

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *Green Diesel*

Green diesel adalah campuran gugus alkana rantai lurus dan bercabang yang biasanya mengandung sebagian besar 15 hingga 18 atom karbon per molekul (C₁₅ hingga C₁₈) yang dipapir dari proses hydrotreating minyak nabati. Komposisi ini mirip dengan diesel minyak bumi dan membuat *green diesel* dapat langsung digunakan pada mesin diesel pembakaran dalam tanpa perlu modifikasi (Savvas L. dkk. 2018). *Green diesel* juga dikenal sebagai *renewable diesel* atau *diesel* terbarukan karena bersal dari sumber nabati. Bahan bakar ini memiliki sifat ramah lingkungan, memproduksi emisi CO₂ lebih rendah, serta hasil dari pembakarannya memberikan limbah yang sangat kecil dibanding dengan minyak *diesel* yang lain (Salamah dan Satyawati, 2013). Hal ini disebabkan di dalam proses pembuatannya dilakukan penghilangan kadar oksigen serta heteroatom lainnya, seperti nitrogen, sulfur, dan klorin (De S, dkk., 2015). Selain itu, *green diesel* juga memiliki bilangan setana yang lebih tinggi dibandingkan dengan *diesel* lainnya. Perbandingan sifat *green diesel* terhadap solar minyak bumi dan *biodiesel* dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Perbedaan Sifat-sifat Bahan Bakar *Diesel*

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

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

2.2. Minyak Jelantah

Minyak jelantah adalah limbah yang dihasilkan dari proses menggoreng. Karakteristik yang dimiliki yaitu berwarna coklat dan berbau. Minyak ini sudah tidak layak untuk digunakan kembali mengolah bahan pangan. Hal ini dikarenakan minyak jelantah mengandung bilangan peroksida jauh di atas standar, yaitu 5,15mg

$O_2/100g-7,89$ mg $O_2/100g$ (Suroso, 2013). Bilangan peroksida yang tinggi memiliki dampak buruk bagi kesehatan manusia. Meskipun demikian, karakteristik yang dimiliki masih ada kemiripan dengan minyak nabati lainnya. Yaitu terdapat kandungan trigliserida dan asam lemak di dalamnya. Menurut penelitian dari Mannu, dkk., (2019) 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%-0,33% yang mana 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_{18})	70
Linoleat (C_{18})	13
Linolenat (C_{20})	3

Sumber : Mannu, dkk. (2019)

2.3. Hidrogen

Hidrogen adalah unsur yang paling banyak jumlahnya di alam semesta secara persentase massa yaitu 75%. Meskipun demikian, gas hidrogen relatif langka dan jarang dijumpai secara alami di bumi. Biasanya dihasilkan secara industri dari senyawa lain seperti metana menggunakan proses termokimia. Pada suhu dan tekanan standar, hidrogen tidak berwarna, tidak berbau, bersifat non-logam, bervalensi tunggal, dan merupakan gas diatomik yang sangat mudah terbakar. 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. Dalam proses pembakaran, hidrogen memiliki kandungan energi per satuan berat tertinggi dibanding bahan bakar lainnya. Entalpi pembakaran hidrogen adalah -286 kJ/mol. Reaksi pembakaran

Sifat Fisik dan Kimia Hidrogen dapat dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 2.3 Sifat Fisik dan Kimia Hidrogen (H₂)

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 ³
Titik Leleh	-259,20°C
Densitas (Fase Cair)	0,07099 gr/cm ³ (-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 ³
Panas Pembakaran	-57,796 (kcal/mol)

Sumber: (Jolly, 2019)

