

# Pra Desain Pabrik Pembuatan Biodiesel dari Minyak Kelapa Sawit (CPO) Kapasitas 200.000 Kiloliter/Tahun

Muhammad Husin Haykal, Naufal Nafis Trisnawan, Annas Wiguno, dan Kuswandi  
Departemen Teknik Kimia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)  
*e-mail:* kuswandi@chem-eng.its.ac.id

**Abstrak**—Pabrik pembuatan biodiesel dilakukan melalui proses esterifikasi dan transesterifikasi. Pabrik biodiesel ini direncanakan untuk berjalan dengan kapasitas 200.000 kiloliter/tahun sepanjang 330 hari per tahun. Pabrik ini diharapkan akan menghasilkan biodiesel untuk memenuhi kebutuhan ekspor dan dalam negeri. Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan pabrik biodiesel adalah minyak sawit mentah dan metanol. Pabrik ini direncanakan akan dibangun di Kabupaten Rokan Hulu, Provinsi Riau, untuk memberikan kemudahan terhadap transportasi bahan baku dan produk akhir karena pasar untuk kedua produk sudah tersedia secara lokal. Esterifikasi dan transesterifikasi akan dilakukan pada suhu 60°C dan pada tekanan 1 atm menggunakan reaktor alir tangki berpengaduk dengan tingkat konversi reaksi 93% dan 98%. Dari studi evaluasi ekonomi pabrik ini, disimpulkan bahwa didapatkan penaksiran modal (CAPEX) sebesar Rp. 775.781.414.146,87; biaya operasional (OPEX) sebesar Rp. 2.198.585.382.496. Berdasarkan analisa ekonomi, dapat disimpulkan bahwa pabrik biodiesel dengan kapasitas 200.000 kiloliter/tahun adalah beresiko rendah dan layak secara ekonomis. Berdasarkan kondisi operasi sifat-sifat bahan baku dan produk, pabrik Biodiesel dari Minyak Kelapa Sawit ini tergolong pabrik beresiko rendah. Berdasarkan analisa ekonomi terhadap pabrik ini menunjukkan nilai kekayaan yang dihasilkan (NPV) sebesar Rp 1.154.960.289.580, laju pengembalian modal (IRR) didapatkan sebesar 29% dengan bunga pinjaman 7,95% per tahun. Waktu pengembalian modal (POT) selama 3,74 tahun. Titik impas (BEP) sebesar 23%. Dari data analisa kelayakan di atas disimpulkan bahwa pabrik ini menguntungkan dan layak untuk didirikan.

**Kata Kunci**—Biodiesel, CPO, Esterifikasi, Transesterifikasi.

## I. PENDAHULUAN

Salah satu penggunaan kebutuhan harian dalam masyarakat ataupun industri di Indonesia adalah Bahan Bakar Minyak atau BBM. Indonesia sendiri mempunyai sumber daya yang melimpah baik untuk mendapatkan bahan baku hingga proses menjadikannya dalam produk jadi. Data Kementerian ESDM konsumsi BBM hingga September 2021 mencapai 48,56 juta kiloliter (KL) [1]. Dimana dengan rincian, penyaluran bensin sebesar 24,03 juta KL, solar 23,32 juta KL, dan avtur sebesar 1,21 juta KL. Salah satu pemakaian BBM adalah solar dan persentasenya hampir mencapai 50% atau lebih tepatnya 48.02% dari seluruh konsumsi BBM di Indonesia. Di samping itu, solar disini mayoritas sebagian besar diperoleh dari bahan baku fosil atau tidak terbarukan.

Semakin maju pertumbuhan pada skala industri maupun masyarakat maka penggunaan BBM akan semakin meningkat dari tiap tahunnya yang disajikan pada Tabel 1. Hal ini juga didukung oleh data kenaikan konsumsi BBM nasional,

Tabel 1.  
Produksi, Konsumsi, dan Ekspor Biodiesel di Indonesia (dalam kiloliter)

Tahun	Produksi	Konsumsi	Ekspor
2011	1.812.000	359.000	1.453.000
2012	2.221.000	669.000	1.552.000
2013	2.805.000	1.048.000	1.757.000
2014	3.961.081	1.629.262	2.331.819
2015	1.652.081	328.573	1.323.508
2016	3.656.639	476.937	3.179.702
2017	3.416.417	187.348	3.229.068
2018	6.167.837	1.802.926	4.364.911
2019	7.712.073	1.319.428	6.392.645

