

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Proses *Hydrotreating*

Proses *hydrotreating* merupakan reaksi senyawa organik dengan proses hidredeoksigenasi. Proses hidredeoksigenasi adalah proses yang menggunakan hidrogen bertekanan tinggi untuk menghilangkan oksigen serta heteroatom lainnya, yaitu nitrogen, sulfur, dan klorin (De S dkk, 2015). Penggunaan gas hidrogen sangat diperlukan karena jika tidak maka akan terjadi deaktivasi katalis (Sari, 2013). Prinsip dari proses ini adalah penjenahan ikatan rangkap rangkap menjadi ikatan tunggal. Proses hidrogenasi dapat membuat minyak menjadi stabil dan mencegah pembusukan. Variabel-variabel yang mempengaruhi hidrogenasi sebagai berikut (Hudaya dan Wiratama, 2015) :

1) Suhu

Seperti reaksi kimia lainnya, kenaikan suhu reaksi hidrogenasi akan mempercepat laju reaksi. Peningkatan suhu mengurangi kelarutan gas hidrogen dalam asam, sementara laju reaksi meningkat. Hal ini menyebabkan jumlah hidrogen yang diserap oleh katalis meningkat. Meningkatnya jumlah hidrogen yang diserap katalis akan meningkatkan selektivitas pembentukan isomer. Suhu optimum hidrogenasi bervariasi terhadap produk yang diinginkan, tetapi untuk lemak dan minyak suhu maksimumnya berkisar antara 230-360°C.

2) Tekanan

Kebanyakan lemak dan minyak terbentuk pada tekanan hidrogenasi dengan range 0,8-4 atm. Pada tekanan yang rendah, gas hidrogen yang terlarut dalam minyak tidak menutupi permukaan katalis, hidrogen yang diserap katalis sedikit. Sedangkan pada tekanan yang lebih tinggi, gas hidrogen yang diserap lebih banyak sehingga laju reaksi meningkat.

3) Pengadukan

Fungsi utama dari pengadukan adalah untuk mensuplai hidrogen terlarut ke permukaan katalis. Pendistribusian masa reaksi dilakukan dengan pengadukan supaya distribusi pemanasan dan pendinginan suhu dapat

dikontrol sehingga suspensi katalis ke dalam lemak dan minyak menjadi seragam.

4) Tingkat Katalisasi

Laju hidrogenasi akan meningkat seiring meningkatnya konsentrasi katalis hingga titik tertentu, disebabkan kenaikan aktifitas permukaan katalis.

5) Pemilihan Katalis

Pemilihan katalis yang tepat membantu proses hidrogenasi dan berpengaruh kuat pada laju reaksi, selektivitas, dan geometrik isomer lemak dan minyak. Katalis terdiri dari katalis homogen dan heterogen. Katalis homogen biasanya berupa cairan dan digunakan untuk enzim. Sedangkan katalis heterogen berbentuk logam bubuk yang diabsorpsikan pada suatu *inert* yang digunakan sebagai katalis hidrogenasi.

6) Racun Katalis

Racun katalis adalah zat yang dalam jumlah sedikit dapat menghambat kerja katalis. Akibatnya secara langsung adalah dapat mengurangi konsentrasi katalis, menurunkan selektivitas, laju reaksi, serta isomerisasi yang secara tidak langsung memberikan pengaruh signifikan terhadap produk.

Reaksi-reaksi *hydrotreating* yang utama adalah hidrodeoksigenasi, dekarboksilasi, hidroisomerisasi, dan *hydrocracking*. Hidrodeoksigenasi adalah suatu proses yang bertujuan menghilangkan oksigen dari suatu bahan dengan cara memotong ikatan karbon-oksigen dengan menggunakan gas hidrogen. Proses hidrodeoksigenasi biasa diikuti dengan reaksi hidrogenasi, dekarboksilasi, dan dekarbonilasi, ataupun gabungan ketiganya. Dalam hidrodeoksigenasi terjadi peningkatan nilai energi pada minyak dengan melepaskan gugus oksi dalam bentuk H₂O atau dalam bentuk CO₂ melalui proses dekarboksilasi. Tujuan utama dari proses ini adalah untuk mereduksi rasio O/C dan secara simultan meningkatkan rasio H/C (Mohammad dkk, 2012).

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,

diglisericida, dan asam lemak bebas yang kemudian terkonversi menjadi produk terdeoksigenasi melalui tiga jalur reaksi *hydrotreating* menghasilkan produk utama berupa hidrokarbon (*green diesel*) dengan produk samping berupa CO₂ (dekarboksilasi), CO dan H₂O (dekarbonilasi), dan H₂O (hidrodeoksigenasi) (Veriansyah dkk, 2011). Selain reaksi-reaksi tersebut, terdapat reaksi samping yang tidak diinginkan. Reaksi samping ini adalah reaksi pembentuk *coke* yang dapat mendeaktivasi katalis (Madsen, 2011).