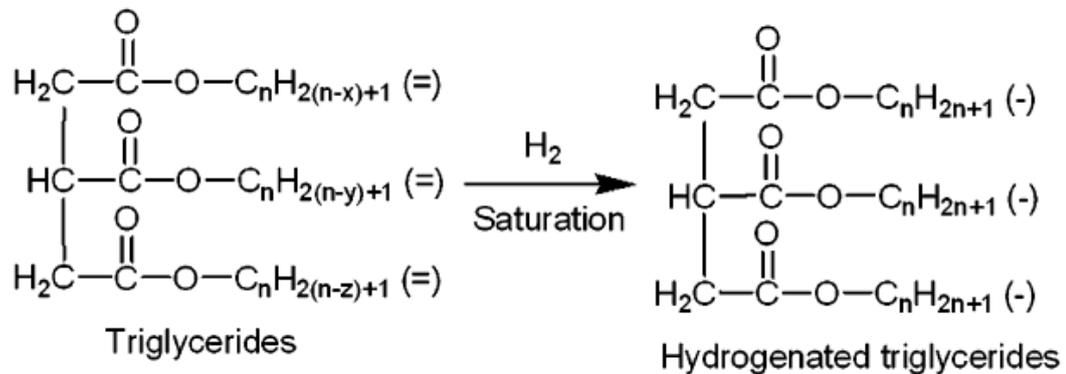
2.4 Proses *Hydrotreating*

Proses *Hydrotreating* adalah suatu proses reaksi memutuskan ikatan rangkap dari asam lemak atau trigliserida sehingga menjadi jenuh. Proses *hydrotreating* trigliserida adalah proses multistap. Pertama ikatan rangkap asam lemak pada trigliserida dihidrogenasi. Kemudian dilanjutkan dengan proses hidrogenasi terkatalitik yang berfungsi untuk menghilangkan oksigen yang mana terdapat beberapa jalur reaksi, yaitu reaksi hidredeoksigenasi, dekarboksilasi, dan dekarbonilasi.

2.4.1 Proses Hidrogenasi

Proses hidrogenasi adalah suatu proses pemutusan ikatan rangkap menjadi ikatan tunggal dengan mengadiskan molekul hidrogen pada ikatan rangkap trigliserida pada minyak. Kemudian gliserida terhidrogenasi rangkai untuk membentuk asam lemak dan propilena, di bawah temperatur dan tekanan tinggi menggunakan hidrogen berlebih, propilena dihidrogenasi untuk membentuk propana (Łukasz, dkk., 2014). 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 berikut ini.



Gambar 2.1 Skema Reaksi Hidrogenasi

Sumber : Veriansyah, 2012.

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 gugusoksi dalam bentuk H_2O . Sehingga produk dari HDO adalah gugus alkana rantai genap $\text{C}_{n+1}\text{H}_{2n+2}$ dan air.

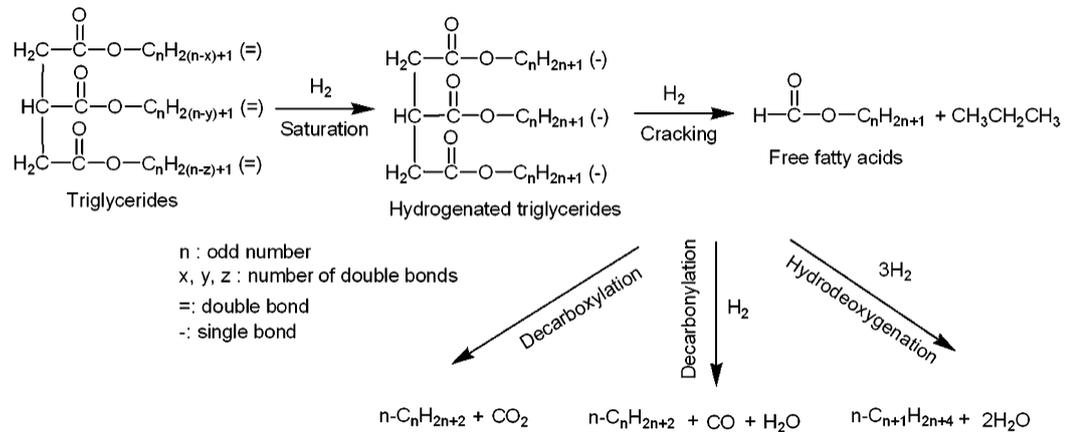
2.4.3 Proses Dekarboksilasi

Proses dekarboksilasi(DCO) bertujuan untuk menghilangkan oksigen dengan cara memotong ikatan karbon-oksigen tanpa membutuhkan H_2 , tetapi *yield* hidrokarbon dari reaksi ini sedikit karena atom C dari asam-asam lemak lebih banyak tereduksi menjadi produk samping, yaitu CO_2 . Sehingga produk dari DCO adalah gugus alkana rantai ganjil $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ 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 okasi 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

