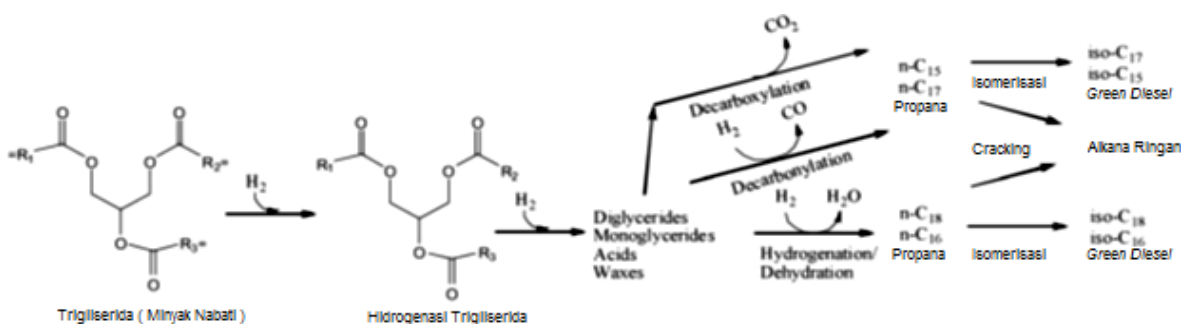


BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Green Diesel

Biodiesel dan *green diesel* merupakan bahan bakar untuk mesin diesel, keduanya berasal dari minyak nabati atau lemak hewani namun proses pembuatan maupun hasil produknya memiliki karakteristik yang sangat berbeda. Biodiesel yang diperoleh dari proses transesterifikasi dikenal sebagai biodiesel generasi pertama. Biodiesel generasi pertama masih memiliki banyak kelemahan sehingga untuk menyempurnakan kelemahan dari biodiesel Generasi pertama seperti kompatibilitas pada mesin dan juga emisi gas, maka perlu dilakukan pengembangan. *Green diesel* atau biodiesel Generasi dua adalah senyawa alkana hasil pengolahan minyak nabati dengan cara hidrogenasi yang memiliki sifat-sifat mirip bahan bakar diesel, disebut *green diesel* karena proses pengolahannya ramah lingkungan karena tidak dihasilkan limbah dan emisi hasil pembakaran juga memberikan emisi yang lebih rendah dibanding minyak diesel yang lain. Reaksi *hydrotreating* trigliserida menjadi green diesel dapat dilihat sebagaimana gambar 2.1 berikut:

Gambar 2.1 Reaksi *hydrotreating* trigliserida menjadi green diesel



(Sumber : Mughal, 2011)

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).

Perbandingan antara diesel petroleum, biodiesel dan *green diesel* dapat dilihat sebagaimana tabel 2.1 berikut:

Tabel 2.1 Perbandingan petroleum diesel, biodiesel, *green diesel*

Parameter	Petroleum	Biodiesel	Green Diesel
% Oksigen	0	11	0
Specific Gravity	0.84	0.88	0.78
Kandungan sulfur	<10	<1	<1
Nilai Kalor, MJ/kg	43	38	44
Cloud Point	-5	-5 sd 15	-10 sd 20
Distilasi	200-350	340-355	265-320
Cetane	40	50-65	70-90
Stabilitas	Baik	Kurang baik	Baik

Sumber: Holmgren, dkk., 2007

Green diesel merupakan campuran beberapa senyawa hidrokarbon fraksi bahan bakar mesin diesel yang diperoleh dari hasil proses *hydrotreating* katalitik senyawa trigliserida pada minyak nabati dengan gas hidrogen. *Green diesel* memiliki sifat stabilitas termal dan oksidasi yang sangat baik.

Karakter sifat fisik pada produk *green diesel* memiliki karakter seperti produk bahan bakar mesin diesel yang disajikan pada Tabel 2.2 (Kussuryani dan Siregar, 2010).