2.2 Distilasi

Distilasi adalah proses pemisahan yang paling banyak digunakan pada industri kimia. Proses pemisahan ini berdasarkan perbedaan kemudahan menguap relatif antara komponen yang akan dipisahkan (Hartanto dkk, 2017). Sedangkan menurut Wahyudi dkk (2017), distilasi sederhana adalah teknik pemisahan untuk memisahkan dua atau lebih komponen zat cair yang memiliki perbedaan titik didih, juga perbedaan kecenderungan sebuah zat untuk berubah fase menjadi gas (volatile). Prinsip dasar dari distilasi adalah perbedaan titik didih dari zat-zat cair dalam campuran zat cair tersebut sehingga zat (senyawa) yang memiliki titik didih terendah akan menguap terlebih dahulu, kemudian apabila didinginkan akan mengembun dan menetes sebagai zat murni (distilat).

Pada proses distilasi, fase uap akan terbentuk setelah sejumlah cairan dipanaskan pada kondisi tekanan dan temperatur tertentu. Uap dipertahankan kontak dengan sisa cairannya (dalam waktu relatif cukup) dengan harapan pada tekanan dan temperatur tertentu, antara uap dan sisa cairan akan berada dalam kesetimbangan, sebelum campuran dipisahkan menjadi distilat dan residu.

Fase uap yang mengandung lebih banyak komponen yang lebih mudah menguap relatif terhadap fase cair, berarti menunjukkan adanya suatu pemisahan. Sehingga kalau uap yang terbentuk selanjutnya diembunkan dan dipanaskan secara berulang-ulang, maka akhirnya akan diperoleh komponen-komponen dalam keadaan yang relatif murni.

Pemisahan komponen-komponen dari campuran *liquid* melalui destilasi bergantung pada perbedaan titik didih masing-masing komponen. Juga bergantung pada konsentrasi komponen yang ada. Campuran *liquid* akan memiliki

karakteristik titik didih yang berbeda. Oleh karena itu, proses destilasi bergantung pada tekanan uap campuran *liquid*.

Kolom distilasi merupakan bejana vertikal dimana cairan dan gas dikontakkan melalui *plate-plate* yang disebut sebagai *tray*. Fungsi dari penggunaan *tray* adalah untuk memperbesar kontak antara cairan dan gas sehingga komponen dapat dipisahkan sesuai dengan rapat jenisnya, dalam bentuk gas atau cairan. Jumlah *tray* dalam suatu kolom tergantung pada tingginya kesulitan pemisahan zat yang akan dilakukan dan juga ditentukan berdasarkan perhitungan neraca massa dan keseimbangan. Efisiensi *tray* dan jumlah *tray* yang sebenarnya ditentukan oleh desain yang digunakan dan kondisi operasi, sedangkan diameter kolom bergantung pada jumlah gas dan cairan yang melewati kolom per unit waktu.

2.2.1 Macam-macam distilasi

Berdasarkan kegunaan dan ketelitian dalam pemisahan fraksi yang berbeda distilasi dibedakan menjadi beberapa jenis sebagai berikut:

1. Distilasi sederhana

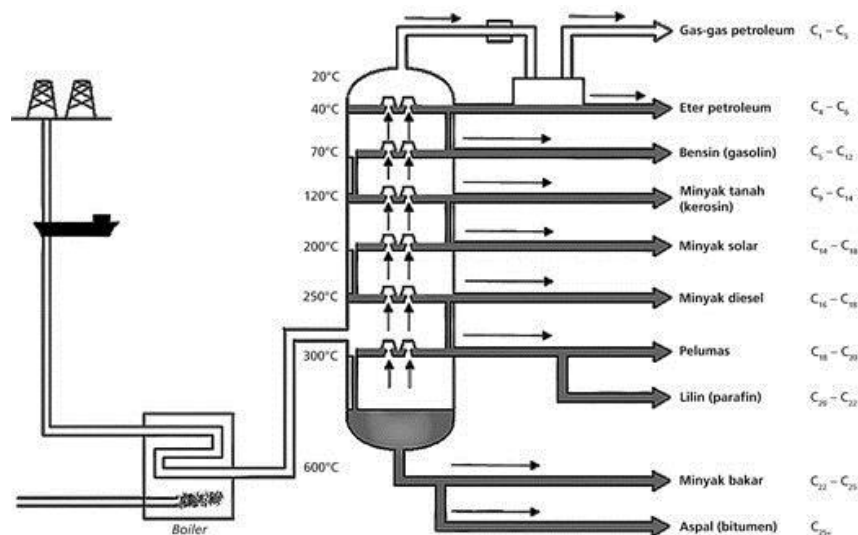
Biasanya distilasi sederhana digunakan untuk memisahkan zat cair yang titik didihnya rendah, atau memisahkan zat cair dengan zat padat atau minyak. Proses ini dilakukan dengan mengalirkan uap zat cair tersebut melalui kondensor lalu hasilnya ditampung dalam suatu wadah, namun hasilnya tidak benar-benar murni atau biasa dikatakan tidak murni karena hanya bersifat memisahkan zat cair yang titik didih rendah atau zat cair dengan zat padat atau minyak.



