

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 *Green Diesel*

*Green Diesel* merupakan bahan bakar solar berbasis minyak nabati yang dapat langsung dipakai sebagai bahan bakar mesin *diesel* tanpa harus ditambahkan dengan solar. *Green diesel* diperoleh dari hasil pengolahan trigliserida dan asam lemak minyak nabati dengan cara *hydrotreating* dengan menghasilkan produk berupa alkana rantai panjang, pendek, dan bercabang serta aromatik yang memenuhi syarat, yaitu C<sub>15</sub>-C<sub>18</sub> (Patel dan Kumar, 2019).

*Green diesel* dikenal dengan *renewable diesel* atau *diesel* terbarukan yang bersifat ramah lingkungan, menghasilkan emisi CO<sub>2</sub> lebih rendah, serta hasil dari pembakarannya memproduksi limbah yang lebih sedikit dibanding dengan minyak *diesel* yang lain (Salamah dan Satyawan, 2013). Hal ini disebabkan karena di dalam proses pembuatannya dilakukan penghilangan kadar oksigen serta heteroatom lainnya, seperti nitrogen, sulfur, dan klorin (De S, dkk., 2015). Selain dari itu, *green diesel* juga memiliki angka bilangan setana yang lebih tinggi dibandingkan dengan bahan bakar *diesel* lainnya. Perbedaan sifat-sifat *green diesel* terhadap solar minyak bumi dan *biodiesel* dapat dilihat pada Tabel 2.1.

**Tabel 2.1** Perbedaan Sifat-Sifat Solar

Karakteristik	Jenis Solar		
	Solar Minyak Bumi	<i>Biodiesel</i>	<i>Green Diesel</i>
O <sub>2</sub> (%)	0	11	0
<i>Spesific Gravity</i>	0,84	0,88	0,78
Sulfur (ppm)	<10	<1	<1
Nilai Kalor (MJ/kg)	43	38	44
Viskositas (mm <sup>2</sup> /s)	2,0 – 4,5	2,0 – 4,5	2,62
Titik Nyala (°C)	52	55	55
Bilangan Setana	40	50 – 65	70 – 90
Kestabilan	Baik	Kurang	Baik

*Sumber : Dunforfd, 2019., KESDM, 2020., Purwanto, 2020.*

## 2.2 Minyak Jelantah

Minyak jelantah merupakan limbah yang diperoleh dari proses penggorengan dengan karakteristik berwarna kecoklatan dan berbau yang tidak dapat digunakan kembali sebagai bahan pangan. Hal ini karena minyak jelantah memiliki bilangan peroksida jauh di atas SNI, yaitu 5,15 mg O<sub>2</sub>/100g s.d. 7,89 mg O<sub>2</sub>/100g (Suroso, 2013). Bilangan peroksida yang tinggi dapat merusak kesehatan dan mengurangi kecerdasan manusia.

Selain itu, minyak jelantah masih ada kemiripan dengan minyak nabati lainnya, yaitu masih terdapat kandungan trigliserida dan asam lemak di dalamnya. Pernyataan ini dibuktikan dengan penelitian oleh Mannu, dkk., (2019) yang mana pada penelitian tersebut menunjukkan bahwa minyak jelantah mengandung trigliserida berupa asam oleat sebanyak 70%, asam linoleat sebanyak 13%, dan asam linolenat sebanyak kurang dari 3%. Selain trigliserida, minyak jelantah mengandung ALB (Asam Lemak Bebas) sebesar 0,21% s.d. 0,33% yang melebihi SNI, yaitu 0,3%. Oleh karena itu, untuk menurunkan kandungan ALB, minyak jelantah dilakukan proses *bleaching* (Mahmudah dan Nopiyanti, 2019). Komposisi asam lemak minyak jelantah dapat dilihat pada Tabel 2.2.

