

**PRARANCANGAN PABRIK GREEN DIESEL DARI PFAD  
DENGAN KAPASITAS PRODUKSI 100.000 TON/TAHUN**



**ZULFANDRI**

**1710017411030**

*Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Meraih Gelar Sarjana Pada Jurusan Teknik  
Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta*

**UNIVERSITAS BUNG HATTA**

**2021**

## INTISARI

Pabrik *Green Diessel* dari *Palm Fatty Acid Distillate* (PFAD) dirancang dengan kapasitas produksi 100.000 ton/tahun. Pendirian pabrik *Green Diessel* ini akan di dirikan di Desa Santan, Kalimantan Timur. Dasar dari pemilihan lokasi ini adalah dari analisa *Strength, Weakness Opportunities, and Threat* (SWOT) dari berbagai aspek, yaitu ketersediaan bahan baku, pemasaran, transportasi, tenaga kerja, utilitas, dan iklim. Pabrik ini beroperasi selama 300 hari per tahun. Proses pembuatan *Green diessel* dari *Palm Fatty Acid Distillate* (PFAD) dilakukan dengan dua tahap reaksi yaitu reaksi *decarboxylation* dan reaksi *decarbonylation*. Reaksi *decarboxylation* yaitu reaksi kimia yang menghilangkan gugus karboksil dan melepaskan karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) sehingga membentuk  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$  (alkane) pada suhu  $300^\circ\text{C}$  dengan tekanan 1 atm. Selanjutnya  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$  (alkane) yang dihasilkan direaksikan dengan gas hydrogen sehingga membentuk  $\text{C}_n\text{H}_{2n}$  (alkene) pada suhu  $300^\circ\text{C}$  dengan tekanan 1 atm. Hasil analisa ekonomi menunjukkan bahwa pabrik ini layak untuk didirikan dengan jumlah investasi sebesar US\$ 88.308.012 yang diperoleh dari pinjaman bank 50% dan modal sendiri 50%. Laju Pengembalian Modal (ROR) sebesar 61,95 %, waktu pengembalian modal (POT) adalah 2 tahun 9 hari dan Titik Impas (BEP) sebesar 31,31%.

## DAFTAR ISI

<b>LEMBARAN PENGESAHAN</b>	
<b>LEMBAR REKOMENDASI</b>	
<b>INTI SARI</b>	
<b>KATA PENGANTAR</b>	
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>i</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>v</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>viii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1..Latar Belakang .....	1
1.2..Kapasitas Rancangan .....	3
1.3..Lokasi Pabrik .....	4
1.3.1 Alternatif Lokasi 1.....	5
1.3.2 Alternatif Lokasi 2.....	6
1.3.3 Alternatif Lokasi 3.....	8
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>11</b>
2.1. Tinjauan Umum.....	11
2.1.1. Green Diesel.....	11
2.1.2. Bahan baku pembuatan Green Diesel.....	13
2.1.3. Bahan pendukung pembuatan Green Diesel.....	16
2.1.4. Proses pembuatan Green Diesel.....	17
2.2. Tinjauan Proses.....	18
2.2.1. Pembuatan Green Diesel metode Hydrogenasi.....	18
2.2.2. Pembuatan Green Diesel metode Deoksigenasi.....	19
2.3. Sifat Fisika dan Kimia.....	20
2.3.1. Bahan Baku.....	20
2.3.2. Bahan Pendukung.....	24
2.3.2. Produk.....	25
2.4. Spesifikasi bahan baku dan produk.....	27
2.4.1. Bahan Baku.....	27

2.4.2. Bahan Penunjang.....	29
2.4.3. Produk.....	29
<b>BAB III DESKRIPSI PROSES.....</b>	<b>31</b>
3.1.. Tahapan Proses.....	31
3.2.. Deskripsi Proses.....	32
<b>BAB IV NERACA MASSA DAN ENERGI .....</b>	<b>35</b>
4.1.. Neraca Massa.....	35
4.1.1 Reaktor.....	35
4.1.2 Flash Drum .....	37
4.1.3 Disk Bowl Centrifuge .....	38
4.1.4. Dekanter.....	39
4.1.5. Evaporator.....	40
4.1.6. <i>Pressure Swing Absorbtion</i> .....	41
4.2.. Neraca Energi .....	42
4.2.1 Reaktor.....	42
4.2.2 Evaporator.....	43
4.2.3 <i>Cooler</i> .....	44
4.2.4 <i>Furnance</i> .....	44
4.2.6 <i>Cooler</i> .....	45
4.2.7 <i>Storage Tank</i> .....	46
<b>BAB V UTILITAS .....</b>	<b>47</b>
5.1 Kebutuhan air .....	47
5.2 Unit Penyedia Listrik .....	47
5.3 Unit Pengadaan air.....	47
<b>BAB VI SPESIFIKASI PERALATAN .....</b>	<b>.....</b>
6.1 Spesifikasi Peralatan Proses .....	.....
6.1.1.. Pompa.....	53
6.1.2.. <i>Compressor</i> .....	53
6.1.3.. Tangki PFAD.....	54
6.1.4.. Reaktor.....	55
6.1.5.. <i>Exvander Valve</i> .....	56
6.1.6.. Flash Drum.....	57



6.1.7.. Disk Bowl Centrifuge.....	57
6.1.8.. Dekanter Centrifuge.....	58
6.1.9.. Evaporator.....	58
6.1.10 Cooler.....	59
6.1.11 Pressure Swing Adsorber.....	5
6.1.12 Tangki Green Diesel .....	60
6.2 Spesifikasi Peralatan Utilitas.....	61
6.2.1 Pompa air sungai.....	61
6.2.2 Bak penampung air sungai.....	62
6.2.3 Sand Filter.....	63
6.2.4 Bak penampung air bersih.....	63
6.2.5 Softener Tank.....	63
6.2.6 Tangki Demin.....	64
6.2.7 Cooling Tower.....	64
<b>BAB VII TATA LETAK PABRIK DAN K3LH (KESEHATAN, KESELAMATAN KERJA DAN LINGKUNGAN HID....</b>	<b>65</b>
7.1.. Tata Letak Pabrik .....	65
7.2.. Keselamatan Kerja .....	72
7.2.1.. Sebab-Sebab Terjadinya Kecelakaan.....	74
7.2.2.. Peningkatan Usaha Keselamatan Kerja.....	76
7.2.3.. Alat Pelindung Diri (APD).....	76
<b>BAB VIII ORGANISASI PERUSAHAAN .....</b>	<b>83</b>
8.1.. Struktur Organisasi.....	83
8.2.. Sistem Kepegawaian dan Sistem Gaji .....	92
<b>BAB IX ANALISA EKONOMI .....</b>	<b>96</b>
9.1.. <i>Total Capital Investment</i> .....	96
9.2.. Biaya Produksi ( <i>Total Production Cost</i> ).....	97
9.3.. Harga Jual ( <i>Total Sales</i> ).....	97
9.4.. Tinjauan Kelayakan Pabrik.....	98
9.4.1....Laba Kotor dan Laba Bersih.....	98
9.4.2....Laju Pengembalian Modal ( <i>Rate of Return</i> ).....	98
9.4.3....Waktu Pengembalian Modal ( <i>Pay Out Time</i> ).....	98

9.4.4....Titik Impas ( <i>Break Even Point</i> ).....	98
<b>BAB X TUGAS KHUSUS .....</b>	<b>101</b>
10.1 Pendahuluan.....	101
10.2 Ruang Lingkup Rancangan.....	101
10.3 Rancangan.....	102
10.3.1 Reaktor Hidrogenasi.....	102
10.3.2 Pompa.....	109
10.3.3 Evaporator.....	115
10.3.4 <i>Double Pipe Heat Exchange</i> .....	118
<b>BAB XI PENUTUP .....</b>	<b>125</b>
11.1 Kesimpulan.....	125
11.2 Saran.....	125
<b>DAFTAR PUSTAKAS</b>	

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1.1</b> Proyeksi pemanfaatan Green Diesel.....	2
<b>Tabel 1.2</b> Daftar kapasitas pabrik refinery CPO di Indonesia .....	3
<b>Tabel 1.3</b> Data kebutuhan Biodiesel di Indonesia.....	3
<b>Tabel 1.4</b> Analisa SWOT lokasi Pabrik.....	5
<b>Tabel 2.1</b> Perbandingan Petroleum diesel, Biodiesel dan Green Diesel.....	11
<b>Tabel 2.2</b> Sifat Fisik dan Kimia Bahan Bakar Mesin Diesel.....	12
<b>Tabel 2.3</b> Standar Mutu <i>Green diesel</i> .....	13
<b>Tabel 2.4</b> Sifat Fisika dan Kimia dari PFAD .....	14
<b>Tabel 2.5</b> Komposisi asam lemak jenuh dan tidak jenuh dalam PFAD.....	14
<b>Tabel 2.6</b> Perbandingan Produksi <i>Green diesel</i> .....	20
<b>Tabel 2.7</b> Sifat Fisika dan Kimia Asam Stearat.....	20
<b>Tabel 2.8</b> Sifat Fisika dan Kimia Asam Palmitat.....	21
<b>Tabel 2.9</b> Sifat Fisika dan Kimia Asam Oleat.....	22
<b>Tabel 2.10</b> Sifat Fisika dan Kimia <i>Hydrogen</i> .....	23
<b>Tabel 2.11</b> Sifat Fisika dan Kimia Ni/SBA-15.....	24
<b>Tabel 2.12</b> Sifat Fisika dan Kimia <i>Green diesel</i> .....	25
<b>Tabel 2.13</b> Sifat Fisika dan Kimia Air.....	26
<b>Tabel 2.14</b> Komposisi asam lemak jenuh dan tidak jenuh dalam PFAD.....	27
<b>Tabel 4.1</b> Neraca Massa Reaktor.....	36
<b>Tabel 4.2</b> Flash Drum.....	37
<b>Tabel 4.3</b> Neraca Massa Disk Bowl.....	38
<b>Tabel 4.4</b> Neraca Massa <i>Decanter</i> .....	40
<b>Tabel 4.5</b> Neraca Massa Evaporator.....	41
<b>Tabel 4.6</b> Neraca Massa Pressure Swing Adsorbtion.....	41
<b>Tabel 4.7</b> Neraca Energi Reaktor.....	43
<b>Tabel 4.8</b> Neraca Energi Evaporator.....	43
<b>Tabel 4.9</b> Neraca Energi cooler.....	44

<b>Tabel 4.10</b> Neraca Energi Furnance.....	45
<b>Tabel 4.11</b> Neraca Energi Storage Tank.....	45
<b>Tabel 5.1</b> Kebutuhan Air.....	46
<b>Tabel 5.2</b> Ambang batas air untuk digunakan.....	47
<b>Tabel 5.3</b> Baku mutu air pendingin.....	51
<b>Tabel 6.1</b> Spesifikasi pompa.....	52
<b>Tabel 6.2</b> Spesifikasi Tangki PFAD.....	54
<b>Tabel 6.3</b> Spesifikasi Compressor.....	54
<b>Tabel 6.4</b> Spesifikasi Reaktor.....	55
<b>Tabel 6.5</b> Spesifikasi Expander.....	56
<b>Tabel 6.6</b> Spesifikasi Flash Drum.....	57
<b>Tabel 6.7</b> Spesifikasi Disk Bowl Centrifuge.....	57
<b>Tabel 6.8</b> Spesifikasi Dekanter .....	58
<b>Tabel 6.9</b> Spesifikasi Evaporator.....	58
<b>Tabel 6.10</b> Spesifikasi <i>Cooler</i> .....	59
<b>Tabel 6.11</b> Spesifikasi <i>Pressure Swing Absorber ( PSA )</i> .....	59
<b>Tabel 6.12</b> Spesifikasi Tangki <i>Green Diesel</i> .....	60
<b>Tabel 6.13</b> Spesifikasi Pompa air sungai.....	61
<b>Tabel 6.14</b> Spesifikasi Bak penampung air sungai.....	62
<b>Tabel 6.15</b> Spesifikasi <i>Sand Filter</i> .....	62
<b>Tabel 6.16</b> Spesifikasi bak penampung air bersih.....	63
<b>Tabel 6.17</b> Spesifikasi <i>Softener Tank</i> .....	63
<b>Tabel 6.18</b> Spesifikasi Tangki Demin.....	64
<b>Tabel 6.19</b> Spesifikasi <i>Cooling Tower</i> .....	64
<b>Tabel 8.1</b> Kelebihan dan kekurangan bentuk Organisasi Garis.....	82
<b>Tabel 8.2</b> Kelebihan dan kekurangan bentuk Organisasi Fungsional.....	83
<b>Tabel 8.3</b> Kelebihan dan kekurangan bentuk Organisasi Garis dan staff.....	83
<b>Tabel 8.4</b> Karyawan <i>Non Shift</i> .....	91

<b>Tabel 8.5</b> Karyawan <i>Shift</i> .....	91
<b>Tabel 8.6</b> Waktu kerja <i>Non Shift</i> .....	92
<b>Tabel 9.1</b> Biaya Komponen <i>Total Capital Investment</i> .....	97
<b>Tabel 9.2</b> Biaya komponen <i>Manufacturing Cost</i> .....	97
<b>Tabel 9.3</b> Perhitungan laba kotor dan bersih.....	98

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.1</b> Kebutuhan Biodiesel di Indonesia.....	4
<b>Gambar 1.2</b> Peta Lokasi Alternatif I.....	5
<b>Gambar 1.3</b> Peta Lokasi Alternatif II.....	6
<b>Gambar 1.4</b> Peta Lokasi Alternatif III.....	8
<b>Gambar 2.1</b> <i>Palm Fatty Acid Distillate</i> (PFAD) .....	13
<b>Gambar 2.2</b> Blok diagram Hydrotreating.....	19
<b>Gambar 2.3</b> Blok diagram Deoksigenasi.....	19
<b>Gambar 3.1</b> Blok diagram Proses.....	31
<b>Gambar 5.1</b> Blok Diagram Proses Pengolahan Air Sanitasi.....	48
<b>Gambar 7.1</b> Tata letak pabrik dari atas.....	68
<b>Gambar 7.2</b> Tata letak pabrik dari depan.....	69
<b>Gambar 7.3</b> Tata letak pabrik dari belakang.....	70
<b>Gambar 7.4</b> Tata letak lingkungan pabrik.....	71
<b>Gambar 8.1</b> Struktur Organisasi Perusahaan .....	90
<b>Gambar 9.1</b> Kurva BEP.....	99

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran A</b> Neraca Massa.....	LA-1
<b>Lampiran B</b> Neraca Energi.....	LB-1
<b>Lampiran C</b> Spesifikasi Alat.....	LC-1
<b>Lampiran D</b> Analisa Ekonomi.....	LD-1

# BAB I. PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Masalah utama yang dihadapi oleh banyak negara maju dan berkembang di dunia saat ini adalah ketersediaan energi masa depan dan pemanfaatan sumber daya alam yang lebih baik (Okudoh V dkk., 2014). Krisis energi terjadi di berbagai negara di dunia bahkan di Indonesia. Berdasarkan Indonesia *Energy Outlook 2018* digambarkan tentang permasalahan energi saat ini serta proyeksi kebutuhan dan pasokan energi untuk kurun waktu 2012-2050. Keterbatasan sumber daya energi ini menyebabkan pada tahun 2033 total produksi energi dalam negeri sudah tidak mampu lagi memenuhi konsumsi domestik sehingga Indonesia akan menjadi negara pengimpor energi. Ketergantungan impor energi ini, dapat membahayakan ketahanan energi nasional, karenanya upaya-upaya pemanfaatan energi terbarukan sangat diperlukan. Energi yang berasal dari fosil termasuk energi yang tidak dapat diperbaharui sehingga semakin menipis. Hal ini memulai pengalihan pandangan peneliti menuju energi terbarukan yang dapat diregenerasi dari segi ketersediaan bahan baku.

Ketergantungan terhadap energi fosil yang tinggi mendorong Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) untuk mengembangkan penggunaan bahan bakar ramah lingkungan. Selain mengimplementasikan penggunaan bahan bakar dari campuran solar dan Fatty Acid Methyl Ester (FAME) sebanyak 30 persen (B-30), pemerintah juga mendorong pengembangan *green diesel* berbasis *palm fatty acid distillate* (PFAD). PFAD mempunyai potensi yang besar untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku produksi *green diesel*.

*Palm fatty acid distillate* (PFAD) merupakan produk samping dari industri pemurnian minyak goreng yang merupakan bagian dari industri pengolahan CPO. Handojo (2018) menjelaskan proses *refining crude palm oil* (CPO) akan menghasilkan sekitar 4-5% *Palm Fatty Acid Distillate* (PFAD). Produksi PFAD mencapai 1,6 juta ton pada tahun 2018.



*Green diesel* merupakan salah satu solusi mengatasi kebutuhan bahan bakar diesel yang semakin meningkat, *green diesel* merupakan minyak diesel yang berasal dari hidrogenasi minyak nabati yang memiliki kualitas lebih baik dibandingkan biodiesel dan ramah lingkungan. Proses hidrogenasi minyak nabati menjadi *green diesel* dirancang di reaktor yang beroperasi pada suhu 300°C dan tekanan 30 atm, untuk beroperasi pada suhu dan tekanan tersebut maka perlu diketahui karakter reaktor juga suhu pemanasnya (Siti Salamah, 2017).

*Green diesel* merupakan bahan bakar diesel terbarukan yaitu campuran dari hidrokarbon mirip diesel yang diproduksi melalui reaksi katalitik yang melibatkan proses dekarboksilasi. Sehingga *green diesel* hanya terdiri dari atom C dan atom H, dimana untuk penggunaan atau aplikasinya setara dengan BBM pada umumnya. *Green diesel* memiliki keunggulan dibandingkan biodiesel yang berbasis fosil maupun biodiesel berbasis FAME. Diantaranya adalah *cetane number* yang relatif lebih tinggi, *sulfur content* yang lebih rendah, *oxidation stability* yang baik serta bewarna lebih jernih.

Berdasarkan kebijakan Mandatori *Green diesel* Indonesia, terlepas dari kondisi dan pencapaian saat ini, maka perkembangan *green diesel* dapat diproyeksikan hingga 2026 pada **Tabel 1.1**

**Tabel 1.1** Proyeksi Pemanfaatan *Green Diesel* hingga tahun 2026

<b>Tahun</b>	<b>Jumlah</b>
2022	3,6 Juta Kilo Liter
2023	3,6 Juta Kilo Liter
2024	6 Juta Kilo Liter
2025	6 Juta Kilo Liter
2026	6,5 Juta Kilo Liter

Sumber : Kementerian ESDM

Berdasarkan kebutuhan *green diesel* yang tinggi dan ekspor yang sangat besar, maka pabrik *green diesel* ini layak didirikan atas dasar pertimbangan:

- 1 Memanfaatkan ketersediaan bahan baku yang ada dengan inovasi produk lain.

- 2 Meningkatkan jumlah ekspor *green diesel* sehingga dapat meningkatkan pendapatan negara.
- 3 Membuka lapangan kerja baru dan ekonomi cukup menguntungkan untuk sekarang dan mendatang.
- 4 Mengembangkan penggunaan bahan bakar ramah lingkungan.

## 1.2 Kapasitas Rancangan

### 1.2.1 Ketersediaan Bahan Baku

Data produksi PFAD dari masing-masing pabrik *refinery* CPO dapat dilihat pada **Tabel 1.2**

**Tabel 1.2** Daftar Kapasitas Pabrik Refinery CPO di Indonesia

<b>Industri</b>	<b>Daerah</b>	<b>CPO (ton/tahun)</b>	<b>PFAD (ton/tahun)</b>
PT Wilmar Nabati	Riau	1496500	74825
PT Astra Agro Lestari	Riau	1095000	54750
PT Incasi Raya	Sumatra Barat	350400	17520
PT SDO Pulau Laut Refinery	Kalimantan Selatan	1280701,754	64035,08772
PT LDC	Kalimantan Timur	620500	31025
<b>TOTAL</b>		<b>4843101,754</b>	<b>242155,0877</b>

### 1.2.2 Kebutuhan Biodiesel di Indonesia

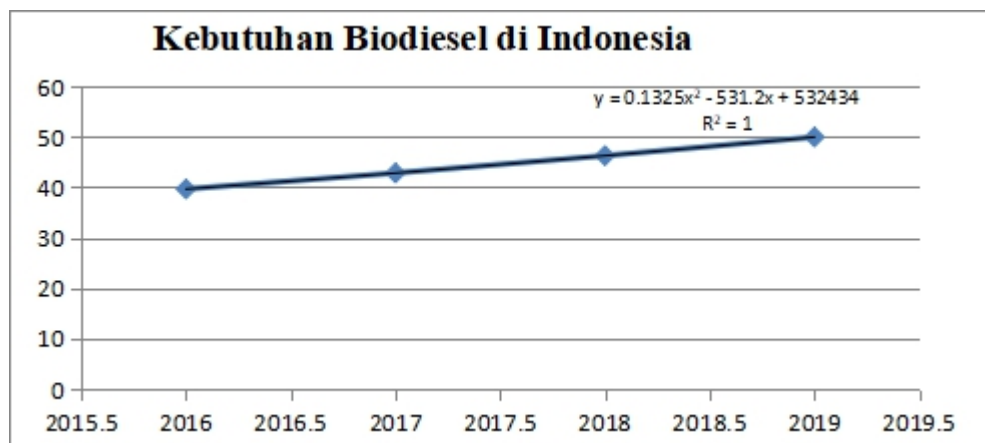
Perancangan pabrik *green diesel* dari PFAD rencana didirikan pada tahun 2026. Penentuan kapasitas produksi didasarkan pada kebutuhan biodiesel di Indonesia dan ketersediaan bahan baku yang ada. Berikut data kebutuhan biodiesel di Indonesia pada lima tahun terakhir dapat dilihat pada Tabel 1.2

**Tabel 1.3** Data Kebutuhan Biodiesel di Indonesia

<b>Tahun Ke-</b>	<b>Tahun</b>	<b>Kebutuhan Biodiesel (Juta Ton/Tahun)</b>
1	2016	39,66
2	2017	42,83
3	2018	46,26
4	2019	49,96

Sumber : GAPKI (2019)

Dari data di atas dapat diplot grafik seperti yang digambarkan pada Gambar 1.1



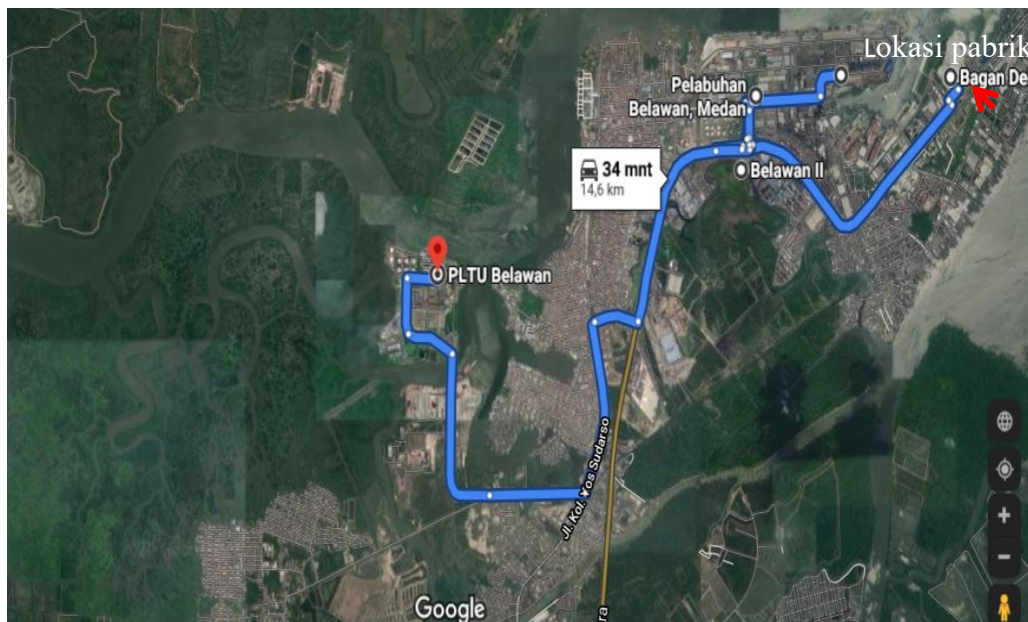
**Gambar 1.1** Kebutuhan Biodiesel di Indonesia

Pabrik *green diesel* berbahan baku PFAD merupakan pabrik yang belum didirikan di Indonesia sehingga kapasitas produksi pabrik dibuat berdasarkan kebutuhan biodiesel di Indonesia. Sehingga kapasitas produksi diperoleh dari persamaan regresi untuk kebutuhan biodiesel Indonesia ( $y = 0,1325 x (9)^2 - 531,2 x 9 + 532434$ ), dari persamaan dapat diperkirakan jumlah kebutuhan *green diesel* pada tahun 2026 sebesar 200.000 ton/tahun. Maka kapasitas produksi pra rancangan pabrik *green diesel* diambil 40% dari total kebutuhan biodiesel di Indonesia yaitu  $50\% \times 200.000 \text{ ton/tahun} = 100.000 \text{ ton/tahun}$ .

### 1.3 Pemilihan Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pendirian pembuatan **Green Diesel** ini direncanakan di Beberapa Lokasi di Indonesia. Beragamnya lokasi yang akan dipilih tersebut membuat pemilihan lokasi dilakukan dengan analisa SWOT (*Strength, Weakness, Opportunities* dan *Threat*).

### 1.3.1 Alternatif Lokasi 1 (Belawan ,Medan Sumatra Utara)



Gambar 1.2 Peta Lokasi Pabrik di Belawan , Medan, Sumatera Utara

Analisa SWOT (*Strength, Weakness, Opportunities dan Threat*) di Belawan, Medan Sumatera Utara.

**Tabel 1.4** Analisa Swot

Variabel	Internal		Eksternal	
	<i>Strength</i> (Kekuatan)	<i>Weakness</i> (Kelemahan)	<i>Opportunities</i> (Peluang)	<i>Threat</i> (Ancaman)
➤ <b>Ketersediaan Bahan baku</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bahan CPO dekat dari PT. PN IV medan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mebutuhkan Transportasi lagi untuk mendatangkan Bahan Baku CPO</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ketersediaan Bahan baku CPO yang mencukupi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tambahan Biaya Transportasi Bahan baku CPO</li> </ul>
➤ <b>Pemasaran</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Transportasi darat, Laut(Pelabuhan belawan)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Konsumen yang lebih banyak di di Luar Pulau</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Menjadi Produsen pertama di Indonesia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bersaing dengan Produk impor</li> </ul>

	dan udara			
➤ <b>Utilitas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilitas dari dari sungai Belawan sekitar lingkungan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kualitas Air dari Pelabuhan belawan yang kurang bagus</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menjadi pemasok air bersih bagi lingkungan sekitar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Membutuhkan Pengolahan air bersih sendiri</li> </ul>
➤ <b>Tenaga Kerja</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dapat diperoleh dari penduduk sekitar dan dari provinsi sekitar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kekuranga tenaga kerja yang professional di bidang ini</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adanya tenaga kerja yang berasal dari perguruan tinggi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kecendrungan karyawan pindah ke perusahaan lain</li> </ul>
➤ <b>Kondisi Daerah</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuaca dan iklim di daerah ini relatif stabil</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Berada di lokasi padat penduduk</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mendapatkan lokasi yang strategis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Harga tanah yang relatif mahal</li> </ul>

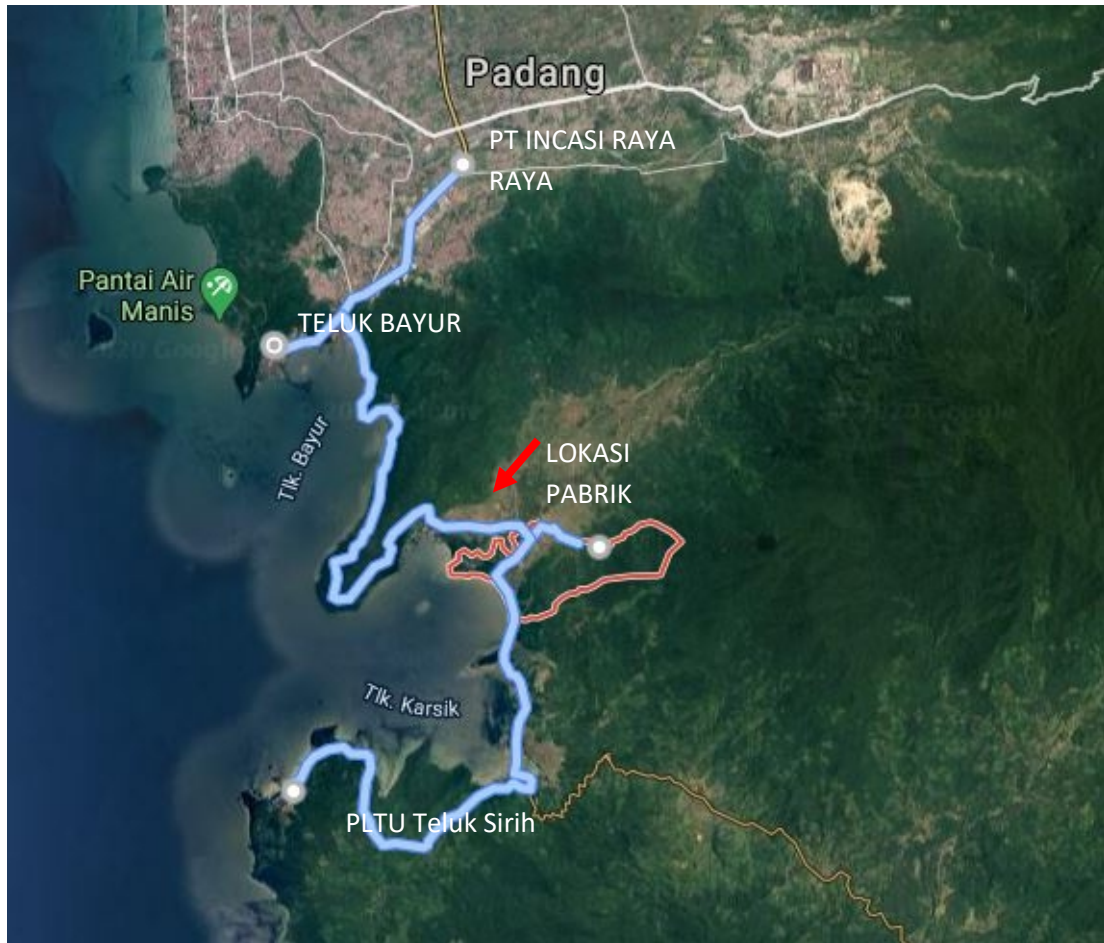
### 1.3.2 Alternatif Lokasi 2 (Bukit Batu, Bengkalis, Riau)



Analisa SWOT (*Strength, Weakness, Opportunities dan Threat*) di Bukit Batu, Bengkalis, Riau

Variabel	Internal		Eksternal	
	<i>Strength</i> (Kekuatan)	<i>Weakness</i> (Kelemahan)	<i>Opportunities</i> (Peluang)	<i>Threat</i> (Ancaman)
➤ <b>Ketersediaan Bahan baku</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bahan CPO dekat dari PT. Wilmar Nabati Indonesia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mebutuhkan Transportasi lagi untuk mendatangkan Bahan Baku CPO</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ketersediaan Bahan baku CPO yang mencukupi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tambahan Biaya Transportasi Bahan baku CPO</li> </ul>
➤ <b>Pemasaran</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Transportasi darat, Laut dan udara (Pelabuhan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Konsumen yang lebih banyak di di Luar Pulau</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Menjadi Produsen pertama di Indonesia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bersaing dengan Produk impor</li> </ul>
➤ <b>Utilitas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Utilitas yang tersedia di sekitar lingkungan (Sungai Pakning)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dapat merusak alam disekitar sungai karena tempatnya yang masih tergolong hutan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Menjadi pemasok air bersih bagi lingkungan sekitar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mebutuhkan Pengolahan air bersih sendiri</li> </ul>
➤ <b>Tenaga Kerja</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dapat diperoleh dari penduduk sekitar dan dari provinsi sekitar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kekuranga tenaga kerja yang professional di bidang ini</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Adanya tenaga kerja yang berasal dari perguruan tinggi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kecendrungan karyawan pindah ke perusahaan lain</li> </ul>
➤ <b>Kondisi Daerah</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cuaca dan iklim di daerah ini relatif stabil</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Berada di lokasi yang agak jauh dari penduduk ramai</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mendapatkan lokasi yang strategis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Biaya pembukaan lahan tambahan</li> </ul>

### 1.3.3 Alternatif Lokasi 3 (Bungus Tlk.Kabung, Kota Padang, Sumatera Barat )



Analisa SWOT (*Strength, Weakness, Opportunities dan Threat*) di Bungus Tlk.Kabung, Kota Padang, Sumatera Barat

Variabel	Internal		Eksternal	
	<i>Strength</i> (Kekuatan)	<i>Weakness</i> (Kelemahan)	<i>Opportunities</i> (Peluang)	<i>Threat</i> (Ancaman)
➤ <b>Ketersediaan Bahan baku</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bahan CPO dekat dari PT. Incasi Raya</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Membutuhkan Transportasi lagi untuk mendatangkan Bahan Baku CPO</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ketersediaan Bahan baku CPO yang mencukupi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tambahan Biaya Transportasi Bahan baku CPO</li> </ul>

➤ <b>Pemasaran</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transportasi darat, Laut dan udara</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Konsumen yang lebih banyak di di Luar Pulau</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menjadi Produsen pertama di Indonesia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bersaing dengan Produk impor</li> </ul>
➤ <b>Utilitas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilitas di yang tersedia di sekitar lingkungan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kualitas Air yang rendah serta berpotensi kekurangan air disaat kemarau</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menjadi pemasok air bersih bagi lingkungan sekitar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Membutuhkan Pengolahan air bersih sendiri</li> </ul>
➤ <b>Tenaga Kerja</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dapat diperoleh dari penduduk sekitar dan dari provinsi sekitar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kekuranga tenaga kerja yang professional di bidang ini</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adanya tenaga kerja yang berasal dari perguruan tinggi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kecendrungan karyawan pindah ke perusahaan lain</li> </ul>
➤ <b>Kondisi Daerah</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuaca dan iklim di daerah ini relatif stabil</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Berada di lokasi yang agak jauh dari penduduk ramai</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mendapatkan lokasi yang strategis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Harga Tanah yang relative mahal</li> </ul>

#### 1.4 Lokasi Pabrik

Pemilihan Lokasi pembangunan Pabrik Green Diesel dari PFAD ini akan direncanakan di Provinsi Riau. Beragamnya lokasi yang akan dipilih tersebut membuat pemilihan lokasi dilakukan dengan analisa SWOT (*Strength, Weakness, Opportunities* dan *Threat*). Berdasarkan analisa SWOT maka pabrik Green Diesel didirikan di Bukit Batu, Bengkalis, Riau berdasarkan pada fasilitas yang tersedia seperti:

1. Dekat dengan sumber bahan baku
2. Luas lahan yang potensial untuk dikembangkan



3. Bahan baku yang tersedia dapat dikategorikan besar karena banyaknya pabrik-pabrik CPO yang akan menghasilkan PFAD di sekitar lokasi yaitu sebanyak 146 pabrik
4. Air yang akan digunakan sebagai Utilitas bersumber dari sungai-sungai yang berada disekitar lokasi, salah satunya yaitu sungai Pakning dan untuk pasokan listriknya dapat diperoleh dari PLN
5. Tenaga kerja untuk petinggi perusahaan seperti Direktur Utama, Dewan Komisaris dan Kepala Bidang diambil dari mahasiswa lulusan S2 dengan pengalaman kerja yang dimiliki minimal selama 5 tahun, sedangkan untuk karyawan bagian Akuntansi, Produksi dan Administrasi dapat diperoleh dari mahasiswa lulusan S1 *fresh graduate* maupun yang telah memiliki pengalaman kerja. Untuk karyawan bagian *shift* seperti bagian laboratorium, produksi, dan mesin diperoleh dari lulusan S1, D3 maupun SMK yang berasal dari provinsi Sumatera Barat sendiri maupun didatangkan dari luar pulau Sumatera, selain itu karyawan bagian lainnya seperti satpam, *office boy* dan sopir pabrik dapat diperoleh dari masyarakat yang bermukim di daerah sekitaran pabrik maupun didatangkan dari daerah yang berada di kawasan Kabupaten Bengkalis
6. Untuk pemasaran dapat menggunakan transportasi darat ( Lalu lintas Bengkalis – Dumai ), Transportasi laut yakni Pelabuhan Internasional Bandar Sri Raja Bengkalis dan juga Pelabuhan Nelayan Tanjung Teguh

## BAB II. TINJAUAN TEORI

### 2.1 Tinjauan Umum

#### 2.1.1 *Green Diesel*

*Green diesel* atau biodiesel generasi kedua (G2) 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 tidak dihasilkan limbah dan emisi hasil pembakaran juga memberikan limbah yang kecil dibanding minyak diesel yang lain (Salamah dan Satyawan, 2017).

*Green Diesel* diproduksi dengan minyak nabati hidrogenasi (trigliserida) atau lemak hewani melalui pemrosesan katalitik dengan hidrogen, menghasilkan campuran hidrokarbon rantai lurus dan bercabang yang biasanya mengandung 15 hingga 18 atom karbon per molekul (C15 hingga C18) ( Zikri dan Martha,2020).

*Green diesel* merupakan solusi alternatif untuk mengatasi masalah penggunaan energi biomassa sebagai sumber bahan bakar. Keunggulan *green diesel* atau biodiesel generasi kedua (Gen-2) ini adalah mampu mencapai bilangan *cetane* 70-90, jauh lebih tinggi dari kinerja biodiesel Gen-1 *cetane* bilangan 50-65 masing-masing (Zikri dan Martha,2020).

*Green diesel* mempunyai sifat fisika dan kimia yang sama dengan *petroleum diesel* sehingga dapat digunakan langsung pada mesin diesel.

Perbandingan antara diesel *petroleum*, biodiesel dan *green diesel* dapat dilihat sebagaimana tabel 1 berikut.

Tabel 2.1 Perbandingan Petroleum diesel, Biodiesel dan Green diesel

Parameter	Petroleum diesel	Biodiesel (FAME)	Green Diesel
Prosentase Oksigen	0	11	0
Spesific Gravity	0,84	0,88	0,78
Kandungan Belerang	<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: Siti Salamah, 2017

Karakter sifat fisik pada produk green diesel memiliki karakter seperti produk bahan bakar mesin diesel yang disajikan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Sifat Fisik dan Kimia Bahan Bakar Mesin Diesel

Parameter	Satuan	Nilai
Densitas	Kg/m <sup>3</sup>	0,78-0,88
Viskositas Kinematik	cSt	,9-4,1
Titik beku	°C	Max 18
Titik nyala	°C	Min 52
Angka asam	mg KOH/g	<0,6

Sumber:Kussuryani Rimbasa, 2010

Keuntungan dari *green diesel* sebagai berikut (Siti dan Martomo, 2017):

- a. Proses pengolahan yang ramah lingkungan karena tidak menghasilkan limbah dan emisi hasil pembakaran juga memberikan limbah yang kecil dibanding minyak diesel yang lain.
- b. Sangat efisien secara proses, semua produk dari reaksi antara minyak nabati dan hidrogen merupakan produk yang dapat langsung digunakan.
- c. *Green diesel* memiliki bilangan cetane 55 - 90 jauh lebih tinggi dari capaian biodiesel G1 yang hanya 40-45, tanpa harus melakukan modifikasi mesin.
- d. Industri *green diesel* dapat menggunakan lemak atau minyak daur ulang.
- e. *Green diesel* tidak beracun.
- f. Penggunaan *green diesel* dapat memperpanjang umur mesin diesel karena *green diesel* lebih licin.
- g. *Green diesel* menggantikan bau *petroleum* dengan bau yang lebih enak.

Emisi *green diesel* jauh lebih rendah daripada emisi diesel minyak bumi. *Green diessel* mempunyai karakteristik emisi seperti berikut (Andalia dan Pratiwi, 2018):

- a. Emisi karbon dioksida netto (CO<sub>2</sub>) berkurang 100 %.
- b. Emisi sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>) berkurang 100 %.
- c. Emisi debu berkurang 40 – 60 %.
- d. Emisi karbon monoksida (CO) berkurang 10 – 15 %.
- e. Emisi hidrokarbon berkurang 10 – 50 %.
- f. Hidrokarbon aromatik polisiklik (PAH) berkurang, terutama PAH yang beracun, seperti : *phenanthren* berkurang 97 %, *benzo floroanthen*

berkurang 56%, *benzapyren* berkurang 71 %, serta *aldehida* dan senyawa aromatik berkurang 13%.

Dengan mengembangkan metode yang mudah, diharapkan dapat diproduksi *green diesel* yang lebih murah, yang dapat bersaing secara ekonomi dengan *petroleum*, dan menjadikan biodiesel sebagai salah satu bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan (Andalia dan Pratiwi, 2018).

**Tabel 2.3** Standar Mutu *Green diesel*

Characteristic	Unit	Standard	Reseach	Test Method
Density 15 <sup>0</sup> C	gr/ml	0,8150-0,8600	0.8101	ASTM D 1298
<i>Kinematic Viscosity</i> 40 <sup>0</sup> C	cSt	2,0 - 4,5	4,27	ASTM D 445
Flash Point	<sup>0</sup> C	58	58	ASTM D 93
Cetane Number		75	75	ASTM 613

Sumber : Standar dan kualitas solar dari Direktorta Jendral Minyak dan Gas (2016)

## 2.1.2 Bahan Baku Pembuatan *Green Diesel*

### 2.1.2.1 PFAD (*Palm Fatty Acid Distillate*)

*Palm Fatty Acid Distillate* (PFAD) adalah produk sampingan dari penghilangan bau di kilang minyak kelapa sawit. Produksi PFAD adalah 4% dari total pengolahan CPO. Sekitar 3,66 ton PFAD diproduksi dari setiap 100 ton CPO dan umumnya digunakan sebagai sumber asam lemak untuk industri non-makanan seperti industri sabun, pakan, dan oleokimia.



**Gambar 2.1** *Palm Fatty Acid Distillate* (PFAD)

(Sumber : PT. Sawit Sumbermas)

Komponen utama PFAD adalah asam lemak bebas, produk oksidasi lipid, dan senyawa lain seperti *tokoferol*, *tokotrienol*, *fitosterol*, dan *squalen*

(hidrokarbon). PFAD berwarna coklat muda, berbentuk semi padat pada temperatur ruang, dan mencair jika dipanaskan melebihi suhu ruang (Kapor, 2016). Adapun sifat fisika dan kimia yang dimiliki PFAD adalah seperti yang terdapat dalam tabel 2.2.

**Tabel 2.4** Sifat Fisika dan Kimia dari PFAD

Sifat Fisika dan Kimia	Satuan	Nilai
Densitas 40°C	g/cm <sup>3</sup>	0,87
<i>Kinematic viscosity</i> 40°C	cSt	10,75
Angka asam	mg KOH	170
Kandungan air	%wt	0,05-0,65
Angka saponifikasi	Mg KOH/g	200,57
Angka Iodin	G I <sub>2</sub> /100g	57,57
<i>Free fatty acid</i>	%	85
<i>Copper</i>	Ppb	1,0-2,0
<i>Iron</i>	Ppm	6,0

Sumber: C. Beng Yeoh, dkk, 2012

Asam lemak bebas dalam minyak tidak dikehendaki karena degradasi asam lemak bebas tersebut menghasilkan rasa dan bau yang tidak disukai, oleh karena itu dalam pengolahan minyak diupayakan kandungan asam lemak bebas serendah mungkin (Ketaren, 2005). Asam-asam lemak yang terkandung dalam PFAD merupakan asam lemak jenuh dan tidak jenuh. Asam lemak jenuh berwujud padat pada suhu kamar sedangkan asam lemak tidak jenuh berwujud cair. Asam lemak jenuh hanya memiliki ikatan tunggal diantara atom-atom karbon penyusunnya, sementara asam lemak tak jenuh memiliki paling sedikit satu ikatan ganda diantara atom-atom penyusunnya. 42,9 – 51,0

**Tabel 2.5** Komposisi asam lemak jenuh dan tidak jenuh dalam PFAD

Asam Lemak	Rumus Molekul	Komposisi (%) Berat	Jenis Asam Lemak
Asam Miristat	C <sub>14</sub> H <sub>28</sub> O <sub>2</sub>	0,9 – 1,5	Jenuh
Asam Palmitat	C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	32,8 – 39,8	Jenuh
Asam Stearat	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	4,1 – 4,9	Jenuh
Asam Oleat	C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	42,9 – 51,0	Tak Jenuh
Asam Linoleat	C <sub>18</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	8,6 – 11,3	Tak Jenuh

Sumber : Karunia dkk, 2012

Minyak kelapa sawit diekstraksi dari tandan buah segar yang mengandung sejumlah kecil komponen pengotor. Termasuk serabut buah, air, asam lemak

bebas, fosfolipid, logam berat, produk oksidasi dan senyawa – senyawa yang berbau (Siregar, Y., 2018).

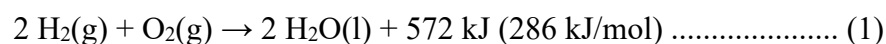
Ada dua metode yang digunakan pada proses pemurnian yaitu secara fisika dan kimia. Pada dasarnya ini dilakukan untuk menghilangkan asam lemak bebas. Pemurnian secara fisika merupakan proses yang melibatkan beberapa pengujian yang sederhana, sehingga dalam proses ini menghasilkan penghilangan warna maupun bau pada minyak.

#### 2.1.2.2 Gas Hidrogen

Hidrogen merupakan unsur berbentuk gas yang paling melimpah dengan persentase kira-kira 75% dari total massa unsur alam semesta yang telah digunakan selama bertahun-tahun sebelum akhirnya dinyatakan sebagai unsur yang unik oleh *Cavendish* di tahun 1776. Dinamakan hidrogen oleh *Lavoisier* yang berasal dari bahasa Yunani, *hydro* = air dan *genes* = pembentukan. Pada suhu dan tekanan standar, hidrogen tidak berwarna, tidak berbau, bersifat nonlogam, bervalensi tunggal, dan merupakan gas diatomik yang sangat mudah terbakar. Hidrogen memiliki nilai pembakaran atas (*high heating value*) paling besar dari semua bahan bakar kimia (Paggiaro, 2008). Hidrogen menyimpan 9 energi kimia sebesar 142 MJ/kg dibandingkan dengan cairan hidrokarbon yang menyimpan energi kimia sebesar 47 MJ/kg.

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.

Hidrogen juga dapat dihasilkan dari air melalui proses elektrolisis. Hidrogen atau H<sub>2</sub> mempunyai kandungan energi per satuan berat tertinggi, dibandingkan dengan bahan bakar manapun. Gas hidrogen sangat mudah terbakar dan akan terbakar pada konsentrasiserendah 4% H<sub>2</sub> 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).

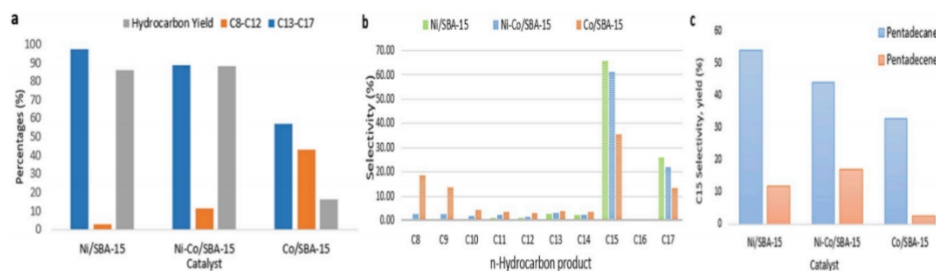
### 2.1.3 Bahan Pendukung Pembuatan *Green diesel*

#### 2.1.3.1 Katalis Ni SBA-15

Katalis Ni/SBA merupakan katalis produksi hidrokarbon seperti diesel dari katalis berbasis Ni dan Co, oleh karena itu logam (Co dan Ni) dimuat ke penyangga SBA-15 melalui impregnasi basah dan diterapkan sebagai katalis asam heterogen untuk produksi *green diesel*. SBA-15 menunjukkan kinerja katalitik yang unggul terhadap reaksi deoksigenasi.

Katalis Ni/SBA-15 menunjukkan hasil hidrokarbon tertinggi, yang menunjukkan bahwa katalis bimetalik memiliki aktivitas katalitik yang tinggi dan tahan terhadap pembentukan kokas. Selain itu, SBA-15 telah ditemukan lebih efektif dalam deoksigenasi katalis dari pada katalis yang lain nya. katalis nikel dan kobalt menunjukkan selektivitas yang tinggi terhadap fraksi diesel

Berikut dapat dilihat perbandingan katalis terhadap persentasi katalis, produk yang di hasilkan katalis dan selektifitas katalis pada Gambar 2.



Gambar 9. (a) Hasil Hidrokarbon (b) Distribusi n-Hidrokarbon (c) Selektivitas alkana/alkena.



Dari perbandingan grafik di atas menunjukkan bahwa hidrokarbon yang di hasilkan paling banyak pada Ni/SBA 15, distribusi yang paling tinggi pada C15, dan selektifitas alkane yang tinggi pada Ni/SBA.

Dari kesimpulan yang di ambil sistem reaksi deoksigenasi katalitik untuk produksi *green diesel* dari PFAD melalui Ni/ SBA-15, Co/SBA-15, dan Ni-Katalis Ni/SBA-15 berhasil dikembangkan. Efek keasaman partikel nikel dan kobalt yang didukung pada SBA-15 mesopori mempengaruhi selektivitas produk hidrokarbon.

#### **2.1.4 Proses Pembuatan *Green diesel***

Untuk memproses minyak kasar menjadi *green diesel* sangat tergantung pada kadar FFA. Makin tinggi kadar FFA-nya, makin tinggi biaya untuk memproses.

##### **2.1.4.1 Hidrogenasi**

Dalam proses sintesis PFAD menjadi bahan bakar terbarukan, dapat dilakukan *hydrotreating* atau *hydroprocessing*, yaitu reaksi katalitik yang menggunakan H<sub>2</sub> untuk mengeliminasi atom-atom heterogen (heteroatoms) seperti belerang, nitrogen, oksigen, dan logam, serta untuk menjenuhkan senyawa olefin dan senyawa aromatik. Reaksi-reaksi *hydrotreating* yang digunakan dalam pembuatan *green diesel* adalah hidrogenasi (HDO), dekarboksilasi (DCX), dekarbonilasi (DCN), dan hydrocracking (HC). Reaksi yang paling tepat dalam pencapaian tujuan penelitian ini adalah reaksi hidrogenasi (HDO) karena reaksi pada proses HI dan HC lebih sering digunakan untuk meningkatkan kualitas distilat. Hidrogenasi adalah suatu proses hidrogenolisis yang bertujuan menghilangkan oksigen dari suatu bahan dengan cara memotong ikatan karbon-oksigen dengan menggunakan gas hidrogen.

*Hydrotreating* bisa dilakukan untuk umpan naphtha sebelum dialirkan ke unit *platforming*, karena katalis *platforming* (platina) sangat sensitif terhadap *impurities* seperti sulfur, nitrogen, oksigen, dan logam. *Hydrotreating* biasa juga dilakukan untuk umpan diesel untuk perbaikan kualitas diesel terutama untuk mengurangi kandungan sulfur dalam diesel (spesifikasi produk diesel dari tahun ke tahun semakin ketat terutama dalam hal kandungan sulfur maksimum) dan juga



untuk mengurangi kandungan nitrogen dalam diesel yang dapat menyebabkan terjadinya *color instability* produk diesel (Arun dkk, 2015).

Proses *hydrotreating* minyak nabati menghasilkan produk hidrokarbon primer C15-C18. Kisaran suhu reaksi adalah 300-450 ° C dan tekanan di atas 30 atm (Huber dan Corma 2007, Donnis, Gottschalck et al. 2009). Untuk reaksi *hydrotreating* minyak diperlukan penggunaan katalis dengan partikel berukuran rendah untuk memfasilitasi kontak antara minyak dan hidrogen, untuk menjaga pola aliran dan untuk mencapai kondisi isothermal. Katalis harus diaktifkan untuk operasi yang memadai (Gonzales dkk, 2018).

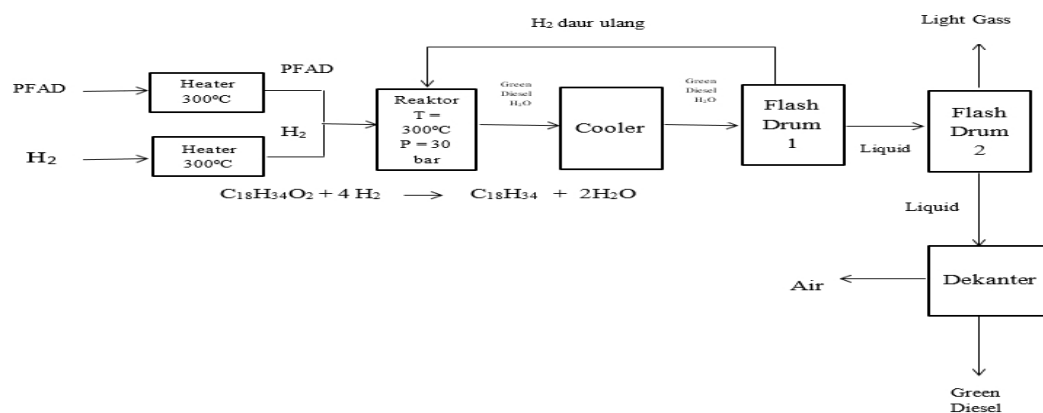
Tujuan proses *hydrotreating/hydroprocessing* adalah:

1. Memperbaiki kualitas produk akhir (seperti diesel)
2. *Pretreating stream* (persiapan umpan proses lanjutan) untuk mencegah keracunan katalis di *downstream process*:
  - *Catalytic Reforming (Platforming)*
  - *Fluid Catalytic Cracking (FCC)*
  - *Hydrocracking*
3. Memenuhi standar lingkungan (untuk diesel sebelum dikirim ke tangki penyimpanan produk).

## 2.2 Tinjauan Proses

Pada pembuatan *green diesel* dapat dilakukan dengan metode proses yaitu *hydrotreating* / hidrideoksigenasi.

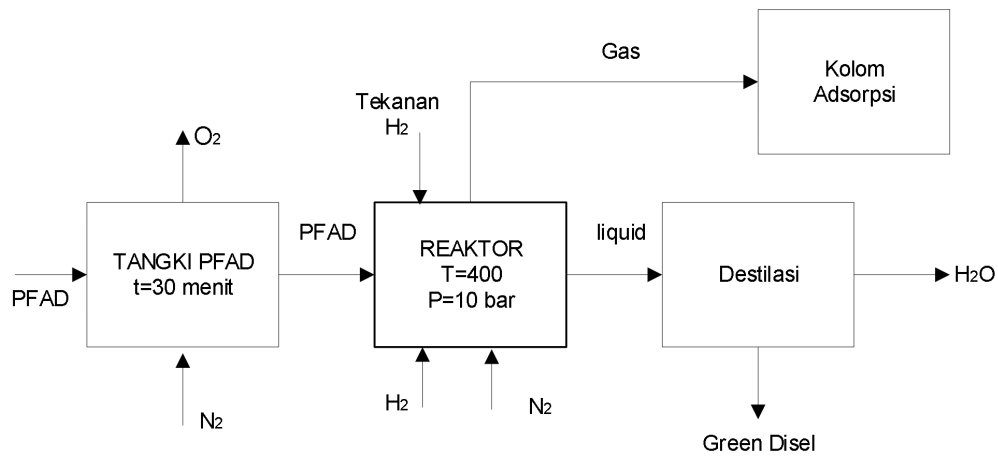
### 2.2.1 Pembuatan *Green diesel* dengan Metode *Hydrogenasi* (Paisan, dkk. 2016)



Sumber: Paisan, Suwisa.Sae, Vol.41No.3,284-291,2016

**Gambar 2.2** Blok Diagram Pembuatan *Green diesel* dengan *Hydrotreating*

### 2.2.2 Pembuatan *Green diesel* dengan Metode Deoksigenasi (Meliza Plazas-González, dkk 2018)



Sumber: Susanto, dkk 2018

**Gambar 2.3** Blok Diagram Pembuatan *Green diesel* dengan Deoksigenasi

Berdasarkan dari beberapa sumber pembuatan green diesel, maka untuk pemilihan proses pembuatan *green diesel* yang akan digunakan dengan melihat perbandingan hasil dari beberapa sumber proses dapat dilihat pada **Tabel 2.3**

**Tabel 2.6** Perbandingan Produksi *Green diesel*

Sumber	Proses	Suhu (°C)	Tekanan (Bar)	Kemurnian (%)	Yield (%)
Kittisupakorn, Paisan. dkk, 2016	Hidrodeoksigenasi	300	30	97	85,25
Susanto, dkk ,2012	Deoksigenasi	400	10	99,2	50,14

### 2.3 Sifat Fisika dan Kimia

Pembuatan *green diesel* dari PFAD (*Palm Fatty Acid Distillate*) didukung dengan bahan baku dan pendukung yang memiliki sifat fisika dan kimia. Berikut sifat fisika dan kimia produksi *green diesel* dari PFAD. Bahan pendukung terdiri atas katalis. Adapun karakteristik dari setiap bahan dan produk yang dihasilkan terdapat pada sub-bab berikut

### 2.3.1 Bahan Baku

#### 2.3.1.1 PFAD (*Palm Fatty Acid Distillate*)

PFAD yang dominan tersusun oleh asam stearat, asam palmitat dan asam oleat.

