

SKRIPSI

**PRA RANCANGAN PABRIK *GREEN DIESEL* DARI PFAD
(*Palm Fatty Acid Distillate*) DENGAN KAPASITAS
PRODUKSI 80.000 TON/TAHUN**



NOVI FEBRIYANTI

1710017411015

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

UNIVERSITAS BUNG HATTA

AGUSTUS 2021



JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI – UNIVERSITAS BUNG HATTA
Kampus III – Jl. Gajah Mada, Gunung Pangilun, telp. (0751) 54257 Padang

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

**PRA RANCANGAN PABRIK GREEN DIESEL DARI PFAD (PALM FATTY
ACID DISTILATE) DENGAN KAPASITAS 80.000 TON/TAHUN**

OLEH :

Novi Febriyanti
(1710017411015)

Disetujui oleh :

Pembimbing

Dr. Maria Ulfah, S.T, M.T

Diketahui oleh :

Fakultas Teknologi Industri



Dekan

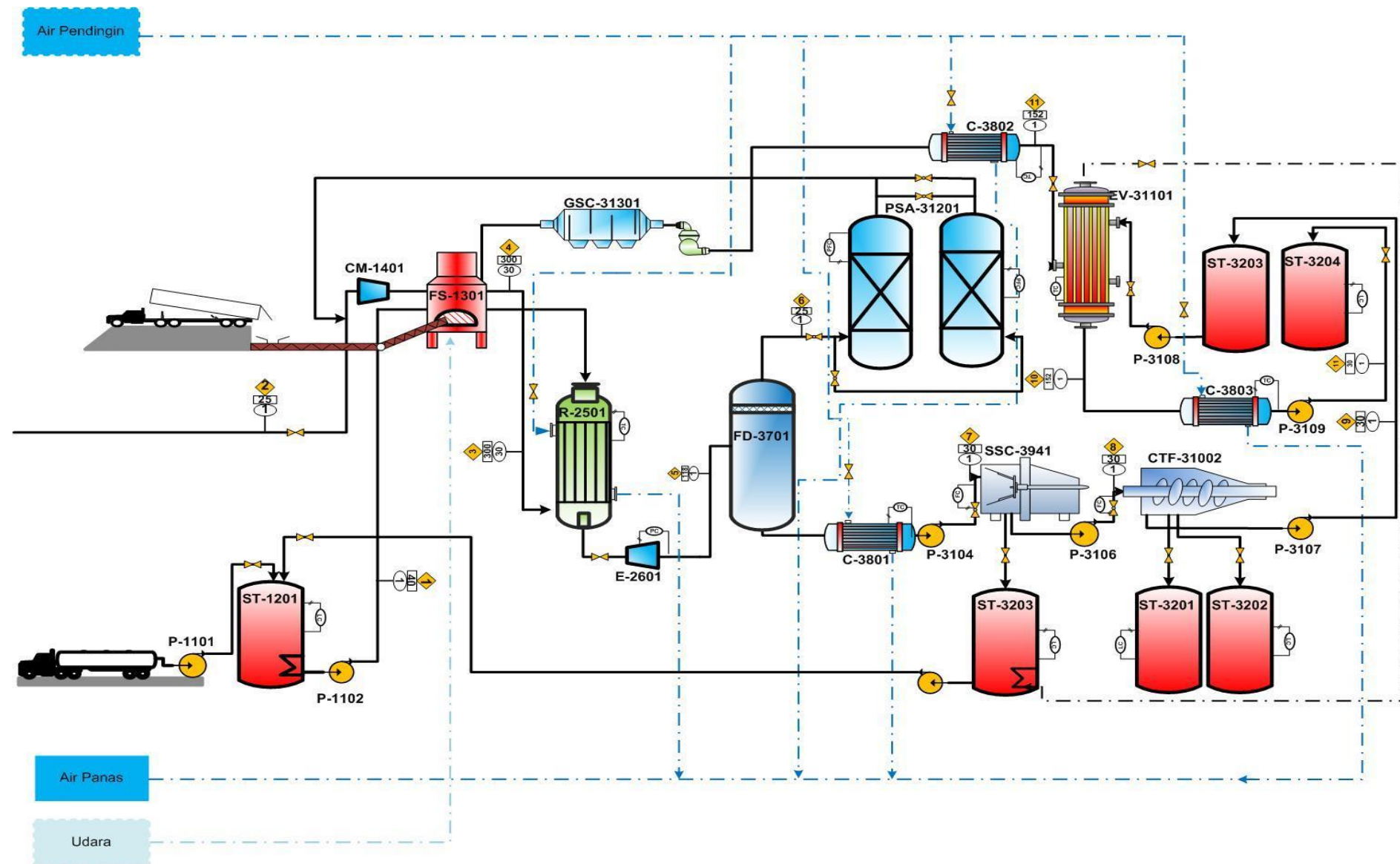
Prof. Dr. Eng. Reni Desmiarti, S.T, M.T

Jurusan Teknik Kimia

Ketua

Dr. Firdaus, S.T, M.T

FLOWSHEET PRA RANCANGAN PABRIK GREEN DIESEL DARI PFAD DENGAN KAPASITAS 80.000 TON/TAHUN



Kode Alat	Keterangan
P-1102	Pompa
ST-1201	Tangki Penyimpanan PFAD
FS-1701	Furnance
CM-1601	Compressor
R-2301	Reaktor Hidrogenasi
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 ₁₂ H ₂₄ O ₂	2,107996755			2,107996755	0,033200949		1,38683E-05				
C ₁₄ H ₂₈ O ₂	22,13396593			22,13396593	0,134384793		0,000156608				
C ₁₆ H ₃₂ O ₂	556511,143			556511,143	3,260807481		22116,18935				
C ₁₈ H ₃₀ O ₂	108121,262			108121,262	0,742278357		0,00431557				
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	613031,806			613031,806	3,282150948		1800,731026				
C ₁₈ H ₃₆ O ₂	140538,036			140538,036	0,583388102		26597,45193				
C ₁₂ H ₂₆					0,089589862		0,000447501	0,0004474			
C ₁₄ H ₃₀					0,134384793		0,00048333	0,0004833			
C ₁₅ H ₃₂					304,6055311		1,554026283	1,5538418	301,5074605	301,5074605	301,5074605
C ₁₇ H ₃₄					120,9463138		43845,20536	11223040	11110809,6	11110809,6	11110809,6
H ₂		914,026076	526,999188		2313,259096	2310,809					
CO ₂					630,8888445	14,25069					
CO					1682,370252	60,02457					

H ₂ O					420,592563	57,00009	363,592474	363,549308	3,635493083		
------------------	--	--	--	--	------------	----------	------------	------------	-------------	--	--

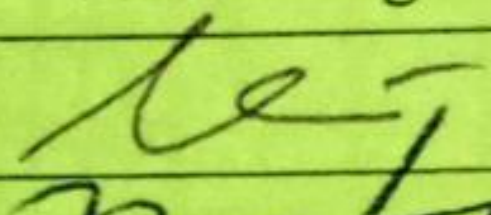
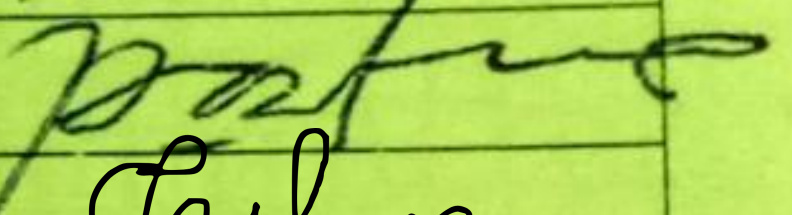


JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI – UNIVERSITAS BUNG HATTA
Kampus III – Jl. Gajah Mada, Gunung Pangilun, telp. (0751) 54257 Padang

PENGESAHAN REVISI LAPORAN SKRIPSI/PRA RANCANGAN PABRIK

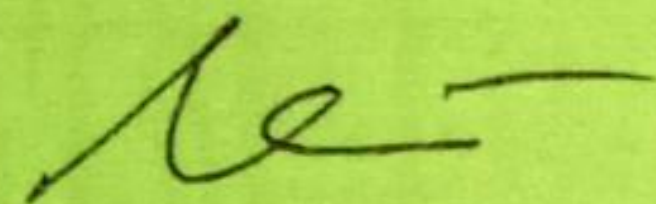
Nama : Novi Febriyanti
NPM : 1710017411015
Tanggal Sidang : 5 Agustus 2021

Tim Penguji

Jabatan	Nama/NIK/NIP	Tanda tangan
Ketua	Dr. Maria Ulfah, S.T, M.T	
Anggota	Dr. Pasymi, S.T, M.T	
	Erda Rahmilaila Desfitri, S.T, M.Eng, Ph.D	

Diketahui oleh

Pembimbing,



Dr. Maria Ulfah , S.T, M.T

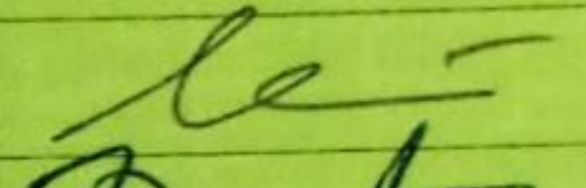
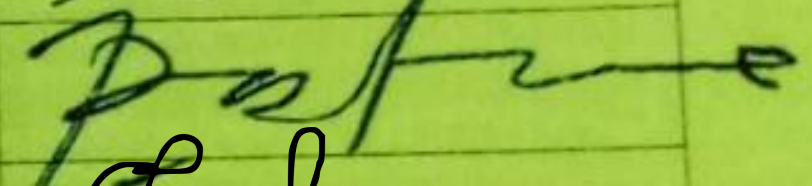
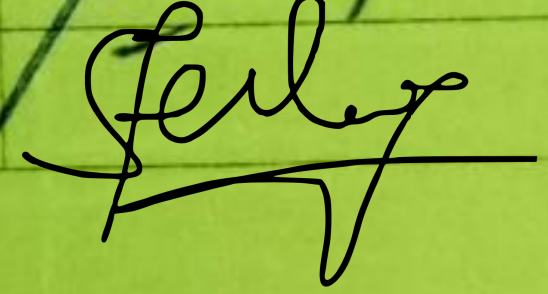


JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI – UNIVERSITAS BUNG HATTA
Kampus III – Jl. Gajah Mada, Gunung Pangilun, telp. (0751) 54257 Padang

PENGESAHAN REVISI LAPORAN SKRIPSI/PRA RANCANGAN PABRIK

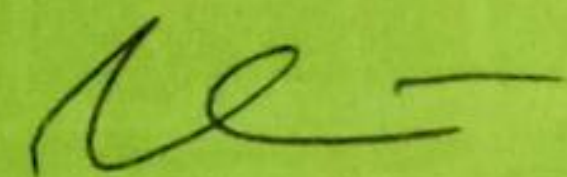
Nama : Nola Tri Utami
NPM : 1710017411020
Tanggal Sidang : 5 Agustus 2021

Tim Penguji

Jabatan	Nama/NIK/NIP	Tanda tangan
Ketua	Dr. Maria Ulfah, S.T, M.T	
Anggota	Dr. Pasymi, S.T, M.T	
	Erda Rahmilaila Desfitri, S.T, M.Eng, Ph.D	

Diketahui oleh

Pembimbing ,



Dr. Maria Ulfah , S.T, M.T



**Jurusan Teknik Kimia
Fakultas Teknologi Industri
UNIVERSITAS BUNG HATTA**

Kampus III Jl. Gajah Mada No.19 Padang, Telp (0751) 7054257 Pes. 131

BERITA ACARA SIDANG TUGAS AKHIR

No : 121.a/SK-AK.10/FTI-TK/VIII-2021

Pada hari *Kamis* tanggal *Lima* Bulan *Agustus* Tahun *Dua Ribu Dua Puluh Satu*, telah dilaksanakan Sidang Tugas Akhir (Perancangan Pabrik) Program Strata Satu (S-1) di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta, terhadap :

1.	Nama/NPM	:	Novi Febriyanti / 1710017411015
2.	Jurusan	:	Teknik Kimia
3.	Program Studi	:	Teknik Kimia Strata Satu
4.	Judul Tugas Akhir	:	Pra Rancangan Pabrik Green Diesel dari PFAD dengan Kapasitas Produksi 80.000 Ton/Tahun
5.	Pembimbing I	:	Dr. Maria Ulfah, S.T., M.T.
6.	Pembimbing II	:	-
7.	Tanggal / Waktu Ujian	:	5 Agustus 2021 / 08.00 – 09.30 WIB
8.	Ruang Ujian	:	Ruang Sidang Teknik Kimia
9.	Nilai Sidang Tugas Akhir	:	Angka <u>79</u>; Huruf A / A ⁻ <u>B+</u> B/ B ⁻ /C+/ C / D
10.	Prediket Lulus	:	

TEAM PENGUJI :

No.	Nama	Jabatan	Tanda Tangan
1.	Dr. Maria Ulfah, ST. MT.	Ketua	1.
2.	Dr. Pasymi, ST. MT.	Anggota	2.
3.	Dr. Firdaus, ST. MT.	Anggota	3.

Demikianlah Berita Acara ini dikeluarkan agar dipergunakan seperlunya.



Mengetahui
Dekan Fakultas Teknologi Industri

Prof. Dr. Eng. Reni Desmiarti, ST. MT.

Dikeluarkan : Di Padang
Tanggal : 5 Agustus 2021
Jurusan Teknik Kimia
Ketua,

Dr. Firdaus, ST., MT.

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT, karena telah memberikan kesempatan kepada kita untuk dapat menuntut ilmu, sehingga pada kesempatan ini berkat keridha'an dan bantuan-Nya penulis telah menyelesaikan Proposal Tugas Akhir yang berjudul Pra Rancangan Pabrik *Green Diesel* dari PFAD (*Palm Fatty Acid Distillate*) dengan Kapasitas Produksi 80.000 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. Ibu Prof. Dr. Eng. Reni Desmiarti, S. T, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta Padang.
2. Bapak Dr. Firdaus S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Bung Hatta Padang.
3. Ibu Dr. Maria Ulfah, S.T, M.T., 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 dan keluarga besar penulis yang telah memberi dukungan moral dan material, serta selalu membimbing penulis baik secara lisan maupun tindakan, yang selalu menasihati penulis dan memberikan arahan – arahan semenjak masa kanak – kanak, hingga saat ini.
6. Rekan-rekan di Teknik Kimia 17 sekalian yang telah mendukung dan menyemangati penulis hingga saat ini, serta telah memberikan pelajaran – pelajaran hidup besar lainnya.

7. Rekan-rekan di Teknik Kimia sekalian yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah meluangkan waktunya untuk berdiskusi dan bertukar pendapat atau hanya sekedar membagi canda dan tawa.
8. Serta penulis berterimakasih kepada teman – teman yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

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. Aamiin.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Padang, Agustus 2021

Penulis

INTISARI

Pabrik *Green Diessel* dari *Palm Fatty Acid Distillate* (PFAD) dirancang dengan kapasitas produksi 80.000 ton/tahun. Pendirian pabrik *Green Diessel* ini akan didirikan 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 (CO_2) sehingga membentuk $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ (alkane) pada suhu 300°C dengan tekanan 1 atm. Selanjutnya $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ (alkane) yang dihasilkan direaksikan dengan gas hydrogen sehingga membentuk C_nH_{2n} (alkene) pada suhu 300°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 37,31%.

DAFTAR ISI

LEMBARAN PENGESAHAN

LEMBAR REKOMENDASI

INTI SARI

KATA PENGANTAR

DAFTAR ISI 1

DAFTAR TABEL 3

DAFTAR GAMBAR 4

DAFTAR LAMPIRAN..... 5

BAB I PENDAHULUAN..... 1

1.1..Latar Belakang 1

1.2..Kapasitas Rancangan 3

1.3..Lokasi Pabrik 4

1.3.1 Alternatif Lokasi 1.....4

1.3.2 Alternatif Lokasi 2.....7

1.3.3 Alternatif Lokasi 3.....10

BAB II TINJAUAN PUSTAKA 16

2.1. Tinjauan Umum..... 16

2.1.1. Green Diesel..... 16

2.1.2. Bahan baku pembuatan Green Diesel..... 18

2.1.3. Bahan pendukung pembuatan Green Diesel..... 21

2.1.4. Proses pembuatan Green Diesel..... 22

2.2. Tinjauan Proses..... 23

2.2.1. Pembuatan Green Diesel metode Hydrogenasi..... 23

2.2.2. Pembuatan Green Diesel metode Deoksigenasi..... 24

2.3. Sifat Fisika dan Kimia.....25

2.3.1. Bahan Baku..... 25

2.3.2. Bahan Pendukung.....29

2.3.2. Produk..... 30

2.4. Spesifikasi bahan baku dan produk.....32

2.4.1. Bahan Baku..... 32

2.4.2. Bahan Penunjang.....	34
2.4.3. Produk.....	34
BAB III DESKRIPSI PROSES.....	36
3.1..Tahapan Proses.....	36
3.2..Deskripsi Proses.....	37
BAB IV NERACA MASSA DAN ENERGI	40
4.1.. Neraca Massa.....	40
4.1.1 Reaktor.....	40
4.1.2 Flash Drum	41
4.1.3 Disk Bowl Centrifuge	43
4.1.4. Dekanter.....	44
4.1.5. Evaporator.....	44
4.1.6. <i>Pressure Swing Absorbtion</i>	45
4.2..Neraca Energi	46
4.2.1 Reaktor.....	46
4.2.2 Evaporator.....	48
4.2.3 <i>Cooler (C-3501)</i>	47
4.2.4 <i>Furnance</i>	49
4.2.6 <i>Cooler (C-3503)</i>	49
BAB V UTILITAS	52
5.1 Kebutuhan air	52
5.2 Unit Penyedia Listrik	52
5.3 Unit Pengadaan air.....	52
BAB VI SPESIFIKASI PERALATAN	59
6.1 Spesifikasi Peralatan Proses	59
6.1.1.. Pompa.....	59
6.1.2.. <i>Compressor</i>	59
6.1.3.. Tangki PFAD.....	60
6.1.4.. Reaktor.....	61
6.1.5.. <i>Exvander Valve</i>	62
6.1.6.. Flash Drum.....	63
6.1.7.. Disk Bowl Centrifuge.....	63

6.1.8.. Dekanter Centrifuge.....	64
6.1.9.. Evaporator.....	64
6.1.10 Cooler.....	65
6.1.11 Pressure Swing Adsorber.....	65
6.1.12 Tangki Green Diesel	66
6.2 Spesifikasi Peralatan Utilitas.....	67
6.2.1 Pompa air sungai.....	67
6.2.2 Bak penampung air sungai.....	68
6.2.3 Sand Filter.....	68
6.2.4 Bak penampung air bersih.....	69
6.2.5 Softener Tank.....	69
6.2.6 Tangki Demin.....	70
6.2.7 Cooling Tower.....	70
BAB VII TATA LETAK PABRIK DAN K3LH (KESEHATAN,	
KESELAMATAN KERJA DAN LINGKUNGAN HID....	72
7.1.. Tata Letak Pabrik	72
7.2.. Keselamatan Kerja	79
7.2.1.. Sebab-Sebab Terjadinya Kecelakaan.....	81
7.2.2.. Peningkatan Usaha Keselamatan Kerja.....	83
7.2.3.. Alat Pelindung Diri (APD).....	83
BAB VIII ORGANISASI PERUSAHAAN	90
8.1.. Struktur Organisasi.....	90
8.2.. Sistem Kepegawaian dan Sistem Gaji	91
BAB IX ANALISA EKONOMI	103
9.1.. <i>Total Capital Investment</i>	103
9.2.. Biaya Produksi (<i>Total Production Cost</i>).....	104
9.3.. Harga Jual (<i>Total Sales</i>).....	104
9.4.. Tinjauan Kelayakan Pabrik.....	105
9.4.1....Laba Kotor dan Laba Bersih.....	105
9.4.2....Laju Pengembalian Modal (<i>Rate of Return</i>).....	105
9.4.3....Waktu Pengembalian Modal (<i>Pay Out Time</i>).....	105
9.4.4....Titik Impas (<i>Break Even Point</i>).....	105

BAB X TUGAS KHUSUS	107
10.1 Pendahuluan.....	107
10.2 Ruang Lingkup Rancangan.....	107
10.3 Rancangan.....	109
10.3.1 Flash Drum	109
10.3.2 Kompresor.....	112
10.3.3 Pressure Swing Adsorption (PSA).....	114
BAB XI PENUTUP	116
11.1 Kesimpulan.....	116
11.2 Saran.....	117
DAFTAR PUSTAKA	

DAFTAR TABEL

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

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

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

DAFTAR GAMBAR

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

DAFTAR LAMPIRAN

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

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A. Perhitungan Neraca Massa	LA-1
Lampiran B. Perhitungan Neraca Energi.....	LB-1
Lampiran C. Perhitungan Spesifikasi Alat.....	LC-1
Lampiran D. 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 300⁰C 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

Tahun	Jumlah
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 : Kementrian 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

Industri	Daerah	CPO (ton/tahun)	PFAD (ton/tahun)
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
TOTAL		4843101,754	242155,0877

1.2.2 Kebutuhan Biodiesel di Indonesia

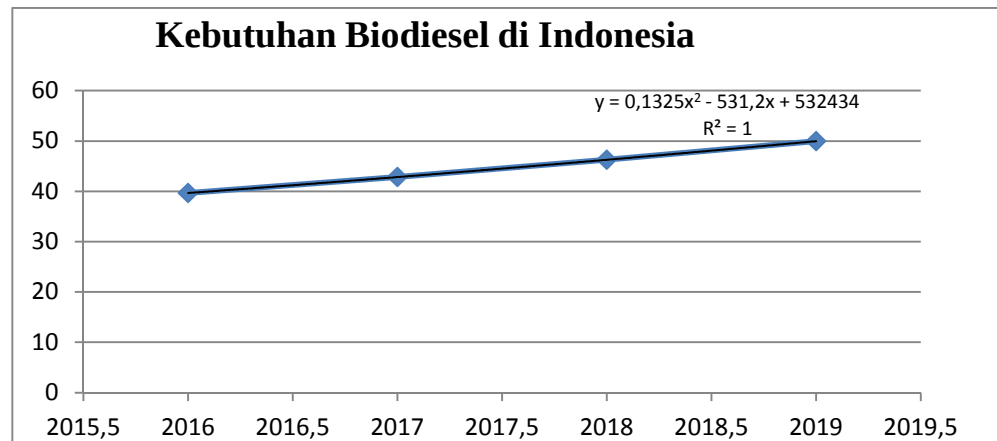
Perancangan pabrik *green diesel* dari PFAD rencana didirikan pada tahun 2026. Penentuan kapasitas produksi didasarkan pada kebutuhan biodiesel di Indonesia dan ketersediaan bahan baku yang ada. Berikut data kebutuhan biodiesel di Indonesia pada lima tahun terakhir dapat dilihat pada Tabel 1.2

Tabel 1.3 Data Kebutuhan Biodiesel di Indonesia

Tahun Ke-	Tahun	Kebutuhan Biodiesel (Juta Ton/Tahun)
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



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 ($y = 0,1325 \times (9)^2 - 531,2 \times 9 + 532434$), 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 $40\% \times 200.000 \text{ ton/tahun} = 80.000 \text{ ton/tahun}$.