**Tabel 2.2** Komposisi Asam Lemak Minyak Jelantah

Asam Lemak	Persentase Komponen (%)
Oleat (C <sub>18</sub> )	70
Linoleat (C <sub>18</sub> )	13
Linolenat (C <sub>20</sub> )	>3

Sumber: Mannu, dkk. (2019)

## 2.3 Hidrogen

Hidrogen adalah unsur berbentuk gas yang memiliki persentase kira-kira mencapai 75% dari total massa unsur alam semesta. Setelah digunakan selama bertahun-tahun, 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 keadaan tekanan standar, hidrogen tidak memiliki warna, tidak berbau, bersifat nonlogam, bervalensi tunggal, dan sangat reaktif 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. Hidrogen mudah larut dalam berbagai senyawa alkali tanah dan transisi, terutama dengan karbon. Reaksi yang terjadi antara karbon dan hidrogen di sebut dengan reaksi hidrogenasi dimana ikatan karbon akan di putuskan oleh hidrogen hingga ikatan rangkap karbon menjadi jenuh. (Andhika,2012)

**Tabel 2.3** Sifat Fisik dan Kimia Hidrogen

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

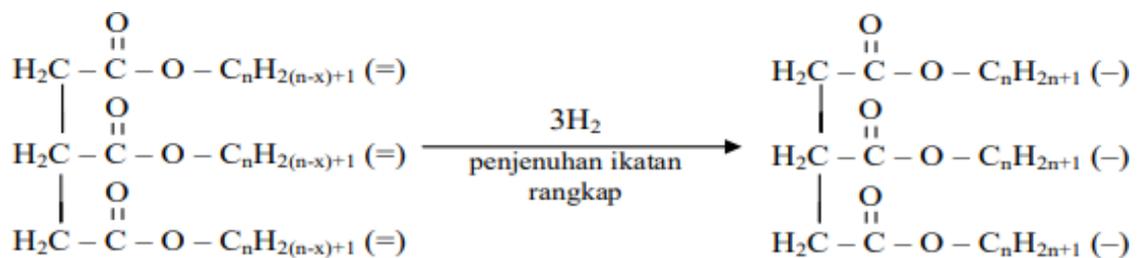
Sumber: (Wikipedia, 2022)

#### 2.4 Proses *Hydrotreating*

Proses *hydrotreating* adalah suatu proses reaksi katalitik yang memutuskan ikatan rangkap dari asam lemak atau trigliserida menjadi jenuh. Pada proses ini menggunakan hidrogen yang bertekanan untuk mengeliminasi atom-atom heterogen atau heteroatom, seperti nitrogen, oksigen, belerang, dan logam. Tahap pertama proses *hydrotreating* adalah proses hidrogenasi. Kemudian dilanjutkan dengan proses hidrogenasi terkatalitik yang berfungsi untuk menghilangkan oksigen yang mana terdapat 3 jalur reaksi, yaitu reaksi hidredeoksigenasi dan dekarboksilasi, dan dekarbonilasi.

### 2.4.1. Proses Hidrogenasi

Proses hidrogenasi adalah suatu proses yang dilakukan sebelum masuk ke proses *hydrotreating*. Proses ini merupakan suatu proses pemutusan ikatan rangkap menjadi ikatan tunggal dengan mengadiskan molekul hidrogen pada ikatan rangkap trigliserida pada minyak (Yemişçiöğlü, dkk dalam Hudaya, 2015). Gas hidrogen diinjeksikan secara berlebih untuk menghindari terjadinya reaksi ketonisasi, reaksi polimerisasi, reaksi aromatisasi, dan reaksi siklisasi. Sedangkan, kurangnya injeksi gas hidrogen dapat memicu terjadinya pembentukan *coke* pada permukaan katalis dan deaktivasi katalis (Sari dalam Hudaya, 2015). Reaksi hidrogenasi trigliserida secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 2.1.



**Gambar 2.1** Skema Reaksi Hidrogenasi

Sumber : Mohammad, 2013

### 2.4.2. Proses Hidrodeoksigenasi

Proses hidrodeoksigenasi (HDO) bertujuan untuk menghilangkan oksigen dari suatu bahan dengan cara memotong ikatan karbon-oksigen dengan menggunakan gas hidrogen. Proses ini membutuhkan banyak gas hidrogen dan membutuhkan energi aktivasi yang besar karena berlangsung pada tekanan dan temperatur tinggi. Dalam hidrodeoksigenasi terjadi peningkatan nilai energi pada minyak dengan melepaskan gugus okasi dalam bentuk H<sub>2</sub>O. Sehingga produk dari HDO adalah gugus alkana rantai genap C<sub>n+1</sub>H<sub>2n+2</sub> dan air.