##### a. Asam Stearat

**Tabel 2.7** Sifat Fisika dan Kimia Asam Stearat

Sifat Fisika	
Rumus Molekul	$C_{18}H_{36}O_2$
Berat Molekul	284,483 g/mol
Titik Didih	648,35 K (374,65 <sup>0</sup> C)
Titik Beku	342,75 K (68,25 <sup>0</sup> C)
C <sub>p</sub> empiris ( $a+bT+cT^2+dT^3$ )	a = 99,012 b = 3,5874 c = -7,5319 x 10 <sup>-3</sup> d = 6,3562 x 10 <sup>-6</sup> Satuan J/mol K
$\Delta H_f^{\circ}_{298\text{ K}}$	-767 J/mol K
$\Delta H_c^{\circ}_{298\text{ K}}$	10489 kJ/mol K
H <sub>v</sub>	65,69 kJ/mol (648,35 K)
$\Delta G_f^{\circ}_{298\text{ K}}$	-244,4 J/mol K
T <sub>c</sub> (Temperature Kritis)	799 K (526 <sup>0</sup> C)
P <sub>c</sub> (Tekanan Kritis)	13,6 bar
V <sub>c</sub>	1020 cm <sup>3</sup> /mol
Rho <sub>c</sub>	0,2767 g/cm <sup>3</sup>
Z <sub>c</sub>	0,209
Omega	1,084
Sifat Kimia	
	1. Larut dalam pelarut organik
	2. Bersifat hidrolisis

Sumber: Reklaitis, 1942 dan Yaws, 1999

##### b. Asam Palmitat

**Tabel 2.8** Sifat Fisika dan Kimia Asam Palmitat

<b>Sifat Fisika</b>	
Rumus Molekul	$C_{16}H_{32}O_2$
Berat Molekul	256,499 g/mol
Densitas	0,853 g/ml
Titik Didih	624,15 K (351,15 °C)
Titik Cair/ Titik Beku	335,95 K (62,95°C)
Cp empiris ( $a+bT+cT^2+dT^3$ )	a = 86,290 b = 3,5237 c = $-7,3217 \times 10^{-3}$ d = $6,1001 \times 10^{-6}$ Satuan J/mol K
$\Delta H_f^\circ_{298\text{ K}}$	-737 kJ/mol K
$\Delta H_c^\circ_{298\text{ K}}$	9274,7 kJ/mol K
$\Delta G_f^\circ_{298\text{ K}}$	-274 J/mol K
$H_v$	65,61 kJ/mol (624,15 K)
$T_c$ (Temperature Kritis)	776 K (503°C)
$P_c$ (Tekanan Kritis)	15,10 bar
A	92,115
n (koefisien regresi)	0,208
$V_c$	917 cm <sup>3</sup> /mol
$\rho_{c}$	0,2796 g/cm <sup>3</sup>
$Z_c$	0,215
Omega	1,083
<b>Sifat Kimia</b>	
1. Produk awal dalam biosintesis asam lemak	
2. Tidak larut dalam air dingin	
3. Dapat larut dalam eter, aseton, dan n-Hexane	
4. Berasal dari lemak hewani dan nabati	
5. Memiliki 46 % kadar asam lemak jenuh dalam kelapa kelapa sawit.	

6. Memiliki 25 % kadar asam lemak jenuh dalam minyak inti sawit.
7. Dapat larut dalam eter, aseton, dan n-Hexane

Sumber: Reklaitis, 1942 dan Yaws, 1999

### c. Asam Oleat

**Tabel 2.9** Sifat Fisika dan Kimia Asam Oleat

Sifat Fisika	
Rumus Molekul	$C_{18}H_{34}O_2$
Berat Molekul	282,47 g/mol
Densitas	0,888 g/ml
Titik Didih	633 K (360°C)
Titik Beku	286,467 K (13,53°C)
Tekanan Uap	1 atm (176 °C)
Cp empiris ( $a+bT+cT^2+dT^3$ )	a = 278,686 b = 2,5434 c = $-5,4355 \times 10^{-3}$ d = $4,924 \times 10^{-6}$ Satuan J/mol K
$\Delta H_f^{\circ}_{298\text{ K}}$	-671,78 kJ/mol K
$\Delta H_c^{\circ}_{298\text{ K}}$	10523 kJ/mol K
$\Delta G_f^{\circ}_{298\text{ K}}$	-189,69 J/mol K
$H_v$	69,91 kJ/mol (633 K)
$T_c$ (Temperature Kritis)	781 K (508°C)
$P_c$ (Tekanan Kritis)	13,9 bar
$V_c$	1000 cm <sup>3</sup> /mol
$\rho_c$	0,2815 g/cm <sup>3</sup>
$Z_c$	0,214
Omega	1,187
Sifat Kimia	
1. Bersifat Hidrolisis	
2. Tidak larut dalam air dingin	

3. Tidak stabil pada suhu kamar
4. Larut dalam pelarut organik seperti alkohol

Sumber: Reklaitis, 1942 dan Yaws, 1999

### 2.3.1.2 *Hydrogen* (H<sub>2</sub>)

**Tabel 2.10** Sifat Fisika dan Kimia *Hydrogen*

Sifat Fisika	
Rumus Molekul	H <sub>2</sub>
Titik lebur	-259,14°C
Titik Didih	-252,87°C
Warna	Tidak berwarna
Bau	Tidak berbau
Densitas	0,08988g/cm <sup>3</sup> pada 293°C
Kapasitas panas	14,304J/g°K
Sifat Kimia	
1. Bersifat <u>non-logam</u> ,	
2. Bervalensi tunggal	
3. Mudah <u>terbakar</u>	

Sumber: Wikipedia (2013)

## 2.3.2 Bahan Pendukung

### 2.3.2.1 Katalis Ni/SBA-15

**Tabel 2.11** Sifat Fisika dan Kimia Ni/SBA-15

Sifat Fisika	
Rumus Molekul	Ni/SBA-15
Berat Molekul	2,75 g/cm <sup>3</sup>
Densitas	0,885 g/cm <sup>3</sup>
Titik Didih	2320°C
Titik Lebur	1083°C
Viskositas (20°C)	
Kelarutan (20°C)	

Cp empiris ( $a+bT+cT^2+dT^3$ )	a = 26,004 b = $7,0337 \times 10^{-1}$ c = $-1,3856 \times 10^{-3}$ d = $1,0342 \times 10^{-6}$ Satuan J/mol K
$\Delta Hf^{\circ}_{298 K}$	-735,13 J/mol K
H <sub>v</sub>	33,28 kJ/mol (610 K)
$\Delta Gf^{\circ}_{298 K}$	-653,47 J/mol K
T <sub>c</sub> (Temperature Kritis)	925 K (652 <sup>0</sup> C)
P <sub>c</sub> (Tekanan Kritis)	64 bar
V <sub>c</sub>	177 cm <sup>3</sup> /mol
Rho <sub>c</sub>	0,5540 g/cm <sup>3</sup>
Z <sub>c</sub>	0,147
Omega	0,494
A	21,230
n (koefisien regresi)	0,219
Cp <sub>298 K</sub>	139,95 J/mol K
<b>Sifat Kimia</b>	
1. Mudah bereaksi dengan oksigen di udara.	
2. Partikel gamma alumina yang kecil menghasilkan dispersi NiMo yang lebih tinggi.	

Reklaitis, 1942 dan Yaws, 1999

### 2.3.3 Produk

#### 2.3.3.1 Green diesel

**Tabel 2.12** Sifat Fisika dan Kimia *Green diesel*

<b>Sifat Fisika</b>	
Rumus Molekul	C <sub>n</sub> H <sub>2n</sub>
Berat Molekul	284 g/mol
Densitas (20 <sup>0</sup> C)	805 kg/m <sup>3</sup>
Titik Didih	200-350 <sup>0</sup> C
Titik Leleh	28 max <sup>0</sup> F

Viskositas (60 <sup>0</sup> C)	5,55 mm <sup>2</sup> /s
Titik Nyala	191 <sup>0</sup> C
Bilangan iod	95-106
<b>Sifat Kimia</b>	
1. Tidak mengandung sulfur yang bersifat karsinogenik	
2. Tidak dapat bercampur dengan air	
3. Memiliki tingkat pelumasan tinggi	

Sumber: Reklaitis, 1942 dan Yaws, 1999

### 2.3.3.2 Air

**Tabel 2.13** Sifat Fisika dan Kimia Air

<b>Sifat Fisika</b>	
Rumus Molekul	H <sub>2</sub> O
Berat Molekul	18,015 g/mol
Densitas	1,027 g/ml
Titik Didih	373,15 K (100 <sup>0</sup> C)
Titik Lebur	273,15 K (0 <sup>0</sup> C)
Viskositas (20 <sup>0</sup> C)	1,002 Cp
Cp empiris ( $a+bT+cT^2+dT^3$ )	a = 92,053 b = -3,9953 x 10 <sup>-2</sup> c = -2,1103 x 10 <sup>-4</sup> d = 5,3469 x 10 <sup>-7</sup> Satuan J/mol K
$\Delta H_f^{\circ}_{298\text{ K}}$	-241,80 J/mol K
$\Delta G_f^{\circ}_{298\text{ K}}$	-228,60 J/mol K
H <sub>v</sub>	39,50 kJ/mol (373,15 K)
T <sub>c</sub> (Temperature Kritis)	647,13 K (374,13 <sup>0</sup> C)
P <sub>c</sub> (Tekanan Kritis)	220,55bar
V <sub>c</sub>	56 cm <sup>3</sup> /mol
Rho <sub>c</sub>	0,3220 g/cm <sup>3</sup>
Z <sub>c</sub>	0,229



Omega	0,345
A	52,053
n (koefisien regresi)	0,321
Cp 298 K	75,5 J/mol K
<b>Sifat Kimia</b>	
1. Molekul air berbentuk seperti huruf V disebabkan karena: <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Struktur geometrinya yang tetrahedral (109,50)</li> <li>b. Keberadaan pasangan elektron bebas pada atom oksigen</li> </ol>	
2. Bersifat polar karena adanya perbedaan muatan	
3. Sebagai pelarut yang baik karena kepolarannya.	
4. Bersifat netral (pH = 7) dalam keadaan murni	

Sumber: Reklaitis, 1942 dan Yaws, 1999

## 2.4 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk

### 2.4.1 Spesifikasi Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan adalah hidrogen dan PFAD (*Palm Fatty Acid Distillate*) yang merupakan produk samping dari pemurnian CPO.

#### 2.4.1.1 PFAD

PFAD yang dominan tersusun oleh asam palmitat, asam oleat, asam linoleat dan asam stearat memiliki spesifikasi sebagai berikut

**Tabel 2.14** Komposisi asam lemak jenuh dan tidak jenuh dalam PFAD

Asam Lemak	Rumus Molekul	Komposisi (%) Berat	Jenis Asam Lemak
Asam Miristat	C <sub>14</sub> H <sub>28</sub> O <sub>2</sub>	0,9 – 1,5	Jenuh
Asam Palmitat	C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	32,8 – 39,8	Jenuh
Asam Stearat	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	4,1 – 4,9	Jenuh
Asam Oleat	C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	42,9–51,0	Tak Jenuh
Asam Linoleat	C <sub>18</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	8,6 – 11,3	Tak Jenuh

Sumber : Karunia dkk, 2012

**a. Asam Palmitat**

**Tabel 2.15** Spesifikasi Asam Palmitat

No	Spesifikasi	Nilai
1	Wujud	Padat
2	Syarat fisik: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Warna</li> <li>• Bau</li> <li>• pH</li> <li>• Pengotor</li> </ul>	Berwarna Putih Putih Netral Tidak mengandung kotoran seperti lumpur, buih/busa, dan lemak
3	Syarat kimia: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kandungan logam berat (Pb, As, Hg)</li> </ul>	Tidak boleh ada
4	Kemurnian	97 (3 % Asam Stearat)

**b. Asam Oleat**

**Tabel 2.16** Spesifikasi Asam Oleat

No	Spesifikasi	Nilai
1	Wujud	Cair
2	Syarat fisik: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Warna</li> <li>• Bau</li> <li>• pH</li> <li>• Pengotor</li> </ul>	Berwarna Putih Putih Netral Tidak mengandung kotoran seperti lumpur, buih/busa, dan lemak
3	Syarat kimia: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kandungan logam berat (Pb, As, Hg)</li> </ul>	Tidak boleh ada
4	Kemurnian	0,0968 %

**c. Asam Linoleat**

**Tabel 2.17** Spesifikasi Asam Linoleat

No	Spesifikasi	Nilai
1	Wujud	Cair
2	Syarat fisik: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Warna</li> <li>• Bau</li> <li>• pH</li> <li>• Pengotor</li> </ul>	Tidak berwarna / jernih Tidak berbau Netral Tidak mengandung kotoran seperti lumpur, buih/busa, dan lemak
3	Syarat kimia: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kandungan logam berat (Pb, As, Hg)</li> </ul>	Tidak boleh ada

#### d. Asam Stearat

**Tabel 2.18** Spesifikasi Asam Stearat

No	Spesifikasi	Nilai
1	Wujud	Cair
2	Syarat fisik: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Warna</li> <li>• Bau</li> <li>• pH</li> <li>• Pengotor</li> </ul>	Tidak berwarna / jernih Tidak berbau Netral Tidak mengandung kotoran seperti lumpur, buih/busa, dan lemak
3	Syarat kimia: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kandungan logam berat (Pb, As, Hg)</li> </ul>	Tidak boleh ada

#### 1. Hydrogen

**Tabel 2.19** Spesifikasi Hydrogen

No	Spesifikasi	
1.	Wujud	Gas
2.	Warna	Tidak berwarna
3.	Kemurnian (%): <ul style="list-style-type: none"> <li>• H<sub>2</sub></li> <li>• H<sub>2</sub>O</li> </ul>	99,9 0,01

Sumber : *Alibaba.com*

#### 2. Katalis Ni/SBA-15

**Tabel 2.16** Spesifikasi katalis Ni/SBA-15

Spesifikasi	Nilai
Luas Permukaan (m <sup>2</sup> /g)	385
Volume Pori (cc/g)	0,50
Diameter Pori (Å)	80,32

#### ii. Spesifikasi Produk

Produk utama yang dihasilkan adalah *green diesel*, dengan produk samping berupa air.

## 1. Green diesel

**Tabel 2.15.**Spesifikasi *Green diesel*

No	Spesifikasi	Nilai
1	Wujud	Cair
2	Warna	bening
3	Kemurnian (%):	99,99 %
	Metil palmitat	43,2%
	Metil stearat	34,3 %
	Metil oleat	14,2%
	Metil meristat	6,9%
	Metanol	0,1%
	Gliserin	0,2%
	H <sub>2</sub> O	0,95%

Sumber: ScienceLab.com (2005)

## 2. Air

**Tabel 2.20** Spesifikasi Air

No	Spesifikasi	Nilai
1	Wujud	Cair
2	Syarat fisik:	
	• Warna	Tidak berwarna / jernih
	• Bau	Tidak berbau
	• pH	Netral
	• Pengotor	Tidak mengandung kotoran seperti lumpur, buih/busa, dan lemak
3	Syarat kimia:	
	• Kandungan logam berat (Pb, As, Hg)	Tidak boleh ada

## BAB III. TAHAPAN PROSES DAN DESKRIPSI PROSES

### 3.1 Tahapan Proses

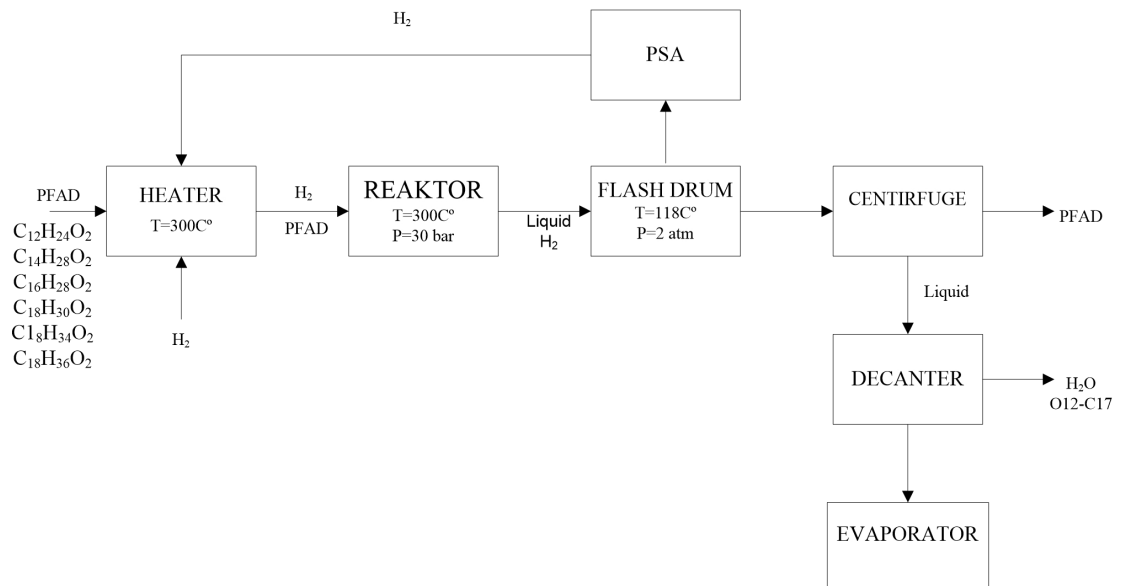
Proses produksi *green diesel* dengan menggunakan proses hidrodeoksigenasi, digunakan bahan baku PFAD (*Palm Fatty Acid Distillate*) yang direaksikan dengan *Hydrogen*. Reaksi ini berlangsung pada suhu 300°C dan tekanan 30 atm secara berkesinambungan. Secara garis besar, proses pembuatan *green diesel* dibagi menjadi 3 tahapan yaitu:

1. Tahapan Persiapan Bahan Baku
2. Tahap Proses Reaksi

Tahapan ini meliputi reaksi *Hydrogenasi*

3. Tahap Pemisahan dan Permurnian

Pada tahapan ini terdiri dari proses pemisahan dekantasi, pencucian dan penguapan yang menghasilkan produk *green diesel* murni sesuai standar pemasaran EN-ISO (*European and International Organization for Standardization*)



**Gambar 3.1** Blok Diagram Pembuatan Green Diesel dari PFAD

## 3.2 Deskripsi Proses

Dalam pembuatan *green diesel* dari PFAD dilakukan beberapa tahapan proses dengan uraian sebagai berikut:

### 3.2.1 Tahapan Persiapan Bahan Baku dan Penunjang

*Palm Fatty Acid Distillate* yang dipasok dari kerja sama dengan pabrik *refinery* minyak goreng. *Palm Fatty Acid Distillate* disimpan dalam tangki penyimpanan (ST-1201) dengan suhu 40°C tekanan 1 atm yang dilengkapi pemanas pada tangki dengan sumber panas dari air panas keluaran dari air pendinginan reaktor. PFAD dalam kondisi ruang akan berwujud padat, hal ini dikarenakan tingginya kandungan FFA dalam PFAD yaitu 93 % FFA (Chongkong, 2007).

Hidrogen (T= 30°C, P = 20 atm) ditransportasikan melalui sistem perpipaan dari PT.Samator Balikpapan dan di atur melalui *Metering System*. Pada *Metering System* hidrogen dialirkan langsung ke *Furnace* (FS-1701).

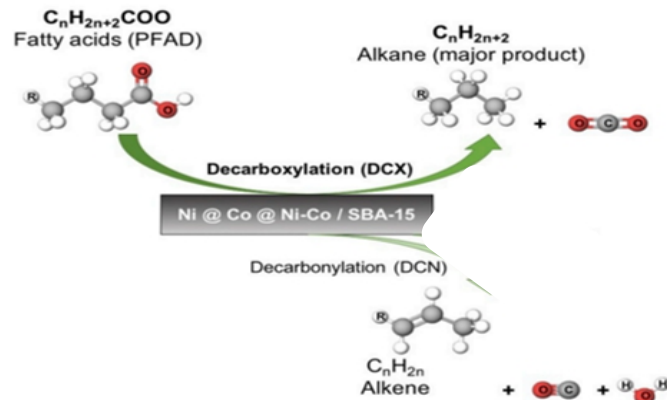
### 3.2.2 Tahapan Reaksi

Bahan baku dan penunjang yang telah siap kemudian dipompakan menuju reaktor hidrogenasi. Dalam reaktor (R-2301) *Palm Fatty Acid Distillate* bereaksi dengan hidrogen dan Ni/SBA-15. Hidrogen bersifat untuk menghilangkan oksigen dari molekul trigliserida dan Ni/SBA-15 bersifat sebagai katalis. Reaksi yang terjadi adalah Hidrogenasi.

#### 3.2.2.1 Reaksi Hidrogenasi

*Palm Fatty Acid Distillate* dipompakan (P-1102)) menuju *furnace* (FS-1701) untuk di dipanaskan hingga mencapai temperatur 300°C. Selanjutnya PFAD dengan temperatur 300°C dialirkan dengan pompa (P-1103) dimasukan ke dalam reaktor hidrogenasi (R-2301) melalui bagian atas reaktor. Hidrogen dari sistem perpipaan dialirkan ke reaktor melalui bagian pinggang reaktor dengan menggunakan kompresor (CM-1601). Reaksi Hidrogenasi dalam reaktor (R-2301) yang berisi katalis Ni/SBA-15 terjadi secara *counter-current* antara *Palm Fatty Acid Distillate* dengan hidrogen pada temperatur 300°C dan tekanan 30 atm. dimana umpan berupa palm fatty acid distillate cair yang masuk dari atas kolom reactor akan bereaksi dengan hydrogen yang diumpankan dari bawah kolom reactor dan akan bereaksi diatas permukaan

katalis yang disusun sedemikian rupa sehingga umpan atas dan bawah dapat melawati unggun katalis. Adapun reaksi hidrogenasi pada tahap ini adalah sebagai berikut :



### 3.2.3 Tahapan Pemisahan

Hasil dari reaksi hidrogenasi dalam reaktor (R-2301) adalah *green diesel*. *Green diesel* hasil reaksi dikeluarkan dari bagian bawah reaktor, *green diesel* yang keluar dari reaktor (R-2301) memiliki panas dan tekanan yang tinggi. Selanjutnya *green diesel* dialirkan ke *Flash Drum* (FD-3201) dengan menggunakan *Expander Valve* (E-2401) untuk menurunkan tekanan dan suhu keluaran reaktor. *Green diesel* yang tekanan awalnya 30 atm akan turun menjadi 1 atm. Setelah tekanan *green diesel* rendah dialirkan melewati *cooler* (C-3501) untuk menurunkan temperatur *green diesel*. Selanjutnya pada saat *green diesel* dialirkan ke *Flash Drum* (FD-3201) terjadi pemisahan campuran berdasarkan prinsip kesetimbangan uap-cair. Dimana, komponen gas seperti  $\text{H}_2$ ,  $\text{CO}_2$ , dan  $\text{CO}$  akan menguap. Sedangkan komponen liquid akan keluar ke bagian bawah.

Fasa gas yang keluar dari bagian atas *Flash Drum* (FD-3201) terdiri dari  $\text{H}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$  dan sebagian  $\text{H}_2\text{O}$  yang ikut teruapkan dialirkan ke *Pressure Swing Absorber* (PSA-3231) untuk pemurnian  $\text{H}_2$  dengan bantuan zeolit untuk menyerap  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ , dan  $\text{H}_2\text{O}$  yang masih terikut. Kemudian  $\text{H}_2$  yang sudah

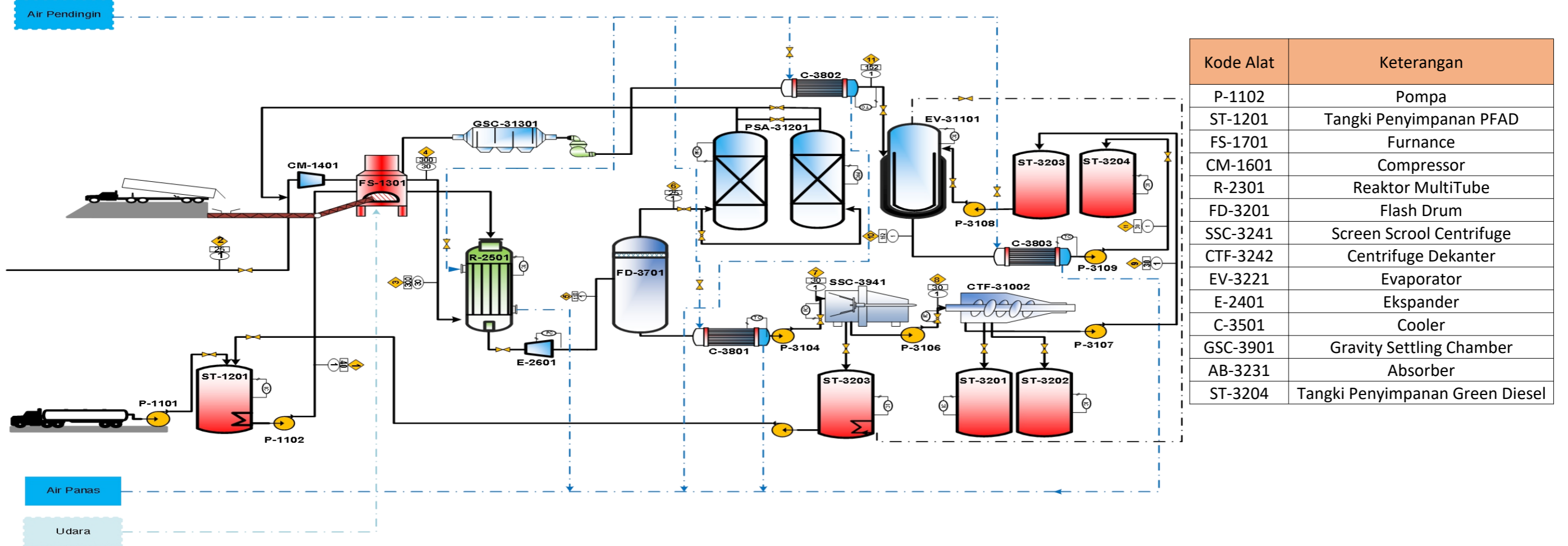
murni di alirkan kembali menuju reaktor (R-2301).  $H_2$  *recycle* dikontakan terlebih dahulu dengan  $H_2$  *fresh*.

### 3.2.4 Tahapan Pemurnian

Pada keluaran bagian bawah *Flash Drum* (FD-3201) *Palm Fatty Acid Distillate* yang tidak ikut bereaksi akan di pisahkan menggunakan *screen scroll centrifuge* (SSC-3241). Selanjutnya, sebelum masuk ke *screen scroll centrifuge* (SSC-3241) keluaran bagian bawah *Flash Drum* (FD-3201) akan di dinginkan terlebih dahulu menggunakan *cooler* (C-3501) hingga suhu  $40^0$  C, sehingga pada suhu tersebut *Palm Fatty Acid Distillate* akan membentuk *slurry*. Kemudian *Palm Fatty Acid Distillate* berbentuk *slurry* akan terpisah dengan fasa liquid di *screen scroll centrifuge* (SSC-3241). Kemudian fasa liquid keluaran dari *screen scroll centrifuge* (SSC-3241) akan masuk ke *decanter* (CTF-3242) untuk memisahkan *green diessel* dari produk samping yaitu *alkane* (C12-C17) dan  $H_2O$  berdasarkan massa jenis. *Green diessel* keluaran dari *decanter* (CTF-3242) masih terdapat  $H_2O$  yang terikut.  $H_2O$  yang terikut tersebut akan di pisahkan menggunakan evaporator (EV-3221) dengan menggunakan udara panas yang keluar dari *furnance*. Kemudian, *green diesel* yang telah murni akan di dinginkan menggunakan *cooler* (C-3503) hingga suhu  $30^0$  C yang kemudian akan di alirkan ke tangki penyimpanan (ST-3204).



FLWSHEET PRA RANCANGAN PABRIK GREEN DIESEL DARI PFAD DENGAN KAPASITAS 100.000 TON/TAHUN



Kode Alat	Keterangan
P-1102	Pompa
ST-1201	Tangki Penyimpanan PFAD
FS-1701	Furnance
CM-1601	Compressor
R-2301	Reaktor MultiTube
FD-3201	Flash Drum
SSC-3241	Screen Scrool Centrifuge
CTF-3242	Centrifuge Dekanter
EV-3221	Evaporator
E-2401	Ekspander
C-3501	Cooler
GSC-3901	Gravity Settling Chamber
AB-3231	Absorber
ST-3204	Tangki Penyimpanan Green Diesel

Komponen	Aliran 1	Aliran 2	Aliran 3	Aliran 4	Aliran 5	Aliran 6	Aliran 7	Aliran 8	Aliran 9	Aliran 10	Aliran 11
C <sub>12</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub>	2,634995944			2,634995944	1,733550000		1,73354E-05				
C <sub>14</sub> H <sub>28</sub> O <sub>2</sub>	27,66745741			27,66745741	0,00019576		0,000604163				
C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	2717,339567			2717,339567	0,01712609		27645,23668				
C <sub>18</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	486,1567517			486,1567517	0,00539465		0,000559377				
C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	2717,339567			2717,339567	0,014548541		2250,913783				
C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	618,5652978			618,5652978	0,002567729		33246,81491				
C <sub>12</sub> H <sub>26</sub>					0,000559937		0,000559377	454,436635			
C <sub>14</sub> H <sub>30</sub>					0,000559937		0,000604163	0,11186206			
C <sub>15</sub> H <sub>32</sub>					1,942637316		1,942532854	0,16793726	0,16793726	0,16793726	0,16793726
C <sub>17</sub> H <sub>34</sub>					0,590558173		54806,5067	14028800	14028800	1428800	1428800
H <sub>2</sub>		1142,53259	658,748986		1445,786935	2888,512					
CO <sub>2</sub>					17,92297854	783,7882					
CO					75,10581481	2100,86					
H <sub>2</sub> O					29,20781687	71,25011	25,24947738	454,436635	449,892269		

## BAB IV

### NERACA MASSA DAN ENERGI

Neraca massa dan neraca energi merupakan keterangan yang dapat menunjukkan banyaknya massa dan panas yang masuk, keluar dan terakumulasi pada setiap peralatan proses. Neraca massa dan neraca energi ini berguna untuk menentukan spesifikasi dan ukuran dari peralatan yang digunakan.

#### 4.1. Neraca Massa

Berdasarkan perhitungan neraca massa pada Lampiran A, diperoleh neraca massa sebenarnya untuk masing-masing peralatan yang digunakan. Kapasitas produksi *Green diessel* berdasarkan kebutuhan biodiesel di Indonesia.

Kapasitas produksi = 100.000 ton/tahun

$$= 100.000 \frac{\text{ton}}{\text{tahun}} \times \frac{1 \text{ tahun}}{300 \text{ hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}} \frac{1.000 \text{ kg}}{1 \text{ ton}}$$

$$= 13888,89 \text{ kg/jam}$$

Operasi pabrik = 300 hari/tahun

Basis perhitungan = 1.000 kg/jam

Produk yang dihasilkan = 2108,5 kg/jam

##### 4.1.1 Reaktor Hidrodeoksigenasi (R-2301)

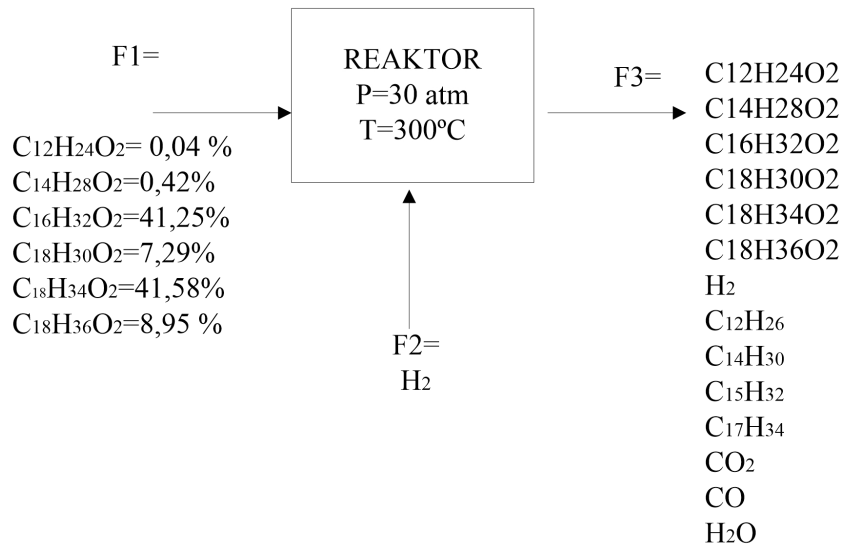
Fungsi : Tempat terjadinya reaksi hidrodeoksigenasi dengan hidrogen membentuk *Green diessel*.

➤ Kondisi Operasi

- Temperatur : 300 °C

- Tekanan : 1 atm

- Waktu Operasi : 2 jam



**Tabel 4.1** Neraca Massa Total Reaktor (R-2301)

KOMPONEN	B M	Komposisi	MASUK				KELUAR	
			F4		F3		F5	
			MOL	massa (kg)	mol	Kg	MOL	MASSA (kg)
C <sub>12</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub>	20	0,04	526,999 189	2,634995 944			1,98E- 05	0,00395 2494
C <sub>14</sub> H <sub>28</sub> O <sub>2</sub>	22	0,42	6308,18 029	27,66745 741			0,0001 82	0,04150 1186
C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	25	41,25	695638, 929	2717,339 567			0,0159 22	4,07600 9351
C <sub>18</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	27	7,38	135151, 577	486,1567 517			0,0026 23	0,72923 5127
C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	28	41,25	766289, 758	2717,339 567			0,0144 54	4,07600 9351
C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	28	9,39	175672, 545	618,5652 978			0,0032 67	0,92784 7947
C <sub>12</sub> H <sub>26</sub>	17						0,0006 59	0,11198 7328
C <sub>14</sub> H <sub>30</sub>	19						0,0008 48	0,16798 0991
C <sub>15</sub> H <sub>32</sub>	21						1,7960 23	380,756 9139
C <sub>17</sub> H <sub>34</sub>	23						0,6352 22	151,182 8923
H <sub>2</sub>	2				571,26 63	1142,53 259	329,37 45	658,748 986
CO <sub>2</sub>	44						63,754 8	2805,21 1412
CO	28						86,584 48	2424,36 5567
H <sub>2</sub> O	18						71,213 07	1281,83 5278
Sub Total			6569,703637		1142,532594		7712,235573	
TOTAL			7712,236232		7712,235573		7712,235573	

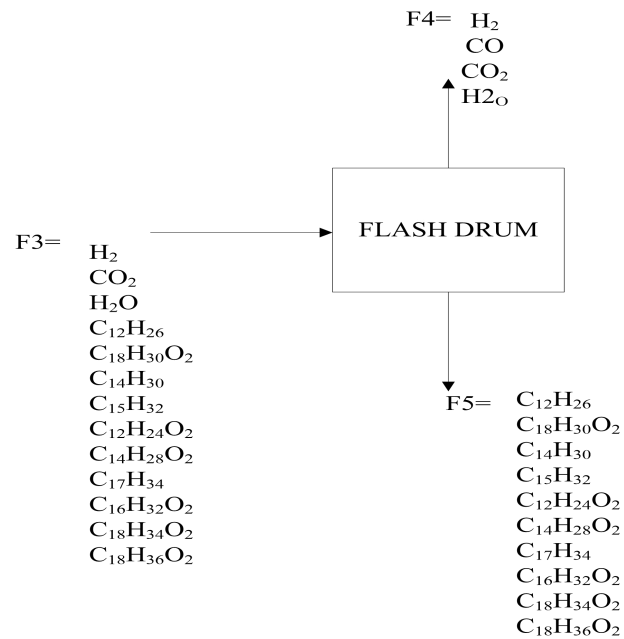
#### 4.1.2 Flash Drum (FD- 3201)

Fungsi : Tempat memisahkan gas CO<sub>2</sub>, CO dan H<sub>2</sub>O dalam larutan *Green diessel*.

➤ Kondisi Operasi:

Temperatur 118°C

Tekanan 1 atm



**Tabel 4.2** Neraca Massa *Flash Drum* (FD-3201)

Komponen	f5 masuk	F7 bottom	F6 distilat
H <sub>2</sub>	2891,57387	3,062196554	2888,511674
CO <sub>2</sub>	788,6110556	4,822886614	783,788169
CO	2102,962815	2,102962815	2100,859852
H <sub>2</sub> O	525,7407037	454,4905929	71,25011086
C <sub>12</sub> H <sub>26</sub>	0,111987328	0,11187534	0,000111987
C <sub>18</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	0,927847947	0,927847638	3,08427E-07
C <sub>14</sub> H <sub>30</sub>	0,167980991	0,167957198	2,37933E-05
C <sub>15</sub> H <sub>32</sub>	380,7569139	380,7364394	0,020474486
C <sub>12</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub>	0,003952494	0,003952472	2,24031E-08
C <sub>14</sub> H <sub>28</sub> O <sub>2</sub>	0,041501186	0,041501063	1,23041E-07
C <sub>17</sub> H <sub>34</sub>	151,1828923	14030465,71	-14030314,53
C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	4,076009351	6579566,331	-6579562,255
C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	4,102688685	634757,6868	-634753,5841
C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	0,729235127	9442095,435	-9442094,706
SUBTOTAL	6850,989454	30687731,64	-30680880,65
TOTAL	6850,989454	6850,989454	

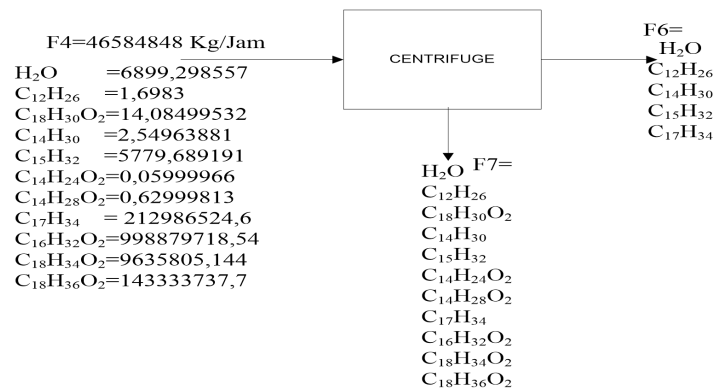
### 4.1.3 Centrifuge (SSC-3241)

Fungsi : Memisahkan komponen *Palm Fatty Acid Distillat* yang tidak ikut bereaksi.

Kondisi Operasi

➤ Temperatur : 30°C

➤ Tekanan : 1 atm



**Tabel 4.3 Neraca Massa Centrifuge (SSC-3241)**

KOMPO NEN	B M	MASUK		KELUAR			
		F7 UMPAN		F9 FILTRAT		F8 SLURRY	
		kmol	massa (kg)	kmol	massa (kg)	kmol	massa (kg)
H <sub>2</sub> O	18	25,24947 738	454,490 593	25,24647 974	454,4366 353	0,002997 641	0,053 9575
C <sub>12</sub> H <sub>26</sub>	200	0,000559 377	0,11187 534	0,000559 31	0,111862 058	6,64097E -08	1,328 E-05
C <sub>18</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	172	0,005394 463	0,92784 764	0 0	0 0	0,005394 463	0,927 8476
C <sub>14</sub> H <sub>30</sub>	278	0,000604 163	0,16795 72	0,000604 091	0,167937 258	7,17267E -08	1,994 E-05
C <sub>15</sub> H <sub>32</sub>	196	1,942532 854	380,736 439	1,942302 235	380,6912 38	0,000230 619	0,045 2014
C <sub>12</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub>	228	1,73354E -05	0,00395 247	0 0	0 0	1,73354E -05	0,003 9525
C <sub>14</sub> H <sub>28</sub> O <sub>2</sub>	212	0,000195 76	0,04150 106	0 0	0 0	0,000195 76	0,041 5011
C <sub>17</sub> H <sub>34</sub>	256	54806,50 67	1403046 5,7	54800,00 002	1402880 0	6,506677 466	1665, 7094
C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	238	27645,23 668	6579566 ,33	0 0	0 0	27645,23 668	65795 66,3
C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	282	2250,913 783	634757, 687	0 0	0 0	2250,913 783	63475 7,69
C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	284	33246,81	9442095	0	0	33246,81	94420

		491	,44			491	95,4
SUB TOTAL		30687721,65		14029635,41		16658086,23	
TOTAL		30687721,65		30687721,65			

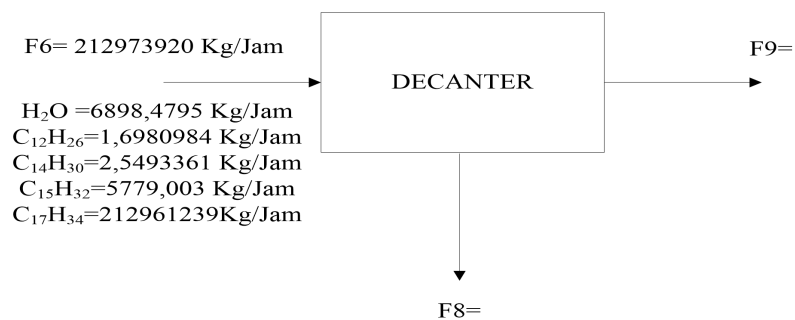
#### 4.1.4 Decanter (CTF- 3242)

Fungsi : Separator memisahkan  $C_{12}H_{24}O_2$ ,  $C_{14}H_{20}O_2$ ,  $C_{16}H_{32}O_2$ ,  $C_{18}H_{34}O_2$ ,  $C_{18}H_{30}O_2$ ,  $C_{12}H_{28}$ ,  $C_{14}H_{32}$ ,  $C_{15}H_{32}$ ,  $C_{17}H_{34}$ , dan  $H_2O$  berdasarkan kelarutan dan densitas.

##### ➤ Kondisi Operasi

Temperatur : 30°C

Tekanan : 1 atm



**Tabel 4.4** Neraca Massa *Decanter* (CTF-3242)

KOMPON EN	BM	MASUK		KELUAR			
		F9		F10		F11	
		kmol	massa( k g)	kmol	massa (kg)	kmol	massa (kg)
H <sub>2</sub> O	18	25,2464 8	454,4366 35	24,994 01	449,89226 9	0,2524 65	4,5443 66353
C <sub>12</sub> H <sub>26</sub>	200	0,00055 93	0,111862 06	0,0005 54	0,1107434 38	5,59E- 06	0,0011 18621
C <sub>14</sub> H <sub>30</sub>	278	0,00060 41	0,167937 26	6,04E- 06	0,0016793 73	0,0005 98	0,1662 57885
C <sub>15</sub> H <sub>32</sub>	196	1,94230 22	380,6912 38	0,0194 23	3,8069123 8	1,9228 79	376,88 43257
C <sub>17</sub> H <sub>34</sub>	256	54800	14028800	548	140288	54252	138885 12
SUB TOTAL		14029635,41		140741,8117		13888893,6	
TOTAL		14029635,41		14029635,41			

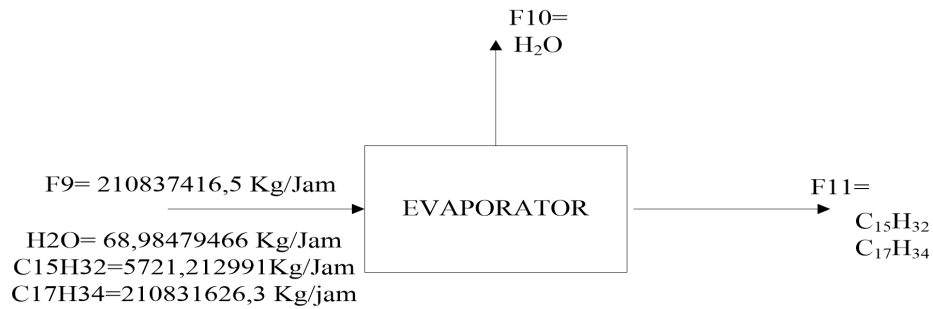
#### 4.1.5 Evaporator (EV-3221)

Fungsi : Pemekatan produk *green diesel*

➤ **Kondisi Operasi**

Temperatur : 115°C

Tekanan : 1 atm



**Tabel 4.5** Neraca Massa Evaporator (EV-3221)

Komponen	B M	MASUK		KELUAR			
		F11		F12		F13	
		kmol	massa (kg)	kmol	massa (kg)	kmol	massa (kg)
H2O	18	0,25246 5	4,5443663 53	0,24489 1	4,4080353 63	0,00757 4	0,1363 31
C15H32	21 2	1,77775 6	376,88432 57			1,77775 6	376,88 433
C17H34	23 8	58355,0 9	13888512			58355,0 9	13888 512
SUB TOTAL		13889		0,004408035		13888,88903	
TOTAL		13889		13889			

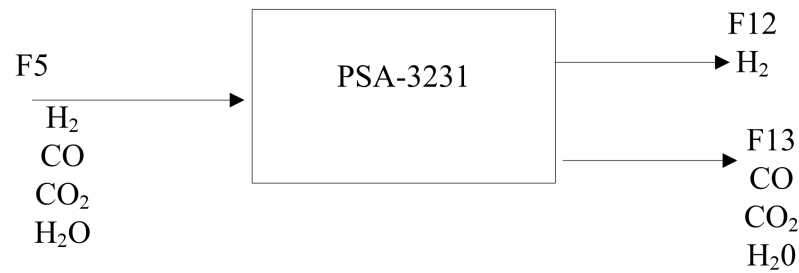
#### 4.1.6 Pressure Swing Adsorption (PSA-3231)

Fungsi: Untuk memisahkan gas Hidrogen dalam campuran gas.

➤ **Kondisi Operasi**

Temperatur : 115°C

Tekanan : 1 atm



**Tabel 4.6** Neraca Massa *Pressure Swing Adsorption* (PSA-3231)

KOMPONE N	BM	MASUK		KELUAR			
		F6		F14		F15	
		Kmol	Massa	Kmol	Massa	Kmol	Massa
H <sub>2</sub>	2	1444,25 6	2888,51 2	1429,81 3	2859,62 7	14,4425 6	28,885 12
H <sub>2</sub> O	18	3,95833 9	71,2501 1	0,07916 7	1,42500 2	3,87917 3	69,825 11
CO	28	75,0307 1	2100,86 2	3,00122 8	84,0343 9	72,0294 8	2016,8 25
CO <sub>2</sub>	44	17,8133 7	783,788 2	0,53440 1	23,5136 5	17,2789 7	760,27 45
Sub Total		5844,409806		2968,599598		2875,810207	
TOTAL		5844,409806		5844,409806			

#### 4.2 Neraca Energi

Neraca energi merupakan penerapan dari Hukum Termodinamika I yang meliputi Hukum Kekekalan Energi. Hukum Kekekalan Energi menyatakan bahwa energi tidak dapat diciptakan dan tidak dapat dimusnahkan. Dalam hal ini neraca energi memberikan hubungan antara energi yang masuk kedalam suatu sistem dan energi yang keluar dari suatu sistem.

Jumlah panas yang masuk kedalam suatu system proses dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$Q = m \times C_p \times \Delta T$$

Dimana: Q = Jumlah panas masing-masing komponen (kJ/jam)

m = Massa komponen (kg)

C<sub>p</sub> = Panas spesifik komponen (kkal/kg.K)

ΔT = Beda temperatur (°C)

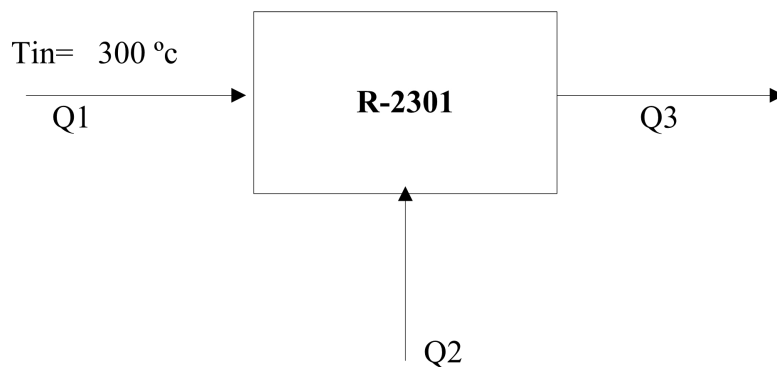


Berdasarkan perhitungan pada lampiran B, diperoleh neraca energi masing-masing alat sebagai berikut :

#### 4.2.1 Reaktor Hidrogenasi ()

Kondisi Operasi :

- Temperatur : 300°C
- Tekanan : 30 atm



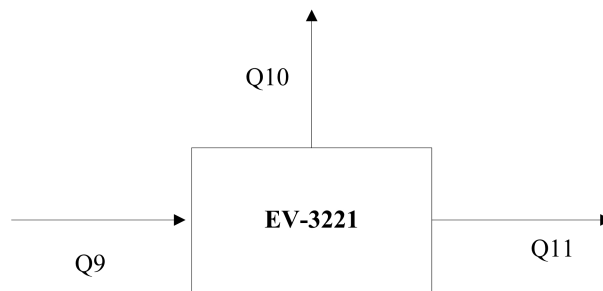
**Tabel 4.7** Neraca Energi Reaktor

Aliran	masuk (Kj/jam)	keluar (Kj/jam)
Q1	3675953,867	
Q2	-500776,5416	
Q3		-291133,824
Qreaksi	9124308,708	
Qcooler in	1716902,708	
Qcooler out		14307522,57
TOTAL	14016388,74	14016388,74

#### 4.2.2 Evaporator

Kondisi operasi :

- Temperatur : 30° C
- Tekanan : 1 atm



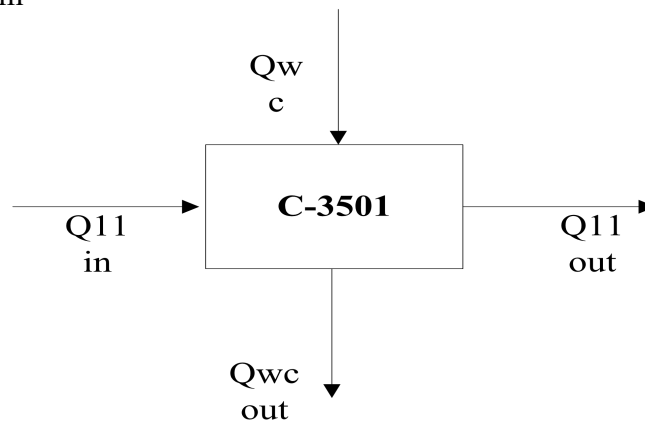
**Tabel 4.8** Neraca Energi Evaporator

KOMPONEN	MASUK	KELUAR
Q9	24202,21581	
Q10		0,113438809
Q11		454660,0373
Qu in	8122207,065	
Qu out		7691749,13
TOTAL	8146409,281	8146409,281

#### 4.2.3 Cooler (C-4052)

Temperatur : 25° C

Tekanan : 1 atm



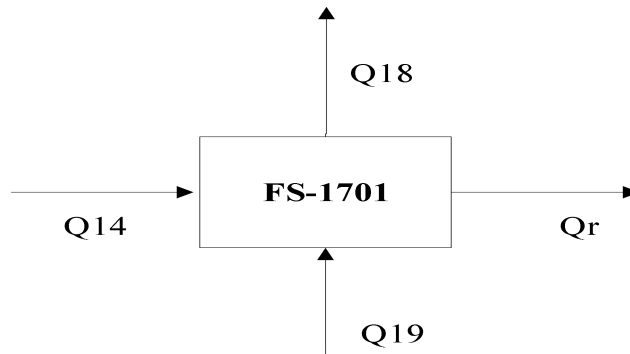
**Tabel 4.9** Neraca Energi Cooler

KOMPONEN	masuk (kj/jam)	keluar (kj/jam)
Q4 IN	70193,1386	
Q4 OUT		10883,14192
Qcw in	8087,72682	
Qcw out		67397,7235
TOTAL	78280,86542	78280,86542

#### 4.2.4 Furnace (1701)

Temperatur : 300° C

Tekanan : 1 atm



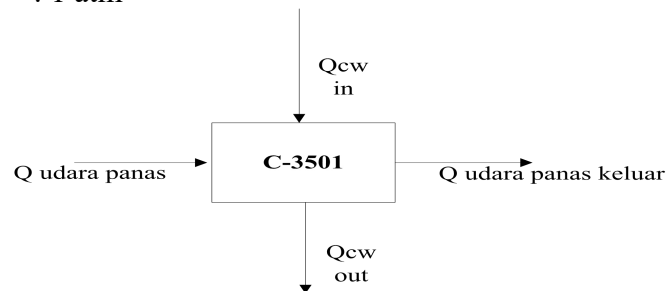
**Tabel 4.10** Neraca Energi furnes

KOMPONEN	Simbol	Q Masuk (kJ)	Q Keluar (kJ)
Panas yang di bawak oleh umpan fine coal	Q16	826,9460569	
Udara	Q17	1358926,072	
panas reaksi	Qr		-838663,3134
gas panas yang di bawa ke evaporator	Q18		2198416,331
Total		1359753,018	1359753,018

#### 4.2.5 Cooler (C-3501)

Temperatur : 300° C

Tekanan : 1 atm



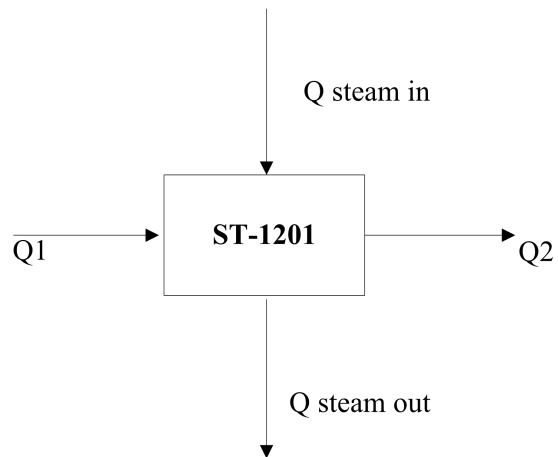
**Tabel 4.12** Neraca Energi Cooler

Aliran	Masuk (Kj)	Keluar (Kj)
Qudara panas in	48,29575798	
Qudara panas out		14,23565971
Qcw in	4,644558854	
Qcw out		38,70465712
TOTAL	52,94031683	52,94031683

#### 4.2.6 Storage Tank (ST-1201)

Temperatur : 35° C

Tekanan : 1 atm



**Tabel 4.11** Neraca Energi Storek

Aliran	Masuk (Kj)	Keluar (Kj)
Q1 in	5913214,723	
Q1 out		17830511,05
Qu in	17856774,37	
Qu out		5939478,045
TOTAL	23769989,09	23769989,09

## BAB V. UTILITAS

### 5.1 Kebutuhan air

Utilitas yang diperlukan pada prarancangan pabrik *GreenDiesel* dari PFAD kapasitas bahan baku 100.000 ton/tahun ini meliputi :

1. Listrik digunakan untuk alat pompa dan penunjang lainnya.
2. Air proses digunakan untuk pembuatan air pendingin pada *Cooler*.
  - Air sanitasi, digunakan untuk para karyawan lingkungan pabrik (perumahan, perkantoran, laboratorium, mesjid/musholla, kantin dan lain-lain).

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, didapatkan kebutuhan air pendingin dan air sanitasi yang dapat dilihat pada Tabel 5.1

**Tabel 5.1** Kebutuhan Air

Kebutuhan Air	Laju Alir (Kg/jam)
Air Pendingin	80458,77246
Air Sanitasi	951,1512
<b>Total</b>	<b>81410</b>

### 5.2 Unit Penyediaan Listrik

Kebutuhan tenaga listrik pada pabrik *GreenDiesel* direncanakan untuk non proses (perumahan, perkantoran, laboratorium, mesjid/musholla, kantin dan lain-lain) dan keperluan proses seperti menggerakkan pompa, penerangan dan peralatan instrumentasi. Sumber pengadaan listrik untuk kebutuhan-kebutuhan tersebut diperoleh dari PLN dan sebagai cadangan digunakan genset.

### 5.3 Unit Pengadaan Air .

#### 5.3.1 Air Sanitasi

Air sanitasi adalah air yang mengandung mineral dan tidak mengandung kotoran atau bakteri. Air sanitasi digunakan untuk para karyawan lingkungan pabrik (perumahan, perkantoran, laboratorium, mesjid / musholla, kantin dan lain-

lain). Karena air ini berhubungan langsung dengan kesehatan, maka air sanitasi harus memenuhi standar kualitas sebagai berikut :

1. Syarat fisika, yaitu:

- Suhu : di bawah suhu kamar
- Warna : tidak berwarna
- Rasa : tidak berasa
- Bau : tidak berbau
- Kekeruhan :  $< 1 \text{ mg SiO}_2 / \text{liter}$

2. Syarat kimia, meliputi:

- Tidak mengandung zat-zat organik maupun anorganik yang terlarut dalam air, seperti  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{Hg}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$  dan logam-logam berat lainnya yang beracun.
- Syarat bakteriologis  
Air sanitasi tidak mengandung kuman maupun bakteri terutama bakteri patogen. Untuk memenuhi persyaratan ini, setelah proses penjernihan harus diberi tambahan desinfektan seperti khlor cair atau kaporit.

Pada Tabel 5.2 menyajikan ambang batas kandungan unsur atau senyawa kimia dalam air bagi kesehatan manusia.

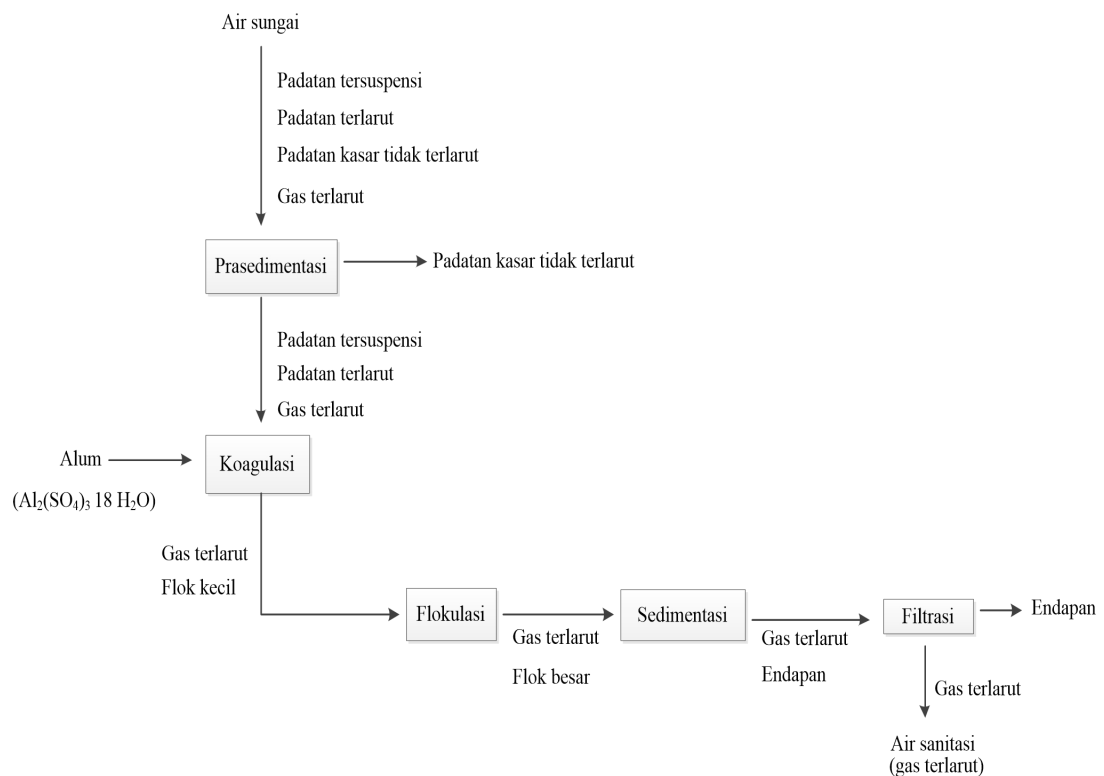
**Tabel 5.2** Ambang Batas Kandungan Unsur atau Senyawa Kimia dalam Badan Air Bagi Kesehatan Manusia

Karakteristik	Ambang Batas Alamiah (ppm)	Ambang Batas yang Disarankan (ppm)
Timbal	0,1	0,05
Fluorida	1,5	0,7 – 1,20
Arsenik	0,05	0,01
Selenium	0,05	-
Kromium	0,05	-
Tembaga		1,0
Besi		0,3
Magnesium		125
Seng		5
Klorida		250
Sulfat		250
Senyawa fenol		0,001

Padatan total		
<i>Desirable</i>		500
<i>Permitted</i>		1000
Karbonat normal (CaCO <sub>3</sub> )		120
Alkalinitas		35
Kesadahan Berlebih		10,6
pH (25°C)		0,5
Akil Benzen		0,2
Sulfonat		0,01
Ekstrak Karbon		0,05
Kloroform		45
Sianida		
Mangan		
Nitrat		

Sumber : Kegiatan Industri dan Dampaknya Bagi Lingkungan

Pengolahan air sanitasi dapat dilihat pada Gambar 5.1 dibawah ini.



