



BAB II

SELEKSI DAN URAIAN PROSES

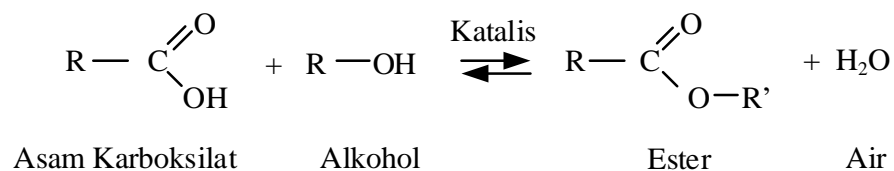
II.1 Macam –Macam Proses

Biodiesel merupakan nama dari *alkyl ester* atau rantai panjang asam lemak yang berasal dari minyak nabati maupun lemak hewan. Teknologi pembuatan biodiesel dari minyak dan lemak telah banyak diterapkan. Untuk memperoleh perancangan pabrik Biodiesel yang optimal, perlu dilakukan seleksi dari macam-macam proses yang ada.

Berdasarkan pada teknik proses produksi biodiesel yang digunakan, terdapat dua macam proses produksi, yaitu esterifikasi dan transesterifikasi.

1. Esterifikasi

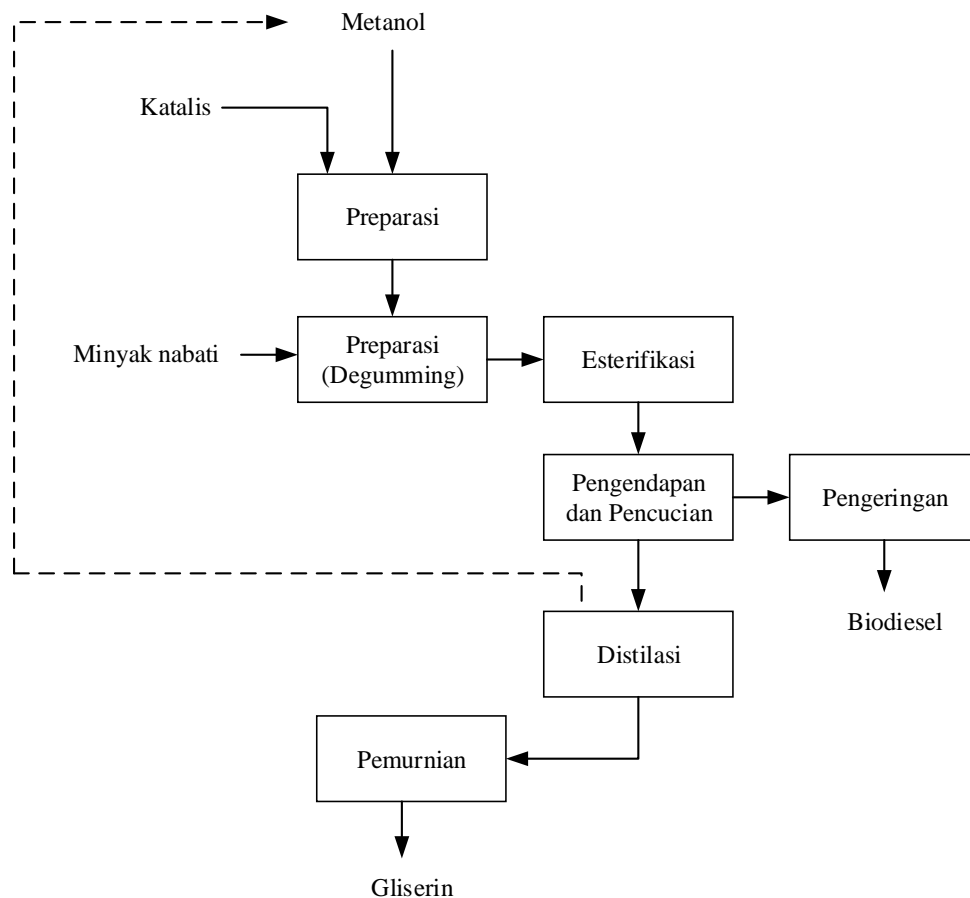
Esterifikasi adalah proses yang mereaksikan asam lemak bebas (FFA) dengan alkohol rantai pendek (metanol atau etanol) menghasilkan metil ester asam lemak (FAME) dan air. Umumnya proses esterifikasi menggunakan katalis asam. Asam-asam pekat seperti asam sulfat. Reaksi esterifikasi mengkonversi asam lemak bebas yang terkandung didalam trigliserida menjadi metil ester. Pada tahap ini akan diperoleh minyak dengan campuran metil ester dan metanol sisa yang kemudian dipisahkan (Efendi, 2018). Reaksi esterifikasi dilakukan pada suhu 60 °C selama 2 jam dan dilakukan pengadukan secara terus menerus untuk mempercepat reaksi dan agar seluruh katalis dapat bereaksi dengan reaktan (Suleman dkk, 2019). Reaksi esterifikasi sebagai berikut :