1.3 Lokasi Pabrik

Dalam menentukan lokasi pabrik perlu diperhatikan dari segala aspek yang tersedia, adapun aspek yang digunakan dilihat dari analisa SWOT (*Strength, Weakness, Opportunities and Threat*). Pabrik *green diesel* dari PFAD kapasitas 200.000 ton/tahun, direncanakan berdiri di tiga lokasi alternatif yaitu Santan Provinsi Kalimantan Timur, Bengkalis Provinsi Riau dan Lubuk Minturun Provinsi Sumatera Barat. Dalam menentukan rencana lokasi berdiri pabrik *green diesel* dari PFAD bergantung pada faktor-faktor yang dipertimbangkan sesuai dengan uraian masing-masing lokasi alternatif sebagai berikut:

1.3.1 Alternatif Lokasi I (Lubuk Minturun, Koto Tangah, Padang, Sumatera Barat)

Lubuk Minturun adalah salah satu kelurahan di kecamatan Koto Tangah, Padang, Sumatera Barat, Indonesia. Lokasi pabrik Lubuk Minturun dapat dilihat pada **Gambar 1.2**



Gambar 1.2 Lubuk Minturun, Koto Tangah, Padang, Sumatera Barat

Tabel 1.3 Analisa SWOT daerah Lubuk Minturun, Koto Tangah, Padang, Sumatera Barat

Variabel	Internal		Eksternal	
	<i>Strength</i> (Kekuatan)	<i>Weakness</i> (Kelemahan)	<i>Opportunities</i> (Peluang)	<i>Threat</i> (Tantangan)
• Bahan baku	Penyedia bahan baku PFAD dapat diperoleh dari PT. Incasi Raya dengan produksi PFAD sebesar 17520 ton/tahun	Tergantung dengan pemasok	Tersedia sumber bahan baku	Adanya potensi pengolahan PFAD menjadi produk lain
• Pemasaran	Transportasi pemasaran melalui darat, udara, dan	Harus melakukan pengenalan produk	Banyaknya konsumen yang membutuhkan	Persaingan kualitas dengan produk lain yang

Variabel	Internal		Eksternal	
	<i>Strength</i>	<i>Weakness</i>	<i>Opportunities</i>	<i>Threat</i>
	(Kekuatan)	(Kelemahan)	(Peluang)	(Tantangan)
	laut. • Transportasi laut bisa melalui Pelabuhan Teluk Bayu dengan jarak 18 km	terlebih dahulu	n bahan bakar cair	sudah eksis
• Utilitas	• Tersedianya sumber air dan listrik yang berasal dari sungai arus air batang Lumin dan PLTA Kuranji	• Sungai yang terletak di hulu dapat menyebabkan masalah jika terjadi pencemaran	• Kualitas air yang telah jernih dan tidak terlalu membutuhkan penangangan yang berlebihan • Sumber listrik dapat diperoleh dari PT. PLN Kuranji.	• Meminimalisir pencemaran pada air sungai. • Berpotensi kekurangan air ketika terjadinya kemarau
• Tenaga Kerja	• Dapat diperoleh dari penduduk sekitar dan dari provinsi sekitar. • Dapat diperoleh dari universitas yang ada di kota Padang.	• Kualitas masyarakat sekitar sebagai tenaga kerja dengan <i>grade</i> mumpuni masih minim.	• Tersedia rekomendasi tenaga kerja dari lembaga yang terdidik.	• Menarik perhatian calon pegawai yang cenderung mendaftar ke perusahaan BUMN daerah seperti PT. Semen Padang.
• Kondisi Daerah	• Cuaca di daerah ini relatif stabil • Tempat bangun pabrik tersedia luas.	• Daerah yang rawan oleh gempa bumi.	• Jauh dari keramaian kota sehingga pencemaran udara ke masyarakat dapat di minimalisir	• Pendirian pabrik yang harus ekstra teliti dan tangguh untuk mencegah kerusakan parah jika sewaktu-waktu terjadi gempa bumi.

1.3.2 Alternatif Lokasi 2 (Bengkalis, Riau)

Kabupaten Bengkalis adalah salah satu kabupaten di Provinsi Riau, Indonesia. Wilayahnya mencakup daratan bagian timur Pulau Sumatra dan wilayah kepulauan, dengan luas adalah 7.793,93 km².



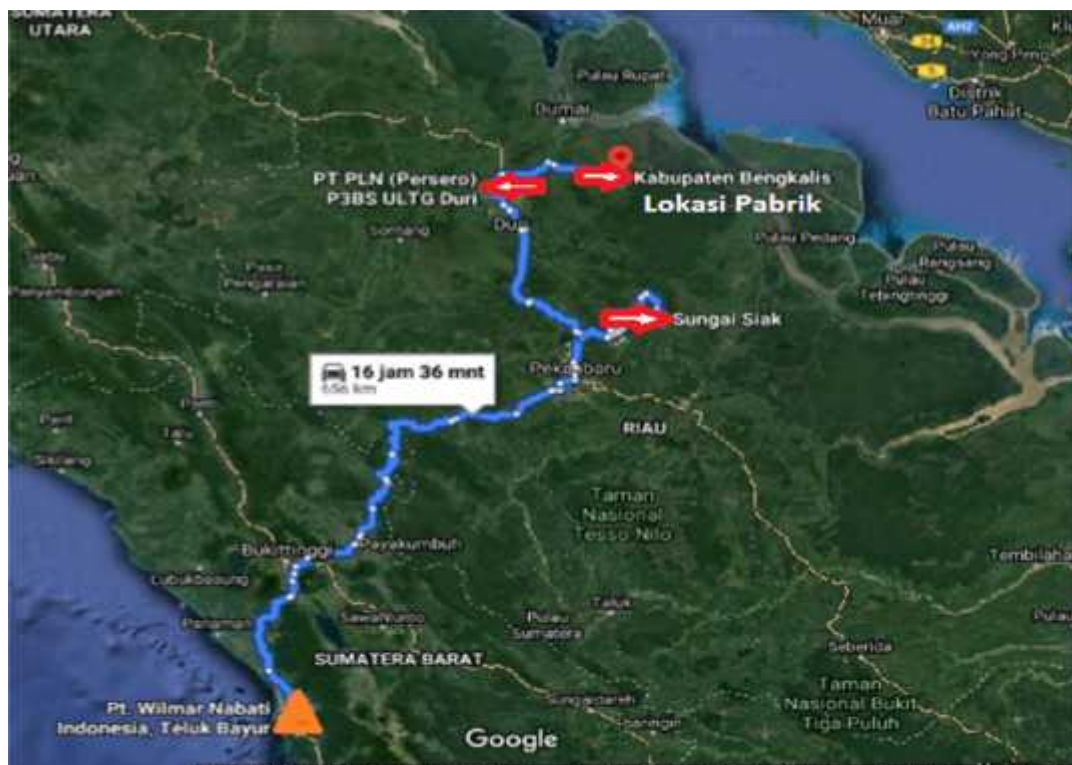
Gambar 1.3 Lambang Kabupaten Bengkalis

Tabel 1.4 Keterangan Kabupaten Bengkalis

Provinsi	Riau
Dasar hukum	UU No. 12 Tahun 1956
Ibu kota	Bengkalis
Pemerintahan	
- Bupati	Amril Mukminin.
APBD	
- DAU	Rp. 450.862.241.000.-(2013)[1]
Luas	7.793,93 Km ² . [2]
Populasi	
- Total	498.335[3] (2010)
- Kepadatan	32,5
Demografi	
- Kode area telepon	0766
Pembagian administratif	
- Kecamatan	11

- Kelurahan	102 Desa/Kelurahan
-------------	--------------------

Ibu kota kabupaten ini berada di Bengkalis tepatnya berada di Pulau Bengkalis yang terpisah dari Pulau Sumatra. Pulau Bengkalis sendiri berada tepat di muara Sungai Siak, sehingga dikatakan bahwa Pulau Bengkalis adalah delta sungai Siak. Kota terbesar di kabupaten ini adalah kota Duri, Mandau, Bengkalis. Lokasi pabrik Bengkalis, Riau dapat dilihat pada **Gambar 1.4**



Gambar 1.4 Alternatif 2 (Kabupaten Bengkalis, Riau)

Penghasilan terbesar Kabupaten Bengkalis adalah minyak bumi yang menjadi sumber terbesar APBD-nya bersama dengan gas. Kabupaten Bengkalis mempunyai letak yang sangat strategis, karena dilalui oleh jalur perkapalan internasional menuju ke Selat Malaka. Bengkalis juga termasuk dalam salah satu program *Indonesia Malaysia Singapore Growth Triangle* (IMS-GT) dan *Indonesia Malaysia Thailand Growth Triangle* (IMT-GT).

Tabel 1.5 Analisa SWOT Kabupaten Bengkalis, Riau

Variabel	Internal		Eksternal	
	<i>Strength</i> (Kekuatan)	<i>Weakness</i> (Kelemahan)	<i>Opportunities</i> (Peluang)	<i>Threat</i> (Tantangan)
Bahan Baku	PFAD (<i>Palm Fatty Acid Distillate</i>) didapat dari PT Wilmar Nabati Indonesia dengan Produksi PFAD adalah 74825 ton/tahun dan PT Astra Agro Lestari dengan produksi PFAD adalah 54750 ton/tahun	Tergantung dengan pemasok	Tersedia sumber bahan baku	Adanya potensi pengolahan PFAD menjadi produk lain
Pemasaran	Transportasi pemasaran melalui darat, udara dan laut sangat mudah karena dekat dengan Selat Malaka	Harus melakukan pengenalan produk terlebih dahulu	Banyaknya konsumen yang membutuhkan bahan bakar cair	Persaingan kualitas dengan produk lain yang sudah eksis
Utilitas	Tersedianya sumber air dan listrik yang berasal dari muara sungai Siak (delta sungai Siak). Kebutuhan listrik	Perlu pengolahan air lebih lanjut	Kebutuhan air mencukupi karena dekat dengan muara sungai Siak	Berpotensi kekurangan air yang di sebabkan karna terjadinya kemarau

	dipenuhi dari PT.PLN Persero			
Tenaga Kerja	Dapat diperoleh dari penduduk sekitar dan universitas serta sekolah kejuruan yang di Riau	Sedikitnya pekerja yang berpengalaman	Tersedia rekomendasi tenaga kerja dari lembaga terdidik	Perusahaan yang lebih mapan dapat menawarkan gaji lebih tinggi
Kondisi Geografis	- Tersedianya tempat bangun pabrik - Cuaca didaerah ini relatif stabil - Terdapat lokasi wisata berupa Pulau Rupat dan lainnya	Terletak di jarang penduduk	Banyak lahan kosong	Rawan pasang air laut

1.3.3 Alternatif Lokasi 3 (Desa Santan, Kalimantan Timur)

Marangkayu merupakan sebuah kecamatan yang terletak di wilayah pesisir Kabupaten Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur.

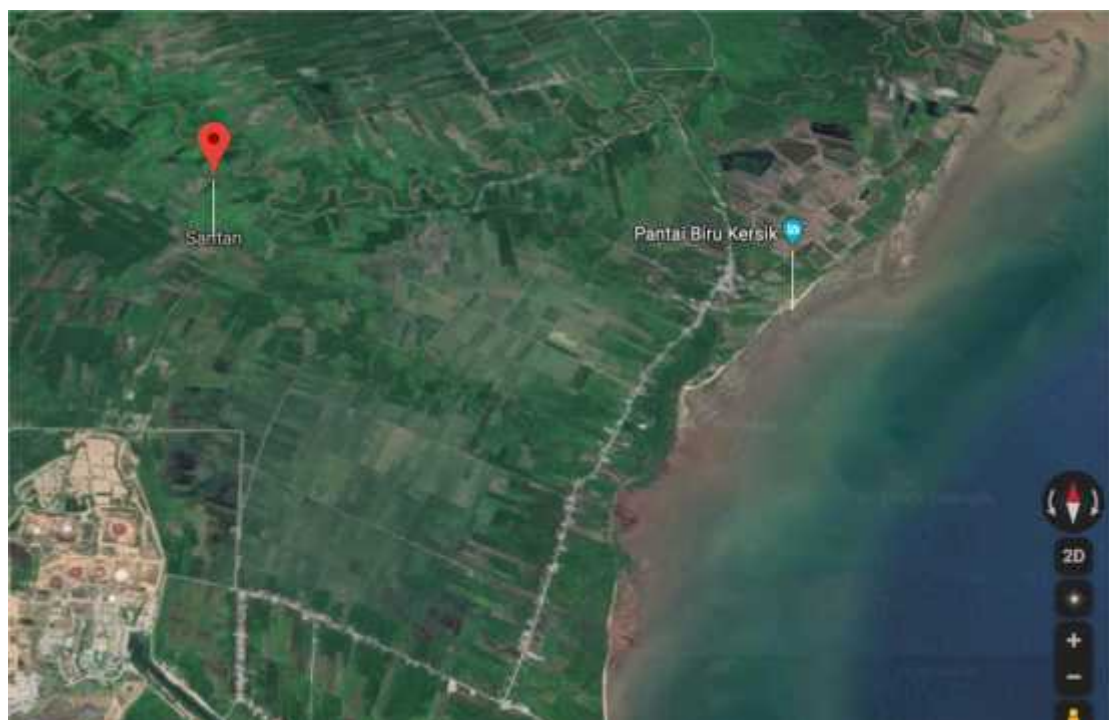
Kecamatan Marang Kayu berada di garis khatulistiwa, yang terletak antara 117°06' BT – 117°30' BT dan 0°07' LU – 0°13' LS dengan luas wilayah mencapai 1.165,71 km². Secara administratif, kecamatan ini terbagi dalam 11 desa dengan jumlah penduduk mencapai 35.637 jiwa.

Kecamatan Marangkayu berbatasan langsung dengan Kota Bontang di sebelah utara, Selat Makassar di bagian timur, Kecamatan Sebulu dan Kecamatan Muara Kaman di bagian barat, serta Kecamatan Muara Badak di bagian selatan. Rute bahan baku Desa Santan, Kalimantan Selatan dapat dilihat pada **Gambar 1.5**



Gambar 1.5 Rute Bahan Baku (Bontang- Santan – Panajam)

Lokasi pabrik Desa Santan, Kalimantan Selatan dapat dilihat pada **Gambar 1.6**



Gambar 1.6 Alternatif 3 (Desa Santan, Kalimantan Timur)

Kecamatan Marangkayu juga merupakan salah satu wilayah yang kaya akan sumber daya alam, khususnya minyak bumi dan gas alam (migas).

Santan Ilir adalah salah satu desa di Kecamatan Marang Kayu, Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur, Indonesia. Sekarang ini sudah mengalami peningkatan dengan semakin mudahnya akses jalan ke desa ini. Baik dari Kota Bontang ataupun dari kecamatan Marang Kayu. Masyarakatnya sebagian besar hidup dari berkebun kelapa sawit dan karet. Konon menurut legenda penduduk setempat, desa ini pertama kali dibuka oleh orang Bugis yang bergelar Hajji Saleng. Sampai sekarang, penduduk mayoritasnya adalah orang Bugis.

Tabel 1.6 Analisa SWOT Kabupaten Santan, Kalimantan Timur

Variabel	Internal		Eksternal	
	<i>Strength</i> (Kekuatan)	<i>Weakness</i> (Kelemahan)	<i>Opportunities</i> (Peluang)	<i>Threat</i> (Tantangan)
Bahan Baku	PFAD (<i>Palm Fatty Acid Distillate</i>) didapat dari PT SDO Pulau Laut Refinery (Global Hope Nusantara) dengan produksi PFAD 64035,0877 2 ton/tahun dan PT LDC dengan produksi PFAD 31025 ton/tahun.	Tergantung dengan pemasok	Tersedia sumber bahan baku, serta sangat dekat dengan bahan baku tambahan (Hidrogen) dari PT. Samator Balikpapan.	Adanya potensi pengolahan PFAD menjadi produk lain
Pemasaran	Transportasi pemasaran melalui darat, udara dan laut sangat mudah karena dekat dengan laut dan negara tetangga serta pusat kota	Produk belum dikenal luas	- Kebutuhan pasar Dunia yang tinggi - Kebutuhan akan energi yang terus meningkat	Peningkatan pemasaran untuk ekspor maupun dalam negeri

	Samarinda			
Utilitas	• Kebutuhan listrik dipenuhi dari PT.PLN	• Debit air laut yang fluktuatif	• Kebutuhan air mencukupi karena dekat dengan Pantai dan Laut Lepas	• Berpotensi bencana alam contohnya Tsunami. • Bekerjasama dengan pihak ketiga
Tenaga Kerja	• Dapat diperoleh dari penduduk sekitar dan universitas serta sekolah kejuruan yang di Kalimantan Timur	• Sedikitnya pekerja yang berpengalaman	• Tersedia rekomendasi tenaga kerja dari lembaga terdidik	• Perusahaan yang lebih mapan dapat menawarkan gaji lebih tinggi
Kondisi Geografis	• Tersedianya tempat bangun pabrik • Cuaca didaerah ini relatif stabil • Udara masih segar • Terdapat lokasi wisata	• Terletak di jarang penduduk	• Banyak lahan kosong	• Rawan pasang air laut

1.3.3 Pemilihan Lokasi Pabrik *Green Diesel*

Berdasarkan analisa SWOT terhadap bahan baku, pemasaran, tenaga kerja, utilitas dan kondisi daerah. Maka untuk pemilihan lokasi pabrik, digunakan skala *likert* yang disajikan pada **Tabel 1.7**

Tabel 1.7 Analisis Lokasi Pabrik *Green diesel*

Lokasi Variabel	Lubuk Minturun	Santan	Bengkalis
Bahan Baku	5	5	3
Pemasaran	4	5	5
Tenaga Kerja	5	5	5
Utilitas	5	5	5
Kondisi Geografis	5	5	5
Total	24	25	23

Pada **Tabel 1.7** Penilaian dilakukan dengan cakupan range 1-5, dimana :

- 1 = Sangat Tidak Baik
- 2 = Tidak Baik
- 3 = Cukup
- 4 = Baik
- 5 = Sangat Baik

Berdasarkan pengamatan terhadap analisis lokasi pabrik *Green diesel*, Desa Santan, Kalimantan Timur sangat memenuhi kriteria untuk didirikan Pabrik *green diesel* dari PFAD. Adapun faktor- faktor yang dipertimbangkan adalah sebagai berikut:

1. Bahan Baku

Letak serta lokasi sumber bahan baku pembuatan *green diesel* sangat berpengaruh dalam kelangsungan hidup suatu pabrik. Bahan baku pembuatan *green diesel* adalah PFAD yang merupakan produk samping *refinery* minyak goreng sawit PT. SDO Pulau Laut Refinery (Global Hope Nusantara) dengan produksi PFAD 64035,08772 ton/tahun dan PT LDC dengan produksi PFAD 31025 ton/tahun. Sedangkan hidrogen diperoleh dari PT. Samator Balikpapan. Provinsi Kalimantan Timur meski bukanlah penghasil sawit terbesar di Indonesia, namun dengan lokasi bahan baku yang dekat akan menekan biaya dalam transportasi dan pengangkutan bahan baku menuju ke tempat pengolahan.

2. Pemasaran

Lokasi pemasaran produk dapat mempengaruhi biaya harga produk. Pendirian lokasi pabrik yang berdekatan dengan pasar utama adalah bertujuan untuk mempermudah pemasaran produk agar segera sampai ke tempat konsumen. Pengaruh faktor transportasi terhadap lokasi pabrik meliputi pengangkutan bahan baku, bahan bakar, bahan pendukung dan produk yang dihasilkan. Fasilitas transportasi yang memadai seperti jalan raya sebagai transportasi darat dan pelabuhan sebagai sarana transportasi laut dapat mempermudah dalam transportasi bahan baku dan pemasaran produk.

3. Tenaga Kerja

Tenaga kerja merupakan faktor yang mempengaruhi dalam pemilihan lokasi pabrik. Perekrutan tenaga kerja memprioritaskan lulusan pendidikan yang

cukup maju, sehingga bisa memperoleh tenaga kerja di sekitar lokasi pabrik dan dapat menjamin terlaksananya pendirian pabrik produksi *green diesel* di Indonesia.

4. Utilitas

Fasilitas utilitas sendiri meliputi penyediaan air dan listrik. Di daerah Santan ini terletak dekat sungai dan laut, sehingga penyediaan air didapatkan dari air laut dan sungai. Kebutuhan listrik dapat memanfaatkan listrik PLN maupun swasta yang sudah masuk ke wilayah ini.

5. Kondisi Geografis

Kondisi geografis di Desa Santan, Kalimantan Timur masih asri, dan masih banyak tersedia lahan kosong, selain itu kondisi cuaca di desa ini relative stabil dengan suhu rata-rata 26-28°C.

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 ³	0,78-0,88
Viskositas Kinematik	cSt	,9-4,1
Titik beku	⁰ C	Max 18
Titik nyala	⁰ C	Min 52
Angka asam	mg KOH/g	<0,6

Sumber: Kussuryani Rimbasa, 2010

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

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

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

- Emisi karbon dioksida netto (CO₂) berkurang 100 %.
- Emisi sulfur dioksida (SO₂) berkurang 100 %.
- Emisi debu berkurang 40 – 60 %.
- Emisi karbon monoksida (CO) berkurang 10 – 15 %.
- Emisi hidrokarbon berkurang 10 – 50 %.
- 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 ⁰ C	gr/ml	0,8150-0,8600	0.8101	ASTM D 1298
<i>Kinematic Viscosity</i> 40 ⁰ C	cSt	2,0 - 4,5	4,27	ASTM D 445
Flash Point	⁰ 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 ³	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 ₂ /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 ₁₄ H ₂₈ O ₂	0,9 – 1,5	Jenuh
Asam Palmitat	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	32,8 – 39,8	Jenuh
Asam Stearat	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	4,1 – 4,9	Jenuh
Asam Oleat	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	42,9 – 51,0	Tak Jenuh
Asam Linoleat	C ₁₈ H ₃₂ O ₂	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).