**Gambar 5.1** Blok Diagram Proses Pengolahan Air Sanitasi

### a. Proses Presedimentasi

Air sungai sebelum dikirim ke unit utilitas, dipisahkan terlebih dahulu dari kotoran yang berupa zat padat kasar yang terapung dengan cara memasang saringan disekitar *suction* pompa pengambil air (P-1105), lalu dipompakan dan dialirkan ke bak penampung sementara (TP-1201). Pada proses presedimentasi ini diharapkan dapat mengendapkan air baku sebanyak 20%.

### b. Proses Pengolahan *Raw Water* (TP-1202)

Air dari bak penampungan (TP-1201) dialirkan ke bak flokulasi dan koagulasi (TP-1202), bak ini berfungsi sebagai tempat terjadinya proses flokulasi dan koagulasi dengan cara menambahkan bahan kimia yang di injeksikan melalui pipa sehingga terbentuk gumpalan dari kotoran-kotoran yang tersuspensi dalam air. Pengolahan ini terbagi menjadi tiga tahap :

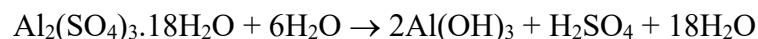
#### 1) Proses koagulasi

Air dari bak penampungan (TP-1201) dialirkan ke bak pembentukan koagulan, sebelum masuk pada bak ini diinjeksikan bahan-bahan kimia sebagai berikut :

- Larutan Alum ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ )

Bahan kimia ini untuk menggabungkan beberapa molekul melalui penetralan muatan.

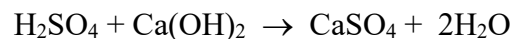
Reaksi yang terjadi :



- Larutan Kapur Tohor ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ )

Bahan ini digunakan untuk menetralkan air yang dihasilkan pada unit pengendapan sehingga memperoleh nilai pH=7.

Reaksi yang terjadi :



- Larutan *Calcium Hypochlorite* ( $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ )

Penambahan  $\text{Ca}(\text{OCl})_2$  berfungsi sebagai :

- Desinfektan berfungsi membunuh bakteri yang terdapat dalam air.
- Menghilangkan senyawa nitrogen dalam air, terutama amoniak.
- Mengontrol rasa, bau, dan warna.
- Meminimalkan  $\text{H}_2\text{S}$ .



- Meminimalkan Mn & Fe.
- Mengontrol alga & lumut.
- Sebagai bahan pendukung koagulasi

## 2) Proses Flokulasi

Proses flokulasi, yaitu penggabungan flok-flok kecil menjadi flok yang berukuran besar. Proses flokulasi juga bisa dipercepat dengan penambahan zat kimia tertentu (flokulan aid), seperti  $\text{Ca(OH)}_2$ . Faktor utama yang mempengaruhi keefektifan koagulasi dan flokulasi air adalah tingkat kekeruhan air, padatan tersuspensi, pH, durasi dan tingkat agitasi selama koagulasi dan flokulasi, serta dosis koagulan.

Pengolahan dengan metode koagulasi-flokulasi dapat menghilangkan padatan tersuspensi sebesar 60-90%, BOD sebesar 40-70%, COD sebesar 30-60%, fosfor sebesar 70-90%, dan bakteri patogen yang menempel pada padatan tersuspensi sebesar 80-90% (U.S.EPA, 1987). Koagulan-koagulan yang terbentuk dialirkan bersama air ke bak pembentukan flok. Pada bak ini dilengkapi dengan pengaduk yang berputar dengan lambat sehingga koagulan-koagulan saling bergabung membentuk flok-flok.

## 3) Proses Sedimentasi

Flok-flok yang terbentuk dialirkan bersama air ke *Clarifier* (CR-1301). Flok-flok ini akan mengendap dengan proses sedimentasi, dimana flok akan terbentuk pada bagian dasar tangki dan air bersih dialirkan pada bagian atas (limpahan).

### c. Sand Filter (SF-1401)

Filtrasi adalah suatu proses pemisahan zat padat dari fluida (cair maupun gas) yang membawanya menggunakan suatu medium berpori atau bahan berpori lain untuk menghilangkan sebanyak mungkin zat padat halus yang tersuspensi dan kloid. Pada pengolahan air, filtrasi digunakan untuk menyaring air hasil dari proses koagulasi-flokulasi-sedimentasi sehingga dihasilkan air yang bersih.

Air bersih dari *Clarifier* (CR-1301) diteruskan ke *Sand Filter* (SF-1401), guna memisahkan kotoran-kotoran halus yang masih terdapat dalam air dan

menghilangkan bau, rasa dan warna yang masih terdapat pada air tersebut. Penyaring yang digunakan pada *Sand Filter* (SF-1401) adalah pasir silika, karbon aktif, dan kerikil. Agar pasir tidak terikut didalam air, maka pada bagian bawah *Sand Fiter* (SF-1401) diberi penyaring. Air yang keluar dari *Sand Filter* (SF-1401) ditampung pada tangki penampungan sementara (TP-1203). Air bersih ini sebagian digunakan untuk air sanitasi dan sebagian lagi di alirkan ke tangki air pendingin.

### 5.3.4 Air Pendingin

Air Pendingin merupakan air yang digunakan untuk mendinginkan produk yang di inginkan guna kelangsungan proses selanjutnya atau untuk di simpan. Air pendingin sebelum digunakan harus melalui proses-proses terlebih dahulu yang sama dengan pengolahan air *sanitasi*. Baku mutu air pendingin dapat dilihat pada tabel 5.3 berikut

Tabel 5.3 Baku mutu air pendingin

Parameter	Nilai
1. Konduktivitas (mhos/cm)	<1000
2. Turbiditas (ppm)	<10
3. Suspended Solid (ppm)	<10
4. Total hardness (ppm as CaCO <sub>3</sub> )	<100
5. Total iron (ppm as Fe)	<1,0
6. Residual chlorine (ppm as Cl <sub>2</sub> )	0,5-1,0
7. Silicate (ppm as SiO <sub>2</sub> )	<150
8. Total Chromate (ppm as CrO <sub>4</sub> )	1,5-2,5
9. pH	6,5-7,5

Setelah umpan air pendingin sesuai baku mutu, air pendingin ditampung di tangki penampungan air pendingin (TP-1204) yang kemudian akan diteruskan ke sistim pendinginan yang dibutuhkan pabrik yaitu pada alat Cooler (C-3502, C-3503, C-3504) kemudian juga digunakan untuk mendinginkan reaktor (R-2301) agar tidak kelebihan panas.

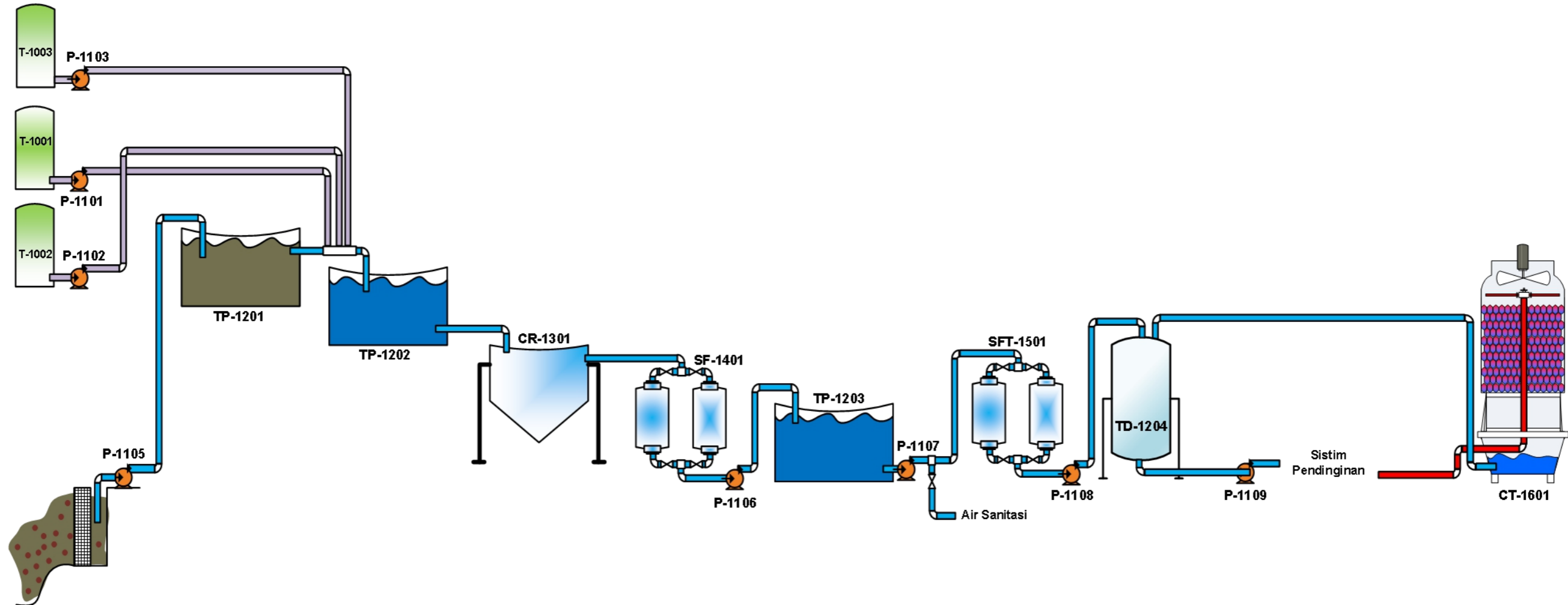
- *Cooling Tower* (CT-1501)

Setelah melalui alat sistim pendinginan, air pendingin yang keluar memiliki suhu yang lebih tinggi dari sebelumnya. Maka air tersebut akan didinginkan kembali untuk ditampung ke tangki air pendingin kembali. Untuk mendinginkannya kembali air tersebut dialirkan ke *Cooling tower* (CT-1501).

*Cooling tower* (CT-1501) digunakan untuk kembali mendinginkan air yang telah digunakan di unit produksi seperti pada alat Cooler dan reaktor. Setelah dingin, air tersebut akan dialirkan ke tangki penampungan air pendingin (TP-1204) untuk digunakan kembali.



# FLWSHEET PENGOLAHAN AIR PRA RANCANGAN PABRIK GREEN DIESEL



## Keterangan

Alat	Kode Alat
Tangki Alum	T-1001
Tangki Kaporit	T-1002
Tangki Kapus Tohor	T-1003
Bak air sungai	TP-1201
Bak Flokulan	TP-1202
Clarifier	CR-1301
Sand Filter	SF-1401
Bak Air Sanitasi	TP-1203
Softener	SFT-1501
Tangki air Demin	TD-1204
Cooling Tower	CT-1601

## BAB VI

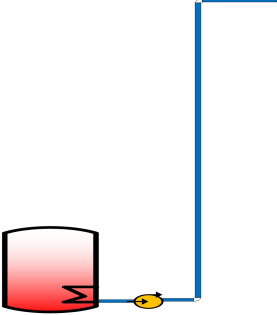
### SPESIFIKASI PERALATAN

Berdasarkan hasil perhitungan pada lampiran C diperoleh spesifikasi peralatan pada pra rancangan pabrik Green diesel diuraikan di bawah ini.

#### 6.1 Spesifikasi Peralatan Proses

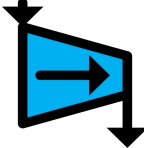
##### 6.1.1 Pompa

**Tabel 6.1** Spesifikasi Pompa

SPESIFIKASI	
Nama	Pompa
Kode	P-1101
Fungsi	Mengalirkan dan menaikkan tekanan PFAD
Fasa bahan	Cair
DATA DESIGN	
Gambar	
Tipe	<i>Centrifugal pump</i>
Laju alir volumetrik	1,2668 ft <sup>3</sup> /dt
Ukuran pipa	8 in sch 40
Daya	200 hP
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel</i>

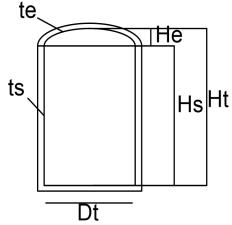
## 6.1.2 Kompresor

**Tabel 6.2** Spesifikasi Kompresor

SPESIFIKASI	
Nama Kode Jumlah Fungsi	kompresor CM-1601 1 Menaikkan tekanan H <sub>2</sub> sebelum masuk reaktor
DATA DESIGN	
Gambar	
Tipe Daya Bahan Konstruksi	<i>Centrifugal Compressor</i> 130 hP <i>Carbon Steel</i>

## 6.1.3 Tangki PFAD

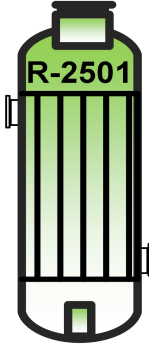
**Tabel 6.3** Spesifikasi PFAD

SPESIFIKASI	
Nama Kode Jumlah Fungsi Lama Penyimpanan	Tangki PFAD ST-1201 1 unit Tangki Penyimpanan PFAD 1 Hari
DATA DESIGN	
Gambar	
Tipe Bahan Konstruksi Temperatur Kapasitas Diametertangki (D)	Stainless steel 40°C 420,37 m <sup>3</sup>

Tinggi silinder ( $H_s$ )	6,85 m
Tinggi <i>ellipsoidal</i> ( $H_e$ )	10,27 m
Tebal dinding silinder ( $t_s$ )	1,71 m
Tebal dinding tutup ( $t_e$ )	12,2260 mm 0,4822 in

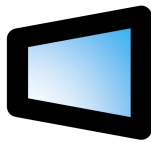
#### 6.1.4 Reaktor

**Tabel 6.4** Spesifikasi Reaktor

SPESIFIKASI	
Nama Kode Jumlah Fungsi	Reaktor R-2301 1 Buah untuk mereaksikan Palm Fatty Acid Distillat menjadi green diesel dengan menggunakan $H_2$
DATA DESIGN	
Gambar	
Tipe Bahan Konstruksi Temperatur Tekanan Diameter (D) Tinggi silinder ( $H_s$ ) Tinggi <i>ellipsoidal</i> ( $H_e$ ) Tebal dinding silinder ( $t_s$ ) Tebal dinding tutup ( $t_e$ ) Jumlah Tube	Multitube reaktor Low Alloy Steel 300°C 30 atm 4,55 m 6,84647171 m 1,139 m 0,0042315 m 0,2021 m 28 buah


## 6.1.5 Exvander Valve

**Tabel 6.5** Spesifikasi *Exvander Valve*

SPESIFIKASI	
Nama	Exvander Valve
Jumlah	1 unit
Fungsi	Menurunkan tekanan cairan sebelum masuk ke Flash Drum
DATA DESIGN	
Gambar	
Tipe	Plug cock valve
Laju alir volumetrik	0,026793 ft <sup>3</sup> /dt
Ukuran pipa	3 in sch 40
Bukaan Valve	-8,8617
Bahan Konstruksi	<i>Stainless steel</i>

## 6.1.6 Flash Drum

**Tabel 6.6** Spesifikasi *Flash Drum*

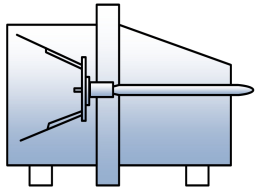
SPESIFIKASI	
Nama	Flash Drum
Jumlah	1 unit
Fungsi	Untuk memisahkan fasa gas didalam fasa liquid
DATA DESIGN	
Gambar	
Tipe	Silinder vertikal dengan alas hemispherical
Laju alir volumetrik fasa gas	34,63463982 ft <sup>3</sup> /dt
Laju air volumetrik fasa liquid	38,53522894 ft <sup>3</sup> /dt



Diameter vessel	104,3426633 in
Volume vessel	0,150042482 in
Waktu	300 detik
Bahan Konstruksi	<i>Carbon steel</i>

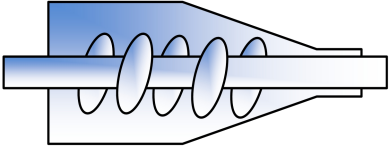
### 6.1.7 Disk Bowl Centrifuge

**Tabel 6.7** *Disk Bowl Centrifuge*

SPESIFIKASI	
Nama	Disk bowl centrifuge
Jumlah	1 unit
Fungsi	Memisahkan solid dan liquid
DATA DESIGN	
Gambar	
Tipe	Disk bowl centrifuge
Temperatur	30 C <sup>0</sup>
Tekanan	1 atm
Diameter bowl	24 in
Kecepatan putar	4 rpm
Daya motor	7,5 hp
Waktu	1 jam
Bahan Konstruksi	<i>Stainless Steel A 316</i>

### 6.1.8 Dekanter


**Tabel 6.8** *Dekanter Centrifuge*

SPESIFIKASI	
Nama	Dekanter
Jumlah	1 unit
Fungsi	Memisahkan produk samping dari produk utama
DATA DESIGN	
Gambar	

Temperatur	30 C <sup>0</sup>
Tekanan	1 atm
Diameter	83,91335159 ft
Waktu	0,197398883 menit
Bahan Konstruksi	Stainless Steel A 316

### 6.1.9 Evaporator

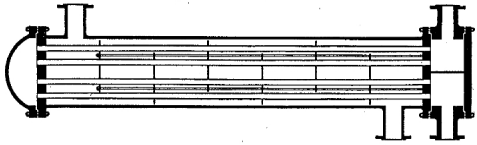
**Tabel 6.9** Spesifikasi Evaporator

SPESIFIKASI	
Nama	Evaporator
Jumlah	1 unit
Fungsi	untuk pemekatan larutan Green Diesel
DATA DESIGN	
Gambar	
Type	Long tube evaporator (silinder vertikal dengan tutup ellipsiodal dan alas conical)
Kapasitas evaporator	5,140345929
Diameter evaporator	129,212532 in
Tinggi evaporator	6,690366944
Tekanan cairan Didalam	1,376118919 atm
Tekanan Desain	2,376118919 atm
Tebal Dinding Evaporator	0,118651144 in
Tebal tutup Ellipsiodal	0,118575883 in
Tebal dinding conical	4,932557195 in
Bahan Konstruksi	Stainless Steel Austenitic 18 Cr 8 Ni

### 6.1.10 Cooler

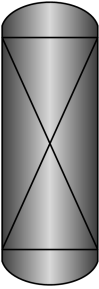
**Tabel 6.10** Spesifikasi Cooler

SPESIFIKASI	
Nama	Cooler
Jumlah	3 unit
Fungsi	Untuk menurunkan temperatur umpan
Fasa bahan yang dialirkan	Cair
DATA DESIGN	

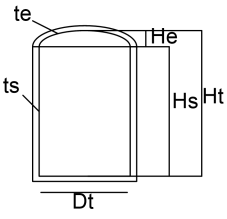
Gambar	
Tipe Beban Panas, Q Luas Area Shell (ID) Jumlah hairpin	<i>Shell and Tube</i> 4744800 Kj/jam 515,9293 Ft <sup>2</sup> 3,268 in 132 buah

#### 6.1.11 Pressure Swing Absorber ( PSA )

**Tabel 6.11** Spesifikasi *Pressure Swing Absorber* ( PSA )

SPESIFIKASI	
Nama	<i>Preassure Swing Adsorption</i>
Kode	PSA-3061
Jumlah	1 unit
Fungsi	Memurnikan produk gas Hidrogen
Sifat bahan	Korosif, volatil
Fasa bahan	Gas bertekanan
DATA DESIGN	
Gambar	
Tipe	<i>Vertikal Vessel</i>
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel (SS515- Garde 55)</i>
Temperatur	30°C
Tekanan	9 atm
Kapasitas	6,70 m <sup>3</sup>
Diameter (Dt)	1,76 m
Tinggi kolom (L)	2,26 m
Tebal dinding (Td)	0,0048 m
Jumlah adsorben	6724,76 kg
	1,72 m <sup>3</sup>

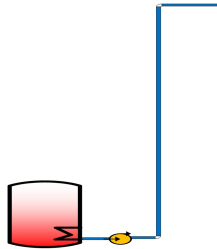
6.1.12 Tangki *Green Diesel*

<b>SPEKIFIKASI</b>	
Nama Jumlah Fungsi Lama Penyimpanan	Tangki <i>Green Diesel</i> 1 unit Tangki Penyimpanan <i>Green Diesel</i> 7 Hari
<b>DATA DESIGN</b>	
Gambar	
Bahan Konstruksi	Stainless steel
Temperatur	30°C
Kapasitas	624,94 m <sup>3</sup>
Diameter tangki (D)	8,09 m
Tinggi silinder (H <sub>s</sub> )	12,14 m
Tinggi <i>ellipsoidal</i> (H <sub>e</sub> )	2,02 m
Tebal dinding silinder	8,0913 mm
Tebal dinding tutup (t <sub>e</sub> )	8,0856 mm

## 6.2 Peralatan Utilitas

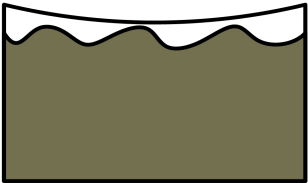
### 6.2.1 Pompa air sungai

**Tabel 6.13** Spesifikasi Pompa air sungai

SPESIFIKASI	
Nama	Pompa
Jumlah	1 unit
Fungsi	Mengalirkan air sungai
Sifat bahan	Tidak korosif, volatil dan reaktif
Fasa bahan	Cair
DATA DESIGN	
Gambar	
Tipe	<i>Centrifugal pump</i>
Laju alir volumetrik	0,3227 ft <sup>3</sup> /dt
Ukuran pipa	4 in sch 40
Daya	1,0368 hP
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel</i>

## 6.2.2 Bak Penampung air sungai

**Tabel 6.14** Spesifikasi Bak penampung air sungai

SPESIFIKASI	
Nama	Bak penampung air sungai
Jumlah	1 unit
Fungsi	Menampung air sungai
Fasa bahan	Cair
DATA DESIGN	
Gambar	
Tipe	Bak persegi panjang
Laju alir volumetrik	118,443 m <sup>3</sup> /jam
Panjang Bak	19,2259 m
Lebar Bak	12,8172 m
Tinggi Bak	6,40863 m

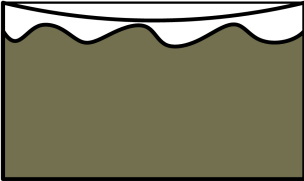
## 6.2.3 Sand Filter

**Tabel 6.15** Spesifikasi Sand Filter

SPESIFIKASI	
Nama	<i>Sand Filter</i>
Jumlah	1 unit
Fungsi	Penyaringan
Fasa bahan	Cair
DATA DESIGN	
Tipe	Bak persegi panjang
Laju alir volumetrik	30,6265 m <sup>3</sup>
Panjang Bak	3,64 m
Lebar Bak	2,43 m
Tinggi Bak	1,21 m

## 6.2.4 Bak penampung air bersih

**Tabel 6.16** Spesifikasi bak penampung air bersih

SPESIFIKASI	
Nama	Bak penampung air sungai
Jumlah	1 unit
Fungsi	Menampung air sungai
Fasa bahan	Cair
DATA DESIGN	
Gambar	
Tipe	Bak persegi panjang
Laju alir volumetrik	30,6265 m <sup>3</sup> /jam
Panjang Bak	9,72 m
Lebar Bak	6,48 m
Tinggi Bak	3,24 m

## 6.2.5 Softener Tank

**Tabel 6.17** Spesifikasi *Softener Tank*

SPESIFIKASI	
Nama	<i>Softener Tank</i>
Tipe	<i>MHC-1500-4</i>
Jumlah	1 unit
Fungsi	Menghilangkan ion mineral pada air
DATA DESIGN	
Panjang	3,55 m
Lebar	1,87 m
Tinggi	2,54 m
Back <i>Wash Rate</i>	80 GPM

## 6.2.6 Tangki demin

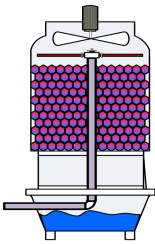
**Tabel 6.18** Spesifikasi Tangki Demin

<b>SPESIFIKASI</b>	
Nama Jumlah Fungsi	<i>Tangki Demin</i> 1 unit Tangki penampungan air demin
<b>DATA DESIGN</b>	
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel</i>
Temperatur	30°C
Kapasitas	3,3592 m <sup>3</sup>
Diameter tangki (D)	1,5417 m
Tinggi silinder (H <sub>s</sub> )	1,5417 m
Tinggi <i>ellipsoidal</i> (H <sub>e</sub> )	0,3854 m
Tebal dinding silinder	0,0641 in
Tebal dinding tutup (t <sub>e</sub> )	0,0237 in



## 6.2.7 Cooling Tower

Tabel 6.19 Cooling Tower

SPESIFIKASI	
Nama Jumlah Fungsi	<i>Cooling Tower</i> 2 unit Mendinginkan sirkulasi air
DATA DESIGN	
Gambar	
Jenis Temperatur masuk Temperatur keluar Laju alir Luas Menara Daya <i>Fan</i> Tinggi menara	<i>Induced draft cooling tower</i> 50 °C 24 °C 177,143 gal/menit 131,21 ft <sup>2</sup> 24 Hp 19,63 m

## **BAB VII. TATA LETAK DAN K3LH (KESEHATAN, KESELAMATAN KERJA, DAN LINGKUNGAN HIDUP)**

Susunan peralatan dan fasilitas dalam suatu rancangan alir proses merupakan syarat terpenting dalam memperkirakan biaya secara akurat sebelum mendirikan pabrik atau desain secara terperinci. Meliputi desain sarana perpipaan, fasilitas bangunan, tata letak peralatan dan kelistrikan. Hal ini secara khusus akan memberi informasi yang dapat diandalkan terhadap biaya bangunan dan tempat, sehingga dapat diperoleh perhitungan biaya yang terperinci sebelum pabrik didirikan.

### **7.1. Tata Letak Pabrik**

Tata letak pabrik adalah pengorganisasian fasilitas fisik perusahaan untuk meningkatkan efisiensi penggunaan peralatan, bahan, orang, dan energi (Fred, 1993). Tata Pengaturan fasilitas fisik perusahaan yang terdiri dari susunan departemen, pusat kerja, dan peralatan. Tata letak suatu pabrik memainkan peranan yang penting dalam menentukan efisiensi dan keselamatan kerja. Oleh karena itu tata letak pabrik harus disusun secara cermat untuk menghindari kesulitan dikemudian hari.

Tujuan dasar dalam tata letak pabrik, yaitu sebagai berikut (Wignjosoebroto, 2009):

- Integrasi secara menyeluruh dari semua faktor yang mempengaruhi proses-proses produksi
- Pemindahan jarak yang seminimal mungkin
- Aliran kerja berlangsung secara lancar melalui pabrik
- Semua area yang ada dimanfaatkan secara efektif dan efisien
- Kepuasan kerja dan rasa aman dari pekerja dijaga sebaik-baiknya
- Pengaturan tata letak harus cukup fleksibel.

Suatu rancangan pabrik yang rasional mencakup penyusunan area proses, *storage* (persediaan) dan area pemindahan/ area *alternative* (area *handling*) pada posisi yang efisien dan dengan melihat faktor-faktor sebagai berikut (*Timmerlaus*, 2004) :

- a. Urutan proses produksi dan kemudahan aksesibilitas operasi, jika suatu produk perlu diolah lebih lanjut maka pada unit berikutnya disusun berurutan sehingga sistem perpipaan dan penyusunan letak pompa lebih sederhana.
- b. Pengembangan lokasi baru atau penambahan/ perluasan lokasi yang telah ada sebelumnya .
- c. Distribusi ekonomis dari fasilitas logistik (bahan baku dan bahan pelengkap), fasilitas utilitas (pengadaan air, *steam*, tenaga listrik dan bahan bakar), bengkel untuk pemeliharaan/ perbaikan alat serta peralatan pendukung lainnya.
- d. Bangunan menyangkut luas bangunan, kondisi bangunan dan konstruksinya yang memenuhi syarat.
- e. Pertimbangan kesehatan, keamanan dan keselamatan seperti kemungkinan kebakaran/ peledakan.
- f. Masalah pembuangan limbah.
- g. Alat-alat yang dibersihkan/dilepas pada saat *shut down* harus disediakan ruang yang cukup sehingga tidak mengganggu peralatan lainnya.
- h. Pemeliharaan dan perbaikan.
- i. Fleksibilitas dalam perencanaan tata letak pabrik harus dipertimbangkan dengan kemungkinan dari perubahan proses/ mesin, sehingga perubahan-perubahan yang dilakukan tidak memerlukan biaya yang tinggi.
- j. *Service area*, seperti kantin, tempat parkir, ruang ibadah dan sebagainya diatur sedemikian rupa sehingga tidak terlalu jauh dari tempat kerja.

Penyusunan tata letak peralatan proses, tata letak bangunan dan lain-lain akan berpengaruh secara langsung pada investasi modal, biaya produksi, efisiensi

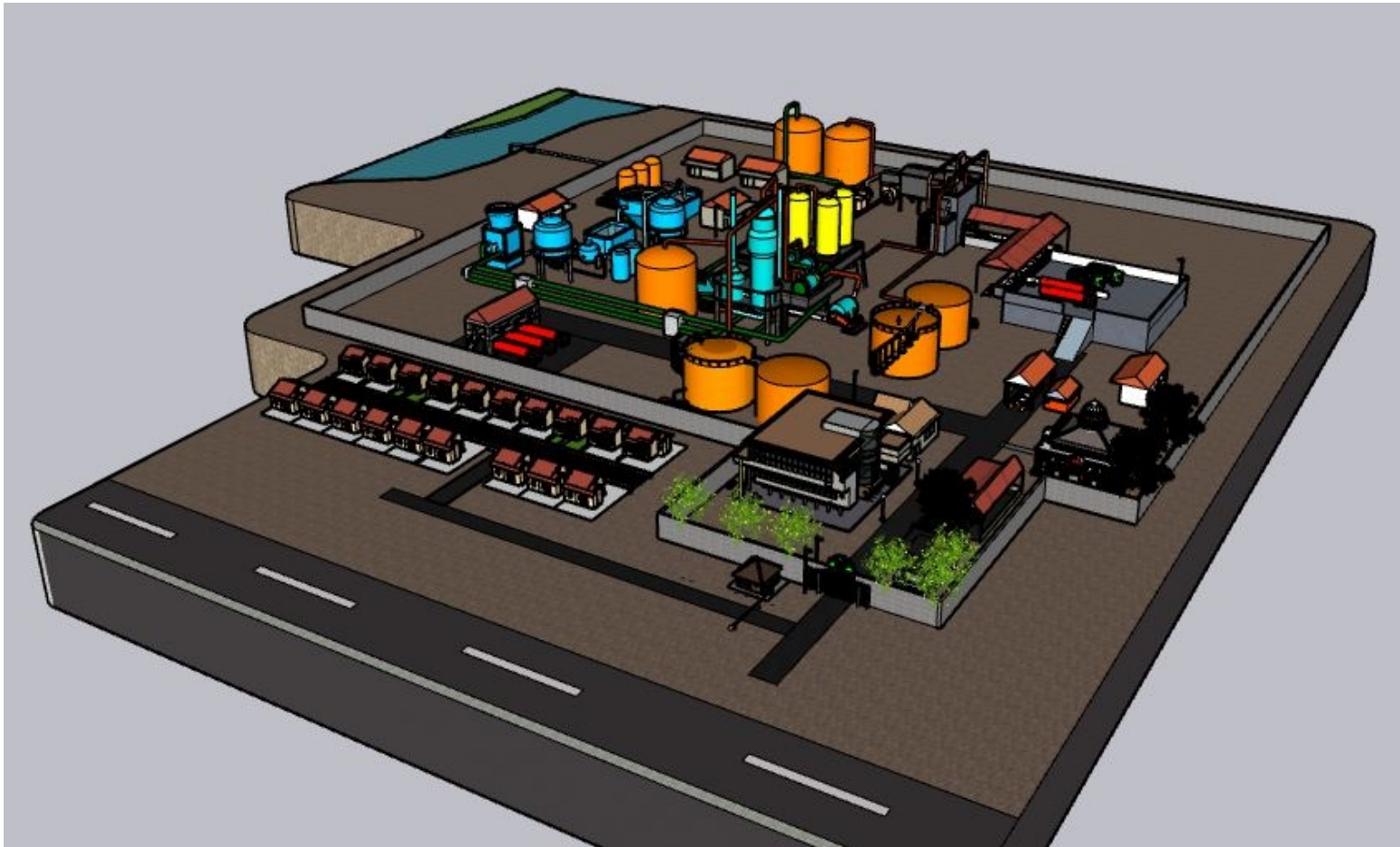
kerja dan keselamatan kerja. Pengaturan tata letak pabrik yang baik akan memberikan beberapa keuntungan, seperti :

- a. Mengurangi jarak transportasi bahan baku dan produk sehingga memudahkan proses *material handling*.
- b. Mengurangi waktu tunggu untuk mengatur keseimbangan antara waktu operasi dan beban dari mesin-mesin departemen. Pengaturan tata letak yang terkoordinir dan terencana baik akan dapat mengurangi waktu tunggu yang berlebihan.
- c. Memberikan ruang gerak yang lebih leluasa sehingga mempermudah perbaikan mesin dan peralatan yang rusak.
- d. Menurunkan ongkos produksi.
- e. Meningkatkan keselamatan kerja dan mengefesiensikan kerja semaksimal mungkin.
- f. Mengurangi faktor yang bisa merugikan dan mempengaruhi kualitas dari baha baku ataupun produk jadi.
- g. Meningkatkan pengawasan operasi dan proses agar lebih baik.

Pabrik *Green Diesel* dari PFAD ini direncanakan berdiri di Bukit Batu, Bengkalis, Riau dengan luas area 4,5 Ha, dan perincian sebagai berikut:

- a. Area Pabrik : 1 Ha
- b. Area Perumahan : 1,5 Ha
- c. Area Perkantoran : 0,5 Ha
- d. Area Perluasan : 1,5 Ha

Tata letak lingkungan pabrik dan tata peralatan pabrik dapat dilihat pada Gambar dibawah ini :

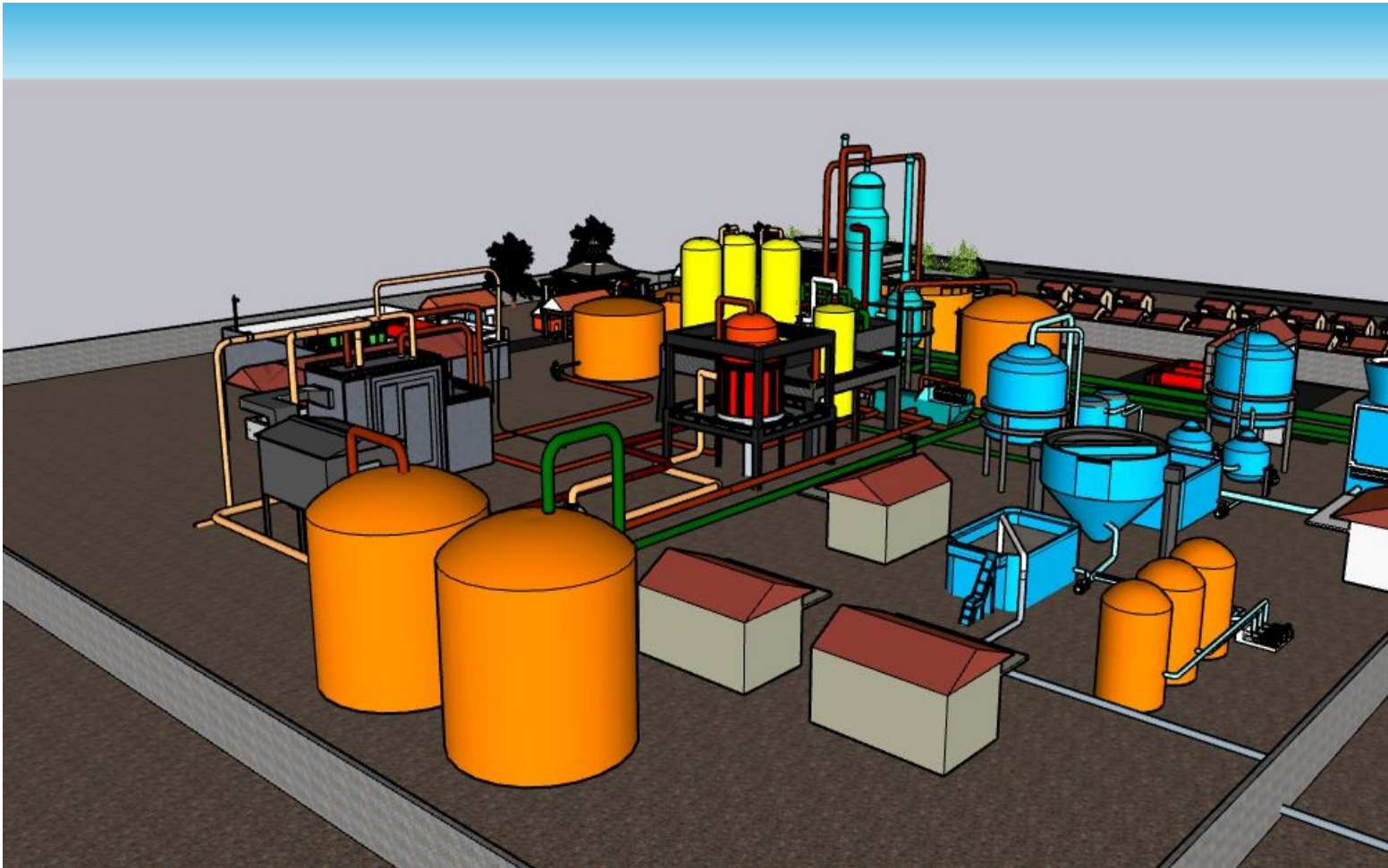


**Gambar 7.1** Tata letak pabrik dari atas

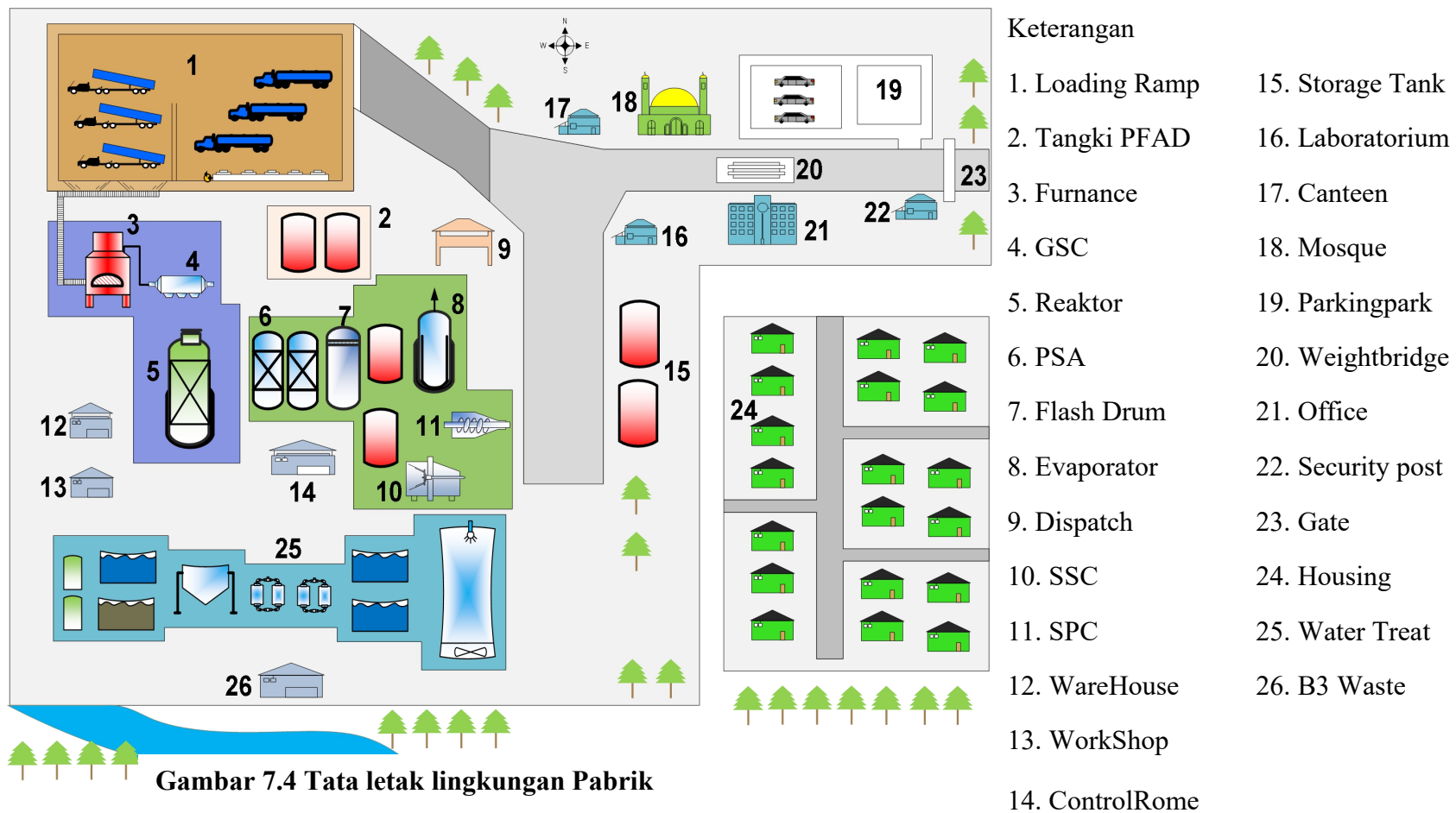


**Gambar 7.2** Tata letak pabrik dari depan





**Gambar 7.3** Tata letak pabrik dari belakang





## 7.2. Kesehatan dan Keselamatan Kerja Lingkungan Hidup

Keselamatan kerja diartikan sebagai bidang kegiatan yang ditujukan untuk mencegah semua jenis kecelakaan yang ada kaitannya dengan lingkungan dan situasi kerja (Sugeng, 2003).

Kesehatan kerja meliputi segala upaya untuk mencegah penyakit akibat kerja dan penyakit lainnya pada tenaga kerja. Tujuannya ialah agar tenaga kerja ditempatkan pada pekerjaan yang sesuai dengan kemampuan fisik dan kondisi mentalnya sehingga setiap tenaga kerja berada dalam keadaan sehat dan sejahtera pada saat ia mulai bekerja sampai selesai masa baktinya (Syukri, 2001).

*Occupational Safety and Health Administration*, suatu badan yang berwenang mengawasi keselamatan dan kesehatan kerja sebagai berikut: (1) Kemauan (*commitment*) manajemen dan keterlibatan pekerja, (2) Analisis resiko tempat kerja, (3) Pencegahan dan pengendalian bahaya, (4) Pelatihan pekerja, penyedia, dan manajer (Depnaker RI, 1996).

Dalam UU No. 1 tahun 1970 Pasal 3 ayat 1 tentang Keselamatan Kerja, disebutkan bahwa tujuan pemerintah membuat aturan keselamatan dan kesehatan kerja adalah sebagai berikut:

1. Mencegah dan mengurangi kecelakaan
2. Memberi pertolongan pada kecelakaan
3. Memberi alat-alat perlindungan diri pada para pekerja
4. Mencegah dan mengendalikan timbul atau menyebar luasnya suhu, kelembapan, debu, kotoran, asap, uap, gas, hembusan angin, cuaca, sinar atau radiasi, suara, dan getaran.
5. Memperoleh penerangan yang cukup dan sesuai
6. Menyelenggarakan suhu dan kelembapan udara yang baik
7. Menyelenggarakan penyegaran udara yang cukup
8. Memelihara kebersihan, kesehatan, dan ketertiban
9. Memperoleh keserasian antara tenaga kerja, alat kerja, lingkungan, cara dan proses kerjanya
10. Mengamankan dan memelihara segala jenis bangunan

11. Mencegah terkena aliran listrik yang berbahaya
12. Menyesuaikan dan menyempurnakan pengamanan pada pekerja yang bahaya kecelakaannya menjadi bertambah tinggi.

Dalam melaksanakan pekerjaan setiap karyawan perlu disiplin untuk menghindari bahaya yang mungkin terjadi. Dengan adanya keselamatan kerja suatu pabrik, berarti ada usaha untuk menciptakan lingkungan kerja yang aman, bebas dari kecelakaan, kehancuran dan kebocoran. Selain bahaya yang bersumber dari dalam pabrik, bahaya juga dapat berasal dari luar pabrik, seperti angin, gempa dan petir.

Usaha – usaha yang perlu diperhatikan untuk menanggulangi bahaya-bahaya yang mungkin terjadi adalah sebagai berikut :

1. Tangki dipilih yang tahan tekan, tahan korosi dan dilengkapi dengan *manhole* dan *handhole* untuk pemeriksaan dan pemeliharaan.
2. Memakai jaket untuk mencegah kebocoran pada suatu sistem pemipaan.
3. Pipa – pipa yang dialiri fluida panas dan beracun diberi warna kontras dan dipasang jauh dari tempat karyawan lewat.
4. Lampu-lampu penerangan pada pabrik harus dipasang memadai.
5. Kabel-kabel listrik pada daerah suatu proses diberi isolasi khusus yang tahan terhadap panas.
6. Bangunan-bangunan yang tinggi harus diberi penangkal petir.
7. Ventilasi udara untuk laboratorium dan ruang penyimpanan bahan kimia harus cukup, agar sirkulasi udara baik.
8. Sistem pemadaman kebakaran disesuaikan dengan jenis proses.
9. Pengontrolan harus diadakan secara periodik untuk semua peralatan dan instalasi pabrik.
10. Memberi pemberitahuan atau peringatan untuk setiap alat, lokasi dan kondisi yang berbahaya.

### 7.2.1. Sebab dan Akibat Terjadinya Kecelakaan

Suatu pabrik sangat tidak menginginkan terjadinya suatu kecelakaan, karena dapat menimbulkan kerugian pabrik. Kecelakaan dapat terjadi yang disebabkan oleh pekerja atau keadaan lingkungan kerja yang tidak tertata atau teratur. Secara umum sebab terjadinya kecelakaan sebagai berikut :

#### 1. Lingkungan fisik

Lingkungan fisik meliputi mesin, peralatan, bahan produksi, lingkungan kerja, penerangan dan lain – lain.

Kecelakaan terjadi akibat :

- Kesalahan perencanaan.
- Rusaknya peralatan.
- Kesalahan waktu pembelian.
- Terjadi ledakan karena kondisi operasi yang tidak terkontrol.
- Penyusunan peralatan dan bahan produksi yang kurang tepat.

#### 2. Manusia (karyawan)

- Kecelakaan yang disebabkan oleh manusia (karyawan) antara lain :
- Kurangnya pengetahuan dan keterampilan karyawan.
- Ketidak cocokan karyawan dengan peralatan proses atau lingkungan kerja.
- Kurangnya motivasi kerja dan kesadaran karyawan akan keselamatan kerja.
- Ketidak mampuan fisik, mental serta faktor bakat lainnya.

#### 3. Sistem manajemen

Adapun kecelakaan yang disebabkan oleh system manajemen adalah :

- Kurangnya perhatian terhadap keselamatan kerja.
- Kurangnya penerapan prosedur kerja dengan baik.
- Kurangnya pengawasan terhadap kegiatan pemeliharaan pabrik dan modifikasi pabrik.
- Tidak mengadakan inspeksi peralatan.
- Kurang perhatian pada sistem penganggulangan bahaya.

Kecelakaan yang terjadi di suatu industri atau pabrik dapat menimbulkan berbagai macam kerugian, Heinrich (1959) dalam ILO (1989) menyusun daftar kerugian akibat kecelakaan sebagai berikut:

1. Kerugian akibat hilangnya waktu karyawan yang luka
2. Kerugian akibat hilangnya waktu karyawan yang lain yang terhenti bekerja karena rasa ingin tahu, rasa simpati, membantu menolong karyawan yang terluka
3. Kerugian akibat hilangnya waktu bagi para mandor, peneylia, atau para pemimpin lainnya karena membantu karyawan yang terluka, menyelidiki penyebab kecelakaan, mengatur agar proses produksi di tempat karyawan yang terluka tetap dapat dilanjutkan oleh karyawan lainnya dengan memilih dan melatih ataupun menerima karyawan baru
4. Kerugian akibat pengguna waktu dari petugas pemberi pertolongan pertama dan staf departemen rumah sakit
5. Kerugian akibat rusaknya mesin, perkakas, atau peralatan lainnya atau oleh karena tercemarnya bahan-bahan baku
6. Kerugian insidental akibat terganggunya produksi, kegagalan memenuhi pesanan pada waktunya, kehilangan bonus, dan pembayar denda
7. Kerugian akibat pelaksanaan sistem kesejahteraan dan maslahat bagi karyawan
8. Kerugian akibat keharusan untuk meneruskan pembayaran upah penuh bagi karyawan yang duluterluka setelah mereka kembali bekerja, walaupun mereka (mungkin belum penuh sepenuhnya) hanya menghasilkan separuh dari kemampuan normal
9. Kerugian akibat hilangnya kesempatan memperoleh laba dari produktivitas karyawan yang luka dan akibat dari mesin yang mengganggu
10. Kerugian yang timbul akibat ketegangan ataupun menurunnya moral kerja karena kecelakaan tersebut
11. Kerugian biaya umum per-karyawan yang luka.

### 7.2.2. Peningkatan Usaha Keselamatan Kerja

Untuk meningkatkan keselamatan kerja yang harus diperhatikan dahulu adalah perkiraan-perkiraan di daerah mana yang paling rawan dengan kecelakaan. Kemudian mengetahui jenis kecelakaan apa saja yang dapat terjadi.

Dilokasi pabrik *Greendiesel* ini kemungkinan jenis kecelakaan yang terjadi adalah :

1. Kecelakaan karena ledakan dan kebakaran dapat terjadi terutama di area proses dan utilitas. Hal – hal yang perlu diperhatikan:
  - Cara pemasangan peralatan proses pabrik.
  - Kondisi operasi yang terjadi pada masing-masing alat.
  - Pemeriksaan terhadap peralatan hendaknya dilakukan secara rutin.
  - Menyediakan alat pemadam kebakaran serta alat penyelamatan yang baru.

2. Kecelakaan secara fisik

Kecelakaan ini terjadi karena :

- a. Benturan

Pencegahan dapat dilakukan dengan :

- Memberi pagar pembatas pada peralatan yang bergerak.
- Mewajibkan setiap karyawan memakai helm dan sepatu pengaman apabila masuk ke lokasi pabrik.

- b. Kebisingan

Dapat terjadi pada peralatan seperti generator, kompressor, dan boiler. Pencegahannya dapat dilakukan dengan mewajibkan setiap karyawan yang bertugas pada peralatan tersebut agar memakai penutup telinga.

### 7.2.3. Alat Pelindung Diri (APD)

Alat Pelindung Diri (APD) merupakan kelengkapan yang wajib digunakan saat bekerja sesuai bahaya dan risiko kerja untuk menjaga keselamatan pekerja itu sendiri dan orang di sekelilingnya. Kewajiban itu sudah disepakati oleh pemerintah melalui Departemen Tenaga Kerja Republik Indonesia.

Semua jenis APD harus digunakan sebagaimana mestinya, gunakan pedoman yang benar-benar sesuai dengan standar keselamatan dan keselamatan kerja dan lingkungan hidup (K3LH). Hukum yang mendasari adalah:

1. Undang-Undang No.1 Tahun 1970
  - a) Pasal 3 ayat (1) butir f: Dengan peraturan perundangan ditetapkan syarat-syarat untuk memberikan APD.
  - b) Pasal 9 ayat (1) butir c: Pengurus diwajibkan menunjukkan dan menjelaskan pada tiap tenaga kerja baru tentang APD.
  - c) Pasal 12 butir b: Dengan peraturan perundangan diatur kewajiban dan atau hak tenaga kerja untuk memakai APD.
2. Permenakertrans No.Per.01/MEN/1981

Pasal 4 ayat (3) menyebutkan kewajiban pengurus menyediakan alat pelindung diri dan wajib bagi tenaga kerja untuk menggunakannya untuk pencegahan penyakit akibat kerja.
3. Permenakertrans No.Per.03/MEN/1982

Pasal 2 butir I menyebutkan memberikan nasehat mengenai perencanaan dan pembuatan tempat kerja, pemilihan alat pelindung diri yang diperlukan dan gizi serta penyelenggaraan makanan ditempat kerja.
4. Permenakertrans No.Per.03/Men/1986

Pasal 2 ayat (2) menyebutkan tenaga kerja yang mengelola Pestisida harus memakai alat-alat pelindung diri yang berupa pakaian kerja, sepatu laras tinggi, sarung tangan, kacamata pelindung atau pelindung muka dan pelindung pernafasan.

### **Macam-Macam Alat Pelindung Diri**

#### **1. *Safety Helmet***

*Safety helmet* merupakan alat pelindung kepala yang melindungi kepala dari benturan, terantuk, kejatuhan atau terpukul benda tajam dan benda lain ....

atau benda keras yang melayang atau meluncur di udara, terpapar oleh radiasi panas, api, percikan bahan-bahan kimia, jasad renik dan suhu ekstrim.



## 2. Tali Keselamatan (*Safety Belt*)

*Safety belt* berfungsi untuk membatasi gerak pekerja agar tidak masuk ke tempat yang mempunyai potensi jatuh atau menjaga pekerja berada pada posisi kerja yang diinginkan dalam keadaan miring maupun tergantung dan menahan serta membatasi pekerja jatuh sehingga tidak membentur lantai dasar.



## 3. Sepatu Karet (*Sepatu Boot*)

Berfungsi sebagai alat pengaman saat bekerja di tempat yang becek ataupun berlumpur. Kebanyakan dilapisi dengan metal untuk melindungi kaki dari benda tajam atau berat, benda panas, dan cairan kimia.



#### 4. Sepatu Pelindung (*Safety Shoes*)

Seperti sepatu biasa, tapi dari bahan kulit dilapisi metal dengan soldarikaretteba ldan kuat. Berfungsi untuk melindungi kaki dari tertimpa atau berbenturan dengan benda-benda berat, tertusuk benda tajam, terkena cairan panas atau dingin, uap panas, terpajan suhu ekstrim, tergelincir, terkena bahan kimia berbahaya dan jasad renik.



#### 5. SarungTangan

Sarung tangan adalah alat pelindung yang berfungsi untuk melindungi tangan dan jari-jari tangan dari api, suhu panas, suhu dingin, radiasi elektromagnetik, arus listrik, bahan kimia, benturan, pukulan dan tergores, terinfeksi zat patogen (virus, bakteri) dan jasad renik. Bahandanbentuksarungtangan disesuaikan dengan fungsi masing-masing pekerjaan.



#### 6. PenutupTelinga (*Ear Plug / Ear Muff*)

Penutu telinga berfungsi sebagai pelindung telinga pada saat bekerja di tempat yang bising. Sumbat telinga yang baik adalah menahan frekuensi tertentu saja, sedangkan frekuensi untuk bicara biasanya (komunikasi) tak terganggu.





### 7. Kaca Mata Pengaman (*Safety Glasses*)

Kaca mata pengaman berfungsi untuk melindungi mata dari paparan bahan kimia berbahaya, paparan partikel-partikel yang melayang di udara, percikan benda-benda kecil, panas atau uap panas, pancaran cahaya, benturan, atau pukulan benda keras atau benda tajam.



### 8. Masker (Respirator)

Masker adalah alat pelindung pernapasan yang berfungsi untuk melindungi organ pernapasan dengan cara menyalurkan udara bersih dan sehat dan/atau menyaring cemaran bahan kimia, mikroorganisme, partikel yang berupa debu, kabut, uap, asap, dan gas.



### 9. Pelindung Wajah (*Face Shield*)

Berfungsi sebagai pelindung wajah dari percikan benda asing saat bekerja (misal pekerjaan menggerinda).



### 10. Jas Hujan (*Rain Coat*)

Berfungsi melindungi dari percikan air saat bekerja (misal bekerja pada waktu hujan atau sedang mencuci alat).



### 11. Pakaian pelindung (*Vest*)

Pakaian pelindung berfungsi untuk melindungi badan sebagian atau seluruh bagian badan dari bahaya temperatur panas atau dingin yang ekstrim, pajanan api dan benda-benda panas, percikan bahan-bahan kimia, cairan dan logam panas, uap panas, benturan dengan mesin dan peralatan.



#### 7.2.4. Daftar Peraturan Pemerintah tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja

1. Peraturan Pemerintah Tahun 1930 : Tentang Peraturan Uap
2. Peraturan Pemerintah No. 7 Tahun 1973: Tentang Pengawasan atas Peredaran, Penyimpanan dan Penggunaan Pestisida
3. Peraturan Pemerintah No. 19 Tahun 1973: Tentang Pengaturan dan Pengawasan Keselamatan Kerja di Bidang Pertambangan
4. Peraturan Pemerintah No. 11 Tahun 1979: Tentang Keselamatan Kerja pada Pemurnian dan Pengolahan Minyak dan Gas Bumi

5. Peraturan Pemerintah No. 14 Tahun 1993: Tentang Penyelenggaraan Program Jaminan Sosial Tenaga Kerja
6. Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2004: Tentang Pengelolaan Dan Investasi Dana Program Jamsostek
7. Peraturan Pemerintah No. 01 Tahun 2005: Tentang Penangguhan Mulai Berlakunya Undang-Undang Nomor 2 Tahun 2004 tentang Penyelesaian Perselisihan Hubungan Industrial.
8. Peraturan Pemerintah No. 64 th. 2005: Tentang Perubahan Keempat Atas Peraturan Pemerintah Nomor 14 Tahun 1993 Tentang Penyelenggaraan P
9. rogram JaminanSosial Tenaga Kerja
10. Peraturan Pemerintah No. 15 Tahun. 2007: Tentang Tata Cara Memperoleh Informasi Ketenagakerjaan Dan Penyusunan Serta Pelaksanaan Perencanaan Tenaga Kerja
11. Peraturan Pemerintah No.76 Tahun 2007: Tentang Perubahan Kelima Atas Peraturan Pemerintah Nomor 14 Tahun 1993 Tentang Penyelenggaraan Program Jaminan Sosial Tenaga Kerja
12. Peraturan Pemerintah No. 84 Tahun 2010 tentang Perubahan Ketujuh atas Peraturan Pemerintah No. 14 Tahun 1993 tentang Penyelenggaraan Program JaminanSosial Tenaga Kerja
13. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 50 Tahun 2012 Tentang Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja
14. Peraturan Pemerintah Republik indonesia No. 53 Tahun 2012 Tentang Perubahan Kedelapan Atas Peraturan Pemerintah No. 14 Tahun 1993 Tentang Penyelenggaraan Program Jaminan Sosial Tenaga Kerja.