Tabel 2.  
Kandungan Umum Minyak Kelapa Sawit

Senyawa	Jumlah(%)
Trigliserida	95,62
Asam lemak bebas	4,00
Air	0,20
Phospatida	0,07
Aldehid	0,07
Karoten	0,03

Tabel 3.  
Spesifikasi Produk Biodiesel

Variable	Spesifikasi	Satuan
Berat Jenis (40°C)	850 – 890	Kg/m <sup>3</sup>
Viskositas (40°C)	2,3 – 6	2 mm /s (CSt)
Angka Cetana	51	-
Titik Nyala	100	°C
Titik Kabut	18	°C
Korosi Bilah Tembaga	51	-
Air dan Sedimen	0,05	%-volume
Temperatur Destilasi	360	°C
Abu	0,02	%-massa
Belerang	50	Ppm, mg/kg
Fosfor	4	Ppm, mg/kg
Angka asam	0,5	Mg-KOH/g
Gliserol bebas	0,02	%-massa
Gliserol total	0,24	%-massa
Kadar Biodiesel	96,5	%-massa, min
Angka iodium	115	%-massa (g-12/100g), maks
Trigliserida	0,8	%-massa, maks

berdasarkan Kementerian ESDM, dimana tahun 2021 naik sebesar 16.6% dibanding data sebelumnya. Oleh karena itu, diperlukan teknologi alternatif dalam memperoleh sumber energi agar tidak membebani penggunaan bahan baku fosil yang kian tahun kian punah yaitu biodiesel. Dalam mewujudkan pemanfaatan biodiesel, Kementerian ESDM telah mengeluarkan keputusan baru, Kepmen ESDM No. 208.K\_2022 yang menetapkan bahwa bahan baku nabati jenis biodiesel sebanyak 30% (B30), akan ditingkatkan menjadi 35% (B35). Hal ini menunjukkan kebutuhan

Tabel 4.

Produksi *Crude Palm Oil* di Indonesia Tahun 2019-2021 (dalam ribu ton)

Provinsi	Total Produksi		
	2019	2020	2021
Riau	9.512,90	9.984,30	8.629,10
Kalimantan Tengah	7.664,80	7.685,80	8.600,90

Tabel 5.

Proyeksi Pertumbuhan Produksi, Konsumsi, dan Ekspor Biodiesel di Indonesia Tahun 2026

Tahun	Produksi	Konsumsi	Ekspor
2026	19.518.420,330	68.408,206	23.322.459,054

Tabel 6.  
Neraca Massa

Komponen	Masuk	Keluar
CPO	22.418,06	-
Asam Fosfat	9,10	-
HCl	8,97	-
Metanol	6.211,62	3.395
NaOH	58,97	-
Air	14.372,59	-
Waste	-	102,62
Biodiesel	-	22.475,97
Gliserol	-	17.104,81
Total	43.079,31	43.079,31

Tabel 7.  
Kebutuhan Steam

Nama Alat	Massa Steam
Heater	76,9660
Reaktor Degumming	9,0714
Reaktor Esterifikasi	31,6465
Reaktor Transesterifikasi	240,4817
Washing Tower	803,3516
Evaporator	5,2706
Total	1.166,7879

biodiesel dari bahan nabati di Indonesia semakin meningkat.

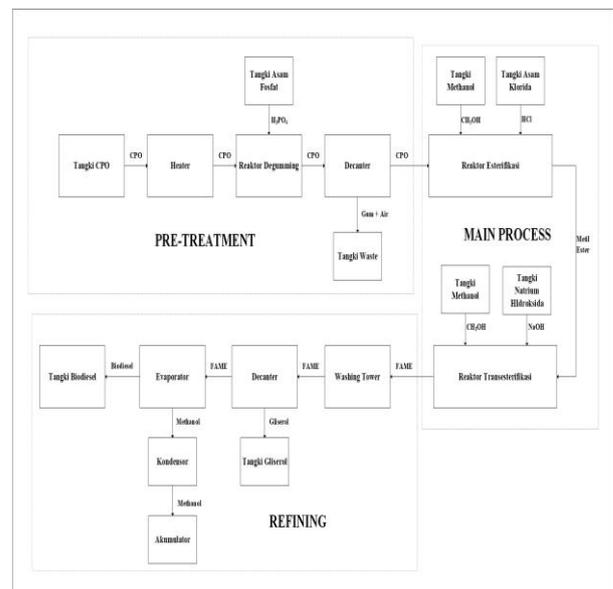
Biodiesel adalah bahan bakar diesel alternatif pengganti solar yang terbuat dari sumber daya hayati terbarukan seperti minyak nabati atau lemak hewani [2]. Biodiesel (metil ester) terbentuk melalui reaksi antara senyawa ester dengan senyawa alkohol sehingga terbentuk senyawa ester baru yaitu metil ester. Bahan ini memiliki komposisi yang sama dengan BBM solar sehingga diharapkan tujuan dari penggunaan biodiesel ini dapat mengurangi konsumsi solar.