Tabel 2.2 Sifat fisik dan kimia bahan bakar mesin diesel

No.	Parameter	Nilai
1	Densitas (kg/m^3)	0,78-0,88
2	Viskositas kinematik (cSt)	1,9-4,1
3	Titik beku ($^{\circ}\text{C}$)	Max 18
4	Titik nyala ($^{\circ}\text{C}$)	Min 52
5	Angka asam (mg KOH/g)	<0,6

Sumber : Kussuryani Rimbasa, 2010

Dibandingkan dengan proses untuk memproduksi ester metil asam lemak biodiesel), hydroprocessing minyak nabati untuk produksi diesel hijau memiliki keuntungan sebagai berikut (Rogelio Sotelo-Boyás, 2012):

1. Produk ini kompatibel dengan mesin yang ada.
2. Fleksibilitas dengan bahan baku, seperti kandungan asam lemak bebas yang ada di dalam minyak nabati tidak masalah.
3. Angka cetane yang lebih tinggi.
4. Densitas energi yang lebih tinggi.
5. Stabilitas oksidasi yang lebih tinggi.
6. Tidak meningkatkan emisi NOx.
7. Tidak membutuhkan air.
8. Tidak ada produk samping yang memerlukan perawatan tambahan (misalnya gliserol).

Bahan bakar *green diesel* ini juga harus disempurnakan dengan adanya standar kualitas khusus untuk bisa digunakan dengan mesin-mesin konvensional saat ini. Adapun beberapa spesifikasi sifat-sifat penting dari bahan bakar *green diesel* yang ditampilkan pada tabel 2.3 dan tabel 2.4.

Tabel 2.3 Spesifikasi *Green Diesel*

Karakteristik	Kadar	Metode Pengujian	
		ASTM	IP
Total Keasaman, mg KOH/g	0.10 (Max)	D3242	354
Titik Nyala, °C	38 (Min)	D56, D3828	34
Densitas @ 15 °C, kg/m ³	775-840	D1298, D4052	365
Viskositas @ -20 °C, cSt	8.0 (Max)	D445	71
Nilai Kalor, MJ/kg	42.8 (Min)	D3338, D4529, D4809	12, 355, 381

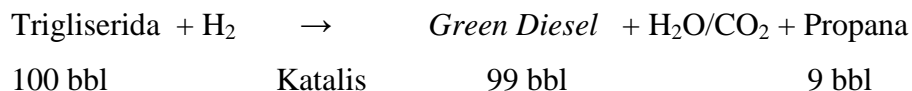
Sumber : Savvas L., et al. Green diesel. *Energies*, 2019, 12.5: 809.

Tabel 2.4 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
Nilai Kalor	MJ/kg	43,7 – 44,5

Sumber : Savvas L., et al. Green diesel. *Energies*, 2019, 12.5: 809.

Proses *green diesel* menghilangkan oksigen melalui reaksi dengan hydrogen 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)

2.2 Minyak sawit mentah (CPO)

Minyak sawit mentah (CPO) adalah produk dasar yang diperoleh melalui ekstraksi buah kelapa sawit proses produksi CPO dilakukan dipabrik kelapa sawit. CPO bersifat setengah padat pada suhu kamar, dengan titik cair antar 40-70 °C, berwarna kuning jingga karena mengandung pigmen karotenoida. Berdasarkan perbedaan titik cairnya CPO di bagi menjadi (dua) fraksi besar, yaitu fraksi olein (ringan) berbentuk cair yang mengandung asam lemak jenuh, dan fraksi stearin (berat) yang berbentuk padat yang mengandung asam lemak yang tak jenuh pada suhu kamar (Serlawati, 2007).