### 2.4.3. Proses Dekarboksilasi

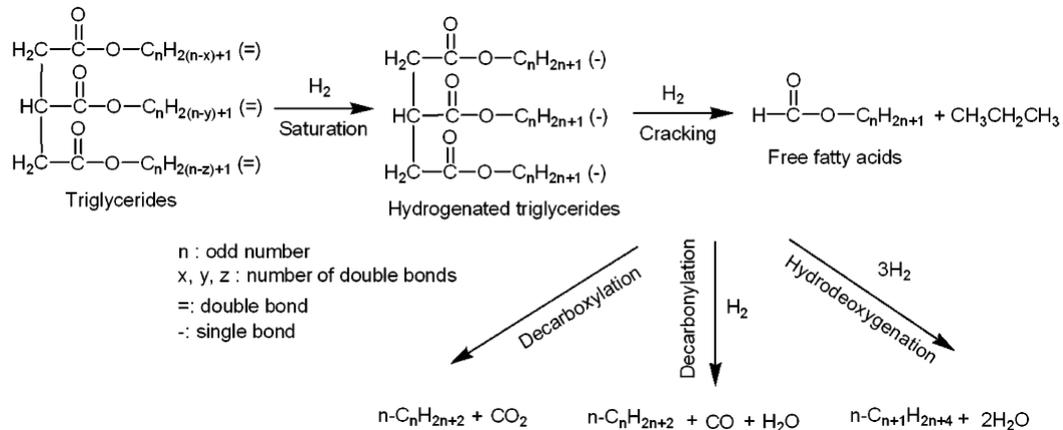
Proses dekarboksilasi (DCO) bertujuan untuk menghilangkan oksigen dengan cara memotong ikatan karbon-oksigen tanpa membutuhkan H<sub>2</sub>, tetapi *yield* hidrokarbon dari reaksi ini sedikit karena atom C dari asam-asam lemak lebih banyak tereduksi menjadi produk samping, yaitu CO<sub>2</sub>. Sehingga produk dari DCO adalah gugus alkana rantai ganjil C<sub>n</sub>H<sub>2n+2</sub> dan karbon dioksida.

DCO dapat menyebabkan katalis terdeaktivasi. Meski demikian, reaksi DCO cenderung lebih hemat energi dibandingkan dengan reaksi HDO. Karena

pada temperatur dan tekanan yang lebih rendah, reaksi DCO sudah mampu menghilangkan oksigen dari minyak nabati (Madsen dalam Hudaya, 2015).

#### 2.4.4. Proses Dekarbonisasi

Proses Dekarbonisasi bertujuan untuk menghilangkan oksigen dengan cara memotong ikatan karbon-oksigen menggunakan hidrogen terbatas. Dalam hidredeoksigenasi terjadi peningkatan nilai energi pada minyak dengan melepaskan gugus oksi dalam bentuk  $H_2O$  dan  $CO$ . Sehingga produk dari dekarbonisasi adalah gugus alkana rantai ganjil  $C_nH_{2n+2}$ , karbon monoksida, dan air.



**Gambar 2.2** Skema Reaksi *Hydrotreating*

Sumber : Veriansyah, 2012.

## 2.5 Katalis

### 2.5.1 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 dibagi menjadi 3 jenis yaitu katalis homogen, enzim, dan katalis heterogen. Katalis homogen merupakan katalis yang di gunakan pada reaksi fasa yang sama. Katalis enzim adalah katalis yang di gunakan pada reaksi biokimia pada pembentukan enzim, sedangkan katalis heterogen digunakan dalam berbagai proses di industri seperti proses hidrogenasi berupa padatan logam/bubuk yang diabsorpsi pada suatu inert. (Andhika, 2012).

Katalis memiliki beberapa komponen yang terdiri dari inti aktif katalis, penyangga, dan promotor.

- Inti Aktif Katalis

Inti aktif katalis merupakan suatu komponen yang paling memengaruhi dalam suatu reaksi. Penggunaan inti aktif katalis disesuaikan pada reaksi yang akan dilakukan. Pada proses *hydrotreating* yang bersifat eksotermis membutuhkan katalis berupa logam transisi karena memiliki resistensi terhadap tingginya temperatur operasi karena reaksi yang digunakan adalah reaksi hidrogenasi yang mana reaksi ini merupakan reaksi eksotermis (Speight, 2015). Logam transisi juga lebih aktif dalam reaksi hidrogenasi dalam memutus ikatan rangkap pada asam lemak yang terkandung di dalam bahan baku. Hal ini disebabkan logam transisi memiliki jumlah orbital d yang tidak penuh sehingga dapat menyebabkan terikatnya atom hidrogen yang akan diinjeksikan pada proses reaksi (Nugraha, 2016).