Biodiesel bersifat *biodegradable*, lebih aman, terbarukan, tidak beracun, mengandung senyawa sulfur rendah, flash point tinggi (>130°C), emisi karbon monoksida dan hidrokarbon lebih sedikit daripada minyak diesel konvensional ketika dibakar, dan memberikan kontribusi kecil terhadap gas rumah kaca [3].

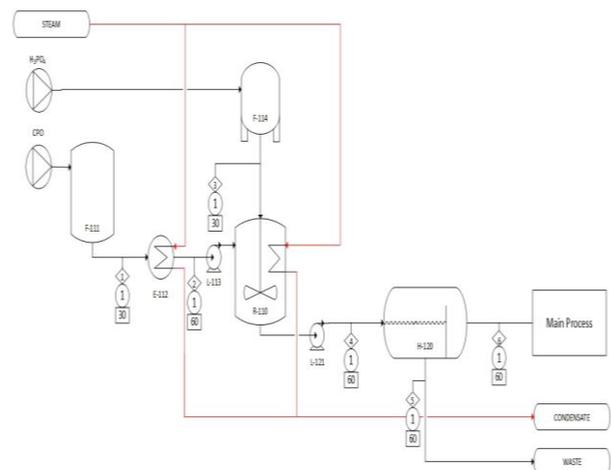
Selama tahun 2020, biodiesel berhasil mengurangi emisi gas rumah kaca sebanyak 22,46 juta ton dan berkontribusi besar dalam peningkatan kualitas lingkungan.

Kualitas produk biodiesel Bahan Bakar Nabati (Biofuel) Jenis Biodiesel sebagai Bahan Bakar Lain yang Dipasarkan di Dalam Negeri yang dapat dilihat pada Tabel 3. Untuk bahan baku CPO yang digunakan memiliki spesifikasi seperti yang ditampilkan pada Tabel 2.

Sedangkan untuk produk samping, gliserol, mempunyai spesifikasi dengan sifat fisika, antara lain: memiliki rasa



Gambar 1. Blok diagram pabrik biodiesel dari CPO.



Gambar 2. Tahap *pre-treatment*.

manis, tidak berwarna, tidak berbau, larut dalam air, berwujud cair dalam tekanan 1 atm dan temperatur 30°C, titik leleh: 17,9°C, titik didih: 290 °C, densitas: 1,26 gram, dan sifat kimia antara lain: bersifat higroskopis, terdekomposisi saat dipanaskan, mampu bereaksi dengan alkali hidroksida.

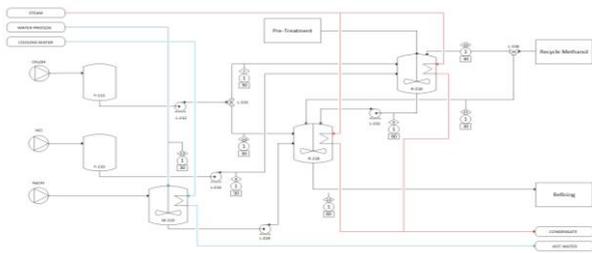
## II. LOKASI PABRIK DAN KAPASITAS PRODUKSI

### A. Lokasi Pabrik

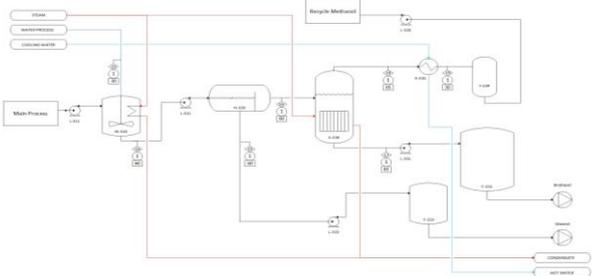
Dalam membangun sebuah pabrik industri, lokasi pabrik sangat menentukan dan mempengaruhi keberhasilan suatu industri tersebut karena berpengaruh terhadap faktor produksi, distribusi produk, dan harga produk. dalam pemilihan lokasi pabrik perlu mempertimbangkan beberapa aspek [4].