Minyak sawit, selain mengandung komponen utama trigliserida (94%) juga mengandung asam lemak bebas (3-5%) dan komponen nontrigliserida yang jumlahnya sangat kecil (1%), termasuk karotenoida, tokoferol, tokotrienol, sterol, triterpen alkohol, fosfolipida, glikolipida, dan berbagai trace elemen. Minyak kelapa sawit (CPO) banyak mengandung lemak, asam lemak, karotenoida, dan tokoferol. Komponen penyusun minyak sawit terdiri dari trigliserida dan non trigliserida. Maulinda Leni dkk (2018) dalam (Tambun, 2002). Asam-asam lemak penyusun trigliserida terdiri dari asam lemak jenuh dan asam lemak tak jenuh yang terkandung sekitar 47-48%, dan mempunyai ikatan tunggal. Sedangkan Asam-asam lemak yang tak jenuh terkandung sekitar 52-53% dan mempunyai ikatan rangkap (Kuswardani 2007)

Minyak kelapa sawit (CPO) memiliki rantai hidrokarbon panjang menyerupai rantai hidrokarbon yang terkandung didalam minyak bumi. Rantai hidrokarbon tersebut berupa asam lemak yang terikat pada struktur trigliserida dengan komponen penyusun berupa Asam Laurat (<1%), Asam Palmitat (37-47%), Asam Mirista (1-6%), Asam Stereat (1-6%), Asam Oleat (40-52), Asam Palmitoleat (<1%) Asam Gadoleat (<1%). Jumlah rantai karbon asam lemak yang terikat pada trigliserida ini bervariasi mulai dari 4 hingga 35 rantai karbon Asam-asam lemak tersebut memiliki ikatan jenuh dan tak-jenuh. Asam lemak jenuh

biasanya memiliki rantai karbon yang lurus, sedangkan asam lemak tak-jenuh terbatas pada C16 dan C18 dengan 1,2 atau 3 jumlah ikatan rangkapnya. (Resita D dkk,2009)

CPO digunakan sebagai bahan baku industri untuk produksi biodiesel karena merupakan produk dari pabrik penggilingan. Setelah proses penggilingan CPO termasuk minyak non-nabati karena memiliki kadar FFA tinggi dan memiliki kandungan impuritis. Oleh karena itu, CPO biasanya dikirim ke kilang untuk diproses dan dimurnikan secara lebih lanjut. CPO secara konvensional biasanya digunakan sebagai bahan baku untuk produksi biodiesel. Untuk mencapai konversi yang baik dari *Mixed Crude Palm Oil* (MCPO) atau campuran minyak sawit mentah ke ester, FFA tidak boleh melebihi 1%wt. Jika nilai asam melebihi level ini, maka minyak ini akan bereaksi dengan basa, untuk menghasilkan sabun (saponifikasi proses). Akibatnya, konversi ester akan menurun seiring dengan pembentukan sabun. kandungan CPO yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan *Green Diesel* dapat dilihat pada Tabel 2.5

Tabel 2.5 kandungan CPO yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan *Green Diesel*

Jenis Asam lemak	Komposisi (%)
Laurat (C 12 : 0)	< 1,2
Miristat (C 14 : 0)	0,5 – 5,9
Palmitat (C 16 : 0)	32 – 59
Palmitoleat (C 16 : 1)	< 0,6
Stearat (C 18 : 0)	1,5 – 8
Oleat (C 18 : 1)	27 – 52
Linoleat (C 18 : 2)	5,0 – 14
Linolenat (C 18 : 3)	> 1,5

Sumber : Godin dan Spensley (1971) dalam Salunkhe et al.(1992)