Gambar 2.1 Distilasi Sederhana

2. Distilasi bertingkat (fraksinasi)

Proses ini digunakan untuk komponen yang memiliki titik didih yang berdekatan. Pada dasarnya sama dengan distilasi sederhana, hanya saja memiliki kondensor yang lebih banyak sehingga mampu memisahkan dua komponen yang memiliki perbedaan titik didih yang bertekanan. Pada proses ini akan didapatkan substansi kimia yang lebih murni, karena melewati kondensor yang banyak.

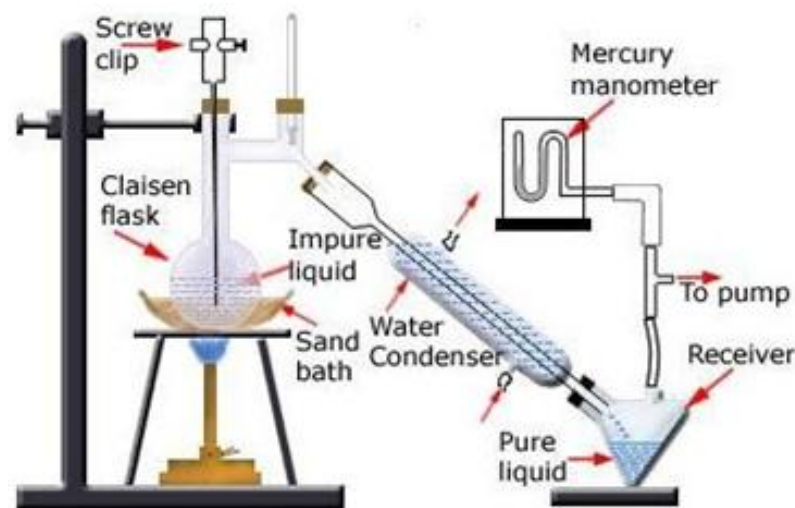


Gambar 2.2 Distilasi Fraksinasi

3. Distilasi vakum (distilasi tekanan rendah)

Distilasi vakum adalah distilasi yang tekanannya operasinya 0,4 atm (300 mmHg absolut). Distilasi yang dilakukan dalam tekanan operasi ini biasanya karena beberapa alasan yaitu :

- Sifat penguapan relatif antar komponen biasanya meningkat seiring dengan menurunnya *boiling temperature* (titik didih).
- Distilasi pada temperatur rendah dilakukan ketika mengolah produk yang sensitif terhadap variabel temperatur.
- Proses pemisahan dapat dilakukan terhadap komponen dengan tekanan uap yang sangat rendah atau komponen dengan ikatan yang dapat terputus pada titik didihnya.
- Reboiler dengan temperatur yang rendah yang menggunakan sumber energi dengan harga yang lebih murah seperti steam dengan tekanan rendah atau air panas.



Distilasi Vakum

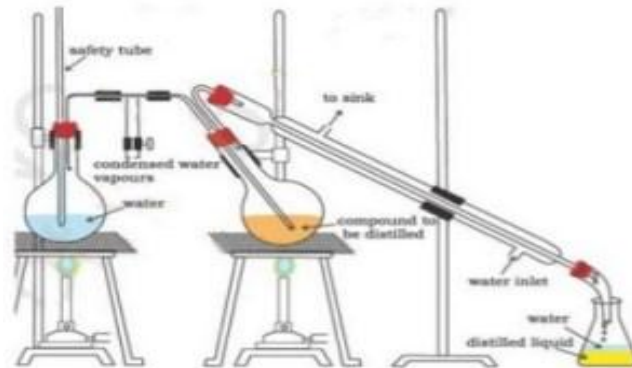
Gambar 2.3 Distilasi Vakum

2. Refluks/destruksi

Refluks/destruksi ini bisa dimasukkan dalam macam-macam distilasi walau pada prinsipnya agak berkelainan. Refluks dilakukan untuk mempercepat reaksi dengan jalan pemanasan tetapi tidak akan mengurangi jumlah zat yang ada.