1. Ketersediaan bahan baku
2. Lokasi pemasaran
3. Utilitas
4. Iklim
5. Fasilitas transportasi
6. Ketersediaan tenaga kerja

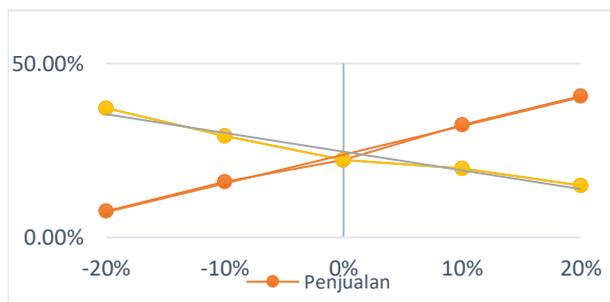
Berdasarkan pertimbangan aspek yang disebutkan diatas, diberikan penjelasan seperti berikut.



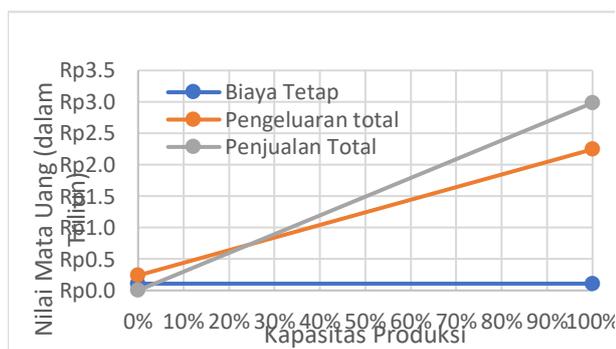
Gambar 3. Tahap main process.



Gambar 4. Tahap refining.



Gambar 5. Grafik sensitivitas IRR.



Gambar 6. Grafik break even point.

1) Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku dalam pembuatan biodiesel merupakan *crude palm oil*, ketersediaan bahan baku. Bahan baku yang diambil berasal dari Provinsi Riau disusul oleh Kalimantan Tengah. Data ketersediaan bahan baku *crude palm oil* dari 3 tahun terakhir yaitu tahun 2019-2021 dapat dilihat pada Tabel 4 [5]. Berdasarkan aspek-aspek yang telah disebutkan tadi, dipilihlah lokasi pendirian pabrik biodiesel di Kabupaten Rokan Hulu, Provinsi Riau. Dengan melalui pertimbangan:

2) Lokasi Pemasaran

Lokasi pemasaran yang dipilih akan mempengaruhi biaya distribusi produk. Permintaan untuk biodiesel terus meningkat dari tahun ke tahun, menandakan prospek pemasaran yang baik. Produk biodiesel ini dapat diangkut dengan mudah baik di dalam negeri maupun luar negeri.

Tabel 8. Neraca Panas

Komponen	Masuk	Keluar
CPO	28.605,6948	-
Asam Fosfat	141,2233	-
HCl	458,3618	-
Metanol	79.663,7862	-
NaOH	642,1705	-
Air Proses	300.833,1855	-
Air Pendingin	60.335,1013	241.113,0075
Steam	3.140.176,2045	-
Hr	1.692,5640	-
Biodiesel	-	428.859,5380
Gliserol	-	2.385.971,6142
Waste	-	20.029,4563
Condensate	-	538.239,2461
TOTAL	3.614.212,8623	3.614.212,8623