- Penyangga

Penyangga merupakan suatu komponen untuk menyediakan luas permukaan yang besar dan stabil pada pendispersian inti aktif katalis. Semakin luas permukaan penyangga maka semakin tinggi aktivitas yang dilakukan inti aktif. Untuk mendapatkan pendispersian oleh inti aktif yang baik, diperlukan penyangga yang stabil. Penyangga yang biasa digunakan pada proses *hydrotreating* dan dapat memberikan permukaan yang stabil, yaitu senyawa oksida karena memiliki titik leleh yang lebih tinggi dari pada inti aktif. Penyangga yang digunakan pada penelitian ini adalah  $\gamma$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$  karena mempunyai ketersediaan, luas permukaan, dan porositas yang tinggi.

- Promotor

Promotor merupakan suatu komponen yang berfungsi untuk meningkatkan aktivitas, selektivitas, dan stabilitas yang diinginkan oleh katalis. Selain itu, fungsi promotor juga untuk melindungi penyangga dari kerusakan yang terjadi dalam waktu yang lama. Pemilihan promotor untuk proses *hydrotreating* juga memengaruhi produk yang dihasilkan, seperti tingginya bilangan asam produk. Pada penelitian ini promotor Zn ditambahkan pada katalis agar memicu penurunan bilangan asam produk.

## 2.5.2 Klasifikasi Katalis

Katalis diklasifikasikan menjadi 2 kategori yaitu:

- Katalisis Homogen

Katalisis homogen merupakan katalis yang memiliki fase atau wujud sama dengan reaktan dan produk. Menurut Trisunaryanti (2018), katalis homogen melibatkan umpan dan katalis pada fase yang sama, misalnya berupa gas- gas atau cair-cair.

- Katalis Heterogen

Katalis heterogen merupakan katalis dimana material katalis dan reaktan memiliki fase yang berbeda, misalnya berupa padat-cair, padat-gas, atau gas-cair. Penggunaan katalis heterogen memungkinkan pemisahan reaktan dan produk dari katalis, katalis dapat diregenerasi dan digunakan kembali, dan dapat dilakukan kontrol terhadap limbah dan komponen beracun.

## 2.5.3 Sifat Katalis

Pada dasarnya, Keaktifan suatu katalis merupakan suatu kemampuan dari sebuah katalis untuk mempercepat reaksi menuju kesetimbangan dengan menurunkan energi aktivasi. Stabilitas adalah kemampuan katalis untuk tetap stabil dalam menghadapi racun-racun yang mungkin dapat merusak kinerja dan bentuk dari katalis itu sendiri. Katalis yang selektif adalah katalis yang mampu dalam menghasilkan produk yang dikehendaki. Hal ini disebabkan suatu zat dalam suatu proses dapat berperan sebagai penghambat, termasuk katalis. Selektifitas juga berarti kemampuan suatu katalis untuk mengarahkan konversi reaktan sepanjang jalur tertentu untuk mendapatkan produk tertentu.

## 2.6 Katalis Ni- Zn /Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

### 2.6.1. Nikel

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 nikel 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). Nikel mempunyai 2 orbital d yang kosong dan akan lebih selektif terhadap proses deoksigenasi melalui jalur dekarboksilasi.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Gousi, dkk. (2017), katalis logam transisi berupa Ni/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> digunakan dalam proses *hydrotreating* minyak nabati yang mana dapat menghasilkan produk berupa *green diesel* sebesar 61% pada reaktor *semi-batch* di temperatur 310°C dan kondisi tekanan 40 Bar dengan persentase komposisi katalis 60% Ni dan 40% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa logam transisi berupa Nikel yang didukung oleh penyangga  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> berpotensi untuk meningkatkan selektivitas produk *green diesel* pada proses *hydrotreating*. Selain itu, pada penelitian lainnya, proses *hydrotreating* yang dilakukan pada kondisi operasi yang sama, menghasilkan produk berupa *green diesel* dengan bilangan asam yang sebesar 97% dengan penggunaan katalis Ni/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang dipromotori oleh *Molybdenum* (Kordouli, dkk., 2018).