3. Distilasi azeotrop

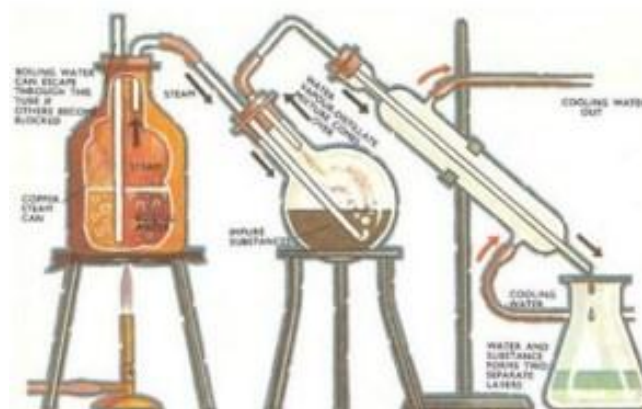
Digunakan dalam memisahkan campuran azeotrop (campuran campuran dua atau lebih komponen yang sulit dipisahkan), biasanya dalam prosesnya digunakan senyawa lain yang dapat memecah ikatan azeotrop tersebut, atau dengan menggunakan tekanan tinggi.



Gambar 2.4 Distilasi Azeotrop

4. Distilasi uap

Distilasi uap digunakan untuk memisahkan zat cair yang tidak larut dalam air dengan titik didih yang tinggi (di atas 200°C). Sifat dasar dari distilasi uap adalah dapat mendistilasi campuran senyawa yang berada di bawah titik didih dari tiap-tiap senyawa campuran. Destilasi uap diaplikasikan untuk mengekstrak beberapa minyak alami, seperti minyak citrus dari lemon, minyak eucalyptus, dan ekstraksi minyak dari tumbuhan lainnya.



Gambar 2.5 Distilasi Uap

2.2.2 Faktor-faktor yang mempengaruhi proses distilasi

Menurut Sinnott (2005) Kinerja kolom distilasi ditentukan oleh beberapa faktor, faktor yang mempengaruhi diantaranya adalah :

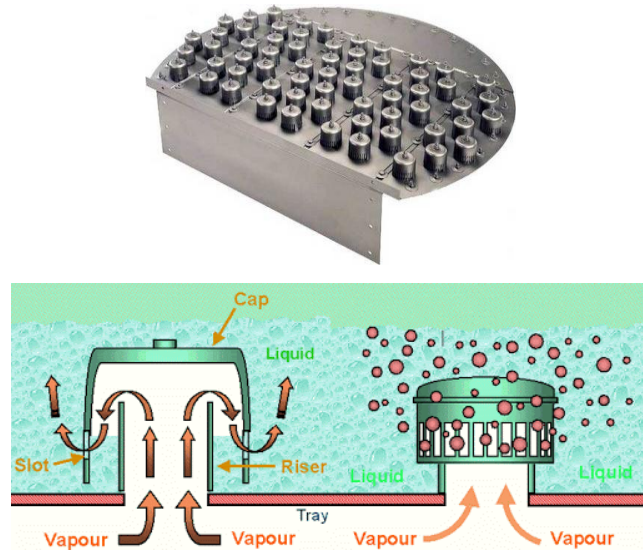
1. Kondisi feed Keadaan campuran dan kondisi feed mempengaruhi garis operasi dan jumlah stage yang digunakan dalam pemisahan distilasi, hal ini juga mempengaruhi lokasi feed tray.
2. Kondisi refluks Pemisahan semakin baik jika menggunakan sedikit tray untuk mendapatkan tingkat pemisahan.
3. Kondisi aliran uap Kondisi aliran uap yang merugikan dapat menyebabkan berbagai hal berikut:
 - a. Foaming Mengacu pada ekspansi liquid melewati uap atau gas.
 - b. Entrainment Mengacu pada liquid yang terbawa uap atau gas menuju tray di atasnya dan disebabkan laju alir uap yang tinggi menyebabkan efisiensi tray berkurang.
 - c. Weeping / Dumping Fenomena ini disebabkan aliran uap yang rendah. Tekanan yang dihasilkan uap tidak cukup untuk menahan liquid pada tray. Karena itu liquid mulai merembes melalui perforasi.
 - d. Flooding terjadi karena aliran uap berlebih yang menyebabkan liquid terjebak pada uap di atas kolom.