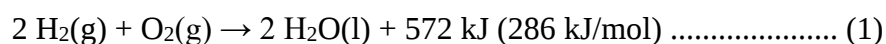
Ada dua metode yang digunakan pada proses pemurnian yaitu secara fisika dan kimia. Pada dasarnya ini dilakukan untuk menghilangkan asam lemak bebas. Pemurnian secara fisika merupakan proses yang melibatkan beberapa pengujian yang sederhana, sehingga dalam proses ini menghasilkan penghilangan warna maupun 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_2 mempunyai kandungan energi per satuan berat tertinggi, dibandingkan dengan bahan bakar manapun. Gas hidrogen sangat mudah terbakar dan akan terbakar pada konsentrasiserendah 4% H_2 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).

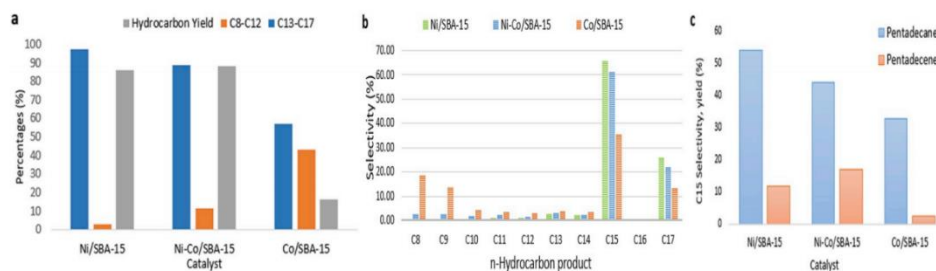
2.1.3 Bahan Pendukung Pembuatan *Green diesel*

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 terbaharukan, dapat dilakukan *hydrotreating* atau *hydroprocessing*, yaitu reaksi katalitik yang menggunakan 15 hidrogen 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 naptha 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).

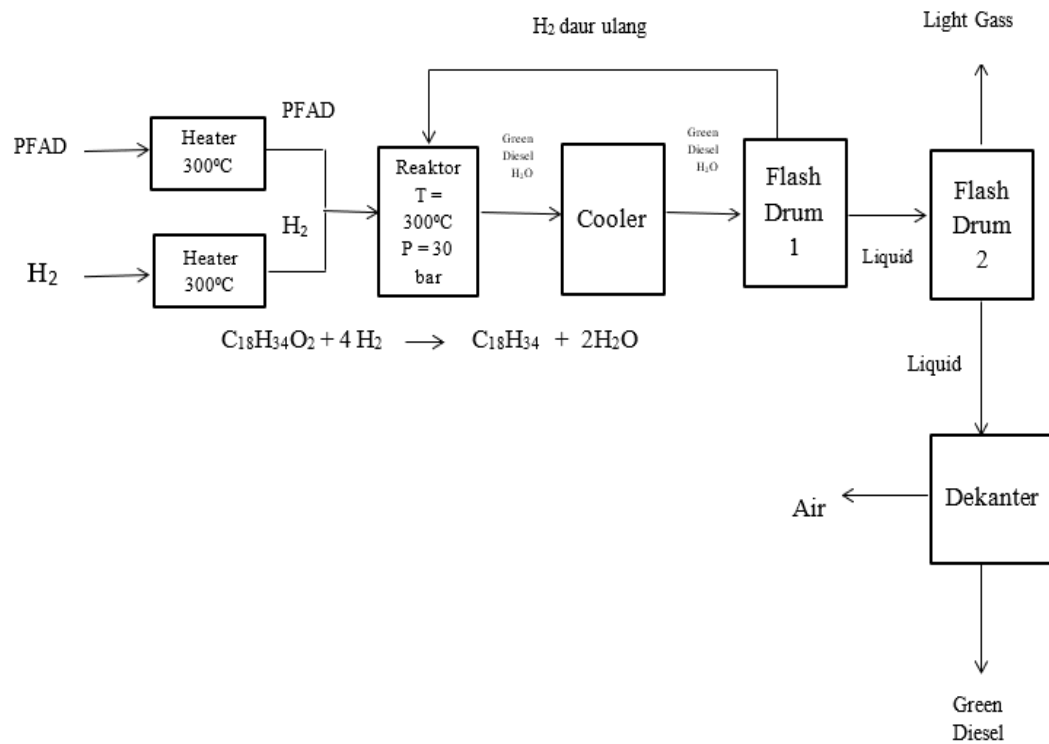
Tujuan proses *hydrotreating/hydroprocessing* adalah:

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.

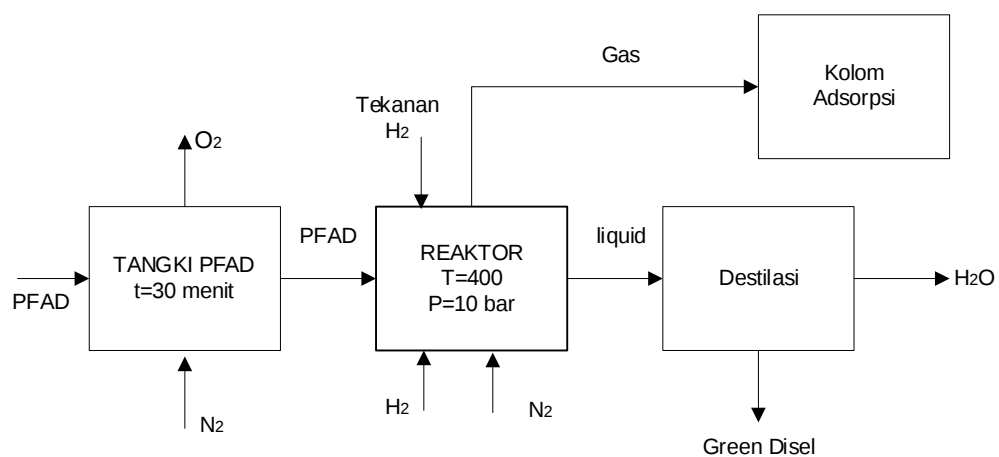
a. Pembuatan *Green diesel* dengan Metode *Hydrogenasi* (Paisan, dkk. 2016)



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

Gambar 2.1 Blok Diagram Pembuatan *Green diesel* dengan *Hydrotreating* (Hidrogenasi)

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



Sumber: Susanto, dkk 2018

Gambar 2.2 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 2.3 Tabel Perbandingan Produksi *Green diesel*

Sumber	Proses	Suhu (°C)	Tekanan (Bar)	Kemurnian (%)	Yield (%)
Kittisupakorn, Paisan. dkk, 2016	Hidrodoksigenasi	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 2.4 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°C)
Titik Beku	342,75 K (68,25°C)
Cp empiris ($a+bT+cT^2+dT^3$)	$a = 99,012$ $b = 3,5874$ $c = -7,5319 \times 10^{-3}$

	$d = 6,3562 \times 10^{-6}$ 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_v	65,69 kJ/mol (648,35 K)
$\Delta G_f^\circ_{298\text{ K}}$	-244,4 J/mol K
T_c (Temperature Kritis)	799 K (526°C)
P_c (Tekanan Kritis)	13,6 bar
V_c	1020 cm ³ /mol
ρ_c	0,2767 g/cm ³
Z_c	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 2.1 Sifat Fisika dan Kimia Asam Palmitat

Sifat Fisika	
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)
C_p 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 ³ /mol
ρ_c	0,2796 g/cm ³
Z_c	0,215
Omega	1,083
Sifat Kimia	
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 2.2 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 ³ /mol
ρ_{c}	0,2815 g/cm ³
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* (H₂)

Tabel 2.6 Sifat Fisika dan Kimia *Hydrogen*

Sifat Fisika	
Rumus Molekul	H ₂
Titik lebur	-259,14 °C
Titik Didih	-252,87 °C
Warna	Tidak berwarna
Bau	Tidak berbau

Densitas	0,08988g/cm ³ 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 2.7 Sifat Fisika dan Kimia Ni/SBA-15

Sifat Fisika	
Rumus Molekul	Ni/SBA-15
Berat Molekul	2,75 g/cm ³
Densitas	0,885 g/cm ³
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
$\Delta H_f^{\circ}_{298\text{ K}}$	-735,13 J/mol K
H _v	33,28 kJ/mol (610 K)
$\Delta G_f^{\circ}_{298\text{ K}}$	-653,47 J/mol K
T _c (Temperature Kritis)	925 K (652°C)
P _c (Tekanan Kritis)	64 bar
V _c	177 cm ³ /mol
Rho _c	0,5540 g/cm ³

Z_c	0,147
Omega	0,494
A	21,230
n (koefisien regresi)	0,219
C_p 298 K	139,95 J/mol K
Sifat Kimia	
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 2.9 Sifat Fisika dan Kimia *Green diesel*

Sifat Fisika	
Rumus Molekul	C_nH_{2n}
Berat Molekul	284 g/mol
Densitas (20°C)	805 kg/m ³
Titik Didih	200-350°C
Titik Leleh	28 max °F
Viskositas (60°C)	5,55 mm ² /s
Titik Nyala	191°C
Bilangan iod	95-106
Sifat Kimia	
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 2.8 Sifat Fisika dan Kimia Air

Sifat Fisika

Rumus Molekul	H ₂ O
Berat Molekul	18,015 g/mol
Densitas	1,027 g/ml
Titik Didih	373,15 K (100 ⁰ C)
Titik Lebur	273,15 K (0 ⁰ C)
Viskositas (20 ⁰ C)	1,002 Cp
Cp empiris ($a+bT+cT^2+dT^3$)	$a = 92,053$ $b = -3,9953 \times 10^{-2}$ $c = -2,1103 \times 10^{-4}$ $d = 5,3469 \times 10^{-7}$ 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 _v	39,50 kJ/mol (373,15 K)
T _c (Temperature Kritis)	647,13 K (374,13 ⁰ C)
P _c (Tekanan Kritis)	220,55bar
V _c	56 cm ³ /mol
Rho _c	0,3220 g/cm ³
Z _c	0,229
Omega	0,345
A	52,053
n (koefisien regresi)	0,321
Cp _{298 K}	75,5 J/mol K
Sifat Kimia	
1. Molekul air berbentuk seperti huruf V disebabkan karena:	
a. Struktur geometrinya yang tetrahedral (109,50)	
b. Keberadaan pasangan elektron bebas pada atom oksigen	
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 2.9 Komposisi asam lemak jenuh dan tidak jenuh dalam PFAD

Asam Lemak	Rumus Molekul	Komposisi (%) Berat	Jenis Asam Lemak
Asam Miristat	$C_{14}H_{28}O_2$	0,9 – 1,5	Jenuh
Asam Palmitat	$C_{16}H_{32}O_2$	32,8 – 39,8	Jenuh
Asam Stearat	$C_{18}H_{36}O_2$	4,1 – 4,9	Jenuh
Asam Oleat	$C_{18}H_{34}O_2$	42,9–51,0	Tak Jenuh
Asam Linoleat	$C_{18}H_{32}O_2$	8,6 – 11,3	Tak Jenuh

Sumber : Karunia dkk, 2012

a. Asam Palmitat

Tabel 2.11 Spesifikasi Asam Palmitat

No	Spesifikasi	Nilai
1	Wujud	Padat
2	Syarat fisik:	Berwarna Putih
	• Warna	Putih
	• Bau	Netral
	• pH	Tidak mengandung kotoran seperti lumpur, buih/busa, dan lemak
	• Pengotor	
	Syarat kimia:	Tidak boleh ada
3	• Kandungan logam berat (Pb, As, Hg)	
4	Kemurnian	97 (3 % Asam Stearat)

b. Asam Oleat

Tabel 2.12 Spesifikasi Asam Oleat

No	Spesifikasi	Nilai
1	Wujud	Cair

2	Syarat fisik:	Berwarna Putih
	• Warna	Putih
	• Bau	Netral
	• pH	Tidak mengandung kotoran seperti
	• Pengotor	lumpur, buih/busa, dan lemak
3	Syarat kimia:	Tidak boleh ada
	• Kandungan logam berat (Pb, As, Hg)	
4	Kemurnian	0,0968 %

c. Asam Linoleat

Tabel 2.13 Spesifikasi Asam Linoleat

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

d. Asam Stearat

Tabel 2.14 Spesifikasi Asam Stearat

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

1. *Hydrogen*

Tabel 2.15 Spesifikasi *Hydrogen*

No	Spesifikasi	
1.	Wujud	Gas
2.	Warna	Tidak berwarna
3.	Kemurnian (%):	
	• H ₂	99,9
	• H ₂ O	0,01

Sumber : *Alibaba.com*

2. Katalis Ni/SBA-15

Tabel 2.16 Spesifikasi katalis Ni/SBA-15

Spesifikasi	Nilai
Luas Permukaan (m ² /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 ₂ O	0,95%

Sumber: ScienceLab.com (2005)

2. Air

Tabel 2.16 Spesifikasi Air

No	Spesifikasi	Nilai
1	Wujud	Cair
2	Syarat fisik: • Warna • Bau • pH • Pengotor	Tidak berwarna / jernih Tidak berbau Netral 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

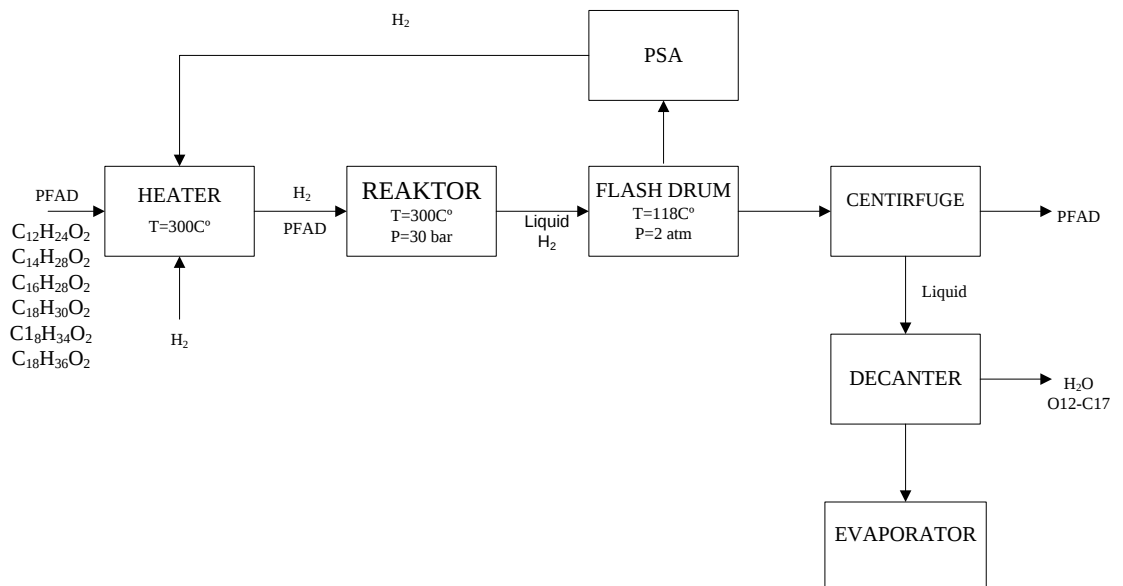
Proses produksi *green diesel* dengan menggunakan proses hidrodeoksigenasi, digunakan bahan baku PFAD (*Palm Fatty Acid Distillate*) yang direaksikan dengan *Hydrogen*. Reaksi ini berlangsung pada suhu 300°C dan tekanan 30 atm secara berkesinambungan. Secara garis besar, proses pembuatan *green diesel*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



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 ($T = 30^{\circ}\text{C}$, $P = 20 \text{ atm}$) ditransportasikan melalui sistem perpipaan dari PT. Samator Balikpapan dan di atur melalui *Metering System*. Pada *Metering System* hidrogen dialirkan langsung ke *Furnace* (FS-1701).

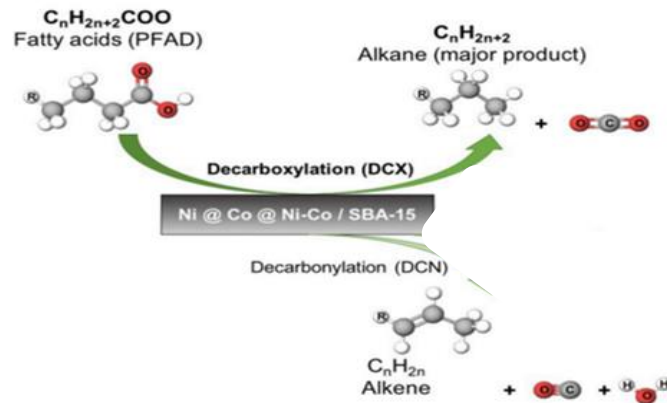
3.2.2 Tahapan Reaksi

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 kompressor (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 melewati 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 diessel*. *Green diessel* hasil reaksi dikeluarkan dari bagian bawah reaktor, *green diessel* yang keluar dari reaktor (R-2301) memiliki panas dan tekanan yang tinggi. Selanjutnya *green diessel* dialirkan ke *Flash Drum* (FD-3201) dengan menggunakan *Expander Valve* (E-2401) untuk menurunkan tekanan dan suhu keluaran reaktor. *Green diessel* yang tekanan awalnya 30 atm akan turun menjadi 1 atm. Setelah tekanan *green diessel* rendah dialirkan melewati *cooler* (C-3501) untuk menurunkan temperatur *green diessel*. Selanjutnya pada saat *green diessel* dialirkan ke *Flash Drum* (FD-3201) terjadi pemisahan campuran berdasarkan prinsip kesetimbangan uap-cair. Dimana, komponen gas seperti H_2 , CO_2 , dan CO akan menguap. Sedangkan komponen liquid akan keluar ke bagian bawah.

Fasa gas yang keluar dari bagian atas *Flash Drum* (FD-3201) terdiri dari H_2 , CO , CO_2 dan sebagian H_2O yang ikut teruapkan dialirkan ke *Pressure Swing Absorber* (PSA-3231) untuk pemurnian H_2 dengan bantuan zeolit untuk menyerap CO , CO_2 , dan H_2O yang masih terikut. Kemudian 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).

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 = 80.000 ton/tahun

Operasi pabrik = 300 hari/tahun

Kapasitas produksi/bulan = $80.000 \frac{\text{ton}}{\text{tahun}} \times \frac{1 \text{ tahun}}{12 \text{ bulan}}$
= 6667 ton/bulan

Kapasitas produksi/hari = $80.000 \frac{\text{ton}}{\text{tahun}} \times \frac{1 \text{ tahun}}{300 \text{ hari}}$
= 267 ton/hari

Kapasitas produksi/jam = $80.000 \frac{\text{ton}}{\text{tahun}} \times \frac{1 \text{ tahun}}{300 \text{ hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}} \times \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ ton}}$
= 11.111,11 kg/jam

Operasi pabrik = 300 hari/tahun

Basis perhitungan = 1.000 kg/jam

Produk yang dihasilkan = 210837,3475kg/jam

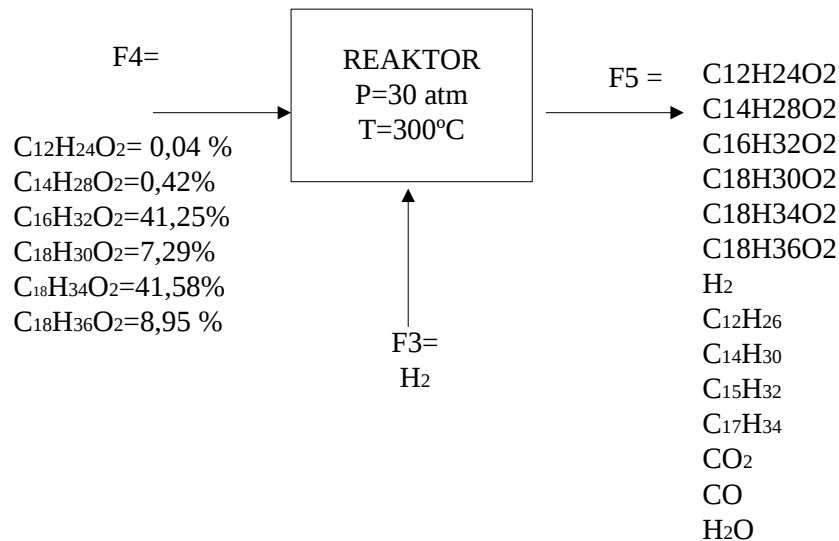
Faktor pengali = $\frac{\text{Kapasitas produk}}{\text{Kapasitas produksi basis}}$
= 0,052699919

4.1.1 Reaktor (R-2301)

Fungsi : Tempat terjadinya reaksi hidrogenasi 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	BM	Komposisi	MASUK				KELUAR	
			F4		F3		F5	
			kmol	massa (kg)	kmol	kg	kmol	massa (kg)
C ₁₂ H ₂₄ O ₂	200	0,04	421,599351	2,107996755			1,58E-05	0,003161995
C ₁₄ H ₂₈ O ₂	228	0,42	5046,54423	22,13396593			0,000146	0,033200949
C ₁₆ H ₃₂ O ₂	256	41,25	556511,143	2173,871654			0,012738	3,260807481
C ₁₈ H ₃₀ O ₂	278	7,38	108121,262	388,9254013			0,002099	0,583388102
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	282	41,25	613031,806	2173,871654			0,011563	3,260807481
C ₁₈ H ₃₆ O ₂	284	9,39	140538,036	494,8522383			0,002614	0,742278357
C ₁₂ H ₂₆	170						0,000527	0,089589862
C ₁₄ H ₃₀	198						0,000679	0,134384793
C ₁₅ H ₃₂	212						1,436819	304,6055311
C ₁₇ H ₃₄	238						0,508178	120,9463138
H ₂	2				457,013	914,026076	263,4996	526,9991888
CO ₂	44						51,00384	2244,16913
CO	28						69,26759	1939,492454
H ₂ O	18						56,97046	1025,468222
Sub Total			5255,76291		914,0260755		6169,788458	
TOTAL			6169,788985				6169,788458	

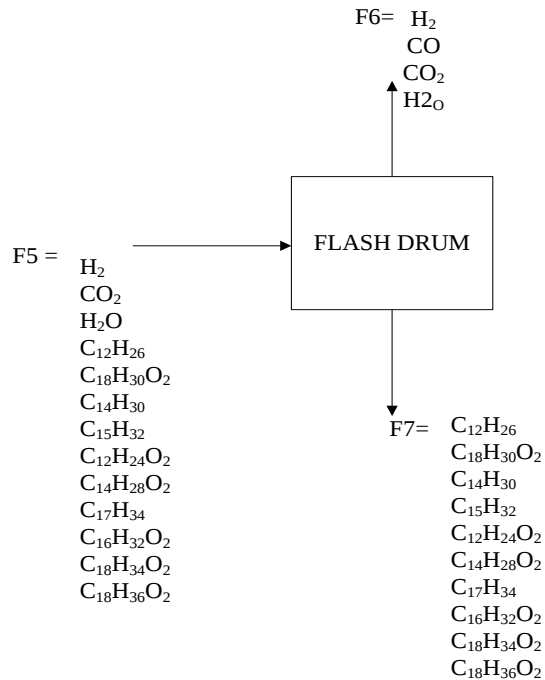
4.1.2 Flash Drum (FD- 3201)

Fungsi : Tempat memisahkan gas CO₂, CO dan H₂O dalam larutan *Green diessel*.

