tabel 2.5.

**Tabel 2.3** Sifat Fisik dan Kimia Biodiesel dan *Green Diesel*

Parameter	Biodiesel	<i>Green Diesel</i>
	<i>European Standard</i> EN14214/A2:2018	<i>European Standard</i> EN15940:2016/A1:2018
<i>Cetane Number</i> (CN)	min 51	min 70
<i>Density</i> (kg/m <sup>3</sup> )	860-890	765-800
<i>Viscosity</i> (mm <sup>2</sup> /s)	3,5-5,0	2-4,5
<i>Flash Point</i> (°C)	min 101	min 55
<i>Water Content</i> (ppm)	Maks 500	Maks 200
<i>Heating Value</i> (MJ/kg)	37,2	43,70-44,5

(Savvas L. Douvartzides, dkk. 2019)

*Green diesel* memiliki kelebihan dibandingkan biodiesel atau Fatty Acid Methyl Ester (FAME). *Green diesel* lebih ramah lingkungan dan CO<sub>2</sub> yang di produksi dari proses pembuatan *green diesel* lebih rendah daripada produksi pembuatan FAME (Holmgren dkk., 2007).

## 2.7 Parameter Kualitas *Green Diesel*

Analisa yang digunakan untuk mengetahui kualitas dan kuantitas dari diesel adalah sebagai berikut :

### a. Densitas

Densitas merupakan berat massa suatu bahan per satuan volume. Bentuk persamaannya :

$$\text{Berat Jenis} = \frac{\text{Massa}}{\text{Volume}} = \frac{m}{V} \quad (\text{Sumber: Qurratul,uyun. 2017})$$

Satuan dari densitas adalah kg/dm<sup>3</sup>, gr/cm<sup>3</sup>, atau gr/ml. Densitas mempunyai harga tetap pada temperatur tertentu dan tidak tergantung pada suatu bahan. Densitas suatu jenis zat cair dapat dihitung dengan mengukur berat zat cair di dalam piknometer, dan volume zat ditentukan berdasarkan volume piknometer.

$$\text{Berat Jenis zat Cair} = \frac{\text{Berat Zat Cair dalam Piknometer}}{\text{Volume Zat Cair dalam Piknometer}}$$

b. Titik Nyala

Titik nyala merupakan nilai temperatur terendah dari suatu bahan bakar minyak dimana menimbulkan percikan api sesaat, apabila bahan bakar didekatkan dengan api. Titik nyala ini di perlukan untuk proses penyimpanan agar saat proses penyimpanan bahan bakar dan pengangkutan bahan bakar tidak terjadi kebakaran yang disebabkan oleh temperatur yang tinggi.

c. Viskositas

Viskositas adalah suatu angka yang menyatakan besar perlawanan atau hambatan dari suatu bahan cair untuk mengalir atau ukurannya tahanan geser dari bahan cair. Makin tinggi viskositas minyak akan makin kental dan lebih sulit mengalir. Demikian sebaliknya makin rendah viskositas minyak makin encer dan lebih mudah minyak untuk mengalir. Viskositas merupakan sifat yang sangat penting dalam penyimpanan dan penggunaan bahan bakar minyak. Viskositas mempengaruhi derajat pemanasan awal yang diperlukan untuk handling, penyimpanan dan atomisasi yang memuaskan. Jika minyak terlalu kental, maka akan menyulitkan dalam pemompaan, sulit untuk menyalakan burner, dan sulit dialirkan.

Rumus perhitungan Viskositas yaitu:

a. Viskositas Dinamik

$$(\mu) = K (\rho_1 - \rho_2) t \quad (\text{Sumber: Panduan Viskositas Lab.KAI Polsri})$$

Dimana :

$$\mu = \text{Viskositas dinamik (mPa.s)}$$

$$K = \text{Konstanta Bola (mPa.s.cm}^3\text{/gr.s)}$$

$$\rho_1 = \text{densitas bola (gr/cm}^3\text{)}$$

$$\rho_2 = \text{densitas sampel (gr/cm}^3\text{)}$$

$$t = \text{Waktu rata-rata (s)}$$

b. Viskositas Kinematik

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

Dimana :

$\nu$  = Viskositas Kinematik (cSt)

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

$\rho_{\text{BBC}}$  = Densitas Bahan Bakar Cair (gr/cm<sup>3</sup>)

d. Kadar Air

Kadar air minyak tungku/furnace pada saat pemasokan umumnya sangat rendah sebab produk disuling dalam kondisi panas. Batas maksimum 200 ppm ditentukan sebagai standar. Air dapat berada dalam bentuk bebas atau emulsi dan dapat menyebabkan kerusakan dibagian dalam permukaan tungku selama pembakaran terutama jika mengandung garam terlarut. Air juga dapat menyebabkan percikan nyala api di ujung *burner*, yang dapat mematikan nyala api, menurunkan suhu nyala api atau memperlama penyalaan.

e. Nilai Kalor

Nilai kalor merupakan nilai yang menyatakan jumlah panas yang dihasilkan bahan bakar dari proses pembakaran dengan udara atau oksigen. Nilai kalor berbanding terbalik dengan densitas suatu minyak, semakin kecil densitas suatu bahan bakar minyak maka nilai kalor yang dihasilkan semakin besar, begitupun sebaliknya semakin besar densitas suatu bahan bakar minyak maka nilai kalor yang dihasilkan semakin kecil. Nilai kalor atas bahan bakar cair ditentukan dengan dengan pembakaran dengan oksigen bertekanan pada *bomb calorimeter*. *Bomb Calorimeter* ini terdiri dari *container stainless steel* yang dikelilingi bak air yang besar. Bak air tersebut bertujuan meyakinkan bahwa temperatur akhir produk akan berada sedikit diatas temperatur awal reaktan, yaitu 25<sup>0</sup>C. Menurut *Green Diesel European Standards*, *green diesel* memiliki nilai kalor 43,70-44,5 Mj/kg. Nilai kalori diperlukan karena dapat digunakan untuk menghitung jumlah konsumsi bahan bakar minyak yang dibutuhkan untuk suatu mesin dalam suatu periode.

f. *Cetane Number*

*Cetane Number* merupakan ukuran dari kualitas penyalaan dari suatu bahan bakar. Kualitas penyalaan bahan bakar diesel tergantung pada komposisi molekulnya, Semakin cepat suatu bahan bakar diesel terbakar di

dalam ruang bahan bakar , maka semakin tinggi cetane number bakar tersebut (Amir A, 2010)

g. *Gas Chromatography Mass Spectrometry (GC-MS)*

GC-MS merupakan metode pemisahan senyawa organik yang menggunakan dua metode analisis senyawa yaitu kromatografi gas (GC) untuk menganalisa jumlah senyawa secara kuantitatif dan spektrometri massa (MS) untuk menganalisis struktur molekul senyawa analit. Gas kromatografi merupakan salah satu teknik spektroskopi yang menggunakan prinsip pemisahan campuran berdasarkan perbedaan kecepatan migrasi komponen-komponen penyusunnya. Gas kromatografi biasa digunakan untuk mengidentifikasi suatu senyawa yang terdapat pada campuran gas dan juga menentukan konsentrasi suatu senyawa dalam fase gas.

Spektroskopi massa adalah suatu metode untuk mendapatkan berat molekul dengan cara mencari perbandingan massa terhadap muatan dari ion yang muatannya diketahui dengan mengukur jari-jari orbit melingkarnya dalam medan magnetic seragam. Paduan keduanya dapat menghasilkan data yang lebih akurat dalam pengidentifikasian senyawa yang dilengkapi dengan struktur molekulnya.