2.3 Asam lemak bebas (*FFA*)

Asam lemak bebas adalah asam lemak yang berada sebagai asam bebas tidak terikat sebagai trigliserida. Asam lemak bebas dihasilkan oleh proses hidrolisis dan oksidasi biasanya bergabung dengan lemak netral. Hasil reaksi hidrolisa minyak sawit adalah gliserol dan FFA. Reaksi ini akan dipercepat dengan adanya faktor-faktor panas, air, keasaman, dan katalis (enzim). Semakin lama reaksi ini berlangsung, maka semakin banyak kadar FFA yang terbentuk (Fadhli.H, 2015). Dalam kimia, terutama biokimia, suatu asam lemak adalah asam karboksilat dengan rantai alifatik panjang, baik jenuh maupun tak jenuh. Hampir semua asam lemak alami memiliki rantai tak bercabang dengan jumlah atom karbon genap, mulai dari 4 sampai 28. Asam lemak biasanya diturunkan dari trigliserida atau fosfolipida. Asam lemak adalah sumber nutrisi bahan bakar penting untuk hewan karena, ketika dimetabolisme, mereka menghasilkan ATP dalam jumlah banyak. Banyak jenis sel yang dapat menggunakan glukosa atau asam lemak untuk kebutuhan ini.

Kadar asam lemak bebas dalam minyak kelapa sawit, biasanya hanya dibawah 1%. Lemak dengan kadar asam lemak bebas lebih besar dari 1%, jika dicicipi akan terasa pada permukaan lidah dan tidak berbau tengik, namun intensitasnya tidak bertambah dengan bertambahnya jumlah asam lemak bebas. Asam lemak bebas, walaupun berada dalam jumlah kecil mengakibatkan rasa tidak lezat. Hal ini berlaku pada lemak yang mengandung asam lemak tidak dapat menguap, dengan jumlah atom C lebih besar dari 14 (Ketaren, 1986).

Kualitas CPO ditentukan oleh besarnya kandungan komponen tertentu, diantaranya kandungan digliserida dan kadar asam lemak bebas (FFA). Digliserida merupakan prekursor pembentuk senyawa karsinogenik 3-MCPD ester. CPO dari Indonesia mengandung kadar 3-MCPD ester tertinggi dibandingkan negara lainnya setelah melalui proses pemanasan standar (Matthäus dkk., 2011) Adanya FFA yang tinggi dalam minyak sawit tidak diinginkan karena dapat menurunkan stabilitas minyak selama penyimpanan karena proses oksidasi maupun reaksi enzimatik (Ketaren, 1986).

Mutu CPO dapat dilihat secara kuantitas dan kualitas. Produksi buah dengan kuantitas baik akan menghasilkan rendemen CPO 23.2–27.4% (Pahan 2006). dengan kadar asam lemak bebas (FFA) < 3% (Mangoensoekarjo dan Semangun 2003). Rendemen minyak yang tinggi didapatkan dengan cara mengolah buah kelapa sawit yang matang (*ripe*), karena buah yang matang memiliki kandungan minyak terbanyak (rendemen minyak tinggi) daripada jenis atau kelompok mutu buah lainnya. Semakin tinggi kandungan FFA, maka semakin rendah kualitas CPO. Pengaruh rendah atau tingginya FFA dan rendemen CPO terletak pada mutu buah yang dipanen. Mutu buah yang baik akan menghasilkan CPO dengan FFA rendah dan rendemen minyak yang tinggi.

Salah satu faktor penyebab meningkatnya kadar asam lemak bebas pada minyak adalah kerusakan morfologi dan mikroorganisme pada buah kelapa sawit. Kerusakan pada buah kelapa sawit dipicu oleh proses pemanenan, pengangkutan hingga penimbunan buah kelapa sawit yang dilakukan dengan sembarangan, aktivitas mikroorganisme pada buah kelapa sawit juga sangat berpengaruh terhadap peningkatan kadar FFA minyak. Mikroorganisme menghasilkan enzim Lipase yang berfungsi sebagai biokatalisator reaksi hidrolisis minyak menghasilkan gliserol dan asam lemak bebas. Standar mutu CPO di atur melalui Badan Standar Indonesia yang di muat dalam SNI-01-2901-2006. Dalam Standar tersebut ditetapkan kadar FFA, air, dan kotoran maksimum di dalam CPO adalah 0,5% (Alfiah dan Susanto, 2015).