## BAB VIII. ORGANISASI PERUSAHAAN

Organisasi perusahaan adalah suatu proses yang menjadi tempat orang-orang berinteraksi untuk mencapai tujuan perusahaan. Organisasi merupakan hal yang penting untuk perusahaan, hal ini menyangkut keberhasilan dan efektivitas dalam peningkatan pendapatan perusahaan dalam memproduksi dan mendistribusikan produk yang dihasilkan.

Masalah organisasi merupakan hal yang penting dalam perusahaan, hal ini menyangkut efektivitas dalam peningkatan kemampuan perusahaan dalam memproduksi dan mendistribusikan produk yang dihasilkan. Dalam upaya peningkatan efektivitas dan kinerja perusahaan maka pengaturan atau manajemen harus menjadi hal yang mutlak. Tanpa manajemen yang efektif dan efisien tidak akan ada usaha yang berhasil cukup lama. Dengan adanya manajemen yang teratur baik dari kinerja sumber daya manusia maupun terhadap fasilitas yang ada secara otomatis organisasi akan berkembang.

### 8.1 Struktur Organisasi

Organisasi, yaitu kelompok orang yang secara sadar bekerjasama untuk mencapai tujuan bersama dengan menekankan wewenang dan tanggung jawab masing-masing. Secara ringkas, ada tiga unsur utama dalam organisasi, yaitu :

1. Adanya sekelompok orang
2. Adanya hubungan dan pembagian tugas
3. Adanya tujuan yang ingin dicapai

Menurut pola hubungan kerja, serta lalu lintas wewenang dan tanggung jawab, maka bentuk-bentuk organisasi itu dapat dibedakan atas :

#### 1. Bentuk Organisasi Garis

Ciri dari organisasi garis adalah : organisasi masih kecil, jumlah karyawan sedikit, pimpinan dan semua karyawan saling kenal dan spesialisasi kerja belum begitu tinggi.

**Tabel 8.1** Kelebihan dan Kekurangan Bentuk Organisasi Garis

NO.	Kelebihan	Kekurangan
1	Kesatuan komando terjamin dengan baik, karena pimpinan berada di atas satu tangan.	Seluruh organisasi terlalu bergantung kepada satu orang sehingga kalau seseorang itu tidak mampu, seluruh organisasi akan terancam kehancuran.

2	Proses pengambilan keputusan berjalan dengan cepat karena jumlah orang yang diajak berdiskusi masih sedikit atau tidak ada sama sekali.	Kecenderungan pimpinan bertindak secara otoriter.
3	Rasa solidaritas di antara para karyawan umumnya tinggi karena saling mengenal.	Karyawan tidak mempunyai kesempatan untuk berkembang

## 2. Bentuk Organisasi Fungsional

Ciri-ciri dari organisasi fungsional adalah segelintir pimpinan tidak mempunyai bawahan yang jelas, sebab setiap atasan berwenang memberi komando kepada setiap bawahan, sepanjang ada hubungannya dengan fungsi atasan tersebut.

**Tabel 8.2** Kelebihan dan Kekurangan Bentuk Organisasi Fungsional

NO.	Kelebihan	Kekurangan
1	Pembagian tugas-tugas jelas	Karena adanya spesialisasi, sukar mengadakan penukaran atau pengalihan tanggung jawab kepada fungsinya.
2	Spesialisasi karyawan dapat dikembangkan dan digunakan semaksimal mungkin	Para karyawan mementingkan bidangnya, sehingga sukar dilaksanakan koordinasi.
3	Digunakan tenaga-tenaga ahli dalam berbagai bidang sesuai dengan fungsi- fungsinya	

## 3. Bentuk Organisasi Garis (*Line*) dan Staff

Ciri : Hubungan atasan dan bawahan tidak seluruhnya secara langsung, Karyawan banyak, Organisasi besar.

**Tabel 8.3** Kelebihan dan Kekurangan Bentuk Organisasi Garis dan Staff

NO.	Kelebihan	Kekurangan
1	Dapat digunakan oleh setiap organisasi yang besar, apapun tujuannya, betapa pun luas tugasnya dan betapa pun kompleks susunan organisasinya.	Karyawan tidak saling mengenal, solidaritas sukar diharapkan.
2	Pengambilan keputusan yang sehat lebih mudah diambil, karena adanya staf ahli.	Karena rumit dan kompleksnya susunan organisasi, koordinasi kadang-kadang sukar diharapkan.
3	Perwujudan "The Right Man on	

	The Right Place” lebih mudah dilaksanakan.	
--	--	--

#### 4. Bentuk Organisasi Fungsional dan Staff

Bentuk organisasi fungsional dan staf, merupakan kombinasi dari bentuk organisasi fungsional dan bentuk organisasi garis dan staf. Kebaikan dan keburukan dari bentuk organisasi ini merupakan perpaduan dari bentuk organisasi yang dikombinasikan (Manulang, 1982).

##### 8.1.1 Bentuk Organisasi yang Dipilih

Struktur organisasi akan menentukan kelancaran aktivitas perusahaan dalam pencapaian keuntungan yang maksimal dan perkembangan perusahaan yang baik. Dari uraian di atas dapat diketahui kebaikan dan keburukan dari beberapa bentuk organisasi. Setelah mempertimbangkan baik dan buruknya maka pada Pra rancangan Pabrik Green Diesel dari PFAD menggunakan bentuk *organisasi line dan staff*. Pemilihan sistem ini didasarkan atas beberapa azas yang akan dijadikan pedoman, antara lain :

- a. Pembagian tugas dan wewenang yang jelas.
- b. Sistem *control* atas kerja yang telah dilaksanakan.
- c. Kesatuan perintah dan tanggung jawab.

Pada sistem ini garis kekuasaan lebih sederhana dan praktis, dimana :

- a. Pimpinan yang terpusat pada satu tangan tidak akan menyebabkan timbulnya kesimpangsiuran dalam menjalankan tugas (adanya kesatuan komando).
- b. Kepala bagian merupakan orang yang ahli di bidangnya.
- c. Keputusan dapat dijalankan dengan cepat.

Ada dua kelompok penting yang berpengaruh dalam menjalankan organisasi *line and staff*, yaitu :

- a. Sebagai garis atau *line* yaitu orang-orang yang melaksanakan tugas pokok operasional produksi.
- b. Sebagai *staff* yaitu orang-orang yang membantu tugas dari para Dewan Direksi dan Kepala Bagian.

Perusahaan dipimpin oleh seorang direktur utama yang dibantu oleh direksi. Dalam kegiatan operasionalnya direksi dibantu oleh *staff* dan kepala departemen.

Direktur utama bertanggung jawab kepada dewan komisaris yang merupakan wakil dari pemegang saham mayoritas sebagai badan tertinggi yang berkewajiban menentukan kebijaksanaan umum dan mengawasi jalan perusahaan.

### **8.1.2 Tugas dan Wewenang**

Pembagian tugas dan wewenang merupakan hal yang sangat penting dalam suatu kegiatan guna kelancaran operasi perusahaan. Adapun tugas dan wewenang tiap jabatan dapat dilihat pada **Gambar 8.1**:

#### **8.1.2.1 Pemegang Saham**

Pemegang saham adalah beberapa orang yang mengumpulkan modal untuk kepentingan pendirian dan berjalannya operasi perusahaan tersebut. Para pemilik saham sebagai pemilik perusahaan mempunyai kekuasaan tertinggi. Kekuasaan tertinggi pada perusahaan yang mempunyai bentuk perseroan terbatas adalah Rapat Umum Pemegang Saham (RUSP). Rapat umum tersebut mempunyai wewenang:

- a. Mengangkat dan memberhentikan Dewan Komisaris
- b. Menentukan gaji dari Dewan Komisaris
- c. Menyerahkan hasil-hasil usaha serta neraca perhitungan untung rugi tahunan dari perusahaan.
- d. Evaluasi kinerja perusahaan

#### **8.1.2.2 Dewan Komisaris**

Dewan komisaris selaku pimpinan tertinggi yang diangkat oleh rapat pemegang saham untuk masa jabatan tertentu mempunyai tugas dan wewenang :

- a. Menetapkan kebijaksanaan perusahaan sesuai dengan kebijaksanaan pemerintah.
- b. Menilai dan menyetujui rencana direktur, target laba perusahaan, lokasi sumber-sumber dana dan penyerahan pemasaran.
- c. Mengawasi tugas-tugas direktur dan membantunya dalam hal yang penting.
- d. Sebagai wakil pemilik saham, dewan ini bertanggung jawab langsung kepada pemilik saham.

#### **8.1.2.3 Direktur Utama**

Direktur utama membawahi kepala bagian. Tugas dan wewenang direktur utama, yaitu:

- a. Melaksanakan kebijakan dewan komisaris
- b. Menyusun target laba perusahaan, lokasi sumber-sumber dana dan penyerahan pemasaran.
- c. Membuat keputusan serta membuat perjanjian kerjasama dan kontrak kerja dengan pihak luar organisasi.
- d. Menetapkan kebijakan umum dalam perencanaan dan pelaksanaan program perusahaan.
- e. Memberikan laporan kegiatan kepada dewan komisaris

#### **8.1.2.4 Direktur Umum**

Direktur umum bertanggung jawab kepada direktur utama dan membawahi masing-masing kepala bagian. Direktur umum ini terdiri atas direktur teknik dan produksi, direktur administrasi dan umum, serta direktur keuangan dan pemasaran.

Tugas dan wewenang direktur umum yaitu :

- a. Melaksanakan tugas khusus yang diberikan oleh pimpinan dan melakukan pengawasan terhadap tugas-tugas yang diberikan kepada bawahan sesuai dengan bidang masing-masing.
- b. Bertanggung jawab terhadap pimpinan atas tugas yang diberikan kepadanya serta menerima laporan dari bawahan.
- c. Mengawasi pelaksanaan rencana yang diberikan oleh pimpinan dan memberikan saran-saran terhadap persoalan yang timbul

#### **8.1.2.5 Kepala Bagian**

Tugas dan wewenang kepala bagian adalah sebagai berikut :

- a. Bertanggung jawab kepada direktur atas tugas yang diberikan untuk mencapai target yang telah direncanakan.
- b. Mengawasi kualitas dan kuantitas barang-barang dan peralatan yang menjadi tanggung jawabnya.



- c. Menciptakan kerjasama yang baik dan menjamin keselamatan para karyawan dan memberikan saran-saran serta membuat laporan secara berkala kepada atasan.

Kepala bagian ini terdiri atas :

**a. Bagian Keuangan dan Pemasaran**

Bagian ini terbagi atas 2 bagian, yaitu :

1. Bagian anggaran dan akuntansi, mempunyai tugas dan wewenang sebagai berikut :
  - a. Mengelola anggaran pendapatan dan belanja perusahaan.
  - b. Mengatur dan menyerahkan gaji karyawan.
  - c. Mengatur dan merencanakan pembelian barang investasi.
  - d. Mengatur dan mengawasi setiap pengeluaran dan pembelian bahan baku dan penjualan produk.
  - e. Membuat dan membukukan pemasukan dan pengeluaran perusahaan.
2. Bagian pemasaran mempunyai wewenang untuk melaksanakan pemasaran produksi. Bagian pemasaran mempunyai wewenang sebagai berikut :
  - a. Menentukan daerah-daerah pemasaran hasil produksi.
  - b. Meningkatkan hubungan kerjasama yang baik dengan perusahaan luar.

**b. Bagian Logistik**

Bagian logistik mempunyai tugas dan wewenang sebagai berikut :

- a. Mengatur penerimaan, pergudangan dan suplai bahan baku serta alat-alat yang merupakan kebutuhan produksi.
- b. Bertanggung jawab terhadap tersedianya bahan baku dan alat-alat yang cukup untuk kelangsungan proses produksi.

Bagian ini dalam pengoperasiannya terbagi dua bagian, yaitu :

1. Perlengkapan

Tugasnya membeli barang yang dibutuhkan perusahaan dalam bidang proses produksi, kebutuhan pegawai dan lain-lain.

## 2. Gudang

Tugasnya menyimpan dan mendistribusikan barang-barang jadi, suku cadang, bahan-bahan kimia dan lain-lain.

### c. Bagian Administrasi dan Personalia

Bagian ini dalam pengoperasiannya terbagi empat, yaitu :

#### 1. Bagian personalia

Tugas dan wewenang bagian ini adalah :

- a. Menerima dan memberhentikan tenaga kerja yang sesuai dengan kemampuan dan keahlian masing-masing.
- b. Memberikan penilaian terhadap prestasi karyawan.
- c. Memberikan latihan dan peningkatan bagi peningkatan mutu dan prestasi karyawan.

#### 2. Bagian administrasi dan tata usaha

Bagian ini bertugas membuat dan mengatur kelancaran administrasi dalam perusahaan.

#### 3. Bagian hubungan masyarakat

Bagian ini mempunyai tanggung jawab dalam mengelola hubungan dengan masyarakat dan izin-izin yang menyangkut perusahaan.

#### 4. Bagian umum

Bagian ini mempunyai tugas dan wewenang :

- a. Memberikan pelayanan bagi semua unsur dalam organisasi di bidang kesejahteraan dan fasilitas-fasilitas kesehatan.
- b. Bertanggung jawab terhadap keamanan dan keselamatan yang meliputi satuan pengamanan (satpam) dan pemadam kebakaran.

### d. Bagian Produksi

Bagian produksi bertanggung jawab terhadap proses produksi, yaitu mengoperasikan peralatan atau mengendalikan proses terutama penyediaan utilitas, pengemasan, pengepakan produk dan perencanaan produksi yang akan datang. Bagian produksi dibagi dua bagian, kedua bagian ini mempunyai tanggung jawab sendiri-sendiri, diantaranya :

#### 1. Bagian Produksi

Bagian ini mempunyai tugas dan wewenang :

- a. Melaksanakan dan mengawasi operasi selama proses berlangsung.
- b. Mengawasi persediaan bahan baku dan penyimpanan hasil produksi.

2. Bagian Utilitas

Bagian ini bertanggung jawab terhadap penyediaan air, listrik dan lain-lainnya yang berkaitan dengan kelancaran fungsional utilitas.

**e. Bagian Teknik**

Bagian ini bertanggung jawab memelihara semua peralatan fisik pabrik.

Bagian ini dalam pengoperasiannya terbagi atas dua bagian, yaitu :

1. Bagian teknik pemeliharaan mesin dan peralatan (*maintenance*), mempunyai wewenang :
  - a. Mengawasi dan menyelenggarakan pemeliharaan peralatan.
  - b. Melakukan perbaikan untuk kelancaran operasi.

2. Bagian teknik umum

Bagian ini bertanggung jawab atas pemeliharaan dan perbaikan-perbaikan fasilitas-fasilitas penunjang lainnya.

**f. Bagian Penelitian dan Pengembangan**

Bagian ini dalam pengoperasiannya terbagi atas dua bagian, yaitu:

1. Bagian pengendalian mutu

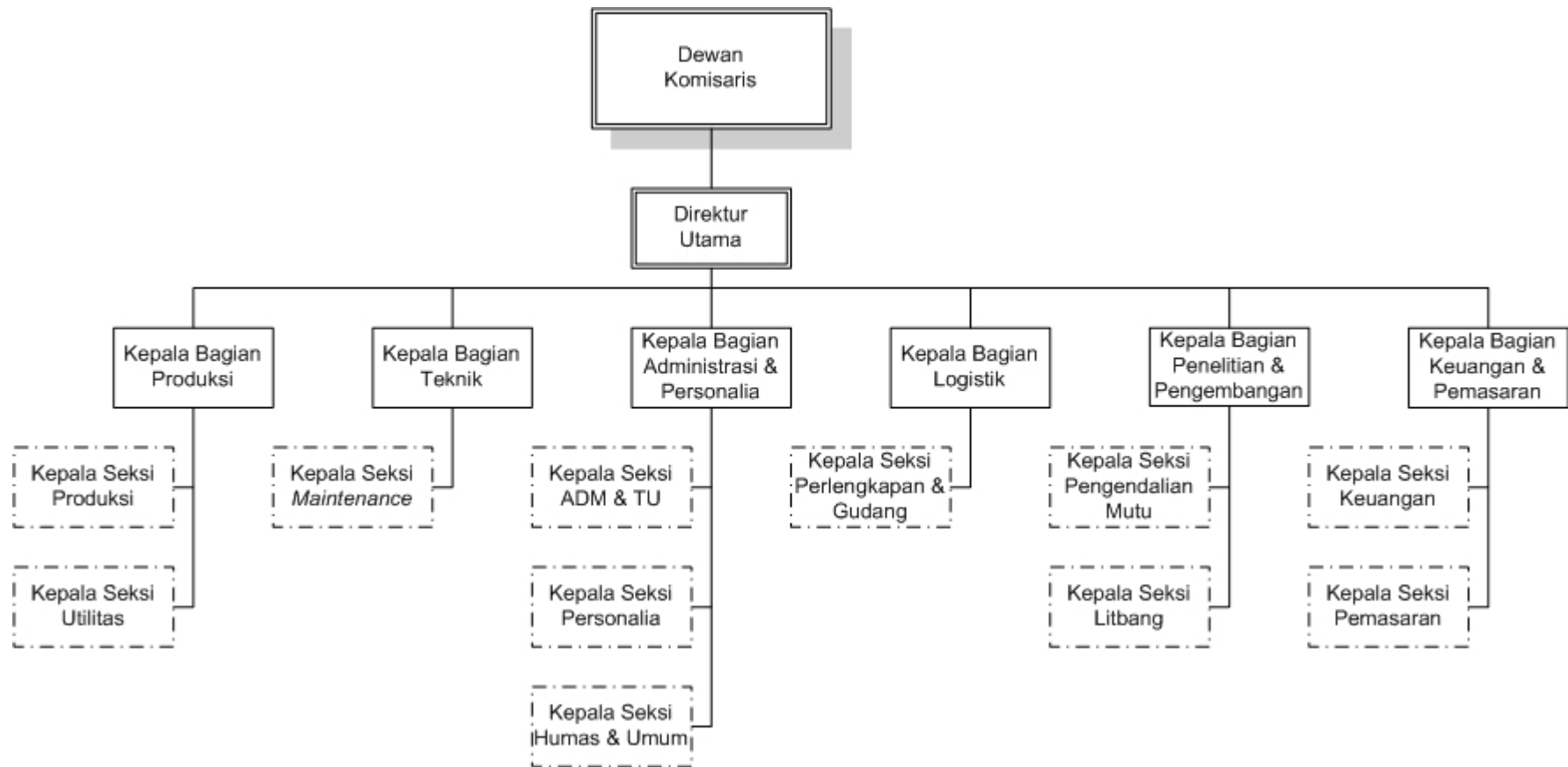
Mempunyai tugas :

- a. Membuat program dan melaksanakan suatu penelitian guna meningkatkan mutu produksi dan efisiensi proses produksi.
- b. Mengawasi pelaksanaan penelitian dan analisa hasil produksi.

2. Bagian laboratorium

Mempunyai tugas dan wewenang :

- a. Melakukan analisa terhadap bahan baku yang terlibat dalam proses produksi.
- b. Melakukan analisa semua bahan yang terlibat untuk mengontrol proses produksi.



**Gambar 8.1** Struktur Organisasi Perusahaan

### 8.1.3 Jumlah Karyawan

Jumlah karyawan pada Pra Rancangan pabrik Green Diesel dari PFAD ini dapat dilihat pada **Tabel 8.4** dan **Tabel 8.5**.

**Tabel 8.4** Karyawan *Non Shift*

No	Jabatan	Jumlah
1.	Dewan Komisaris	2
2.	Direktur Utama	1
3.	Kepala Bagian	7
4.	Kepala seksi	6
5.	Karyawan Akuntansi	3
6.	Karyawan produksi dan pemasaran	4
7.	Karyawan Administrasi dan manajemen	5
8.	Sekretaris	1
9.	Kepalasadpam	1
10.	Sopir	3
11.	Dokter	2
12.	Perawat	2
<b>Jumlah</b>		<b>37</b>

**Tabel 8.5** Karyawan *Shift*

No	Jabatan	Operator
1.	Karyawan Produksi	36
2.	Karyawan Utilitas	6
3.	Karyawan Mesin (teknisi)	6
4.	Karyawan Laboratorium dan Pengendali Mutu	9
5.		4
6.	Karyawan Instrumentasi dan Elektrikal	6
7.	Satpam	3
8.	Supervisor	6
	<i>Office boy</i>	
<b>Jumlah</b>		<b>76</b>

### 8.1.4 Sistem Kerja

Pabrik Green Diesel ini beroperasi selama 330 hari setahun secara kontinyu dengan waktu kerja 24 jam sehari. Untuk menjaga kelancaran produksi serta mekanisme administrasi dan pemasaran, masa waktu kerja dibagi dengan *shift* dan *non shift*.

#### 8.1.4.1 Waktu Kerja Karyawan *Non Shift*

Waktu kerja untuk karyawan *non shift* dapat dilihat pada Tabel 8.1.

**Tabel 8.6** Waktu Kerja Karyawan *Non Shift*

Hari	Jam Kerja	Jam Istirahat
Senin s/d Kamis	08.00 – 17.00	12.00 – 13.00
Jumat	08.00 – 17.00	11.30 – 13.00

#### 8.1.4.2 Waktu Kerja Karyawan *Shift*

Pembagian jam kerja terdiri dari 3 *shift* dan 4 group, dimana 3 group melakukan *shift* sedangkan satu *shift* libur. Setiap group dikepalai seorang *foreman shift*. Pengaturan jam kerja *shift* ini adalah :

- a. *Shift 1* (Pagi) : jam 07.00 – 15.00
- b. *Shift 2* (Sore) : jam 15.00 – 23.00
- c. *Shift 3* (Malam) : jam 23.00 – 07.00

## 8.2 Sistem Kepegawaian dan Sistem Gaji

Pada pabrik Green Diesel dari PFAD sistem gaji karyawan ditentukan berdasarkan tanggung jawab serta keahlian karyawan tersebut. Pembagian karyawan pabrik ini dibagi menjadi tiga golongan, yaitu :

### 1. Karyawan tetap

Karyawan tetap adalah karyawan yang diangkat dan diberhentikan dengan suatu keputusan direktur dan mendapat gaji bulanan sesuai kedudukan, keahlian dan masa kerja.

### 2. Karyawan harian

Karyawan harian adalah karyawan yang diangkat dan diberhentikan direktur tanpa surat keputusan direktur dan mendapat upah harian yang dibayar setengah bulan sekali sesuai dengan hari kerja.

### 3. Karyawan tidak tetap (kontrak)

Karyawan tidak tetap adalah karyawan yang digunakan oleh pabrik saat diperlukan sesuai perjanjian yang disepakati dan diberhentikan sesuai masa kontrak kerja. Keselamatan seluruh karyawan selama jam kerja dijamin dengan asuransi tenaga kerja.

#### 8.2.1 Kesejahteraan Sosial Karyawan

Kesejahteraan sosial atau jaminan sosial adalah suatu bentuk pemberian penghasilan, baik dalam bentuk materi ataupun non materi, yang diberikan oleh perusahaan pada karyawan untuk selama masa pengabdianya ataupun setelah berhenti karena pensiun atau karena lanjut usia dalam usaha pemenuhan kebutuhan, baik kebutuhan materi atau non materi, kepada para karyawan dengan tujuan untuk memberikan semangat atau dorongan kepada para karyawan (Wursanto, 2005). Jaminan sosial diberikan kepada karyawan, antara lain :

- a. Tunjangan
  - Tunjangan berupa gaji pokok yang diberikan berdasarkan golongan.
  - Tunjangan jabatan yang diberikan berdasarkan jabatan yang dipegang karyawan.
  - Tunjangan lembur yang diberikan pada karyawan yang bekerja diluar jam kerja berdasarkan jumlah jam kerja.
- b. Cuti
  - Cuti tahunan diberikan kepada setiap karyawan selama 12 hari kerja setahun.
  - Cuti sakit diberikan kepada karyawan yang menderita sakit berdasarkan surat keterangan dokter.
  - Cuti mendadak diberikan kepada karyawan apabila terjadi hal-hal diluar dugaan.
- c. Perlengkapan kerja karyawan produksi
 

Perlengkapan kerja diberikan kepada karyawan berupa *safety shoes*, *safety earring*, *helm*, pakaian, masker dan kacamata.

d. Pengobatan

- Biaya pengobatan bagi karyawan yang menderita sakit yang diakibatkan oleh kecelakaan kerja ditanggung perusahaan sesuai dengan undang-undang yang berlaku.
- Biaya pengobatan bagi karyawan yang menderita sakit yang tidak disebabkan oleh kecelakaan kerja diatur berdasarkan kebijaksanaan perusahaan.

e. Asuransi tenaga kerja (ASTEK)

Sesuai dengan yang telah diatur pada pasal 15 ayat 2 Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan transmigrasi Republik Indonesia No. PER.07/MEN/V/2010, premi Asuransi ditetapkan sebesar Rp. 400.000,- yang terdiri dari;

- a. Premi Asuransi TKI Pra Penempatan sebesar Rp. 50.000,-
- b. Premi Asuransi TKI Masa Penempatan sebesar Rp. 300.000,-
- c. Premi Asuransi TKI Purna Penempatan sebesar Rp. 50.000,-

PP No 84 Tahun 2013 menetapkan jaminan kesehatan bagi tenaga kerja. Pasal 9 ayat (1) berbunyi, Sbb:

- (1). Besarnya iuran program jaminan sosial tenaga kerja, adalah :
  - a. Jaminan Kecelakaan kerja yang perincian besarnya iuran berdasarkan kelompok jenis usaha sebagaimana tercantum dalam Lampiran 1, antara lain :
    - Kelompok I : 0,24% dari upah sebulan
    - Kelompok II : 0,54% dari upah sebulan
    - Kelompok III : 0,89% dari upah sebulan
    - Kelompok IV : 1,27% dari upah sebulan
    - Kelompok V : 1,74% dari upah sebulan
  - b. Jaminan Hari Tua, sebesar 5,70% dari upah sebulan
  - c. Jaminan Kematian, sebesar 0,30% dari upah sebulan
- (2). Iuran Jaminan Kecelakaan kerja dan Jaminan Kematian ditanggung sepenuhnya oleh pengusaha



## **BAB IX**

### **ANALISA EKONOMI**

Analisa ekonomi diperlukan untuk menentukan jumlah modal yang dibutuhkan untuk mendirikan dan mengoperasikan pabrik serta tinjauan kelayakan suatu pabrik. Faktor-faktor yang perlu ditinjau dalam analisa ekonomi adalah :

1. Investasi yang dibutuhkan untuk pendirian suatu pabrik sampai beroperasi yang dikenal dengan istilah *Total Capital Investment*.
2. Biaya produksi (*Total Production Cost*).
3. Harga jual produk yang dihasilkan.
4. Tinjauan kelayakan dari investasi yang disebut *Profitability Measure of Investment*. Tinjauan kelayakan ini terdiri atas perhitungan laba kotor dan laba bersih, laju pengembalian modal (*Rate of Return*), waktu pengembalian modal (*Pay Out Time*) serta titik impas (*Break Even Point*).

#### **9.1 Total Capital Investment (TCI)**

*Total Capital investment* adalah sejumlah modal yang ditanamkan / diresikokan untuk mendirikan pabrik sampai pabrik siap beroperasi. *Total Capital investment* terbagi 2 yaitu :

a. *Fixed Capital Investment (FCI)*

*Fixed Capital Investment*/ Investasi biaya tetap adalah modal yang dikeluarkan untuk pembelian dan pemasangan peralatan pabrik serta alat penunjang lainnya sehingga pabrik dapat beroperasi.

b. *Working Capital Investment (WCI)*

*Working Capital Investment*/ Investasi biaya kerja adalah modal atau biaya yang dikeluarkan untuk mengoperasikan pabrik sampai menghasilkan produk perdana. Biaya ini dimaksudkan untuk membiayai *start up*, gaji karyawan, pembelian bahan baku, pajak dan kebutuhan lainnya.

Berdasarkan perhitungan Lampiran D didapatkan *Total Capital Investment* seperti pada Tabel 9.1.

**Tabel 9.1** Biaya Komponen *Total Capital Investment*

No	Komponen <i>Total Capital Investment</i>	Biaya (US\$)	Biaya (Rp)
1	<i>Fixed Capital Investment</i>	103.417.511	1.452.498.940.789
2	<i>Work Capital Investment</i>	18.250.149	256.323.342.492
3	<i>Total Capital Investment</i>	121.667.660	1.708.822.282.281

## 9.2 Biaya Produksi (*Total Production Cost*)

Biaya Produksi (*Total Production Cost*) adalah biaya yang diperkirakan untuk menjalankan pabrik. Biaya produksi terbagi 2 yaitu:

### a. *Manufacturing Cost*

*Manufacturing cost* adalah biaya yang berhubungan dengan produksi yang terdiri dari *Direct Production Cost*, biaya tetap (*Fixed Charge*) dan *Plant Overhead Cost*. Berdasarkan perhitungan Lampiran D, didapatkan harga *manufacturing cost* seperti pada Tabel 9.2 berikut.

**Tabel 9.2** Biaya Komponen *Manufacturing Cost*

No	Komponen <i>Manufacturing Cost</i>	Biaya (US\$)
1	<i>Direct Production Cost</i>	68.258.906
2	<i>Fixed Charge</i>	4.790.155
3	<i>Plant Overhead Cost</i>	11.304634

### b. *General Expenses (GE)*

*General expenses* adalah biaya yang diperlukan untuk keperluan administrasi, distribusi, penjualan produk, penelitian dan pembiayaan lainnya. Berdasarkan perhitungan Lampiran D, *general expenses* yang didapatkan adalah US\$ 28.692.653 atau Rp 402.988.309.747.

Jadi harga yang didapat untuk *Total Production Cost* adalah US\$ 113.046.349 atau Rp 1.587.735.977.914

## 9.3 Harga Jual (*Total Sales*)

Produk utama yang dihasilkan pada pabrik *green diesel* dari PFAD ini berupa *green diesel*. Harga jual *green diesel* US\$ 1,78 /L sehingga didapatkan harga penjualan sesuai dengan produk yang dihasilkan sebesar US\$ 116678646,4411

## 9.4 Tinjauan Kelayakan Pabrik

Tinjauan kelayakan pabrik Green Diesel dari PFAD dengan kapasitas bahan baku 100.000 ton/tahun ini dapat dilihat dari 4 bagian berikut ini.

### 9.4.1 Laba Kotor dan Laba Bersih

Laba adalah hasil yang diperoleh dari total penjualan dikurangi total biaya produksi. Laba kotor adalah laba sebelum dikeluarkan pajak sedangkan laba bersih adalah laba yang diperoleh setelah dikeluarkan pajak. Berdasarkan perhitungan Lampiran D, diperoleh laba seperti pada Tabel 9.3 berikut.

**Tabel 9.3** Perhitungan Laba Kotor dan Laba Bersih

No	Komponen	Nominal (US\$)	Nominal (Rp)
1	Laba Kotor	94.640.810	1.329.230.183.113
2	Laba Bersih	82.810.709	1.163.076.410.224

### 9.4.2 Laju Pengembalian Modal (*Rate of Return*)

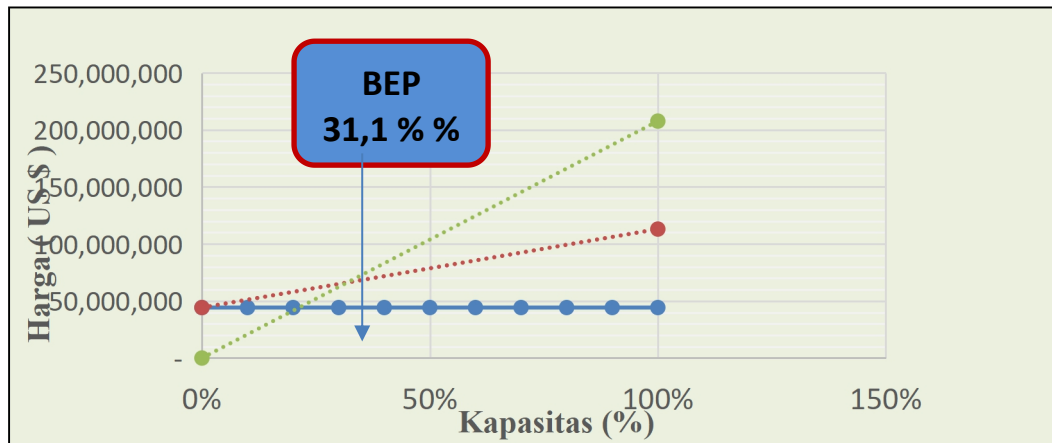
Laju Pengembalian Modal (*Rate of Return /ROR*) merupakan perbandingan antara laba yang diperoleh tiap tahun terhadap modal yang ditanamkan. Berdasarkan perhitungan Lampiran D, didapatkan nilai ROR sebesar 68 %. Hal ini menandakan bahwa pabrik *green diesel* dari PFAD dengan kapasitas bahan baku 100.000 ton/tahun layak untuk didirikan.

### 9.4.3 Waktu Pengembalian Modal (*Pay Out Time*)

Waktu Pengembalian Modal (*Pay Out Time/POT*) merupakan lamanya waktu yang diperlukan untuk mengembalikan modal yang dipinjam. Berdasarkan perhitungan Lampiran D, POT yang didapatkan adalah 2 tahun

### 9.4.4 Titik Impas (*Break Even Point*)

Titik Impas (*Break Event Point / BEP*) atau yang lebih dikenal dengan sebutan titik impas merupakan suatu kondisi dimana hasil penjualan produk sama dengan biaya produksi. Berdasarkan perhitungan Lampiran D didapatkan BEP sebesar 31 %. Hal ini menunjukkan bahwa pada 31 % dari kapasitas produksi yang terjual di pasaran pabrik sudah bisa menutupi biaya produksi atau pabrik dinyatakan baru balik modal. Kurva BEP ini dapat dilihat pada Gambar 9.1.



# **BAB X**

## **TUGAS KHUSUS**

### **10.1 Pendahuluan**

Industri kimia merupakan industri yang mengolah bahan baku menjadi produk dengan memanfaatkan proses-proses kimia. *Green Diesel* merupakan salah satu produk yang dihasilkan dari proses kimia. *Green Diesel* dapat dibuat melalui tiga tahapan proses yaitu persiapan bahan baku, tahapan reaksi, dan tahapan pemurnian produk. Proses pembuatan *Green Diesel* dari *Palm Fatty Acid Distillate* dilakukan dengan reaksi hidrogenasi, dengan dua tahap reaksi, yaitu reaksi dekarboksilasi dan dekarbonilasi.

Perancangan pabrik *Green Diesel* harus mempertimbangkan ketersediaan lahan, bahan baku, dan kebutuhan *Green Diesel* di Indonesia. Pemilihan proses dan peralatan yang digunakan serta pemasaran hasil produksi. Tahapan proses produksi *Green Diesel* meliputi, tahap hidrogenasi, dan tahap pemurnian *Green Diesel*. Sebelum proses produksi berjalan, langkah awal yang terlebih dahulu dilakukan yaitu membuat rancangan peralatan proses yang digunakan.

### **10.2 Ruang Lingkup Rancangan**

Perancangan peralatan proses yang digunakan dalam produksi *Green Diesel* terdiri atas rancangan alat transportasi, perancangan alat perpindahan panas, reaktor dan rancangan peralatan pemisah. Alat transportasi fluida cair berupa pompa, alat perpindahan panas meliputi rancangan *cooler*, *furnace*, reaktor hidrogenasi merupakan tempat terjadinya reaksi kimia antara *Palm Fatty Acid Distillate* dengan Hidrogen menjadi *Green Diesel*, serta rancangan *Flash Drum* sebagai alat pemisah. Rancangan lengkap peralatan proses dapat dilihat pada sub bab rancangan.

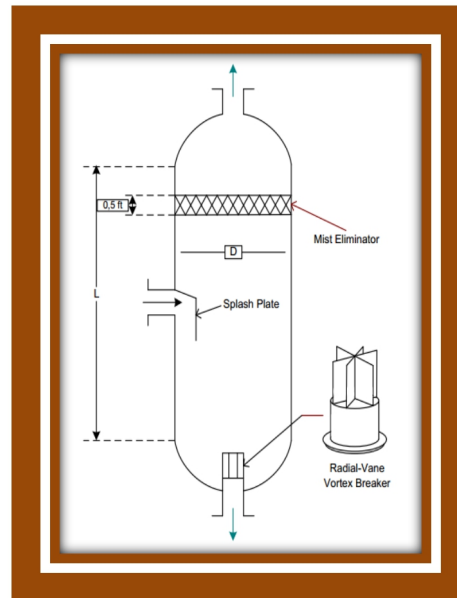
### **10.3 Rancangan**

#### **a) FLASH DRUM**

##### *1. Flash Drum*

Fungsi : Untuk pemisahan fasa gas dari fasa cair

Tipe : Silinder vertikal dengan alas hemispherical  
 Bahan : *Carbon Steel*  
 Jumlah : 1 unit  
 Gambar :



Temperatur : 118°C  
 Tekanan Operasi : 1 atm  
 Laju Alir massa : 104000 Kg/jam  
 Densitas Gas : 0,1779 Kg/m<sup>3</sup>  
 Densitas *Liquid* : 839,564 Kg/m<sup>3</sup>  
 Laju Alir gas : 22180 Kg/jam  
 Laju Alir *Liquid* : 116470132 Kg/jam

- **Kecepatan Maksimum Gas (  $V_t$  )**

$$V_t = 0,3 \frac{ft}{s} \sqrt{\frac{\rho_l - \rho_g}{\rho_g}}$$

$$= 20,6076 \text{ ft/s}$$

$$= 6,281277 \text{ m/s}$$

- **Laju alir Volumetrik gas (  $Q_v$  )**

$$Q_v = \frac{m_{gas}}{\rho_{gas}}$$

$$= 124684,7034 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 34,6346 \text{ m}^3/\text{detik}$$

- **Area Vessel (  $A_t$  )**

$$A_t = \frac{Q_v}{V_t}$$

$$= 5,5139 \text{ m}^2$$

- **Diameter Vessel (  $D$  )**

$$D = \sqrt{\left(\frac{4 \times A_t}{\pi}\right)}$$

$$= 2,65 \text{ m}$$

$$= 104,34 \text{ in}$$

- **Laju alir Volumetrik *Liquid***

$$Q_l = \frac{m_{liquid}}{\rho_{liquid}}$$

$$= 138726,8242 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Waktu tinggal : 300 detik

$$V_l = \frac{Q_l \times t}{1440}$$

$$= 8,0281 \text{ m}^3$$

$$L = D$$

$$\frac{H}{L} = \frac{3}{1}$$

$$H = \frac{3}{1} \times L = \frac{3}{1} \times D$$

$$H = 3 \times D$$

Diameter : 2,6507 m

Tekanan Operasi	: 1 atm
Allowable stress ( <i>S</i> )	: 13700 psi
Join Effisiensi ( <i>E</i> )	: 0,85
Corrosion Allowence ( <i>C</i> )	: 0,015 in/tahun

- **Volume Vessel**

$$V_v = 0,25 \times \pi \times D^2 \times H$$

$$= 43,8409 \text{ m}^3$$

- **Volume Ellipsoidol**

$$H_e = \frac{1}{2} D_t$$

$$= 1,3251 \text{ m}$$

$$V_{\text{ellipsoidol}} = H_e \times D_t^2$$

$$= 9,3080 \text{ m}$$

- **Tebal Vessel**

TABLE 18.4. Formulas for Design of Vessels under Internal Pressure<sup>a</sup>

Item	Thickness <i>t</i> (in.)	Pressure <i>p</i> (psi)	Stress <i>S</i> (psi)	Notes
Cylindrical shell	$\frac{PR}{SE - 0.6P}$	$\frac{SEt}{R + 0.6t}$	$\frac{P(R + 0.6t)}{t}$	$t \leq 0.25D, P \leq 0.385SE$
Flat flanged head (a)	$D\sqrt{0.3P/S}$	$t^2 S/0.3D^2$	$0.3D^2 P/t^2$	
Torispherical head (b)	$\frac{0.885PL}{SE - 0.1P}$	$\frac{SEt}{0.885L + 0.1t}$	$\frac{P(0.885L + 0.1t)}{t}$	$r/L = 0.06, L \leq D + 2t$
Torispherical head (b)	$\frac{PLM}{2SE - 0.2P}$	$\frac{2SEt}{LM + 0.2t}$	$\frac{P(LM + 0.2t)}{2t}$	$M = \frac{3 + (L/r)^{1/2}}{4}$
Ellipsoidal head (c)	$\frac{PD}{2SE - 0.2P}$	$\frac{2SEt}{D + 0.2t}$	$\frac{P(D + 0.2t)}{2t}$	$h/D = 4$
Ellipsoidal head (c)	$\frac{PDK}{2SE - 0.2P}$	$\frac{2SEt}{DK + 0.2t}$	$\frac{P(DK + 0.2t)}{2Et}$	$K = [2 + (D/2h)^2]/6, 2 \leq D/h \leq 6$
Hemispherical head (d) or shell	$\frac{PR}{2SE - 0.2P}$	$\frac{2SEt}{R + 0.2t}$	$\frac{P(R + 0.2t)}{2t}$	$t \leq 0.178D, P \leq 0.685SE$
Toriconical head (e)	$\frac{PD}{2(SE - 0.6P)\cos \alpha}$	$\frac{2SEt\cos \alpha}{D + 1.2t\cos \alpha}$	$\frac{P(D + 1.2t\cos \alpha)}{2t\cos \alpha}$	$\alpha \leq 30^\circ$

<sup>a</sup> Nomenclature: *D* = diameter (in.), *E* = joint efficiency (0.6–1.0), *L* = crown radius (in.), *P* = pressure (psig), *h* = inside depth of ellipsoidal head (in.), *r* = knuckle radius (in.), *R* = radius (in.), *S* = allowable stress (psi), *t* = shell or head thickness (in.).

Notes: Letters in parentheses in the first column refer to Figure 18.16.

Ac

$$= 3,81108 \text{ mm}$$



2. 2. PSA (*pressure swing adsorption*) (PSA-3051)

Fungsi : Memurnikan gas Hidrogen  
 Bahan Konstruksi : *Carbon Steel* (SA240- Garde 304)  
 Bentuk : *Vertical Vessel*  
 Jumlah : 1 unit  
 Gambar :



Data

Temperatur : 30°C  
 Tekanan : 9 bar  
 Laju alir massa : 6,850989454 kg/jam  
 Bulk Density ziolit : 0,66 kg/L  
 Bulk density arang aktif : 0,7 kg/L  
 Densitas Gas : 0,28293kg/m<sup>3</sup>  
 Waktu : 1 jam  
 Jumlah gas yg diserap : 0,124592 kg/jam  
 Faktor keamanan : 20%  
 kapasitas ziolit : 432,6985 ib/ton  
 Kapasitas arang aktif : 362,9588 ib/ton  
 Hindrogen yg diserap : 0,120562 kg/jam

a. Karakteristik adsorben di kolom PSA

Type adsorben yang digunakan zeolit silica = Molecular sieve type 13x (purification) "perry's, tabel 16-5"

TABLE 16-5 Physical Properties of Adsorbents

Material and uses	Shape* of particles	Size range, U.S. standard mesh†	Internal porosity, %	Bulk dry density, kg/L	Average pore diameter, nm	Surface area, km <sup>2</sup> /kg	Sorptive capacity, kg/kg (dry)
Aluminas							
Low-porosity (fluoride sorbent)	G, S	8-14, etc.	40	0.70	~7	0.32	0.20
High-porosity (drying, separations)	G	Various	57	0.85	4-14	0.25-0.36	0.25-0.33
Desiccant, CaCl <sub>2</sub> -coated	G	3-8, etc.	30	0.91	4.5	0.2	0.22
Activated bauxite	G	8-20, etc.	35	0.85	5		0.1-0.2
Chromatographic alumina	G, P, S	80-200, etc.	30	0.93			-0.14
Silicates and aluminosilicates							
Molecular sieves	S, C, P	Various					
Type 3A (dehydration)			~30	0.62-0.68	0.3	~0.7	0.21-0.23
Type 4A (dehydration)			~32	0.61-0.67	0.4	~0.7	0.22-0.26
Type 5A (separations)			~34	0.60-0.66	0.5	~0.7	0.23-0.28
Type 13X (purification)			~38	0.58-0.64	1.0	~0.6	0.25-0.36
Silicatic (hydrocarbons)	S, C, P	Various		0.64-0.76	0.6	~0.4	0.12-0.16
Dealuminated Y (hydrocarbons)	S, C, P	Various		0.48-0.53	0.8	0.5-0.8	0.28-0.42
Mordenite (acid drying)				0.88	0.3-0.8		0.12
Chabazite (acid drying)				0.72	0.4-0.5		0.20
Silica gel (drying, separations)	G, P	Various	38-48	0.70-0.82	2-5	0.6-0.8	0.35-0.50
Magnesium silicate (decolorizing)	G, P	Various	~33	-0.50		0.18-0.30	
Calcium silicate (fatty-acid removal)	P		75-80	-0.20		~0.1	
Clay, acid-treated (refining of petroleum, food products)	G	4-8		0.85			
Fuller's earth (same)	G, P	<200		0.80			
Diatomaceous earth	G	Various		0.44-0.50		~0.002	

Karakteristik :

Bentuk : G(granules)

Ukuran : 1,0 nm

Porosity : 38%

Bulk Density : 580 kg/m<sup>3</sup>

Safety factor, SF : 20%

Faktor penyerapan : 100%

- Menentukan jumlah adsorber yang dibutuhkan

$$W_p = W_a / (1 - F_a)$$

$$W_p = 1492,836 \text{ kg} / (1 - 20\%)$$

$$W_p = 677,0231 \text{ kg}$$

- Kapasitas Kolom, V<sub>k</sub>

$$V = \frac{(\text{Laju alir massa} \times t)}{\text{Densitas}}$$

$$= \frac{\left(0,010075 \frac{\text{kg}}{\text{jam}} \times 1 \text{ jam}\right)}{680 \text{ kg/m}^3}$$

$$= 8,22065 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned}
 V_k &= (1 + f) \times V \\
 &= (1 + 0,2) \times 8,22065 \text{ m}^3 \\
 &= 1,01209 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

- Volume Packing,  $V_{pzeolit}$

$$\begin{aligned}
 V_p &= \frac{W_p}{\rho_{zeolit}} \\
 V_p &= \frac{2698,29 \text{ kg}}{660 \text{ kg/m}^3} \\
 V_p &= 4,347653 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

- Volume Packing,  $V_{parang \text{ aktif}}$

$$\begin{aligned}
 V_p &= \frac{W_p}{\rho_{parang \text{ aktif}}} \\
 V_p &= \frac{2698,29 \text{ kg}}{700 \text{ kg/m}^3} \\
 V_p &= 1,347653 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

- Volume Total

$$V_t = V_k + V_{pzeolit} + V_{parang \text{ aktif}}$$

$$\begin{aligned}
 V_t &= 1,01209 \text{ m}^3 + 4,347653 \text{ m}^3 + 1,347653 \text{ m}^3 \\
 V_t &= 6,707396 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

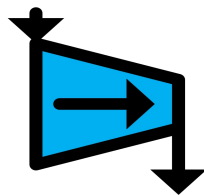
### 3. 3. Kompresor

Fungsi : Menaikkan tekanan H<sub>2</sub> sebelum masuk reaktor

Tipe : Reciprocating Compressor

Bahan : High Alloy Steels SA-340

Gambar :



Data

Laju alir massa (m) = 1000 Kg/jam = 2204,6 Ib/jam

Densitas Hidrogen ( $\rho$ ) = 0.089 Kg/m<sup>3</sup> = 0.0056 Ib/ft<sup>3</sup>

Tekanan masuk P<sub>1</sub> (atm) = 1 atm = 14.406 psi

Tekanan keluar P2 (atm) = 30 atm  
 Faktor keamanan = 10 %  
 Temperatur masuk = 300°C = 240°R

- **Laju alir volumetrik (Qv)**

$$\begin{aligned} Q_v &= m / \rho \\ &= 1000 / 0.089 \\ &= 11235,95506 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 6613,258427 \text{ acfm} \end{aligned}$$

- **Menentukan jenis Compressor**

Dari laju alir volumetrik dan tekanan keluar dapat dilihat jenis Compressor pada grafik dibawah ini (Branan, 2004)

Maka,

- **Head Po**

$$\begin{aligned} H_p &= \left( \frac{z}{\rho} \right) \\ &= 97 \end{aligned}$$

- **Daya ya**

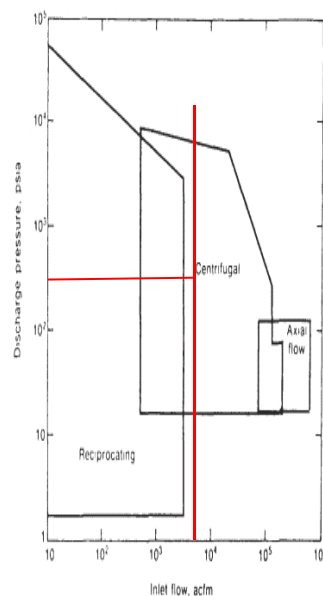
$$P_{gas} = \frac{m}{3}$$

= 0,3 Figure 1. Approximate ranges of application for reciprocating, centrifugal, and axial-flow compressors.

$$= 129,2389 \text{ Hp}$$

Faktor keamanan 10%

$$= 129,2389 \text{ Hp} / 10\%$$



entrifugal Compressor

$$= 143,5987374 \text{ Hp}$$

## BAB XI. KESIMPULAN DAN SARAN

### 11.1 Kesimpulan

Berdasarkan uraian dan hasil perhitungan dari bab-bab sebelumnya pada pra rancangan pabrik *Green Diesel* dari PFAD (*Palm Fatty Acid Distillate*), dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pra Rancangan *Green Diesel* dari PFAD (*Palm Fatty Acid Distillate*) dengan kapasitas 100.000 ton/tahun direncanakan untuk memenuhi kebutuhan dalam dan luar negeri.
2. Dari analisa teknis dan ekonomi yang dilakukan, maka *Green diessel* dari PFAD (*Palm Fatty Acid Distillate*) dengan kapasitas 80.000 ton/tahun, layak didirikan di Desa Santan, Kalimantan Timur.
3. Pra Rancangan *Green Diessel* dari PFAD (*Palm Fatty Acid Distillate*) merupakan perusahaan berbentuk Perseroan Terbatas (PT) dengan struktur organisasi *line and staff* dengan jumlah tenaga kerja 102 orang yang terdiri dari 66 karyawan *shift* dan 36 orang karyawan *non shift*.
4. Dari perhitungan analisa ekonomi, maka Pabrik *Green Diessel* dari PFAD (*Palm Fatty Acid Distillate*) ini layak didirikan dengan :

• <i>Fixed Capital Investment (FCI)</i>	= US\$ 75.061.810
	= Rp 1.054.243.126.442
• <i>Working Capital Investment (WCI)</i>	= US\$ 13.246.202
	= Rp 186.042.904.666
• <i>Total Capital Investment (TCI)</i>	= US\$ 88.308.012
	= Rp 1.240.286.031.108
• <i>Total Sales (TS)</i>	= US\$ 166.158.701
	= Rp 2.333.698.950.600
• <i>Total Production Cost (TPC)</i>	= US\$ 103.632.140
	= Rp 1.455.513.408.738
• <i>Rate of Return (ROR)</i>	= 61 %
• <i>Pay of Time (POT)</i>	= 2 tahun 9 hari

- *Break Event Point (BEP)* = 31%

## 11.2 **Saran**

Berdasarkan pertimbangan dari analisa ekonomi yang telah dilakukan Pabrik *Green Diessel* dari PFAD (*Palm Fatty Acid Distillate*) ini layak untuk dilanjutkan ke tahap rancangan. Untuk itu disarankan kepada pengurus dan pemilik modal untuk dapat mempertimbangkan dan mengkaji ulang tentang pendirian Biodiesel dari PFAD (*Palm Fatty Acid Distillate*).

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonimouss. 2008. Hemiselulosa. <http://isroi.files.wordpress.com> diakses pada 19 januari 2017.
- Amazon.2016. Produk Xylitol. <https://www.amazon.com/Now-Foods-Xylitol-2-5-pound/dp/B0013P3KC6.html> diakses pada 20 januari 2017.
- Bagaskara, I., 2010, *Pengembangan Industri Kertas*, Jakarta, Bumi Aksara.Nigam P, Singh D. 1995. Proses fir fermentative production of Xylitol- a sugar substitute, Pro Biochem 30 :117-124
- Badan Pusat Statistik. 2016. Produksi Jagung Tahun 1993-2015. <https://www.bps..go.id/linkTableDinamis/view/id/868.html> diakses pada 12 januari 2017.
- Coulson. dan Richardson's.2003. *Chemical Engineering Design Volume 6*. R.K Sinnot
- Elander, R. and T. Hsu. 1995. *Processing and Economic Impacts of Biomass Delignification for Ethanol Production*. Appl. Biochem Biotechnol, 51/52,
- Fairus sirin, dkk. 2011. Kajian pembuatan Xylitol dari tongkol jagung melalui proses fermentasi. Al-kaunyah jurnal biologi volume 6 nomor 2.
- Fengel, D. dan Wegener. 1995. *Wood: Chemistry, Ultrastructure, Reactions*. Terjemahan S. Hardjono. UGM. Press, Yogyakarta.
- Gaman, P.M. dan K.B. Sherrington. 1981. *Ilmu Pangan : Pengantar Ilmu Pangan, Nutrisi dan Mikrobiologi*. Diterjemahkan oleh Gardjito, M., S. Naruki, A. Murdiati, Sardjono. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Gong, C.S., C.F. Michae, dan T.S. George, 1991. Conversion of Hemicellulose Carbohydrates. *Di dalam* A. Fietcher (ed). *Advance in Biochemical Engineering* Vol. 20. Spring-Verlag, New York.
- Gonzales, G.J., L. Santin, G. Caminal dan C. Sola. 1985. *Dilute Acid Hydrolysis of Wheat Straw Hemicellulose at Moderate Temperature: A Simplified Kinetic Model*. Biotech. Bioeng. 28 : 288-293.
- Gozan,M., 2007. *Sakarafikasi dan Fermentasi Bagas Menjadi Etanol Menggunakan Enzim Sellulase dan Enzim Sellobiase, Jurnal Teknologi* 8: 43-47.



- Hespell, R. B., Bryan, M. Moniruzzaman, and R. J. Bothast. 1997. *Hydrolysis by Commercial Enzyme Mixtures of AFEX-Treated Corn Fiber and Isolated Xylans*. *Appl. Biochem. Biotechnol.*, 62, 87
- Kern, D.Q. . 1983. *Process Heat Transfer*. McGraw-Hill Book co
- Marcella, D., 2006, *Kayu dan Pemanfaatannya di Bidang Industri Lokal*, Jakarta, Grasindo.
- Mc Cabe, dkk.1993. *Unit Operations of Chemical Engineering fifth Edition*. McGraw-Hill Book co.
- Perry, Robert H. 1997. *Perry's Chemical Engineer's*. McGraw-Hill Book co.
- Peters, Max S dan Timmerhaus, Klaus D. 1991. *Plant Design And Economics For Chemical Engineering*. McGraw-Hill Book co.
- Ramirez, J.A., R. Aguilar dan M. Vazquez. 2002. *Xylose from the Hydrolysis of Sugarcane Bagasse Using Sulphuric Acid at Autoclave Pressure*. *J. Biol. Chem.*, 153, 375.
- Richana, N. 2006. *Kajian Proses Produksi Xilanase dari Isolat Bakteri Alkalofilik Menggunakan Media Xilan Tongkol Jagung*. Disertasi. Sekolah Pascasarjana, IPB, Bogor
- Rosmiati. 2008. *Pemanfaatan Bahan Buangan (Limbah) Tongkol Jagung Untuk Pembuatan Furfural Dengan Metode Destilasi*.
- Sjostrom, E. 1995. *Wood Chemistry*. Jilid II. Diterjemahkan oleh Hardjono S. UGM Press, Yogyakarta.
- Thompson, N.S. 1983. *Hemicellulose As a Biomass Resource*. *Di dalam* Soltes Ed.J. 1983. *Wood and Agricultural Residues. Research on Use for Feed, Fuels, and Chemicals*. Academic Press, New York
- Ullmann. 2000. "Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry".
- Wenzl, H.F.J. 1990. *The Chemical Technology of Wood*. Academic Press, New York.
- Walas, Stanley M. 1990. *Chemical Process Equipment Selection and Design*. Betterworth-Heinemann.
- Whistler, R.L. 1950. *Xylan*. *Di dalam* Hudson, C.S. dan Sidney (eds). *Advances in Carbohydrate Chemistry*. Volume V. General Polysaccharides. Academic Press, New York.

Winarno, F.G. 1984. Kimia Pangan dan Gizi. PT. Gramedia. Jakarta

.

## KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT, karena telah memberikan kesempatan kepada kita untuk dapat menuntut ilmu di muka bumi ini, sehingga pada kesempatan ini berkat keridha'an dan bantuan-Nya penulis telah menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul Pra Rancangan Pabrik Green Diesel dari PFAD dengan kapasitas 100.000 ton/tahun

Adapun tujuan penulisan Tugas Akhir ini adalah dalam rangka memenuhi salah satu syarat akademis untuk menyelesaikan pendidikan di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta.

Pembuatan tugas akhir ini tidak terlepas dari dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Eng. Reni Desmiarti ST., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta Padang.
2. Bapak Dr. Firdaus, ST., MT., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Bung Hatta Padang
3. Ibu Dr. Maria Ulfah, ST., MT., selaku Pembimbing yang telah memberikan arahan dan membagi pengetahuannya hingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Seluruh dosen Teknik Kimia Universitas Bung Hatta yang telah memberikan ilmu pengetahuannya untuk penyelesaian tugas akhir ini.
5. Kedua orang tua penulis yang selalu mendoakan serta telah memberi dukungan moral dan material kepada penulis.
6. Rekan-rekan di Teknik Kimia 17 yang telah meluangkan waktunya untuk berdiskusi dan bertukar pendapat.