Esterifikasi digunakan sebagai proses pendahuluan untuk mengkonversikan FFA menjadi metil ester sehingga mengurangi kadar FFA dalam minyak nabati.



Uraian proses esterifikasi dapat digambarkan pada blok diagram berikut ini :



Gambar 2.1 Blok diagram alir proses esterifikasi (Solikhah dkk, 2020)

2. Transesterifikasi

Proses transesterifikasi bertujuan untuk mengubah asam – asam lemak dari trigliserida dalam bentuk ester dengan bantuan methanol.

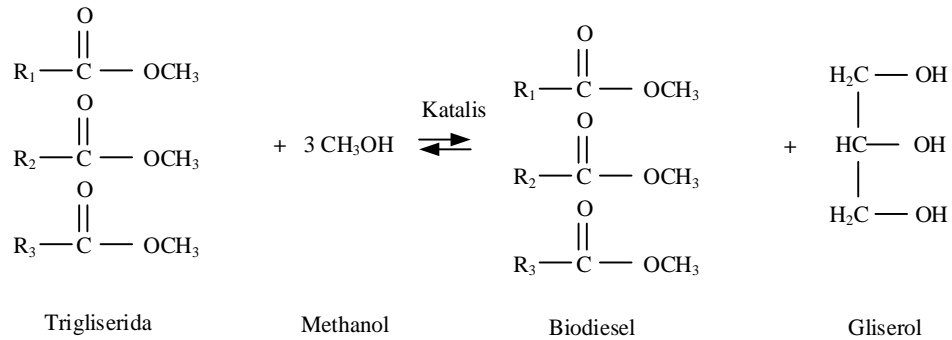
Proses transesterifikasi dapat dilakukan dengan bantuan katalis. Biasanya dalam pembuatan biodiesel digunakan katalis homogen, dimana katalis tersebut larut dalam alkohol dan menghasilkan campuran alkil ester asam lemak dan gliserol. Katalis yang biasa digunakan berupa katalis basa (alkali) digunakan NaOCH_3 , KOH , dan NaOH . Proses transesterifikasi dengan katalis alkali, seperti natrium atau kalium hidroksida memberikan keuntungan tambahan, yaitu prosesnya dapat dioperasikan pada kondisi temperatur rendah.



