

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

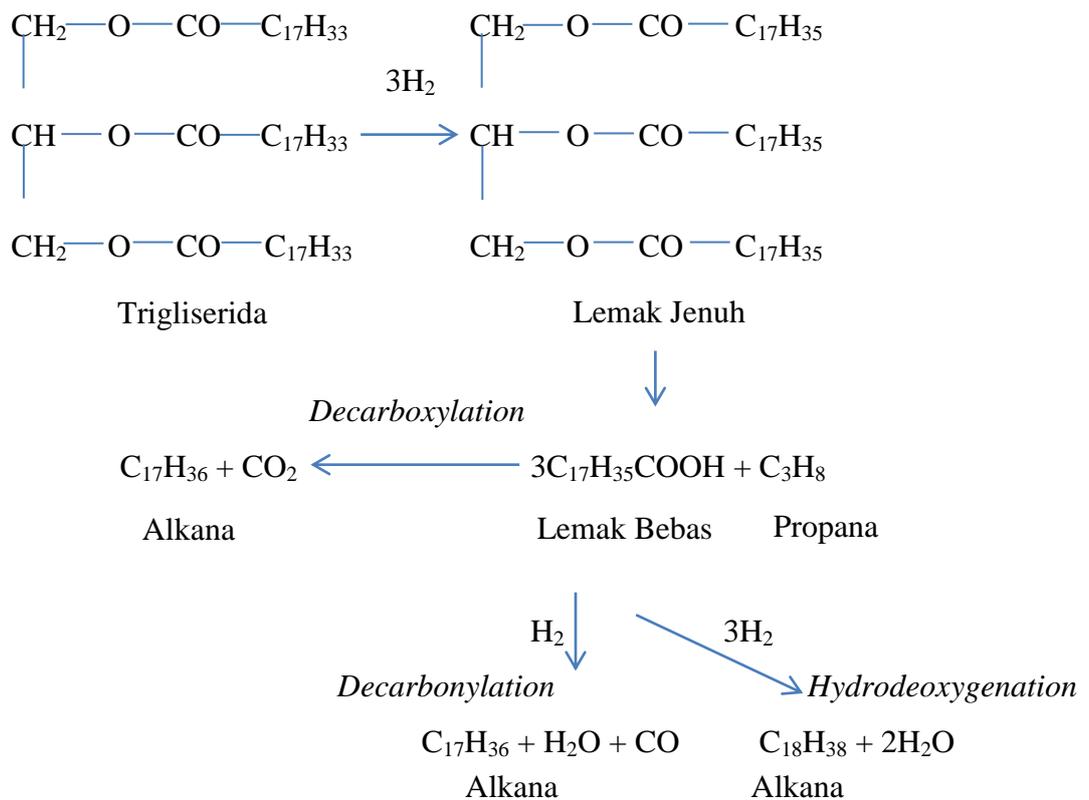
2.1 Proses Hidrogenasi

Hydroprocessing adalah suatu metode yang efektif untuk mengubah minyak nabati (trigliserida) menjadi *biofuel* dimana peran hidrogen sangat penting. Metode ini banyak diterapkan di kilang minyak bumi (Zhao. dkk., 2016). *Hydroprocessing* mempunyai dua reaksi yaitu reaksi *hydrocracking* dan reaksi *hydrotreating*. *Hydrocracking* melibatkan hidrogenasi destruktif dan ditandai dengan konversi komponen berat molekul yang lebih berat untuk produk yang lebih ringan. Sedangkan *hydrotreating* melibatkan hidrogenasi non destruktif dan berfungsi dalam meningkatkan kualitas distilat tanpa perubahan yang signifikan dari rentang titik didih. (Sotelo-Boyas. dkk., 2012).

Para peneliti sebelumnya telah membuat *green diesel* dari proses hidrogenasi minyak nabati, yakni percobaan hidrogenasi dengan menggunakan bahan baku minyak nabati yang di dalamnya banyak terkandung senyawa trigliserida, dan rantai gliserol dari trigliserida yang dihidrogenasi akan menghasilkan *propane* dan tidak terbentuknya gliserol. Minyak yang dihasilkan setara dengan minyak *diesel* (solar) tapi bukan berupa oksigenat seperti hasil dari transesterifikasi, minyak yang dihasilkan berwarna jernih dan memiliki angka *cetane* yang tinggi antara 85 sampai 99.