Penulis menyadari tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan meskipun penulis telah berusaha semaksimal mungkin. Oleh karena itu, penulis

mengharapkan kritikan dan saran dari pembaca demi perbaikan karya tulis ini.  
Semoga tugas akhir ini bermanfaat bagi kita semua. Amin.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Padang, Juni 2021

Penulis

## LAMPIRAN A. NERACA MASSA

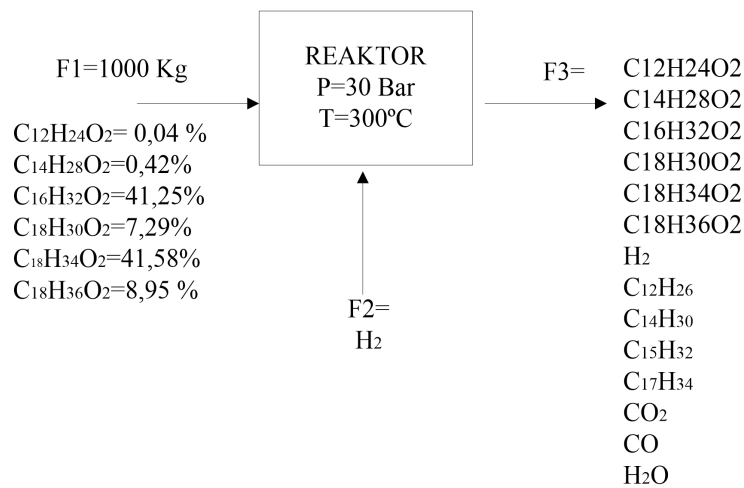
Kapasitas produksi	= 100.000 ton/tahun
	$= 100.000 \frac{\text{ton}}{\text{tahun}} \times \frac{1 \text{ tahun}}{300 \text{ hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}} \frac{1.000 \text{ kg}}{1 \text{ ton}}$
	= 13888,89 kg/jam
Operasi pabrik	= 300 hari/tahun
Basis perhitungan	= 1.000 kg/jam
Produk yang dihasilkan	= 2108,5 kg/jam

### 1. Reaktor

Fungsi: Tempat terjadinya reaksi hidrodeoksigenasi dengan hidrogen membentuk *Green diessel*.

Kondisi Operasi:

- Temperatur : 300°C
- Tekanan : 30 Bar



$$\text{Produk yield (\%)} = \frac{\text{Total area hidrokarbon (C}_8\text{-C}_{17}\text{)}}{\text{Total area produk}} \times 100\%$$

$$85\% = \frac{\text{Total area hidrokarbon (C}_8\text{-C}_{17}\text{)}}{100 \text{ mol}} \times 100\%$$

Total area hidrokarbon (C<sub>8</sub>-C<sub>17</sub>) = 85 mol

$$\text{Diesel selectivity (\%)} = \frac{\text{hydrocarbon fraction (C}_{12}\text{-C}_{17})}{\text{Total area hidrokarbon (C}_{8}\text{-C}_{17})} \times 100\%$$

KOMPONEN C<sub>12</sub>H<sub>28</sub> :

Fraksi mol C<sub>12</sub> = 1,7 Kg

KOMPONEN C<sub>14</sub>H<sub>32</sub>

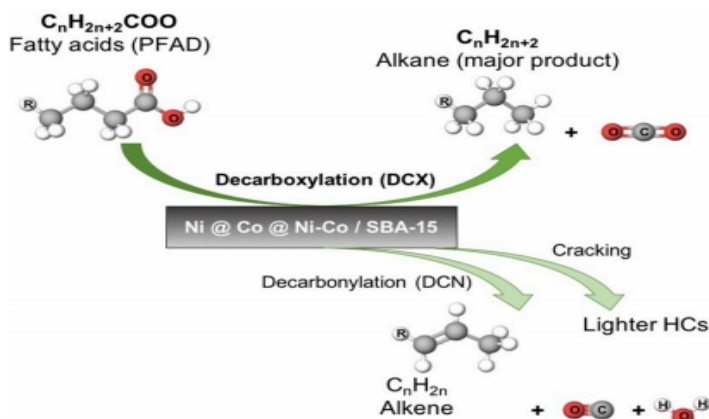
Fraksi mol C<sub>14</sub> = 2,55 Kg

KOMPONEN C<sub>14</sub>H<sub>32</sub>

Fraksi mol C<sub>15</sub> = 5780 Kg

**Table 1**  
Fatty acid composition of PFAD.

Fatty acid	Percentage (%)	Ref [32]	Ref [33]
Lauric acid, C12:0	ND	0.46	0.04
Myristic acid, C14:0	1.0	1.20	0.42
Palmitic acid, C16:0	48.0	46.9	41.25
Stearic acid, C18:0	4.2	4.30	7.29
Oleic acid, C18:1	37.0	36.7	41.58
Linoleic acid, C18:2	9.4	9.03	8.95
Linolenic acid, C18:3	0.4	0.31	ND



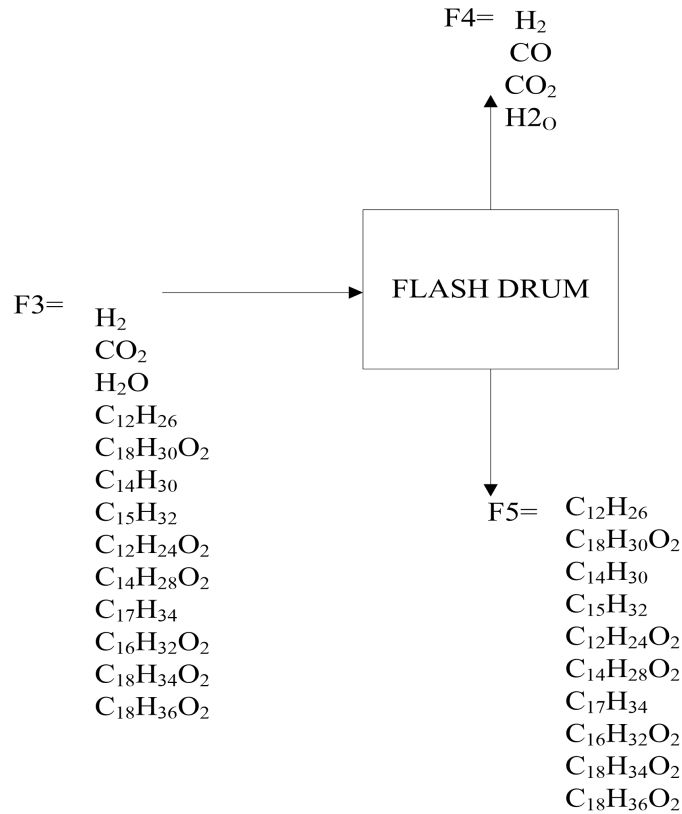
**Tabel LA-1** Neraca Massa Reaktor

KOMPONEN	BM	Komposisi	MASUK				KELUAR	
			F4		F3		F5	
			MOL	massa (kg)	mol	kg	MOL	MASSA (kg)
C <sub>12</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub>	200	0,04	526,999189	2,634995944			1,98E-05	0,003952494
C <sub>14</sub> H <sub>28</sub> O <sub>2</sub>	228	0,42	6308,18029	27,66745741			0,000182	0,041501186
C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	256	41,25	695638,929	2717,339567			0,015922	4,076009351
C <sub>18</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	278	7,38	135151,577	486,1567517			0,002623	0,729235127
C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	282	41,25	766289,758	2717,339567			0,014454	4,076009351
C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	284	9,39	175672,545	618,5652978			0,003267	0,927847947
C <sub>12</sub> H <sub>26</sub>	170						0,000659	0,111987328
C <sub>14</sub> H <sub>30</sub>	198						0,000848	0,167980991
C <sub>15</sub> H <sub>32</sub>	212						1,796023	380,7569139
C <sub>17</sub> H <sub>34</sub>	238						0,635222	151,1828923
H <sub>2</sub>	2				571,2663	1142,53259	329,3745	658,748986
CO <sub>2</sub>	44						63,7548	2805,211412
CO	28						86,58448	2424,365567
H <sub>2</sub> O	18						71,21307	1281,835278
Sub Total			6569,703637		1142,532594		7712,235573	
TOTAL			7712,236232				7712,235573	

## 2. Flash Drum (FD-2051)

Fungsi : Memisahkan gas ( $H_2$ ,  $CO_2$ ,  $CO$ ) keluaran kondensor

Kondisi Operasi : Temperatur  $118^\circ C$ , tekanan 1 atm



Kondisi Operasi:

$T = 391,9175276^\circ K = 118,9175276^\circ C$

$P = 760 \text{ mmhg} = 1 \text{ atm}$

Komponen	$Y_i$	A	B	C	$\log p_i$	$p_i$	$k_i$	$x_i$
$H_2$	0,9205	6,14858	80,948	277,53	5,944397	879826	1157,7	8E-04
$CO_2$	0,0114	7,58828	861,8205	271,88	5,382994	241542	317,82	4E-05
$CO$	0,0478	6,72527	295,2279	268,24	5,962718	917736	1207,5	4E-05
$H_2O$	0,0186	8,05573	1723,6425	233,608	3,166318	1466,6	1,9298	0,01
$C_{12}H_{26}$	4E-07	7,24104	1810,4995	199,381	1,552985	35,726	0,047	8E-06
$C_{18}H_{30}O_2$	3E-06	6,71198	2121,1671	155,984	-1,00412	0,0991	0,0001	0,026
$C_{14}H_{30}$	4E-07	7,38975	1954,0312	183,519	0,928787	8,4876	0,0112	3E-05



C <sub>15</sub> H <sub>32</sub>	0,001 2	7,42974	2026,669 4	178,67 7	0,61957	4,1646	0,005 5	0,2 26
C <sub>12</sub> H <sub>24</sub> O 2	1E-08	7,74121	2288,370 5	172,97 0	-0,0987	0,7967	0,001	1E- 05
C <sub>14</sub> H <sub>28</sub> O 2	1E-07	7,71312	2374,503 1	165,38 1	-0,63903	0,2296	0,000 3	4E- 04
C <sub>17</sub> H <sub>34</sub>	0,000 4	7,89993 2	2328,607 0	172,94 2	-0,07859	0,8345	0,001 1	0,3 42
C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O 2	1E-05	8,17180	2631,456 6	158,34 7	-1,31898	0,048	6E-05	0,1 73
C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O 2	9E-06	7,58656	2271,214 5	169,04 8	-0,30055	0,5006	0,000 7	0,0 14
C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O 2	2E-06	8,32939	2823,187 2	148,61 7	-2,22322	0,006	8E-06	0,2 08
<b>Total</b>	<b>1</b>							<b>1</b>

**Penentuan Distribusi Masing-masing Komponen :**

$$\alpha_i = \frac{Kf}{Khk}$$

Kf : Ki tiap komponen feed

Khk : Ki tiap komponen heavy key

● **Heavy Key (HK)**

D C<sub>15</sub>H<sub>32</sub> 0,001 X 24,48979592 0,02949 Kmol = 5,78 Kg

B C<sub>15</sub>H<sub>33</sub> 0,999 X 24,48979592 29,46031 Kmol = 5774,22 Kg

---

5780 Kg

Log (GB) D = -2,99956549

Log (GB)

● **Light Key (HK)**

Di inginkan distribusi komponen kunci = 99,9000 %

D CO 0,999 X 1140,127976 Kmol 1138,988 Kmol = 31891,65975 Kg

B CO 0,001 X 1140,127976 Kmol 1,140128 Kmol = 31,92358333 Kg

---

31923,58333 Kg

Log (GB) D = 2,999565488

Log (GB)

Komponen	Ki	α <sub>i</sub> (Ki/Khk)	Log α <sub>i</sub>	Log id/ib	id/ib
H <sub>2</sub>	1157,665306	211264,6651	5,324826866		
CO <sub>2</sub>	317,8190594	57999,43802	4,763423786		

CO	1207,546914	220367,66	5,34314786	2,999565488	999
H <sub>2</sub> O	1,929765488	352,166777	2,546748383		
C <sub>12</sub> H <sub>26</sub>	0,047007971	8,578578979	0,933415354		
C <sub>18</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	0,000130337	0,023785504	-1,62368765		
C <sub>14</sub> H <sub>30</sub>	0,01116795	2,038061588	0,309217304		
C <sub>15</sub> H <sub>32</sub>	0,005479692	1	0	-2,99956549	0,001001
C <sub>12</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub>	0,001048314	0,191308916	-0,71826479		
C <sub>14</sub> H <sub>28</sub> O <sub>2</sub>	0,000302106	0,055131935	-1,25859676		
C <sub>17</sub> H <sub>34</sub>	0,001097991	0,200374533	-0,69815748		
C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	6,31257E-05	0,011519944	-1,93854962		
C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	0,000658629	0,120194541	-0,92011526		
C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	7,86987E-06	0,001436189	-2,84278851		

Persamaan VAN WINKLE P-345

$$\text{LOG } \acute{a} = m(\log i/\text{ib})+b$$

Dimana :

$$m = \frac{(\log \acute{a}i)l_k - (\log \acute{a}i)h_k}{(\log id/\text{ib})l_k - (\log id/\text{ib})h_k}$$

$$, m = 0,890653643$$

$$b = (\log \acute{a}i)l_k - m (\log id/\text{ib})l_k$$

$$b = 2,67157393$$

Persamaan menjadi :

$$\text{Log } (id/\text{ib})i = \frac{(\log \acute{a}i - b)}{m}$$

Maka :

$$= \frac{\log \acute{a}i - 2,67157393}{0,890653643}$$

• H<sub>2</sub>

$$\text{LOG } = \frac{(H_2)D}{(H_2)B} = 2,9746$$

$$\frac{(H_2)D}{(H_2)B} = 943,2A$$

$$(H_2) B = 23,24 \text{ kmol} = 46,4 \text{ kg}$$

$$(H_2) D = 21924,2 \text{ kmol} = 43848,4 \text{ kg}$$

- CO<sub>2</sub>

$$\text{LOG} = \frac{(CO_2)D}{(CO_2)B} = 2,4$$

$$\frac{(CO_2)D}{(CO_2)B} = 162,5$$

$$(CO_2) B = 1,66 \text{ kmol} = 73,2 \text{ kg}$$

$$(CO_2) D = 270,41 \text{ kmol} = 11898,1 \text{ kg}$$

- CO

$$\text{LOG} = \frac{(CO)D}{(CO)B} = 2,99$$

$$\frac{(CO)D}{(CO)B} = 999$$

$$(CO) B = 1,14 \text{ kmol} = 31,9 \text{ kg}$$

$$(CO) D = 270,41 \text{ kmol} = 3191,6 \text{ kg}$$

- H<sub>2</sub>O

$$\text{LOG} = \frac{(H_2O)D}{(H_2O)B} = -0,80$$

$$\frac{(H_2O)D}{(H_2O)B} = 0,156$$

$$(H_2O) B = 383,2 \text{ kmol} = 6899 \text{ kg}$$

$$(H_2O) D = 60,08 \text{ kmol} = 1081 \text{ kg}$$

- C<sub>12</sub>H<sub>26</sub>

$$\text{LOG} = \frac{(C_{12}H_{26})D}{(C_{12}H_{26})B} = -2,99$$

$$\frac{(C_{12}H_{26})D}{(C_{12}H_{26})B} = 0,001$$

$$(C_{12}H_{26}) B = 0,008 \text{ kmol} = 1,69 \text{ kg}$$

$$(C_{12}H_{26}) D = 8,5E-06 \text{ kmol} = 0,0017 \text{ kg}$$

- C<sub>18</sub>H<sub>30</sub>O<sub>2</sub>

$$\text{LOG} = \frac{(C_{18}H_{30}O_2)D}{(C_{18}H_{30}O_2)B} = -6,47$$

$$\frac{(C_{18}H_{30}O_2)D}{(C_{18}H_{30}O_2)B} = 3,32$$

$$(C_{18}H_{30}O_2) B = 0,08 \text{ kmol} = 14,08 \text{ kg}$$

$$(C_{18}H_{30}O_2) D = 2,72 \text{ kmol} = 4,68 \text{ kg}$$

- C<sub>14</sub>H<sub>30</sub>

$$\text{LOG} = \frac{(C_{14}H_{30})D}{(C_{14}H_{30})B} = -3,84$$

$$\frac{(C_{14}H_{30})_D}{(C_{14}H_{30})_B} = 0,00014$$

$$(C_{14}H_{30})_B = 0,009 \text{ kmol} = 2,54 \text{ kg}$$

$$(C_{14}H_{30})_D = 1,29 \text{ kmol} = 0,0036 \text{ kg}$$

- $C_{15}H_{32}$

$$\text{LOG} = \frac{(C_{15}H_{32})_D}{(C_{15}H_{32})_B} = -4,26$$

$$\frac{(C_{15}H_{32})_D}{(C_{15}H_{32})_B} = 5,37$$

$$(C_{15}H_{32})_B = 29,48 \text{ kmol} = 5779,619 \text{ kg}$$

$$(C_{15}H_{32})_D = 0,0015 \text{ kmol} = 0,31 \text{ kg}$$

- $C_{12}H_{24}O_2$

$$\text{LOG} = \frac{(C_{12}H_{24}O_2)_D}{(C_{12}H_{24}O_2)_B} = -5,24$$

$$\frac{(C_{12}H_{24}O_2)_D}{(C_{12}H_{24}O_2)_B} = 5,66$$

$$(C_{12}H_{24}O_2)_B = 0,00026 \text{ kmol} = 0,05 \text{ kg}$$

$$(C_{12}H_{24}O_2)_D = 1,49 \text{ kmol} = 3,40 \text{ kg}$$

- $C_{17}H_{34}$

$$\text{LOG} = \frac{(C_{17}H_{34})_D}{(C_{17}H_{34})_B} = -4,967$$

$$\frac{(C_{17}H_{34})_D}{(C_{17}H_{34})_B} = 1,0775E-05$$

$$(C_{17}H_{34})_B = 831978,6 \text{ kmol} = 21298 \text{ kg}$$

$$(C_{17}H_{34})_D = -831969 \text{ kmol} = 3,40 \text{ kg}$$

- $C_{16}H_{32}O_2$

$$\text{LOG} = \frac{(C_{16}H_{32}O_2)_D}{(C_{16}H_{32}O_2)_B} = -6,207$$

$$\frac{(C_{16}H_{32}O_2)_D}{(C_{16}H_{32}O_2)_B} = 6,195E-07$$

$$(C_{16}H_{32}O_2)_B = 419662,6 \text{ kmol} = 99879718,5 \text{ kg}$$

$$(C_{16}H_{32}O_2)_D = -41966242 \text{ kmol} = -9987965 \text{ kg}$$

- $C_{18}H_{34}O_2$

$$\text{LOG} = \frac{(C_{18}H_{34}O_2)_D}{(C_{18}H_{34}O_2)_B} = -5,1895267$$

$$\frac{(C_{18}H_{34}O_2)_D}{(C_{18}H_{34}O_2)_B} = 6,4636E-06$$

$$(C_{18}H_{34}O_2)_B = 34169,52 \text{ kmol} = 9635805,14 \text{ kg}$$

$$(C_{18}H_{34}O_2)_D = -346,3 \text{ kmol} = -9635742,9 \text{ kg}$$

- $C_{18}H_{36}O_2$

$$\text{LOG} \frac{(C_{18}H_{36}O_2)_D}{(C_{18}H_{36}O_2)_B} = -7,111$$

$$\frac{(C_{18}H_{36}O_2)_D}{(C_{18}H_{36}O_2)_B} = 7,7232E-08$$

$$(C_{18}H_{36}O_2)_B = -564696 \text{ kmol} = 14333 \text{ kg}$$

$$(C_{18}H_{36}O_2)_D = -346,3 \text{ kmol} = -14333727 \text{ kg}$$

### Kondisi Top (dew point)

$$T = 613,33594^\circ \text{ K} = 340,3359387^\circ \text{ C}$$

$$P = 1520 \text{ mmhg} = 2 \text{ atm}$$

Komponen	BM	kg/jam	kmol	YD	A	B	C	logpi	pi	ki	yi	$\alpha_{iD}$
H2	2	43848	21924	-0,012	6,149	80,95	278	6,018	1E+06	1370	-9E-06	135
CO2	44	11898	270,41	-2E-04	7,58828	861,8205	271,88	6,181	2E+06	1994	-8E-08	197
CO	28	31892	1139	-6E-04	6,72527	295,2279	268,24	6,24	2E+06	2287	-3E-07	226
H2O	18	1081,6	60,089	-3E-05	8,05573	1723,6425	233,608	5,053	112869	148,5	-2E-07	14,7
C12H26	200	0,0017	9E-06	-5E-12	7,24104	1810,4995	199,381	3,887	7700,2	10,13	-5E-13	1
C18H30O2	172	5E-06	3E-08	-2E-14	6,71198	2121,1671	155,984	2,438	274,28	0,361	-4E-14	0,04
C14H30	278	0,0004	1E-06	-7E-13	7,38975	1954,0312	183,519	3,66	4567,2	6,009	-1E-13	0,59
C15H32	196	0,3108	0,0016	-9E-10	7,42974	2026,6694	178,677	3,525	3348,8	4,406	-2E-10	0,43
C12H24O2	228	3E-07	1E-09	-8E-16	7,74121	2288,3705	172,970	3,283	1919,1	2,525	-3E-16	0,25
C14H28O2	212	2E-06	9E-09	-5E-15	7,71312	2374,5031	165,381	3,018	1041,8	1,371	-4E-15	0,14

C17H34	256	-2E+08	-831970	0,4708	7,899932	2328,6070	172,942	3,363	2307,8	3,037	0,155	0,3
C16H32O2	238	-1E+08	-419662	0,2375	8,17180	2631,4566	158,347	2,895	785,21	1,033	0,23	0,1
C18H34O2	282	-1E+07	-34169	0,0193	7,58656	2271,2145	169,048	3,128	1342,2	1,766	0,011	0,17
C18H36O2	284	-1E+08	-504696	0,2856	8,32939	2823,1872	148,617	2,555	359,29	0,473	0,604	0,05
TOTAL		-5E+08	-2E+06								1	

### Kondisi Bottom (bubble point)

$T = 614,71955^\circ \text{K} = 368,7195491^\circ \text{C}$

$P = 1520 \text{ mmhg} = 2 \text{ atm}$

Komponen	BM	kg/jam	kmol	YD	A	B	C	logpi	pi	ki	yi	$\alpha_{iD}$
H <sub>2</sub>	2	46,49	23,24	1E-05	6,149	80,95	278	6,023	1E+06	694,2	2E-08	93
CO <sub>2</sub>	44	73,21	1,664	9E-07	7,58828	861,8205	271,88	6,243	2E+06	1151	8E-10	154
CO	28	31,92	1,14	6E-07	6,72527	295,2279	268,24	6,262	2E+06	1202	5E-10	161
H <sub>2</sub> O	18	6899	383,3	2E-04	8,05573	1723,6425	233,608	5,194	2E+05	102,9	2E-06	14
C <sub>12</sub> H <sub>26</sub>	200	1,698	0,008	5E-09	7,24104	1810,4995	199,381	4,054	11327	7,452	6E-10	1
C <sub>18</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	172	14,08	0,082	5E-08	6,71198	2121,1671	155,984	2,669	467,1	0,307	1E-07	0
C <sub>14</sub> H <sub>30</sub>	278	2,55	0,009	5E-09	7,38975	1954,0312	183,519	3,851	7102	4,672	1E-09	0,6
C <sub>15</sub> H <sub>32</sub>	196	5780	29,49	2E-05	7,42974	2026,6694	178,677	3,727	5338	3,512	5E-06	0,5
C <sub>12</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub>	228	0,06	3E-04	1E-10	7,74121	2288,3705	172,970	3,517	3286	2,162	7E-11	0,3
C <sub>14</sub> H <sub>28</sub> O <sub>2</sub>	212	0,63	0,003	2E-09	7,71312	2374,5031	165,381	3,267	1851	1,218	1E-09	0,2
C <sub>17</sub> H <sub>34</sub>	256	2E+08	8E+05	0,465	7,899932	2328,6070	172,942	3,601	3990	2,625	0,177	0,4
C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	238	1E+08	4E+05	0,234	8,17180	2631,4566	158,347	3,179	1511	0,994	0,236	0,1

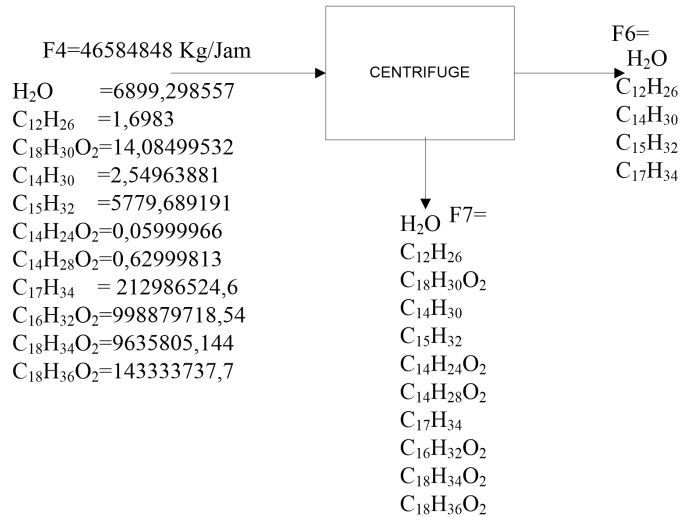
C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	282	1E+07	34170	0,019	7,58656	2271,2145	169,048	3,363	2308	1,518	0,013	0,2
C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	284	1E+08	5E+05	0,282	8,32939	2823,1872	148,617	2,872	745,1	0,49	0,575	0,1
TOTAL			2E+06								1	

**Tabel LA-6 Neraca Massa Flash Drum**

Komponen	f5 masuk	F7 bottom	F6 distilat
H <sub>2</sub>	2891,57387	3,062196554	2888,511674
CO <sub>2</sub>	788,6110556	4,822886614	783,788169
CO	2102,962815	2,102962815	2100,859852
H <sub>2</sub> O	525,7407037	454,4905929	71,25011086
C <sub>12</sub> H <sub>26</sub>	0,111987328	0,11187534	0,000111987
C <sub>18</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	0,927847947	0,927847638	3,08427E-07
C <sub>14</sub> H <sub>30</sub>	0,167980991	0,167957198	2,37933E-05
C <sub>15</sub> H <sub>32</sub>	380,7569139	380,7364394	0,020474486
C <sub>12</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub>	0,003952494	0,003952472	2,24031E-08
C <sub>14</sub> H <sub>28</sub> O <sub>2</sub>	0,041501186	0,041501063	1,23041E-07
C <sub>17</sub> H <sub>34</sub>	151,1828923	14030465,71	-14030314,53
C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	4,076009351	6579566,331	-6579562,255
C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	4,102688685	634757,6868	-634753,5841
C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	0,729235127	9442095,435	-9442094,706
SUBTOTAL	6850,989454	30687731,64	-30680880,65
TOTAL	6850,989454	6850,989454	

### 3. Centrifuge

Centrifuge yang digunakan yaitu tipe *Turbo-cascade sliding centrifuge* yang memiliki kelembaban *cake* hingga 0,01%. Penyaringan menggunakan *centrifuge filter* untuk penghilangan padatan dengan efisiensi 100% terhadap padatan. (Perry's, Hal. 96)



#### Kondisi operasi

Temperatur : 30<sup>0</sup> C

Tekanan : 1 atm

#### Neraca massa komponen :

##### ➤ Aliran F4

H <sub>2</sub> O	= 0,3635 kg/jam
C <sub>12</sub> H <sub>26</sub>	= 8,9500 kg/jam
C <sub>18</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	= 0,00074 kg/jam
C <sub>14</sub> H <sub>30</sub>	= 0,00013 kg/jam
C <sub>15</sub> H <sub>32</sub>	= 0,3045 kg/jam
C <sub>12</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub>	= 3,1619 kg/jam
C <sub>14</sub> H <sub>28</sub> O <sub>2</sub>	= 3,3200 kg/jam
C <sub>17</sub> H <sub>34</sub>	= 11224,3725 kg/jam
C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	= 5263,653 kg/jam
C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	= 507,8061 kg/jam
C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	= 7553,676 kg/jam



➤ **Aliran F6**

H <sub>2</sub> O	= 0,3635 kg/jam
C <sub>12</sub> H <sub>26</sub>	= 8,9489 kg/jam
C <sub>14</sub> H <sub>30</sub>	= 0,000134 kg/jam
C <sub>15</sub> H <sub>32</sub>	= 0,30455 kg/jam
C <sub>17</sub> H <sub>34</sub>	= 11223,04 kg/jam

➤ **Aliran F7**

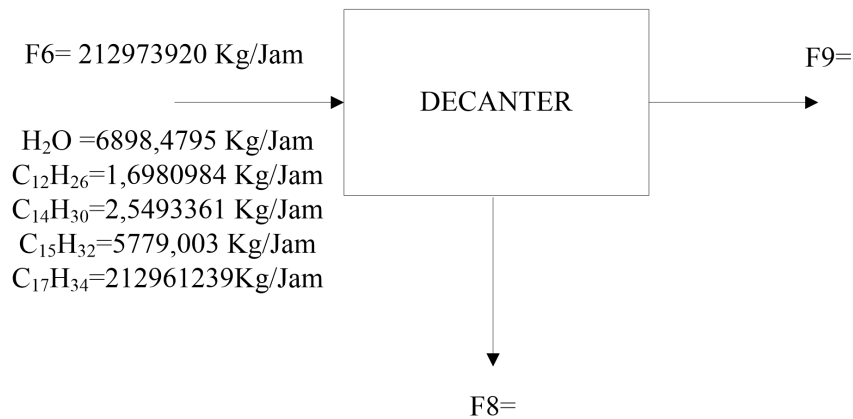
H <sub>2</sub> O	= 4,3266 kg/jam
C <sub>12</sub> H <sub>26</sub>	= 1,0625 kg/jam
C <sub>18</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	= 0,00074 kg/jam
C <sub>14</sub> H <sub>30</sub>	= 1,5952 kg/jam
C <sub>15</sub> H <sub>32</sub>	= 3,6161 kg/jam
C <sub>12</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub>	= 3,1619 kg/jam
C <sub>14</sub> H <sub>28</sub> O <sub>2</sub>	= 3,32009 kg/jam
C <sub>17</sub> H <sub>34</sub>	= 1,33256 kg/jam
C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	= 52,63,6530 kg/jam
C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	= 507,80614 kg/jam
C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	= 7553,6763 kg/jam

**Tabel A.20 Neraca Massa *Centrifuge***

KOMPONEN	BM	MASUK		KELUAR			
		F7 UMPAN		F9 FILTRAT		F8 SLURRY	
		kmol	massa (kg)	kmol	massa (kg)	kmol	massa (kg)
H <sub>2</sub> O	18	25,24947738	454,490593	25,24647974	454,4366353	0,002997641	0,0539575
C <sub>12</sub> H <sub>26</sub>	200	0,000559377	0,11187534	0,00055931	0,111862058	6,64097E-08	1,328E-05
C <sub>18</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	172	0,005394463	0,92784764	0	0	0,005394463	0,9278476
C <sub>14</sub> H <sub>30</sub>	278	0,000604163	0,1679572	0,000604091	0,167937258	7,17267E-08	1,994E-05
C <sub>15</sub> H <sub>32</sub>	196	1,942532854	380,736439	1,942302235	380,691238	0,000230619	0,0452014
C <sub>12</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub>	228	1,73354E-05	0,00395247	0	0	1,73354E-05	0,0039525
C <sub>14</sub> H <sub>28</sub> O <sub>2</sub>	212	0,00019576	0,04150106	0	0	0,00019576	0,0415011
C <sub>17</sub> H <sub>34</sub>	256	54806,5067	14030465,7	54800,00002	14028800	6,506677466	1665,7094
C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	238	27645,23668	6579566,33	0	0	27645,23668	6579566,3
C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	282	2250,913783	634757,687	0	0	2250,913783	634757,69
C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	284	33246,81491	9442095,44	0	0	33246,81491	9442095,4
SUB TOTAL		30687721,65		14029635,41		16658086,23	
TOTAL		30687721,65		30687721,65			

#### 4. Decanter

Fungsi : Memisahkan produk  $C_{15}H_{32}$  dengan produk samping lainnya.



Total umpan = 212973920 kg/jam

Efisiensi Alat = 95 %

Kondisi Operasi:

$T = 30^{\circ}C$

$T = 2$  jam

**Neraca massa komponen :**

➤ **Aliran F6**

$H_2O = 0,3635$  kg/jam  
 $C_{12}H_{26} = 8,9489$  kg/jam  
 $C_{14}H_{30} = 0,000134$  kg/jam  
 $C_{15}H_{32} = 0,30455$  kg/jam  
 $C_{17}H_{34} = 11223,04$  kg/jam

**Aliran F8**

$H_2O = 0,3599138$  kg/jam  
 $C_{12}H_{26} = 8,859$  kg/jam  
 $C_{14}H_{30} = 1,343$  kg/jam  
 $C_{15}H_{32} = 0,0030455$  kg/jam  
 $C_{17}H_{34} = 112,2304$  kg/jam

➤ **Aliran F9**

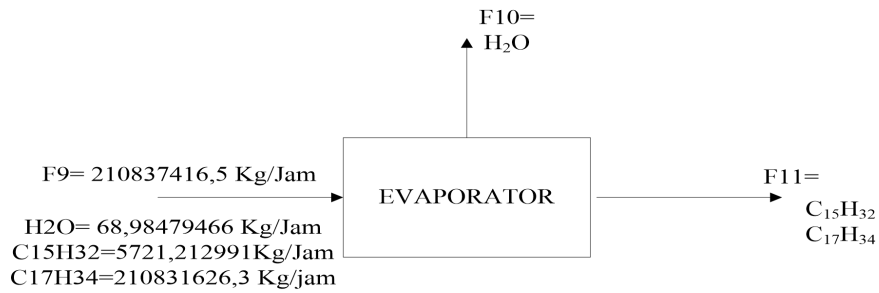
$\text{H}_2\text{O}$  = 0,0036 kg/jam  
 $\text{C}_{12}\text{H}_{26}$  = 8,948 kg/jam  
 $\text{C}_{14}\text{H}_{30}$  = 0,0001 kg/jam  
 $\text{C}_{15}\text{H}_{32}$  = 0,3015 kg/jam  
 $\text{C}_{17}\text{H}_{34}$  = 11111 kg/jam

**Tabel 4.4** Neraca Massa *Decanter*

KOMPONEN	BM	MASUK		KELUAR			
		F9		F10		F11	
		kmol	massa( kg)	kmol	massa (kg)	kmol	massa (kg)
$\text{H}_2\text{O}$	18	25,24648	454,436635	24,99401	449,892269	0,252465	4,544366353
$\text{C}_{12}\text{H}_{26}$	200	0,0005593	0,11186206	0,000554	0,110743438	5,59E-06	0,001118621
$\text{C}_{14}\text{H}_{30}$	278	0,0006041	0,16793726	6,04E-06	0,001679373	0,000598	0,166257885
$\text{C}_{15}\text{H}_{32}$	196	1,9423022	380,691238	0,019423	3,80691238	1,922879	376,8843257
$\text{C}_{17}\text{H}_{34}$	256	54800	14028800	548	140288	54252	13888512
SUB TOTAL		14029635,41		140741,8117		13888893,6	
TOTAL		14029635,41		14029635,41			

## 5. Evaporator

Fungsi : Menghilangkan air dari *green diesel*.



### Kondisi Operasi

Temperatur :  $100^\circ\text{C}$

Tekanan :  $1 \text{ atm}$

### Neraca massa komponen :

#### ➤ Aliran F9

$H_2O = 0,0036 \text{ kg/jam}$

$C_{15}H_{32} = 0,3015 \text{ kg/jam}$

$C_{17}H_{34} = 11111 \text{ kg/jam}$

#### ➤ Aliran F10

$H_2O = 0,00352 \text{ kg/jam}$

#### ➤ Aliran F11

$H_2O = 0,001091 \text{ kg/jam}$

$C_{15}H_{32} = 0,3015075 \text{ kg/jam}$

$C_{17}H_{34} = 11110,81 \text{ kg/jam}$

**Tabel 4.5** Neraca Massa Evaporator

Komponen	BM	MASUK		KELUAR			
		F11		F12		F13	
		kmol	massa (kg)	kmol	massa (kg)	kmol	massa (kg)
H <sub>2</sub> O	18	0,2524 65	4,5443663 53	0,2448 91	4,4080353 63	0,0075 74	0,1363 31
C <sub>15</sub> H <sub>32</sub>	212	1,7777 56	376,88432 57			1,7777 56	376,88 433
C <sub>17</sub> H <sub>34</sub>	238	58355, 09	13888512			58355, 09	13888 512
SUB TOTAL		13889		0,004408035		13888,88903	
TOTAL		13889		13889			

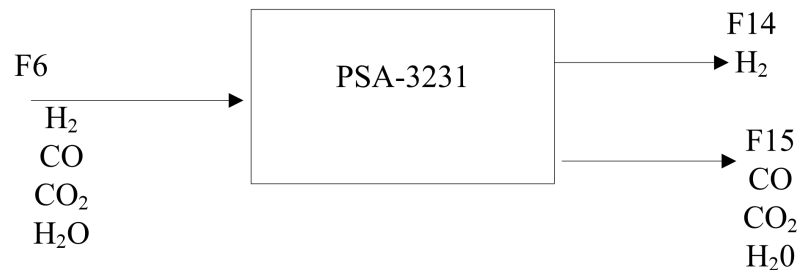
## 6. Pressure Swing Adsorption

Fungsi: Untuk memisahkan gas Hidrogen dalam campuran gas.

### Kondisi Operasi

Temperatur : 30°C

Tekanan : 1 atm



### Neraca massa total :

$$\text{Aliran F6} = \text{Aliran F14} + \text{Aliran F15}$$

$$210837416,5 \text{ Kg/Jam} = \text{Aliran F14} + \text{Aliran F15}$$

### Neraca massa komponen :

#### ➤ Aliran F6

$$\text{H}_2\text{O} = 0,057 \text{ kg/jam}$$

$$\text{H}_2 = 2,310809 \text{ kg/jam}$$

$$\text{CO}_2 = 0,627031 \text{ kg/jam}$$

$$\text{CO} = 1,680688 \text{ kg/jam}$$

➤ **Aliran F14**

$$\begin{aligned} \text{H}_2 &= 2,310809 \text{ kg/jam} \times 99\% \\ &= 2,287701 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{H}_2\text{O} &= 0,057 \text{ kg/jam} \times 1\% \\ &= 0,00057 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{CO}_2 &= 0,627031 \text{ kg/jam} \times 1\% \\ &= 0,00627 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{CO} &= 1,680688 \text{ kg/jam} \times 1\% \\ &= 0,01681 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

➤ **Aliran F15**

$$\begin{aligned} \text{H}_2 &= 2,310809 \text{ kg/jam} \times 1\% \\ &= 0,02310809 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{H}_2\text{O} &= 0,057 \text{ kg/jam} \times 99\% \\ &= 0,05643 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{CO}_2 &= 0,627031 \text{ kg/jam} \times 99\% \\ &= 0,0620760 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{CO} &= 1,680688 \text{ kg/jam} \times 99\% \\ &= 1,663881 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

**Tabel LA-10** Neraca Massa *Pressure Swing Adsorption*

KOMPONE N	BM	MASUK		KELUAR			
		F6		F14		F15	
		Kmol	Massa	Kmol	Massa	Kmol	Massa
H <sub>2</sub>	2	1444,25 6	2888,51 2	1429,81 3	2859,62 7	14,4425 6	28,8851 2
H <sub>2</sub> O	18	3,95833 9	71,2501 1	0,07916 7	1,42500 2	3,87917 3	69,8251 1
CO	28	75,0307 1	2100,86	3,00122 8	84,0343 9	72,0294 8	2016,82 5
CO <sub>2</sub>	44	17,8133 7	783,788 2	0,53440 1	23,5136 5	17,2789 7	760,274 5
Sub Total		5844,409806		2968,599598		2875,810207	
TOTAL		5844,409806		5844,409806			

## LAMPIRAN B

### NERACA ENERGI

➤ Persamaan yang digunakan untuk menghitung nilai panas (Q)

- Menggunakan data Cp dalam bentuk konstanta

$$Q = m C_p \Delta T \quad (\text{Himmelblau, Pers. 23.12, Hal. 693})$$

Data Cp konstanta dapat diperoleh dari Perry's *Chemical Handbook* Vol.7 hal 354. Sedangkan data Cp konstanta untuk bahan yang dihitung berdasarkan gugus fungsi dapat dilihat pada buku Perry's *Chemical Handbook* Vol.7 hal 354.

- Menggunakan data Cp yang dipengaruhi temperatur.

Data Cp yang dipengaruhi oleh temperatur dapat diperoleh dari buku David M. Himmelblau *Basic Principles and Calculating in Chemical Engineering* Ed.5<sup>th</sup> hal 677.

$$Q = m \int C_p \Delta T \quad (\text{Himmelblau, Pers. 23.12, Hal. 693})$$

$$- C_p^o = a + b(T) + c(T)^2 + d(T)^3$$

$$- C_p = [a \times (T_2 - T_1)] + \left[ \frac{b}{2} \times (T_2^2 - T_1^2) \right] + \left[ \frac{c}{3} \times (T_2^3 - T_1^3) \right] + \left[ \frac{d}{4} \times (T_2^4 - T_1^4) \right]$$

➤ Persamaan yang digunakan untuk menghitung panas reaksi (Qr)

$$Q_R = -\Delta H_R \quad (\text{Himmelblau, Pers. 25.1, Hal.770})$$

$$- \Delta H_R = \Delta H_R^o + (\Delta H \text{ produk} - \Delta H \text{ reaktan})$$

$$- \Delta H_R^o = \Delta H_f^o \text{ produk} - \Delta H_f^o \text{ reaktan}$$

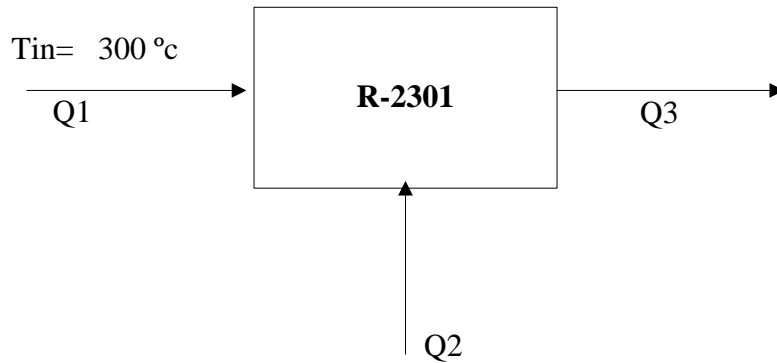
$$- \Delta H \text{ produk} = \sum(m \cdot C_p \cdot \Delta T) \text{ produk}$$

$$- \Delta H \text{ reaktan} = \sum(m \cdot C_p \cdot \Delta T) \text{ reaktan}$$



### 1.Reaktor Hidrodeoksigenasi (R-2301)

Fungsi : untuk merekasikan hydroge dan memotong ikatan karbon degan menambahkan hydrogen suhu 300 C



#### ➤ Input

- $Q_1$

$$T_{ref} \quad 25^{\circ}\text{C} = 298,00 \text{ K}$$

$$T_{in} \quad 300^{\circ}\text{C} = 573,00 \text{ K}$$

**Tabel B.3** Energi pada  $Q_1$  Reaktor 2301

KOMPONEN	kmol	CP. dT (Kj/Kmol.K)	Q (KJ)
$\text{C}_{12}\text{H}_{24}\text{O}_2$	526,9991888	126111,1931	66460496
$\text{C}_{14}\text{H}_{28}\text{O}_2$	6308,18029	163608,4834	1,03E+09
$\text{C}_{16}\text{H}_{32}\text{O}_2$	695638,9292	203544,097	1,42E+11
$\text{C}_{18}\text{H}_{30}\text{O}_2$	135151,577	188149,4996	2,54E+10
$\text{C}_{18}\text{H}_{34}\text{O}_2$	766289,7579	211319,3106	1,62E+11
$\text{C}_{18}\text{H}_{36}\text{O}_2$	175672,5446	213710,8666	3,75E+10
TOTAL		3675953,867	

- $Q_2$

$$T_{in} \quad = 300^{\circ}\text{C} (303 \text{ K})$$

$$T_{ref} \quad = 25^{\circ}\text{C} (298 \text{ K})$$

**Tabel B.4** Energi pada  $Q_2$  Reaktor 2301

KOMPONEN	Kmol	CP. dT (Kj/Kmol.K)	Q (KJ)
$\text{H}_2$	571,2662972	-87660788,68	-5E+10
TOTAL		-500776,5416	

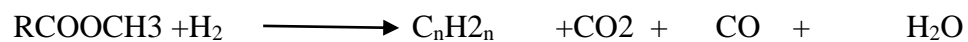
➤ Q out put

$$T_{\text{out}} = 300^{\circ}\text{C} \text{ (298 K)}$$

$$T_{\text{ref}} = 25^{\circ}\text{C} \text{ (298 K)}$$

KOMPONEN	kmol	CP. dT (Kj/Kmol.K)	Q (KJ)
C <sub>12</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub>	1,97625E-05	126111,1931	2,492269
C <sub>14</sub> H <sub>28</sub> O <sub>2</sub>	0,000182023	163608,4834	29,78047
C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	0,015921912	203544,097	3240,811
C <sub>18</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	0,002623148	188149,4996	493,544
C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	0,014453934	211319,3106	3054,395
C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	0,00326707	213710,8666	698,2084
H <sub>2</sub>	329,374493	-87660788,68	-2,9E+10
C <sub>12</sub> H <sub>26</sub>	0,000658749	122663,6058	80,80453
C <sub>14</sub> H <sub>30</sub>	0,000848389	139164,016	118,0652
C <sub>15</sub> H <sub>32</sub>	1,796023179	151007,3514	271212,7
C <sub>17</sub> H <sub>34</sub>	0,635222236	173867,8867	110444,7
CO	86,58448453	512220,0764	44350311
CO <sub>2</sub>	63,75480482	-4493739,582	-2,9E+08
H <sub>2</sub> O	71,21307101	22513,09776	1603227
TOTAL		-291133,824	

Reaksi



$$\text{M} : 695638,9292 + 571,2663$$

$$\text{B} : 695638,9133 - 329,3745 \quad 2,431245 \quad 63,7548 \quad 86,58448 \quad 71,21307$$

$$\text{S} : 0,015921912 \quad 329,3745 \quad 2,431245 \quad 63,7548 \quad 86,58448 \quad 71,21307$$

➤ Panas Reaksi

$$\Delta H_R = \Delta H_R^{\circ} + (Q_{\text{produk}} - Q_{\text{reaktan}})$$

$$\Delta H_R = -52643,73942 + -512685891$$

$$\Delta H_R = 512633247,1 \text{ kj}$$

Q Produk

Komponen	Kmol	CP	Q
C <sub>n</sub> H <sub>2n</sub>	2,431245415	151007,35	367135,9307
CO	86,58448453	512220,08	44350311,29
CO <sub>2</sub>	63,75480482	-4493739,6	-286497490

H2O	71,21307101	22513,098	1603226,829
TOTAL	-240176815,9		

### Q Reaktan

Komponen	Kmol	CP	Q
RCOOCH3	695638,9292	203544,1	1,41593E+11
H2	571,2662972	-87660789	-5,0078E+10
TOTAL	91515543513		

$$\Delta H = \Delta H_R + (Q \text{ Produk} - Q \text{ Reaktan})$$

$$= 512633247,1 + -9,1756E+10$$

$$= -91243087081$$

$$Q_r = 9124308,708 \text{ kg/jam}$$

Beban Panas Reaktor

$$\Delta Q = Q_3 - (Q_1 + Q_2 + Q_3)$$

$$= -291122,824 - 12299486$$

$$= -12590619,86 \text{ kJ}$$

Kebutuhan Air dingin

$$T_{in} = 27^\circ\text{C} = 300 \text{ K}$$

$$T_{out} = 50^\circ\text{C} = 323 \text{ K}$$

$$CP = 1505,578147 \text{ KJ}$$

$$M = \frac{-12590619,86}{-36443,30229}$$

$$= 345,4851527 \text{ kmol}$$

$$M = 354,4851527 \text{ kmol}$$

$$M = 6218,732748 \text{ Kg}$$

Air Pendingin Masuk

$$Q \text{ cooler in} = n \cdot cp \cdot \Delta T$$

$$= 1716902,708 \text{ kJ/jam}$$

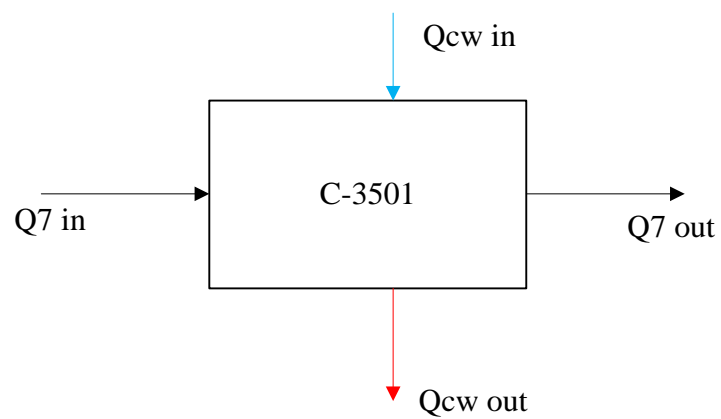
$$Q \text{ cooler out} = n \cdot cp \cdot \Delta T$$

$$= 14307522,57 \text{ kJ/jam}$$

**Tabel B.5** Neraca Energi *Reaktor* 1101

Aliran	masuk (Kj/jam)	keluar (Kj/jam)
Q1	3675953,867	
Q2	-500776,5416	
Q3		-291133,824
Qreaksi	9124308,708	
Qcooler in	1716902,708	
Qcooler out		14307522,57
TOTAL	14016388,74	14016388,74

## 2. Cooler (C-3501)



- **Aliran Panas Masuk (Q7 in)**

Q7 in

Tref = 25°C = 298 °K

Tin = 118°C = 391 °K

KOMPONEN	kmol	CP. dT (Kj/Kmol.K)	Q (KJ)
C <sub>12</sub> H <sub>26</sub>	0,000559	36674,68382	20,51496
C <sub>18</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	0,005394	58462,25454	315,3725
C <sub>14</sub> H <sub>30</sub>	0,000604	42512,501	25,68446
C <sub>15</sub> H <sub>32</sub>	1,942533	45828,74365	89023,84
C <sub>12</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub>	1,73E-05	38869,94176	0,673826
C <sub>14</sub> H <sub>28</sub> O <sub>2</sub>	0,000196	50815,74541	9,947677
C <sub>17</sub> H <sub>34</sub>	54806,51	53111,38865	2,91E+09
C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	27645,24	63233,95341	1,75E+09
C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	2250,914	66110,95393	1,49E+08
C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	33246,81	66510,73754	2,21E+09
H <sub>2</sub> O	25,24948	7007,668311	176940
TOTAL		70193,1386	

● **Aliran Panas Keluar (Q7 out)**

Q7 out

$$T_{ref} = 25^{\circ}\text{C} = 298 \text{ }^{\circ}\text{K}$$

$$T_{in} = 40^{\circ}\text{C} = 313 \text{ }^{\circ}\text{K}$$

KOMPONEN	kmol	CP. dT (Kj/Kmol.K)	Q (KJ)
C <sub>12</sub> H <sub>26</sub>	0,000559	5691,057107	3,181301
C <sub>18</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	0,005394	9127,108522	49,23162
C <sub>14</sub> H <sub>30</sub>	0,000604	6618,669263	3,997676
C <sub>15</sub> H <sub>32</sub>	1,942533	7106,621739	13804,85
C <sub>12</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub>	1,73E-05	6028,88508	0,1043
C <sub>14</sub> H <sub>28</sub> O <sub>2</sub>	0,000196	7889,12221	1,546268
C <sub>17</sub> H <sub>34</sub>	54806,51	8239,954797	4,52E+08
C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	27645,24	9800,103626	2,71E+08
C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	2250,914	10331,63762	23255626
C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	33246,81	10301,34238	3,42E+08
H <sub>2</sub> O	25,24948	1131,035968	28558,07
TOTAL		10883,14192	

**Beban Panas pada cooler (C – 3501)**

$$\Delta Q = Q_{out} - Q_{in}$$

$$= -59309,9976 \text{ Kj/Jam}$$

### **Kebutuhan Air Pendingin**

$$T_{in} = 28^0 \text{ C} \quad (301 \text{ K})$$

$$T_{out} = 50^0 \text{ C} \quad (323 \text{ K})$$

$$T_{ref} = 25^0 \text{ C} \quad (298,1 \text{ K})$$

jumlah air pendingin yang dibutuhkan

$$\begin{aligned} n_s &= \frac{\Delta Q}{\int C_p dT} \\ &= \frac{-59309,99668 \text{ Kj/Jam}}{29,29427009 \text{ kJ/kmol}} \\ &= 1,627459449 \text{ kmol/jam} \\ m_s &= 29,29427009 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

jumlah air pendingin yang masuk (Qw in)

$$\begin{aligned} Q_w \text{ in} &= n \times C_p \times dT \\ &= 8087,727 \text{ Kj/jam} \end{aligned}$$

jumlah air pendingin yang keluar (Qw out)

$$\begin{aligned} Q_w \text{ out} &= n \times C_p \times dT \\ &= 67397,72 \text{ Kj/Jam} \end{aligned}$$

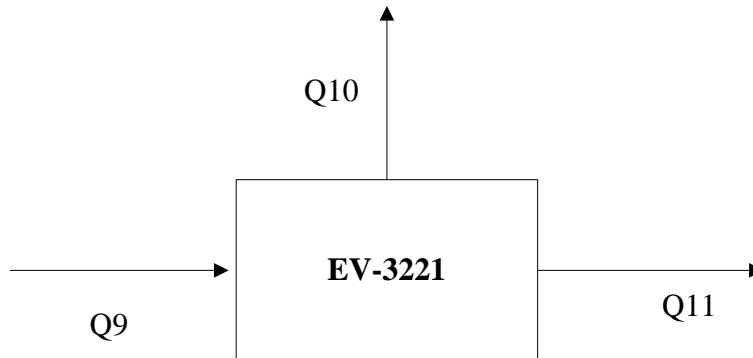
**Tabel LB.5 Neraca Energi Cooler (C-3501)**

KOMPONEN	masuk (kj/jam)	keluar (kj/jam)
Q4 IN	70193,1386	
Q4 OUT		10883,14192
Qcw in	8087,72682	
Qcw out		67397,7235
TOTAL	78280,86542	78280,86542

### **3.Evaporator (EV-3221)**

Fungsi : Menaikan temepatur air dari temperature 30°C menjadi 150°C

KOMPONEN	kmol	CP. dT (Kj/Kmol.K)	Q (KJ)
H <sub>2</sub> O	3,832488592	377,5027992	1446,775
C <sub>15</sub> H <sub>32</sub>	26,98685373	2356,154121	63585,19
C <sub>17</sub> H <sub>34</sub>	885847,1694	2732,024927	2,42E+09
TOTAL	24202,21581		



➤ **Input**

- **Q<sub>1</sub>**

T<sub>ref</sub> 25°C = 298,00 K

T<sub>in</sub> 30°C = 303,00 K

**Tabel B.9** Energi pada Q<sub>1</sub> *Evaporator* 1103

➤ **Output**

- **Q<sub>2</sub>**

T<sub>out</sub> = 155 (388 K)

T<sub>ref</sub> = 25°C (298 K)

**Tabel B.10** Energi pada Q<sub>2</sub> *Heater*1103

KOMPONEN	kmol	CP. dT (Kj/Kmol.K)	Q (KJ)
H <sub>2</sub> O	3,717513935	3051,469635	11343,88
TOTAL	0,113438809		

**Q<sub>3</sub>**

T<sub>out</sub> = 155 (388 K)

$$T_{\text{ref}} = 25^{\circ}\text{C} \text{ (298 K)}$$

**Tabel B.10** Energi pada  $Q_3$  Evaporator 1103

KOMPONEN	kmol	CP. dT (Kj/Kmol.K)	Q (KJ)
H <sub>2</sub> O	0,114974658	6779,453374	779,4653
C <sub>15</sub> H <sub>32</sub>	26,98685373	44284,67643	1195104
C <sub>17</sub> H <sub>34</sub>	885847,1694	51323,5346	4,55E+10
TOTAL		454660,0373	

### Beban Panas pada Evaporator (EV – 3221)

$$\begin{aligned} \Delta Q &= Q_{\text{out}} - Q_{\text{in}} \\ &= 430457,9349 \text{ Kj/Jam} \end{aligned}$$

### Kebutuhan Udara Panas

$$\begin{aligned} T_{\text{in}} &= 120^{\circ}\text{C} \quad (301 \text{ K}) \\ T_{\text{out}} &= 115^{\circ}\text{C} \quad (323 \text{ K}) \\ T_{\text{ref}} &= 25^{\circ}\text{C} \quad (298,1 \text{ K}) \end{aligned}$$

jumlah udara panas yang dibutuhkan

$$\begin{aligned} n_s &= \frac{\Delta Q}{\int C_p dT} \\ &= \frac{430457,9349 \text{ Kj/Jam}}{152,4957695 \text{ kJ/kmol}} \\ &= 2822,753289 \text{ kmol/jam} \\ m_s &= 4404,857162 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

jumlah udara panas yang masuk ( $Q_{\text{in}}$ )

$$\begin{aligned} Q_{\text{in}} &= n \times C_p \times dT \\ &= 8122207,065 \text{ Kj} \end{aligned}$$

jumlah udara panas yang keluar ( $Q_{\text{out}}$ )

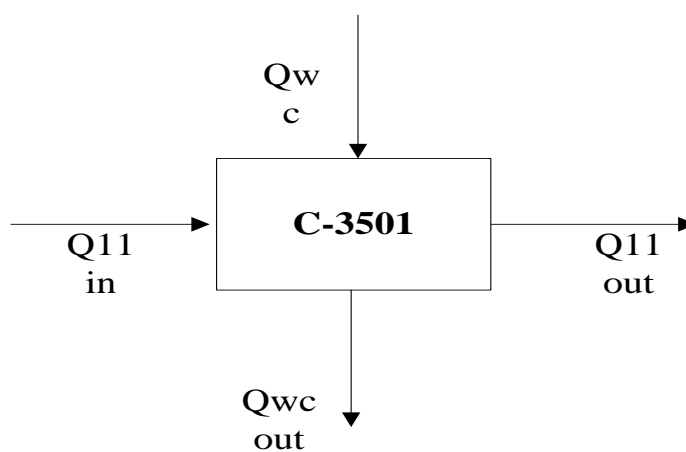
$$\begin{aligned} Q_{\text{out}} &= n \times C_p \times dT \\ &= 7691749,13 \text{ Kj} \end{aligned}$$