Tabel 9. Kebutuhan Cooling Water

Nama Alat	Massa Steam
Mix Tank NaOH	13,619
Condenser	2.882,659
TOTAL	2.896,2784

Tabel 10. Kebutuhan Power

Nama Alat	Total	Kebutuhan Power
Pompa Centrifugal 3"	1	1,3761
Pompa Centrifugal 3"	1	0,6718
Pompa Centrifugal 2"	1	1,1837
Pompa Centrifugal 1/2"	1	0,6718
Pompa Centrifugal 4"	1	0,6718
Pompa Centrifugal 8"	1	0,6484
Pompa Centrifugal 8"	1	0,5966
Pompa Centrifugal 2"	1	4,9282
Pompa Centrifugal 3"	1	7,6716
Pompa Centrifugal 1"	1	1,2266
Reaktor Degumming	1	5,8215
Reaktor Esterifikasi	1	32,7726
Reaktor Transesterifikasi	1	15,6066
Washing Tower	1	12,8405
TOTAL	15	87,8905

Daerah pemasaran ini merupakan kawasan industri, sehingga produk dapat dijual kepada pabrik di sekitar wilayah tersebut atau diekspor ke Asia. Beberapa perusahaan yang menggunakan biodiesel sebagai bahan baku berada di Provinsi Riau, khususnya di Kabupaten Rokan Hulu, yang membuat lokasi pabrik di sana menjadi pilihan yang menguntungkan.

3) Utilitas

Kabupaten Rokan Hulu memiliki akses terpenuhi terhadap kebutuhan energi listrik dan air. Pasokan energi listrik didukung oleh pembangkit listrik berkapasitas 2 x 110 MW yang berlokasi dekat. Sementara itu, kebutuhan air dapat dipenuhi dari Sungai Rokan yang juga terletak dekat dengan lokasi pabrik.

4) Iklim

Kabupaten Rokan Hulu memiliki kontur tanah yang bergelombang yang merupakan bagian pegunungan Bukit Barisan (15%) seda ngkan sebagian besar lainnya (85%) merupakan daerah rendah yang subur. Merupakan kategori iklim tropis dimana suhu udara minimum antara 21,8°C dan

Tabel 11.  
Hasil Perhitungan Analisa Ekonomi

Nama Alat	Jumlah
Perencanaan Operasi	24 jam/hari, 330 hari setahun
Kapasitas Produksi	200.000 kiloliter/tahun
Umur Pabrik	10 tahun
Masa Kontruksi	3 tahun
Kapasitas Produksi pada Tahun Pertama	100%
WACC	10,37%
Laju Inflasi per tahun	3,00%
Internal Rate of Return	22,28%
Net Present Value	Rp 278.220.452.031,39
Break Even Point	48.893,14 kiloliter/tahun
Pay Out Time	4,6 tahun

maksimum antara 35,1°C [6].

### 5) Aksesibilitas dan Fasilitas Transportasi

Kabupaten Rokan Hulu, Provinsi Riau memiliki akses jalan yang baik sebesar 45,65% dari total jalan provinsi dimana 52,34%-nya adalah beraspal. Walaupun Kabupaten Rokan Hulu tidak mempunyai dermaga, tetapi pada Provinsi Riau sendiri mempunyai puluhan dermaga yang siap memfasilitasi transportasi [7].

### 6) Sumber Tenaga Kerja

Kabupaten Rokan Hulu memiliki tingkat pengangguran terbuka sebesar 2,25% dan upah minimum kabupaten sebesar Rp2.986.683,49, sehingga untuk kebutuhan tenaga kerja dapat dipenuhi [8].

### B. Kapasitas Pabrik

Salah satu faktor yang harus diperhatikan dalam mendirikan pabrik biodiesel ini adalah kapasitas produksinya, dimana pabrik ini direncanakan akan mulai beroperasi pada tahun 2026. Dalam memperhitungkan kapasitas produksi dari suatu pabrik, dibutuhkan data berupa persentase pertumbuhan rata-rata tiap tahun dari sektor impor, ekspor, produksi, dan konsumsi [4].

Sehingga didapatkan data proyeksi pertumbuhan biodiesel pada tahun 2026 yang ditampilkan pada Tabel 5. Berdasarkan proyeksi pada tahun tersebut, dihitung kebutuhan biodiesel pada tahun 2026 melalui persamaan: Kebutuhan = (Ekspor + Konsumsi) – (Impor + Produksi).

Dari perhitungan, didapatkan kebutuhan biodiesel pada tahun 2026 adalah sebanyak 3.872.446,930 kiloliter/tahun. Untuk memenuhi 5% dari kebutuhan biodiesel, maka ditetapkan kapasitas pabrik biodiesel sebesar 200.000 kiloliter/tahun.