PRA RENCANA PABRIK

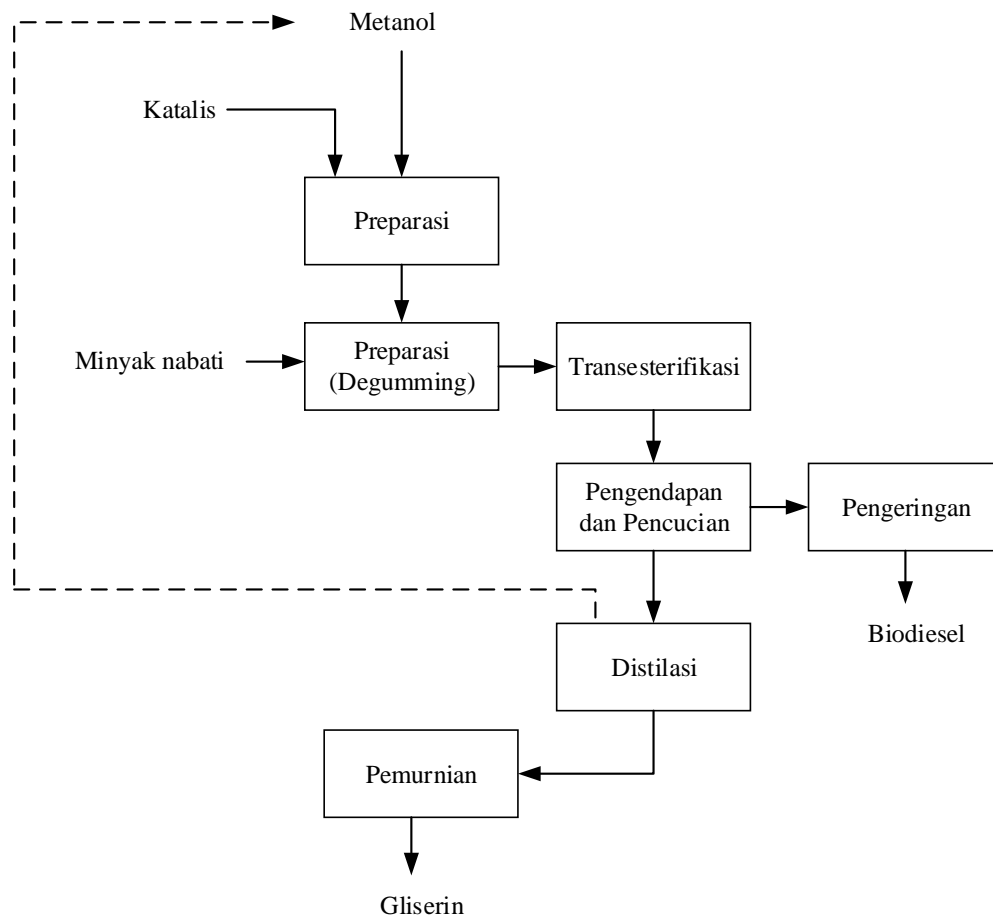
Pabrik Biodiesel dari *Palm Fatty Acid Distilate* dengan Proses Transesterifikasi

Reaksi transesterifikasi trigliserida dengan metanol :



(Mahfud, 2018)

Uraian proses transesterifikasi dapat digambarkan pada blok diagram berikut:



Gambar 2.2 Blok diagram proses transesterifikasi (Solikhah dkk, 2020)



II.2 Seleksi Proses

Seleksi proses pembuatan biodiesel dari *Palm Fatty Acid Distillate* berdasarkan kandungan FFA yang tinggi, maka proses pembuatan biodiesel dilakukan melalui 2 tahap yaitu:

1. Esterifikasi dengan katalis asam (umumnya menggunakan asam sulfat) untuk minyak nabati dengan kandungan FFA tinggi dilanjutkan dengan transesterifikasi dengan katalis basa.
2. Transesterifikasi dengan katalis basa (sebagian besar menggunakan natrium hidroksida) untuk bahan baku refined oil atau minyak nabati dengan kandungan FFA rendah.

Berdasarkan komposisi bahan baku *Palm Fatty Acid Distillate* yang mempunyai kandungan FFA tinggi dan didukung dengan uraian di atas, maka dalam perancangan pabrik biodiesel ini dipilih kedua proses tersebut di atas, tetapi lebih diutamakan dengan menggunakan proses transesterifikasi, sedangkan untuk *pretreatment* kandungan FFA yang tinggi, digunakan proses esterifikasi.