### 2.6.2. Alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)

Alumunium oksida atau dalam nama trivianya disebut alumina adalah komponen dari alumunium dan oksigen dengan rumus molekul Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Alumina mesopori (material yang berdiameter pori 2-50 nm) memiliki sifat yang sangat baik seperti saluran yang sangat seragam, permukaan yang besar luas dan, distribusi ukuran pori yang sempit. Komponen ini banyak digunakan sebagai adsorben, katalis pendukung, dan aplikasi keramik lainnya. Alumina banyak digunakan sebagai bahan dasar pendukung katalis karena sifatnya yang kuat, keras, dan lembam (Paranjpe, 2017).

Alumina ( $\gamma$ - Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) memiliki luas area spesifik sebesar 160-300 m<sup>2</sup>/g berperan sebagai support atau penyangga katalis. Keberadaan  $\gamma$ - Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dalam katalis berfungsi untuk memperbesar luas permukaan pada katalis dengan menyediakan permukaan pori.  $\gamma$ - 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).

### 2.6.3. Seng (Zn)

Zinc merupakan unsur kimia bernomor 30 yang disimbolkan sebagai Zn. Sebagai logam, seng memiliki titik leleh yang relatif rendah yaitu 419,5 °C dan titik

didih 907 °C. Titik leleh adalah yang terendah dari semua logam blok-d selain merkuri dan kadmium. Seng memiliki konfigurasi elektro  $3d^{10}4s^2$  dan sebagai anggota dari golongan 12 pada tabel periodik.

Penggunaan seng sebagai promotor dapat meningkatkan performa zeolit dalam proses hydrotreating minyak nabati menjadi bahan bakar hidrokarbon (Cheng, 2017). Sebuah penelitian pada tahun 2016 oleh Zhao, dkk. mengindikasikan bahwa katalis Mo-Zn/  $Al_2O_3$ , yang mana Zn sebagai promotor menunjukkan aktivitas katalitik yang sangat baik dan stabilitas untuk konversi hidrogenasi dalam minyak nabati menjadi hidrokarbon. Ini karena keasaman dan sifat tahan kokas. Di penelitian ini seng digunakan sebagai promotor dari katalis nikel yang disangga oleh alumina. Diharapkan bahwasannya seng dapat memicu penurunan bilangan asam pada produk yang dihasilkan.

#### **2.6.4. Amonium Hidroksida**

Amonium hidroksida ( $NH_4OH$ ) merupakan golongan amonia yang biasanya di gunakan sebagai pendingin, pupuk, dan pada kebutuhan rumah tangga lainnya. Larutan ini memilki wujud cair, tidak berwarna, bau yang menyengat, dan sangat larut di dalam air. Larutan ini memiliki Ph basa yaitu 13,6 pada temperatur 32°F. amonium hidroksida memiliki berat molekul 35,04 g/mol dengan titik didih 37,7 °C dan titik lebur pada -57,5 °C. Ammonium hidroksida juga memiliki konduktivitas dimana konduktivitas  $NH_4OH$  akan meningkst dengan meningkatnya konsentrasi. Amonium hidroksida beresiko terjadi ledakan atau terbentuk gas toksik terhadap bahan Oksidator, Air Raksa, Oksigen, senyawa silver, Nitrogen Tricloride, Hidrogen Peroksida, Silver, Antimoni Hydrat, Halogen, Asam Kalsium, Klorin, Klorit, garam auric perchlorates, Natrium Hipoklorit, seyawa merkuri, dan Halogen Oxides.

### **2.7 SEM ( *Scanning Electron Microscope* )**

SEM (Scanning Electron Microscope) adalah sejenis mikroskop elektron yang dapat menghasilkan gambar sampel dengan cara memindai permukaan menggunakan sinar elektron yang di fokuskan dengan perbesaran hingga skala tertentu.

Pada SEM, terdapat sebuah pistol elektron yang memproduksi sinar elektron juga di percepat oleh adanya anoda, kemudian lensa magnetik akan memfokuskan

elektron mengarah pada sampel. Sinar elektron yang sudah terfokuskan akan memindai keseluruhan sampel. Ketika elektron mengenai sampel, maka sampel akan mengeluarkan elektron baru yang akan di terima oleh alat detektor dan akan dibaca di layar monitor. Karakterisasi sampel dengan menggunakan alat SEM bertujuan untuk melihat morfologi dan topografi dari sampel. Yaitu untuk mengetahui ukuran butiran mikro yang berbeda pada setiap pori pori. Sehingga di temukan bahwa Zn akan meningkatkan porositas pada skala mikrometri. (Gousi, 2019).