2.2.3 Tipe desain Tray kolom Distilasi

Tray dan plate Istilah tray dan plate adalah sama yang berfungsi sebagai kolom pemisah berupa silinder tegak dimana bagian dari kolom berisi sejumlah tray atau plate yang disusun pada jarak tertentu (*tray/plate spacing*) di sepanjang kolom. Cairan dimasukkan dari puncak kolom dan dalam perjalanannya cairan akan mengalir dari tray yang satu ke tray yang lain yang ada dibawahnya. Selama proses berlangsung, di setiap tray akan terjadi kontak fasa cairan dengan fasa uap yang dimasukkan dari dasar kolom (Asep., 2014). Ada beberapa jenis tipe desain tray, tetapi yang paling umum digunakan adalah:

- a. *Bubble cap tray* biasanya didesain di atas plate pada sudut equilateral triangular, dengan baris yang disesuaikan secara normal dengan arah aliran

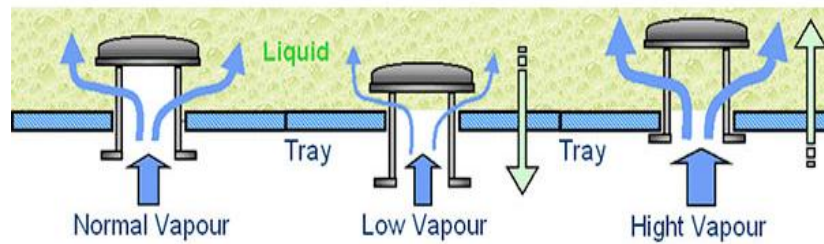
menyilang plate. Bubble cap tray mempunyai tingkat-tingkat atau cerobong yang terpasang diatas hole (lubang), dan sebuah cap yang menutupi cerobong. *Bubble cap tray* digunakan pada kondisi aliran rendah, dimana tray harus tetap basah kecuali kondisi bentuk *polymer*, *coking*, atau *fouling* yang tinggi. Dapat dilihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 *Bubble Cap Tray*

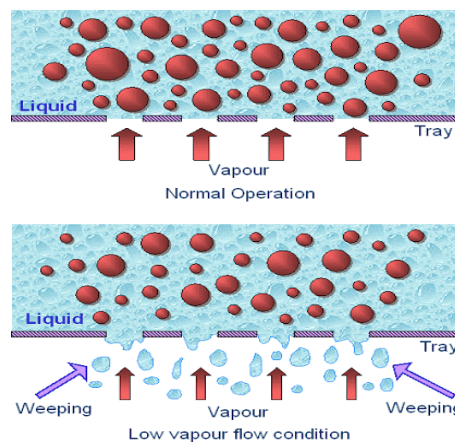
- b. *Valve tray* Pada valve tray perforasi (lubang-lubang kecil) ditutupi dengan valve yang mudah dilepas. Uap naik melalui perforasi pada tray, bubble pada liquid berbentuk sama. Valve yang terangkat menunjukkan uap mengalir horisontal kedalam liquid. Dapat dilihat pada gambar 2.7.





Gambar 2.7 Valve Tray

- c. Sieve tray adalah plate metal sederhana dengan dengan lubang diantaranya. Uap lewat keatas melalui liquid pada plate. Jumlah dan ukuran lubang menjadi parameter desain. Dapat dilihat pada gambar 2.8.



Gambar 2.8 Sieve Tray

2.2.4 Metode Uji Distilasi

Metode uji distilasi minyak bumi dan produk bahan bakar minyak dibagi dua jenis, yakni metoda uji distilasi ASTM dan TBP (*True Boiling Point*). Distilasi ASTM adalah metoda uji distilasi minyak bumi dan produk minyak lainnya, menggunakan kolom distilasi 1 plat tanpa refluks. Distilasi ASTM terdiri dari metoda uji ASTM D86, digunakan pada pengujian contoh minyak

ringan (titik didih distilat $<350^{\circ}\text{C}$) pada tekanan atmosfer dan metoda uji ASTM D1160 serta ASTM D5236 untuk pengujian contoh produk distilat berat dan residu, pada tekanan vakum. Selain itu, metoda uji Distilasi ASTM juga digunakan pada Distilasi Hempel untuk menentukan jenis dan klasifikasi minyak bumi, menggunakan tekanan atmosfer dan vakum. Sementara itu distilasi TBP adalah metoda uji distilasi untuk memisahkan fraksi minyak bumi dan menentukan distribusi titik didih minyak bumi menggunakan kolom 15 plat teoritis dengan rasio refluks 5;1. Metoda uji ini dikenal dengan metoda uji distilasi TBP ASTM D2892 15/5, dengan menggunakan tekanan atmosfer dan vakum.

