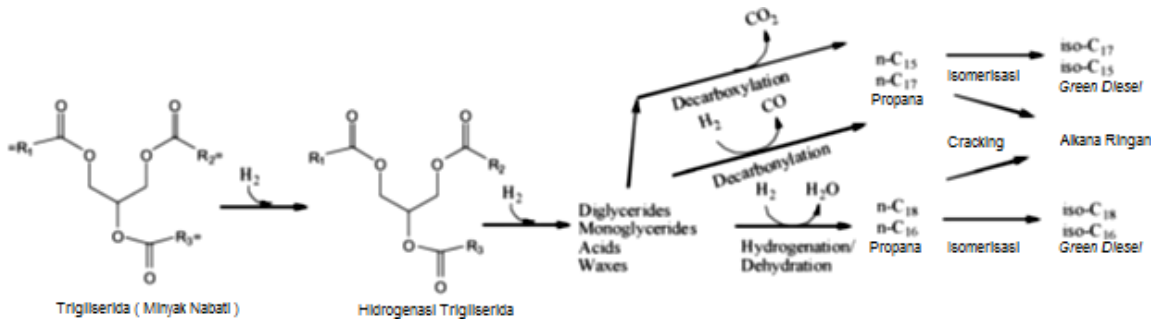


BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Green Diesel

Proses produksi *green diesel* (biodiesel Gen-2nd) adalah dengan menerapkan tahapan *hydroprocessing*, hidrogen digunakan untuk melepas oksigen yang terikat pada molekul trigliserida. Biodiesel Gen-2nd 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). Selektivitas *green diesel* yang dihasilkan, rantai karbon C18, CO, dan CO₂, juga telah diteliti melalui penggunaan jenis katalis yang berbeda, yaitu NiMo-S/Al₂O₃, Pd/C dan Pt/β-Zeolite. Dihasilkan persen yield C18 tertinggi adalah dengan menggunakan NiMo-S/Al₂O₃ yang disebabkan karena ukuran porinya lebih kecil dibandingkan dengan yang lainnya (Mughal 2011).



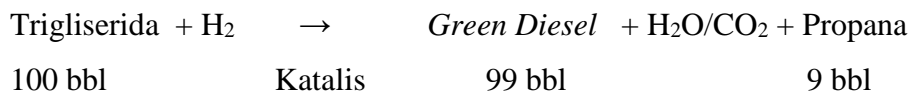
Gambar 1.1 Reaksi *hydrotreating* trigliserida menjadi *green diesel*

(Sumber : Mughal, 2011)

Green diesel adalah rantai lurus fraksi hidrokarbon (C₁₅ – C₁₈) yang dihasilkan dari proses hidrogenasi trigliserida minyak nabati. Injeksi hidrogen yang didukung katalis bimetal dapat memecah kelompok gugus karboksilat dari ikatan asam lemak menjadi rantai lurus hidrokarbon. Sintesis green diesel dari minyakjelantah telah dilakukan menggunakan katalis NiMo/γ-Al₂O₃ di tekanan 60 bar dan temperatur 400 °C selama 4 jam dan menghasilkan 77,97 % yield (Heriyanto, 2018). Rasio

perbandingan molar umpan triolein (trigliserida) dan hidrogen yang digunakan adalah 5 : 1 dan tekanan operasi 70 bar dapat diperoleh selektivitas C18 yang terus menurun dengan meningkatnya temperatur. Oleh karenanya, jalannya reaksi dapat juga dilakukan menjadi 2 (dua) tahapan yang kontinu, reaktor pertama di 270 °C dan yang kedua di 350 °C, dan dihasilkan 98,4 % yield green diesel dari minyak kastor dengan katalis NiMo/Al₂O₃.

Proses *green diesel* menghilangkan oksigen melalui reaksi dengan hidrogen menghasilkan produk parafin murni. Hasil volume adalah 99% dan produk samping utama adalah propana dan produk sampingnya adalah air dan karbon oksida. Bahan baku yang mengandung asam lemak bebas dapat diproses dalam proses Green Diesel tanpa masalah yang disebabkan oleh produksi *fatty acid methyl ester* (FAME).