➤ Kondisi Operasi:

Temperatur 118°C

Tekanan 1 atm

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

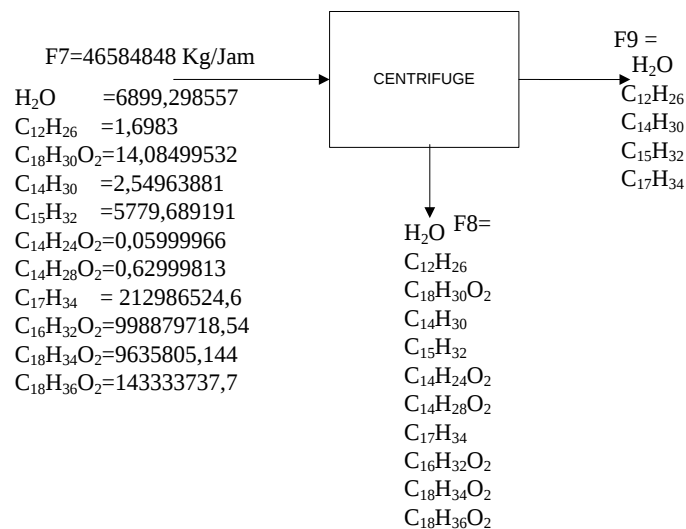
Komponen	f5 masuk	F7 bottom	F6 distilat
H ₂	2313,259096	2,449757243	2310,809339
CO ₂	630,8888445	3,858309291	627,0305352
CO	1682,370252	1,682370252	1680,687882
H ₂ O	420,592563	363,5924743	57,00008869
C ₁₂ H ₂₆	0,089589862	0,089500272	8,95899E-05
C ₁₈ H ₃₀ O ₂	0,742278357	0,742278111	2,46742E-07
C ₁₄ H ₃₀	0,134384793	0,134365758	1,90347E-05
C ₁₅ H ₃₂	304,6055311	304,5891515	0,016379589
C ₁₂ H ₂₄ O ₂	0,003161995	0,003161977	1,79225E-08
C ₁₄ H ₂₈ O ₂	0,033200949	0,03320085	9,84331E-08
C ₁₇ H ₃₄	120,9463138	11224372,57	-11224251,62
C ₁₆ H ₃₂ O ₂	3,260807481	5263653,065	-5263649,804
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	3,282150948	507806,1494	-507802,8673
C ₁₈ H ₃₆ O ₂	0,583388102	7553676,348	-7553675,765
SUBTOTAL	5480,791563	24550185,31	-24544704,52
TOTAL	5480,791563	5480,791563	

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)

KOMPONEN	BM	MASUK		KELUAR			
		F7 UMPAN		F9 FILTRAT		F8 SLURRY	
		kmol	massa (kg)	kmol	massa (kg)	kmol	massa (kg)
H ₂ O	18	20,19958191	363,592474	20,19718379	363,5493083	0,002398112	0,043166
C ₁₂ H ₂₆	200	0,000447501	0,08950027	0,000447448	0,089489647	5,31278E-08	1,063E-05
C ₁₈ H ₃₀ O ₂	172	0,00431557	0,74227811	0	0	0,00431557	0,7422781
C ₁₄ H ₃₀	278	0,00048333	0,13436576	0,000483273	0,134349806	5,73814E-08	1,595E-05
C ₁₅ H ₃₂	196	1,554026283	304,589152	1,553841788	304,5529904	0,000184495	0,0361611
C ₁₂ H ₂₄ O ₂	228	1,38683E-05	0,00316198	0	0	1,38683E-05	0,003162
C ₁₄ H ₂₈ O ₂	212	0,000156608	0,03320085	0	0	0,000156608	0,0332009
C ₁₇ H ₃₄	256	43845,20536	11224372,6	43840,00001	11223040	5,205341973	1332,5675
C ₁₆ H ₃₂ O ₂	238	22116,18935	5263653,06	0	0	22116,18935	5263653,1
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	282	1800,731026	507806,149	0	0	1800,731026	507806,15
C ₁₈ H ₃₆ O ₂	284	26597,45193	7553676,35	0	0	26597,45193	7553676,3
SUB TOTAL		24550177,32		11223708,33		13326468,99	
TOTAL		24550177,32		24550177,32			

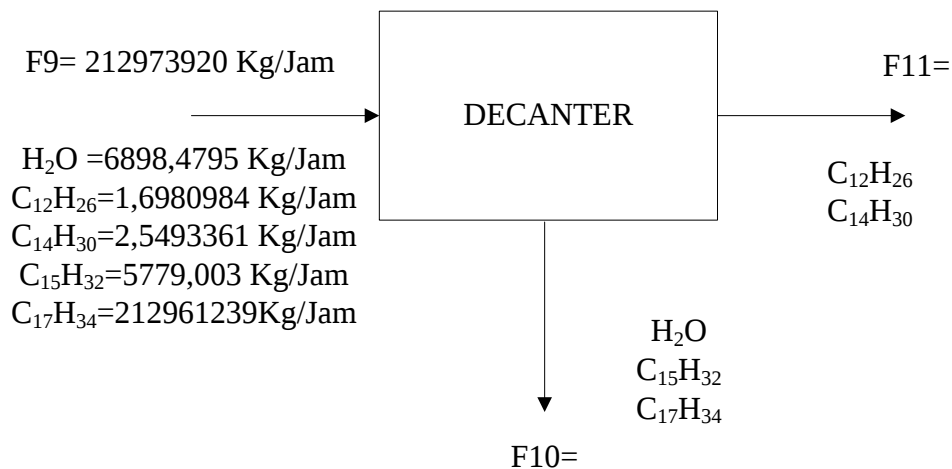
4.1.4 Decanter (CTF- 3242)

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)

KOMPONEN	BM	MASUK		KELUAR			
		F9		F10		F11	
		kmol	massa(kg)	kmol	massa (kg)	kmol	massa (kg)
H ₂ O	18	20,197184	363,549308	19,99521	359,9138152	0,201972	3,635493083
C ₁₂ H ₂₆	200	0,0004474	0,08948965	0,000443	0,08859475	4,47E-06	0,000894896
C ₁₄ H ₃₀	278	0,0004833	0,13434981	4,83E-06	0,001343498	0,000478	0,133006308
C ₁₅ H ₃₂	196	1,5538418	304,55299	0,015538	3,045529904	1,538303	301,5074605
C ₁₇ H ₃₄	256	43840	11223040	438,4	112230,4	43401,6	11110809,6
SUB TOTAL		11223708,33		112593,4493		11111114,88	
TOTAL		11223708,33		11223708,33			

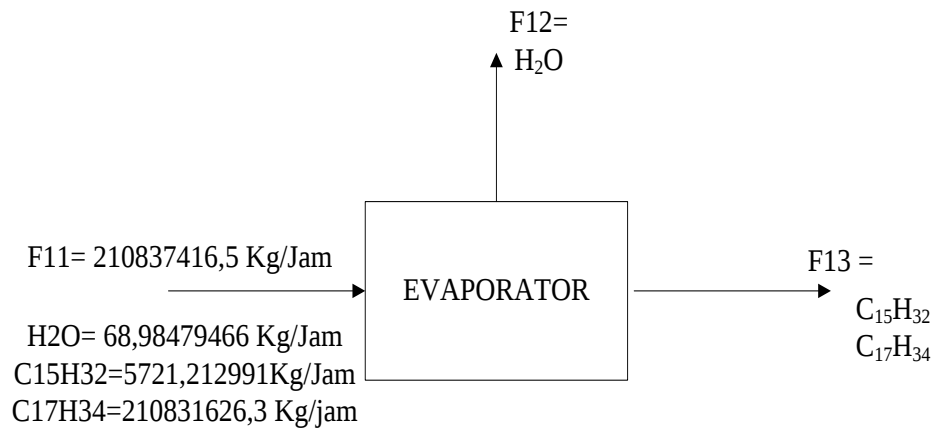
4.1.5 Evaporator (EV-3221)

Fungsi : Pemekatan produk *green diesel*

➤ **Kondisi Operasi**

Temperatur : 115°C

Tekanan : 1 atm



Tabel 4.5 Neraca Massa Evaporator (EV-3221)

Komponen	BM	MASUK		KELUAR			
		F11		F12		F13	
		kmol	massa (kg)	kmol	massa (kg)	kmol	massa (kg)
H ₂ O	18	0,201972	3,635493083	0,195913	3,52642829	0,006059	0,1090648
C ₁₅ H ₃₂	212	1,422205	301,5074605			1,422205	301,50746
C ₁₇ H ₃₄	238	46684,07	11110809,6			46684,07	11110810
SUB TOTAL		11111		0,003526428		11111,11122	
TOTAL		11111		11111			

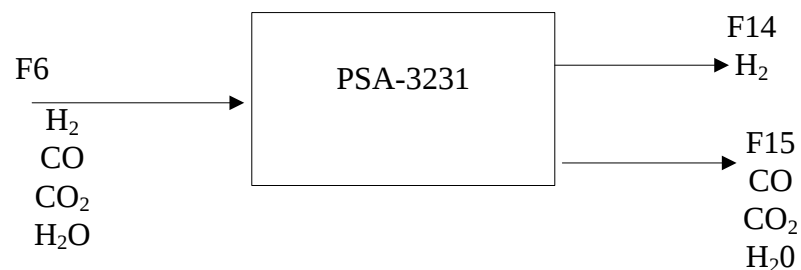
4.1.6 Pressure Swing Adsorption (PSA-3231)

Fungsi: Untuk memisahkan gas Hidrogen dalam campuran gas.

➤ **Kondisi Operasi**

Temperatur : 30°C

Tekanan : 1 atm



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

KOMPONEN	BM	MASUK		KELUAR			
		F6		F14		F15	
		Kmol	Massa	Kmol	Massa	Kmol	Massa
H ₂	2	1155,405	2310,809	1143,851	2287,701	11,55405	23,10809
H ₂ O	18	3,166672	57,00009	0,063333	1,140002	3,103338	55,86009
CO	28	60,02457	1680,688	2,400983	67,22752	57,62358	1613,46
CO ₂	44	14,25069	627,0305	0,427521	18,81092	13,82317	608,2196
Sub Total		4675,527844		2374,879679		2300,648166	
TOTAL		4675,527844		4675,527844			

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:

$$Q = n \times Cp \times \Delta T$$

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

n = fraksi mol komponen (kmol)

Cp = Panas spesifik komponen (Kj/kmol.K)

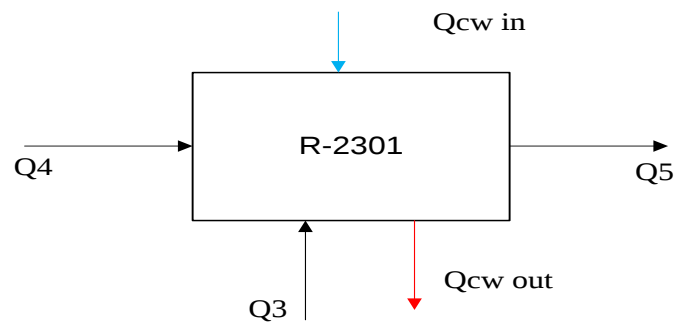
ΔT = Beda temperatur (°K)

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

4.2.1 Reaktor Hidrogenasi (R-2301)

Kondisi Operasi :

- Temperatur : 300°C
- Tekanan : 30 atm



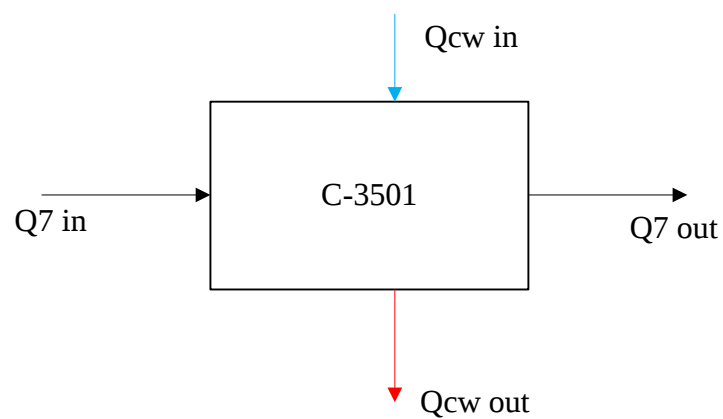
Tabel 4.7 Neraca Energi Reaktor (R-2301)

Aliran	masuk (Kj/jam)	keluar (Kj/jam)
Q4	2940763,094	
Q3	-400621,2333	
Q5		-232907,0592
Qreaksi	7299446,967	
Qcooler in	1373522,166	
Qcooler out		11446018,05
TOTAL	11213110,99	11213110,99

4.2.2 Cooler (C-3501)

Kondisi operasi :

- Temperatur : 40° C
- Tekanan : 1 atm



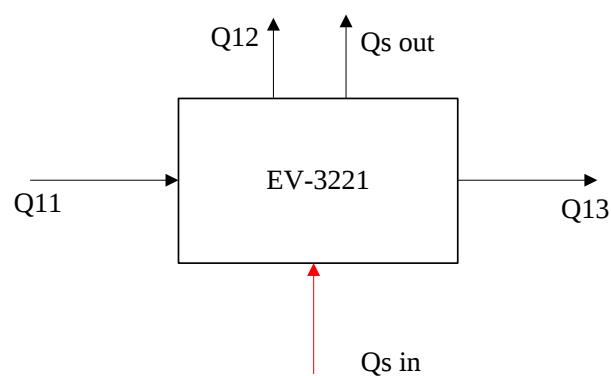
Tabel 4.8 Neraca Energi Cooler (C-3501)

Aliran	masuk (kj/jam)	keluar (kj/jam)
Q7 in	5615451,088	
Q7 out		870651,3536
Qcw in	647018,1456	
Qcw out		5391817,88
TOTAL	6262469,234	6262469,234

4.2.3 Evaporator (EV-3221)

Kondisi operasi :

- Temperatur : 115° C
- Tekanan : 1 atm

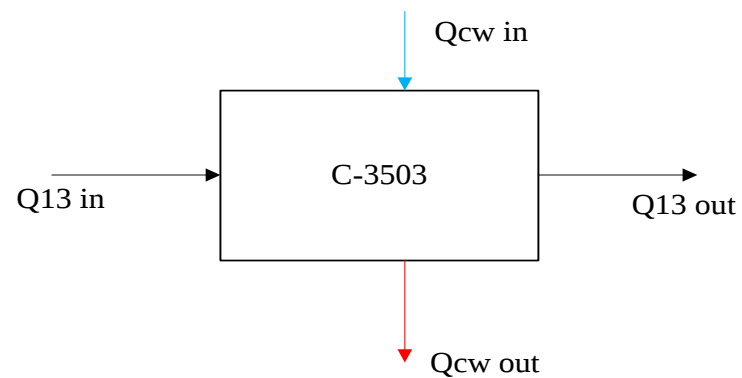
**Tabel 4.9** Neraca Energi Evaporator (EV-3221)

Aliran	Masuk (Kj/jam)	Keluar (Kj/jam)
Q11	1275,45481	
Q12		0,005978216
Q13		23960,54708
Qu in	428039,6534	
Qu out		405354,5552
TOTAL	429315,1083	429315,1083

4.2.4 Cooler (C-3503)

Kondisi operasi :

- Temperatur : 30° C
- Tekanan : 1 atm



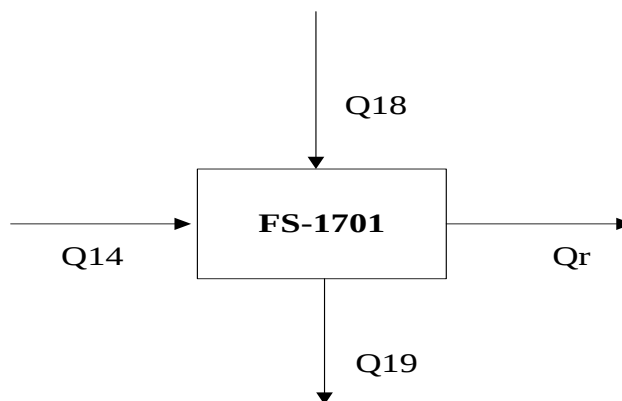
Tabel 4.10 Neraca Energi Cooler (C-3503)

Aliran	Masuk (Kj/jam)	Keluar (Kj/jam)
Q13 in	239605,4667	
Q13 out		239599,5036
Qcw in	0,813149375	
Qcw out		6,776244792
TOTAL	239606,2799	239606,2799

4.2.5 Furnace (FS-1701)

Kondisi operasi :

- Temperatur : 300° C
- Tekanan : 1 atm



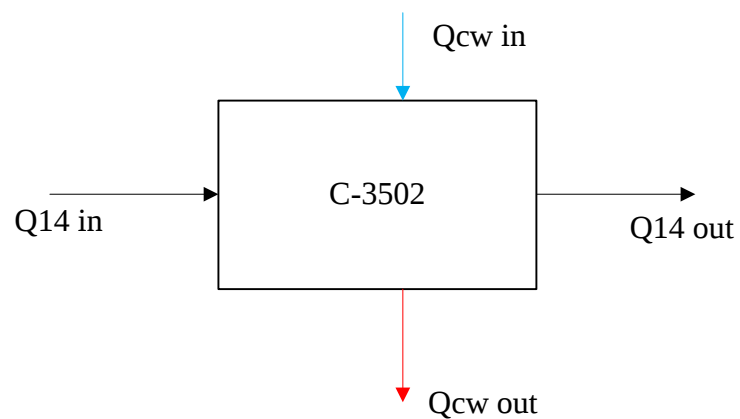
Tabel 4.11 Neraca Energi *Furnace* (FS-1701)

KOMPONEN	Simbol	Q Masuk (kJ)	Q Keluar (kj)
Panas yang di bawa oleh umpan fine coal	Q16	575,9566357	
udara	Q17	946177,1708	
panas reaksi	Qr		-584413,8255
gas panas yang di bawa ke evaporator	Q18		1531166,953
total		946753,1274	946753,1274

4.2.6 Cooler (C-3502)

Kondisi operasi :

- Temperatur : 30° C
- Tekanan : 1 atm



Tabel 4.12 Neraca Energi Cooler (C-3502)

Aliran	Masuk (Kj/jam)	Keluar (Kj/jam)
Qudara panas in	139,0866688	
Qudara panas out		11,38852777
Qcw in	17,41338287	
Qcw out		145,1115239
TOTAL	156,5000517	156,5000517

BAB V. UTILITAS

Utilitas yang di perlukan pada prarancangan pabrik *Green Diesel* dari PFAD kapasitas produksi 80.000 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	1.076,0698
Total	81535

5.1 Unit Penyediaan Listrik

Kebutuhan tenaga listrik pada pabrik *Green Diesel* 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.

5.2 Unit Pengadaan Air

5.2.1 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 PO_4^{3-} , Hg^{2+} , 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.

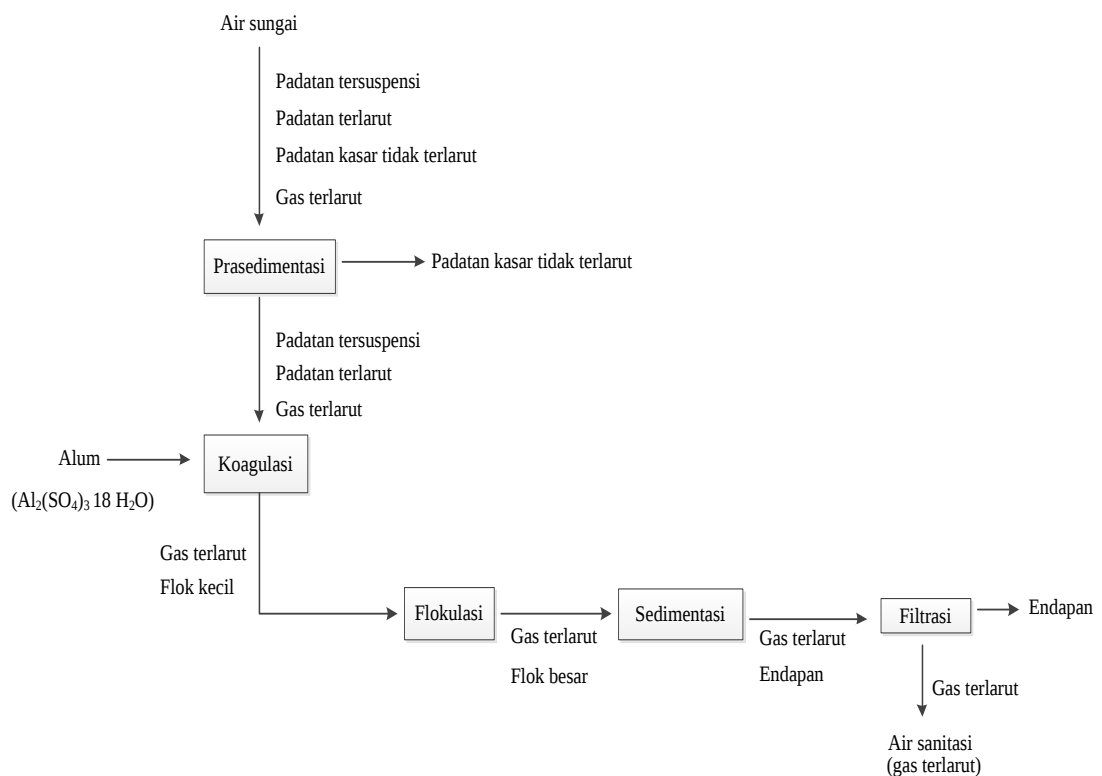
Tabel 5.2 Ambang Batas Kandungan Unsur atau Senyawa Kimia dalam Badan Air Bagi Kesehatan Manusia

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_3)		120
Alkalinitas		35
Kesadahan		10,6
Berlebih		0,5
pH (25°C)		0,2
Akil Benzen		0,01
Sulfonat		0,05
Ekstrak Karbon		45
Kloroform		
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 pengolahan *raw water* (TP-1202). Bak pengolahan *raw water* (TP-1202) berfungsi untuk menghilangkan padatan terlarut dengan cara menambahkan bahan kimia yang di injeksikan melalui pipa sehingga terbentuk gumpalan dari kotoran-kotoran yang tersuspensi dalam air. Pengolahan *raw water* terbagi menjadi tiga tahap :

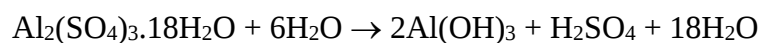
1) Proses koagulasi

Air dari bak penampungan (TP-1201) dialirkan ke bak pembentukan koagulan, 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 penetrasi muatan.