2.4 Hidrogen

Hidrogen adalah salah satu unsur kimia yang mudah terbakar dan membentuk air (H_2O) jika bereaksi dengan oksigen (Sikumbang, 2007). Hidrogen adalah gas tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak larut dalam air (Lestari, 2004). Hidrogen juga merupakan gas yang paling ringan, satu liter hidrogen pada suhu $0^{\circ}C$ dan tekanan 76 cmHg beratnya hanya 0,09 gram (Sikumbang, 2007).

Hidrogen memiliki simbol H dan nomor atom 1. Hidrogen tidak berwarna, tidak berbau, bersifat non-logam, bervalensi tunggal dan merupakan gas diatomik yang sangat mudah terbakar, dengan massa atom 1,00794amu menjadikan hidrogen sebagai unsur

teringan di dunia. 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 (Brown, 2010).

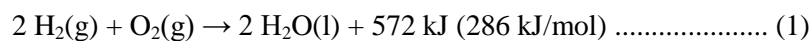
Senyawa hidrogen relatif langka dan jarang dijumpai secara alami di bumi, dan biasanya dihasilkan secara industri dari berbagai senyawa hidrokarbon seperti metana. Pada konsentrasi rendah sekitar 4% dan suhu ruang, hidrogen dapat terbakar secara spontan bila bereaksi dengan klorin dan fluorin. Sifat fisik gas hydrogen dapat di lihat pada table 2.6 :

Tabel 2.6 Sifat Fisik Gas Hidrogen

Parameter	Keterangan
Titik lebur	-259,14 ⁰ C
Titik didih	-252,87 ⁰ C
Warna	tidak berwarna
Bau	tidak berbau
Densitas	0,08988 g/cm ³ pada 293 K
Kapasitas panas	14,304 J/g ⁰ K

Sumber : Brown,. (2010).

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).

2.5 Katalis Zeolit Alam

Istilah katalis pertama kali diperkenalkan oleh *Jacob Berzelius* pada tahun 1835. Istilah ini digunakan untuk menerangkan suatu fenomena yang diperolehnya yaitu adanya sejumlah zat asing yang ditambahkan pada suatu campuran reaksi yang dapat membuat reaksi tersebut berjalan dengan cepat. Penambahan katalis pada suatu reaksi kimia bertujuan untuk mempercepat reaksi. Di dalam industri, pemakaian katalis sangat penting karena akan meningkatkan produk dan mengurangi biaya produksi (Fogler, 1994).

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.

Mineral alam zeolit biasanya masih tercampur dengan mineral lainnya seperti kalsit gipsum, feldspar dan kuarsa ditemukan di daerah sekitar gunung berapi atau mengendap pada daerah sumber air panas (*hot spring*). Zeolit juga ditemukan sebagai batuan endapan pada bagian tanah jenis basalt dan komposisi kimianya tergantung pada kondisi hidrotermal lingkungan lokal, seperti suhu, tekanan uap air setempat dan komposisi air tanah lokasi kejadiannya. Hal itu menjadikan zeolit dengan warna dan tekstur yang sama mungkin berbeda komposisi kimianya bila diambil dari lokasi yang berbeda, disebabkan karena kombinasi mineral yang berupa partikel halus dengan impuritis lainnya (Laz, 2005). Zeolit memiliki sifat-sifat yang khas, diantaranya memiliki luas permukaan yang besar, mampu mempertukarkan kation dengan baik, mempunyai keasaman internal dan tahan terhadap panas yang tinggi (Saputra dkk, 2006).

- Luas permukaan yang besar

Zeolit memiliki struktur berbentuk kerangka, sehingga memberika struktur yang lebar dan luas.