## **2.8 Metode Pembuatan Katalis**

### **2.8.1. Impregnasi**

Metode impregnasi merupakan prosedur dimana volume tertentu larutan yang mengandung prekursor fase aktif dikontakkan dengan padatan yang kemudian dikeringkan untuk menghilangkan pelarut yang terserap. Metode impregnasi yang biasa dikenal terdapat dua jenis. Yaitu impregnasi basah dan impregnasi kering. Metode impregnasi basah merupakan metode yang menggunakan sejumlah larutan prekursor yang melebihi volume pori penyangga katalis inti, sehingga menghasilkan bubuk tipis. Sementara itu, metode impregnasi kering menggunakan larutan prekursor yang terbatas hanya untuk mengisi volume pori penyangga saja (Merabadi, dkk. 2017).

### **2.8.2. Kopretisipasi**

Metode pretisipasi atau kopretisipasi adalah metode pembuatan katalis dimana mengonversi larutan menjadi padatan. Dengan cara mengubah zat menjadi tidak larut atau membuat larutan menjadi super jenuh yang mana melibatkan reagen kimia dan kemudian pemisahan larutan dari endapan.(Sharma dkk, 2017.) Metode ini dapat digunakan untuk mensintesis katalis tanpa ataupun dengan penyangga. Proses ini berkuat pada kombinasi garam logam fase cair dan larutan alkali untuk menghasilkan logam hidroksida atau karbonat yang tidak larut.

Langkah yang umum dilakukan pada metode ini adalah:

- a. Pertama prekursor komponen aktif dilarutkan, biasanya dilarutkan dalam bentuk garam yang dilarutkan dalam air atau medium pelarut yang cocok untuk membentuk larutan homogen.

- b. Selanjutnya adalah langkah presipitasi di mana larutan disesuaikan kadar Ph atau penguapan untuk memaksa garam mengendap. Selama pengendapan ini, garam dapat dihidrolisis menjadi bentuk hidroksida atau oksida, sehingga langkah ini dapat disebut proses hidrotermal.
- c. Setelah itu dilanjut ke langkah filtrasi dan pengeringan di mana endapan padat kemudian dikumpulkan dan dikeringkan secara bertahap. Endapan yang telah kering yang diperoleh dalam keadaan bubuk padatan.
- d. Terakhir yaitu langkah kalsinasi. Kalsinasi dilakukan untuk mengubah bentuk garam atau hidroksida dari komponen aktif menjadi oksida dengan mereaksikan dengan udara pada suhu yang sesuai, misalnya asetat, karbonat atau, nitrat terurai menjadi oksida.

## **2.9 Analisa Kualitas Produk**

### **2.9.1. Densitas**

Massa jenis atau densitas atau rapatan adalah pengukuran massa setiap satuan volume benda. Semakin tinggi massa jenis suatu benda, maka semakin besar pula massa setiap volumenya. Massa jenis rata-rata setiap benda merupakan total massa dibagi dengan total volumenya. Sebuah benda yang memiliki massa jenis lebih tinggi (misalnya besi) akan memiliki volume yang lebih rendah daripada benda bermassa sama yang memiliki massa jenis lebih rendah (misalnya air).

Satuan SI Densitas adalah kilogram per meter kubik ( $\text{Kg}/\text{m}^3$ ,  $\text{Kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ). Densitas berfungsi untuk menentukan zat. Setiap zat memiliki densitas yang berbeda. Dan satu zat berapapun massanya berapapun volumenya akan memiliki densitas yang sama.

### **2.9.2. Viskositas**

Sifat yang disebut viskositas ini merupakan ukuran ketahanan sebuah fluida terhadap deformasi atau perubahan bentuk. Newton mendalilkan bahwa tegangan geser dalam sebuah fluida sebanding dengan laju perubahan kecepatan ruang (*spatial rate of change of velocity*) yang normal terhadap aliran. Laju perubahan kecepatan ruang ini disebut gradien kecepatan (*velocity gradient*), yang juga merupakan laju deformasi sudut (*rate of angular deformation*).