Proses *green diesel* memiliki beberapa keunggulan dasar dibandingkan produksi FAME dalam pengaturan kilang. Hidrogen yang dibutuhkan untuk reaksi sudah tersedia dan produk-produknya adalah semua yang sudah merupakan produk kilang normal dan tidak memerlukan penanganan khusus. Semua produk dapat dengan mudah dicampur dengan produk kilang konvensional (Holmgren, dkk., 2013)

Green diesel memiliki kelebihan dibandingkan biodiesel atau Fatty Acid Methyl Ester (FAME). *Green diesel* lebih ramah lingkungan dan CO₂ yang di produksi dari proses pembuatan *green diesel* lebih rendah daripada produksi pembuatan FAME (Holmgren et.al, 2013). Berbeda dengan biodiesel yang dihasilkan melalui proses transesterifikasi, *green diesel* diperoleh dengan mengadopsi salah satu proses yang ada di kilang minyak bumi yakni *hydroprocessing*. Dengan proses hidrogenasi menggunakan katalis *hydroprocessing* mampu mengubah ikatan senyawa trigliserida dalam minyak nabati menjadi senyawa hidrokarbon rantai parafinik lurus yang menyerupai

struktur senyawa hidrokarbon dalam minyak solar. Karakter sifat fisik pada produk *green diesel* memiliki karakter seperti yang disajikan pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Sifat Fisik dan Kimia Bahan Green Diesel menurut Standar Eropa

Parameter	Satuan	Nilai
Densitas	kg/m ³	765 - 800
Viskositas kinematik	Mm ² /s	2 - 4,5
Kadar Air	mg/kg	Max 200
Titik nyala	°C	Min 55

Sumber : Savvas L. (2019)

Tabel 2.2 *Green diesel Fuel Properties*

	Petroleum ULSD	Biodiesel (FAME)	<i>Green diesel</i>
%Oxygen	0	11	0
Specific Gravity	0,84	0,88	0,78
Sulfur (ppm)	<10	<1	<1
Cloud Point (°C)	-5	-5 to +15	-10 to +20
Distillation (°C)	200-350	340-355	265-320
Cetane	40	50-65	70-90
Stability	Baik	Kurang Baik	Baik

Sumber: Kalnes *et.al* (2007)

Komponen-komponen oksigen menyebabkan timbulnya sifat-sifat yang tidak diinginkan di dalam bahan bakar, seperti energi densitas yang rendah, ketidakstabilan termal yang tinggi, dan keasaman yang tinggi sehingga menyebabkan bahan bakar tersebut tidak dapat digunakan secara langsung dalam proses pembakaran pada mesin (Sangnikul *et.al*, 2019).

2.2 Crude Palm Oil (CPO)

Crude Palm Oil (CPO) atau minyak kelapa sawit adalah minyak nabati edibel yang didapatkan dari mesocarp buah pohon kelapa sawit, umumnya dari spesies *Elaeis guineensis* dan sedikit dari spesies *Elaeis oleifera* dan *Attalea maripa* (Reeves, 1979 dalam wikipedia.org). Minyak sawit secara alami berwarna merah karena kandungan beta-karoten yang tinggi. Minyak sawit berbeda dengan minyak inti kelapa sawit (*palm kernel oil*) yang dihasilkan dari inti buah yang

sama. Minyak kelapa sawit juga berbeda dengan minyak kelapa yang dihasilkan dari inti buah kelapa (*Cocos nucifera*). Perbedaan ada pada warna (minyak inti sawit tidak memiliki karotenoid sehingga tidak berwarna merah), dan kadar lemak jenuhnya. Minyak sawit mengandung 41% lemak jenuh, minyak inti sawit 81%, dan minyak kelapa 86%. (Harold McGee, 2004)

CPO merupakan minyak kelapa sawit mentah yang diperoleh dari hasil ekstraksi atau dari proses pengempaan daging buah kelapa sawit dan belum mengalami pemurnian. Minyak sawit biasanya digunakan untuk kebutuhan bahan pangan, industri kosmetik, industri kimia, dan industri pakan ternak. Kebutuhan minyak sawit sebesar 90% digunakan untuk bahan pangan seperti minyak goreng, margarin, shortening, pengganti lemak kakao dan untuk kebutuhan industri roti, cokelat, es krim, biskuit, dan makanan ringan. Kebutuhan 10% dari minyak sawit lainnya digunakan untuk industri oleokimia yang menghasilkan asam lemak, fatty alcohol, gliserol, dan metil ester serta surfaktan.