Tabel II.1 Perbandingan metode dalam memproduksi biodiesel

Kriteria	Proses Esterifikasi	Proses Transesterifikasi
Skala Produksi	Pabrik/komersial	Pabrik/komersial
Temperatur Reaksi	60°C*	60°C*
Tekanan	1 atm**	1 atm**
Katalis	Katalis Asam** (H ₂ SO ₄ , H ₃ PO ₄ , dan HCl)	Katalis Basa** (NaOCH ₃ , NaOH, dan KOH)
Konversi	98% **	99,5 % **
Kandungan FFA	>5%	<5%
Bahan Baku	- Minyak (Trigliserida) - Steam (H ₂ O) - Metanol**	- Minyak (Trigliserida) - Metanol**



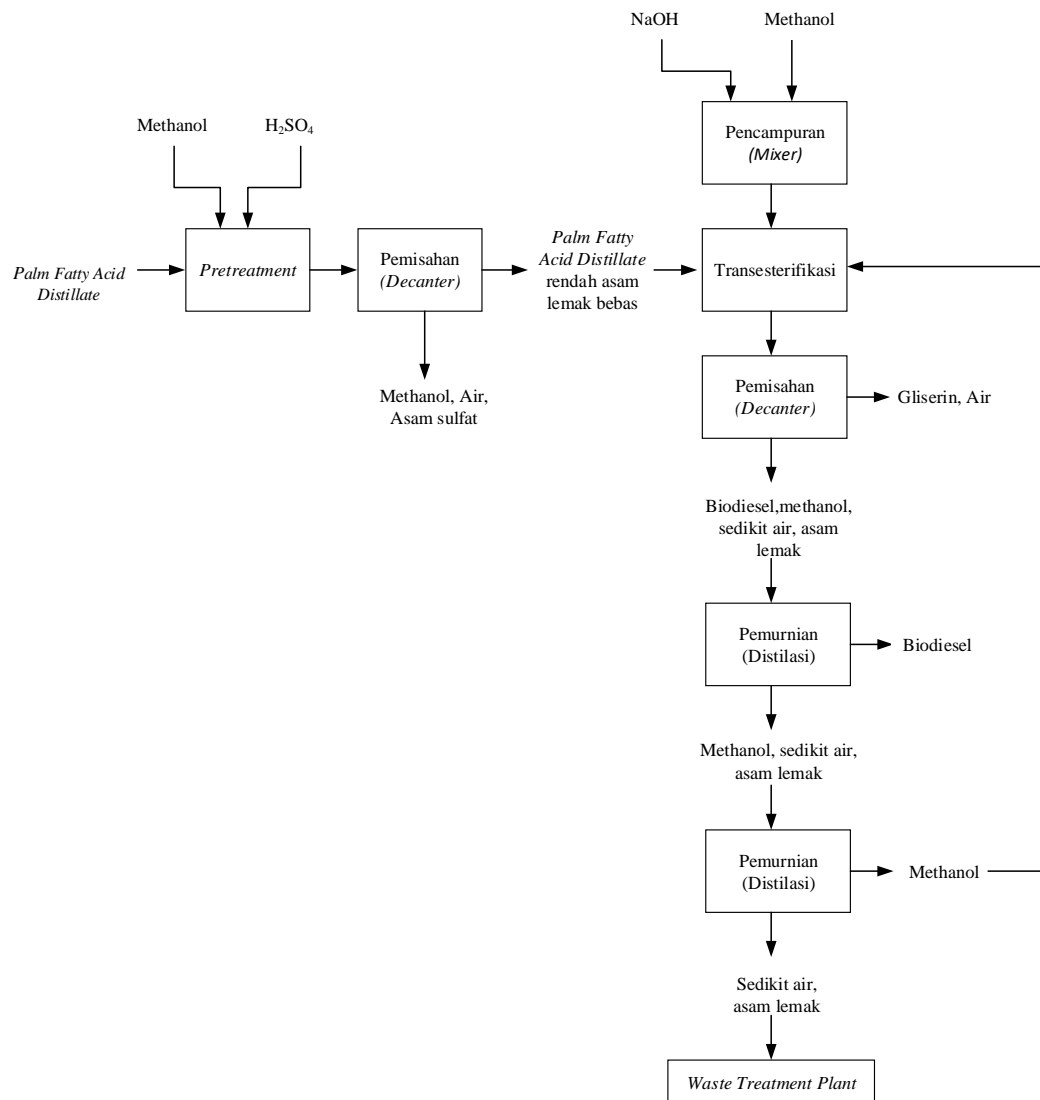
PRA RENCANA PABRIK

Pabrik Biodiesel dari *Palm Fatty Acid Distilate* dengan Proses Transesterifikasi

Produk Sampung	Air**	Gliserin**
Kelebihan	Proses lebih mudah dan lebih sederhana	<ul style="list-style-type: none">• Konversi yang dihasilkan lebih tinggi dari proses esterifikasi.• Hasil samping berupa gliserin memiliki nilai jual.• Katalis basa lebih aman karena tingkat korosi lebih rendah.***
Kekurangan	<ul style="list-style-type: none">• Produk samping berupa air yang tidak bernilai ekonomis.• Katalis asam lebih korosif dibandingkan katalis basa.***	Katalis basa homogen sangat sulit dipisahkan dari campuran reaksi sehingga tidak dapat digunakan kembali dan pada akhirnya akan ikut terbuang.***