Kimia hidroproses trigliserida sangat penting untuk dipahami karena dapat merumuskan model kinetik yang mengarah pada desain reaktor dan selanjutnya simulasi serta optimasi. Pada proses yang terjadi trigliserida akan diubah menjadi hidrokarbon, terutama untuk n-parafin pada suhu antara 300 dan 450°C pada tekanan hidrogen di atas 3 MPa meninggalkan CO, CO₂ dan H₂O sebagai produk sampingan. Mekanisme reaksi pada proses pembuatan *green diesel* ini sangat kompleks, yaitu terdiri dari reaksi-reaksi yang berurutan seperti pada gambar **Gambar 2.1**. Penghapusan oksigen dari trigliserida terjadi melalui reaksi yang berbeda seperti hidrodeoksigenasi, dekarboksilasi, dan dekarbonilasi dan pengaruhnya terhadap distribusi produk hidrokarbon. (Rogelio Sotelo-Boyas. dkk, 2012).

Pada proses hidrogenasi yang berlangsung, selain untuk memecahkan rantai trigliserida, juga terjadi proses pelepasan oksigen yang bertujuan agar *hydrogen* yang diinjeksikan dapat berikatan sehingga didapatkan produk *green diesel*. Pemecahan atau pemutusan rantai dan penggabungan *hydrogen* ke dalam rantai dibantu dengan menggunakan katalis. Katalis yang sering digunakan yaitu katalis nikel, dimana katalis ini berikatan dengan senyawa lain, misalnya NiMo. Oleh karena sifat dari nikel ini mudah teracuni, akan berdampak pada proses reaksi hidrogenasi yang berlangsung.



Gambar 2.1 Reaksi molekuler yang terjadi dalam hidrokonsersi trigliserida (misalnya triolein). (Rogelio Sotelo-Boyás. dkk, 2012)

Produk dari *hydrotreating* lemak dan minyak nabati juga berupa parafin linier. Hidroisomerisasi n-parafin ini diperlukan untuk meningkatkan sifat dingin bahan *green diesel*. (Rogelio Sotelo-Boyás. dkk, 2012).

2.2 Pemilihan Reaktor

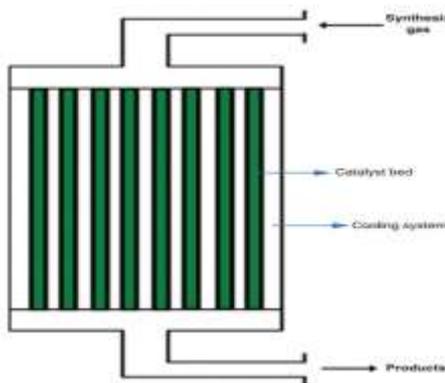
Jenis dan desain Reaktor yang akan digunakan pada proses hidrogenasi dalam pembuatan *green diesel* ini, dapat dilakukan dengan mengikuti tahapan-tahapan sebagai berikut.

- 1) Tahap pertama, melakukan desain konseptual, ruang lingkup yang diartikan dalam hal bahan baku dan spesifikasi produk.
- 2) Pada tahapan selanjutnya melakukan penulisan daftar bahan kimia, perhitungan *black box*, dan membuat diagram alir fungsional. Pada fase desain ini terjadi, misalnya pemisahan atau reaksi, sesuai dari fungsi Reaktor *Hydrotreating*. Meskipun studi literatur awal dilakukan pada tahapan ini, data tambahan diperlukan untuk tahapan selanjutnya.
- 3) Kemudian keluaran dari tahapan sebelumnya akan digunakan untuk merancang semua langkah secara detail. Alternatif untuk setiap fungsi dipertimbangkan agar setiap fungsi dapat diterjemahkan ke unit operasi.
- 4) Tahapan akhir dari desain rinci adalah optimasi proses dengan integrasi panas. Hal ini dilakukan dengan menggunakan simulator proses desain Hysys untuk mendapatkan hasil dari fase desain rinci: Diagram alir proses, neraca massa dan energi. Paket properti NRTL dengan persamaan keadaan Redlich-Kwong digunakan.
- 5) Dari tahapan-tahapan yang telah dilakukan, berikutnya menentukan dapat jenis dan desain Reaktor *Hydrotreating* ini, yakni desain akhir reaktor yang terdiri dari ukuran peralatan, evaluasi ekonomi proses, evaluasi fleksibilitas proses, studi keselamatan, dan diagram perpipaian serta instrumentasi sederhana untuk menggambarkan kontrol proses.