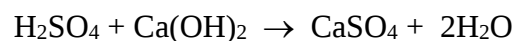
Reaksi yang terjadi :



- 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 H_2S .
- 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 $\text{Ca}(\text{OH})_2$. 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 bak sedimentasi. Flok-flok ini akan mengendap dengan proses sedimentasi, dimana flok akan terbentuk pada bagian dasar tangki dan air bersih dialirkan pada bagian atas (limpahan). Bak sedimentasi ini dilengkapi dengan *sludge scrapper* yang bertujuan untuk mengangkat lumpur agar lumpur lebih cepat keluar.

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 bak pengolahan *raw water* (TP-1202) 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.

5.2.4 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 ₃)	<100
5. Total iron (ppm as Fe)	<1,0
6. Residual chlorine (ppm as Cl ₂)	0,5-1,0
7. Silicate (ppm as SiO ₂)	<150
8. Total Chromate (ppm as CrO ₄)	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.

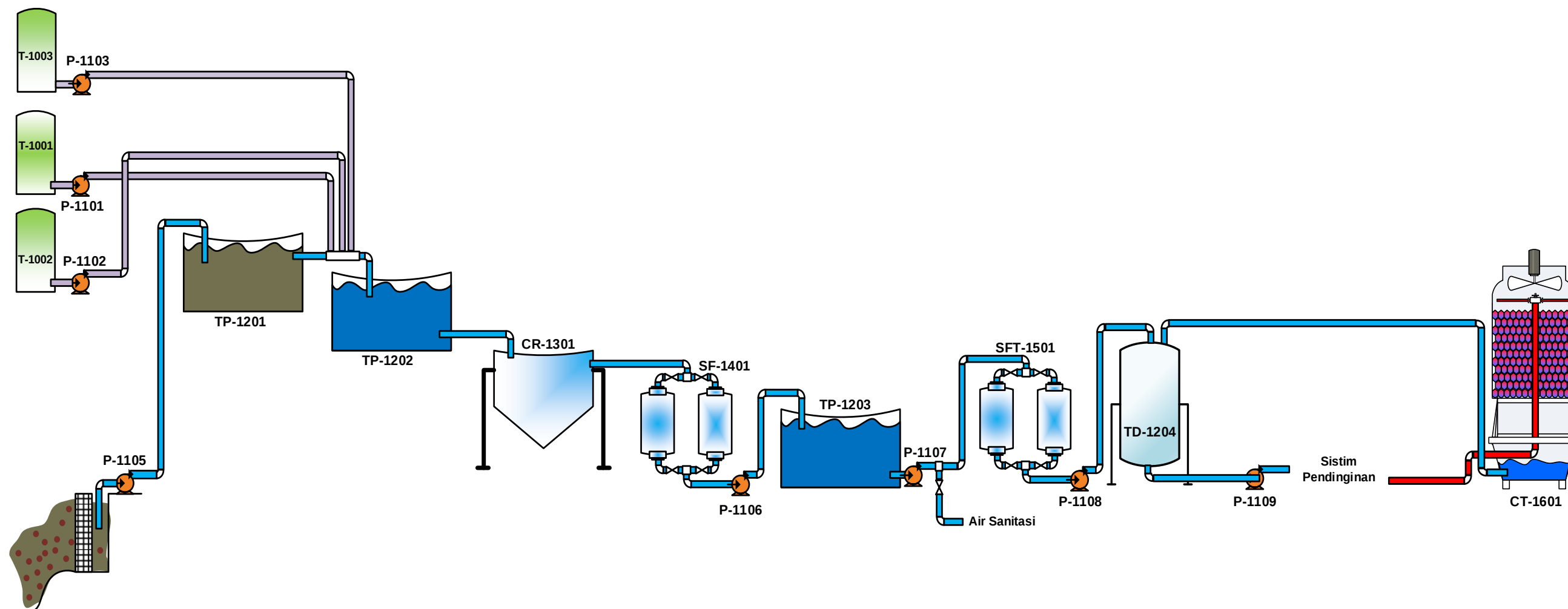
- *Cooling Tower* (CT-1501)

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

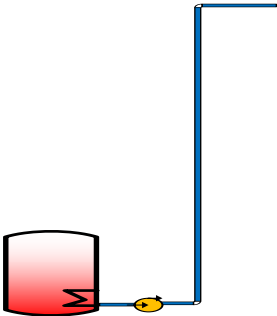
BAB VI. SPESIFIKASI PERALATAN

Berdasarkan hasil perhitungan pada lampiran C diperoleh spesifikasi peralatan pada pra rancangan pabrik green diesel dari PFAD diuraikan di bawah

6.1 Spesifikasi Peralatan Proses

6.1.1 Pompa

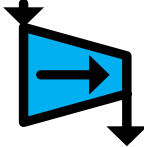
Tabel 6.1 Spesifikasi Pompa

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	0,0668ft ³ /s
Ukuran pipa	8 in sch 40
Daya	10,4348hP
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel</i>

6.1.2 Kompresor

Tabel 6.2 Spesifikasi Kompresor

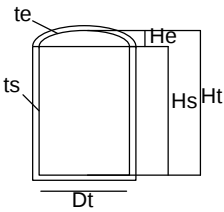
SPESIFIKASI

Nama Kode Jumlah Fungsi	kompresor CM-1601 1 Menaikkan tekanan H ₂ sebelum masuk reaktor
DATA DESIGN	
Gambar	
Tipe Laju alir volumetrik Daya Bahan Konstruksi	<i>Centrifugal Compressor</i> 1530,8395 ft ³ /s 0,6046 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	Steinless steel
Temperatur	40°C
Kapasitas	5255,7629m ³
Diametertangki (D)	4,95m
Tinggi silinder (H _s)	7,43m
Tinggi <i>ellipsoidal</i> (H _e)	1,24m
Tebal dinding silinder (t _s)	0,0054m
Tebal dinding tutup (t _e)	0,0054m

6.1.4 Reaktor

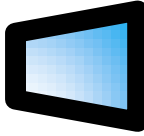
Tabel 6.4 Spesifikasi Reaktor

SPESIFIKASI	
Nama	Reaktor
Kode	R-2301
Jumlah	1 Buah
Fungsi	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	Fix Bed Reaktor Low Alloy Steel 300°C 30 atm 1,398707682 m 2,797415364 m 0,34967692m 0,027263915 m 0,018451331m 28 buah

6.1.5 Exvander Valve

Tabel 6.5 Spesifikasi *Exvander Valve*

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

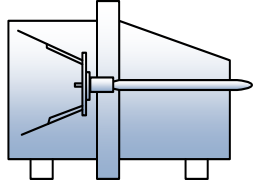
6.1.6 Flash Drum

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 elipsoidal
Laju alir volumetrik fasa gas	4676 kg/jam
Laju alir volumetrik fasa liquid	5481 kg/jam
Diameter vessel	3,036956573in
Volume vessel	0,001080157m ³
Waktu	300 detik
Bahan Konstruksi	Carbon steel

6.1.7 Disk Bowl Centrifuge

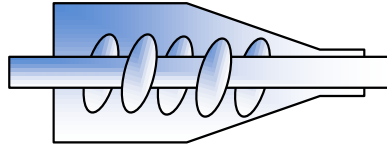
Tabel 6.7 *Disk Bowl Centrifuge*

SPESIFIKASI	
Nama	Disk bowl centrifuge
Jumlah	1 unit
Fungsi	Memisahkan solid dan liquid
DATA DESIGN	
Gambar	
Tipe	Disk bowl centrifuge
Temperatur	30 C ⁰
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 ⁰
Tekanan	1 atm
Diameter	4,299641308 ft
Bahan Konstruksi	Stainless Steel A 316

6.1.9 Evaporator

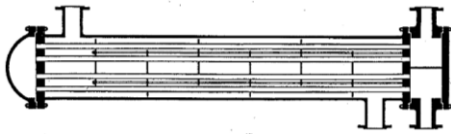
Tabel 6.9 Spesifikasi Evaporator

SPESIFIKASI	
Nama	Evaporator
Jumlah	1 unit
Fungsi	untuk pemekatan larutan Green Diesel
DATA DESIGN	
Gambar	
Type	Long tube evaporator (silinder vertikal dengan

Kapasitas evaporator	tutup ellipsiodal dan alas conical) 11111 kg/jam
Diameter evaporator	4,041321651 m
Tinggi evaporator	8,238234187 m
Tekanan cairan Didalam	0,088521373 atm
Tekanan Desain	1,088521373 atm
Tebal Dinding Evaporator	0,116042384 in
Tebal tutup Ellipsiodal	0,1159844 in
Tebal dinding conical	0,130903446 in
Bahan Konstruksi	Stainless Steel Austenitic 18 Cr 8 Ni

6.1.10 Cooler

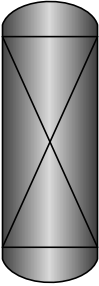
Tabel 6.10 Spesifikasi *Cooler*

SPESIFIKASI	
Nama	<i>Cooler</i>
Jumlah	3 unit
Fungsi	Untuk menurunkan temperatur umpan
Fasa bahan yang dialirkan	Cair
DATA DESIGN	
Gambar	
Tipe	<i>Shell and tube</i>
Beban Panas, Q	4744800 kJ/jam
Luas Area	515,9293Ft ²
<i>Shell</i> (ID)	15 1/4in
Jumlah <i>tube</i>	132 buah

6.1.11 Pressure Swing Absorber (PSA)

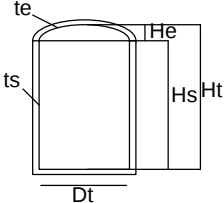
Tabel 6.11 Spesifikasi *Pressure Swing Absorber* (PSA)

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 ³
Diameter (Dt)	1,76 m
Tinggi kolom (L)	2,26 m
Tebal dinding (Td)	0,0048 m
Jumlah adsorben	6724,76 kg
Volume tutup <i>Ellipsoidel</i>	1,72 m ³

6.1.12 Tangki *Green Diesel*

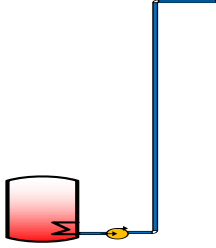
SPESIFIKASI	
Nama	<i>Tangki Green Diesel</i>
Jumlah	1unit
Fungsi	Tangki Penyimpanan <i>Green Diesel</i>
Lama Penyimpanan	7 Hari
DATA DESIGN	

Gambar	
Bahan Konstruksi	Stainless steel
Temperatur	30°C
Kapasitas	624,94 m ³
Diameter tangki (D)	8,09 m
Tinggi silinder (H _s)	12,14 m
Tinggi <i>ellipsoidal</i> (H _e)	2,02 m
Tebal dinding silinder	8,0913 mm
Tebal dinding tutup (t _e)	8,0856 mm

6.2 Peralatan Utilitas

6.2.1 Pompa air sungai

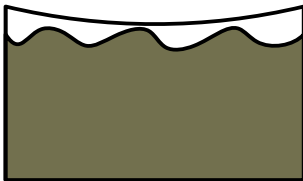
Tabel 6.13 Spesifikasi Pompa air sungai

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 ³ /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 ³ /jam
Panjang Bak	19,2259 m
Lebar Bak	12,8172 m
Tinggi Bak	6,40863 m

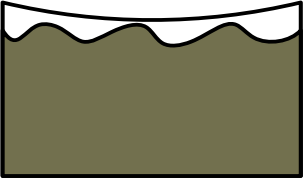
6.2.3 Sand Filter

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 ³
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 ³ /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	1unit
Fungsi	Menghilangkan ion mineral pada air
DATA DESIGN	
Panjang	3,55 m
Lebar	1,87 m
Tinggi	2,54 m
Back Wash Rate	80 GPM

6.2.6 Tangki demin

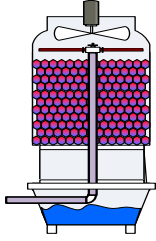
Tabel 6.18 Spesifikasi Tangki Demin

SPESIFIKASI	
Nama Jumlah Fungsi	<i>Tangki Demin</i> 1 unit Tangki penampungan air demin
DATA DESIGN	
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel</i>
Temperatur	30°C
Kapasitas	3,3592 m ³
Diameter tangki (D)	1,5417 m
Tinggi silinder (H _s)	1,5417 m
Tinggi <i>ellipsoidal</i> (H _e)	0,3854 m
Tebal dinding silinder	0,0641 in
Tebal dinding tutup (t _e)	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	<i>Induced draft cooling tower</i>
Temperatur masuk	50 °C
Temperatur keluar	24 °C
Laju alir	177,143 gal/menit
Luas Menara	131,21 ft ²
Daya <i>Fan</i>	24 Hp
Tinggi menara	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):

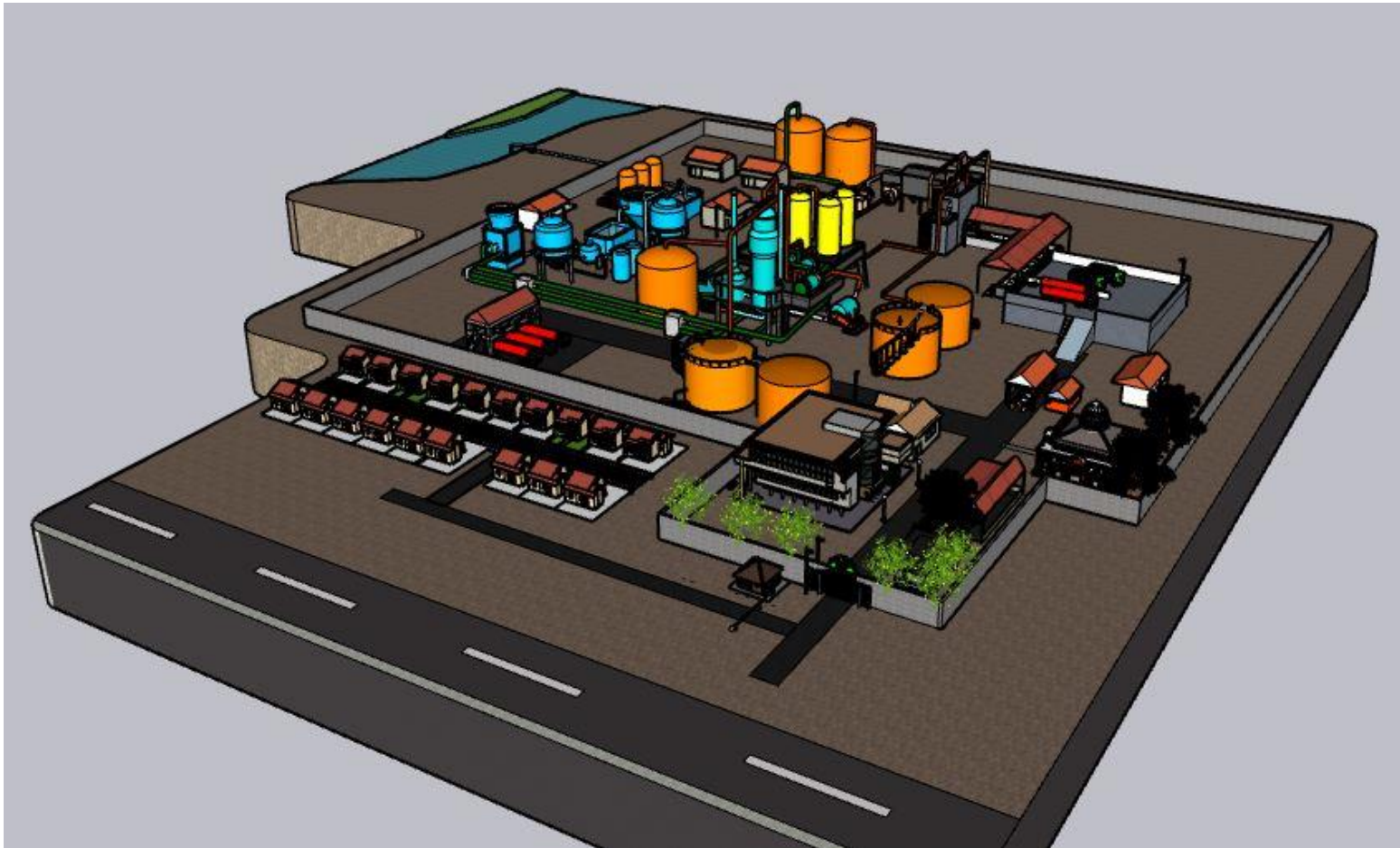
- Integrasi secara menyeluruh dari semua faktor yang mempengaruhi proses-proses produksi
- Pemindahan jarak yang seminimal mungkin
- Aliran kerja berlangsung secara lancar melalui pabrik
- Semua area yang ada dimanfaatkan secara efektif dan efisien
- Kepuasan kerja dan rasa aman dari pekerja dijaga sebaik-baiknya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

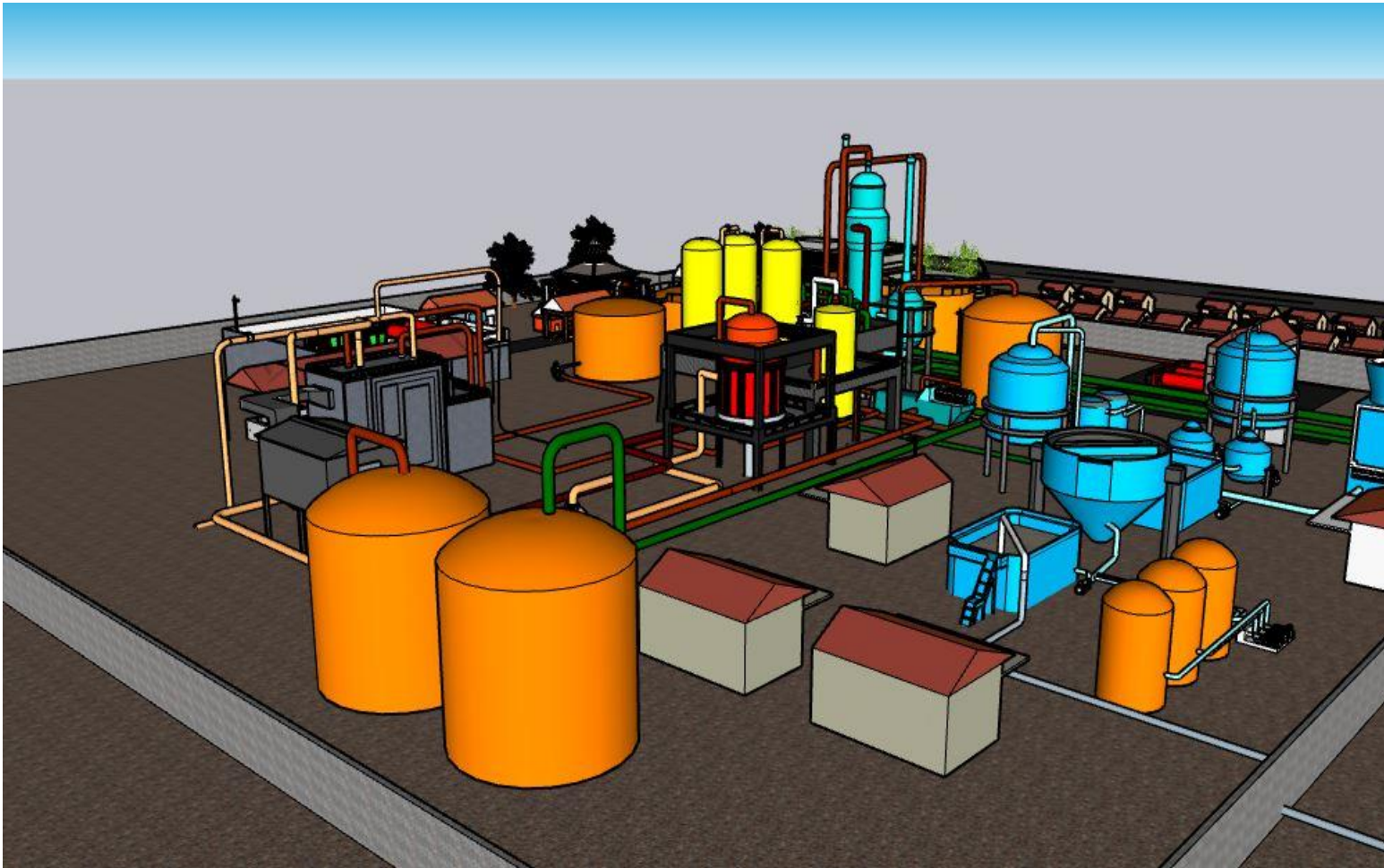
Tata letak lingkungan pabrik dan tata peralatan pabrik dapat dilihat pada Gambar dibawah ini :