## III. URAIAN DAN SELEKSI PROSES

Secara garis besar proses produksi biodiesel terbagi menjadi 3 tahap: Tahap *Pre-treatment* (Pemanasan, *Degumming*, dan Pemisahan), Tahap *Main Process* (Esterifikasi dan Transesterifikasi), dan Tahap *Refining* (Pencucian, Pemisahan, dan Penguapan). Uraian proses yang terjadi terlampir di Gambar 1, Gambar 2, Gambar 3, dan Gambar 4.

### A. Pemanasan

Pertama-tama minyak akan dinaikkan temperaturnya terlebih dahulu dari 30°C hingga 60°C dimana hal ini bertujuan agar saat memasuki proses *degumming*, minyak

berada pada kondisi operasi alat. Minyak dipanaskan dengan menggunakan *heater tipe shell and tube heat exchanger* dengan sumber panas berupa *steam*

### B. Degumming

Pada proses *degumming*, minyak dimurnikan dengan cara dipisahkan dari getah yang terdiri dari fosfatida, karoten, tocopherol, dan tocotrienol. Kotoran tersebut diendapkan dengan cara hidrasi dimana hidrasi ini dapat dilakukan dengan menggunakan uap, penambahan air atau penambahan larutan asam lemah. Pada proses *degumming* ini ditambahkan asam fosfat guna mengikat senyawa fosfatida yang mudah terpisah dari minyak. Reaksi yang terjadi adalah seperti berikut: Fosfolipid + H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> → Gum Fosfat + CaHPO<sub>4</sub>.

Setelah itu senyawa tersebut dipisahkan berdasarkan pemisahan berat jenis yaitu senyawa fosfatida berada pada bagian bawah minyak tersebut. Proses ini menggunakan sebanyak 85% asam fosfat dan berlangsung selama 30 menit.

### C. Pemisahan

Proses pemisahan ini dilakukan dengan cara *settling* gravitasi dimana pemisahan terjadi di alat pemisahan *decanter* akibat adanya perbedaan densitas. Produk yang dikeluarkan berupa gum fosfat, karoten, tocopherol, dan tocotrienol. Proses ini dilakukan pada suhu 60°C dengan waktu yang diperkirakan selama 10 menit.

### D. Esterifikasi

Esterifikasi merupakan tahap pertama dalam proses pembuatan metil ester (biodiesel). Pada proses ini, minyak direaksikan dengan alkohol dan bantuan katalis asam yaitu asam klorida. Proses ini bertujuan untuk mengkonversi kadar asam lemak bebas menjadi metil ester, sehingga diperoleh hasil biodiesel yang lebih baik. Reaksi yang terjadi adalah seperti berikut: C<sub>16</sub>H<sub>32</sub>O<sub>2</sub> + CH<sub>3</sub>OH → CH<sub>3</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>14</sub>COOCH<sub>3</sub> + H<sub>2</sub>O.

Proses esterifikasi berlangsung pada suhu 60°C di dalam reaktor esterifikasi, dengan konsentrasi methanol sebesar 97%, dan konsentrasi HCl sebesar 36%. Reaksi ini akan mengkonversikan 93% kadar asam lemak bebas menjadi metil ester.

### E. Transesterifikasi

Transesterifikasi merupakan tahap konversi trigliserida menjadi metil ester. Pada proses ini minyak direaksikan dengan alkohol dan bantuan katalis basa yaitu natrium hidroksida. Pada proses ini, trigliserida akan bereaksi dengan methanol dan akan membentuk 2 senyawa yaitu, metil ester dan gliserol. Reaksi yang terjadi adalah seperti berikut: TGA + 3CH<sub>3</sub>OH → 3CH<sub>3</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>14</sub>COOCH<sub>3</sub> + C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>O<sub>3</sub>.

Proses transesterifikasi berlangsung pada suhu 60°C di dalam reaktor transesterifikasi, dengan konsentrasi methanol sebesar 97%, dan konsentrasi NaOH sebesar 0,5. Reaksi ini akan mengkonversi 98% kadar trigliserida menjadi metil ester (Tabel 6, Tabel 7, dan Tabel 8).

### F. Pencucian

Proses pencucian ini bertujuan untuk melarutkan hasil proses dengan pengotor. Proses ini berlangsung di alat *washing tower* dengan menambahkan air sebanyak 50% dari larutan yang masuk *washing tower*. Kondisi operasi proses pencucian ini dilakukan pada suhu 60°C dengan tekanan 1

atm.