Asam lemak bersama-sama dengan gliserol merupakan penyusun utama minyak nabati dan hewani. Asam lemak yang terkandung di dalam CPO sebagian besar adalah asam lemak jenuh yaitu asam palmitat. Asam lemak jenuh hanya memiliki ikatan tunggal diantara atom-atom karbon penyusunnya, sedangkan asam lemak tak jenuh mempunyai paling sedikit satu ikatan rangkap diantara atom-atom karbon penyusunnya. Asam lemak jenuh bersifat lebih stabil (tidak mudah bereaksi) dari pada asam lemak tak jenuh. Ikatan ganda pada asam lemak tak jenuh mudah bereaksi dengan oksigen (mudah teroksidasi). Keberadaan ikatan ganda pada asam lemak tak jenuh menjadikannya memiliki dua bentuk: cis yang bersifat tidak stabil dan trans yang bersifat stabil.

Sifat fisika-kimia minyak kelapa sawit meliputi warna, bau, *flavor*, kelarutan, titik cair dan *polymorphism*, titik didih (*boiling point*), titik nyala dan titik api, bilangan iod, dan bilangan penyabunan. Sifat ini dapat berubah tergantung dari kemurnian dan mutu minyak kelapa sawit. Beberapa sifat fisika dan kimia dari minyak kelapa sawit dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 2.3 Komponen Penyusun Minyak Sawit

Komponen	Komposisi (%)
Trigliserida	94
Asam Lemak Bebas	3-4
Air	0,20
Phospatida	0,07
Karoten	0,03
Aldehid	0,07

Sumber : Ketaren (2005)

Tabel 2.4 Komposisi Asam Lemak Minyak Sawit

Asam lemak	Rumus kimia	Jumlah (%)
Asam Miristat	$C_{13}H_{27}COOH$	1,1-2,5
Asam palmitat	$C_{13}H_{31}COOH$	40-46
Asam stearat	$C_{13}H_{35}COOH$	3,6-4,7
Asam oleat	$C_{13}H_{33}COOH$	39-45
Asam linoleat	$C_{13}H_{31}COOH$	7-11

Sumber : Ketaren (2005)

Faktor-faktor yang mempengaruhi mutu minyak kelapa sawit adalah air dan kotoran, asam lemak bebas, bilangan peroksida, dan daya pemucatan. Faktor-faktor lain adalah titik cair, kandungan gliserida padat, *refining loss*, *plasticity*, *spreadability*, dan sifat transparan. Semua faktor ini perlu dianalisis untuk mengetahui mutu minyak inti kelapa sawit (Ketaren, 2005).

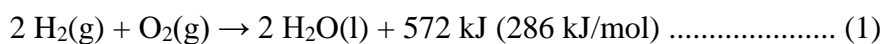
2.3 Gas Hidrogen

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 H₂ mempunyai kandungan energi per satuan berat tertinggi, dibandingkan dengan bahan bakar manapun. Gas hidrogen sangat mudah terbakar dan akan terbakar pada konsentrasiserendah 4% H₂ di udara bebas. Entalpi pembakaran hidrogen adalah -286 kJ/mol. Hidrogen terbakar menurut persamaan kimia:



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).

2.4 Hydrotreating

Reaksi *hydrotreating* merupakan reaksi senyawa organik dengan proses hidrodeoksigenasi. Proses hidrodeoksigenasi adalah proses yang menggunakan hidrogen bertekanan tinggi untuk menghilangkan oksigen serta heteroatom lainnya, yaitu nitrogen, sulfur, dan klorin (De S, dkk., 2015). Dalam proses *hydrotreating* (Gambar 1) terdapat dua tahapan dasar, yaitu dekomposisi trigliserida dan deoksigenasi. Dekomposisi trigliserida terutama dengan eliminasi β untuk menghasilkan asam lemak, dan selanjutnya deoksigenasi asam lemak menengah untuk membentuk hidrokarbon seperti diesel melalui tiga cara, yakni dekarbonilasi, dekarboksilasi, dan hidrodeoksigenasi (Wang, dkk., 2017).

Kondisi operasi pada saat melakukan proses hidrodeoksigenasi serta katalis yang digunakan dalam proses sangat berpengaruh terhadap reaksi hidrodeoksigenasi itu sendiri. Katalis yang umumnya digunakan dalam proses *hydrotreating* trigliserida adalah katalis logam mulia (Pd atau Pt), sulfida, dan logam transisi (Ni atau Mo). Katalis logam mulia memiliki aktivitas katalitik tinggi, tetapi berbiaya mahal karena kelangkaannya (Wang, dkk., 2018).