Sumber : ** Suleman, 2019, *Sutanto, 2021; ***Wahyudin, 2018

II.3 Uraian Proses



Gambar 2.3 Diagram alir produksi biodiesel dari *palm fatty acid distillate*

Proses pembuatan biodiesel dimana menggunakan bahan baku *Palm Fatty Acid Distillate* dan metanol. Secara garis besar operasi proses dibagi menjadi 3 bagian yaitu :

- a. Persiapan bahan
- b. Proses pembentukan biodiesel (proses esterifikasi dan proses transesterifikasi)
- c. Pemurnian



A. Persiapan Bahan Baku

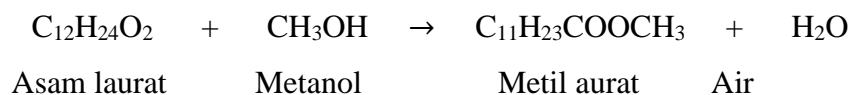
Bahan baku *Palm Fatty Acid Distillate* ditampung dalam tangki penampung *Palm Fatty Acid Distillate* (F- 110) dengan suhu 30 °C dan tekanan 1 atm. Pada persiapan bahan baku, *Palm Fatty Acid Distillate* yang akan digunakan dipanaskan terlebih dahulu dalam dalam tangki penampung *Palm Fatty Acid Distillate* (F- 110) dengan bantuan *steam* hingga suhunya mencapai suhu 40 °C (titik leleh *Palm Fatty Acid Distillate*). Pemanasan bertujuan agar *Palm Fatty Acid Distillate* mencair.