Katalis adalah material atau bahan yang dapat meningkatkan laju reaksi kimia untuk mencapai kesetimbangan dimana katalis terlibat di dalam reaksi secara tidak permanen (Trisunaryanti, 2018). Katalis memiliki beberapa komponen yang terdiri dari inti aktif katalis, promotor, dan penyangga.

A. 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). Pada penelitian ini katalis yang dipakai adalah Ni. Karena unsur tersebut telah dicoba pada penelitian Gousi, dkk, 2016. Dengan hasil optimal didapat pada persentase 60%.

B. 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.

C. 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 γ -Al₂O₃ karena mempunyai ketersediaan, luas permukaan, dan porositas yang tinggi.

2.5.1. Klasifikasi Katalis

Katalis diklasifikasikan menjadi 2 kategori yaitu:

A. Katalisis Homogen

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

B. 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.

2.5.2 Sifat Katalis

Pada dasarnya, sifat-sifat katalis adalah:

A. Aktif

Keaktifan suatu katalis merupakan suatu kemampuan dari sebuah katalis untuk mempercepat reaksi menuju kesetimbangan dengan menurunkan energi aktivasi.

B. Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan katalis untuk tetap stabil dalam menghadapi racun-racun yang mungkin dapat merusak kinerja dan bentuk dari katalis itu sendiri.

C. Selektif

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. Selektivitas juga berarti kemampuan suatu katalis untuk mengarahkan konversi reaktan sepanjang jalur tertentu untuk mendapatkan produk tertentu.

2.6. Katalis Ni-Zn/Al₂O₃

2.6.1. Nikel (Ni)

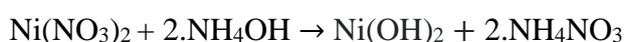
Nikel adalah unsur kimia bernomor atom 28 dengan lambang Ni. Nikel termasuk dalam logam transisi dan bersifat keras dan elastis. Penamaan nikel dapat ditelusuri abad pertengahan di Jerman. Mineral merah ditemukan yang menyerupai bijih tembaga. Namun, para penambang tidak dapat mengekstraksi tembaga apapun, sehingga mereka menyalahkan peri nakal dari mitologi Jerman bernama Nikel. Mereka menyebut bijih tersebut *Kupfernickel* dari bahasa jermannya *Kupfer* untuk tembaga.

Nikel sebagai 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). Nikel juga reaktif dalam reaksi hidrogenasi dalam memutus ikatan rangkap pada asam lemak yang terkandung di dalam bahan baku. Hal ini disebabkan nikel memiliki jumlah orbital d yang tidak penuh sehingga dapat menyebabkan terikatnya atom hidrogen yang

akan diinjeksikan pada proses reaksi (Nugraha, 2016). Juga penggunaan nikel sebagai logam aktif pada pembuatan katalis adalah karena sifatnya yang selektif terhadap fraksi *green diesel* dalam proses hidrogenasi.

Di penelitian yang dilakukan oleh Gousi, dkk. (2017), katalis logam transisi berupa Ni/ γ -Al₂O₃ 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% Al₂O₃. Dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa logam transisi berupa Nikel yang didukung oleh penyangga γ -Al₂O₃ 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/Al₂O₃ yang dipromotori oleh *Molybdenum* (Kordouli, dkk., 2018).