Penelitian mengenai pemanfaatan sumber biomassa menjadi bahan bakar melalui proses *hydrotreating* telah banyak dilakukan, salah satunya dengan penggunaan minyak nabati. Penelitian tersebut telah dilakukan oleh Musthapa, dkk. (2009). Pada penelitiannya, digunakan minyak nabati menjadi alkana melalui proses *hydrotreating* dengan bantuan katalis berupa Ni-PILC dan NiS/Al₂O₃. Hasil yang didapatkan dari penelitian tersebut adalah produk berupa dodekana dengan kondisi suhu 300°C dan tekanan 23-30 kg/cm² untuk katalis Ni-PILC sedangkan katalis NiS/Al₂O₃ pada suhu 250°C dan tekanan 9-15 kg/cm².

Penelitian yang sama dilakukan oleh Fatimah, dkk. (2009) dengan menggunakan minyak kelapa sawit sebagai bahan bakunya. Penelitian tersebut

menggunakan katalis Ni-PILC dan NiS/Al₂O₃. Dari hasil uji aktivitas, katalis Ni-PILC telah menunjukkan terjadinya rantai karbon alkana berupa undekana sebesar 0,23%, dodekana sebesar 0,09%, dan pentadekana sebesar 0,15%. Produk ini dihasilkan pada tekanan 31 kg/cm² dan suhu 300°C dengan perbandingan katalis Ni-PILC terhadap minyak kelapa sawit adalah sebanyak 1%. Sedangkan pada saat penggunaan katalis NiS/Al₂O₃ di kondisi tekanan 15 kg/cm² dengan suhu pemanasan 250°C dan waktu reaksi 2 jam katalis sebesar 2% wt, alkana yang dihasilkan adalah alkana dengan atom karbon C₁₅, dengan komposisi yang masih sedikit, yaitu 0,15%.

Penelitian lainnya juga dilakukan oleh Abdulkareem-Alsultan, dkk. (2018). Dalam penelitiannya, digunakan minyak goreng bekas sebagai bahan baku dengan katalis Ag₂O₃-La₂O₃/ AC_{nano}. 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°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 / Al₂O₃ pada suhu 270°C dan 350°C. Perbandingan H₂ / minyak 35 : 1. Dari penelitiannya dihasilkan kemurnian relatif produk sebesar 95% - 98%.

2.5 Katalis

Pada umumnya pemakaian katalis adalah untuk mempercepat laju suatu reaksi ke kanan atau ke kiri sehingga keadaan setimbang akan lebih cepat tercapai, sehingga dikenal sebagai katalis positif. Penambahan katalis juga dapat menghambat reaksi, katalis tersebut disebut katalis *negative* atau *inhibitor*. Dalam suatu reaksi ada kalanya salah satu hasil reaksi memiliki sifat katalis, sehingga katalis tersebut tidak perlu ditambahkan dari luar. Hasil reaksi yang terbentuk dengan sendirinya akan mempercepat reaksi itu, zat ini disebut *autokatalis*. Ciri khas *autokatalis* yaitu reaksi mula-mula berjalan lambat dan lama-kelamaan reaksi akan berjalan cepat karena jumlah katalis yang bertambah.

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.

Banyak cara dapat dilakukan untuk meningkatkan kinerja dari katalis. Salah satunya yaitu dengan pengaktivasian katalis. Aktivasi katalis berfungsi untuk meningkatkan sifat-sifat baik didalam katalis tersebut.

2.5.1 Sifat-Sifat Katalis

Katalis bersifat spesifik, dimana katalis tertentu hanya mempercepat reaksi tertentu (Leach, 1983 dalam Tsani, 2011). Pada dasarnya, sifat-sifat katalis adalah:

1. Aktifitas

Keaktifan katalis didefinisikan sebagai kemampuan dari katalis untuk dapat mengubah bahan baku menjadi produk yang dikehendaki. Keaktifan tersebut didapatkan dari kombinasi bahan kimia dan bahan mineralogi. Aktif atau tidaknya katalis tersebut dibuktikan dengan dihasilkannya produk baru yang dikehendaki (Leach, 1983 dalam Tsani, 2011). Aktivitas merupakan tingkat konversi yaitu jumlah mol yang diproduksi per satuan berat dan waktu (Widi, 2018)

2. Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan katalis untuk stabil menghadapi racun-racun yang mungkin dapat merusak kinerja dan bentuk dari katalis itu sendiri (Leach, 1983 dalam Tsani, 2011).