B. Reaksi Esterifikasi

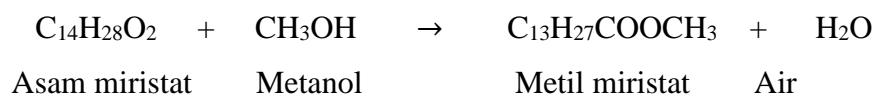
Palm Fatty Acid Distillate masih tinggi kadar FFA, sehingga dilakukan *pretreatment* penurunan kadar FFA. *Palm Fatty Acid Distillate* dialirkan ke reaktor (R-210) bereaksi dengan methanol dengan ditambahkan katalis H₂SO₄ (F-120) proses tersebut berlangsung pada suhu 60 °C dengan tekanan 1 atm. Penambahan katalis H₂SO₄ bertujuan untuk menurunkan kadar FFA, sehingga dalam proses reaksi transesterifikasi dapat berjalan optimal dan meminimalkan reaksi penyabunan. Selanjutnya produk yang keluar dari reaktor tersebut dialirkan ke dalam decanter (H-220) untuk dilakukan proses pemisahan. Lapisan atas (*Light stream*) adalah larutan yang memiliki densitas yang paling ringan dan pada lapisan bawah (*Heavy stream*) memiliki densitas yang lebih berat sehingga mengendap pada bagian bawah. Pada lapisan atas yaitu *Palm Fatty Acid Distillate* dan pada lapisan bawah adalah katalis H₂SO₄, metanol sisa dan sedikit air.

Reaksi esterifikasi yang terjadi adalah sebagai berikut :

1. Reaksi asam laurat di dalam FFA (C₁₁H₂₃COOH)



2. Reaksi asam miristat di dalam FFA (C₁₃H₂₇COOH)



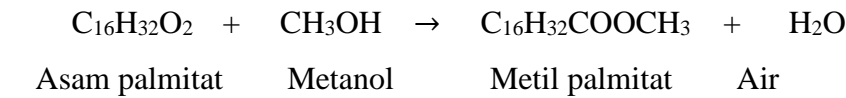
(Mamuaja, 2017)

3. Reaksi asam palmitat di dalam FFA (C₁₅H₃₁COOH)

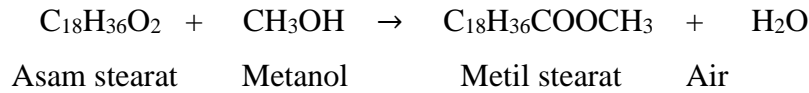


PRA RENCANA PABRIK

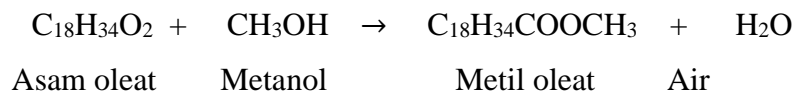
Pabrik Biodiesel dari *Palm Fatty Acid Distillate* dengan Proses Transesterifikasi



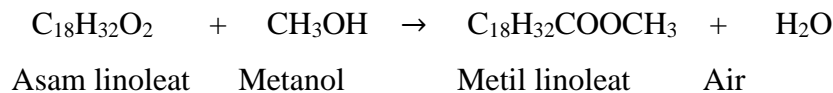
4. Reaksi asam stearat di dalam FFA ($\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$)



5. Reaksi asam oleat di dalam FFA ($\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$)



6. Reaksi asam linoleat di dalam FFA ($\text{C}_{17}\text{H}_{31}\text{COOH}$)



(Mulyani dkk, 2018)

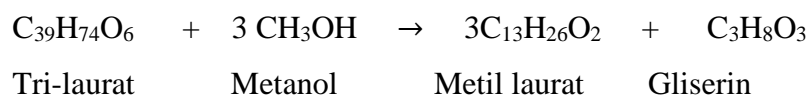
Selanjutnya *Palm Fatty Acid Distillate* dialirkan ke dalam reaktor (R-310) dengan penambahan larutan metanol dan NaOH yang sebelumnya sudah dicampur dalam mixer (M-130).

C. Reaksi Transesterifikasi

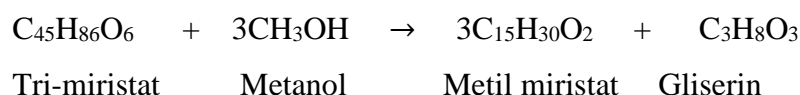
Di dalam reaktor (R-310) yang beroperasi pada suhu $60\text{ }^{\circ}\text{C}$, trigliserida yang terkandung dalam *Palm Fatty Acid Distillate* selanjutnya bereaksi dengan metanol yang menyebabkan terjadinya reaksi transesterifikasi sehingga terbentuk produk Biodiesel dan produk samping gliserin dengan konversi reaksi sebesar 97%.