- Penukar kation yang baik

Kation yang berada di luar kerangka Zeolit dapat dengan mudah dipertukarkan dengan kation lain. Kation tamu yang dipertukarkan tersebut teralokasi berhampiran dengan tetrahedral AlO_4 yang bermuatan negatif, sehingga kapasitas tukar kation Zeolit sebanding dengan konsentrasi ionion Al^{3+} yang dimilikinya.

- Keasaman Internal

Sifat asam Zeolit terbentuk apabila kation Mn^+ yang terikat dipertukarkan dengan H^+ (proton) dimana H^+ mengambil tempat pada posisi tangan O dan bergabung menjadi O-H yang bermuatan positif. Demikian pada kerapatan tertentu membentuk kelompok donor proton yang dikenal sebagai gejala asam Bronsted.

- Kestabilan Thermal

Zeolit adalah kristal yang memiliki sifat stabil terhadap panas. Oleh karena reaksi-reaksi kimia umumnya berlangsung lebih cepat pada suhu tinggi maka sifat ini disukai sebagai alternatif katalis. Setiap jenis zeolite mempunyai suhu dekomposisi yang berbeda, secara umum berkisar Antara 700°C hingga 1300°C .

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. 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 (Susilowati, 2006). Sebelum digunakan sebagai katalis, zeolit alam terlebih dahulu diaktifasi. Harjanti (2008) mengaktifkan zeolit alam klinoptilolite yang berasal dari Lampung dengan merebusnya di dalam larutan NaOH 1 N selama 3 jam pada suhu 100°C dan didapatkan Na-zeolit. Trisunaryanti (2005) mengaktifkan zeolit dengan merendamnya ke dalam 125 ml lar. HCl 6N kemudian disaring dan dicuci berulang kali sampai tidak ada ion Cl^- yang terdeteksi oleh larutan AgNO_3 , dikeringkan pada suhu 130°C selama 3 jam dalam oven.

2.6 Hydrotreating

Hydrotreating adalah hal penting dari proses katalitik dalam skema *refinery* yang terdiri dari serangkaian reaksi di mana hidrogen dilewatkan melalui katalis. *Hydroprocessing* digunakan untuk mengkonversi berbagai distilat minyak menjadi bahan

bakar transportasi bersih dan minyak pemanas. *Hydrotreating* adalah proses yang jauh berbeda dari pirolisis, yaitu dapat menghilangkan semua kandungan oksigen dari minyak nabati dan menghasilkan hidrokarbon titik didih murni rendah (Aslam dkk., 2015). Reaksi yang terjadi dalam *hydroprocessing* dapat diklasifikasikan dalam dua kelompok yaitu, *hydrocracking* dan *hydrotreating* (Sotelo-Boyás, R., 2012).

Cracking merupakan suatu proses pemutusan ikatan suatu unsur menjadi senyawa linier, siklik parafin, olefin, aldehid, keton dan asam karboksilat. *Hydrocracking* merupakan suatu proses yang mengkonversi umpan menjadi produk yang lebih ringan dengan bantuan katalis dan gas hidrogen. Selain itu *hydrocracking* dapat didefinisikan sebagai proses produksi fraksi-fraksi ringan berkualitas tinggi dari minyak berat dengan bantuan hidrogen. Proses ini menggunakan tekanan tinggi, suhu tinggi, katalis, dan hidrogen. *Hydrotreating* merupakan proses hidrogenasi katalitik yang bertujuan untuk menjenuhkan hidrokarbon tidak jenuh dan menghilangkan senyawa-senyawa pengotor seperti sulfur, nitrogen, oksigen dan logam pada aliran kilang minyak.