3. Selektifitas

Selektifitas didefinisikan sebagai kemampuan katalis dalam menghasilkan produk yang dikehendaki. Hal ini dikarenakan suatu zat dalam

suatu proses dapat berperan sebagai penghambat, termasuk katalis. Oleh karena itu, material yang akan digunakan sebagai katalis perlu diteliti (Leach, 1983 dalam Tsani, 2011). Selektifitas juga berarti kemampuan suatu katalis untuk mengarahkan konversi reaktan sepanjang jalur tertentu untuk mendapatkan produk tertentu (Widi, 2018).

4. Umur Katalis

Umur katalis adalah rentang waktu bagi katalis untuk bertahan pada level yang mencukupi sesuai kinerja katalis yang diinginkan (Leach, 1983 dalam Tsani, 2011).

Masa pakai katalis pada umumnya bervariasi, mulai dari menit hingga beberapa tahun. Dengan kondisi aplikasi kimia tertentu, penting bahwa eksploitasi masa hidup katalis maksimum adalah untuk mengoperasikan katalis dalam kondisi stabil selama mungkin (Widi, 2018).

5. Regenerasi

Regenerasi merupakan sifat katalis yang dapat dibentuk kembali. Sifat mudah diregenerasi harus dimiliki katalis untuk meminimumkan gangguan yang terjadi saat katalis dioperasikan (Leach, 1983 dalam Tsani, 2011).

6. Luas Permukaan Katalis

Luas area permukaan katalis merupakan karakteristik utama katalis heterogen terhadap efektifitas katalitiknya. Secara umum, luas area permukaan katalis dibagi menjadi tiga kategori, yaitu (Widi, 2018):

- Luas area rendah: $<10 \text{ m}^2/\text{g}$.
- Luas area tinggi: antara $10\text{-}100 \text{ m}^2/\text{g}$.
- Luas area sangat tinggi: $>200 \text{ m}^2/\text{g}$.

Luas permukaan yang tinggi dicapai dengan salah satu dari dua cara, yaitu fase aktif dalam bentuk yang sangat berpori atau area luas permukaan inert yang tinggi dimana fase aktif terdispersi di atasnya dalam bentuk kristal kecil yang sangat banyak (Widi, 2018).

7. Kekuatan Mekanik

Kekuatan mekanik merupakan kondisi yang harus dimiliki katalis agar dapat digunakan pada proses dengan tekanan dan temperatur tinggi (Leach, 1983 dalam Tsani, 2011).

2.5.2 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 mengkonversikan reaktan dan selektif dalam pembentukan produk (Cahyadi, 2000 dalam Tsani, 2011).

Ukuran pori (kristal) komponen aktif untuk katalis industri berada pada kisaran 50-500 Å. Luas permukaan menurun seiring dengan meningkatnya ukuran kristal. Maka untuk memperoleh aktivitas maksimum dimana membutuhkan luas permukaan maksimum, maka perlu memiliki kristal katalis sekecil mungkin (Widi, 2018).

2. Pengembangan/Penyangga (*Support*)

Penyangga berfungsi sebagai tempat penyebaran komponen aktif dengan tujuan memperluas kontak antara komponen aktif dengan reaktan tanpa mengurangi aktivitas komponen itu sendiri (Cahyadi, 2000 dalam 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). Pengembangan dapat memberi celah fisik antara kristal komponen aktif katalis sehingga menghambat terjadinya *sintering* (Widi, 2018).

Menurut Widi (2018), pengembangan 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

3. Promotor

Promotor merupakan zat yang dapat meningkatkan aktivitas katalis dengan peningkatan simultan dalam selektivitas atau efek stabilitas dan promotor dirancang untuk membantu pengemban dan komponen aktif (Widi, 2018). Promotor ditambahkan untuk meningkatkan kinerja katalis dalam jumlah kecil saat pembuatan katalis (Cahyadi, 2000 dalam Tsani, 2011).

Dengan adanya promotor, pengemban terlindungi dari segala gangguan dan perubahan jangka panjang, serta menghambat aktivitas yang tidak diinginkan seperti pembentukan kokas (Widi, 2018). Penambahan promotor direkomendasikan untuk menekan endapan coke pada permukaan katalis dan meningkatkan aktivitas katalis (Sangnikul *et.al*, 2019).