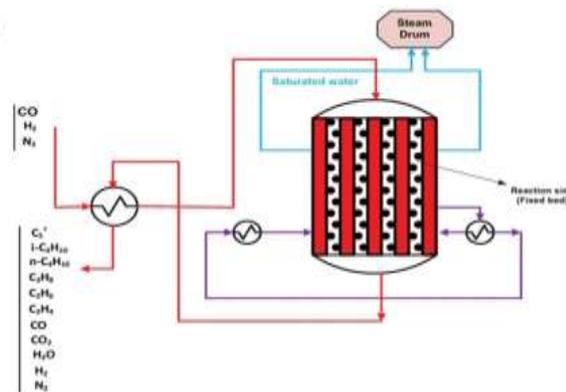
(Tim J. Hilbers. dkk, 2015)

Berdasarkan tahapan-tahapan diatas dalam membuat desain reaktor dan jenis reaktor yang akan dipilih yang bersumber dari jurnal (Tim J. Hilbers. dkk, 2015). Maka jenis reaktor *hydrotreating* yang akan digunakan yaitu *multi-tubular reactor*. Reaktor yang digunakan dalam proses ini pernah digunakan pada pembuatan biodiesel oleh kebanyakan peneliti, oleh karena itu reaktor ini bisa direkomendasikan untuk pembuatan *green diesel*. Reaktor ini menjadi pilihan yang sangat baik dalam proses hidrogenasi dikarenakan

rancangan reaktor yang akan digunakan sesuai pada **Gambar 3.1** gas *hydrogen* dan gas trigliserida yang masuk ke reaktor ini akan bersentuhan dengan katalis yang ada pada reaktor, dengan menggunakan sumber pemanas *band heater* (*element* pemanas), sehingga menyebabkan konversi menjadi *green diesel*-nya akan lebih baik. Yang akan terjadinya keseragaman temperatur pada setiap sisi reaktor. Gambar berikut merupakan jenis Reaktor *Multi Tubular* sesuai desain reaktornya.



Gambar 2.2 *Multi-tubular fixed-bed reactor*



Gambar 2.3 *Multi-tubular reactor (CR) fixed-bed reactor*

(Samrand Saeidi. dkk, 2014)

2.3 Spesifikasi Bahan Baku Minyak Jelantah Dan Produk *Green Diesel*

1. Minyak jelantah

Minyak jelantah merupakan limbah cair penggunaan minyak goreng yang berasal dari minyak, seperti minyak zaitun, sawit, kelapa, dll. Terutama yang banyak mengandung asam lemak bebas. Minyak goreng yang digunakan secara terus menerus mengandung terdapat racun yang dihasilkan ketika minyak dioksidasi saat menggoreng makanan yang bersifat karsinogenik. (NurImamelisa A. dkk., 2018). Proses pemanasan yang terus menerus akan mempengaruhi kualitas minyak goreng. Pada suhu penggorengan 200°C rantai kimia minyak akan terurai (Department of Food Science and Technology, 2005). Maka dari itu bahan baku ini dipilih dalam proses pembuatan minyak jelantah yang telah diperoleh dari berbagai pihak seperti minyak jelantah dari tetangga, rumah sendiri, dll.

Sehingga diperoleh bahan baku minyak jelantah yang beragam jenis kandungan FFA dan spesifikasi lainnya.