Distilasi *True Boiling Point* (TBP) ini mempunyai karakteristik untuk menghasilkan fraksi-fraksi sesuai pemotongan yang dilakukan. Pemotongan yang dilakukan yaitu pemotongan wide cut (jarak lebar) yang menghasilkan fraksi - fraksi seperti : Gasolin (C5 - 80, C5 - 100), Nafta ($100 - 180^{\circ}\text{C}$) Kerosin ($180 - 250^{\circ}\text{C}$, $150 - 300^{\circ}\text{C}$), Gas Oil ($180 - 250^{\circ}\text{C}$, $250 - 350^{\circ}\text{C}$), Heavy Distilat ($350 - \text{EP}$) serta Residu. Evaluasi minyak bumi yang dilakukan, yaitu termasuk dalam kategori evaluasi tipe C (tipe analisis sedang) yang mencakup pengujian sifat umum minyak bumi seperti specific gravity, klasifikasi minyak bumi dengan distilasi TBP wide cut dan menganalisis fraksi kerosin.

Metode uji distilasi TBP lebih banyak digunakan oleh para ahli sebagai data proses desain Kilang dan tolok ukur mutu minyak bumi, karena memiliki tingkat pemisahan dan pemotongan suhu yang lebih akurat dibandingkan metoda uji distilasi ASTM. Namun Distilasi TBP jarang dilakukan di lakukan di Laboratorium karena membutuhkan biaya relatif mahal dan waktu distilasi yang cukup lama. Distilasi TBP sedikitnya membutuhkan waktu 48 jam, untuk mendapatkan hasil data distribusi titik didih minyak bumi. Sementara itu, untuk analisis data rutin di kilang harus dilakukan secara cepat, karena proses di kilang minyak bersifat kontinu.

Metode uji Distilasi TBP ASTM D2892 dilakukan secara *batch* di laboratorium sampai suhu titik didih distilat maksimum 400°C (AET). Awalnya distilasi minyak bumi dilakukan pada kondisi tekanan atmosfer sampai suhu atas (suhu uap) maksimum 210°C atau suhu bawah (suhu cairan di labu)

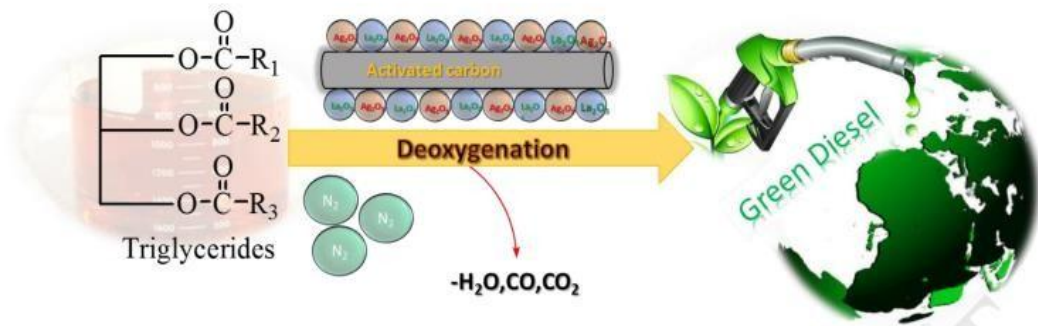
maksimum 310°C. Seperti diketahui Minyak bumi akan mengalami perengkahan, bila dipanasi melebihi suhu diatas. Untuk menghindari hal tersebut, distilasi dilakukan pada kondisi Vakum dengan rentang kondisi tekanan antara 2 mmhg sampai 100 mmhg. Umumnya distilasi dilakukan pada tekanan vakum 100 mmhg atau 40 mmhg sampai suhu 300°C, kemudian dilanjutkan lagi menggunakan tekanan vakum 5 atau 10 mmhg sampai suhu distilat maksimum 400°C AET. Penggunaan tekanan vakum berpengaruh pada laju alir uap ke dalam kolom dan durasi waktu distilasi. Semakin rendah tekanan vakum semakin lama waktu distilasi untuk menghasilkan fraksi distilat.

2.3 Green Diesel

Green diesel 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 limbah yang kecil dibanding minyak diesel yang lain (Salamah dan Satyawan, 2013).

Green diesel juga dikenal sebagai diesel terbarukan (*renewable diesel*). *Renewable diesel* memiliki komposisi utama yang terdiri dari alkana rantai panjang, alkana rantai pendek dan bercabang serta aromatik yang memenuhi syarat. Alkana rantai panjang memiliki angka *cetane* yang tinggi, dan angka *cetane* yang rendah untuk alkana rantai pendek dan bercabang (Patel dan Kumar, 2016). Dalam prosesnya, ikatan rangkap dan gugus oksigen yang ada dalam bahan baku dipecah dan dihilangkan dengan mengolah bahan baku dengan hidrogen di bawah suhu tinggi dengan adanya katalis dalam kilang. Teknologi produk *green diesel* merupakan salah satu pilihan untuk memproduksi bahan bakar alternatif setingkat solar yang lebih berkualitas dan ramah lingkungan. Berbeda dengan teknologi produksi biodiesel yang dihasilkan melalui proses transesterifikasi, *green diesel* diperoleh dengan mengadopsi salah satu proses yang ada di kilang minyak bumi yakni *hydroprocessing* atau *hydrotreating*. Proses ini merupakan salah satu teknologi menjanjikan dalam mentransformasi trigliserida menjadi hidrokarbon rantai panjang (C15-C18) dengan bantuan katalis (Ameen *et.al*, 2018). Dengan proses *hidroteating* menggunakan katalis mampu mengubah ikatan senyawa trigliserida dalam