**Tabel B.29** Neraca energi Evaporator

KOMPONEN	MASUK	KELUAR
Q9	24202,21581	
Q10		0,113438809
Q11		454660,0373
Qu in	8122207,065	
Qu out		7691749,13
TOTAL	8146409,281	8146409,281

**4.Cooler (3502)**



➤ **Input**

- $Q_1$

$$T_{in} = 115^{\circ}\text{C} = 388 \text{ K}$$

$$T_{ref} = 25^{\circ}\text{C} = 298 \text{ K}$$

**Tabel B.12** Energi pada  $Q_1$  Cooler

KOMPONEN	Kmol	CP. dT (Kj/Kmol.K)	Q (KJ)
$\text{C}_{15}\text{H}_{32}$	1,777756253	44284,67643	78727,36043

C <sub>17</sub> H <sub>34</sub>	58355,09246	51323,5346	2994989607
TOTAL	299506833,4		

➤ **Output**

• **Q<sub>2</sub>**

$$T_{in} = 30^{\circ}\text{C} (303 \text{ K})$$

$$T_{ref} = 25^{\circ}\text{C} (298\text{K})$$

**Tabel B.13** Energi pada Q<sub>2</sub> Cooler

KOMPONEN	Kmol	CP. dT (Kj/Kmol.K)	Q (KJ)
C <sub>15</sub> H <sub>32</sub>	1,777756253	2356,154121	4188,668
C <sub>17</sub> H <sub>34</sub>	58355,09246	51323,5346	2,99E+09
TOTAL	299499379,5		

**Beban Panas pada cooler (C – 3503)**

$$\begin{aligned} \Delta Q &= Q_{out} - Q_{in} \\ &= -7453,86927 \text{ Kj/Jam} \end{aligned}$$

**Kebutuhan Air Pendingin**

$$\begin{aligned} T_{in} &= 28^{\circ}\text{C} && (301 \text{ K}) \\ T_{out} &= 50^{\circ}\text{C} && (323 \text{ K}) \\ T_{ref} &= 25^{\circ}\text{C} && (298,1 \text{ K}) \end{aligned}$$

jumlah air pendingin yang dibutuhkan

$$\begin{aligned} n_s &= \frac{\Delta Q}{\int c_p dT} \\ &= \underline{7453,86927 \text{ Kj/Jam}} \\ &1505,578 \text{ kJ/kmol} \\ &= 0,00198 \text{ kmol/jam} \\ m_s &= 0,035646 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

jumlah air pendingin yang masuk (Q<sub>w in</sub>)

$$\begin{aligned} Q_{w in} &= n \times C_p \times dT \\ &= 1016,436719 \text{ Kj/jam} \end{aligned}$$

jumlah air pendingin yang keluar (Q<sub>w out</sub>)

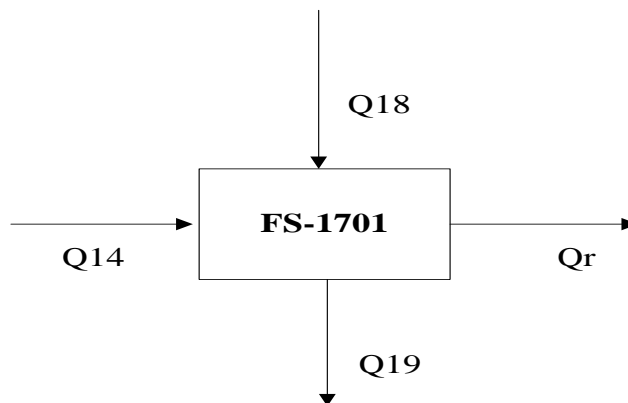
$$Q_w \text{ out} = n \times C_p \times dT$$

$$= 8470,30599 \text{ Kj/Jam}$$

**Tabel LB.7** Neraca Energi Cooler (C-3503)

Komponen	Masuk	keluar
Q11 in	299506,8334	
Q11 out		299499,3795
Qcw in	1,016436719	
Qcw out		8,47030599
TOTAL	299507,8498	299507,8498

### 5.Furnes (FS-1701)



Jumlah batu bara yang di butuhkan :

$$\Delta Q = m \times C_p \times \Delta T$$

$$M = \frac{\Delta Q}{C_p \times \Delta T}$$

$$C_p \times \Delta T$$

Diketauin :

Komponen	Massa		Cp	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	Q
	(Kg/jam)	%	(KJ/Kg.K)	(K)	(K)	(KJ)
C	66,47899766	63,160%	1,026	303	298	341,04
H <sub>2</sub>	4,831190946	4,590%	0,654	303	298	15,80
O <sub>2</sub>	11,91486141	11,320%	0,134	303	298	7,98
S	0,842052056	0,800%	3,748	303	298	15,78
Ash	11,93588351	11,340%	4,687	303	298	279,72
N <sub>2</sub>	1,115728707	1,060%	0,423	303	298	2,36
H <sub>2</sub> O	8,136235534	7,730%	4,038	303	298	164,27
<b>TOTAL</b>	<b>105,2549498</b>	<b>100,00%</b>				<b>826,95</b>

Cp Batu bara = 1,260 J/kg.k = 1,26/ Kg.k

$$T_1 = 24 \text{ } ^\circ\text{C} = 298 \text{ K}$$

$$T_2 = 300 \text{ } ^\circ\text{C} = 573 \text{ K}$$

$$\Delta T = 275 \text{ K}$$

$$M = \frac{\Delta Q}{C_p \times \Delta T}$$

$$M = \frac{367595,6509}{1,26 \times 275 \text{ Kj/Jam}}$$

$$M = 848,707071 \text{ kg/jam}$$

$$M = 84,8707071 \text{ ton/jam}$$

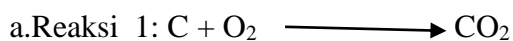
$$M = 84,8707071 \text{ ton/jam}$$

$$M = 84,8707071 \text{ ton/jam}$$

Tabel LB-14 Komposisi Panas Masuk (Q10)

## 2. Panas Keluar

Panas Reaksi



komponen	massa (kg/jam)	BM	mol (kmol/am)	A	B	C	D	E	T <sub>2</sub>	T <sub>1</sub>	Q (J/jam)	Q (kJ/jam)
C	670,0534711	12	55,83778926	-0,832	3,48E-02	-1,32E-05	0	0	303,15	298,15	-38,949299	-0,03894993
O <sub>2</sub>	1786,809256	32	55,83778926	29,526	-8,90E-03	3,81E-05	-3,2629E-08	8,8607E-12	303,15	298,15	8230,01146	8,23001146

### Komposisi massa keluar

komponen	massa (kg/jam)	BM	mol (kmol/am)	A	B	C	D	E	T <sub>2</sub>	T <sub>1</sub>	Q (J/jam)	Q (kJ/jam)
CO <sub>2</sub>	2456,862727	12	204,7385606	27,437	4,23E-02	-1,96E-05	4,00E-09	-2,99E-13	573,15	298,15	2386541,668	2386,541668

### Perhitungan Panas Reaksi

$$\Delta H_{R^{\circ}} = \Delta H_{R^{\circ}} + (\Delta H \text{ Produk} - \Delta H \text{ Reaktan})$$

$$\Delta H_{R^{\circ}} = \sum \Delta H_{F^{\circ}} \text{ Produk} - \sum \Delta H_{F^{\circ}} \text{ Reaktan}$$

Diketahui :

$$\Delta H_{F^{\circ}} \text{ C} = 0$$

$$\Delta H_{F^{\circ}} \text{ O}_2 = 0$$

$$\Delta H_{F^{\circ}} \text{ CO}_2 = -393509 \text{ J}$$

$$\Delta H_{R^{\circ}} = 393,509 \text{ KJ}$$

$$\Delta H_{R^{\circ}} \text{ Produk} = 2386,541668 \text{ kj}$$

$$\Delta H_{R^{\circ}} \text{ Reaktan} = 8,19106153$$

$$\Delta H_{R^{\circ}} = \Delta H_{R^{\circ}} + (\Delta H \text{ Produk} - \Delta H \text{ Reaktan})$$

$$\Delta H_{R1} = 393,509 + 2378,350606$$

$$\Delta H_{R1} = 2771,859696$$

Jika Q<sub>r</sub> (+) maka ΔH<sub>R</sub> (-)

Jika Q<sub>r</sub> (-) maka ΔH<sub>R</sub> (+)

Maka,

$$\Delta H_{r(870)} = 2771,859696 \text{ KJ}$$

$$Q_{r1}(870^{\circ}\text{C}) = 2771,859696 \text{ KJ}$$



Komposisi massa masuk :

komponen	massa (kg/jam)	BM	mol (kmol/am)	A	B	C	D	E	T <sub>2</sub>	T <sub>1</sub>	Q (J/jam)	Q (kJ/jam)
S	8,487190285	32	0,265224696	2,003	1,20E-01	1,62E-04	0	0	303,15	298,15	0,819574317	0,000819574
O <sub>2</sub>	8,487190285	32	0,265224696	29,526	-8,90E-03	3,81E-05	-3,2629E-08	8,8607E-12	303,15	298,15	39,09184658	0,039091847

Komposisi masa keluar

komponen	massa (kg/jam)	BM	mol (kmol/am)	A	B	C	D	E	T <sub>2</sub>	T <sub>1</sub>	Q (J/jam)	Q (kJ/jam)
SO <sub>2</sub>	16,97438057	64	0,265224696	29,637	3,47E-02	9,29E-06	-2,99E-08	1,09E-11	573,15	298,15	3234,541149	3,234541149

Perhitungan Panas Reaksi :

$$\Delta H_R = \Delta H_R^o + (\Delta H \text{ produk} - \Delta H \text{ reaktan})$$

$$\Delta H_R^o = \sum \Delta H_f^o \text{ produk} - \sum \Delta H_f^o \text{ reaktan}$$

Diketahui :

$$\Delta H_f^o S = 0$$

$$\Delta H_f^o O_2 = 0$$

$$\Delta H_f^o SO_2 = -296.830 \text{ J} = -296,830 \text{ KJ}$$

(Sumber : Smith Van Ness Hal 652 Tabel C4)

$$\Delta H_R^o = 0 - (-296,830)$$

$$\Delta H_R^o = 296,830 \text{ KJ}$$

$$\Delta H_R \text{ produk} = 3,234541149 \text{ KJ}$$

$$\Delta H_R \text{ reaktan} = 0,039911421 \text{ KJ}$$

$$\Delta H_{R2} = \Delta H_R^o + (\Delta H \text{ produk} - \Delta H \text{ reaktan})$$

$$\Delta H_{R2} = 296,830 \text{ KJ} + (3,234541149 \text{ KJ} - 0,039911421 \text{ KJ})$$

$$\Delta H_{R2} = 300,0246297 \text{ KJ}$$

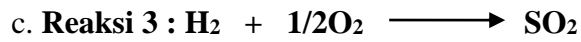
Jika Q<sub>r</sub> (+) maka ΔH<sub>R</sub> (-)

Jika Q<sub>r</sub> (-) maka ΔH<sub>R</sub> (+)

Maka,

$$\Delta H_r(870^\circ\text{C}) = 300,0246297 \text{ KJ}$$

$$Q_{r2} (870^{\circ}\text{C}) = - 300,0246297 \text{ KJ}$$



**Komposisi massa masuk :**

komponen	massa (kg/jam)	BM	mol (kmol/am)	A	B	C	D	E	T <sub>2</sub>	T <sub>1</sub>	Q (J/jam)	Q (kJ/jam)
H <sub>2</sub>	48,69442045	2	24,34721023	2,003	1,20E-01	1,62E-04	0	0	303,15	298,15	75,235634	0,075235634
O <sub>2</sub>	389,5553636	32	12,17360511	29,526	-8,90E-03	3,81E-05	-3,2629E-08	8,8607E-12	303,15	298,15	1794,285034	1,794285034

**Komposisi massa keluar**

komponen	massa (kg/jam)	BM	mol (kmol/am)	A	B	C	D	E	T <sub>2</sub>	T <sub>1</sub>	Q (J/jam)	Q (kJ/jam)
H <sub>2</sub> O	438,2497841	18	24,34721023	27,437	4,23E-02	-1,96E-05	4,00E-09	-2,99E-13	573,15	298,15	283804,0451	283,8040451

**Perhitungan Panas Reaksi :**

$$\Delta H_R = \Delta H_R^o + (\Delta H \text{ produk} - \Delta H \text{ reaktan})$$

$$\Delta H_R^o = \sum \Delta H_f^o \text{ produk} - \sum \Delta H_f^o \text{ reaktan}$$

Diketahui :

$$\Delta H_f^o \text{ H} = 0$$

$$\Delta H_f^o \text{ O}_2 = 0$$

$$\Delta H_f^o \text{ H}_2\text{O} = -285.830 \text{ J} = -285,830 \text{ KJ}$$

(Sumber : Smith Van Ness Hal 652 Tabel C4)

$$\Delta H_R^o = 0 - (-285,830)$$

$$\Delta H_R^o = 285,830 \text{ KJ}$$

$$\Delta H_R \text{ produk} = 283,8040451 \text{ kJ}$$

$$\Delta H_R \text{ reaktan} = 1,869520668 \text{ KJ}$$

$$\Delta H_{R3} = \Delta H_R^o + (\Delta H \text{ produk} - \Delta H \text{ reaktan})$$

$$\Delta H_{R3} = 285,830 \text{ KJ} + (283,8040451 \text{ KJ} - 1,869520668 \text{ KJ})$$

$$\Delta H_{R3} = 567,7645245 \text{ KJ}$$

Jika Qr (+) maka  $\Delta H_R$  (-)

Jika Qr (-) maka  $\Delta H_R$  (+)

Maka,

$$\Delta H_r(870^\circ\text{C}) = 567,7645245 \text{ KJ}$$

$$Q_{r3}(870^\circ\text{C}) = 567,7645245 \text{ KJ}$$

$$Q_{r\text{total}}(870^\circ\text{C}) = Q_{r1} + Q_{r2} + Q_{r3}$$

$$= - \text{ KJ} + (- 618,2110145 \text{ KJ}) + (-28769,54595 \text{ KJ})$$

$$= -153224,8266 \text{ KJ}$$

Panas dari udara (Q11)

$$Q_{10} + Q_{11} = Q_{12} + Q_r$$

$$Q_{11} = Q_{12} + Q_r - Q_{10}$$

$$Q_{11} = 8,334,93 \text{ KJ} + 20,142,09 \text{ KJ} - 53249,5557 \text{ KJ}$$

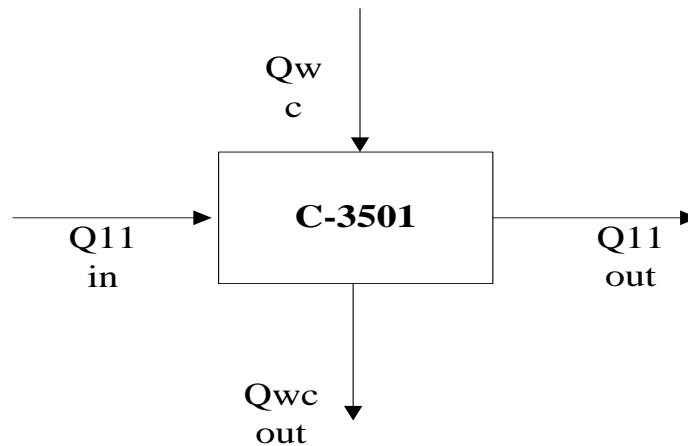
$$Q_{11} = 65.057,61 \text{ KJ}$$



Tabel LB.13 Neraca Energi Pada Furnace

KOMPONEN	Simbol	Q Masuk (kJ)	Q Keluar (kj)
Panas yang di bawak oleh umpan fine coal	Q16	826,9460569	
Udara	Q17	1358926,072	
panas reaksi	Qr		-838663,3134
gas panas yang di bawa ke evaporator	Q18		2198416,331
<b>Total</b>		<b>1359753,018</b>	<b>1359753,018</b>

**6.Cooler (3502)**



➤ **Input**

- $Q_1$

$T_{in} = 300^{\circ}\text{C} = 573 \text{ K}$

$T_{ref} = 25^{\circ}\text{C} = 298 \text{ K}$

**Tabel B.12** Energi pada  $Q_1$  Cooler

KOMPONEN	kmol	CP. dT (Kj/Kmol.K)	Q (KJ)
O <sub>2</sub>	0,111467223	0,576404181	0,06425
Ash :		0	0
· SiO <sub>2</sub>	0,059543151	10,21007494	0,60794
· Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,020161499	0	0
· Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,002032832	-0,045457499	-9,2E-05
· CaO	0,077323707	0,929633925	0,071883
· MgO	0,002675805	3,108487738	0,008318
CO <sub>2</sub>	4,823095211	9,502593871	45,83191
N <sub>2</sub>	48,88178941	0,010306312	0,503791
H <sub>2</sub> O	2,496562751	0,398174853	0,994069
SO <sub>2</sub>	0,022909287	9,32745187	0,213685
<b>TOTAL</b>		<b>48,29575798</b>	

➤ **Output**

• **Q<sub>2</sub>**

$$T_{in} = 115^{\circ}\text{C} \text{ (298 K)}$$

$$T_{ref} = 25^{\circ}\text{C} \text{ (298K)}$$

**Tabel B.13** Energi pada Q<sub>2</sub> Cooler

KOMPONEN	kmol	CP. dT (Kj/Kmol.K)	Q (KJ)
O <sub>2</sub>	0,111467223	0,067511639	0,007525
Ash :	0	0	0
· SiO <sub>2</sub>	0,059543151	3,687664628	0,219575
· Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,020161499	0	0
· Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,002032832	-0,01075068	-2,2E-05
· CaO	0,077323707	0,359661934	0,02781
· MgO	0,002675805	1,120167661	0,002997
CO <sub>2</sub>	4,823095211	3,422498466	16,50704
N <sub>2</sub>	48,88178941	-0,052942889	-2,58794
H <sub>2</sub> O	2,496562751	-0,006845102	-0,01709
SO <sub>2</sub>	0,022909287	3,307381001	0,07577
TOTAL		14,23565971	

**Beban Panas pada cooler (C – 3502)**

$$\Delta Q = Q_{out} - Q_{in}$$

$$= -34,0601 \text{ Kj/Jam}$$

**Kebutuhan Air Pendingin**

$$T_{in} = 28^{\circ}\text{C} \quad (301 \text{ K})$$

$$T_{out} = 50^{\circ}\text{C} \quad (323 \text{ K})$$

$$T_{ref} = 25^{\circ}\text{C} \quad (298,1 \text{ K})$$

jumlah air pendingin yang dibutuhkan

$$n_s = \frac{\Delta Q}{\int c_p dT}$$

$$= \frac{-34,0601 \text{ Kj/Jam}}{1656,514 \text{ kJ/kmol}}$$

$$= 0,00093 \text{ kmol/jam}$$

$$= 0,00093 \text{ kmol/jam}$$

$$m_s = 0,01682 \text{ kg/jam}$$

jumlah air pendingin yang masuk ( $Q_w \text{ in}$ )

$$Q_w \text{ in} = n \times C_p \times dT$$

$$= 4,64456 \text{ Kj/jam}$$

jumlah air pendingin yang keluar ( $Q_w \text{ out}$ )

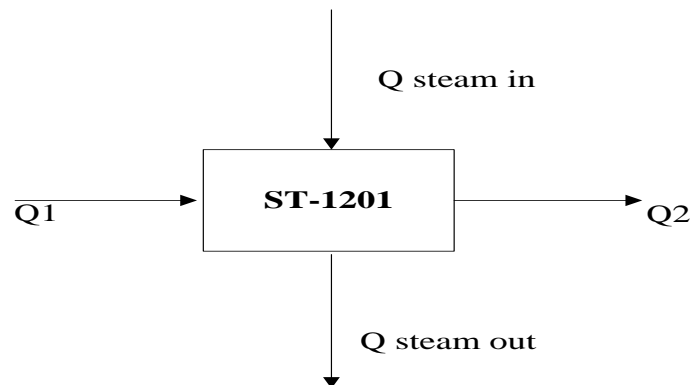
$$Q_w \text{ out} = n \times C_p \times dT$$

$$= 38,7047 \text{ Kj/Jam}$$

**Tabel LB.9** Neraca Energi Cooler (C-3502)

Aliran	Masuk (Kj)	Keluar (Kj)
Qudara panas in	48,29575798	
Qudara panas out		14,23565971
Qcw in	4,644558854	
Qcw out		38,70465712
TOTAL	52,94031683	52,94031683

### 7.Storek PFAD (3111)



#### ➤ Input

- $Q_1$

$$T_{in} = 30^\circ\text{C} = 303 \text{ K}$$

$$T_{ref} = 25^\circ\text{C} = 298 \text{ K}$$

KOMPONEN	kmol	CP. dT (Kj/Kmol.K)	Q (KJ)
$C_{12}H_{24}O_2$	526,9992	1998,352137	1053129,955
$C_{14}H_{28}O_2$	6308,18	2615,138513	16496765,22
$C_{16}H_{32}O_2$	695638,9	3247,671498	2259206723
$C_{18}H_{30}O_2$	135151,6	3028,834702	409351786,3
$C_{18}H_{34}O_2$	766289,8	3428,812318	2627463761
$C_{18}H_{36}O_2$	175672,5	3413,410781	599642557,5
TOTAL		5913214,723	

➤ **Output**

• **Q<sub>2</sub>**

$$T_{in} = 40^{\circ}\text{C} \text{ (313 K)}$$

$$T_{ref} = 25^{\circ}\text{C} \text{ (298K)}$$

KOMPONEN	kmol	CP. dT (Kj/Kmol.K)	Q (KJ)
C <sub>12</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub>	526,9992	6028,88508	3177217,547
C <sub>14</sub> H <sub>28</sub> O <sub>2</sub>	6308,18	7889,12221	49766005,23
C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	695638,9	9800,103626	6817333592
C <sub>18</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	135151,6	9127,108522	1233543110
C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	766289,8	10331,63762	7917028093
C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	175672,5	10301,34238	1809663029
<b>TOTAL</b>		17830511,05	

**Beban Panas pada Tangki Penyimpanan PFAD (ST – 1201)**

$$\Delta Q = Q_{out} - Q_{in}$$

$$= 11917296,32 \text{ Kj/Jam}$$

**Kebutuhan Udara Panas**

$$T_{in} = 70^{\circ}\text{C} \quad (343 \text{ K})$$

$$T_{out} = 40^{\circ}\text{C} \quad (313 \text{ K})$$

$$T_{ref} = 25^{\circ}\text{C} \quad (298,1 \text{ K})$$

jumlah udara panas yang dibutuhkan

$$n_s = \frac{\Delta Q}{\int C_p dT}$$

$$= \frac{11917296,32 \text{ Kj/Jam}}{906,209976 \text{ kJ/kmol}}$$

$$= 13150,7009 \text{ kmol/jam}$$

$$= 13150,7009 \text{ kmol/jam}$$

$$m_s = 379859,449 \text{ kg/jam}$$

jumlah udara panas yang masuk (Q<sub>u in</sub>)

$$Q_{u in} = n \times C_p \times dT$$

$$= 17856774,37 \text{ Kj}$$

jumlah udara panas yang keluar (Qu in)

$$\begin{aligned} Q_{u \text{ out}} &= n \times C_p \times dT \\ &= 5939478 \text{ Kj} \end{aligned}$$

**Tabel LB.3** Neraca Energi Tangki penyimpanan PFAD (ST-1201)

Aliran	Masuk (Kj)	Keluar (Kj)
Q1 in	5913214,723	
Q1 out		17830511,05
Qu in	17856774,37	
Qu out		5939478,045
TOTAL	23769989,09	23769989,09

## LAMPIRAN C SPESIFIKASI PERALATAN PROSES DAN UTILITAS

### A. Spesifikasi Alat Proses

#### 1. Reaktor (R-2501)

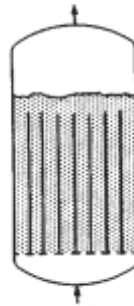
Fungsi : Tempat mereaksikan PFAD dan Hidrogen

Tipe : Multitube reaktor

Bahan : *Low Alloy Steel*

Jumlah : 1 unit

Gambar :



(a)

Data :

- Laju alir Umpan : 5255,7629kg/jam
- Laju alir gas : 914,03kg/jam
- Densitas H<sub>2</sub> : 89,88kg/m<sup>3</sup>
- Densitas Umpan : 886 kg/m<sup>3</sup>
- Temperatur : 300 °C
- Tekanan : 30 atm
- Waktu reaksi : 20 menit

- Volume Liquid

$$V_c = \frac{m}{\rho}$$
$$= 5,934383289\text{m}^3/\text{jam}$$

- Volume Gas

$$\begin{aligned} V &= \text{massa}/\rho \\ &= 10,16940449\text{m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Maka, Volume totalnya

$$\begin{aligned} &= V_o \text{ Liquid} + V_o \text{ gas} \\ &= 5,934383289 + 10,16940449 \\ &= 16,10378778\text{m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

● Volume Tube

untuk menentukan besarnya reaktor maka dipakai pendekatan PFR (Plug Flow Reactor)

$$\begin{aligned} V_r &= V \times \tau \\ &= 16,10378778\text{m}^3/\text{jam} \times 0,3 \\ &= 48,31136333\text{m}^3 \end{aligned}$$

Faktor keamanan 20%

$$\begin{aligned} &= 48,31136333\text{m}^3 \times 1,2 \\ &= 57,96525764 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Volume tube

$$\begin{aligned} &= \text{Jumlah katalis}/\text{densitas} + \text{rongga antar katalis} \\ &= 146 \text{ kg} / 780 + 30\% \\ &= 0,487179 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Dari buku kern tabel 11 dipilih pipa

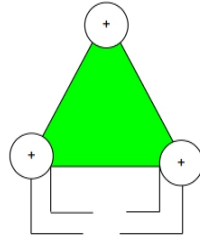
$$\begin{aligned} \text{ODt} &= 6,025 \text{ in} \\ \text{IDt} &= 6,025 \text{ in} \\ a'' &= 0,01838 \text{ m} \\ L &= 4 \text{ m} \end{aligned}$$

Jumlah tube

$$\begin{aligned} &= ( \text{Volume katalis} + \text{Volume umpan} ) / a'' \times L \\ &= 596 \text{ buah} \end{aligned}$$

Tube akan disusun triangular pitch

Direncanakan tube disusun dengan pola *triangular pitch*.



$$P_t \text{ (Pitch)} : 1,25 \cdot OD_t \quad (\text{Kern, 1965})$$

$$C \text{ (Clearance)} : P_t - OD_t \quad (\text{Kern, 1965})$$

Susunan tube yang dipilih adalah *triangular pitch*, dengan alasan:

- Turbulensi yang terjadi pada susunan tube segitiga sama sisi lebih besar dibandingkan dengan susunan persegi, karena fluida yang mengalir di antara pipa yang letaknya berdekatan akan langsung menumbuk pipa yang terletak pada deretan berikutnya.
- Koefisien perpindahan panas konveksi (h) pada susunan segitiga 25% lebih tinggi dibandingkan dengan fluida yang mengalir dalam shell pada susunan persegi.

(Agra, 1988)

$$PT = 1,25 \times OD_t$$

$$= 8,28125 \text{ in}$$

$$C' = PT - OD_t$$

$$= 1,65625 \text{ in}$$

Maka diameter Shell

$$ID_s = \sqrt{\frac{2 \cdot N_T \cdot 0,5 \cdot \sin 60 \cdot P_T^2}{\pi/4}}$$

$$= 52,612 \text{ in}$$

$$= 1,33635 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi Reaktor} = \text{Tinggi Tube}$$

$$= 4,876859303 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi Ellip} = 0,812809884 \text{ m}$$

• **Tekanan Cairan,  $P_c$**

$$P_c = \rho \cdot g \cdot h_c$$

$$P_c = 17905,69 \text{ N/m}^2$$

$$= 0,47 \text{ atm}$$

$$= 2,60 \text{ psi}$$

• **Tekanan Disain,  $P_d$**

$$P_d = P_{op} + P_c$$

$$= 30 \text{ atm} + 0,47 \text{ atm}$$

$$= 30,18 \text{ atm}$$



$$= 443,60 \text{ psi}$$

• **Tebal dinding tangki,  $t_d$**

$$t_d = \frac{PR}{SE - 0.6P} + C \quad (\text{Walas, Tabel 18.3, hal 625})$$

- Tekanan desain, P : 30,18 atm = 443,60psi
- R : 64 in
- Allowable stress, S : 18700 psi (Peter, Tabel 4 Hal 538)
- Efisiensi pengelasan, E : 0,85 (Peter, Tabel 4 Hal 538)
- Faktor korosi yang diizinkan : 0,02 in/thn (Perry's Tabel 23-2)
- Tahun digunakan : 10 tahun

$$\boxed{\frac{PR}{SE - 0.6P} + C}$$

Maka,

$$T_d = 1,0733803 \text{ in}$$

$$= 0,027263915 \text{ m}$$

• **Tebal tutup Elipsoidal,  $t_e$**

$$\boxed{t_h = \frac{PR}{2SE - 0,2P} + C}$$

$$T_e = 2,38 \text{ in}$$

$$= 0,060653 \text{ m}$$

2. **Tangki Penampungan PFAD (ST-1201)**

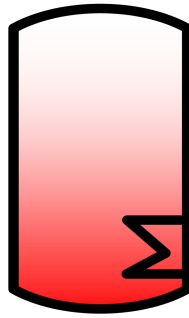
Fungsi : Tempat penyimpanan PFAD

Tipe : Silinder vertikal dengan alas datar dan tutup Elipsoidal

Bahan : *Stainless Steel 316* (SA-240)

Jumlah : 1 unit

Gambar :



Data :

- Laju alir Umpan : 13888,89 kg/jam
- Densitas Umpan : 881 kg/m<sup>3</sup>
- Temperatur : 40 °C
- Tekanan : 1 atm

#### Kapasitas Tangki, $V_t$

Lama penyimpanan = 1 hari = 24 jam

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{m}{\rho} \times t \\ &= \frac{13888,89 \text{ kg / jam}}{881 \text{ kg / m}^3} \times 24 \text{ jam} \\ &= 378,33 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Faktor keamanan 10 % (rule of thumb)

Maka,

$$\begin{aligned} V_t &= \frac{V_c}{0,9} \\ &= \frac{378,33 \text{ m}^3}{0,9} \\ &= 420,37 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

#### Dimensi Tangki,

- Volume silinder,  $V_s$

$$V_s = \frac{\pi}{4} \times D_t^2 \times H_s \qquad H_s = 1,5 D_t$$

Maka,

$$V_s = \frac{\pi}{4} \times 1,5 D_t^3$$

- **Volume Elipsoidol**

$$\frac{\pi}{24} \times D_s^3$$

- **Diameter tangki, D<sub>t</sub>**

$$\begin{aligned} D_t^3 &= \frac{24 \times V_c}{10 \times \pi} \\ &= 6,85 \text{ m} \\ &= 269,57 \text{ in} \end{aligned}$$

- **Tinggi tangki, H<sub>t</sub>**

Tinggi silinder, H<sub>s</sub>  
 $H_s = 1,5 D_t = 10,27 \text{ m}$   
 Tinggi Elipsoidol, H<sub>e</sub>  
 $H_e = 0,25 D_t = 1,27 \text{ m}$   
 Tinggi total tangki, H<sub>t</sub>  
 $H_t = H_s + H_e$   
 $= 10,27 \text{ m} + 1,27 \text{ m}$   
 $= 11,98 \text{ m}$

- **Tinggi Cairan, H<sub>c</sub>**

$$H_c = \frac{\text{Volume Cairan}}{\text{Volume Tangki}} \times H_t$$

$$H_c = 9,24 \text{ m}$$

- **Tekanan Cairan, P<sub>c</sub>**

$$P_c = \rho \cdot g \cdot h_c$$

$$P_c = 881 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 9,24 \text{ m}$$

$$P_c = 79862,16 \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}^2}$$

$$= 0,79 \text{ atm}$$

$$= 11,58 \text{ psi}$$

- **Tekanan Disain, P<sub>d</sub>**

$$P_d = P_{op} + P_c$$

$$= 1 \text{ atm} + 0,79 \text{ atm}$$

$$= 1,76 \text{ atm}$$

$$= 26,28 \text{ psi}$$

- **Tebal dinding tangki,  $t_d$**

$$t_d = \frac{PR}{SE - 0.6P} + C \quad (\text{Walas, Tabel 18.3, hal 625})$$

- Tekanan desain, P : 1,76 atm = 26,28 psi
- Jari-jari tangki, R : 3,42 m
- Allowable stress, S : 13700 psi (Peter, Tabel 4 Hal 538)
- Efisiensi pengelasan, E : 0,6 (Peter, Tabel 4 Hal 538)
- Faktor korosi yang diizinkan : 0,00512 in/thn (Perry's Tabel 23-2)
- Tahun digunakan : 10 tahun

$$\boxed{\frac{PR}{SE - 0.6P} + C}$$

Maka,

$$T_d = 0,0123 \text{ m}$$

$$= 12,2660 \text{ mm}$$

- **Tebal tutup torispherical,  $t_e$**

$$\frac{PD}{2SE - 0.2P} + C$$

$$T_e = 0,0122 \text{ m}$$

$$= 12,2485 \text{ m}$$

- **Design Pemanas**

- Jumlah air pemanas : 4,53 Kg/Jam
- Beban Pemanas : 9.533,84 Kj/Jam
- T *in* : 25 °C
- T Pemanas : 40 °C
- Ud : 700 Btu/jam Ft<sup>2</sup> °F
- Densitas : 993 Kg/m<sup>3</sup>
- ΔT : 27 °F

**Luas perpindahan panas**

$$A = \frac{Q}{U_d \Delta T}$$

$$A = 11,1 \text{ Ft}^2$$

**Volume Air pemanas**

$$V_s = \frac{m}{\rho}$$

$$= 0,0046 \text{ m}^3/\text{jam}$$

**Diameter Coil, Dc**

$$\frac{Ds}{30} = 0,23 \text{ m}$$

**Diameter dalam Coil**

$$= 2,40 \text{ m}$$

$$= 7,860458 \text{ ft}$$

$$= 94,3494 \text{ in}$$

Diambil OD tube 1/2 in

$$\text{External Surface} : 0,1309 \text{ ft}^2/\text{ft}$$

**Keliling Lilitan**

$$\pi \times Dc \times \text{External Surface}$$

$$= 0,3077 \text{ ft}^2$$

**Jumlah Lilitan**

$$N = \frac{A}{\text{Keliling Lilitan}}$$

$$= 3,61 \text{ Lilitan}$$

**Panjang Coil**

$$L = N \times \text{External Surface}$$

$$= 0,47 \text{ ft}$$

$$= 1,55 \text{ m}$$

3. *Flash Drum (FD-3201)*

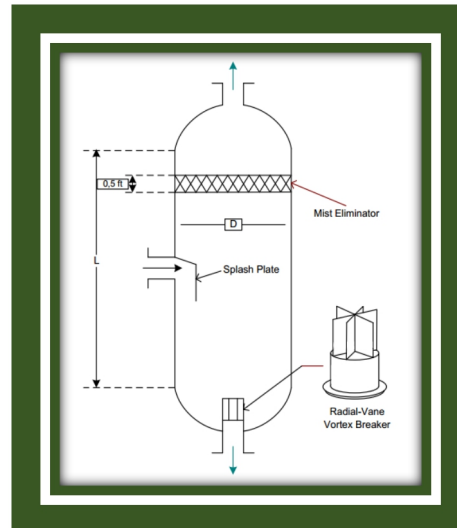
Fungsi : Untuk pemisahan fasa gas dari fasa cair

Tipe : Silinder vertikal dengan alas elipsoidal

Bahan : *Carbon Steel*

Jumlah : 1 unit

Gambar :



Temperatur : 118°C

Tekanan Operasi : 1 atm

Laju Alir massa : 104000 Kg/jam

Densitas Gas : 0,1779 Kg/m<sup>3</sup>

Densitas *Liquid* : 839,564 Kg/m<sup>3</sup>

Laju Alir gas : 22180 Kg/jam

Laju Alir *Liquid* : 116470132 Kg/jam

● **Kecepatan Maksimum Gas (  $V_t$  )**

$$V_t = 0,3 \frac{ft}{s} \sqrt{\frac{\rho_l - \rho_g}{\rho_g}}$$

$$= 20,6076 \text{ ft/s}$$

$$= 6,281277 \text{ m/s}$$

- **Laju alir Volumetrik gas ( Q<sub>v</sub> )**

$$Q_v = \frac{m_{gas}}{\rho_{gas}}$$

$$= 124684,7034 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 34,6346 \text{ m}^3/\text{detik}$$

- **Area Vessel ( A<sub>t</sub> )**

$$A_t = \frac{Q_v}{V_t}$$

$$= 5,5139 \text{ m}^2$$

- **Diameter Vessel ( D )**

$$D = \sqrt{\left(\frac{4 \times A_t}{\pi}\right)}$$

$$= 2,65 \text{ m}$$

$$= 104,34 \text{ in}$$

- **Laju alir Volumetrik *Liquid***

$$Q_l = \frac{m_{liquid}}{\rho_{liquid}}$$

$$= 138726,8242 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Waktu tinggal : 300 detik

$$V_l = \frac{Q_l \times t}{1440}$$

$$= 8,0281 \text{ m}^3$$

$$L = D$$

$$\frac{H}{L} = \frac{3}{1}$$

$$H = \frac{3}{1} \times L = \frac{3}{1} \times D$$

$$H = 3 \times D$$

Diameter : 2,6507 m

Tekanan Operasi : 1 atm  
 Allowable stress (S) : 13700 psi  
 Join Effisiensi (E) : 0,85  
 Corrosion Allowence (C) : 0,015 in/tahun

- **Volume Vessel**

$$V_v = 0,25 \times \pi \times D^2 \times H$$

$$= 43,8409 \text{ m}^3$$

- **Volume Ellipsoidol**

$$H_e = \frac{1}{2} D_t$$

$$= 1,3251 \text{ m}$$

$$V_{\text{ellipsoidd}} = H_e \times D_t^2$$

$$= 9,3080 \text{ m}^3$$

- **Tebal Vessel**

TABLE 18.4. Formulas for Design of Vessels under Internal Pressure<sup>a</sup>

Item	Thickness t(in.)	Pressure p(psi)	Stress S(psi)	Notes
Cylindrical shell	$\frac{PR}{SE - 0.6P}$	$\frac{SEt}{R + 0.6t}$	$\frac{P(R + 0.6t)}{t}$	$t \leq 0.25D, P \leq 0.385SE$
Flat flanged head (a)	$D\sqrt{0.3P/S}$	$t^2 S/0.3D^2$	$0.3D^2 P/t^2$	
Torispherical head (b)	$\frac{0.885PL}{SE - 0.1P}$	$\frac{SEt}{0.885L + 0.1t}$	$\frac{P(0.885L + 0.1t)}{t}$	$r/L = 0.06, L \leq D + 2t$
Torispherical head (b)	$\frac{PLM}{2SE - 0.2P}$	$\frac{2SEt}{LM + 0.2t}$	$\frac{P(LM + 0.2t)}{2t}$	$M = \frac{3 + (L/r)^{1/2}}{4}$
Ellipsoidal head (c)	$\frac{PD}{2SE - 0.2P}$	$\frac{2SEt}{D + 0.2t}$	$\frac{P(D + 0.2t)}{2t}$	$h/D = 4$
Ellipsoidal head (c)	$\frac{PDK}{2SE - 0.2P}$	$\frac{2SEt}{DK + 0.2t}$	$\frac{P(DK + 0.2t)}{2Et}$	$K = [2 + (D/2h)^2]/6, 2 \leq D/h \leq 6$
Hemispherical head (d) or shell	$\frac{PR}{2SE - 0.2P}$	$\frac{2SEt}{R + 0.2t}$	$\frac{P(R + 0.2t)}{2t}$	$t \leq 0.178D, P \leq 0.685SE$
Toriconical head (e)	$\frac{PD}{2(SE - 0.6P)\cos \alpha}$	$\frac{2SEt\cos \alpha}{D + 1.2t\cos \alpha}$	$\frac{P(D + 1.2t\cos \alpha)}{2t\cos \alpha}$	$\alpha \leq 30^\circ$

<sup>a</sup> Nomenclature: D = diameter (in.), E = joint efficiency (0.6–1.0), L = crown radius (in.), P = pressure (psig), h = inside depth of ellipsoidal head (in.), r = knuckle radius (in.), R = radius (in.), S = allowable stress (psi), t = shell or head thickness (in.).

Note: Letters in parentheses in the first column refer to Figure 18.16.

Ac



$$t_v = \frac{PR}{(SE) - (0,6xP)} + C$$

$$= 0,15004250 \text{ in}$$

$$= 0,003811 \text{ m}$$

$$= 3,81108 \text{ mm}$$

- **Tebal Elipsoidol**

$$t = \frac{PD}{2SE - 0,2P} + C$$

$$= 0,15004250 \text{ in}$$

$$= 0,003811 \text{ m}$$

$$= 3,81108 \text{ mm}$$

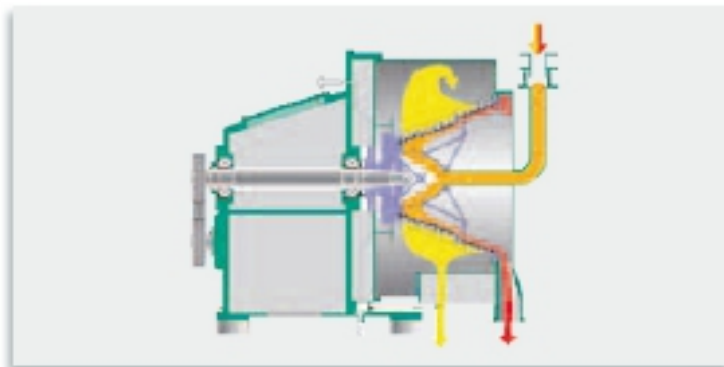
#### 4. *Disk Bowl Centrifuge (SSC-3241)*

Fungsi : Untuk pemisahan solid dari cairan

Bahan : *Carbon Steel*

Jumlah : 1 unit

Gambar :



Temperatur : 30 °C

Tekanan Operasi : 1 atm

Densitas Campuran : 9602 Kg/m<sup>3</sup>

Waktu Operasi : 1 jam

Laju Alir : 46584848 Kg/jam

- Kapasitas Centrifuge

$$\frac{m}{\rho} = 48515,776 \text{ Kg/jam}$$

- Dimensi Centrifuge

Diameter Bowl ( Db ) : 24 in

Kecepatan ( n ) : 4 rpm

Daya Motor : 7,5 Hp

Gaya Centrifuge

RCM :  $0.0000142 \times n^2 \times Db$

: 0,005453

**TABLE 18-12 Specifications and Performance Characteristics of Typical Sedimenting Centrifuges**

Type	Bowl diameter	Speed, r/min	Maximum centrifugal force × gravity	Throughput		Typical motor size, hp
				Liquid, gal/min	Solids, tons/h	
Tubular	1.75	50,000*	62,400	0.05–0.25		½
	4.125	15,000	13,200	0.1–10		2
	5	15,000	15,900	0.2–20		3
Disk	7	12,000	14,300	0.1–10		½
	13	7,500	10,400	5–50		6
	24	4,000	5,500	20–200		7½
Nozzle discharge	10	10,000	14,200	10–40	0.1–1	20
	16	6,250	8,900	25–150	0.4–4	40
	27	4,200	6,750	40–400	1–11	125
	30	3,300	4,600	40–400	1–11	125
Helical conveyor	6	8,000	5,500	To 20	0.03–0.25	5
	14	4,000	3,180	To 75	0.5–1.5	20
	18	3,500	3,130	To 100	1–3	50
	24	3,000	3,070	To 250	2.5–12	125
	30	2,700	3,105	To 350	3–15	200
	36	2,250	2,590	To 600	10–25	300
	44	1,600	1,600	To 700	10–25	400
54	1,000	770	To 750	20–60	250	
Knife discharge	20	1,800	920	†	1.0†	20
	36	1,200	740	†	4.1†	30
	68	900	780	†	20.5†	40

\*Turbine drive, 100 lb/h (45 Kg/h) of steam at 40 lbf/in<sup>2</sup> gauge (372 KPa) or equivalent compressed air.

†Widely variable.

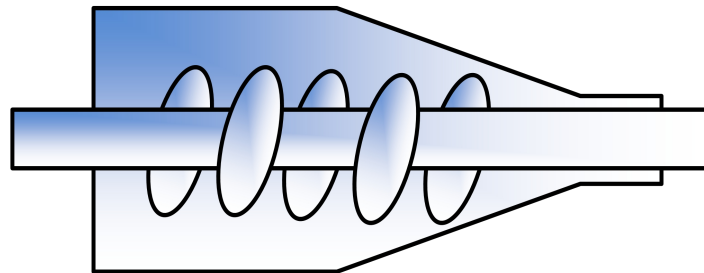
5. Dekanter Centrifuge (CTF-3242)

Fungsi : Untuk pemisahan produk samping dari produk Utama

Bahan : *Carbon Steel*

Jumlah : 1 unit

Gambar :



Umpan

Komponen	BM	Laju Alir (Kg/jam)	n (kmol)	Fraksi Mol	Densitas	$\rho_{ve}$	laju alir volumetrik (m <sup>3</sup> /h)
H <sub>2</sub> O	18	6898,479466	383,2488592	0,000460474	997	0,459092292	6,919237178
C <sub>12</sub> H <sub>26</sub>	200	1,698098376	0,008490492	1,02013E-08	950	9,69126E-06	0,001787472
C <sub>14</sub> H <sub>30</sub>	278	2,549336115	0,009170274	1,10181E-08	764	8,41782E-06	0,003336827
C <sub>15</sub> H <sub>32</sub>	196	5779,003022	29,48470929	3,54259E-05	769	0,027242513	7,514958415
C <sub>17</sub> H <sub>34</sub>	256	212961238,7	831879,8387	0,999504079	777	776,6146695	274081,3883
Total		212973920,4	832292,5899	1		777,1010224	274095,8276

Lapisan atas Dekanter

Komponen	BM	Laju Alir (Kg/jam)	n (kmol)	Fraksi Mol	Densitas	$\rho$ ave	laju alir volumetrik (m <sup>3</sup> /h)
C15H32	196	5779,003022	29,48470929	3,54422E-05	769	0,027255064	7,514958415
C17H34	256	212961238,7	831879,8387	0,999964558	777	776,9724614	274081,3883
		212967017,7	831909,3234	1		776,9997165	274088,9032

$$\rho_{ave} = \sum X_i \cdot \rho_i$$

$$= 48,8050 \text{ lb/ft}^3$$

$$\mu_{ave} = 0,0328(\rho)^{1/2}$$

$$= 0,7955 \text{ cp}$$

$$= 0,8059 \text{ Bar}$$

$$0,7955 = \frac{2,42 \text{ lb/ft.jam}}{1 \text{ cp}} = 0,0005347 \text{ lb.ft/detik}$$

Lapsan Bawah Dekanter

Komponen	BM	Laju Alir (Kg/jam)	n (kmol)	Fraksi Mol	Densitas	$\rho$ ave	laju alir volumetrik (m <sup>3</sup> /h)
H <sub>2</sub> O	18	6898,479466	383,2488592	0,99995392	997	996,9540586	6,919237178
C <sub>12</sub> H <sub>26</sub>	200	1,698098376	0,008490492	2,2153E-05	950	0,021045322	0,001787472
C <sub>14</sub> H <sub>30</sub>	278	2,549336115	0,009170274	2,39266E-05	764	0,01827994	0,003336827
Total		6902,726901	383,26652	1		996,9933839	6,924361477

$$\rho_{ave} = \sum X_i \cdot \rho_i$$

$$= 62,2422 \text{ lb/ft}^3$$

$$\mu_{ave} = 0,0328(\rho)^{1/2}$$

$$= 1,0208 \text{ cp}$$

$$= 1,034 \text{ bar}$$

$$1,0208 = \frac{2,42 \text{ lb/ft.jam}}{1 \text{ cp}} = 0,0006861 \text{ lb.ft/detik}$$

- **Waktu Pemisahan**

$$t = \frac{100\mu}{\rho_a - \rho_b} \quad \text{Persamaan 2-15 Mc Cabe Smith}$$

dimana :

t = Waktu Pemisahan , jam

$\mu$  = Viskositas Campuran , cP

$\rho_a$  = Densitas Cairan Berat , Kg/m<sup>3</sup>

$\rho_b$  = Densitas Cairan Ringan , Kg/m<sup>3</sup>

$$= 0,0032 \text{ jam}$$

$$= 0,1973 \text{ menit}$$

$$= 710,6359 \text{ detik}$$

Faktor Keamanan 20%

- **Volume Lapisan Atas**

$$\frac{212967 \text{ Kg/jam} \times 2,205 \text{ lb/Kg} \times 0,003289 \text{ jam}}{48,5081 \text{ lb/ft}^3}$$

- **Volume Lapisan Bawah**

$$\frac{6902,7269 \text{ Kg/jam} \times 2,205 \text{ lb/Kg} \times 0,003289 \text{ jam}}{62,2423 \text{ lb/ft}^3}$$

- **Volume Total**

$$= \text{Volume atas} + \text{Volume Bawah}$$

$$= 31850,1262 \text{ ft}^3$$

- **Volume Tangki**

$$= 1,2 \times 31850,1262 \text{ ft}^3$$

$$= 38220,1514 \text{ ft}^3$$

Dipakai tangki horizontal jenis ellipsoidal head dengan perbandingan L:D = 2:1

$$\begin{aligned} V_{\text{Total}} &= V_{\text{Shell}} + 2(V_{\text{Head}}) \\ &= \frac{\pi \cdot D^2 L}{4} + \frac{2\pi \cdot D^3}{24} \\ &= \frac{\pi}{4} D^2 (2D) + \frac{2\pi \cdot D^3}{24} \\ &= \frac{12\pi \cdot D^3 + 2\pi \cdot D^3}{24} \\ &= \frac{14\pi \cdot D^3}{24} = \frac{7\pi \cdot D^3}{12} \end{aligned}$$

$$V_{\text{Total}} = \frac{7\pi \cdot D^3}{12}$$

$$V_{\text{total}} = \frac{7 \times 3,14 D^3}{12}$$

$$1082280 = \frac{21,98 D^3}{12}$$

$$12987360 = 21,98$$

$$D^3 = 590871,7177 \text{ ft}^3$$

$$D = 83,9133 \text{ ft}$$



$$L = 2 \times D$$

$$= 167,8267032 \text{ ft}$$

$$= 51,1535 \text{ m}$$

Diameter dan tinggi tutup dengan rasio axis 1 : 4

$$\frac{83,9133 \text{ ft}}{4} = 20,9783 \text{ ft}$$

$$= 6,3941 \text{ m}$$

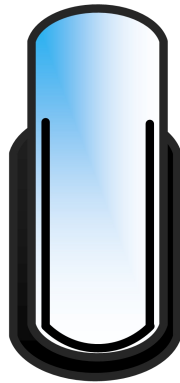
6. Evaporator (EV-3221)

Fungsi : Untuk pemekatan larutan Green Diesel

Bahan : *Stainless Steel Austenitic 18 Cr 8 Ni*

Jumlah : 1 unit

Gambar :



KOMPONEN	Massa (kg/jam)	Volumetrik (m3/jam)	Densitas (kg/m3)	%
H <sub>2</sub> O	0,003635493	3,64643E-06	997	3,27194E-07
C <sub>15</sub> H <sub>32</sub>	0,301507461	0,000392077	769	2,71357E-05
C <sub>17</sub> H <sub>34</sub>	11110,8096	14,29962625	777	0,999972

				537
TOTAL	11111,11474	14,30002198	2543	1

- **Kapasitas Evaporator**

$$V_c = m/p$$

$$= 4,3692 \text{ m}^3$$

Volume cairan mengisi 85% volume evaporator

Maka,

$$V_{ev} = 5,1403459 \text{ m}^3$$

- **Volume Silinder**

$$\frac{\pi}{4} \times D_e^2 \times H_e$$

- **Volume Ellipsoidol**

$$\frac{\pi}{24} \times D_e^3$$

- **Volume Kerucut**

$$\frac{\pi}{24} D^3 \tan 30^\circ$$

- **Diameter Evaporator**

$$\frac{1,5\pi D_{ev}^3}{4} + \frac{\pi D_{ev}^3}{24} + \frac{0,57\pi D_{ev}^3}{24}$$

$$\frac{10,57 \pi D_{ev}^3}{24}$$

$$\frac{24 V_{ep}}{10,57 \pi}$$

$$D_{ev}^3 = 36,6486 \text{ m}^3$$

$$D_{ev} = 3,2820 \text{ m}$$

$$= 129,2125 \text{ in}$$

- **Tinggi Evaporator**

$$H_s = 4,9230 \text{ m}$$

$$H_e = 0,8205 \text{ m}$$

$$H_c = 0,9468 \text{ m}$$

Tangki diletakan diatas kaki penyangga setinggi = 2 m

Maka tinggi total = 6,6903 m

- **Volume Total Evaporator**

$$\frac{\text{volume cairan}}{\text{volume evaporator}} \times (H_s + H_e + H_c)$$

$$= 5,686811 \text{ m}$$

- **Tekanan cairan dalam Evaporator**

$$\rho \times g \times H_c$$

$$= 141867,9298 \text{ Kg/ms}^2$$

$$= 1,3761 \text{ atm}$$

$$= 20,22 \text{ psi}$$

- **Tekanan Desain**

$$P_d = P_{op} + P_c$$

$$= 2,37611 \text{ atm}$$

$$= 297,3655 \text{ psi}$$

- **Tebal dinding Evaporator**

$$\text{Diameter} : 3,28200 \text{ m}$$

$$\text{Tekanan} : 20,2289 \text{ atm}$$

$$\text{Allowable stress (S)} : 15600 \text{ psi}$$

$$\text{Join Effisiensi (E)} : 0,85$$

$$\text{Corrosion Allowence (C)} : 0,002 \text{ in/tahun}$$

$$\frac{PR}{SE - 0,6P} + C$$

= 0,1186 in

= 3,01182 mm

- **Tebal dinding Conical**

$$\frac{PD_e}{2(SE - 0,6P) \cos 30^\circ} + C$$

= 4,9325 in

= 125,2869 mm

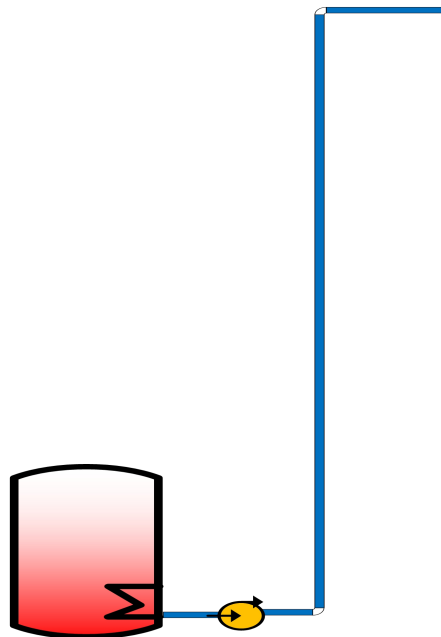
= 1,2528 m

7. Pompa (P-1102)

Tipe : Centrifugal Pump

Bahan : *Carbon Steel*

Gambar :



Data :

- Laju alir Umpan : 99730 kg/jam

- Densitas Umpan : 858 kg/m<sup>3</sup>
- Temperatur : 30 °C
- Tekanan (Pa) : 1 atm
- Tekanan (Pb) : 30 atm
- Waktu Operasi : 24 jam
- Faktor Keamanan : 10 %
- Viskositas Campuran : 3,5166 cp
- Za : 0
- Zb : 3 m
- Ls : 1 m
- Lb : 4 m

● **Laju Alir Volumetrik**

$$Q_p = m/0,9$$

$$= 67,8718 \text{ lb/s}$$

$$Q_v = Q_p/\rho$$

$$= 1,2668 \text{ ft}^3/\text{s}$$

● **Diameter Optimum**

Asumsi Aliran Turbulen

$$D_{i \text{ Opt}} = 3,9 (Q_v^{0,45}) (p^{0,13})$$

$$= 7,2786 \text{ in}$$

Dari Appendix 5 Mc. Cabe , hal 1107), diperoleh data :

	Suction (a)				Discharge (b)			
IPS	8 in sch 40							
ID	7,9810	in	0,6651	ft	7,9810	in	0,6651	ft
OD	8,6250	in	0,7188	ft	8,6250	in	0,7188	ft
a"	0,3474 ft <sup>2</sup>				0,3474 ft <sup>2</sup>			

Nominal pipe size, in.	Outside diameter, in.	Schedule no.	Wall thickness, in.	Inside diameter, in.	Cross-sectional area of metal, in. <sup>2</sup>	Inside sectional area, ft <sup>2</sup>	Circumference, ft or surface, ft <sup>2</sup> /ft of length		Capacity at 1 ft/s velocity		Pipe weight lb/ft
							Outside	Inside	U.S. gal/min	Water, lb/h	
2	2.375	40	0.154	2.067	1.075	0.02330	0.622	0.541	10.45	5,225	3.65
		80	0.218	1.939	1.477	0.02050	0.622	0.508	9.20	4,600	5.02
2½	2.875	40	0.203	2.469	1.704	0.03322	0.753	0.647	14.92	7,460	5.79
		80	0.276	2.323	2.254	0.02942	0.753	0.608	13.20	6,600	7.66
3	3.500	40	0.216	3.068	2.228	0.05130	0.916	0.803	23.00	11,500	7.58
		80	0.300	2.900	3.016	0.04587	0.916	0.759	20.55	10,275	10.25
3½	4.000	40	0.226	3.548	2.680	0.06870	1.047	0.929	30.80	15,400	9.11
		80	0.318	3.364	3.678	0.06170	1.047	0.881	27.70	13,850	12.51
4	4.500	40	0.237	4.026	3.17	0.08840	1.178	1.054	39.6	19,800	10.79
		80	0.337	3.826	4.41	0.07986	1.178	1.002	35.8	17,900	14.98
5	5.563	40	0.258	5.047	4.30	0.1390	1.456	1.321	62.3	31,150	14.62
		80	0.375	4.813	6.11	0.1263	1.456	1.260	57.7	28,850	20.78
6	6.625	40	0.280	6.065	5.58	0.2006	1.734	1.588	90.0	45,000	18.97
		80	0.432	5.761	8.40	0.1810	1.734	1.508	81.1	40,550	28.57
8	8.625	40	0.322	7.981	8.396	0.3474	2.258	2.089	155.7	77,850	28.55
		80	0.500	7.625	12.76	0.3171	2.258	1.996	142.3	71,150	43.39
10	10.75	40	0.365	10.020	11.91	0.5475	2.814	2.620	246.0	123,000	40.48
		80	0.594	9.562	18.95	0.4987	2.814	2.503	223.4	111,700	64.40
12	12.75	40	0.406	11.938	15.74	0.7773	3.338	3.13	349.0	174,500	53.56
		80	0.600	11.274	24.07	0.7056	3.338	2.98	316.7	158,150	88.57

- **Kecepatan Aliran**

$V_a = V_b$  ( Karena pipa buang dan pipa hisap sama )

$$V = \frac{Qv}{a''}$$

$$= 3,6464 \text{ ft/s}$$

$$\frac{V^2}{2gc}$$

$$= 0,2067 \text{ ft.lbf/lb}$$

- **Bilangan Reynold ( Nre )**

$$\text{Nre} = \frac{\rho \times V \times ID}{\mu}$$

$$= 54987,3509$$

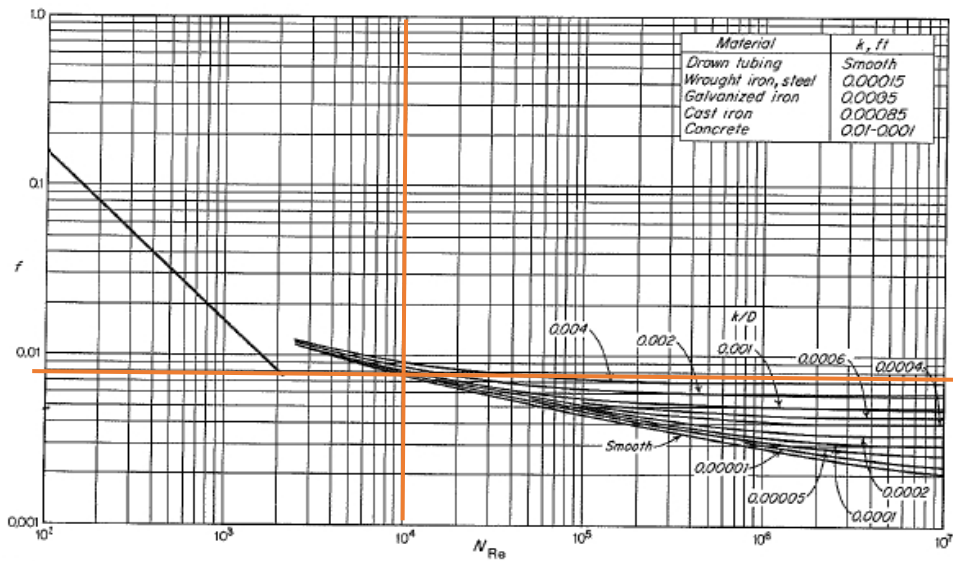


FIGURE 5.9  
Friction-factor chart.