Pada dasarnya viskositas ini disebabkan karena kohesi dan pertukaran momentum molekuler diantara lapisan layer fluida pada saat fluida tersebut

mengalir. Pada zat cair, jarak antar molekul jauh lebih kecil dibanding pada gas, sehingga kohesi molekul disitu begitu kuat sekali. Peningkatan temperatur mengurangi kohesi molekuler, dan ini diwujudkan berupa berkurangnya viskositas fluida. viskositas fluida ini dipengaruhi oleh banyak hal antara lain temperatur, konsentrasi larutan, bentuk partikel dan sebagainya.

Viskositas dinyatakan dalam dua bentuk, yakni :

a. Viskositas dinamik ( $\mu$ )

Viskositas dinamik merupakan perbandingan tegangan geser dengan laju perubahannya, besarnya nilai viskositas dinamik tergantung dari faktor-faktor diatas tersebut, untuk viskositas dinamik air pada temperatur standar lingkungan ( $27^{\circ}\text{C}$ ) adalah  $8.6 \times 10^{-4} \text{ kg/m.s}$ .

b. Viskositas kinematik

Viskositas kinematik merupakan perbandingan viskositas dinamik terhadap kerapatan (*density*) massa jenis dari fluida tersebut. Viskositas kinematik ini terdapat dalam beberapa penerapan antara lain dalam bilangan Reynolds yang merupakan bilangan tak berdimensi.

### 2.9.3. Titik Nyala

Titik nyala dari bahan yang mudah menguap adalah suhu terendah saat dia dapat menguap untuk membentuk campuran yang bisa menyulut api di udara. Mengukur titik nyala membutuhkan sumber pengapian. Pada titik nyala, uap dapat berhenti untuk membakar ketika sumber pengapian padam. Titik nyala jangan dikelirukan dengan suhu swasulut, yang tidak memerlukan sumber pengapian, atau titik api, suhu pada saat uap terus membakar setelah dinyalakan. Baik titik nyala maupun titik api tergantung pada suhu sumber pengapian yang jauh lebih tinggi.

Titik nyala sering kali digunakan sebagai karakteristik deskriptif dari bahan bakar cair, dan juga digunakan untuk membantu mencirikan bahaya kebakaran cairan. "Titik nyala" mengacu antara cairan yang mudah menyala dan cairan mudah terbakar. Ada berbagai standar untuk mendefinisikan setiap istilah. Cairan dengan titik nyala kurang dari  $60,5$  atau  $37,8^{\circ}\text{C}$  ( $140,9$  atau  $100,0^{\circ}\text{F}$ ) — tergantung pada standar yang diterapkan — dianggap mudah menyala, sementara cairan dengan titik nyala di atas suhu tersebut dianggap mudah terbakar.

### 2.9.4. Angka Setana

Angka setana atau Cetane number (CN) adalah ukuran kualitas pembakaran bahan bakar diesel selama pengapian kompresi. Angka setana ini adalah ekspresi signifikan kualitas bahan bakar diesel diantara sejumlah pengukuran lain yang menentukan kualitas bahan bakar diesel secara keseluruhan. Angka setana menunjukkan kemampuan bahan bakar untuk menyala sendiri (auto ignition).

#### **2.9.5. Bilangan Asam**

Bilangan asam adalah jumlah milligram KOH yang dibutuhkan untuk menetralkan asam-asam lemak bebas dari satu gram minyak atau lemak. Bilangan asam digunakan untuk mengukur jumlah asam lemak bebas yang terdapat dalam satu gram minyak atau lemak. Caranya adalah dengan jalan melarutkan sejumlah minyak atau lemak dalam alkohol eter kemudian diberi indikator phenolphthalein, kemudian dititrasi dengan larutan KOH sampai terjadi perubahan warna merah jambu yang tetap. Besarnya bilangan asam tergantung dari kemurnian dan umur minyak atau lemak tadi.

$$\text{Bilangan Asam} = \frac{\text{ml KOH} \times \text{N KOH} \times 56,1}{\text{gram Sampel}}$$

Dari rumus diatas, faktor 56,1 adalah bobot molekul larutan KOH. Apabila dipergunakan NaOH untuk titrasi, maka factor tersebut menjadi 39,9. (ketaren,1986)