Minyak goreng bekas mengandung asam lemak bebas yang tinggi antara 3% - 40% (Marchetti. dkk., 2007). Kandungan air dan FFA berdampak negatif terhadap minyak jelantah dalam reaksi transesterifikasi, karena metil ester dari gliserol sulit untuk dipisahkan. Viskositas, densitas, angka penyabunan semakin tinggi sementara berat molekul dan angka iodin semakin menurun dikarenakan pemanasan yang terlalu lama. (Mahreni, 2010). Adapun komposisi kimia dan fisik dari minyak jelantah dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Komposisi Kimia dan Fisik dari Minyak Jelantah

Parameter	Minyak Jelantah
Heptana (%)	11.85
Asam Palmitat (%)	22.68
Asam Oleat (%)	19.12
Asam Nonadesilat (%)	46.35
%FFA	1.54
Air dan Sedimen (v/v%) (ASTM-D2709)	0.03
Titik Nyala (°C) (ASTM-D92)	>370
<i>Pour Point</i> (°C) (ASTM-D97)	-7.5
Kadar Abu (%) (ASTM-D482-13)	0.16

Sumber :Thi Tuong V.T. dkk., 2016

2. *Green diesel*

Green diesel merupakan bahan bakar alternatif yang diproses dengan *hydrotreating* minyak nabati atau lemak hewani melewati proses katalitik dengan hidrogen, terdapat 15 hingga 18 atom karbon per molekul dari hasil campuran hidrokarbon jenuh rantai lurus dan bercabang. (A. Zikri dan M. Aznury. 2020). *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. Dibandingkan dengan proses untuk memproduksi ester metal asam lemak biodiesel), *hydroprocessing* minyak nabati untuk produksi diesel hijau memiliki keuntungan sebagai berikut (Rogelio Sotelo-Boyás, 2012):

- a. Produk ini kompatibel dengan mesin yang ada.
- b. Fleksibilitas dengan bahan baku, seperti kandungan asam lemak bebas yang ada di dalam minyak nabati tidak masalah.
- c. Angka cetane yang lebih tinggi.
- d. Densitas energi yang lebih tinggi.
- e. Stabilitas oksidasi yang lebih tinggi.
- f. Tidak meningkatkan emisi NOx.
- g. Tidak membutuhkan air.
- h. Tidak ada produk samping yang memerlukan perawatan tambahan (misalnya gliserol).

Tabel 2.2 Perbandingan Sifat Fisika *Green Diesel* dan Biodiesel

Parameter	<i>Green Diesel</i>	Biodiesel
Oxygen (wt%)	0	11
Cetane Number (CN)	Min 70	Min 51
Density (kg/m ³)	765 – 800	860 – 890
Viscosity (mm ² /s)	2 – 4,5	3,5 – 5,0
Flash Point (°C)	Min 55	Min 101
Water Content (ppm)	Maks 200	Maks 500
Heating Value (MJ/kg)	43,70 – 44,5	37,2
Specific Gravity	0,78	0,88
Cloud Point (°C)	-10 – 20	-5 – 15
Disitilasi (°C)	265 – 320	340 – 355
Kandungan Belerang (%)	<1	<1

Sumber : Savvas L. Douvarizides, dkk. (2019) dan S. Salaman, dkk. (2013)

2.4 Analisis Kinerja

Analisis kinerja yaitu suatu metode untuk menganalisis kemampuan kinerja alat. Analisis kinerja dapat mencakup kapasitas alat, perpindahan panas, neraca massa dan energi, efisiensi energi, serta konsumsi energi listrik terhadap produk yang dihasilkan.

1. *Specific energy consumption*

Specific energy consumption adalah jumlah energi yang digunakan terhadap produk yang dihasilkan. Untuk menghitung *specific energy consumption* (SEC) dapat dilihat pada persamaan berikut :

$$SEC = \frac{\text{Jumlah konsumsi energi (kWh)}}{\text{Produk yang dihasilkan (L)}}$$

(Sumber: Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 70. 2009.
Tentang Konservasi Energi Jakarta: Presiden Republik Indonesia)

2. Konsumsi energi listrik

Konsumsi energi listrik dapat dituliskan dengan rumus seperti di bawah ini:

$$Power \times Time = Energy$$

Keterangan:

Power : Daya peralatan listrik (Watt)

Time : Waktu selama peralatan digunakan (Hour)

Energy : Energi listrik dari peralatan listrik

(Sumber: *Calculation of Electrical Energy*, UFBA pg.2)