minyak nabati menjadi senyawa rantai parafinik lurus yang menyerupai struktur senyawa hidrokarbon dalam minyak solar.



Gambar 2.9 Reaksi Pembentukan *Green Diesel*

Dalam proses pembuatan green diesel, bahan baku yang digunakan dapat berupa trigliserida maupun asam lemak bebas. Trigliserida dan asam lemak bebas masing-masing mengandung rantai alifatik hidrokarbon yang panjang. Sebagian dari rantai alifatik merupakan hidrokarbon tidak jenuh dan memiliki rentang nomor karbon maupun berat molekul yang mirip dengan bahan bakar diesel (Kalnes *et.al*, 2009).

Green diesel memiliki kelebihan dibandingkan biodiesel (FAME). Kelebihan *green diesel* atau biodiesel G2 ini mampu mencapai bilangan *cetane* 55-90 jauh lebih tinggi dari capaian biodiesel G1 yang hanya 40-45, sehingga minyak yang dihasilkan dapat langsung dipakai sebagai bahan bakar mesin diesel tanpa harus ditambahkan dengan solar bahkan tanpa harus melakukan modifikasi mesin dan *green diesel* lebih ramah lingkungan dan CO₂ yang di produksi dari proses pembuatan green diesel lebih rendah daripada produksi pembuatan FAME (Holmgren *et.al*, 2007).

Pada hasil pembuatan *green diesel* menghasilkan beberapa senyawa yang terdiri dari golongan alkana, karbonil, dan karboksilat. Adapun karakteristik hasil pembuatan *green diesel* ditabulasi pada tabel berikut.

Tabel 2.1 Karakter sifat fisik pada produk *green diesel* dan biodiesel

Parameter	Biodiesel	Green Diesel
	<i>European Standard</i>	<i>European Standard</i>
	EN14214/A2:2018-A2	EN15940:2016/A1:2018
Karbon (wt%)	-	-
Hidrogen (wt%)	-	-
Oksigen (wt%)	-	-
Angka Cetana	min 51	min 70
Berat jenis (kg/m ³)	860-890	765-800
Kekentalan (mm ² /s)	3,5-5,0	2-4,5
Titik Nyala (°C)	min 101	min 55
Kandungan Air (ppm)	Maks 500	Maks 200
Nilai Kalor (cal/gr)	37,2	43,70-44,5

Sumber : Savvas L. Douvartzides, dkk. 2019

2.3.1 Parameter Kualitas *Green Diesel*

Analisis yang digunakan untuk mengetahui kualitas dan kuantitas dari produk dari distilasi adalah sebagai berikut:

a) Densitas

Berat jenis didefinisikan sebagai massa suatu bahan per satuan volume bahan tersebut. Bentuk persamaannya adalah :

$$\text{Densitas } (\rho_f) = \frac{\text{Berat Green Diesel (m)}}{\text{Volume Piknometer (V)}}$$

(Sumber: Qurratul,uyun. 2017)

Dimana :

Berat zat cair dalam piknometer = (berat piknometer + berat zat cair) –
(piknometer kosong)

Volume zat cair dalam piknometer = volume piknometer

Volume piknomete ditentukan secara langsung dengan menggunakan zat cair yang lain yang diketahui berat jenisnya.

Satuan dari berat jenis adalah kg/dm^3 , gr/cm^3 atau gr/ml . Berat jenis mempunyai harga konstan pada suatu temperatur tertentu dan tidak tergantung pada bahan cuplikan atau sampel.

Berat jenis suatu zat cair dapat dihitung dengan mengukur secara langsung mengukur berat zat cair dalam piknometer (menimbang) dan volume zat ditentukan berdasarkan volume piknometer.