#### G. Pemisahan

Proses pemisahan bertujuan untuk memisahkan biodiesel dari gliserol yang sebelumnya terbentuk di reaktor transesterifikasi, dan sisa reaktan maupun katalis. Pemisahan ini dilakukan dengan cara *settling* gravitasi atau berdasarkan perbedaan densitas di dalam alat *decanter*. Gliserol beserta zat pengotor lain memiliki densitas lebih besar sehingga berada pada lapisan bawah, sedangkan biodiesel dan methanol berada pada lapisan atas. Setelah terpisahkan, gliserol dan zat lainnya akan ditampung di tangki gliserol, sedangkan biodiesel dan methanol akan memasuki proses pemisahan selanjutnya. Kondisi operasi pada proses ini yaitu pada suhu 60°C dengan tekanan 1 atm selama 30 menit.

#### H. Penguapan

Penguapan bertujuan untuk memisahkan metanol yang masih terkandung dalam biodiesel dengan cara diuapkan di dalam *evaporator*. Penguapan ini dilakukan berdasarkan perbedaan titik didih methanol yang lebih rendah yaitu 64,5°C. Metanol yang teruapkan nantinya akan dikondensasi menggunakan kondensor dan akan ditampung pada akumulator sebelum di-*recycle* ke proses utama. Biodiesel yang terpisah akan ditampung pada tangki biodiesel. Kondisi operasi pada *evaporator* menggunakan suhu 65°C dengan tekanan 1 atm (Tabel 9 dan Tabel 10).

### IV. NERACA MASSA DAN NERACA PANAS

Dari perhitungan yang dilakukan dengan kapasitas produksi 200.000 kiloliter/tahun, 330 hari/tahun, dan basis perhitungan 1 jam operasi, kebutuhan CPO adalah sebesar 22.418,06 kg/jam, kebutuhan utilitas yaitu *steam* dan *cooling water* total sebesar 4.063,0663 kg/jam. Pada Proses pembuatan biodiesel ini dihasilkan limbah yang berasal dari proses Dekantasi pertama (H-120) berupa Gum Fosfat dengan kandungan TGA, CaHPO<sub>4</sub>, FFA, H<sub>2</sub>O, Karoten, Tocoperols, dan Tocotrienols. Untuk limbah yang dihasilkan sebanyak 22.368,69 kg / jam dengan komposisi sebagai berikut :

1. CaHPO<sub>4</sub> : 12,63 kg / jam
2. Gum Fosfat : 63,72 kg / jam
3. Tocoperols : 13,45 kg / jam
4. Tocotrienols : 2,24 kg / jam
5. H<sub>2</sub>O : 1,60 kg / jam
6. Karoten : 8,9 kg / jam

Setelah melalui proses kemudian dihasilkan biodiesel sebanyak 22.475,97 kg / jam dengan kemurnian 97,81% yang mana telah memenuhi standar untuk produk biodiesel dan menghasilkan produk samping berupa gliserol sebesar 17.104,81 kg/jam.

### V. PERALATAN UTAMA

Alat utama yang digunakan pada proses pembuatan biodiesel dari *crude palm oil*, antara lain: (1) Reaktor Degumming, berfungsi sebagai tempat pembentukan gum fosfat pengotor dari *crude palm oil*. (2) Decanter 1, sebagai tempat pemisahan pengotor (gum fosfat) dari bahan baku utama. (3) Reaktor Esterifikasi, berfungsi sebagai tempat pengkonversian asam lemak bebas menjadi metil ester pada

kandungan *crude palm oil* dengan bantuan metanol dan katalis asam HCl. (4) Reaktor Transesterifikasi, berfungsi sebagai tempat pengkonversian trigliserida menjadi metil ester dan produk samping berupa gliserol pada kandungan *crude palm oil* dengan bantuan metanol dan katalis basa NaOH. (5) *Washing Tower*, berfungsi sebagai tempat pencucian lapisan metil ester dengan bahan pengotor lain menggunakan air proses. (6) Decanter, berfungsi sebagai tempat pemisahan produk samping, yaitu gliserol, dan produk utama metil ester (7) Evaporator, berfungsi sebagai tempat untuk menguapkan metanol sisa dari produk metil ester.