- **Rugi Gesek**

Pipa Hisap ( *Suction* )

- Rugi Gesek Kulit pipa

$$h_{f_{sa}} = f \frac{\Delta L V^2}{r_H 2g_c}$$

$$r_H = ID/4$$

$$= 0,1663 \text{ ft}$$

Material yang digunakan untuk konstruksi pipa adalah Wrought iron Steel.

$$K = 0,00015$$

$$K/ID = 0,000225536$$

$$f = 0,0080 \quad (\text{Mc Cabe Fig 5.9})$$

Maka,

$$H_{fsa} = 0,0326 \text{ ft lbf/lb}$$

Rugi gesek pipa buang ( *Discharge* )

- Rugi gesek kulit pipa

$$h_{fsb} = f \frac{\Delta L}{r_H} \frac{V^2}{2g_c}$$

$$r_H = ID/4$$

$$= 0,1663 \text{ ft}$$

Material yang digunakan untuk konstruksi pipa adalah Wrought iron Steel.

$$K = 0,00015$$

$$K/ID = 0,000225536$$

$$f = 0,0080 \quad (\text{Mc Cabe Fig 5.9})$$

Maka,

$$H_{fsb} = 0,1305 \text{ ft lbf/lb}$$

- Rugi gesek Fitting dan Valve

$$h_{ff} = K_f \frac{V^2}{2g_c}$$

**TABLE 5.1**  
**Loss coefficients for standard threaded pipe fittings†**

Fitting	$K_f$
Globe valve, wide open	10.0
Angle valve, wide open	5.0
Gate valve	
Wide open	0.2
Half open	5.6
Return bend	2.2
Tee	1.8
Elbow	
90°	0.9
45°	0.4

† From J. K. Vennard, in V. L. Streeter (ed.), *Handbook of Fluid Dynamics*, McGraw-Hill Book Company, New York, 1961, p. 3-23.

$$\text{Jumlah Elbow} = 2$$

$$\text{Total } K_f = 2 \times 0,9$$

$$= 1,8$$



Maka,

$$H_{ffb} = 0,3720 \text{ ft lbf/lb}$$

Maka jumlah rugi gesek pada pompa ini adalah :

$$H_{fsa} + H_{fsb} + H_{ffb} = 0,5351 \text{ ft lbf/lb}$$

• **Daya pompa ( BHP )**

$$\frac{P_a}{\rho} + \frac{gZ_a}{g_c} + \frac{\alpha_a V_a^2}{2g_c} + W_p = \frac{P_b}{\rho} + \frac{gZ_b}{g_c} + \frac{\alpha_b V_b^2}{2g_c} + h_f$$

Atau

$$W_p = \left( \frac{P_b}{\rho} + \frac{gZ_b}{g_c} + \frac{\alpha_b V_b^2}{2g_c} \right) - \left( \frac{P_a}{\rho} + \frac{gZ_a}{g_c} + \frac{\alpha_a V_a^2}{2g_c} \right) + h_f$$

Dimana :

$$p_a = p_b$$

$$Q_f = 1,2668 \text{ ft}^3/\text{s}$$

$$= 568,5938 \text{ gal/min}$$

FIGURE 1436  
Characteristic curves for a typical centrifugal pump showing effect of viscosity.

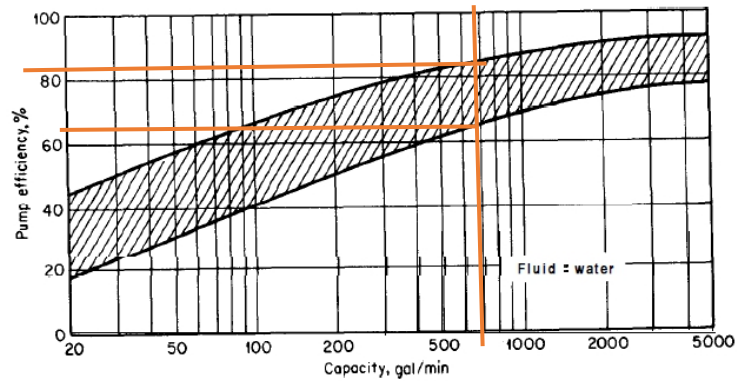


FIGURE 1437  
Efficiencies of centrifugal pumps.

$$\eta = 72\% \quad \text{(Gambar 14.36 , hal 520, Petter)}$$

sehingga rumus dapat disederhanakan menjadi

$$W_p = (P_b + Z_b) - (P_a + Z_a)$$

$$W_p = 1605,2624 \text{ ft lbf/lb}$$

$$BHP = \frac{W_p \times m}{550}$$

$$BHP = 198,0946 \text{ Hp}$$

- **Daya Motor ( MPH )**

$$MPH = \frac{BHP}{\eta}$$

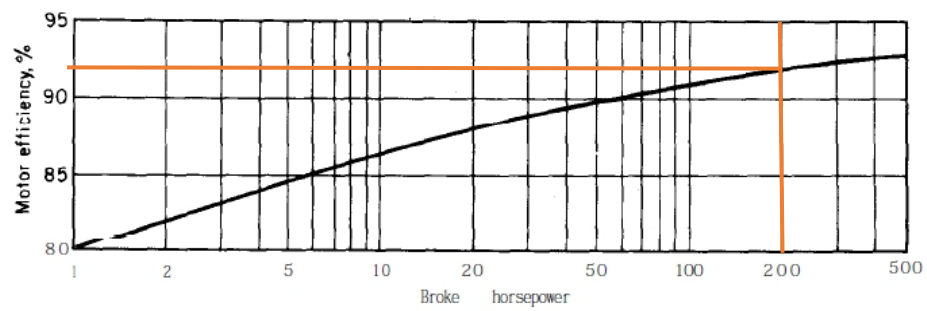


FIGURE 1438  
Efficiencies of three-phase motors.

$$\eta = 92\%$$

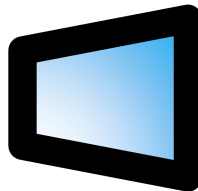
$$MPH = 215,3203 \text{ Hp}$$

8. Expander valve (E-2104)

Fungsi : Menurunkan Tekanan

Jumlah : 1 unit

Gambar :



$$\text{Laju alir massa } Q(m) = 104000 \text{ Kg/jam}$$

Densitas campuran ( $\rho$ ) = 38070.8668 kg/m<sup>3</sup> 2376.764 lb/ft<sup>3</sup>

Tekanan masuk P1 (atm) = 30.0000 atm 441.0000 psi

Tekanan keluar P2 (atm) = 1.0000 atm 14.7000 psi

Temperatur ( C ) = 300.0000 C 240.0000 R

- **Laju Alir Volmetrik (Qp)**

$$Q_v = Q_m / \rho = 2.7371 \text{ m}^3/\text{jam} \quad 0.026794 \text{ ft}^3/\text{dt}$$

- **Diameter Optimum (Dopt)**

Asumsi aliran turbulen

$$D_{i \text{ opt}} = 3,9 \cdot (Q_v^{0.45}) \cdot (\rho^{0.13})$$

$$= 2.1016 \text{ in}$$

Nominal pipe size, in.	Outside diameter, in.	Schedule no.	Wall thickness, in.	Inside diameter, in.	sectional area of metal, in. <sup>2</sup>	Inside sectional area, ft <sup>2</sup>	or surface, ft <sup>2</sup> /ft of length		velocity		Pipe weight lb/ft
							Outside	Inside	U.S. gal/min	Water, lb/h	
2	2.375	40	0.154	2.067	1.075	0.02330	0.622	0.541	10.45	5,225	3.65
			0.218	1.939	1.477	0.02050	0.622	0.508	9.20	4,600	5.02
2½	2.875	40	0.203	2,469	1.704	0.03322	0.753	0.647	14.92	7,460	5.79
			0.276	2.323	2.254	0.02942	0.753	0.608	13.20	6,600	7.66
3	3.500	40	0.216	3.068	2.228	0.05130	0.916	0.803	23.00	11,500	7.58
			0.300	2.900	3.016	0.04587	0.916	0.759	20.55	10,275	10.25
3½	4.000	40	0.226	3.548	2.680	0.06870	1.047	0.929	30.80	15,400	9.11
			0.318	3.364	3.678	0.06170	1.047	0.881	27.70	13,850	12.51
4	4.500	40	0.237	4.026	3.17	0.08840	1.178	1.054	39.6	19,800	10.79
			0.337	3.826	4.41	0.07986	1.178	1.002	35.8	17,900	14.98
5	5.563	40	0.258	5.047	4.30	0.1390	1.456	1.321	62.3	31,150	14.62
			0.375	4.813	6.11	0.1263	1.456	1.260	57.7	28,850	20.78
6	6.625	40	0.280	6.065	5.58	0.2006	1.734	1.588	90.0	45,000	18.97
			0.432	5.761	8.40	0.1810	1.734	1.508	81.1	40,550	28.57
8	8.625	40	0.322	7.981	8.396	0.3474	2.258	2.089	155.7	77,850	28.55
			0.500	7.625	12.76	0.3171	2.258	1.996	142.3	71,150	43.39
10	10.75	40	0.365	10.020	11.91	0.5475	2.814	2.620	246.0	123,000	40.48
			0.594	9.562	18.95	0.4987	2.814	2.503	223.4	111,700	64.40

Dari Appendix 5 Mc. Cabe , hal 1107), diperoleh data;

	Suction (a)				Discharge (b)			
IPS	3 in sch 40							
ID	3.0680	in	0.2557	ft	3.0680	in	0.2557	ft
OD	3.5000	in	0.2917	ft	3.5000	in	0.2917	ft
a"	0.0513 ft <sup>2</sup>							

- **Bukaan valve**

$$P2/P1 = 30/1$$

$$= 0.0333 < 0.5000$$

Maka,

$$Q = 11.3C_v P_1 / \sqrt{\rho_a T}, \quad \text{SCFM of gas when } P_2/P_1 < 0.5,$$

$$Q = k_1 \exp(k_2 x),$$

$$C_d = C_v / d^2,$$

$$C_v = C_d \times d^2$$

Dengan :

$$C_v = \text{Koef orifice}$$

$$C_d = \text{Koef kapasitas (12-32)}$$

$$K_1 = \text{Konstanta friksi masuk valve} = 1000$$

$$K_2 = \text{Konstanta friksi keluar valve} = 0,25$$

$$X = \text{Bukan valve}$$

$$\rho_a = \text{spgr} = \rho / 25.0000$$

$$P_1 = \text{tekanan (psi)}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} C_v &= C_d \times d^2 \\ &= 32.0000 \times 0.0654 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_a &= \rho / 25.0000 \\ &= 2376.7642 / 62.5000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_v &= C_d \times d^2 \\ &= 32.0000 \times 0.0654 \end{aligned}$$

$$= 2.0917$$

$$\rho a = \rho / 25.0000$$

$$= 2376.7642 / 62.50000$$

$$= 38.0282$$

$$Q = 11.3000 \times 2.0917 \times 441.0000 / 95.5342$$

$$= 11.3000 \times 2.0917 \times 4.61615$$

$$= 109.1079932$$

Dengan demikian :

$$Q = k_1 \exp(k_2 x),$$

$$109.108 = 1000.0000 \times \exp (0,25)$$

$$\times = -8.8617$$

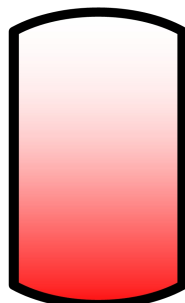
#### 9. Tangki Penyimpanan (ST-3204)

Fungsi = Tempat penyimpanan produk *Green Diesel*

Bentuk = Silinder vertical dengan alas datar dan tutup ellipsoidal

Bahan = *Stainless steel*

Gambar =



Laju alir massa	=	5721.21 Kg / jam	
Densitas	=	769.0000 Kg / m <sup>3</sup>	
Temperatur	=	30 °C	
Tekanan	=	1 atm	
	=	14.696 psi	
Waktu penyimpanan	=	7 hari	168 jam
Umur pabrik	=	10 tahun	
Faktor Keamanan	=	10 %	

- **Perhitungan Desain Tangki**

$$V_c = m \times \text{Waktu Operasi} / \rho = 1249.89 \text{ m}^3$$

$$= 3320221.37 \text{ gal}$$

$$\text{Faktor Keamanan} = 10 \%$$

Maka,

$$V_c = 0.9 \times V_t$$

$$V_t = V_c / 0.9$$

$$= 1388.76 \text{ m}^3$$

- **Diameter Tanki**

- **Volume Silinder , Vs**

$$\frac{\pi \times r^2 \times Hs}{\pi \times \left(\frac{Ds}{2}\right)^2 \times Hs}$$

$$\frac{\pi}{4} \times Ds^2 \times 1.5Ds$$

Maka,

$$V_s = \frac{1.5 \pi}{4} \times D_s^3$$

- **Volume Ellipsoidal,  $V_e$**

$$V_e = \frac{\pi}{24} \times D_s^3$$

- **Diameter silinder,  $D_s$**

$$V_t = V_s + 2V_e$$

$$V_t = \frac{1.5 \pi}{4} \times D_s^3 + \frac{\pi}{24} \times D_s^3$$

$$V_t = 0.416666667 \times \pi D_s^3$$

$$D_s^3 = 24V_t / 10\pi$$

$$D_s = 10.20 \text{ m}$$

$$= 401.49 \text{ in}$$

- **Tinggi tangki dan Tinggi cairan**

#### **Tinggi Tangki, $H_t$**

$$\text{Tinggi silinder, } H_s = 1.5 D_s = 15.30 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi ellipsoidal, } H_e = D_s / 4 = 2.55 \text{ m} \quad \text{Walas, Tabel 18.5}$$

Maka,

$$\text{Tinggi total, } H_t = H_s + H_e$$

$$= 17.85 \text{ m}$$

#### **Tinggi cairan, $H_c$**

$$H_c = \frac{V_c \times H_s}{V_t}$$

$$= 13.77 \text{ m}$$

Tebal dinding tanki,  $t_d$

$$t_d = \frac{PR}{SE - 0.6P} + C \quad \text{walas, table 18.3}$$

dimana

- Tekanan cairan dalam tanki,  $P_c$

$$\begin{aligned} P_c &= \rho g H_c \\ &= 789 \text{ Kg / m}^3 \times 9,806 \text{ m/s}^2 \times 4,18 \text{ m} \\ &= 103815.33 \text{ N/m}^2 \\ &= 1.02 \text{ atm} \\ &= 15.06 \text{ psi} \end{aligned}$$

- Tekanan desain,  $P_d$

$$\begin{aligned} P_d &= P_{op} + P_c \\ &= 1 \text{ atm} + 0.32 \text{ atm} \\ &= 2.02 \text{ atm} \\ &= 29.75 \text{ psi} \end{aligned}$$

Jari jari tangki,  $R$  = 5.10 m

= 200.74 in

Allowable stress,  $S$  = 18700 psi SS316

Efisiensi Pengelasan,  $E$  = 0.85

Faktor korosi yang diizinkan = 0.13 mm/yr 0.00512 in/yr

$$t_d = \frac{22.73 \text{ psi} \times 84.25 \text{ in}}{13700 \text{ psi} \times 0.85 - 0.6 \times 22.73 \text{ psi}} + 0.015 \text{ in / th} \times 1 \text{ Oh}$$

= 0.3762 + 0.0512

= 0.4274 in



$$= 10.8551 \text{ mm}$$

- **Tabel tutup elipsoidal,  $t_e$**

$$t_e = \frac{PD}{2SE - 0.2P} + C$$

$$= 0.4270 \text{ in}$$

$$= 0.0108 \text{ m}$$

$$= 10.8462 \text{ mm}$$

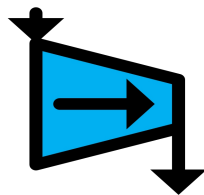
### 10. Kompresor (CM-1601)

Fungsi : Menaikkan tekanan H<sub>2</sub> sebelum masuk reaktor

Tipe : Reciprocating Compressor

Bahan : High Alloy Steels SA-340

Gambar :



#### Data

Laju alir massa (m) = 1000 Kg/jam = 2204,6 Ib/jam

Densitas Hidrogen ( $\rho$ ) = 0.089 Kg/m<sup>3</sup> = 0.0056 Ib/ft<sup>3</sup>

Tekanan masuk P1 (atm) = 1 atm = 14.406 psi

Tekanan keluar P2 (atm) = 30 atm

Faktor keamanan = 10 %

Temperatur masuk = 300°C = 240°R

- **Laju alir volumetrik (Qv)**

$$\begin{aligned}
 Q_v &= m / \rho \\
 &= 1000 / 0.089 \\
 &= 11235,95506 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 &= 6613,258427 \text{ acfm}
 \end{aligned}$$

- **Menentukan jenis Compressor**

Dari laju alir volumetrik dan tekanan keluar dapat dilihat jenis Compressor pada grafik dibawah ini (Branan, 2004)

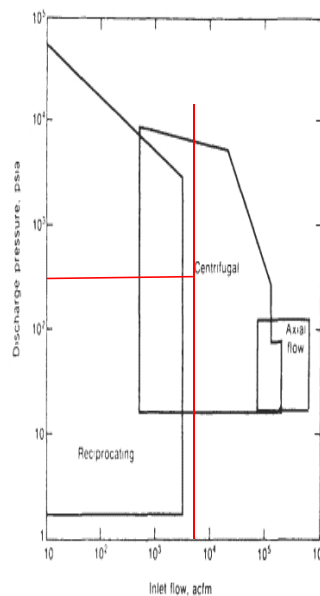


Figure 1. Approximate ranges of application for reciprocating, centrifugal, and axial-flow compressors.

Maka, jenis compressor yang digunakan adalah Centrifugal Compressor

- **Head Polytropic (Hp)**

$$\begin{aligned}
 H_p &= \left( \frac{z_1 + z_2}{2} \right) \left( \frac{k}{k-1} \right) (R \times T) \left[ \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right] \\
 &= 9750,072 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

- Daya yang dibutuhkan

$$P_{gas} = \frac{m \times H_{poly}}{33000 \eta_p}$$

$$= 0,234979 \text{ lbf/det}$$

$$= 129,2389 \text{ Hp}$$

Faktor keamanan 10%

$$= 129,2389 \text{ Hp} / 10\%$$

$$= 143,5987374 \text{ Hp}$$

11. PSA (*pressure swing adsorption*) (PSA-3051)

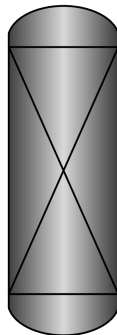
Fungsi : Memurnikan gas Hidrogen

Bahan Konstruksi : *Carbon Steel* (SA240- Garde 304)

Bentuk : *Vertical Vessel*

Jumlah : 1 unit

Gambar :



Data

Temperatur : 30°C

Tekanan : 9 bar

Laju alir massa : 6,850989454 kg/jam

Bulk Density ziolit : 0,66 kg/L

Bulk density arang aktif: 0,7 kg/L

Densitas Gas : 0,28293kg/m<sup>3</sup>

Waktu : 1 jam  
 Jumlah gas yg diserap : 0,124592 kg/jam  
 Faktor keamanan : 20%  
 kapasitas zeolit : 432,6985 ib/ton  
 Kapasitas arang aktif : 362,9588 ib/ton  
 Hidrogen yg diserap : 0,120562 kg/jam

a. Karakteristik adsorben di kolom PSA

Type adsorben yang digunakan zeolit silica = Molecular sieve type 13x (purification) "perry's, tabel 16-5"

TABLE 16-5 Physical Properties of Adsorbents

Material and uses	Shape* of particles	Size range, U.S. standard mesh†	Internal porosity, %	Bulk dry density, kg/L	Average pore diameter, nm	Surface area, km <sup>2</sup> /kg	Sorptive capacity, kg/kg (dry)
<b>Aluminas</b>							
Low-porosity (fluoride sorbent)	G, S	8-14, etc.	40	0.70	~7	0.32	0.20
High-porosity (drying, separations)	G	Various	57	0.85	4-14	0.25-0.36	0.25-0.33
Desiccant, CaCl <sub>2</sub> -coated	G	3-8, etc.	30	0.91	4.5	0.2	0.22
Activated bauxite	G	8-20, etc.	35	0.85	5		0.1-0.2
Chromatographic alumina	G, P, S	80-200, etc.	30	0.93			~0.14
<b>Silicates and aluminosilicates</b>							
<b>Molecular sieves</b>							
Type 3A (dehydration)	S, C, P	Various	~30	0.62-0.68	0.3	~0.7	0.21-0.23
Type 4A (dehydration)			~32	0.61-0.67	0.4	~0.7	0.22-0.26
Type 5A (separations)			~34	0.60-0.66	0.5	~0.7	0.23-0.28
Type 13X (purification)			~38	0.58-0.64	1.0	~0.6	0.25-0.36
Silicalite (hydrocarbons)	S, C, P	Various		0.64-0.70	0.6	~0.4	0.12-0.16
Dealuminated Y (hydrocarbons)	S, C, P	Various		0.48-0.53	0.8	0.5-0.8	0.28-0.42
Mordenite (acid drying)				0.88	0.3-0.8		0.12
Chabazite (acid drying)				0.72	0.4-0.5		0.20
Silica gel (drying, separations)	G, P	Various	38-48	0.70-0.82	2-5	0.6-0.8	0.35-0.50
Magnesium silicate (decolorizing)	G, P	Various	~33	~0.50		0.18-0.30	
Calcium silicate (fatty-acid removal)	P		75-80	-0.20		~0.1	
Clay, acid-treated (refining of petroleum, food products)	G	4-8		0.85			
Fuller's earth (same)	G, P	<200		0.80			
Diatomaceous earth	G	Various		0.44-0.50		~0.002	

Karakteristik :

Bentuk : G(granules)

Ukuran : 1,0 nm

Porosity : 38%

Bulk Density : 580 kg/m<sup>3</sup>

Safety factor, SF : 20%

Faktor penyerapan : 100%

- Menentukan jumlah adsorber yang dibutuhkan

$$\begin{aligned}
 W_p &= W_a / (1 - F_a) \\
 W_p &= 1492,836 \text{ kg} / (1 - 20\%) \\
 W_p &= 677,0231 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Kapasitas Kolom,  $V_k$

$$\begin{aligned}
 V &= \frac{(\text{Laju alir massa} \times t)}{\text{Densitas}} \\
 &= \frac{\left(0,010075 \frac{\text{kg}}{\text{jam}} \times 1 \text{ jam}\right)}{680 \text{ kg/m}^3} \\
 &= 8,22065 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_k &= (1 + f) \times V \\
 &= (1 + 0,2) \times 8,22065 \text{ m}^3 \\
 &= 1,01209 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

- Volume Packing,  $V_{pzeolit}$

$$\begin{aligned}
 V_p &= \frac{W_p}{\rho_{zeolit}} \\
 &= \frac{2698,29 \text{ kg}}{660 \text{ kg/m}^3} \\
 V_p &= 4,347653 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

- Volume Packing,  $V_{parang \text{ aktif}}$

$$\begin{aligned}
 V_p &= \frac{W_p}{\rho_{parang \text{ aktif}}} \\
 &= \frac{2698,29 \text{ kg}}{700 \text{ kg/m}^3} \\
 V_p &= 1,347653 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

- Volume Total

$$\begin{aligned}
 V_t &= V_k + V_{pzeolit} + V_{parang \text{ aktif}} \\
 V_t &= 1,01209 \text{ m}^3 + 4,347653 \text{ m}^3 + 1,347653 \text{ m}^3 \\
 V_t &= 6,707396 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

## Diameter Kolom

- Diameter Adsorber

$$D = \left( \frac{V_t}{\pi} \right)^{1/3}$$

$$D = \left( \frac{1,347653 \text{ m}^3}{3,14} \right)^{1/3}$$

$$= 0,429189 \text{ m}^3 = 0,756439 \text{ mm}$$

- Tinggi Kolom

$$L = 3D$$

$$= 3 \times 0,756439 \text{ m}$$

$$= 2,269317 \text{ m}$$

- Tebal Dinding

$$t = \frac{P \cdot D}{2 \cdot SE - 0,2 \cdot P} + C$$

No.	Grade	composition	strength	-20 to 650	700	800	900	1000	1100	1200
<b>Carbon Steel</b>										
SA515	55	C-Si	55,000	13,700	13,200	10,200	6,500	2,500		
SA515	70	C-Si	70,000	17,500	16,600	12,000	6,500	2,500		
SA516	55	C-Si	55,000	13,700	13,200	10,200	6,500	2,500		
SA516	70	C-Si	70,000	17,500	16,600	12,000	6,500	2,500		
SA285	A	.....	45,000	11,200	11,000	9,000	6,500			
SA285	B	.....	50,000	12,500	12,100	9,600	6,500			
SA285	C	.....	55,000	13,700	13,200	10,200	6,500			
<b>Low-Alloy Steel</b>										
SA202	A	Cr-Mn-Si	75,000	18,700	17,700	12,600	6,500	2,500		
SA202	B	Cr-Mn-Si	85,000	21,200	19,800	12,800	6,500	2,500		
SA387	D*	2½ Cr-1 Mo	60,000	15,000	15,000	15,000	13,100	2,800	4,200	1,600

### (b) High Alloy Steels

A.S.M.E. Specification No.	Grade	Nominal composition	Specified minimum tensile strength	For temperatures not exceeding °F.										
				-20 to 100	200	400	700	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500
SA-240	304	18 Cr-8 Ni	75,000	18,700	15,600	12,900	11,000	10,100	9,700	8,800	6,000	3,700	2,300	1,400
<del>SA-240</del>	<del>304L</del>	<del>18 Cr-8 Ni</del>	<del>70,000</del>	<del>15,600</del>	<del>13,300</del>	10,000	9,300							
SA-240	310S	25 Cr-20 Ni	75,000	18,700	16,300	14,900	12,700	11,600	9,800	5,000	2,500	700	300	200
<del>SA-240</del>	<del>316</del>	<del>16 Cr-12 Ni-2 Mo</del>	<del>75,000</del>	<del>18,700</del>	<del>16,700</del>	13,300	11,300	10,800	10,600	10,300	7,400	4,100	2,200	1,700
SA-240	410	13 Cr	65,000	16,200	15,400	14,400	13,100	10,400	6,400	2,900	1,000			

Dimana,

$$P = \text{Tekanan Design} = 25,325 \text{ atm}$$

$$D = \text{Diameter tangki} = 1,77302 \text{ m}$$

$$S \text{ (working stress allowable)} = 18700 \text{ psi} \quad (\text{tabel 4, peter hal.538})$$

$$E \text{ (welding joint efisiensi)} = 0,85 \quad (\text{tabel 4, peter hal.538})$$

$$C \text{ (korosi yang diizinkan)} = 0,0032 \text{ m} \quad (\text{tabel 4, peter hal 538})$$

$$t = \frac{9,117 \text{ atm} \times 0,756439 \text{ m}}{(2 \times 31790 \text{ Psi} \times 0,85) - (0,2 \times 1,8234 \text{ atm})} + 0,0032 \text{ m}$$

$$t = 3,41695 \text{ m}$$

### Volume Tutup Ellipsoidal

Desainnya dapat dilihat pada Tabel.4, Peter hal.571

TABLE 4  
Design equations and data for pressure vessels (Continued)

Properties of vessel heads (Include corrosion allowance in variables)	2: 1 Ellipsoidal	Hemi-spherical	Standard ASME torispherical
Capacity as volume in head, in <sup>3</sup>	$\frac{\pi D_a^3}{24}$	$\frac{2}{3} \pi L_a^3$	$0.9 \left[ \frac{2\pi L_a^3}{3} (IDD) \right]$
IDD = inside depth of dish, in.	$\frac{D_a}{4}$	$L_a$	$L_a - [(L_a - r)^2 - (L_a - t - r)^2]^{1/2}$
Approximate weight of dished portion of head, lbm	$\rho_m \left[ \frac{\pi (nD_a + t)^2 t}{4} \right]$	$\rho_m [2\pi L_a^2 t]$	$\rho_m \left[ \frac{\pi (OD + \frac{OD}{24} + at)^2 t}{4} \right]$

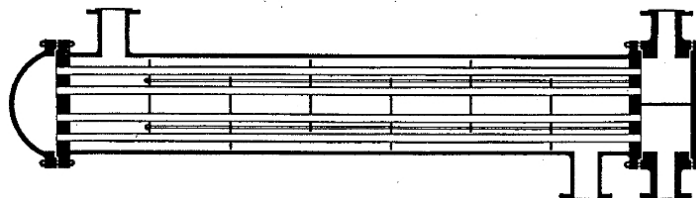
$$Ve = \frac{\pi \times D^3}{24}$$

$$= \frac{3,14 \times 0,43283449 \text{ m}^3}{24}$$

$$= 0,72923 \text{ m}^3$$

### 12. Cooler (C-3501)

- Fungsi : Untuk mendinginkan liquid keluaran Reaktor
- Tipe : *Sheel and Tube cooler*
- Bahan konstruksi : *Duplex Stainless steel Tipe-2205*
- Jumlah : 1 unit
- Fasa : Cair



Gambar LC-12. *Sheel and Tube cooler*

Data:

- Laju alir *hot fluid (liquid)* : 24550185 kg/jam
- Laju alir *cold fluid (Water)* : 51557,91535 kg/jam
- Q : 4744800 kJ/jam
- Tekanan : 1 atm
- $T_1$  : 118 °C = 244,4 °F
- $T_2$  : 40 °C = 104 °F
- $t_1$  : 28 °C = 82,4 °F
- $t_2$  : 50 °C = 122 °F

### 1) Menentukan Jenis Heater

a. Menghitung LMTD

Fluida Panas	Temperatur	Fluida Dingin	Selisih	$T_{av}$	$t_{av}$
244,4	T tinggi	122	122,4	174,2	102,2
104	T rendah	82,4	21,6		
		39,6			

$$LMTD = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln\left(\frac{T_1 - t_2}{T_2 - t_1}\right)}$$

$$= 58,11134479^\circ\text{F}$$

DQ Kern, Pers 6.17 hal 117

#### Faktor koreksi LMTD

$$R = \frac{T_1 - T_2}{t_2 - t_1} \quad (\text{D.Q Kern: Pers. 5.14 hal. 828})$$

$$= 3,545454545$$

$$S = \frac{t_2 - t_1}{T_1 - t_1}$$

$$= 0,244444444$$

maka Faktor Koreksi dapat diperoleh dari gambar 21 D.K. QERN adalah sebagai berikut:

$$F_T = 0,9$$



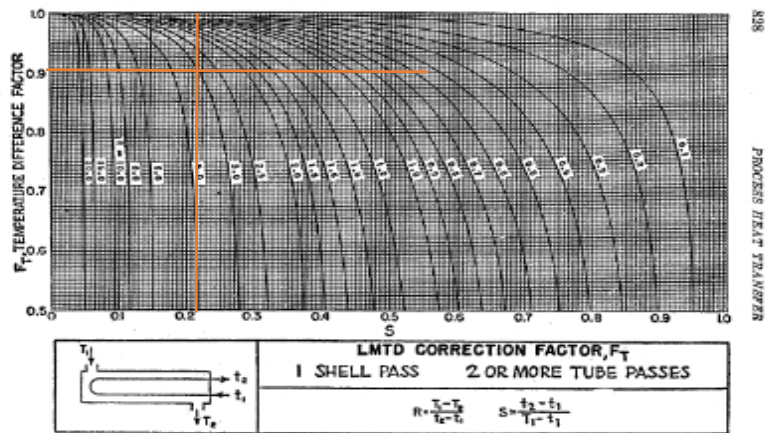


Fig. 18. LMTD correction factors for 1-2 exchangers. (Standards of Tubular Exchanger Manufacturers Association, 2nd ed., New York, 1949.)

Sehingga :

$$\begin{aligned} \Delta T_{LMTD} &= LMTD \times F_T && \text{(D.Q Kern: Pers. 7.42 hal. 828)} \\ &= 52,30021031^\circ\text{F} \end{aligned}$$

b. Luas Area Perpindahan Panas

Berdasarkan *Table 8 - DQ Kern Page 840*, diperoleh :

Coolers		
Hot fluid	Cold fluid	Overall $U_D$
Water	Water	250-500§
Methanol	Water	250-500§
Ammonia	Water	250-500§
Aqueous solutions	Water	250-500§
Light organics*	Water	75-150
Medium organics†	Water	50-125
Heavy organics‡	Water	5-75
Gases	Water	2-50¶
Water	Brine	100-200
Light organics	Brine	40-100

dipilih  $U_d = 150 \text{ Btu/jam ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$

Maka,

$$A = \frac{Q}{U_d \times LMTD} \quad \text{DQ. Kern Pers 7.42 Hal 144}$$

$$A = 515,9293 \text{ ft}^2$$

Karena nilai  $A > 200 \text{ ft}^2$  maka tipe *heat exchanger* yang digunakan adalah

*Sheel and Tube* (DQ Kern Page 103)

## 2) Pemilihan Ukuran *Sheel and Tube*

Dalam Perancangan ini digunakan *cooler* dengan spesifikasi :

Diameter luar tube (OD) = 3/4 in  
 Jenis tube = 13 BWG  
 Panjang tube (L) = 20 ft  
 a'' = 0,1963 ft<sup>2</sup>/ft (Tabel 10, DQ. Kern)

### 3) Menentukan Jumlah Tube

**Jumlah tube :**

$$N_t = \frac{A}{L \times a''}$$

$$= \frac{515,9293 \text{ ft}^2}{20 \text{ ft} \times 0,1963 \text{ ft}^2/\text{ft}} = 131,4135 \approx \mathbf{132 \text{ buah}}$$

Koreksi : 20 ft x 0,1963 ft<sup>2</sup>/ft

$$A = N_t \times L \times a''$$

$$= 132 \times 20 \text{ ft} \times 0,1963 \text{ ft}^2/\text{ft}$$

$$= 515,9293 \text{ ft}^2$$

$$U_d = \frac{Q}{A \times \Delta t \text{ LMTD}} \quad (\text{D.Q Kern, pers. 7.6 hal 140})$$

$$= 150 \text{ Btu/jam ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$$

### 4) Spesifikasi *Shell and Tube*

Berdasarkan Tabel 10 dan 9 D.Q Kern, untuk jumlah tube 132 diperoleh spesifikasi perancangan *cooler (C-3501)* tipe *Shell and Tube* dengan :

<i>Shell side</i>		<i>Tube side</i>	
<i>ID (in)</i>	15 1/4	<i>Number</i>	132
<i>Baffle space (in)</i>	3,813	<i>Length</i>	20
<i>Passes</i>	1	<i>OD (in)</i>	0,75
		<i>ID (in)</i>	0,81
		<i>BWG</i>	13
		<i>pitch (in) - square</i>	1,5
<i>Clearance, C'</i>	0,25	<i>Passes</i>	1

<b>Shell, cold fluid (water)</b>	<b>Tube, hot fluid (liquid)</b>
<p><b>1. Flow Area</b></p> $a_s = \frac{ID \times C \times B}{144 P_T} \quad (\text{D.Q Kern: pers. 7.1, hal 138})$ $= 0,1009 \text{ ft}^2$	<p><b>1. Flow Area</b></p> $at' = 0,515 \text{ in} \quad (\text{D.Q Kern, Table 10 hal 843})$ $a_t = \frac{N_t \times at'}{144 n} \quad (\text{D.Q Kern: pers 7.48, hal 111})$ $= 0,515 \text{ ft}^2$
<p><b>2. Mass Velocity</b></p> $G_s = \frac{W_s}{a_s} \quad (\text{D.Q Kern: pers 7.2, hal 138})$ $= 1126077 \text{ lb/jam ft}^2$	<p><b>2. Mass Velocity</b></p> $G_t = \frac{W_t}{a_t} \quad (\text{D.Q Kern: pers 7.2, hal 138})$ $= 114647848,6 \text{ lb/hr ft}^2$
<p><b>3. Reynold Number</b></p> $D_e = 0,9904 \text{ in} = 0,0825 \text{ ft}$ $\mu = 0,014 \text{ Cp} = 0,034 \text{ lb/ft.h} \quad (\text{Fig. 9})$ $Re_s = \frac{D_e \times G_s}{\mu}$ $= 2591017$	<p><b>3. Reynold Number</b></p> $\mu = 6,17 \text{ Cp} = 14,9313 \text{ lb/ft.h}$ $ID = 0,87 \text{ in} = 0,0675 \text{ ft}$ $Re_t = \frac{D \times G_t}{\mu}$ $= 518,290$
<p><b>4. Faktor Perpindahan Panas (<math>J_{Hs}</math>)</b></p> <p>Dari gambar 28 D.Q.KERN maka didapatkan nilai <math>J_h</math> sebagai berikut:  <math>J_h = 700</math></p>	<p><b>4. Faktor Perpindahan Panas (<math>J_{Ht}</math>)</b></p> $L = 20 \text{ ft}$ $D = 0,0675 \text{ ft}$ $L/D = 24,6914 \text{ in}$ <p>Dengan memplotkan <math>N_{Re}</math> dengan <math>L/D</math> ke gambar 24 D.Q.KERN maka didapatkan nilai <math>J_h</math> sebagai berikut:  <math>J_h = 5,2</math></p>
<p><b>5. Koefisien Perpindahan Panas</b></p> <p>Pada <math>T_c = 102,2 \text{ }^\circ\text{F}</math>  <math>c = 0,9 \text{ Btu/lb}^\circ\text{F} \quad (\text{D.Q Kern, Fig. 3 Hal 805})</math>  <math>k = 0,036315 \text{ Btu/ft.hr.}^\circ\text{F} \quad (\text{D.Q Kern, Tabel 4})</math></p> $\left( c \cdot \frac{\mu}{k} \right)^{\frac{1}{3}}$	<p><b>5. Koefisien Perpindahan Panas</b></p> <p>Pada <math>T_c = 174,2 \text{ }^\circ\text{F}</math>  <math>C = 0,63 \text{ Btu/lb}^\circ\text{F} \quad (\text{D.Q Kern Fig 2 hal 804})</math>  <math>k = 0,077 \text{ Btu/ft.hr.}^\circ\text{F} \quad (\text{D.Q Kern, Tabel 5})</math></p> $\left( c \cdot \frac{\mu}{k} \right)^{\frac{1}{3}}$

= 0,947826443	= 4,938355953
<p><b>6. Inside Film Coefficient (h<sub>o</sub>)</b></p> $\frac{h_i}{\phi_s} = jH \cdot \frac{k}{D_e} \cdot \left( \frac{C \cdot \mu}{k} \right)^{1/3}$ <p>hi/φs = = 304,8249431 Btu/hr ft<sup>2</sup>. °F</p> <p>7. φs = ( μ/μw)<sup>0,14</sup> dimana μ = 2,4192 lb/ft.h dan μw 0,96768 lb/ft.h</p> <p>Φs = 0,6267</p> <p>Maka untuk ho = hi/Φs x Φs = 191,0215967 Btu/hr.ft<sup>2</sup>.°F</p> <p>Untuk ho teoritis 1500 Btu/hr.ft<sup>2</sup>.°F</p>	<p><b>6. Inside Film Coefficient (h<sub>io</sub>)</b></p> $\frac{h_i}{\phi_t} = jH \cdot \frac{k}{D_e} \cdot \left( \frac{C \cdot \mu}{k} \right)^{1/3}$ <p>=29,5726 Btu/jam. ft<sup>2</sup>.°F</p> <p><b>Koreksi H<sub>io</sub> ke permukaan OD</b></p> $h_{i0} = h_i \cdot \frac{ID}{OD}$ <p><b>=31,9384</b></p>

#### Clean overall coefficient U<sub>c</sub>

$$U_c = \frac{h_w \cdot h_s}{h_w + h_s}$$

$$U_c = 31,2725 \text{ Btu/hr ft}^2 \text{ °F}$$

#### Design overall coefficient, U<sub>d</sub>

Total surface, A = 515,9293 ft<sup>2</sup>

$$U_D = \frac{Q}{A \Delta_t}$$

$$UD = 150 \text{ btu/hr.ft}^2 \text{.°F}$$

#### Dirty Factor, R<sub>d</sub>

$$R_d = \frac{U_c - U_D}{U_c \times U_D} = -0,025310283$$

## Summary

	<i>h outside</i>
UC	31,27252639
UD	150
RD calculated	-2,888163847
RD required	0,001

<b>6. Pressure Drop, <math>\Delta P</math></b>	
$Re_s = 2591017$ $f = 0,0009 \text{ ft}^2/\text{in}^2$ (Kern: fig. 29, hal 839) $s = 0,95$ $(N+1) = N \times \frac{L}{B}$ (D.Q Kern, pers. 7.43 hal 147) $= 64,96681327$ $\phi_s = 1 \text{ lb/ft h}$ $\Delta P_s = \frac{f \times G_s^2 \times D_s \times N + 1}{5,22 \times 10^{10} D_s \times \phi_s}$ $= 1,420363326 \text{ psi}$ <p>* Perancangan <i>cooler</i> dengan tipe <i>shell and tube</i> , memenuhi syarat karena nilai <math>\Delta P &lt; 10 \text{ Psi}</math></p>	$Re_t = 518.290$ $f = 0,001 \text{ ft}^2/\text{in}^2$ (Kern: fig. 29, hal 836) $s = 0,68$ $\phi_s = 1 \text{ lb/ft h}$ $\Delta P_t = \frac{f \times G_t^2 \times L \times n}{5,22 \times 10^{10} D_t \times s \times \phi_t}$ $= 7,04742 \text{E-}09 \text{ psi}$ <ul style="list-style-type: none"> <li><math>\Delta P</math> total</li> </ul> $G_t = 114647849 \text{ lb/hr ft}^2$ $\Delta P_r = \frac{4 \times n}{s} \times \frac{V^2}{2g}$ <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> <math>\frac{V^2}{2g} = 1</math> </div> <p style="text-align: right;">(Kern: fig. 27, hal 837)</p> $\Delta P_r = 5,88235 \text{ psi}$ $\Delta P_t = \Delta P_t + \Delta P_r = 5,88235 \text{ psi}$

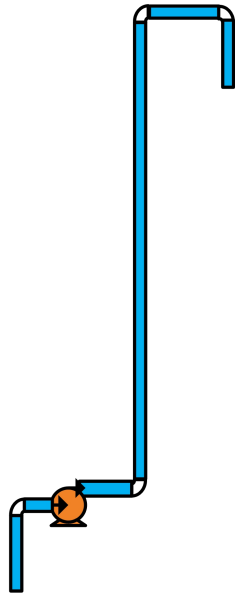
## B. Spesifikasi Alat Utilitas

### 1. Pompa Air Sungai

Tipe : Centrifugal Pump

Bahan : *Carbon Steel*

Gambar :



Data :

- Laju alir Umpan : 29610,80 kg/jam
- Densitas Umpan : 1000 kg/m<sup>3</sup>
- Temperatur : 30 °C
- Tekanan : 1 atm
- Waktu Operasi : 24 jam
- Faktor Keamanan : 10 %
- Viskositas Campuran : 3,5166 cp
- Za : 2
- Zb : 6,4 m
- Ls : 4 m
- Lb : 8 m

- **Laju Alir Volumetrik**

$$Q_p = m/0,9$$

$$= 20,1518 \text{ lb/s}$$

$$Q_v = Q_p/\rho$$

$$= 0,3227 \text{ ft}^3/\text{s}$$

- **Diameter Optimum**

Asumsi Aliran Turbulen

$$D_{i \text{ Opt}} = 3,9 (Q_v^{0,45}) (p^{0,13})$$

$$= 4,0128 \text{ in}$$

Dari Appendix 5 Mc. Cabe , hal 1107), diperoleh data :

	Suction (a)				Discharge (b)			
IPS	4 in sch 40							
ID	4,0260	in	0,3355	ft	4,0260	in	0,3355	ft
OD	4,5000	in	0,3750	ft	4,5000	in	0,3750	ft
a"	0,0884				ft <sup>2</sup>			

Nominal pipe size, in.	Outside diameter, in.	Schedule no.	Wall thickness, in.	Inside diameter, in.	Cross-sectional area of metal, in. <sup>2</sup>	Inside sectional area, ft <sup>2</sup>	Circumference, ft or surface, ft <sup>2</sup> /ft of length		Capacity at 1 ft/s velocity		Pipe weight lb/ft
							Outside	Inside	U.S. gal/min	Water, lb/h	
2	2.375	40	0.154	2.067	1.075	0.02330	0.622	0.541	10.45	5,225	3.65
		80	0.218	1.939	1.477	0.02050	0.622	0.508	9.20	4,600	5.02
2½	2.875	40	0.203	2.469	1.704	0.03322	0.753	0.647	14.92	7,460	5.79
		80	0.276	2.323	2.254	0.02942	0.753	0.608	13.20	6,600	7.66
3	3.500	40	0.216	3.068	2.228	0.05130	0.916	0.803	23.00	11,500	7.58
		80	0.300	2.900	3.016	0.04587	0.916	0.759	20.55	10,275	10.25
3½	4.000	40	0.226	3.548	2.680	0.06870	1.047	0.929	30.80	15,400	9.11
		80	0.318	3.364	3.678	0.06170	1.047	0.881	27.70	13,850	12.51
4	4.500	40	0.237	4.026	3.17	0.08840	1.178	1.054	39.6	19,800	10.79
		80	0.337	3.826	4.41	0.07986	1.178	1.002	35.8	17,900	14.98
5	5.563	40	0.258	5.047	4.30	0.1390	1.456	1.321	62.3	31,150	14.62
		80	0.375	4.813	6.11	0.1263	1.456	1.260	57.7	28,850	20.78
6	6.625	40	0.280	6.065	5.58	0.2006	1.734	1.588	90.0	45,000	18.97
		80	0.432	5.761	8.40	0.1810	1.734	1.508	81.1	40,550	28.57
8	8.625	40	0.322	7.981	8.396	0.3474	2.258	2.089	155.7	77,850	28.55
		80	0.500	7.625	12.76	0.3171	2.258	1.996	142.3	71,150	43.39
10	10.75	40	0.365	10.020	11.91	0.5475	2.814	2.620	246.0	123,000	40.48
		80	0.594	9.562	18.95	0.4987	2.814	2.503	223.4	111,700	64.40
12	12.75	40	0.406	11.938	15.74	0.7773	3.338	3.13	349.0	174,500	53.56
		80	0.600	11.274	26.07	0.7056	3.338	3.00	316.7	158,150	88.57

- **Kecepatan Aliran**

$V_a = V_b$  ( Karena pipa buang dan pipa hisap sama )

$$= 3,6505 \text{ ft/s} \quad V = \frac{Qv}{a''}$$

$$\frac{V^2}{2gc}$$

$$= 0,2071 \text{ ft.lbf/lb}$$

- **Bilangan Reynold ( Nre )**

$$\frac{\rho \times V \times ID}{\mu}$$

$$Nre = 139651,784836087$$

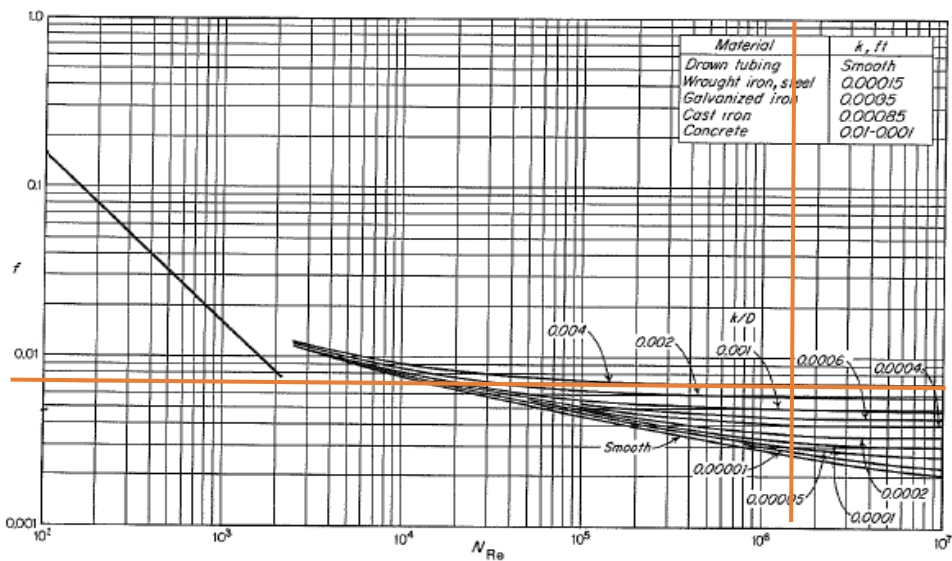


FIGURE 5.9  
Friction-factor chart.

- **Rugi Gesek**

Pipa Hisap ( *Suction* )

- Rugi Gesek Kulit pipa



$$h_{f_{sa}} = f \frac{\Delta L V^2}{r_H 2g_c}$$

$$r_H = ID/4$$

$$= 0,0839 \text{ ft}$$

Material yang digunakan untuk konstruksi pipa adalah Wrought iron Steel.

$$K = 0,00015$$

$$K/ID = 0,0004$$

$$f = 0,0080 \quad (\text{Mc Cabe Fig 5.9})$$

Maka,

$$H_{f_{sa}} = 0,2593 \text{ ft lbf/lb}$$

Rugi gesek pipa buang ( *Discharge* )

- Rugi gesek kulit pipa

$$h_{f_{sb}} = f \frac{\Delta L V^2}{r_H 2g_c}$$

$$r_H = ID/4$$

$$= 0,1663 \text{ ft}$$

Material yang digunakan untuk konstruksi pipa adalah Wrought iron Steel.

$$K = 0,00015$$

$$K/ID = 0,000225536$$

$$f = 0,0080 \quad (\text{Mc Cabe Fig 5.9})$$

Maka,

$$H_{f_{sb}} = 0,5185 \text{ ft lbf/lb}$$

- Rugi gesek Fitting dan Valve

$$h_{ff} = K_f \frac{V^2}{2g_c}$$

**TABLE 5.1**  
**Loss coefficients for standard**  
**threaded pipe fittings†**

Fitting	$K_f$
Globe valve, wide open	10.0
Angle valve, wide open	5.0
Gate valve	
Wide open	0.2
Half open	5.6
Return bend	2.2
Tee	1.8
Elbow	
90°	0.9
45°	0.4

† From J. K. Vennard, in V. L. Streeter (ed.), *Handbook of Fluid Dynamics*, McGraw-Hill Book Company, New York, 1961, p. 3-23.

Jumlah Elbow = 3

Jumlah Valve = 1

Total  $K_f$  =  $3 \times 0,9 + 1 \times 10 = 2,7$

Maka,

$H_{ffb} = 0,5592 \text{ ft lbf/lb}$

Maka jumlah rugi gesek pada pompa ini adalah :

$H_{fsa} + H_{fsb} + H_{ffb} = 1,5213 \text{ ft lbf/lb}$

● **Daya pompa ( BHP )**

$$\frac{P_a}{\rho} + \frac{gZ_a}{g_c} + \frac{\alpha_a V_a^2}{2g_c} + W_p = \frac{P_b}{\rho} + \frac{gZ_b}{g_c} + \frac{\alpha_b V_b^2}{2g_c} + h_f$$

Atau

$$W_p = \left( \frac{P_b}{\rho} + \frac{gZ_b}{g_c} + \frac{\alpha_b V_b^2}{2g_c} \right) - \left( \frac{P_a}{\rho} + \frac{gZ_a}{g_c} + \frac{\alpha_a V_a^2}{2g_c} \right) + h_f$$

Dimana :

$P_a = P_b$

$V_a = V_b$

$$\rho_a = \rho_b$$

$$Q_f = 0,3227 \text{ ft}^3/\text{s}$$

$$= 144,8484 \text{ gal/min}$$

FIGURE 1436  
Characteristic curves for a typical centrifugal pump showing effect of viscosity.