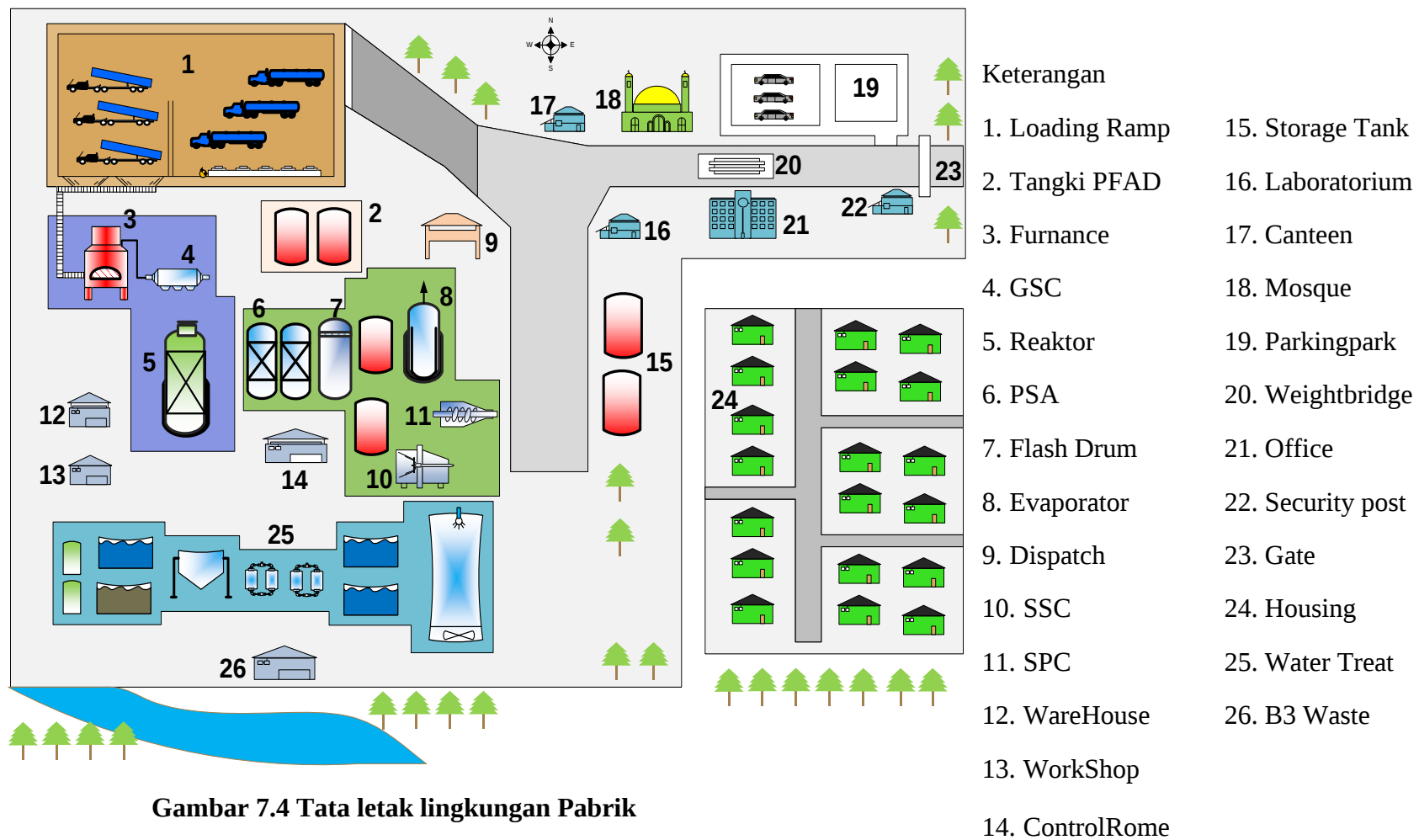
Gambar 7.1 Tata letak pabrik dari atas



Gambar 7.2 Tata letak pabrik dari depan



Gambar 7.3 Tata letak pabrik dari belakang



Gambar 7.4 Tata letak lingkungan Pabrik

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 lingkungannya.
- 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 pembayara denda
7. Kerugian akibat pelaksanaan sistem kesejahteraan dan maslihat 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 soldarikarettebal dan 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. Bahandantentukarsarung tangan 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, paparan 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	Karyawan tidak saling mengenal, solidaritas sukar diharapkan.

	tugasnya dan betapa pun kompleks susunan organisasinya.	
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 :

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

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

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

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

- 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

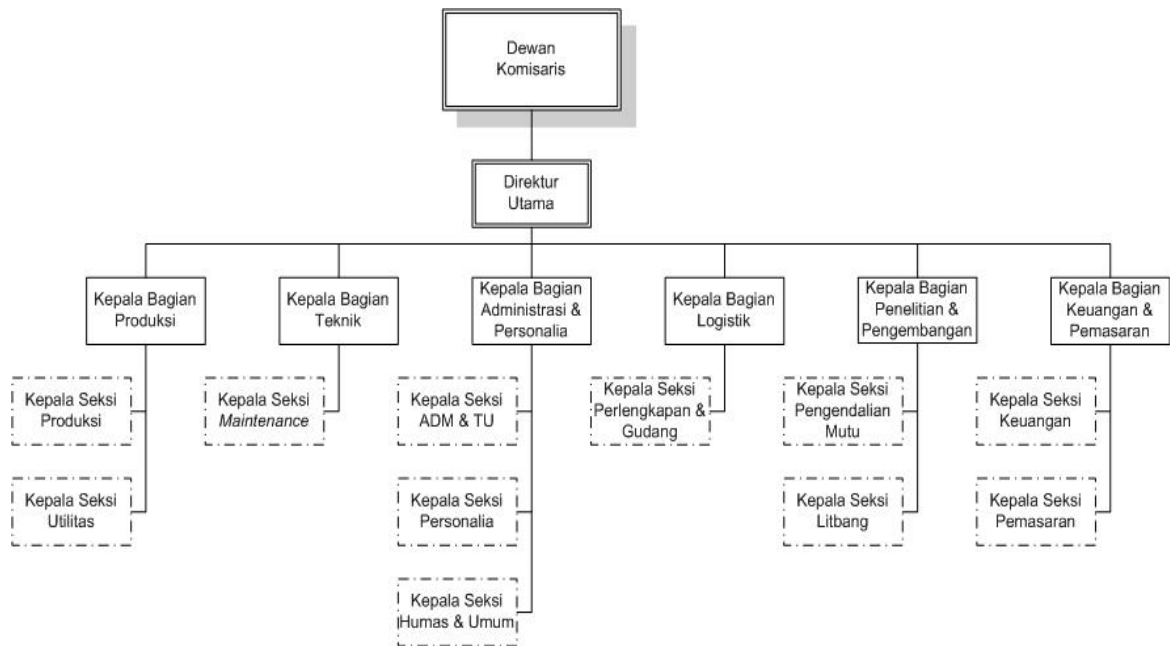
Mempunyai tugas :

- 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 produk



c.

Gambar 8.1 Struktur Organisasi Perusahaan**g. 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.	Kepalasatpam	1
10.	Sopir	3
11.	Dokter	2
12.	Perawat	2
Jumlah		37

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.	Karyawan Instrumentasi dan Elektrikal	4
6.	Satpam	6
7.	Supervisor	3
8.	<i>Office boy</i>	6
Jumlah		76

8.1.3 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*.

8.1.3.1 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

8.1.3.2 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
- (3). Iuran Jaminan Hari Tua sebagaimana dimaksud dalam ayat (1). Huruf b, sebesar 3,70% ditanggung oleh pengusaha dan sebesar 2% ditanggung oleh tenaga kerja.

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>	75.061.810	1.054.243.126.442
2	<i>Work Capital Investment</i>	13.246.202	186.042.904.666
3	<i>Total Capital Investment</i>	88.308.012	1.240.286.031.108

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>	8.590.998
2	<i>Fixed Charge</i>	3.476.759
3	<i>Plant Overhead Cost</i>	10.363.214

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\$ 25.141.829 atau Rp 353.116.983.303.

Jadi harga yang didapat untuk *Total Production Cost* adalah US\$ 103.632.140 atau Rp. 1.455.513.408.738.

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\$ 166.158.700,6479.

9.4 Tinjauan Kelayakan Pabrik

Tinjauan kelayakan pabrik green diesel dari PFAD dengan kapasitas bahan baku 80.000 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	62.526.560	878.185.541.862
2	Laba Bersih	54.710.740	768.412.349.129

9.4.2 Laju Pengembalian Modal (*Rate of Return*)

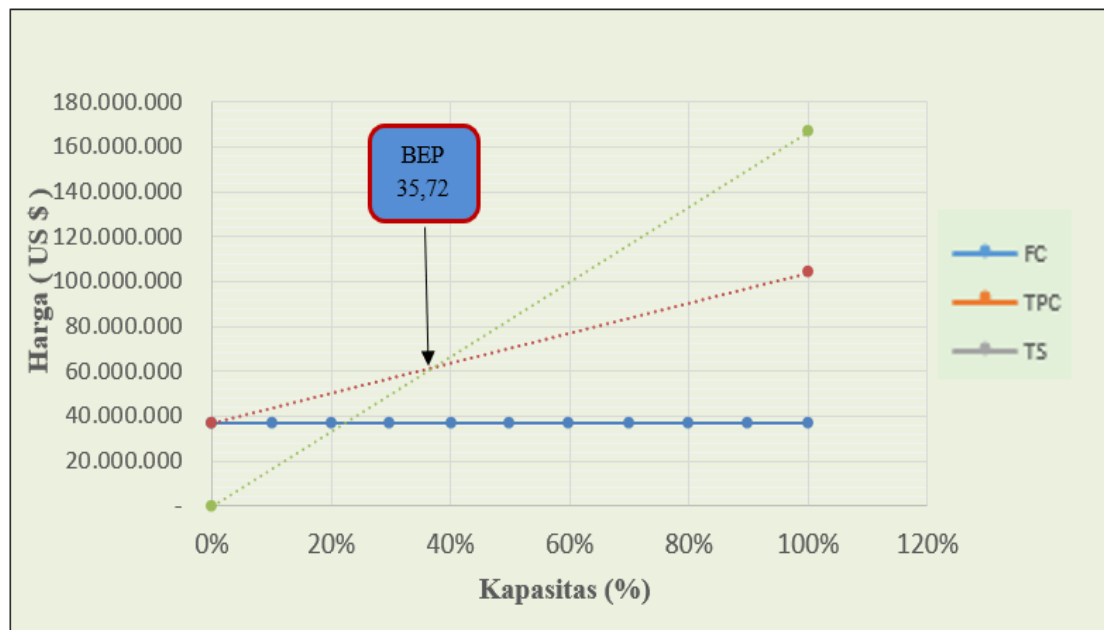
Laju Pengembalian Modal (*Rate of Return /ROR*) merupakan perbandingan antara laba yang diperoleh tiap tahun terhadap modal yang ditanamkan. Berdasarkan perhitungan Lampiran D, didapatkan nilai ROR sebesar 61 %. Hal ini menandakan bahwa pabrik *green diesel* dari PFAD dengan kapasitas bahan baku 80.000 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 2,09 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 37 %. Hal ini menunjukkan bahwa pada 37 % 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.



Gambar 9.1 Grafik *Break Even Point* (BEP)

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

1. Reaktor (R-2501)

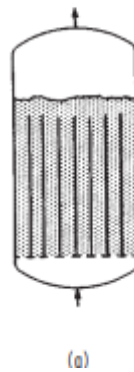
Fungsi : Tempat mereaksikan PFAD dan Hidrogen

Tipe : Fix Bed Reaktor

Bahan : *Low Alloy Steel*

Jumlah : 1 unit

Gambar :



Data :

- Laju alir Umpan : 5255,7629kg/jam
- Laju alir gas : 914,03kg/jam
- Densitas H₂ : 89,88kg/m³
- Densitas Umpan : 886 kg/m³
- Temperatur : 300 °C
- Tekanan : 1 atm
- R : 8,314 kJ/kmol.K
- Waktu reaksi : 20 menit

Kapasitas Tangki, V_t

- Volume Liquid

$$V_c = \frac{m}{\rho}$$

$$= 5,934383289\text{m}^3/\text{jam}$$

- Volume Gas

$$V = \text{massa}/\rho$$

$$= 10,16940449 \text{ m}^3/\text{jam}$$

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 Reaktor**

untuk menentukan besarnya reaktor maka dipakai pendekatan PFR (Plug Flow Reactor)

$$\begin{aligned} V_r &= V \times \tau \\ &= 16,10378778 \text{ m}^3/\text{jam} \times 0,3 \\ &= 4,831136333 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Faktor keamanan 20%

$$\begin{aligned} &= 4,831136333 \text{ m}^3 / 0,8 \\ &= 6,038920417 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- **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**

$$\boxed{\frac{\pi}{24} \times D_s^3}$$

- **Diameter tangki, D_t**

$$\begin{aligned} D_t^3 &= \frac{24 \times V_c}{10 \times \pi} \\ &= 1,398707682 \text{ m} \end{aligned}$$

- **Tinggi tangki, H_t**

Tinggi silinder, H_s

$$H_s = 1,5 D_t = 2,098061523 \text{ m}$$

Tinggi Elipsoidol, H_e

$$H_e = 0,25 D_t = 0,34967692 \text{ m}$$

Tinggi total tangki, H_t

$$\begin{aligned} H_t &= H_s + 2 H_e \\ &= 2,797415364 \text{ m} \end{aligned}$$

- **Tinggi Cairan, H_c**

$$H_c = \frac{\text{Volume Cairan}}{\text{Volume Tangki}} \times H_t$$

$$H_c = 2,062 \text{ m}$$

- **Tekanan Cairan, P_c**

$$P_c = \rho \cdot g \cdot h_c$$

$$\begin{aligned} P_c &= 17905,69 \text{ N/m}^2 \\ &= 0,47 \text{ atm} \\ &= 2,60 \text{ psi} \end{aligned}$$

- **Tekanan Disain, P_d**

$$\begin{aligned} P_d &= P_{op} + P_c \\ &= 30 \text{ atm} + 0,47 \text{ atm} \\ &= 30,18 \text{ atm} \\ &= 443,60 \text{ psi} \end{aligned}$$

- **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
- Jari-jari tangki, R : 27,53356072 in
- Allowable stress, S : 13700 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

$\frac{PR}{SE - 0.6P} + C$

Maka,

$$Td = 1,0733803 \text{ in}$$

$$= 0,027263915 \text{ m}$$

- **Tebal tutup Elipsoidal, t_e**

$$t_h = \frac{PR}{2SE - 0,2P} + C$$

$$Te = 0,726428905 \text{ in}$$

$$= 0,018451331 \text{ m}$$

- **Design Pendingin**

Jumlah air pendingin : 4.974,99 Kg/jam

Beban Pendingin : 10072496Kj/Jam

T *in* : 300 °C

T Pendingin : 28 °C

Ud : 500 Btu/jam Ft² °F

Densitas : 1000 Kg/m³

ΔT : 489 °F

Luas perpindahan panas

$$A = \frac{Q}{U_d \Delta T}$$

$$A = 221 \text{ Ft}^2$$

Volume Air pemanas

$$V_s = \frac{m}{\rho}$$

$$= 4,97 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Diameter (reaktor+jaket) (D1)

D1 = Diameter tangki + (2 x tebal dinding elipsoidal)

$$= 55,06712144 \text{ in}$$

$$= 1,398704885 \text{ m}$$

Jarak jaket = 5 in

Tinggi jaket, Tj

$$Tj = Hc + (2 \cdot \text{tebal elipsoidal}) + (2 \cdot \text{jarak jaket})$$

$$= 91,20772029 \text{ in}$$

$$= 2,316676095 \text{ m}$$

Diameter Jaket, Dj

$$\text{Diameter luar jaket (D2)} = \text{Diameter tangki} + (2 \cdot \text{tebal dinding elipsoidal})$$

$$= 65,06712144 \text{ in}$$

$$= 1,652704885 \text{ m}$$

- **Tekanan Hidrostatik, P_H**

$$P_H = \rho \cdot g \cdot h_c$$

$$P_c = 22717,32579 \text{ N/m}^2$$

$$= 0,224202574 \text{ atm}$$

$$= 3,295777835 \text{ psi}$$

- **Tekanan Disain, P_d**

$$P_d = P_{op} + P_c$$

$$= 30 \text{ atm} + 0,22 \text{ atm}$$

$$= 30,22420257 \text{ atm}$$

- **Tebal dinding Jaket**

$$t_d = \frac{PR}{SE - 0.6P} + C \quad (\text{Walas, Tabel 18.3, hal 625})$$

Tekanan desain, P : 30,22atm = 444,295psi

-Jari-jari tangki, R : 32,5335607in

- Allowable stress, S : 13700 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

$$t_e = 1,2703451 \text{ in}$$

$$= 0,032266831 \text{ m}$$

$$\text{Luas daerah laluan pendingin (A)} = \pi/4 \times (D_2^2 - D_1^2)$$

$$= 0,608420594 \text{ m}^2$$

$$= 0,015453914 \text{ in}^2$$

- **Kebutuhan Katalis**

$$\text{Pori volume katalis} = 0,862 \text{ cm}^3/\text{g}$$

$$\text{Kebutuhan Katalis} = 146,5493729 \text{ kg}$$

- **Ukuran dan jumlah tube**

Dp/Dt	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3
hw/h	5,5	7,0	7,8	7,5	7,0	6,6

$$D_p/D_t = 0,15$$

$$D_t = 5,746666 \text{ cm}$$

$$= 2,62 \text{ in}$$

Dari tabel 11 kern dipilih pipa dengan spesifikasi

Nominal pipe size, in.	Outside diameter, in.	Schedule no.	Wall thickness, in.	Inside diameter, in.	Cross sectional area of metal, in. ²	Inside sectional area, ft ²	Circumference, ft or surface, ft ² /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

NPS = 3 in

Sch No = 40

OD = 3,5 in

ID = 3,06 in

a'' = 2,228 in²

Surface per in f = 0,916 ft²/ft

Ao = 308,73 cm²

Aliran dalam pipa turbulen dipilih NRe = 4500 (DQ KERN)

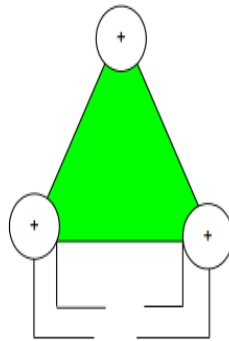
Πg (viskositas umpan gas masuk reaktor) = 0,000137 Kg/m.jam

G (laju alir massa gas dalam ke reaktor) = 914,03 Kg/jam

Gt (massa tampung pipa) = 0,107279 Kg/m².jam

Susunan pipa yang digunakan yaitu Tringular

Direncanakan tube disusun dengan pola *triangular pitch*.



Maka, banyak tube yang digunakan

$$\begin{aligned} A_t &= G/G_t \\ &= 8520,0376 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_t &= A_t/A_o \\ &= 28 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_T &= 1,25 \times O_{dt} \\ &= 4,375 \text{ in} \end{aligned}$$

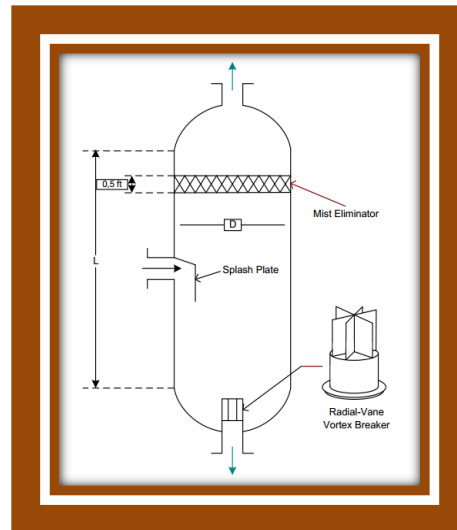
$$\begin{aligned} C' &= P_T - O_{dt} \\ &= 0,878 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ID_s &= \sqrt{\frac{4 \cdot N_t \cdot P_T^2 \cdot 0,866}{\pi}} \\ &= 24,139791 \text{ in} \\ &= 613,15070 \text{ mm} \\ &= 0,6131507 \text{ m} \end{aligned}$$

2. *Flash Drum*

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 ³
Densitas <i>Liquid</i>	: 839,564 Kg/m ³
Laju Alir gas	: 22180 Kg/jam
Laju Alir <i>Liquid</i>	: 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 (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**

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

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

$$= 9,3080 \text{ m}^3$$

- **Tebal Vessel**

TABLE 18.4. Formulas for Design of Vessels under Internal Pressure^a

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)	$\frac{PD}{2(SE - 0.6P)\cos \alpha}$	$\frac{2SEt\cos \alpha}{D + 1.2t\cos \alpha}$	$\frac{P(D + 1.2t\cos \alpha)}{2t\cos \alpha}$	$\alpha \leq 30^\circ$

^a 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

$$t_v = \frac{PR}{(SE) - (0,6 \times P)} + C$$

$$= 0,15004250 \text{ in}$$

$$= 0,003811 \text{ m}$$

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

- **Tebal Elipsoidol**

$$t = \frac{PD}{2SE - 0,2P} + C$$

$$= 0,15004250 \text{ in}$$

$$= 0,003811 \text{ m}$$

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

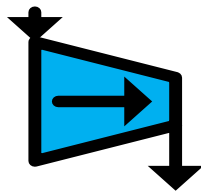
3. Kompresor

Fungi : Menaikkan tekanan H₂ 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 (ρ) = 0.089 Kg/m³ = 0.0056 Ib/ft³

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 (Q_v)

$$Q_v = m / \rho$$

$$= 1000 / 0.089$$

$$= 11235,95506 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 6613,258427 \text{ acfm}$$

- **Menentukan jenis Compressor**

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

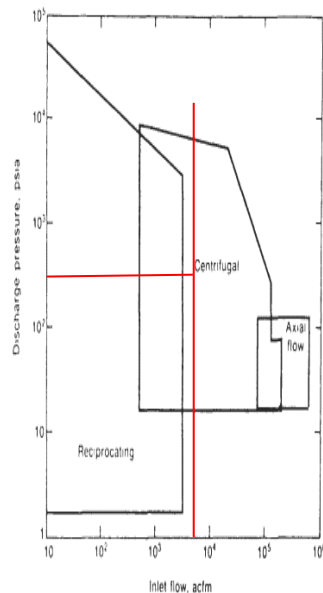


Figure 1. Approximate ranges of application for reciprocating, centrifugal, and axial-flow compressors.