### VI. ANALISA EKONOMI

Salah satu faktor penentu apakah suatu pabrik layak untuk didirikan atau tidak adalah hasil dari analisa ekonomi. Untuk menilai kelayakan pabrik dari segi ekonomi, berbagai perhitungan perlu dilakukan. Beberapa faktor yang dianalisa meliputi *capital expenditure* (CAPEX) dan *operating expenditures* (OPEX), *net present value* (NPV), laju pengembalian modal (*internal rate of return*/IRR), waktu pengembalian modal minimum (*Pay Out Time*/POT), titik impas (*break even point*/BEP).

Pertama, perlu dihitung kebutuhan bahan baku dan produk yang dihasilkan berdasarkan neraca massa. Selanjutnya, harga peralatan yang sesuai dengan spesifikasi yang diperlukan juga harus diestimasi. Selain itu, analisa biaya operasional dan utilitas, jumlah karyawan dan gaji, serta biaya pengadaan lahan juga harus dipertimbangkan.

Hasil dari analisa ekonomi yang telah diperhitungkan, dapat dilihat pada Tabel 11. Tabel 11 berisi ringkasan dari semua perhitungan yang telah dilakukan, sehingga dapat memberikan gambaran menyeluruh tentang kelayakan ekonomi pabrik tersebut. Semua faktor ini menjadi penting untuk memastikan investasi dalam pendirian pabrik dapat memberikan hasil yang menguntungkan dan berkelanjutan secara finansial.

### VII. KESIMPULAN

Pabrik Biodiesel dari *crude palm oil* sebesar kapasitas 200.000 kiloliter/tahun yang berencana didirikan di Kabupaten Rokan Hulu, Provinsi Riau diharapkan dapat membantu ketahanan bahan bakar minyak terbarukan di Indonesia. Dengan hasil analisa ekonomi yang diperhitungkan, didapatkan nilai IRR sebesar 22%, dengan waktu pengembalian modal minimum selama 4,6109 tahun atau 4 tahun 7 bulan, dan titik impas sebesar 24% dari kapasitas produksi. Penanganan dampak lingkungan pabrik dilakukan dengan cara penataan, pemeliharaan, pengawasan dan pengendalian terhadap limbah yang dihasilkan. Dari hasil uraian di atas, ditinjau dari segi teknis, ekonomis, dan lingkungan, pabrik biodiesel dari *crude palm oil* (CPO) ini layak untuk didirikan (Gambar 5 dan Gambar 6).

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ditjen Minerba, "Grafik Harga Acuan Mineral dan Batubara." Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, Jakarta, 2023. [Online]. Available: [https://www.minerba.esdm.go.id/harga\\_acuan](https://www.minerba.esdm.go.id/harga_acuan)
- [2] A. C. Pinto *et al.*, "Biodiesel: an overview," *J. Braz. Chem. Soc.*, vol. 16, pp. 1313–1330, 2005, doi: 10.1590/S0103-50532005000800003.
- [3] L. Buchori, I. Istadi, and P. Purwanto, "Advanced chemical reactor

- technologies for biodiesel production from vegetable oils-a review,” *Bull. Chem. React. Eng. Catal.*, vol. 11, no. 3, pp. 406–430, 2016.
- [4] M. S. Peters, K. D. Timmerhaus, R. E. West, and others, *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*, 1st ed., vol. 4. New York: McGraw-Hill, 2003.
- [5] BPS Kota Jakarta Pusat, “Produksi Tanaman Perkebunan (Ribu Ton), 2019-2021.” Badan Pusat Statistik, Jakarta, 2023. [Online]. Available: <https://www.bps.go.id/>
- [6] BPS Kabupaten Rokan Hulu, “Tingkat Suhu Udara (Celsius), 2019-2021.” Badan Pusat Statistik Kabupaten Rokan Hulu, Kabupaten Rokan Hulu, 2023. [Online]. Available: <https://rohulkab.bps.go.id/>
- [7] BPS Provinsi Riau, “Panjang Jalan Provinsi (km), 2019-2021.” Badan Pusat Statistik Provinsi Riau, Riau, 32023. [Online]. Available: <https://riau.bps.go.id/>
- [8] BPS Provinsi Riau, “Jumlah Pengangguran 2019-2021.” Badan Pusat Statistik Provinsi Riau, Riau, 2023. [Online]. Available: <https://riau.bps.go.id>