Reaksi pembuatan green diesel dengan hidrogenasi minyak nabati telah diteliti oleh banyak peneliti, antara lain percobaan hidrogenasi minyak nabati menghasilkan alkana, rantai gliserol dari trigliserida dihidrogenasi menghasilkan propane dan tidak terbentuk gliserol, minyak setara minyak diesel yang dihasilkan bukan berupa oksigenat seperti hasil transesterifikasi tapi berwarna jernih dan memiliki angka cetane yang tinggi antara 85 sampai 99 dengan reaksi fase cair. Tahapan *hydrotrating* dapat di lihat pada gambar 2.2

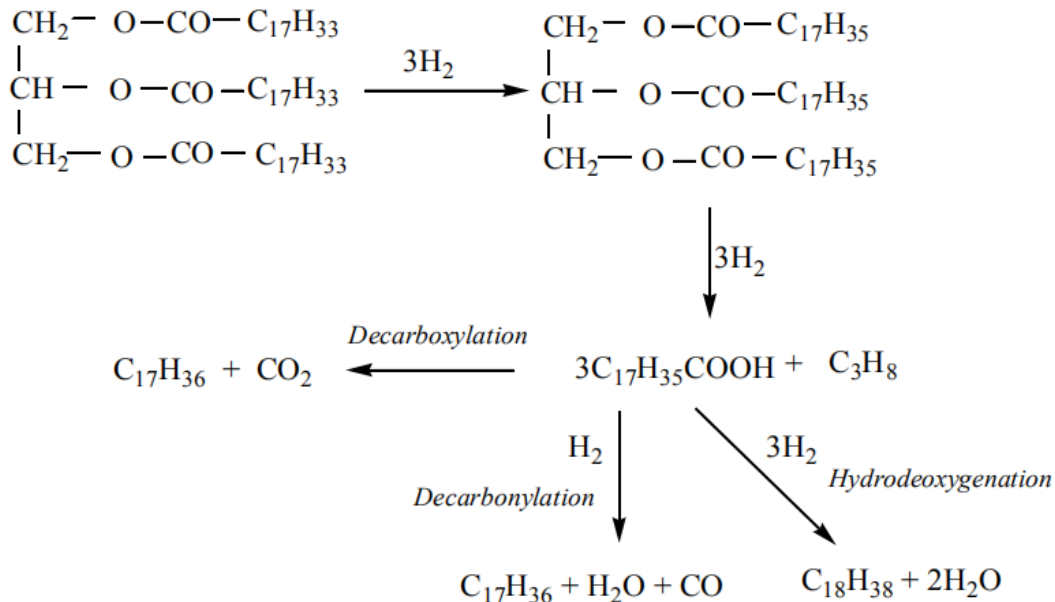
Variabel-variabel yang mempengaruhi hidrogenasi adalah suhu, tekanan, pengadukan, tingkat katalisasi, pemilihan katalis (O'Brien, 1998), yang dijelaskan seperti di bawah ini:

1. Suhu
2. Tekanan
3. Pengadukan
4. Tingkat Katalis

5. Pemilihan Katalis

6. Racun Katalis

Gambar 2.2 Tahapan *Hydrotreatin*



g

Sumber: Veriansyah, dkk., 2011

Tahapan pertama adalah saturasi dimana ikatan rangkap dari trigliserida menjadi ikatan tunggal karena adanya hidrogen. Selanjutnya, trigliserida yang telah terhidrogenasi terdegradasi menjadi zat antara yaitu monogliserida, digliserida, dan asam lemak bebas yang kemudian terkonversi menjadi produk terdeoksigenasi melalui tiga jalur reaksi, diantaranya dekarbonilasi, dekarboksilasi, dan hidrideoksigenasi. Ketiga jalur ini menghasilkan produk utama berupa hidrokarbon (*green diesel*) dengan produk samping berupa CO_2 (dekarboksilasi), CO dan H_2O (dekarbonilasi), dan H_2O (hidrideoksigenasi) (Veriansyah, dkk., 2011). Tahapan ini memerlukan hidrogen untuk menghilangkan oksigen dari molekul trigliserida atau asam lemak melalui tiga jalur reaksi tersebut (Kantama *et.al*, 2015).