Maka, jenis compressor yang digunakan adalah Centrifugal Compressor

- **Head Polytropic (Hp)**

$$H_p = \left(\frac{z_1 + z_2}{2} \right) \left(\frac{k}{k-1} \right) (R \times T) \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right]$$

$$= 9750,072 \text{ ft}$$

- **Daya yang dibutuhkan**

$$P_{gas} = \frac{m \times H_{poly}}{33000 \eta_p}$$

$$= 0,234979 \text{ lbft/det}$$

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

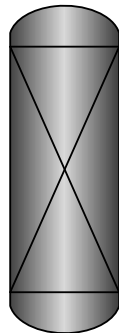
Faktor keamanan 10%

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

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

4. 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/m³
 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 ² /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 ₂ -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		0.64–0.70	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/m³

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_k

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

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

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

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

- Volume Packing, $V_{pzeolit}$

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

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

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

- Volume Total

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

Diameter Kolom

- Diameter Adsorber

$$\begin{aligned}
 D &= \left(\frac{V_t}{\pi} \right)^{1/3} \\
 D &= \left(\frac{1,347653 \text{ m}^3}{3,14} \right)^{1/3} \\
 &= 0,429189 \text{ m}^3 = 0,756439 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- Tinggi Kolom

$$\begin{aligned}
 L &= 3D \\
 &= 3 \times 0,756439 \text{ m} \\
 &= 2,269317 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- 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
Carbon Steel										
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			
Low-Alloy Steel										
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	
SA-240	304L	18 Cr-8 Ni	70,000	15,600	12,900	10,000	9,300								
SA-240	310S	25 Cr-20 Ni	75,000	18,700	16,500	14,900	12,700	11,600	9,800	5,000	2,500	700	300	200	
SA-240	316	16 Cr-10 Ni-2 Mo	75,000	18,700	16,500	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,

$$\begin{aligned}
 P &= \text{Tekanan Design} &&= 25,325 \text{ atm} \\
 D &= \text{Diameter tangki} &&= 1,77302 \text{ m} \\
 S &(\text{working stress allowable}) &&= 18700 \text{ psi} \quad (\text{tabel 4, peter hal.538}) \\
 E &(\text{welding joint efisiensi}) &&= 0,85 \quad (\text{tabel 4, peter hal.538}) \\
 C &(\text{korosi yang diizinkan}) &&= 0,0032 \text{ m} \quad (\text{tabel 4, peter hal 538})
 \end{aligned}$$

$$t = \frac{9,117 \text{ atm} \times 0,756439 \text{ m}}{(2 \times 31790 \text{ Psi} \times 0,85) - (0,2 \times 1,8234 \text{ atm})} + 0,0032 \text{ m}$$

$$t = 3,41695 \text{ m}$$

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?	$\frac{\pi D_a^3}{24}$	$\frac{2}{3} \pi L_a^3$	$0.9 \left[\frac{2\pi L_a^3}{3} (IDD) \right]$
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	$\rho_m \left[\frac{\pi (nD_a + t)^2 t}{4} \right]$	$\rho_m [2\pi L_a^2 t]$	$\rho_m \left[\frac{\pi (OD + OD/24 + at)^2 t}{4} \right]$

$$\begin{aligned}
 V_e &= \frac{\pi x D^3}{24} \\
 &= \frac{3,14 x 0,43283449 m^3}{24} \\
 &= 0,72923 m^3
 \end{aligned}$$

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 80.000 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 :

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

- *Break Event Point (BEP)* = 37%

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

- Aries, R.S. and Newton, R.D., 1954, Chemical Engineering Cost Estimation, Mc.Graw Hill Book Company Inc., New York
- Badan Pusat Statistik, 2017. Statistic Indonesia. www.bps.go.id, Indonesia.
- Bank Indonesia, 2018, Kurs Dollar, www.bi.go.id diakses 13 Juli 2018
- Brownell Lloyd E. and Young Edwin H., 1959. Process Equipment Design. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Coulson J.M., and Richardson J.F., 1999. Chemical Engineering Volume 1 6th edition Fluid Flow, Heat Transfer and Mass Transfer. ButterworthHeinemann. Washington.
- Ergun S., 1952. Fluid Flow Through Packed Columns. Chem. Eng. Progress. (1952), 48 (2) 89.
- Fogler, H. Scott, 2006. Elements of Chemical Reaction Engineering 4th Edition. Butterworth-Heinemann. Washington.
- Geankoplis, Christie.J., 1993. Transport Processes and unit Operation 3th Edition. Allyn & Bacon Inc. New Jersey.
- Himmeblau, David., 1996. Basic Principles and Calculation in Chemical Engineering 6th Edition. Prentice Hall Inc. New Jersey.
- Hugot, E. 1986. Handbook of Cane Biodiesel Engineering. Elseiver. New York.
- Kern, Donald Q., 1983. Process Heat Transfer. Mc-Graw-Hill. New York.
- Kirk, R. E dan Othmer, D. F. 1967. Encyclopedia of Chemical Engineering Technology. New York : John Wiley and Sons Inc.
- Mc. Cabe W.L. and Smith J.C., 1985. Operasi Teknik Kimia. Erlangga. Jakarta. Mouris, E. 1984. Introduction To Biodiesel Technology. Delft University Of Technology.

Perry, Robert H., and Don W. Green. 1997. Perry's Chemical Engineers' Handbook 7th edition. McGraw Hill. New York.

Perry, Robert H., and Don W. Green. 2008. Perry's Chemical Engineers' Handbook 8th edition. McGraw Hill. New York.

Peter, M.S., and Klaus D. Timmerhaus, 2003, Plant Design and Economic for Chemical Engineering, 5rd ed., New York.

Perwitasari, Dyah Suci. 2010. Ester and Trans-ester in Biodiesel Process. UPN Veteran: Fakultas Teknologi Industri.

Reid, C. Robert, 1987. The Properties of Gases and Liquids 4th Edition. McGraw Hill, Inc. New York.

Severn, W.H., 1959. Steam, air, and Gas Power 5th Edition. John Willey and Sons, Inc. New York.

Sinnot, R.K., 2005. Chemical Engineering Design Vol. 6 4th Edition. Elsevier. UK. Smith, J.M. and VanNess, H.C. 1975. Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics 3ed. McGraw-Hill Inc, New York.

Timmerhaus, Klaus D., Max S. Peters, and Ronald E. West. 1991. Plant Design and Economic for Chemical Engineering 3rd edition. McGraw Hill Book Company. New York.

Treyball, R.E., 1983, Mass Transfer Operation 3ed, McGraw-Hill Book Company, New York.

Ulrich, G.D., 1984. A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics.

John Wiley & Sons Inc. New York.

Santoso, Budi. Proses Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jarak. Universitas Gunadarma, Fakultas Teknik Industri.

US Patent No. 7306679B1. 2007. Composition and Biodiesel Refining. United States Patent Office, USA.

US Patent No. 20050229813A1. 2005. Biodiesel Process. United States Patent Office, USA.

LAMPIRAN A. NERACA MASSA

Kapasitas produksi	= 80.000 ton/tahun
	$= 80.000 \frac{\text{ton}}{\text{tahun}} \times \frac{1 \text{ tahun}}{300 \text{ hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}} \frac{1.000 \text{ kg}}{1 \text{ ton}}$
	= 11.111,11 kg/jam
Operasi pabrik	= 300 hari/tahun
Basis perhitungan	= 1.000 kg/jam
Produk yang dihasilkan	= 210837,3475kg/jam

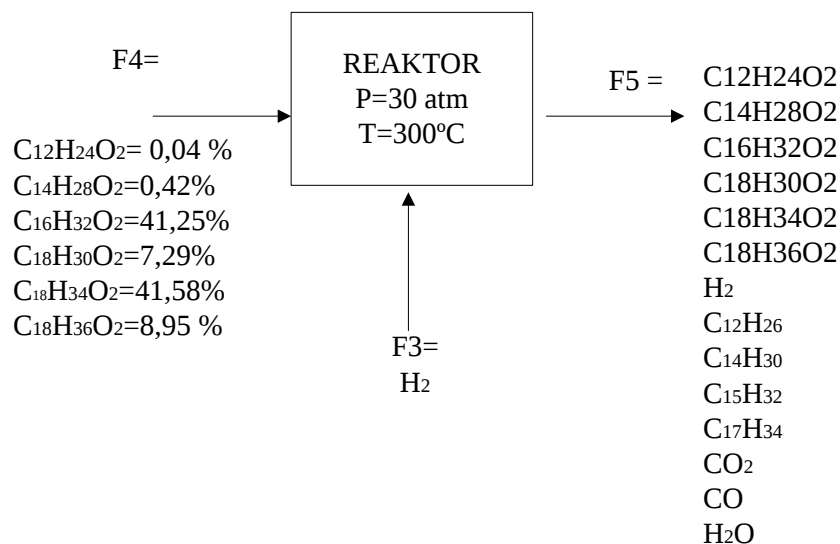
1. Reaktor

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

Kondisi Operasi:

Temperatur : 300°C

Tekanan : 30 atm



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

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

Total area hidrokarbon (C₈-C₁₇) = 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 C₁₂H₂₈ :

Fraksi mol C₁₂ = 1,7 Kg

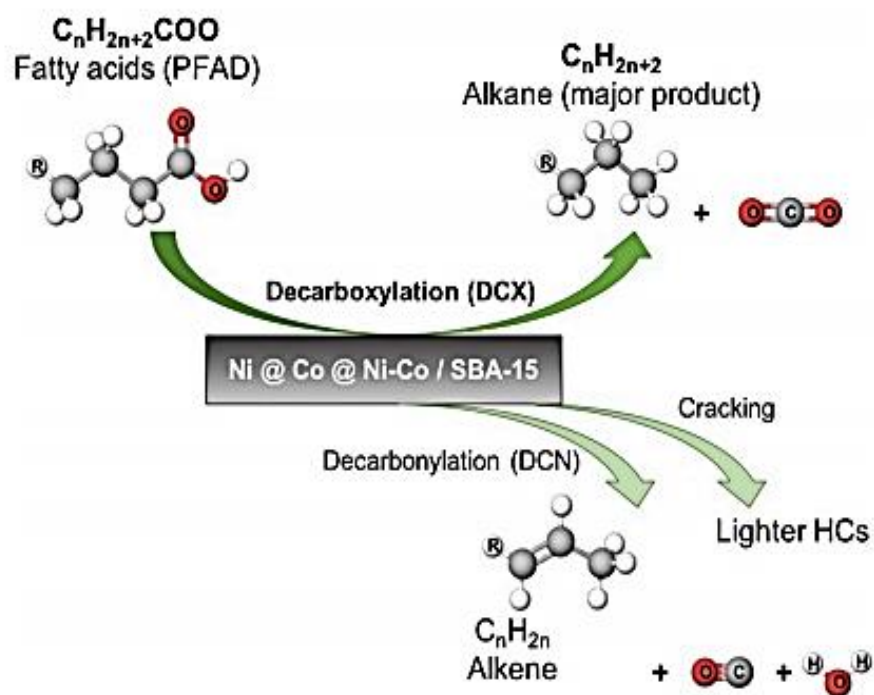
KOMPONEN C₁₄H₃₂

Fraksi mol C₁₄ = 2,55 Kg

KOMPONEN C₁₄H₃₂

Fraksi mol C₁₅ = 5780 Kg

Reaksi :



Tabel LA-1 Neraca Massa Reaktor

KOMPONEN	BM	Komposisi	MASUK				KELUAR	
			F4		F3		F5	
			kmol	massa (kg)	kmol	kg	kmol	massa (kg)
C ₁₂ H ₂₄ O ₂	200	0,04	421,599351	2,107996755			1,58E-05	0,003161995
C ₁₄ H ₂₈ O ₂	228	0,42	5046,54423	22,13396593			0,000146	0,033200949
C ₁₆ H ₃₂ O ₂	256	41,25	556511,143	2173,871654			0,012738	3,260807481
C ₁₈ H ₃₀ O ₂	278	7,38	108121,262	388,9254013			0,002099	0,583388102
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	282	41,25	613031,806	2173,871654			0,011563	3,260807481
C ₁₈ H ₃₆ O ₂	284	9,39	140538,036	494,8522383			0,002614	0,742278357
C ₁₂ H ₂₆	170						0,000527	0,089589862
C ₁₄ H ₃₀	198						0,000679	0,134384793
C ₁₅ H ₃₂	212						1,436819	304,6055311
C ₁₇ H ₃₄	238						0,508178	120,9463138
H ₂	2				457,013	914,026076	263,4996	526,9991888
CO ₂	44						51,00384	2244,16913
CO	28						69,26759	1939,492454
H ₂ O	18						56,97046	1025,468222
Sub Total			5255,76291		914,0260755		6169,788458	
TOTAL			6169,788985				6169,788458	

2. *Flash Drum* (FD-2051)

Fungsi : Memisahkan komponen gas dengan liquid keluaran ekspander

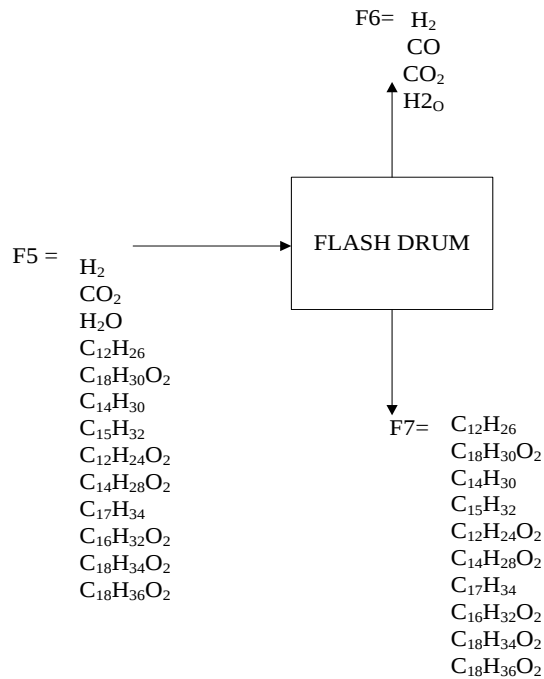
Kondisi Operasi : Temperatur 118°C, tekanan 1 atm

Neraca massa total : Aliran F5 = Aliran F6 + Aliran F7

$$5,308462829 \text{ Kg/jam} = \text{Aliran F6} + \text{Aliran F7}$$

Neraca massa komponen :

Neraca massa pada *Flash Drum* dapat dihitung dengan menggunakan kesetimbangan uap cair.



Diinginkan :

- Top produk, Hidrogen, Karbondioksida, dan Karbon Monoksida, yang diinginkan 99% (overhead) sebagai distilat.
- Palm fatty acid distillat, senyawa alkane, dan green diesel sebagai bottom produk 99%
- Komponen kunci yang diinginkan : *heavy key* adalah $C_{15}H_{32}$, dan *light key* adalah CO.

➤ Input

H_2 = 0,914026076 Kg/jam

CO_2 = 1,828051624 Kg/jam

H_2O = 0,609350717 Kg/jam

$C_{12}H_{26}$ = 8,95899E-05 Kg/jam

$C_{18}H_{30}O_2$ = 0,000583388 Kg/jam

$C_{14}H_{30}$ = 0,000134385 Kg/jam

$C_{15}H_{32}$ = 0,304605531 Kg/jam

$C_{12}H_{24}O_2$ = 3,162E-06 Kg/jam

$C_{14}H_{28}O_2$ = 3,32009E-05 Kg/jam

$$C_{17}H_{34} = 0,120946314 \text{ Kg/jam}$$

$$C_{16}H_{32}O_2 = 0,003260807 \text{ Kg/jam}$$

$$C_{18}H_{34}O_2 = 0,003260807 \text{ Kg/jam}$$

$$C_{18}H_{36}O_2 = 0,000742278 \text{ Kg/jam}$$

Tabel LA-2 Penentuan Temperatur Operasi Flash Drum

Komponen	Yi	A	B	C	log pi	Pi	Ki	xi
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 ₂ O	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 ₁₅ H ₃₂	0,0012	7,42974	2026,6694	178,677	0,61957	4,1646	0,0055	0,226
C ₁₂ H ₂₄ O ₂	1E-08	7,74121	2288,3705	172,970	-0,0987	0,7967	0,001	1E-05
C ₁₄ H ₂₈ O ₂	1E-07	7,71312	2374,5031	165,381	-0,63903	0,2296	0,0003	4E-04
C ₁₇ H ₃₄	0,0004	7,899932	2328,6070	172,942	-0,07859	0,8345	0,0011	0,342
C ₁₆ H ₃₂ O ₂	1E-05	8,17180	2631,4566	158,347	-1,31898	0,048	6E-05	0,173
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	9E-06	7,58656	2271,2145	169,048	-0,30055	0,5006	0,0007	0,014
C ₁₈ H ₃₆ O ₂	2E-06	8,32939	2823,1872	148,617	-2,22322	0,006	8E-06	0,208
Total	1							1

Penentuan Distribusi Masing-masing Komponen :

$$\alpha = \frac{K_f}{K_{hk}}$$

K_f : K_i tiap komponen *feed*

K_{hk} : K_i tiap komponen *heavy key*

● **Heavy Key (HK)**

$$\begin{array}{llll} \text{D} & C_{15}H_{32} & 0,001 & \times 24,48979592 & 0,02949 \text{ Kmole} = 5,78 \text{ Kg} \\ \text{B} & C_{15}H_{32} & 0,999 & \times 24,48979592 & 29,46031 \text{ Kmole} = 5774,22 \text{ Kg} \end{array}$$

$$5780 \text{ Kg}$$

$$\text{Log (GB) D} = -2,99956549$$

$$\text{Log (GB) B}$$

● **Light Key (HK)**

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) B

Tabel LA-3 Distribusi Komponen Flash Drum

Komponen	Ki	α_i (Ki/Khk)	Log α_i	Log id/ib	id/ib
H ₂	1157,665306	211264,6651	5,324826866		
CO ₂	317,8190594	57999,43802	4,763423786		
CO	1207,546914	220367,66	5,34314786	2,999565488	999
H ₂ O	1,929765488	352,166777	2,546748383		
C ₁₂ H ₂₆	0,047007971	8,578578979	0,933415354		
C ₁₈ H ₃₀ O ₂	0,000130337	0,023785504	-1,62368765		
C ₁₄ H ₃₀	0,01116795	2,038061588	0,309217304		
C ₁₅ H ₃₂	0,005479692	1	0	-2,99956549	0,001001
C ₁₂ H ₂₄ O ₂	0,001048314	0,191308916	-0,71826479		
C ₁₄ H ₂₈ O ₂	0,000302106	0,055131935	-1,25859676		
C ₁₇ H ₃₄	0,001097991	0,200374533	-0,69815748		
C ₁₆ H ₃₂ O ₂	6,31257E-05	0,011519944	-1,93854962		
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	0,000658629	0,120194541	-0,92011526		
C ₁₈ H ₃₆ O ₂	7,86987E-06	0,001436189	-2,84278851		

Persamaan VAN WINKLE P-345

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

Dimana :

$$m = \frac{(\log \alpha_i)_{lk} - (\log \alpha_i)_{hk}}{(\log id/ib)_{lk} - (\log id/ib)_{hk}}$$

$$, m = 0,890653643$$

$$b = (\log \alpha_i)_{lk} - m (\log id/ib)_{lk}$$

$$b = 2,67157393$$

Persamaan menjadi :

$$\text{Log } (id/ib)_i = \frac{(\log \alpha_i - b)}{M}$$

Maka :

$$= \frac{\log \alpha_i - 2,67157393}{0,890653643}$$

- H_2

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

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

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

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

- CO_2

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

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

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

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

- 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_2O

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

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

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

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

- $C_{12}H_{26}$

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

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

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

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

- $C_{18}H_{30}O_2$

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

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

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

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

- $C_{14}H_{30}$

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

$$\frac{(C_{14}H_{30})D}{(C_{14}H_{30})B} = 0,00014$$

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

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

- $C_{15}H_{32}$

$$LOG = \frac{(C_{15}H_{32})D}{(C_{15}H_{32})B} = -4,26$$

$$\frac{(C_{15}H_{32})D}{(C_{15}H_{32})B} = 5,37$$

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

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

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

$$LOG = \frac{(C_{12}H_{24}O_2)D}{(C_{12}H_{24}O_2)B} = -5,24$$

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

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

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

- $C_{17}H_{34}$

$$LOG = \frac{(C_{17}H_{34})D}{(C_{17}H_{34})B} = -4,967$$

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

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

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

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

$$LOG = \frac{(C_{16}H_{32}O_2)D}{(C_{16}H_{32}O_2)B} = -6,207$$

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

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

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

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

$$LOG = \frac{(C_{18}H_{34}O_2)D}{(C_{18}H_{34}O_2)B} = -5,1895267$$

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

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

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

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

$$LOG = \frac{(C_{18}H_{36}O_2)D}{(C_{18}H_{36}O_2)B} = -7,111$$

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

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

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

Kondisi Top (*dew point*)

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

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

Tabel LA-4 Top (*Dew Point*) Flash Drum

Komponen	BM	kg/jam	Kmol	YD	A	B	C	logpi	pi	ki	yi	α_{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*)

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

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

Tabel LA- 5 Bottom (*Bubble Point*) Flash Drum

Komponen	BM	kg/jam	kmol	YD	A	B	C	logpi	pi	ki	yi	α_{iD}
H2	2	46,49	23,24	1E-05	6,149	80,95	278	6,023	1E+06	694,2	2E-08	93
CO2	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
H2O	18	6899	383,3	2E-04	8,05573	1723,6425	233,608	5,194	2E+05	102,9	2E-06	14
C12H26	200	1,698	0,008	5E-09	7,24104	1810,4995	199,381	4,054	11327	7,452	6E-10	1
C18H30O2	172	14,08	0,082	5E-08	6,71198	2121,1671	155,984	2,669	467,1	0,307	1E-07	0
C14H30	278	2,55	0,009	5E-09	7,38975	1954,0312	183,519	3,851	7102	4,672	1E-09	0,6
C15H32	196	5780	29,49	2E-05	7,42974	2026,6694	178,677	3,727	5338	3,512	5E-06	0,5
C12H24O2	228	0,06	3E-04	1E-10	7,74121	2288,3705	172,970	3,517	3286	2,162	7E-11	0,3
C14H28O2	212	0,63	0,003	2E-09	7,71312	2374,5031	165,381	3,267	1851	1,218	1E-09	0,2
C17H34	256	2E+08	8E+05	0,465	7,899932	2328,6070	172,942	3,601	3990	2,625	0,177	0,4