2.5.3 Katalis Zeolit Alam

Pembuatan biodiesel selama ini lebih banyak menggunakan katalis homogen, seperti asam dan basa. Penggunaan katalis homogen ini menimbulkan permasalahan pada produk yang dihasilkan, misalnya masih mengandung katalis, yang harus dilakukan separasi lagi (Buchori dan Widayat, 2009). Selain itu penggunaan katalis basa juga dapat menimbulkan reaksi samping yaitu reaksi penyabunan sehingga mempengaruhi proses pembuatan biodiesel (Darnoko dan Cheriyan, 2000). Untuk itulah penelitian ini mencoba menggunakan katalis heterogen yaitu zeolit alam yang diaktivasi sehingga akan memudahkan separasi katalis dari produk.

Zeolit biasanya ditulis dengan rumus kimia oksida atau berdasarkan satuan sel kristal $M_{2/n}O \cdot Al_2O_3 \cdot a SiO_2 \cdot b H_2O$ atau $M_{c/n} \{ (AlO_2)_c (SiO_2)_d \} \cdot b H_2O$. Dimana n adalah valensi logam, a dan b adalah molekul silikat dan air, c dan d

adalah jumlah tetrahedra alumina dan silika. Rasio d/c atau $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ bervariasi dari 1-5.

Seperti diketahui zeolit mempunyai struktur berongga dan biasanya rongga ini diisi oleh air dan kation yang bisa dipertukarkan dan memiliki ukuran pori yang tertentu. Oleh karena itu zeolit dapat dimanfaatkan sebagai penyaring, penukar ion, adsorben dan katalis. Sebelum digunakan sebagai katalis, zeolit alam terlebih dahulu diaktifasi.

2.5.4 Katalis NiMo/ Al_2O_3

Dalam proses produksi green diesel, tahapan hidrogenasi juga memerlukan katalis, salah satunya adalah NiMo/ Al_2O_3 . Katalis NiMo/ Al_2O_3 terdiri dari logam metal berupa *Nickel* (Ni) dan *Molybdenum* (Mo) dan pendukung berupa Al_2O_3 (Arun dkk., 2015). Katalis terbaik untuk mengeliminasi oksigen dan hidrogen dalam minyak dan lemak adalah NiMo/ Al_2O_3 dan mampu menghasilkan *green diesel* dari minyak kastor dengan persentase yield sebesar 98% (Orozco dkk., 2017). Katalis NiMo/ Al_2O_3 memiliki ukuran pori yang lebih kecil dari katalis lainnya hingga menghasilkan persen yield C_{18} (*green diesel*) tertinggi (Mughal, 2011).

Pertimbangan pemilihan pusat aktif dan penyangga katalis untuk reaksi hidrodeoksigenasi adalah sebagai berikut:

- a. Alumina (Al_2O_3) dengan luas area spesifik 160-300 m^2/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 *support* Al_2O_3 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.

- b. Nikel (Ni) merupakan logam yang sering digunakan sebagai komponen katalis dalam berbagai macam proses hidrogenasi. 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 dkk., 2008). Logam Ni lebih selektif terhadap proses deoksigenasi melalui jalur dekarboksilasi.
- c. *Molybdenum* (Mo) pada katalis lebih selektif terhadap proses deoksigenasi melalui jalur hidrodeoksigenasi (A. Vonortas dkk., 2013). *Molybdenum* memiliki aktivitas yang rendah dalam proses hidrogenasi tetapi memiliki aktivitas yang lebih tinggi dalam proses hidrodeoksigenasi.

Proses sintesis katalis dilakukan dengan metode impregnasi, yang merupakan suatu metode yang digunakan untuk mendekomposisi komponen aktif ke dalam material support berpori (Hagen, 2006). Komponen aktif dalam penelitian ini adalah nikel dan molibdenum, sedangkan support berpori yang digunakan adalah Al_2O_3 . Metode ini bertujuan untuk memenuhi pori dengan garam logam yang akan menjadi pusat aktif pada katalis. Larutan perkursor yang digunakan dalam sintesis katalis ini adalah *Ammonium Heptamolybdate Tetrahydrate* dan *Nickel (II) nitrate*. Setelah proses impregnasi selesai, dilakukan proses pengeringan, dan kalsinasi (Hudaya, T dan Pandega, 2014).