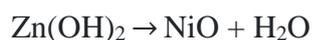
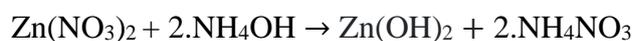
Sumber bahan baku dari pembuatan katalis nikel bisa diperoleh dari berbagai sumber. Seperti nikel sulfat, klorida, asetat, atau nitrat dapat digunakan sebagai sumber nikel. Meskipun demikian, nitrat dipilih karena kemudahan dalam memperoleh katalis bebas halida atau sulfat (Nishimura, 2001.). Metode pembuatannya yaitu melarutkan nikel nitrat dengan *aquadest* secukupnya. Kemudian larutan tersebut direaksikan dengan amonium hidroksida untuk mendapatkan nikel hidroksida. Setelahnya nikel hidroksida dikalsinasi pada temperatur tertentu untuk menjadi nikel oksida. Skema reaksinya yaitu :



2.6.2. Seng (Zn)

Seng 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 3d¹⁰4s² dan sebagai anggota dari golongan 12 pada tabel periodik. Ketika senyawa seng terbentuk dalam keadaan oksidasi, elektron kulit terluar s hilang, menghasilkan ion seng +2 dengan konfigurasi elektron 3d¹⁰. Logam ini cukup reaktif dan pereduksi yang kuat.

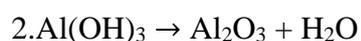
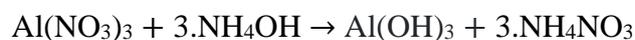
Penggunaan seng sebagai promotor dapat meningkatkan performa zeolit dalam proses hydrotreating minyak nabati menjadi bahan bakar hidrokarbon (Cheng, 2017). Sebuah penelitian pada tahun 2016 oleh Zhao, dkk. mengindikasikan bahwa menunjukkan bahwa katalis Mo-Zn/ Al₂O₃, yang mana Zn sebagai promotor menunjukkan 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. Menyesuaikan dengan bahan baku inti katalis, dalam penelitian ini seng didapat dari Ni(NO₃)₂.6H₂O. Dengan skema reaksinya yaitu:



2.6.1. Alumina (Al₂O₃)

Alumunium oksida atau dalam nama trivianya disebut alumina adalah komponen dari alumuniumm dan oksigen dengan rumus molekul Al₂O₃. 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 banya8k digunakan sebagai bahan dasar pendukung katalis karena sifatnya yang kuat, keras, dan lembam (Paranjpe, 2017).

Keberadaan Al₂O₃ dalam katalis berfungsi untuk memperbesar luas permukaan pada katalis dengan menyediakan permukaan pori. Al₂O₃ 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). Di penelitian ini bahan baku untuk Alumina adalah Al(NO₃)₃.9H₂O. Skema reaksinya adalah :



2.6.1. Amonium Hidroksida (NH₄OH)

Amonium Hidroksida(NH₄OH) adalah amonia yang larutan di dalam air. Golongan amonia ini biasanya dipakai sebagai pendingin, pupuk, dan pada kebutuhan rumah tangga lainnya. Larutan ini memiliki 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 NH₄OH akan naik dengan meningkatnya konsentrasi.

Amonium hidroksida kerap digunakan dalam metode pretisipasi pembuatan katalis untuk menghindari terikutnya logam alkali pada katalis akhir (Deraz, 2017). Dalam penelitian ini, amonium hidroksida dipakai sebagai titran. Hal ini dikarenakan untuk menghindari terbentuknya *nickelhexaamine complex* [Ni(NH₃)₆]²⁺ dan *zinchexaamine complex* [Zn(NH₃)₆]²⁺(Ramesh & Kamath, 2005). Kedua zat tersebut terbentuk ketika adanya excess amonia. Sehingga alih-alih logam nitrat bereaksi dengan NH₄OH menjadi logam hidroksida, yang terjadi justru *metal amine complex*.

2.7. Metode Pembuatan Katalis

Seiring berkembangnya ilmu pengetahuan, terdapat beragam cara untuk melakukan sintesis katalis. Diantaranya,metode paling umum diketahui adalah metode pretisipasi atau kopresipitasi dan metode impregnasi (Deraz, 2018).

2.7.1. 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).

2.7.2. 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 hingga sekitar titik didih medium pelarut. 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.

2.8. Scanning Electron Microscope (SEM)

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.

2.9. Analisis 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 (Kg/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 molekuler disitu begitu kuat sekali. Peningkatan temperatur mengurangi kohesi molekuler, dan ini di wujudkan 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 (μ)

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°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 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 $100,0^{\circ}\text{F}$) 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)