2.3.2 Viskositas

Viskositas adalah suatu angka yang menyatakan besar perlawanan/hambatan dari suatu bahan cair untuk mengalir atau ukurannya tahanan geser dari bahan cair. Makin tinggi viskositas minyak akan makin kental dan lebih sulit mengalir. Demikian sebaliknya makin rendah viskositas minyak makin encer dan lebih mudah minyak untuk mengalir, cara mengukur besar viskositas adalah tergantung pada *viscometer* yang digunakan, dan hasil (besarnya viskositas) yang dapat harus dibubuhkan nama *viscometer* yang digunakan serta temperatur minyak pada saat pengukuran. Viskositas merupakan sifat yang sangat penting dalam penyimpanan dan penggunaan bahan bakar minyak. Viskositas mempengaruhi derajat pemanasan awal yang diperlukan untuk handling, penyimpanan dan atomisasi yang memuaskan. Jika minyak terlalu kental, maka akan menyulitkan dalam pemompaan, sulit untuk menyalakan burner, dan sulit dialirkan. Atomisasi yang jelek akan mengakibatkan terjadinya pembentukan endapan karbon pada ujung burner atau pada dinding-dinding. Oleh karena itu pemanasan awal penting untuk atomisasi yang tepat.

Rumus perhitungan Viskositas :

a. Viskositas Dinamik

$$\text{Viskositas Dinamik } (\mu) = K (\rho_1 - \rho_2) t$$

(Sumber: Panduan Viskositas Lab.KAI Polsri)

Dimana : K = Konstanta bola (gr/cm^3)

t = waktu (s)

ρ_1 = densitas bola (gr/cm^3)

ρ_2 = densitas sampel (gr/cm^3)

b. Setelah mendapatkan viskositas dinamik, kemudian menghitung viskositas kinematik menggunakan persamaan:

$$\text{Viskositas Kinematik } (\mu) = \frac{\text{Viskositas Dinamik}}{\text{Densitas Green Diesel}}$$

(Sumber: Panduan Viskositas Lab.KAI Polsri)

2.3.3 Titik Nyala (*Flash Point*)

Titik nyala adalah suatu angka yang menyatakan suhu terendah dari bahan bakar minyak dimana akan timbul penyalaan api sesaat, apabila pada permukaan minyak didekatkan pada nyala api. Titik nyala ini diperlukan sehubungan dengan adanya pertimbangan-pertimbangan mengenai keamanan dari penimbunan minyak dan pengangkutan bahan bakar minyak terhadap bahaya kebakaran. Titik nyala tidak mempunyai pengaruh yang besar dalam persyaratan pemakaian bahan bakar minyak untuk mesin diesel atau ketel uap.

2.3.4 Nilai Kalor

Nilai kalor adalah suatu angka yang menyatakan jumlah panas/kalori yang dihasilkan dari proses pembakaran sejumlah tertentu bahan bakar dengan udara/ oksigen. Nilai kalor dari bahan bakar minyak umumnya berkisar antara 18,300 – 19,800 Btu/lb atau 10,160 -11,000 kkal/kg. Nilai kalor berbanding terbalik dengan berat jenis (density). Pada volume yang sama, semakin besar berat jenis suatu minyak, semakin kecil nilai kalornya, demikian juga sebaliknya semakin rendah berat jenis semakin tinggi nilai kalornya. Nilai kalor atas untuk bahan bakar cair ditentukan dengan pembakaran dengan oksigen bertekanan pada bomb calorimeter. Peralatan ini terdiri dari *container stainless steel* yang dikelilingi bak air yang besar. Bak air tersebut bertujuan meyakinkan bahwa temperatur akhir produk akan berada sedikit diatas temperatur awal reaktan, yaitu 25⁰C. Nilai kalori dari *green diesel* adalah 43,7-44,5 MJ/kg. Nilai kalori diperlukan karena dapat digunakan untuk menghitung jumlah konsumsi bahan bakar minyak yang dibutuhkan untuk suatu mesin dalam suatu periode.

2.3.5 Gas Chromatography Mass Spectrometry (GC-MS)

GC-MS merupakan metode pemisahan senyawa organik yang

menggunakan dua metode analisis senyawa yaitu kromatografi gas (GC) untuk menganalisa jumlah senyawa secara kuantitatif dan spektrometri massa (MS) untuk menganalisis struktur molekul senyawa analit. Gas kromatografi merupakan salah satu teknik spektroskopi yang menggunakan prinsip pemisahan campuran berdasarkan perbedaan kecepatan migrasi komponen-komponen penyusunnya. Gas kromatografi biasa digunakan untuk mengidentifikasi suatu senyawa yang terdapat pada campuran gas dan juga menentukan konsentrasi suatu senyawa dalam fase gas.

Spektroskopi massa adalah suatu metode untuk mendapatkan berat molekul dengan cara mencari perbandingan massa terhadap muatan dari ion yang muatannya diketahui dengan mengukur jari-jari orbit melingkarnya dalam medan magnetic seragam. Paduan keduanya dapat menghasilkan data yang lebih akurat dalam pengidentifikasian senyawa yang dilengkapi dengan struktur molekulnya.