Reaksi transesterifikasi yang terjadi adalah sebagai berikut :

1. Reaksi Tri-laurat di trigliserida ($\text{C}_{39}\text{H}_{74}\text{O}_6$)

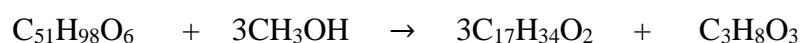


2. Reaksi Tri-miristat di trigliserida ($\text{C}_{45}\text{H}_{86}\text{O}_6$)



(Mamuaja, 2017)

3. Reaksi Tri-palmitat di trigliserida ($\text{C}_{51}\text{H}_{98}\text{O}_6$)





PRA RENCANA PABRIK

Pabrik Biodiesel dari *Palm Fatty Acid Distilate* dengan Proses Transesterifikasi

-
- Tri-palmitat Metanol Metil palmitat Gliserin
4. Reaksi Tri-stearat di trigliserida ($C_{57}H_{110}O_6$)
- $$C_{57}H_{110}O_6 + 3CH_3OH \rightarrow 3C_{19}H_{38}O_2 + C_3H_8O_3$$
- Tri-stearat Metanol Metil stearat Gliserin
5. Reaksi Tri-oleat di trigliserida ($C_{57}H_{98}O_6$)
- $$C_{57}H_{98}O_6 + 3CH_3OH \rightarrow 3C_{19}H_{34}O_2 + C_3H_8O_3$$
- Tri-oleat Metanol Metil oleat Gliserin
6. Reaksi Tri-linoleat di trigliserida ($C_{57}H_{104}O_6$)
- $$C_{57}H_{104}O_6 + 3CH_3OH \rightarrow 3C_{19}H_{36}O_2 + C_3H_8O_3$$
- Tri-linoleat Metanol Metil linoleat Gliserin

(Mulyani dkk, 2018)

Selanjutnya produk metil ester, gliserin, air, NaOH maupun metanol dipisahkan menggunakan decanter dan kolom distilasi.

D. Proses Pemurnian

Campuran produk metil ester yang keluar dari reaktor masuk ke dalam decanter (H-320) untuk dipisahkan dengan gliserin. Prinsip pemisahan dalam decanter menggunakan perbedaan densitas antara gliserin dan metil ester. Gliserin akan keluar sebagai produk bawah (*under flow*) yang kemudian ditampung dalam tangki penampung (F- 324), sedangkan metil ester yang masih mengandung air dan metanol dilakukan proses pemisahan menggunakan kolom distilasi I (D-330). Metil ester yang keluar dari decanter, mula-mula dipanaskan terlebih dahulu menggunakan *heater* (E-322). Selanjutnya masuk ke kolom distilasi I (D-330) untuk dilakukan proses pemisahan. Bahan yang memiliki titik didih lebih rendah akan menguap sebagai produk atas (methanol dan FFA sisa), sedangkan produk metil ester (biodiesel) sebagai produk bawah didinginkan terlebih dahulu menggunakan *cooler* (E-340) dan selanjutnya dialirkan ke dalam tangki penampung produk metil ester atau biodiesel (F-342).

Campuran methanol dan FFA sisa kemudian dipisahkan lagi menggunakan kolom distilasi II (D-340) yang bertujuan untuk memurnikan metanol. Selanjutnya metanol yang memiliki titik didih lebih rendah menjadi produk atas yang



PRA RENCANA PABRIK

Pabrik Biodiesel dari *Palm Fatty Acid Distilate* dengan Proses Transesterifikasi

kemudian di-*recycle* kembali ke dalam tangki penampungan metanol (F-130). FFA sisa yang menjadi *bottom* produk dialirkan ke *Waste Treatment Plant* (WTP)
(Jackam dkk, 2010)