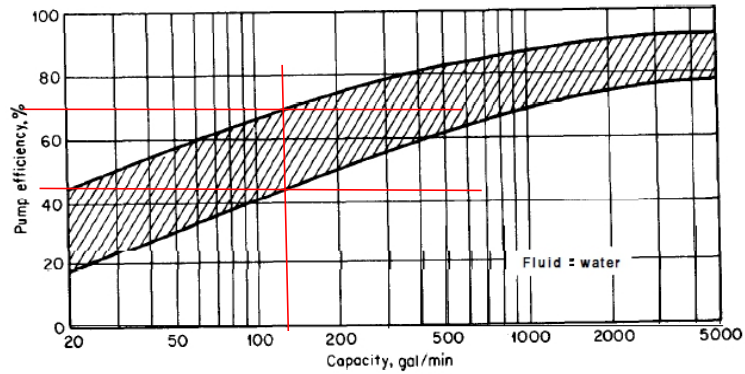


FIGURE 1437  
Efficiencies of centrifugal pumps.

$$\eta = 57\% \quad \text{(Gambar 14.36 , hal 520, Petter)}$$

sehingga rumus dapat disederhanakan menjadi

$$W_p = (Z_b - Z_a) + h_f$$

$$W_p = 28,2963 \text{ ft lbf/lb}$$

$$BHP = \frac{W_p \times m}{550}$$

$$BHP = 1,0368 \text{ Hp}$$

- **Daya Motor ( MPH )**

$$MPH = \frac{BHP}{\eta}$$

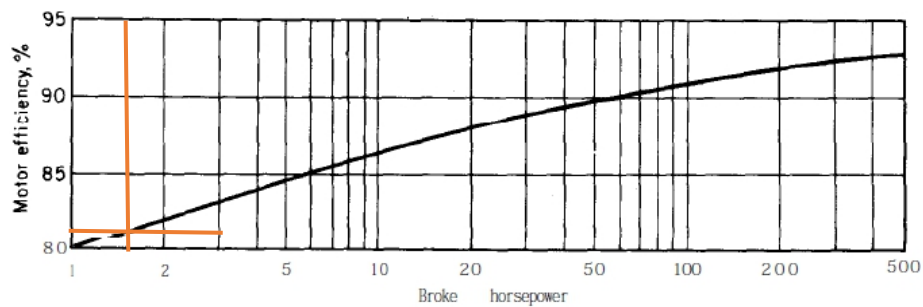


FIGURE 1438  
Efficiencies of three-phase motors.

$$\eta = 83\%$$

$$\text{MPH} = 2,1644 \text{ Hp}$$

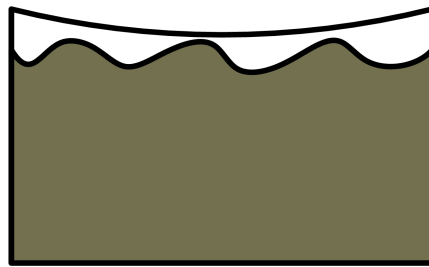
## 2. Bak Penampung air sungai

Tipe : Bak Persegi Panjang

Bahan : Semen

Jumlah : 2

Gambar :



Laju alir : 118443,20 Kg/jam

Waktu Operasi : 24 jam

Densitas : 1000 Kg/m<sup>3</sup>

- **Laju alir Volumetrik**

$m/\rho = 118,443 \text{ m}^3/\text{jam}$

Volume Bak = 2842,636799 m<sup>3</sup>

Faktor keamanan = 10%

direncanakan akan dibangun dua buah bak penampungan

Maka, Volume bak = 1579,485332 m<sup>3</sup>

- **Perbandingan panjang : lebar : tinggi**

$$P = 3$$

$$L = 2$$

$$T = 1$$

Maka,

$$V = P \times L \times T$$

$$= 3 T \times 2 T \times 1 T$$

$$T^3 = V/6$$

$$T^3 = 263,2071 \text{ m}^3$$

$$T = 6,4086 \text{ m}$$

$$V = 1576,2426$$

Jadi,

$$P = 19,2259 \text{ m}$$

$$L = 12,8172 \text{ m}$$

$$T = 6,40863 \text{ m}$$

### 3. Sand Filter

Tipe : Bak Persegi Panjang

Bahan : Semen

Jumlah : 1

Laju alir : 30626,4991 Kg/jam

Waktu Operasi : 20 menit

Densitas : 1000 Kg/m<sup>3</sup>

- **Laju alir Volumetrik**

$$m/\rho = 30,6265 \text{ m}^3$$

- **Dimensi Bak**

$$V = Q \times \text{Waktu Operasi}$$

$$= 10,2087 \text{ m}^3$$

Direncanakan digunakan 2 unit bak penampungan

Maka,

$$\text{kapasitas tiap bak} = 2,5522 \text{ m}^3$$

$$\text{Faktor keamanan 20\% maka volume bak} = 3,190 \text{ m}^3$$

$$\text{Air yang terisi dalam unggun} = 80\%$$

$$\text{Volume air yang mengisi unggun} = 2,5521 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume Partikel} = 2,5521 \text{ m}^3 \times 0,4$$

$$\text{Maka, Volume total unggun} = 8,9326 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume air yang tidak mengisi unggun} = 1,7865 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume total} = 8,9326 \text{ m}^3 + 1,7865 \text{ m}^3$$

$$= 10,7162 \text{ m}^3$$

- **Perbandingan panjang : lebar : tinggi**

$$P = 3$$

$$L = 2$$

$$T = 1$$

Maka,

$$P = 3,64 \text{ m}$$

$$L = 2,43 \text{ m}$$

$$T = 1,21 \text{ m}$$

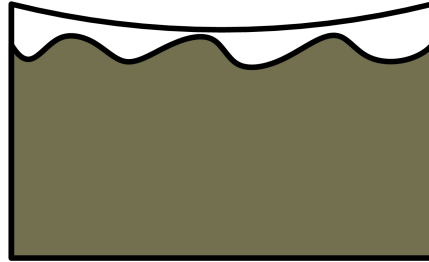
#### 4. Bak Penampung air bersih

Tipe : Bak Persegi Panjang

Bahan : Semen

Jumlah : 4

Gambar :



Laju alir : 30626,4991 Kg/jam

Waktu Operasi : 24 jam

Densitas : 1000 Kg/m<sup>3</sup>

- **Laju alir Volumetrik**

$m/\rho = 30,6265 \text{ m}^3/\text{jam}$

Volume Bak = 735,0360 m<sup>3</sup>

Faktor keamanan = 10%

direncanakan akan dibangun empat buah bak penampungan

Maka, Volume bak = 183,7590 m<sup>3</sup>

- **Perbandingan panjang : lebar : tinggi**

$P = 3$

$L = 2$

$T = 1$

Maka,

$V = P \times L \times T$

$= 3 T \times 2 T \times 1 T$

$$T^3 = V/6$$

$$T^3 = 34,0294 \text{ m}^3$$

$$T = 3,24 \text{ m}$$

Jadi,

$$P = 9,72 \text{ m}$$

$$L = 6,48 \text{ m}$$

$$T = 3,24 \text{ m}$$

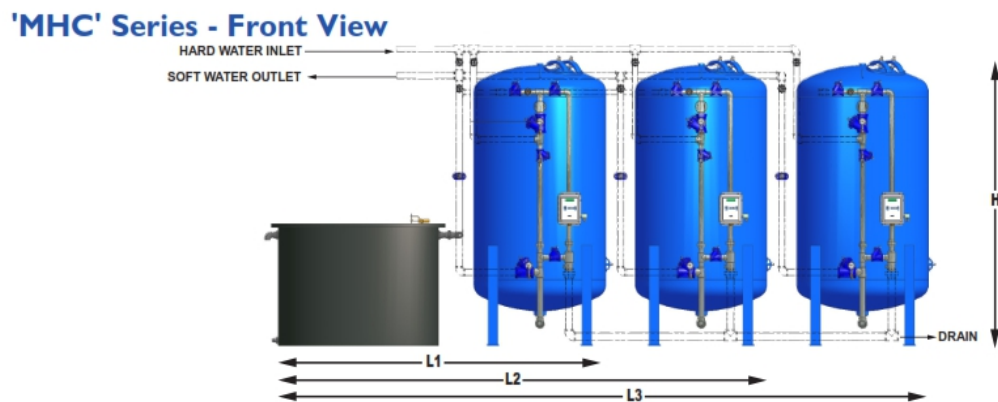
### 5. Softener Tank

Fungsi : Tempat pertukaran kation dan anion dalam air dengan  $H^+$  dan  $OH^-$  dari resin

Tipe : Silinder vertikal dengan tutup dan alas ellipsoidel

Bahan konstruksi : Carbon steel with Safety blue exterior paint

Gambar :



Data :

Laju alir massa = 80458 kg/jam

Densitas = 1000 Kg/m<sup>3</sup>

Waktu = 24 jam



Laju alir Volumetrik = 89,3986 m<sup>3</sup>/jam  
 = 393,6102 galon/men

Berdasarkan data kapasitas yang diperoleh, maka dipilih alat softener tank tipe MHC-1500-4 dengan spesifikasi sebagai berikut (Marlo-inc.com, 2017)

CATALOG NUMBER	EXCHANGE CAPACITY (Grains) SALT USAGE (LBS) ①		FLOW RATES		PIPE SIZE		RESIN	TANK SIZES		SALT STORAGE	REGEN PER SALT REFILL		OVERALL DIMENSIONS (INCHES) ②			SHIPPING WEIGHT (LBS) ③			
	MAX. SALT	MIN. SALT	CONT. GPM ④	PEAK GPM ⑤	BACK WASH	SERVICE		DRAIN	SOFTENER		BRINE	MIN. SALT	MAX. SALT	SINGLE (LxWxH)	TWIN (LxWxH)	TRIPLE (LxWxH)	SINGLE	TWIN	TRIPLE
					GPM	INCHES	INCHES	CU. FT.	INCHES	INCHES	LBS								
MHC-1200-3	1,200,000	800,000	215	300	60	3	2	40	48 x 60	56 x 62	3000	12	5	120x64x98	188x64x98	252x64x98	5,700	10,800	15,900
MHC-1200-4	600	240	310	410		4	2							120x68x98	188x68x98	252x68x98	5,730	10,860	16,000
MHC-1500	1,500,000	1,000,000	225	308	80	3	2-1/2	50	54 x 60	56 x 62	2700	9	4	140x70x100	214x70x100	288x70x100	6,850	13,050	19,100
MHC-1500-4	750	300	405	600		4	2-1/2							140x74x100	214x74x100	288x74x100	6,880	13,110	19,200
MHC-1850-3	1,950,000	1,300,000	235	325	100	3	3	65	60 x 60	74 x 64	5500	14	5	158x76x102	232x76x102	312x76x102	8,550	16,200	23,950
MHC-1850-4	975	390	445	660		4	3							158x80x102	232x80x102	312x80x102	8,550	16,250	24,000
MHC-2400-3	2,400,000	1,600,000	245	340		3	3							170x84x114	256x84x114	342x84x114	10,700	20,500	30,300
MHC-2400-4	1,200	480	660	940	120	4	3	80	66 x 72	74 x 64	5200	10	4	170x86x114	256x86x114	342x86x114	10,750	20,600	30,500
MHC-3000-6	1,500	600	700	1050		6	3							170x92x114	256x92x114	342x92x114	10,800	20,700	30,700
MHC-3000-3	3,000,000	2,000,000	255	355		3	3							174x88x117	266x88x117	358x88x117	12,300	23,600	34,900
MHC-3000-4	1,500	500	720	1050	140	4	3	100	72 x 72	86 x 62	7000	11	4	174x92x117	266x92x117	358x92x117	12,350	23,700	35,100
MHC-4200-6	2,000,000	1,400,000	780	1130		6	3							174x96x117	266x96x117	358x96x117	12,400	23,800	35,300
MHC-4200-3	4,200,000	2,800,000	780	1130	190	6	3	140	84 x 72	96 x 60	8000	7	3	194x110x120	298x110x120	402x110x120	16,250	31,200	45,900
MHC-4200-4	2,100	880	1250	1450		8	3							194x118x120	298x118x120	402x118x120	16,300	31,300	46,150
MHC-5400-6	5,400,000	3,600,000	880	1250	250	6	4	180	96 x 72	96 x 60	7500	6	2	206x122x123	322x122x123	438x122x123	21,600	41,800	61,800
MHC-5400-8	2,700	1,100	1150	1700		8	4							206x134x123	322x134x123	438x134x123	21,700	41,950	62,950

Tipe = MHC-1500-4

Tingkat penghilangan garam = 750 lb

= 340,1978 Kg

Laju alir = 405-600 GPM

Ukuran pipa = 4 in

Panjang = 140 in

= 3,55 m

Lebar = 74 in

= 1,87 m

Tinggi = 100 in

= 2,54 m

## 6. Tangki air demin

Fungsi : Menampung air Demin  
Tipe : Silinder vertikal dg alas datar dan tutup ellipsoidal  
Bahan : *Carbon Steel*

### Data

Temperatur : 30°C  
Tekanan : 1 atm  
Laju Alir : 16092 Kg/jam  
Densitas Campuran : 1000 Kg/m<sup>3</sup>  
Waktu Operasi : 0,167 jam  
Viskositas Campuran : 1 cp

- **Kapasitas Tangki**

$$\frac{m}{\rho}$$

$$= 2,6873 \text{ m}^3$$

Faktor Keamanan 20%

$$V_t = V_e / 0,8$$
$$= 3,3592 \text{ m}^3$$

- **Dimensi Tangki**

- Volume Silinder (  $V_s$  )

$$V_s = \frac{\pi}{4} \times D_s^3 \quad H_s = D_e$$

- Volume Ellipsoidal (  $V_e$  )

$$V_e = \frac{\pi}{24} \times D_e^3 \quad H_e = 0,25 D_e$$

- **Diameter Tangki**

$$= \left( \frac{\pi}{4} \times D_D^3 \right) + \left( \frac{\pi}{24} \times D_D^3 \right)$$

$$V_t = 0,9167 D_e^3$$

$$D_t^3 = V_t / 0,9167$$

$$= 1,5417 \text{ m}$$

- **Tinggi Tangki**

$$t_{dd} = \frac{PR}{SE - 0,6P} + C$$

- Tinggi Tangki

$$H_s = D_t$$

$$= 1,5417 \text{ m}$$

- Tinggi Ellipsoidal

$$H_e = 0,25 D_t$$

$$= 0,3854 \text{ m}$$

- Tinggi Total

$$H_s + H_e = 1,9272 \text{ m}$$

- **Tinggi Cairan (  $H_c$  )**

$$t_s = \frac{PD_D}{2SE - 0,2P} + C$$

$$= 1,5417 \text{ m}$$

- **Tekanan Cairan**

$$\begin{aligned}
 P_c &= \rho \times g \times h_c \\
 &= 1000 \times 9,8 \times 1,5417 \\
 &= 0,1493 \text{ atm}
 \end{aligned}$$

- **Tekanan Desain**

$$\begin{aligned}
 P_d &= P_{op} + P_c \\
 &= 1 \text{ atm} + 0,1493 \text{ atm} \\
 &= 1,1493 \text{ atm}
 \end{aligned}$$

- **Tebal Dinding**

Tekanan Desain	= 1,1493 atm
Jari-jari	= 0,7709 m
Allowable stress, S	= 13700 psi
Efisiensi Pengelasan, E	= 85%
Faktor korosi yang diizinkan	= 0.0020 in/tahun
Tahun digunakan	= 10 tahun

$$t_{dd} = \frac{PR}{SE - 0,6P} + C$$

$$= 0,0641 \text{ in}$$

$$= 0,0016 \text{ m}$$

- **Tebal tutup Ellipsoidal**

$$t_e = \frac{PD_D}{2SE - 0,2P} + C$$

$$= 0,0237 \text{ in}$$

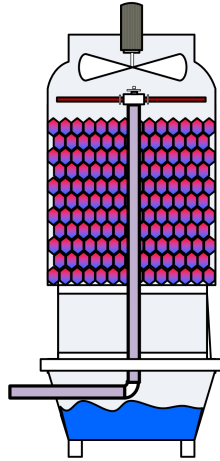
$$= 0,0006 \text{ m}$$

## 7. Cooling Tower

Fungsi : Mendinginkan air sirkulasi yang telah dipakai untuk pendinginan

Jenis : *Induced draft cooling tower*

Gambar :



Data

Laju alir = 80459 Kg/jam

Densitas = 1000 Kg/m<sup>3</sup>

T *in* = 50 °C

T *Out* = 24 °C

h Udara = 22 btu/lb

h Air = 105 btu/lb

Berdasarkan Fig 12.2 dan 12.3

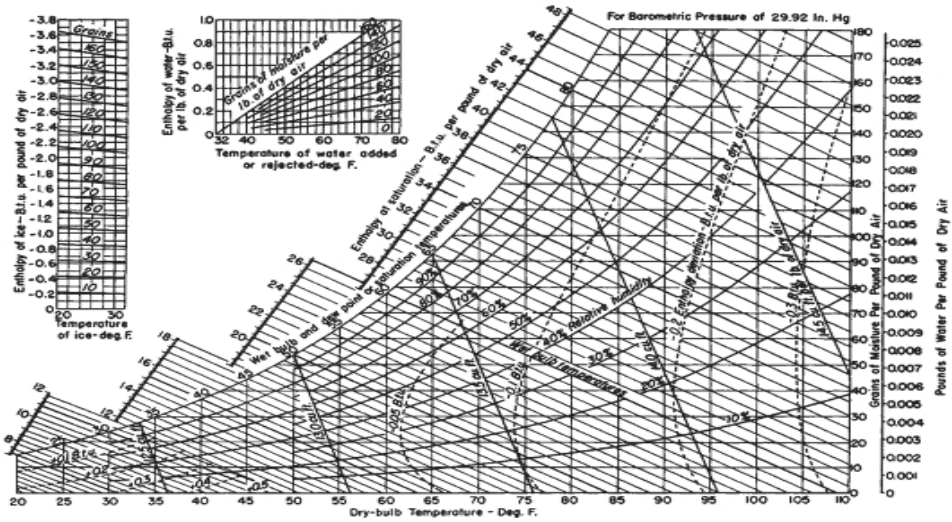


FIG. 12-2 Psychrometric chart—medium temperatures. Barometric pressure, 29.92 in.Hg. To convert British thermal units per pound dry air-degree Fahrenheit to joules per kilogram-kelvin, multiply by 4186.8; and to convert cubic feet per pound to cubic meters per kilogram, multiply by 0.0624.

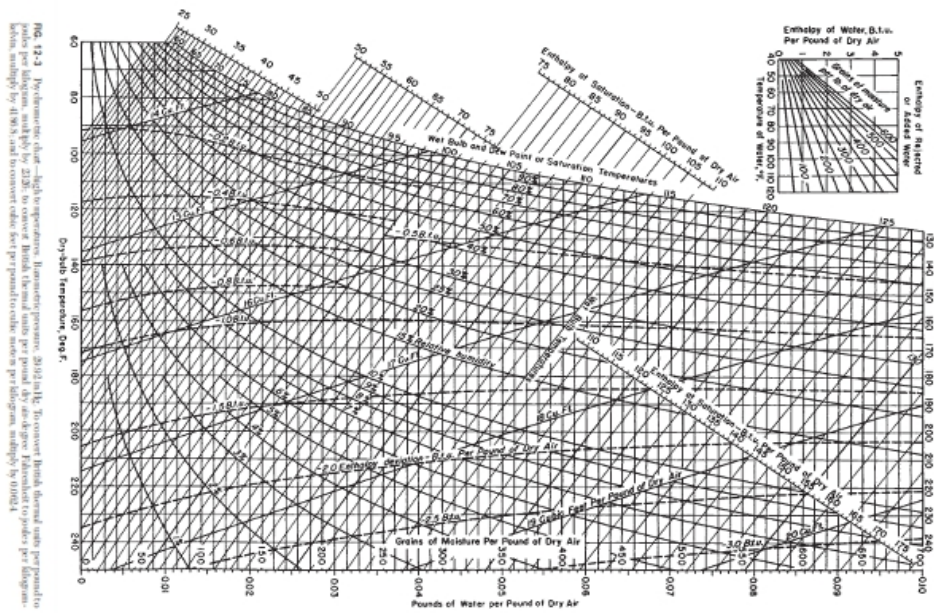


FIG. 12-3 Psychrometric chart—high temperatures. Barometric pressure, 29.92 in.Hg. To convert British thermal units per pound dry air-degree Fahrenheit to joules per kilogram-kelvin, multiply by 4186.8; and to convert cubic feet per pound to cubic meters per kilogram, multiply by 0.0624.

Diperoleh data :

Temperatur Bola basah : 65°F

Temperatur Bola kering : 72°F

Tav : 68,5°F

- **Laju alir Volumetrik**

Direncanakan menggunakan 2 buah *Cooling Tower*

$$\begin{aligned} W_c &= m/\rho \\ &= 177,143 \text{ gal/menit} \end{aligned}$$

- **Luas Tower**

$$\begin{aligned} C_a &= 1,5 \text{ gal/menit ft}^2 \\ \text{Luas menara} &= W_c/C_a \\ &= 177,143/1,5 \\ &= 118,0956 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Faktor keamanan 10\%} \\ &= 131,2173 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

- **Daya yang dibutuhkan Fan**

Peforma Standar menara : 97%

Daya : 0,037 Hp

Sehingga,

$$\begin{aligned} \text{Pact} &= 0,037 \times 10\% \\ &= 24 \text{ Hp} \end{aligned}$$

- **Dimensi Tower**

$$\frac{W_L}{Dt} = 90,85 \left( \frac{\Delta h}{\Delta T} \right) \sqrt{\Delta t + (0,3124\Delta h)}$$

$$Dt = 94,16043 \text{ ft}$$

$$Zt = 1,5 D$$

$$Zt^{0,5} = \frac{94,16043 \times 11,18033}{131,2173}$$

D = 13,08799 m

Tinggi menara = 19,631990 m

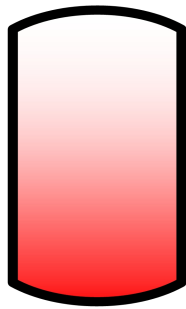
#### 8. Tangki Pelarutan alum

Fungsi = Tempat pelarutan Alum

Bentuk = Silinder vertikal dengan alas dan tutup datar

Bahan = Stainless steel

Gambar =



Laju alir massa = 39911 Kg / jam

Densitas = 1760 Kg / m<sup>3</sup>

Temperatur = 30 °C

Tekanan = 1 atm

= 14.696 psi

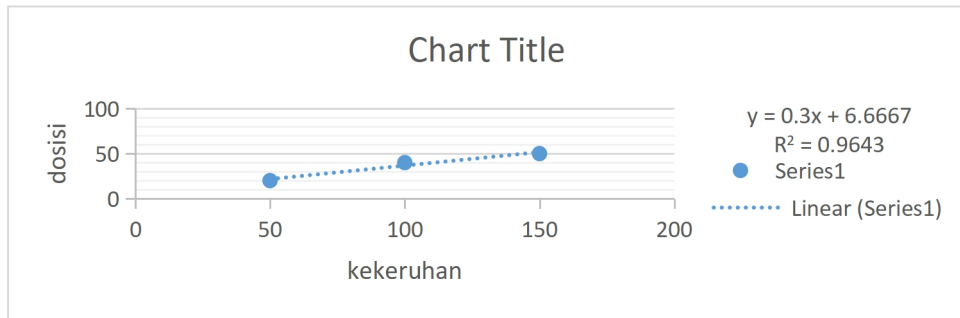
Laju alir volumetrik = 40 kg/m<sup>3</sup>

Faktor Keamanan = 10 %

- **Kebutuhan alum**

Kekeruhan air sungai siak = 45 NTU





Dosis alum yang digunakan = 0,000020166 Kg/Liter

Kebutuhan alum = Dosis x Laju alir Volumetrik  
 = 0,000020166 x 40  
 = 0,8048 Kg/jam  
 = 19 Kg/hari  
 = 43 lb/hari

alum yang digunakan berupa larutan alum dengan konsentrasi 25% berat

Berat Larutan alum = 43 lb/hari/25%  
 = 170,3717 lb/hari

Volume alum = Berat alum / Densitas Alum  
 = 1,5505 ft<sup>3</sup>/hari

Faktor keamanan 10 % = 37587 ft<sup>3</sup>/hari

- **Kapasitas Tangki**

Kebutuhan alum direncanakan untuk pemakaian selama 7 hari

Volume total x 7 Hari

37587 ft<sup>3</sup>/hari x 7 hari = 263110 ft<sup>3</sup>  
 = 7446 m<sup>3</sup>  
 = 214086 liter

- **Perancangan Pengadukan**

Jenis pengaduk yang digunakan adalah propeller berdaun tiga tanpa sekat, dari McCabe hal 243 diperoleh:

$$D_i = 0,333$$

$$E = 0,333$$

$$H = 1$$

$$P = \frac{N_p N^3 D_i^5 \rho}{g_c} \quad (\text{McCabe, Pers 9.20})$$

Dari persamaan diperoleh :

$$\begin{aligned} \text{Diameter impeller} &= \text{Diameter tangki} \times D_i \\ &= 1,136 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi impeller} &= \text{Diameter tangki} \times E \\ &= 1,136 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi Cairan} &= \text{Diameter tangki} \times H \\ &= 3,4120 \text{ ft} \end{aligned}$$

- **Kecepatan putar pengadukan**

$$\frac{N \times d}{\left(\frac{\sigma g_c}{\rho}\right)^{0.25}} = 1,22 + 1,25 \left(\frac{D_B}{d}\right)$$

$$\sigma = 0,005 \text{ lb/ft}$$

$$g_c = 32,17 \text{ ft/dt}^2$$

Maka, didapatkan

$$N = 0,2174 \text{ rps}$$

$$N_{Re} = \frac{\rho \times N \times d^2}{\mu}$$

$$\text{Maka, } N_{re} = 24680$$

$$K_t = 0,87$$

Sehingga,

$$P = \frac{K_T N^3 d^5 \rho}{g_c}$$
$$= \frac{0,87 \times 0,0102858 \times 1,89370 \times 109,88}{32,17}$$
$$= 0,000105239 \text{ Hp}$$

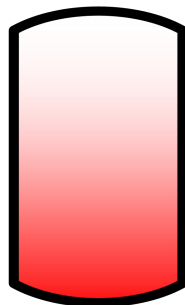
#### 9. Tangki Pelarutan Kapur Tohor

Fungsi = Tempat pelarutan Kapur Tohor

Bentuk = Silinder vertikal dengan alas dan tutup datar

Bahan = Stainless steel

Gambar =



Laju alir massa = 39911 Kg / jam

Densitas = 2210,07 Kg / m<sup>3</sup>

Temperatur = 30 °C

Tekanan = 1 atm

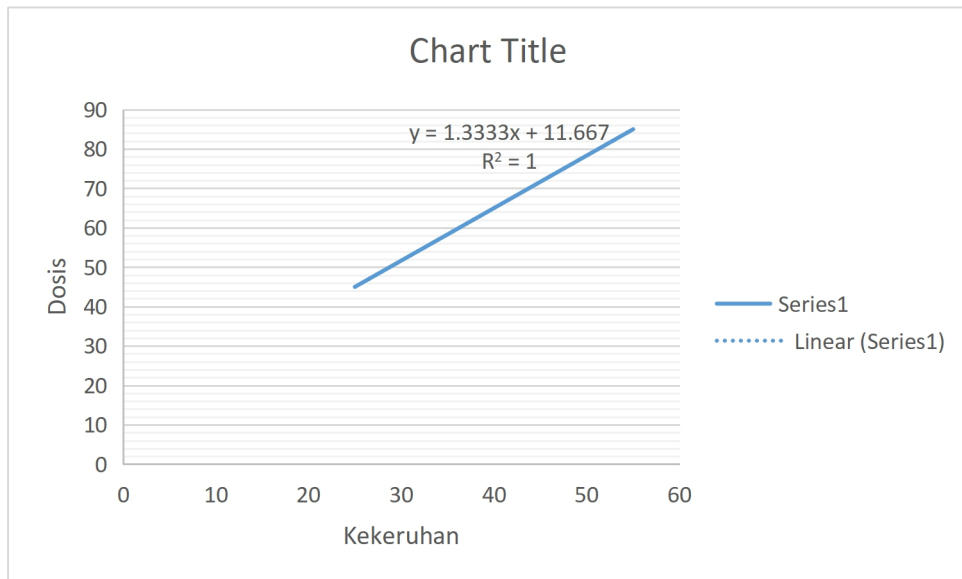
= 14.696 psi

Laju alir volumetrik = 18 kg/m<sup>3</sup>

Faktor Keamanan = 10 %

- **Kebutuhan kapur tohor**

Kekeruhan air sungai siak = 45 NTU



Dosis alum yang digunakan = 0,0000716667 Kg/Liter

Kebutuhan kapur tohor = Dosis x Laju alir Volumetrik

= 0,0000716667 x 18

= 1,2942 Kg/jam

= 31 Kg/hari

= 68 lb/hari

kapur yang digunakan berupa larutan alum dengan konsentrasi 40% berat

Berat Larutan kapur tohor = 68 lb/hari/40%

= 171,225 lb/hari

Volume kapur tohor = Berat kapur / Densitas kapur

= 1,2410 ft<sup>3</sup>/hari

Faktor keamanan 10 % = 1,3789 ft<sup>3</sup>/hari

- **Kapasitas Tangki**

Kebutuhan alum direncanakan untuk pemakaian selama 7 hari

Volume total x 7 Hari

$$\begin{aligned} 1,3789 \text{ ft}^3/\text{hari} \times 7 \text{ hari} &= 10 \text{ ft}^3 \\ &= 0,2731 \text{ m}^3 \\ &= 8 \text{ liter} \end{aligned}$$

- **Perancangan Pengadukan**

Jenis pengaduk yang digunakan adalah propeller berdaun tiga tanpa sekat, dari Mc Cabe hal 243 diperoleh:

$$D_i = 0,333$$

$$E = 0,333$$

$$H = 1$$

$$P = \frac{N_p N^3 D_i^5 \rho}{g_c} \quad (\text{Mc Cabe, Pers 9.20})$$

Dari persamaan diperoleh :

$$\begin{aligned} \text{Diameter impeller} &= \text{Diameter tangki} \times D_i \\ &= 1,136 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi impeller} &= \text{Diameter tangki} \times E \\ &= 1,136 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi Cairan} &= \text{Diameter tangki} \times H \\ &= 3,4120 \text{ ft} \end{aligned}$$

- **Kecepatan putar pengadukan**

$$\frac{N \times d}{\left(\frac{\sigma g_c}{\rho}\right)^{0.25}} = 1,22 + 1,25 \left(\frac{D_B}{d}\right)$$

$$\sigma = 0,005 \text{ lb/ft}$$

$$g_c = 32,17 \text{ ft/dt}^2$$

Maka, didapatkan

$$N = 0,2054 \text{ rps}$$

$$N_{Re} = \frac{\rho \times N \times d^2}{\mu}$$

$$\text{Maka, } N_{re} = 24680$$

$$K_t = 0,87$$

Sehingga,

$$P = \frac{K_T N^3 d^5 \rho}{g_c}$$
$$= \frac{0,87 \times 0,008671 \times 1,89370 \times 137,97}{32,17}$$

$$= 0,000111402 \text{ Hp}$$

$$\text{Efisiensi Motor} = 80 \%$$

$$\text{Daya Motor} = 0,000139252 \text{ Hp}$$

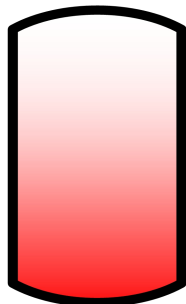
#### 10. Tangki Pelarutan Kaporit

Fungsi = Tempat pelarutan Kaporit

Bentuk = Silinder vertikal dengan alas dan tutup datar

Bahan = Stainless steel

Gambar =



Laju alir massa = 39911 Kg / jam

Densitas = 1180,72 Kg / m<sup>3</sup>

Temperatur = 30 °C

Tekanan = 1 atm

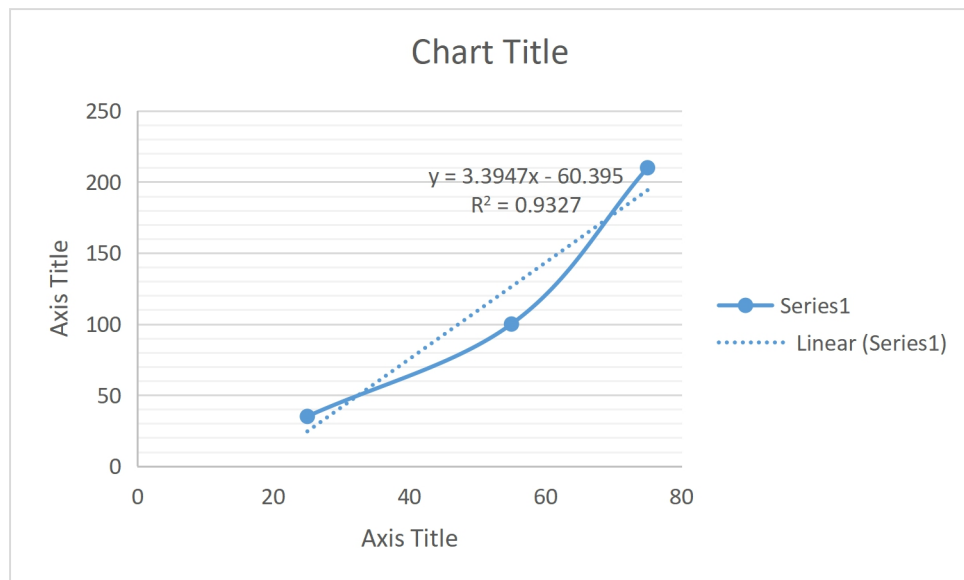
= 14.696 psi

Laju alir volumetrik = 34 kg/m<sup>3</sup>

Faktor Keamanan = 10 %

- **Kebutuhan Kaporit**

Kekeruhan air sungai siak = 45 NTU



Dosis alum yang digunakan = 0,0000923684 Kg/Liter

Kebutuhan kaporit = Dosis x Laju alir Volumetrik

= 0,0000716667 x 34

= 3,122299 Kg/jam

= 75 Kg/hari

= 165 lb/hari

kaporit yang digunakan berupa larutan alum dengan konsentrasi 40% berat

$$\begin{aligned}\text{Berat Larutan kaporit} &= 165 \text{ lb/hari}/40\% \\ &= 413,0802 \text{ lb/hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume kaporit} &= \text{Berat alum} / \text{Densitas Alum} \\ &= 2,9939 \text{ ft}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

$$\text{Faktor keamanan } 10 \% = 3,3266 \text{ ft}^3/\text{hari}$$

- **Kapasitas Tangki**

Kebutuhan alum direncanakan untuk pemakaian selama 7 hari

Volume total x 7 Hari

$$\begin{aligned}3,3266 \text{ ft}^3/\text{hari} \times 7 \text{ hari} &= 23 \text{ ft}^3 \\ &= 0,65900 \text{ m}^3 \\ &= 19 \text{ liter}\end{aligned}$$

- **Perancangan Pengadukan**

Jenis pengaduk yang digunakan adalah propeller berdaun tiga tanpa sekat, dari mc cabe hal 243 diperoleh:

$$D_i = 0,333$$

$$E = 0,333$$

$$H = 1$$

$$P = \frac{N_P N^3 D_i^5 \rho}{g_c} \quad (\text{Mc Cabe, Pers 9.20})$$

Dari persamaan diperoleh :

$$\begin{aligned}\text{Diameter impeller} &= \text{Diameter tangki} \times D_i \\ &= 1,136 \text{ ft}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tinggi impeller} &= \text{Diameter tangki} \times E \\ &= 1,136 \text{ ft}\end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \text{Tinggi Cairan} &= \text{Diameter tangki} \times H \\ &= 3,4120 \text{ ft} \end{aligned}$$

- **Kecepatan putar pengadukan**

$$\frac{N \times d}{\left(\frac{\sigma g_c}{\rho}\right)^{0.25}} = 1,22 + 1,25 \left(\frac{D_B}{d}\right)$$

$$\sigma = 0,005 \text{ lb/ft}$$

$$g_c = 32,17 \text{ ft/dt}^2$$

Maka, didapatkan

$$N = 0,2054 \text{ rps}$$

$$N_{Re} = \frac{\rho \times N \times d^2}{\mu}$$

$$\text{Maka, } N_{re} = 24680$$

$$K_t = 0,87$$

Sehingga,

$$\begin{aligned} P &= \frac{K_T N^3 d^5 \rho}{g_c} \\ &= \frac{0,87 \times 0,008671 \times 1,89370 \times 137,97}{32,17} \end{aligned}$$

$$= 0,000111402 \text{ Hp}$$

$$\text{Efisiensi Motor} = 80 \%$$

$$\text{Daya Motor} = 0,000139252 \text{ Hp}$$

## LAMPIRAN D

### ANALISA EKONOMI

Analisa ekonomi dihitung untuk menentukan jumlah modal yang dibutuhkan untuk mendirikan dan mengoperasikan pabrik serta tinjauan kelayakan suatu pabrik.

#### 1. Perhitungan Jumlah Modal

Prarancangan pabrik *green diesel* dari PFAD dengan kapasitas 100.000 ton/tahun. Dalam hal ini, untuk menentukan jumlah modal yang dibutuhkan untuk mendirikan dan mengoperasikan pabrik diperoleh dari hasil perkiraan dengan metoda *percentage delivered equipment cost* untuk *liquid-solid processing plant* (Peters, 1991).

##### 1.1 Perhitungan Harga Alat

Untuk menghitung harga peralatan pada tahun 2028 ditentukan dengan persamaan :

$$\text{Harga Sekarang} = \text{Harga awal} \times \left( \frac{\text{indeks harga sekarang}}{\text{indeks harga awal}} \right) \text{(Peters, 1991)}$$

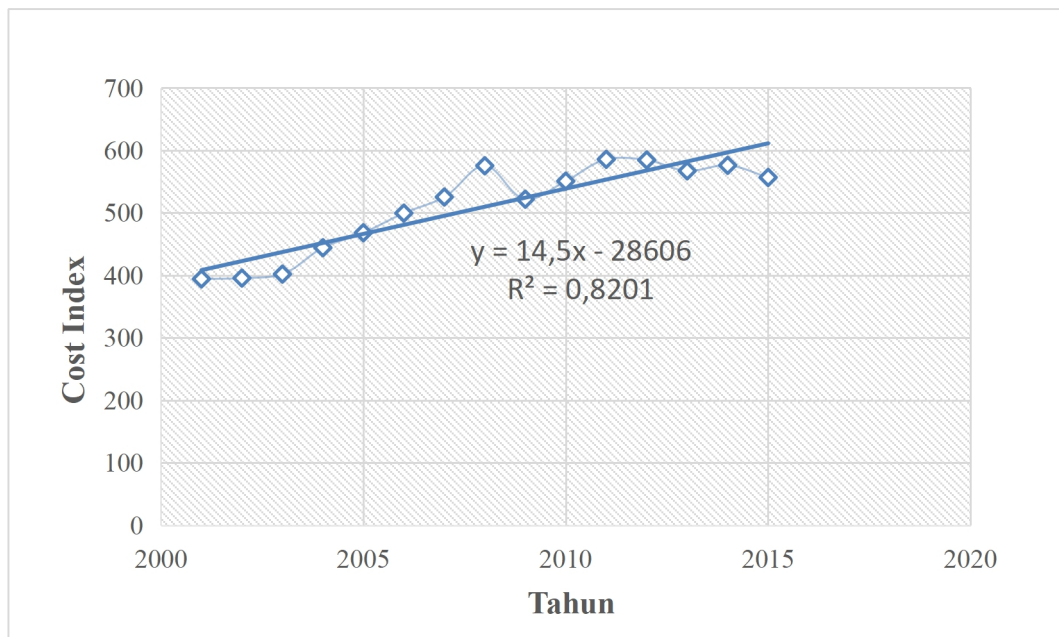
Daftar indeks harga rata-rata tahunan menurut *Engineering Plant Cost* dapat dilihat pada Tabel D.1 dan Gambar D.1 di bawah ini.

**Tabel D.1** Daftar Indeks Harga Rata-Rata Tahunan

Tahun	Cost Index
2001	394,3
2002	395,6
2003	402,0
2004	444,2
2005	468,2
2006	499,6
2007	525,4
2008	575,4
2009	521,9
2010	550,8
2011	585,7
2012	584,6
2013	567,3
2014	576,1
2015	556,8
2016	626
2017	640,5
2018	655
2020	684
2026	771

(Sumber : Chemical Engineering Plant Cost Index <http://www.chemengonline.com/pci-home>)

Persamaan yang diperoleh sesuai Gambar D.1 adalah :



$$y = 14,5x - 28606$$

Dengan menggunakan persamaan di atas dapat dicari harga indeks pada tahun penghitungan dan perancangan pabrik yaitu tahun penghitungan 2019 dan perancangan pabrik tahun 2026 yaitu :

$$x = 2020$$

$$y = 684$$

$$x = 2026$$

$$y = 14,5(2026) - 28606$$

$$y = 771$$

Contoh perhitungan harga peralatan :

Harga *flash drum* pada tahun 2019 adalah US\$ 154000

Nilai indeks harga tahun 2020 : 684

Nilai indeks harga tahun 2026: 801,03

Harga satu buah *flash drum* tahun 2026 adalah :

$$= 154000 \times \left(\frac{771}{684}\right)$$

$$= 154000 \times 1,1$$

$$= \text{US\$ } 173.588 = \text{Rp } 2.438.039.518$$

Diketahui : 1 Dollar = Rp 14.045 (Juli 2021)

Dengan cara yang sama, diperoleh perkiraan harga peralatan utama dan utilitas seperti yang terlihat pada Tabel D.2 dan Tabel D.3 di bawah ini.

Nama Alat	Jumlah	Harga/Unit (US\$)	2020		2026	
			US\$	Rp	US\$	Rp
			Reaktor PFR	1	884.300	884.300
Flash Drum	1	154.000	154.000	2.162.930.000	173.588	2.438.039.518
Screen Scroll Centrifuge	1	62.300	62.300	875.003.500	70.224	986.297.805
Separator Centrifuge	1	134.000	134.000	1.882.030.000	151.044	2.121.411.009
PSA (pressure swing adsorber)	1	407.600	407.600	5.724.742.000	459.444	6.452.889.

						009
Evaporator	1	99.100	99.100	1.391.859.500	111.705	1.568.894. 261
Pompa	8	8.500	68.000	955.060.000	76.649	1.076.536. 930
Kompresor	1	94.000	94.000	1.320.230.000	105.956	1.488.153. 991
Heater	1	93.000,000	93.000	1.306.185.000	104.829	1.472.322. 566
Cooler	3	66.000,000	198.000	2.780.910.000	223.184	3.134.622. 237
Ekspander	1	97.000,000	97.000	1.362.365.000	109.338	1.535.648. 268
GSC (gravity settling chamber)	1	10.000,000	10.000	140.450.000	11.272	158.314.25 4
Pan	1	10.000,000	10.000	140.450.000	11.272	158.314.25 4
Storage PFAD	1	91.600,000	91.600	1.286.522.000	103.251	1.450.158. 570
Storage Green diesel	1	703.200,000	703.200	9.876.444.000	792.642	11.132.658

						.368
Storage SSC	1	943.500,000	943.500	13.251.457.500	1.063.507	14.936.949 .901
Storage Air	1	82.600,000	82.600	1.160.117.000	93.106	1.307.675. 741
Storage metan	1	85.600,000	85.600	1.202.252.000	96.488	1.355.170. 018
Storage Centrifuge	1	903.500,000	903.500	12.689.657.500	1.018.419	14.303.692 .884
Belt Conveyor	1	31.900,000	31.900	448.035.500	35.957	505.022.47 1
Ware House	1	95.600,000	95.600	1.342.702.000	107.760	1.513.484. 272
Pipa 3 in	1	13.000,000	13.000	182.585.000	14.654	205.808.53 1
<b>TOTAL</b>			<b>5.261.800</b>	<b>73.901.981.000</b>	<b>5.931.064</b>	<b>83.301.794 .373</b>

2

Total harga peralatan proses :

- Harga Dolar (Juli 2021) : US\$ 14.045
- Harga peralatan proses, A : US\$ 8.606.457 = Rp 120.887.682.651
- Biaya transportasi dan asuransi, 12%A : US\$ 1.075.807 = Rp15.109.710.331
- Pajak bea cukai, 10%A : US\$ 2.495.872 = Rp 35.054.527.969 +
- Total : US\$ 12.178.136 = Rp 171.041.920.952**

Alat	Jumlah	2020			2026	
		US\$	US\$	Rp	US\$	Rp
Tangki pelarutan alum	1	16900	16.900	237.360.500,00	22.617	317.661.769,66
Tangki penampungan kaporit	1	16900	16.900	237.360.500,00	22.617	317.661.769,66
Tangki penampungan kapur tohor	1	16900	16.900	237.360.500,00	22.617	317.661.769,66
Bak penampungan air sungai	1	51000	51.000	716.295.000,00	68.254	958.624.275,30
Bak penampungan air sanitasi	1	46000	46.000	646.070.000,00	61.562	864.641.503,21
Sand Filter	2	46600	93.200	1.308.994.000,00	124.730	1.751.838.871,72
Softener Tank	2	36600	73.200	1.028.094.000,00	97.964	1.375.907.783,37
Cooling Tower	1	60756	60.756	853.318.020,00	81.310	1.142.003.460,20
Tower Tank	1	50756	50.756	712.868.020,00	67.927	

						954.037.916,02
Pompa air sungai	1	10000	10.000	140.450.000,00	13.383	187.965.544,18
Tangki air demin	1	62800	62.800	882.026.000,00	84.046	1.180.423.617,43
Pompa alum	1	11000	11.000	154.495.000,00	14.721	206.762.098,59
Pompa kaporit	1	12000	12.000	168.540.000,00	16.060	225.558.653,01
Pompa kapur tohor	1	9900	9.900	139.045.500,00	13.249	186.085.888,73
Pompa bak raw water	1	10000	10.000	140.450.000,00	13.383	187.965.544,18
Furnace	1	460000	460.000	6.460.700.000,00	615.622	8.646.415.032,11
Pompa demin	1	10000	10.000	140.450.000,00	13.383	187.965.544,18
Pompa sand filter ke bak air bersih	1	9900	9.900	139.045.500,00	13.249	186.085.888,73
<b>Total</b>	<b>20</b>		<b>1.021.212</b>	<b>14.342.922.540</b>	<b>1.151.103</b>	<b>19.195.266.930</b>

Sumber : ([www.alibaba.com/www.matches.com](http://www.alibaba.com/www.matches.com))

Total harga peralatan utilitas :

- Harga peralatan utilitas,(B)	: US\$ 1.151.103	= Rp 16.167.241.635
- Biaya transportasi dan asuransi, 12% B	: US\$ 143.888	= Rp 2.020.905.204
- Pajak bea cukai, 10% B	: <u>US\$333.819,87</u>	= <u>Rp 4.688.500.074 +</u>
<b>Total</b>	<b>: US\$1.628.811</b>	<b>= Rp 22.876.646.914</b>



Total harga peralatan = harga peralatan proses + harga peralatan utilitas  
 = US\$ 12.178.136 + US\$ 1.628.811  
 = US\$ 193.918.567.865

Prarancangan pabrik *green diesel* dari kulit PFAD kebutuhan biodiesel di Indonesia dan ketersediaan bahan baku yang ada. Berdasarkan hal tersebut maka kapasitas dibuat berdasarkan ketersediaan bahan baku.

Kapasitas Produksi : 100.000 ton/tahun  
 : 13.889 kg/jam

Waktu Operasi pabrik : 300 hari

**Tabel D.4** Perhitungan *Capital Investment* Pabrik *green diesel* dari PFAD

(Sumber : Peters

Tabel 17 Hal 183)

Komponen	%	Biaya (US\$)	Biaya (Rp)
<b>Direct Cost</b>			
Biaya peralatan ( <i>Equipment</i> )	<b>100%</b>	10.021.266	140.748.685.951
pemasangan alat (39 % <i>Equipment</i> )	<b>39%</b>	3.908.294	54.891.987.521
instrumentasi dan alat kontrol (13 % <i>Equipment</i> )	<b>13%</b>	1.302.765	18.297.329.174
pemasangan pipa (31 % <i>Equipment</i> )	<b>31%</b>	3.106.593	43.632.092.645
Pemasangan instalasi listrik (10 % <i>Equipment</i> )	<b>10%</b>	1.002.127	14.074.868.595
Bangunan (29 % <i>Equipment</i> )	<b>29%</b>	2.906.167	40.817.118.926
Pengembangan area (10 % <i>Equipment</i> )	<b>10%</b>	1.002.127	14.074.868.595
Fasilitas pelayanan (55 % <i>Equipment</i> )	<b>55%</b>	5.511.696	77.411.777.273
Lahan (6 % <i>Equipment</i> )	<b>6%</b>	601.276	8.444.921.157

<b>Total Direct Cost</b>		<b>29.362.310</b>	<b>412.393.649.837</b>
<i>Indirect Cost</i>			
<i>Engineering and supervision (32 % Direct Cost)</i>	<b>32%</b>	9.395.939	131.965.967.948
Biaya konstruksi (34 % <i>Direct Cost</i> )	<b>34%</b>	9.983.186	140.213.840.944
<b>Total Indirect Cost</b>		<b>19.379.125</b>	272.179.808.892
<b>Total DC dan IC</b>		<b>48.741.435</b>	<b>684.573.458.729</b>
Biaya kontraktor	<b>18%</b>	8.773.458	123.223.222.571
Biaya tidak terduga	<b>36%</b>	17.546.917	246.446.445.142
<i>Fixed Capital Investment</i>		<b>75.061.810</b>	<b>1.054.243.126.442</b>
<i>Work Capital Investment</i>	<b>15%TCI</b>	<b>13.246.202</b>	<b>186.042.904.666</b>
<b>Total Capital Investment</b>		<b>88.308.012</b>	<b>1.240.286.031.108</b>

## 2. Sumber Investasi

Sumber investasi atau permodalan berasal dari modal sendiri dan modal pinjaman bank dengan persentase 50% - 50%.

- Modal sendiri = US\$ 44.154.006
- Pinjaman bank = US\$ 44.154.006

## 3. Biaya Produksi Total (*Total Production Cost*)

### a. Biaya Bahan Baku

#### 1. PFAD

Kebutuhan : 997 kg/jam

Harga : US\$ 0,4 /kg

Total Harga = 2.872.224 U

$$= Rp\ 40.340.386.080$$

## 2. Hidrogen (H<sub>2</sub>)

Kebutuhan : 1000 kg/jam

Harga : US\$ 3,3 /kg

Total Harga = 23.760.000 US\$

$$= Rp\ 333.709.200.000$$

## 3. Katalis Ni/SBA-15

Kebutuhan : 12 kg/jam

Harga : US\$ 3,3 /kg

Total Harga = 216.000 US\$

$$= Rp\ 3.033.720.000$$

## 4. Alum (Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>)

Kebutuhan : 23,1 kg/jam

Harga : US\$ 1,3 /kg

$$Total\ harga = 23,1 \frac{kg}{jam} \times \frac{24\ jam}{1\ hari} \times \frac{300\ hari}{1\ tahun} \times US\$ 1,3 /kg$$

$$= US\$ 216.008 = Rp\ 3.033.830.398$$

## 5. Kaporit (Ca (ClO)<sub>2</sub>)

Kebutuhan : 21,9 kg/jam

Harga : US\$ 0,9 /kg

$$Total\ harga = 21,9 \frac{kg}{jam} \times \frac{24\ jam}{1\ hari} \times \frac{300\ hari}{1\ tahun} \times US\$ 0,9 /kg$$

$$= US\$ 142.045$$

$$= Rp\ 1.995.020.802$$

## 6. Kapur tohor Ca(OH)<sub>2</sub>

Kebutuhan : 11,6 kg/jam

Harga : US\$ 0,6 /kg

$$\begin{aligned}
 \text{Total harga} &= 11,6 \frac{\text{kg}}{\text{jam}} \times \frac{24 \text{ jam}}{1 \text{ hari}} \times \frac{300 \text{ hari}}{1 \text{ tahun}} \times \text{US\$ } 0,6/\text{kg} \\
 &= \text{US\$ } 49.971 \\
 &= \text{Rp } 701.841.150
 \end{aligned}$$

7. Batu bara

Kebutuhan : 15200,9995 kg/jam

Harga : US\$ 0,12 /kg

$$\begin{aligned}
 \text{Total harga} &= 15200,9995 \frac{\text{kg}}{\text{jam}} \times \frac{24 \text{ jam}}{1 \text{ hari}} \times \frac{300 \text{ hari}}{1 \text{ tahun}} \times \text{US\$ } 0,12/\text{kg} \\
 &= \text{US\$ } 13.133.664 \\
 &= \text{Rp } 184.462.304
 \end{aligned}$$

Total biaya untuk pembelian bahan baku = US\$ **40.389.911,2313**

= Rp **567.276.303.243**

**b. Gaji Karyawan**

Daftar gaji karyawan pra rancangan pabrik *green diessel* dari PFAD dapat dilihat pada Tabel D.5 di bawah ini.

**Tabel D.5 Daftar Gaji Karyawan**

NON SHIFT							
No	Jabatan		Sistem gaji	Gaji/bulan (Rp)	Total/bulan (Rp)	Total/tahun (Rp)	Total/tahun (\$)
1	Dewan Komisaris	1	5 X UMR	17.057.760	17.057.760	204.693.120	14.574
2	Direktur utama	1	3.5 X UMR	11.940.432	11.940.432	143.285.184	10.202
3	Kepala bagian						
	-S2 Teknik Kimia	2	2,5 x UMR	8.528.880	17.057.760	204.693.120	14.574
	-S2 Teknik Mesin	2	2,5 x UMR	8.528.880	17.057.760	204.693.120	14.574
	-S2 Manajemen	1	2,5 x UMR	8.528.880	8.528.880	102.346.560	7.287
	-S2 Akutansi	1	2,5 x UMR	8.528.880	8.528.880	102.346.560	7.287
	-S2 Ilmu Administasi	1	2,5 x UMR	8.528.880	8.528.880	102.346.560	7.287
4	Kepala Seksi						
	-S1 Teknik kimia	2	1.5 x UMR	5.117.328	10.234.656	122.815.872	8.744
	-S1 Teknik Lingkungan	1	1.5 x UMR	5.117.328	5.117.328	61.407.936	4.372
	-S1 Manajemen	1	1.5 x UMR	5.117.328	5.117.328	61.407.936	4.372
	-S1 Ilmu administrasi	1	1.5 x UMR	5.117.328	5.117.328	61.407.936	4.372
	-S1 Ilmu Komunikasi	1	1.5 x UMR	5.117.328	5.117.328	61.407.936	4.372
	-S1 Teknik Industri	1	1.5 x UMR	5.117.328	5.117.328	61.407.936	4.372
	-S1 Akutansi	1	1.5 x UMR	5.117.328	5.117.328	61.407.936	4.372
-S1 Teknik Mesin	2	1.5 x UMR	5.117.328	10.234.656	122.815.872	8.744	
5	Karyawan Akutansi dan Anggaran						
	-S1 Akutansi	1	1.5 x UMR	5.117.328	5.117.328	61.407.936	4.372

6	Karyawan Pemasaran						
	-S1 Manajemen	1	1.5 x UMR	5.117.328	5.117.328	61.407.936	4.372
7	Karyawan Administrasi dan SDM						
	-S1 Ilmu Administrasi	1	1.5 x UMR	5.117.328	5.117.328	61.407.936	4.372
	-S1 Ilmu Manajemen	1	1.5 x UMR	5.117.328	5.117.328	61.407.936	4.372
	-S1 Ilmu Komunikasi	1	1.5 x UMR	5.117.328	5.117.328	61.407.936	4.372
8	Karyawan logistik						
	-S1 Manajemen	1	1.5 x UMR	5.117.328	5.117.328	61.407.936	4.372
9	Karyawan Litbang						
	-S1 Teknik Lingkungan	1	1.5 x UMR	5.117.328	5.117.328	61.407.936	4.372
10	Karyawan Teknik						
	-S1 Teknik Industri	1	1.5 x UMR	5.117.328	5.117.328	61.407.936	4.372
11	Karyawan Produksi						
	-S1 Manajemen	2	1.5 x UMR	5.117.328	10.234.656	122.815.872	8.744
12	Sekretaris (-S1 manajemen)	1	1,5 x UMR	5.117.328	5.117.328	61.407.936	4.372

SHIFT							
17	Karyawan Produksi						
	-D3 Teknik kimia	8	1,2x UMR	4.093.862	32.750.899	393.010.790	27.982
	-D3 Teknik industri	8	1,2 x UMR	4.093.862	32.750.899	393.010.790	27.982
18	Karyawan Utilitas						

	-D3 Teknik kimia	8	1,2x UMR	4.093.862	32.750.899	393.010.790	27.982
	-D3 Teknik lingkungan	8	1,2x UMR	4.093.862	32.750.899	393.010.790	27.982
19	Karyawan Mesin (teknisi)						
	-D3 Teknik mesin	8	1,2 x UMR	4.093.862	32.750.899	393.010.790	27.982
20	Karyawan laboratorium dan Pengendali Mutu						
	a. Laboratorium proses						
	-D3 kimia analis	2	1,2 x UMR	4.093.862	8.187.725	98.252.698	6.996
	-SMK analis	2	1 x UMR	3.411.552	6.823.104	81.877.248	5.830
	a. Laboratorium pengendalian mutu						
	-D3 Teknik industri	2	1,2 x UMR	4.093.862	8.187.725	98.252.698	6.996
	-SMK Industri	2	1 x UMR	3.411.552	6.823.104	81.877.248	5.830
21	Karyawan Instrumentasi dan Elektrikal						
	-D3 Teknik elektro	4	1,2x UMR	4.093.862	16.375.450	196.505.395	13.991
22	Satpam						
	-SMA	4	1 x UMR	3.411.552	13.646.208	163.754.496	11.659
23	Supervisor						
	- S1 teknik kimia	4	1,5 x	5.117.328	20.469.312	245.631.744	17.489

			UMR				
24	Office boy						
	-SMA	6	1 x UMR	3.411.552	20.469.312	245.631.744	17.489
<b>TOTAL</b>		<b>102</b>		<b>233.009.002</b>	<b>486.146.160</b>	<b>5.833.753.920</b>	<b>415.362</b>

Maka, gaji total karyawan selama 1 tahun = Rp 5.833.753.920  
= US\$ 415.362

Parameter	Fixed Cost (US\$)	Variable Cost (US\$)
<b>Direct Production Cost (DPC)</b>		
Raw Materials (10-50% TPC)		40.389.911
Operating Labor (10-20% TPC)	415.362	
Direct Supervisory (10-20% OL)		62.304
Utilities (10-20% TPC)		16.956.952,42
Maintenance and Repairs (2-10% FCI)	4.503.709	
Operating Supplies (0,5-1% FCI)	562.964	
Laboratory Charges (10-20% OL)		62.304
Patents and Royalties (0-6% TPC)	3.108.964,21	
<b>Total DPC</b>	<b>8.590.998</b>	<b>57.471.472</b>
<b>Fixed Charge</b>		
Depreciation (10% equipment + 2,5% building)	1.074.781	
Local Taxes (1-4% FCI)	1.876.545	
Insurance (0,4-1% FCI)	525.433	
<b>Total FC</b>	<b>3.476.759</b>	
<b>Plant Overhead Cost</b>		<b>11.304.635</b>
<b>General Expenses</b>		



Administrative cost (2-6% TPC)	6.083.383	
Distribution Cost (2-20% TPC)	28.692.653	
Research and Development (5% TPC)	5.181.607,01	68.776.107
Financing (0-10% TCI)	4.415.401	
<b>Total General Expenses</b>	<b>25.141.829</b>	
<b>Total Production Cost</b>	<b>37.209.585</b>	<b>66.422.555</b>

*Total Production Cost = Manufacturing Cost + General Expenses*  
*= (Fixed Cost + Variable Cost)*

$$TPC = (US\$ 58.784.102) + (0,48 TPC)$$

$$0,52 TPC = US\$ 58.784.102$$

$$TPC = US\$ 113.046.349$$

Sehingga :

- *Direct Production Cost* = US\$ 68.258.155

- *General Expenses* = US\$ 28.692.653

#### 4. Harga Penjualan Produk (*Total Sales*)

**Tabel D.7** Perhitungan Harga Penjualan Produk

Komponen	Produksi ( L/jam)	Produksi (L/tahun)	Harga/L (\$)	Total Harga (\$)	Total Harga (Rp)
Green diesel	16205,36756	116678646,4411	1,7800	207687159,9165	2916966161026,8400
<b>TOTAL</b>	<b>16205,3676</b>	<b>116678646,4411</b>	<b>1,7800</b>	<b>207687159,9165</b>	<b>2.916.966.161.026,8400</b>

(Sumber: www.bukalapak.com)

Berdasarkan Tabel D.6 diperoleh harga penjualan (TS) sebesar US\$.80.241,913

## 5. Analisa Kelayakan Investasi

### 5.1 Laba

• *Total Capital Investment* (TCI) = US\$ 121.667.660

• Total Penjualan Produk (TS) = US\$ 1.480.795

*Total Production Cost* (TPC) = US\$ 113.046.394

Laba Sebelum Pajak (Laba Kotor) = Total Penjualan – Biaya Produksi

= US\$ 94.640.810

= Rp 1.329.230.183.113

Pajak 12.5% (Dirjen Pajak)

Laba Bersih = Laba Kotor – (Laba kotor x Pajak)

= US\$ 82.810.709

= Rp 1.163.076.410.224

### 5.2 Laju Pengembalian Modal (*Rate Of Return*)

$$ROR = \frac{\text{lab a bersih}}{TCI} \times 100 \%$$
$$= 68 \%$$

### 5.3 Waktu Pengembalian Modal (*Pay Out Time*)

Masa *start up* : 2 tahun

Umur pabrik : 10 tahun

Kapasitas produk pabrik selama beroperasi :

Tahun I : 70%

Tahun II : 90%

Tahun III dan seterusnya : 100%

Tahun III dan seterusnya : 100%

Keuntungan masing-masing kapasitas setelah ditambah depresiasi

1. Kapasitas 70%

= total penjualan 70% - [*fixed cost* + (*variable cost* x 70%)] + depresiasi]

= US\$ 51.486.699,58

2. Kapasitas 90%

$$= \text{total penjualan } 90\% - [\text{fixed cost} + (\text{variable cost} \times 90\%)] + \text{depresiasi}]$$

$$= \text{US\$ } 79.268.910$$

3. Kapasitas 100%

$$= \text{total penjualan } 100\% - [\text{fixed cost} + (\text{variable cost} \times 100\%)] + \text{depresiasi}]$$

$$= \text{US\$ } 93.160.015$$

Jumlah keuntungan selama *start up* adalah = US\$ 67.314,677

$$POT = 2 + \frac{TCI - \text{jumlah keuntungan selama startup}}{\text{keuntungan saat kapasitas } 100\%}$$

$$= 2 \text{ tahun}$$

#### 5.4 Titik Impas (*Break Even Point*)

$$\text{Total Sales} = \text{US\$ } 166.158.701$$

$$\text{Fixed Cost} = \text{US\$ } 37.209.585$$

$$\text{Variabel Cost} = \text{US\$ } 66.422.555$$

Maka,

$$\text{Break Even Point (BEP)} = \frac{\text{Fixed Cost}}{\text{Total Sales} - \text{Variabel Cost}} \times 100\%$$

$$\text{BEP} = 31,87 \%$$