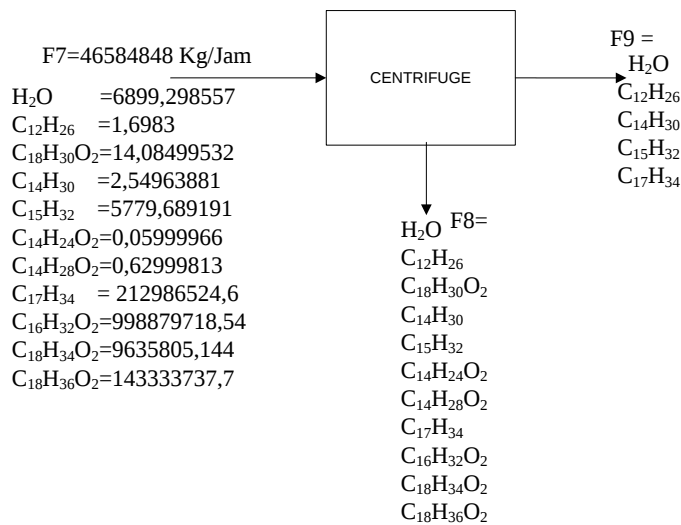
C16H32O2	238	1E+08	4E+05	0,234	8,17180	2631,4566	158,347	3,179	1511	0,994	0,236	0,1
C18H34O2	282	1E+07	34170	0,019	7,58656	2271,2145	169,048	3,363	2308	1,518	0,013	0,2
C18H36O2	284	1E+08	5E+05	0,282	8,32939	2823,1872	148,617	2,872	745,1	0,49	0,575	0,1
TOTAL			2E+06								1	

Tabel LA-6 Neraca Massa Flash Drum

Komponen	f5 masuk	F7 bottom	F6 distilat
H ₂	2313,259096	2,449757243	2310,809339
CO ₂	630,8888445	3,858309291	627,0305352
CO	1682,370252	1,682370252	1680,687882
H ₂ O	420,592563	363,5924743	57,00008869
C ₁₂ H ₂₆	0,089589862	0,089500272	8,95899E-05
C ₁₈ H ₃₀ O ₂	0,742278357	0,742278111	2,46742E-07
C ₁₄ H ₃₀	0,134384793	0,134365758	1,90347E-05
C ₁₅ H ₃₂	304,6055311	304,5891515	0,016379589
C ₁₂ H ₂₄ O ₂	0,003161995	0,003161977	1,79225E-08
C ₁₄ H ₂₈ O ₂	0,033200949	0,03320085	9,84331E-08
C ₁₇ H ₃₄	120,9463138	11224372,57	-11224251,62
C ₁₆ H ₃₂ O ₂	3,260807481	5263653,065	-5263649,804
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	3,282150948	507806,1494	-507802,8673
C ₁₈ H ₃₆ O ₂	0,583388102	7553676,348	-7553675,765
SUBTOTAL	5480,791563	24550185,31	-24544704,52
TOTAL	5480,791563	5480,791563	

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 99,99% terhadap padatan. (Perry's, Hal. 96)



Kondisi operasi

Temperatur : 30^0 C

Tekanan : 1 atm

Neraca massa total :

$$\text{Aliran } F7 = \text{Aliran } F8 + \text{Aliran } F9$$

$$46584848 \text{ Kg/Jam} = \text{Aliran } F8 + \text{Aliran } F9$$

Neraca massa komponen :

➤ Aliran F7

H_2O	$= 0,3635 \text{ kg/jam}$
$\text{C}_{12}\text{H}_{26}$	$= 8,9500 \text{ kg/jam}$
$\text{C}_{18}\text{H}_{30}\text{O}_2$	$= 0,00074 \text{ kg/jam}$
$\text{C}_{14}\text{H}_{30}$	$= 0,00013 \text{ kg/jam}$
$\text{C}_{15}\text{H}_{32}$	$= 0,3045 \text{ kg/jam}$
$\text{C}_{12}\text{H}_{24}\text{O}_2$	$= 3,1619 \text{ kg/jam}$
$\text{C}_{14}\text{H}_{28}\text{O}_2$	$= 3,3200 \text{ kg/jam}$
$\text{C}_{17}\text{H}_{34}$	$= 11224,3725 \text{ kg/jam}$
$\text{C}_{16}\text{H}_{32}\text{O}_2$	$= 5263,653 \text{ kg/jam}$
$\text{C}_{18}\text{H}_{34}\text{O}_2$	$= 507,8061 \text{ kg/jam}$
$\text{C}_{18}\text{H}_{36}\text{O}_2$	$= 7553,676 \text{ kg/jam}$

➤ Aliran F9

H_2O	$= 0,3635 \text{ kg/jam}$
$\text{C}_{12}\text{H}_{26}$	$= 8,9489 \text{ kg/jam}$

$C_{14}H_{30} = 0,000134 \text{ kg/jam}$

$C_{15}H_{32} = 0,30455 \text{ kg/jam}$

$C_{17}H_{34} = 11223,04 \text{ kg/jam}$

➤ **Aliran F8**

$H_2O = 4,3266 \text{ kg/jam}$

$C_{12}H_{26} = 1,0625 \text{ kg/jam}$

$C_{18}H_{30}O_2 = 0,00074 \text{ kg/jam}$

$C_{14}H_{30} = 1,5952 \text{ kg/jam}$

$C_{15}H_{32} = 3,6161 \text{ kg/jam}$

$C_{12}H_{24}O_2 = 3,1619 \text{ kg/jam}$

$C_{14}H_{28}O_2 = 3,32009 \text{ kg/jam}$

$C_{17}H_{34} = 1,33256 \text{ kg/jam}$

$C_{16}H_{32}O_2 = 52,63,6530 \text{ kg/jam}$

$C_{18}H_{34}O_2 = 507,80614 \text{ kg/jam}$

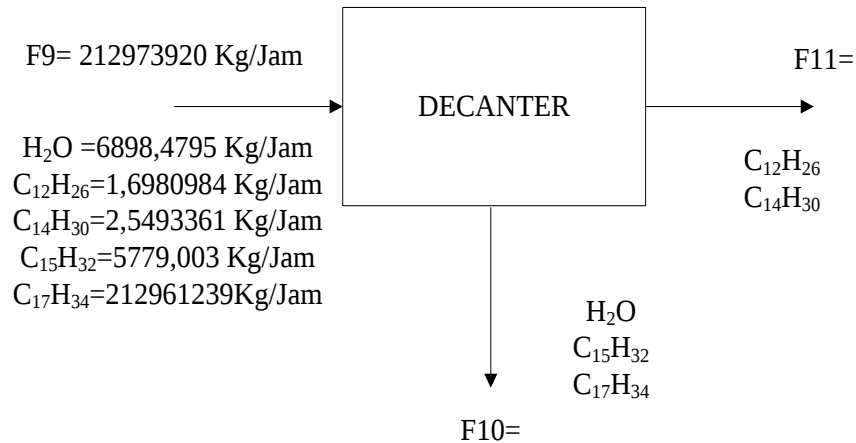
$C_{18}H_{36}O_2 = 7553,6763 \text{ kg/jam}$

Tabel LA-7 Neraca Massa *Centrifuge Filter*

KOMPONEN	BM	MASUK		KELUAR			
		F7 UMPAN		F9 FILTRAT		F8 SLURRY	
		kmol	massa (kg)	kmol	massa (kg)	kmol	massa (kg)
H ₂ O	18	20,19958191	363,592474	20,19718379	363,5493083	0,002398112	0,043166
C ₁₂ H ₂₆	200	0,000447501	0,08950027	0,000447448	0,089489647	5,31278E-08	1,063E-05
C ₁₈ H ₃₀ O ₂	172	0,00431557	0,74227811	0	0	0,00431557	0,7422781
C ₁₄ H ₃₀	278	0,00048333	0,13436576	0,000483273	0,134349806	5,73814E-08	1,595E-05
C ₁₅ H ₃₂	196	1,554026283	304,589152	1,553841788	304,5529904	0,000184495	0,0361611
C ₁₂ H ₂₄ O ₂	228	1,38683E-05	0,00316198	0	0	1,38683E-05	0,003162
C ₁₄ H ₂₈ O ₂	212	0,000156608	0,03320085	0	0	0,000156608	0,0332009
C ₁₇ H ₃₄	256	43845,20536	11224372,6	43840,00001	11223040	5,205341973	1332,5675
C ₁₆ H ₃₂ O ₂	238	22116,18935	5263653,06	0	0	22116,18935	5263653,1
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	282	1800,731026	507806,149	0	0	1800,731026	507806,15
C ₁₈ H ₃₆ O ₂	284	26597,45193	7553676,35	0	0	26597,45193	7553676,3
SUB TOTAL		24550177,32		11223708,33		13326468,99	
TOTAL		24550177,32		24550177,32			

4. Decanter

Fungsi : Memisahkan produk utama $C_{15}H_{32}$ dan $C_{17}H_{34}$ dengan produk samping lainnya.



Total umpan = 212973920 kg/jam

Efisiensi Pemisahan = 99 %

Kondisi Operasi:

$$T = 30^{\circ}\text{C}$$

$$T = 2 \text{ jam}$$

Neraca massa total :

$$\text{Aliran F9} = \text{Aliran F10} + \text{Aliran F11}$$

$$212973920 \text{ Kg/Jam} = \text{Aliran F10} + \text{Aliran F11}$$

Neraca massa komponen :

➤ **Aliran F9**

$$H_2O = 0,3635 \text{ kg/jam}$$

$$C_{12}H_{26} = 8,9489 \text{ kg/jam}$$

$$C_{14}H_{30} = 0,000134 \text{ kg/jam}$$

$$C_{15}H_{32} = 0,30455 \text{ kg/jam}$$

$$C_{17}H_{34} = 11223,04 \text{ kg/jam}$$

Aliran F10

$$H_2O = 0,3599138 \text{ kg/jam}$$

$$C_{12}H_{26} = 8,859 \text{ kg/jam}$$

$$C_{14}H_{30} = 1,343 \text{ kg/jam}$$

$$C_{15}H_{32} = 0,0030455 \text{ kg/jam}$$

$$C_{17}H_{34} = 112,2304 \text{ kg/jam}$$

➤ **Aliran F11**

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

$$C_{12}H_{26} = 8,948 \text{ kg/jam}$$

$$C_{14}H_{30} = 0,0001 \text{ kg/jam}$$

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

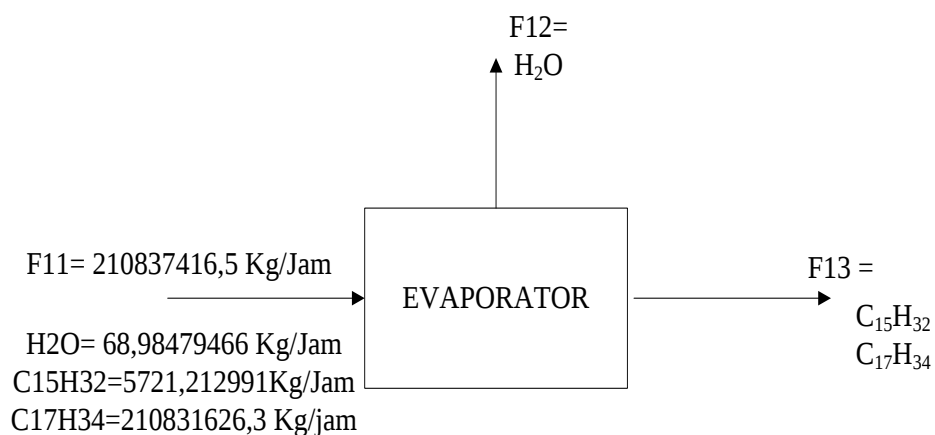
$$C_{17}H_{34} = 11111 \text{ kg/jam}$$

Tabel LA -8 Neraca Massa *Decanter*

KOMPONEN	BM	MASUK		KELUAR			
		F9		F10		F11	
		kmol	massa(kg)	kmol	massa (kg)	kmol	massa (kg)
H ₂ O	18	20,197184	363,549308	19,99521	359,9138152	0,201972	3,635493083
C ₁₂ H ₂₆	200	0,0004474	0,08948965	0,000443	0,08859475	4,47E-06	0,000894896
C ₁₄ H ₃₀	278	0,0004833	0,13434981	4,83E-06	0,001343498	0,000478	0,133006308
C ₁₅ H ₃₂	196	1,5538418	304,55299	0,015538	3,045529904	1,538303	301,5074605
C ₁₇ H ₃₄	256	43840	11223040	438,4	112230,4	43401,6	11110809,6
SUB TOTAL		11223708,33		112593,4493		11111114,88	
TOTAL		11223708,33		11223708,33			

5. Evaporator

Fungsi : Menghilangkan air yang masih terikut dengan *green diessel*.



Kondisi Operasi

Temperatur : 115°C
 Tekanan : 1 atm
 Kemurnian produk green diesel 97,%

Neraca massa total :

$$\text{Aliran F11} = \text{Aliran F12} + \text{Aliran F13}$$

$$210837416,5 \text{ Kg/Jam} = \text{Aliran F12} + \text{Aliran F13}$$

Neraca massa komponen :

➤ **Aliran F11**

$$\text{H}_2\text{O} = 0,0036 \text{ kg/jam}$$

$$\text{C}_{15}\text{H}_{32} = 0,3015 \text{ kg/jam}$$

$$\text{C}_{17}\text{H}_{34} = 11111 \text{ kg/jam}$$

➤ **Aliran F12**

$$\text{H}_2\text{O} = 0,00352 \text{ kg/jam}$$

➤ **Aliran F13**

$$\text{H}_2\text{O} = 0,001091 \text{ kg/jam}$$

$$\text{C}_{15}\text{H}_{32} = 0,3015075 \text{ kg/jam}$$

$$\text{C}_{17}\text{H}_{34} = 11110,81 \text{ kg/jam}$$

Tabel LA-9 Neraca Massa Evaporator

Komponen	BM	MASUK		KELUAR			
		F11		F12		F13	
		kmol	massa (kg)	kmol	massa (kg)	kmol	massa (kg)
H ₂ O	18	0,201972	3,635493083	0,195913	3,52642829	0,006059	0,1090648
C ₁₅ H ₃₂	212	1,422205	301,5074605			1,422205	301,50746
C ₁₇ H ₃₄	238	46684,07	11110809,6			46684,07	11110810
SUB TOTAL		11111		0,003526428		11111,11122	
TOTAL		11111		11111			

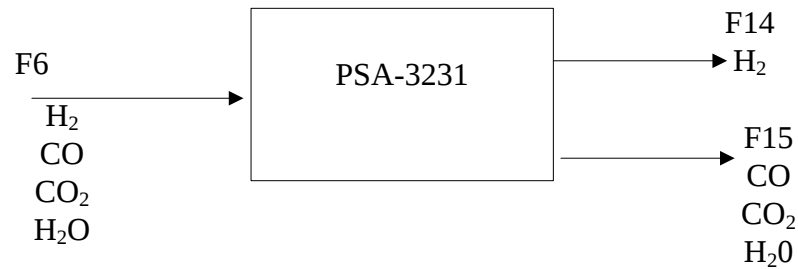
6. Pressure Swing Adsorption

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

$$\begin{aligned} \text{H}_2\text{O} &= 0,057 \text{ kg/jam} \\ \text{H}_2 &= 2,310809 \text{ kg/jam} \\ \text{CO}_2 &= 0,627031 \text{ kg/jam} \\ \text{CO} &= 1,680688 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

➤ Aliran F14

$$\begin{aligned} \text{H}_2 &= 2,310809 \text{ kg/jam} \times 99\% \\ &= 2,287701 \text{ kg/jam} \\ \text{H}_2\text{O} &= 0,057 \text{ kg/jam} \times 1\% \\ &= 0,00057 \text{ kg/jam} \\ \text{CO}_2 &= 0,627031 \text{ kg/jam} \times 1\% \\ &= 0,00627 \text{ kg/jam} \\ \text{CO} &= 1,680688 \text{ kg/jam} \times 1\% \\ &= 0,01681 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

➤ **Aliran F15**

$$\begin{aligned} \text{H}_2 &= 2,310809 \text{ kg/jam} \times 1\% \\ &= 0,02310809 \text{ kg/jam} \\ \text{H}_2\text{O} &= 0,057 \text{ kg/jam} \times 99\% \\ &= 0,05643 \text{ kg/jam} \\ \text{CO}_2 &= 0,627031 \text{ kg/jam} \times 99\% \\ &= 0,0620760 \text{ kg/jam} \\ \text{CO} &= 1,680688 \text{ kg/jam} \times 99\% \\ &= 1,663881 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Tabel LA-10 Neraca Massa *Pressure Swing Adsorption*

KOMPONEN	BM	MASUK		KELUAR			
		F6		F14		F15	
		Kmol	Massa	Kmol	Massa	Kmol	Massa
H ₂	2	1155,405	2310,809	1143,851	2287,701	11,55405	23,10809
H ₂ O	18	3,166672	57,00009	0,063333	1,140002	3,103338	55,86009
CO	28	60,02457	1680,688	2,400983	67,22752	57,62358	1613,46
CO ₂	44	14,25069	627,0305	0,427521	18,81092	13,82317	608,2196
Sub Total		4675,527844		2374,879679		2300,648166	
TOTAL		4675,527844		4675,527844			

LAMPIRAN B. NERACA ENERGI

➤ Persamaan yang digunakan untuk menghitung nilai panas (Q) adalah

$$\bullet \quad Q = n C_p \Delta T$$

➤ Menggunakan data C_p yang dipengaruhi temperatur.

Data C_p yang dipengaruhi oleh temperatur dapat diperoleh dari buku *Carl L. Yaws Chemical properties handbook* tahun 1999 hal 30.

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

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

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

➤ Persamaan yang digunakan untuk menghitung panas reaksi (Q_r)

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

$$\bullet \quad -\Delta H_R = \Delta H_R^o + (\Delta H_{produk} - \Delta H_{reaktan})$$

$$\bullet \quad -\Delta H_R^o = \Delta H_f^o_{produk} - \Delta H_f^o_{reaktan}$$

$$\bullet \quad \Delta H_{produk} = \sum (n \cdot C_p \cdot \Delta T)_{produk}$$

$$\bullet \quad \Delta H_{reaktan} = \sum (n \cdot C_p \cdot \Delta T)_{reaktan}$$

Tabel LB.1 Nilai Kapasitas Panas Komponen

Komponen	Nilai C_p (KJ/Kmol.K)
$C_{12}H_{24}O_2$	126111,1931
$C_{14}H_{28}O_2$	163608,4834
$C_{16}H_{32}O_2$	203544,097
$C_{18}H_{30}O_2$	188149,4996
$C_{18}H_{34}O_2$	211319,3106
$C_{18}H_{36}O_2$	213710,8666
H_2	-87660788,68
$C_{12}H_{26}$	122663,6058
$C_{14}H_{30}$	139164,016
$C_{15}H_{32}$	151007,3514
$C_{17}H_{34}$	173867,8867
CO	512220,0764
CO ₂	-4493739,582
H ₂ O	22513,09776

Sumber: Reklaitis, 1983

- **Tabel LB.2 Nilai Panas Pembentukan Komponen**

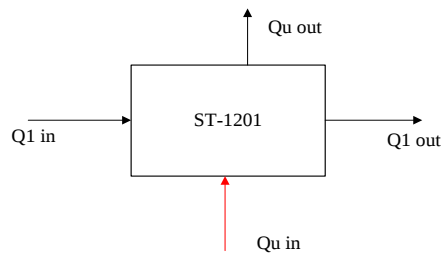
Komponen	ΔH_f^0
$C_{12}H_{24}O_2$	-642
$C_{14}H_{28}O_2$	-693,8
$C_{16}H_{32}O_2$	-737
$C_{18}H_{30}O_2$	-540
$C_{18}H_{34}O_2$	671,78
$C_{18}H_{36}O_2$	767
H_2	0
$C_{12}H_{26}$	-290,87
$C_{14}H_{30}$	-332,13
$C_{15}H_{32}$	-352,75
$C_{17}H_{34}$	-103,09
CO	-110,5
CO ₂	-393,5
H ₂ O	-240,56

Sumber Carl L. Yaws, 1999

Nilai data ΔH_f^0 untuk senyawa dapat diperoleh dari buku *Carl L. Yaws Chemical properties handbook* tahun 1999 hal 288.

1. Tangki Penyimpanan *Palm Fatty Acid Distillate*

Fungsi : Tempat penyimpanan *Palm Fatty Acid Distillate*



- **Aliran Panas Masuk (Q1 in)**

Q1 in

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

$$T_{in} = 35^{\circ}C = 308^{\circ}K$$

KOMPONEN	kmol	CP. dT (Kj/Kmol.K)	Q (KJ)
$C_{12}H_{24}O_2$	421,599	4008,060029	1689795,507
$C_{14}H_{28}O_2$	5046,54	5244,954954	26468897,17
$C_{16}H_{32}O_2$	556511	6514,516953	3625401278
$C_{18}H_{30}O_2$	108121	6071,263864	656432708,3
$C_{18}H_{34}O_2$	613032	6872,768413	4213225635
$C_{18}H_{36}O_2$	140538	6847,344728	962312377,7
TOTAL	948553,0692		

● **Aliran Panas Masuk (Q1 out)**

Q1 out

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

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

KOMPONEN	kmol	CP. dT (Kj/Kmol.K)	Q (KJ)
$\text{C}_{12}\text{H}_{24}\text{O}_2$	421,5994	6028,88508	2541774,037
$\text{C}_{14}\text{H}_{28}\text{O}_2$	5046,544	7889,12221	39812804,18
$\text{C}_{16}\text{H}_{32}\text{O}_2$	556511,1	9800,103626	5453866874
$\text{C}_{18}\text{H}_{30}\text{O}_2$	108121,3	9127,108522	986834487,9
$\text{C}_{18}\text{H}_{34}\text{O}_2$	613031,8	10331,63762	6333622474
$\text{C}_{18}\text{H}_{36}\text{O}_2$	140538	10301,34238	1447730423
TOTAL	1426440,884		

Beban Panas pada Tangki Penyimpanan PFAD (ST – 1201)

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

$$= 477887,8146 \text{ Kj/Jam}$$

Kebutuhan Udara Panas

$$T_{in} = 70^{\circ}\text{C} \quad (343 \text{ K})$$

$$T_{out} = 40^{\circ}\text{C} \quad (313 \text{ K})$$

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

$$CP = 906,2099757 \text{ Kj/Kmol}$$

jumlah udara panas yang dibutuhkan

$$n_s = \frac{\Delta Q}{\int C_p dT}$$

$$= \frac{477887,8146 \text{ Kj/Jam}}{906,209976 \text{ kJ/kmol}}$$

$$= 527,3477752 \text{ kmol/jam}$$

$$= 527,3477752 \text{ kmol/jam}$$

$$m_s = 15232,49879 \text{ kg/jam}$$

jumlah udara panas yang masuk (Qu in)

$$Q_{u \text{ in}} = n \times C_p \times dT$$

$$= 716062,9934 \text{ Kj}$$

jumlah udara panas yang keluar (Qu in)

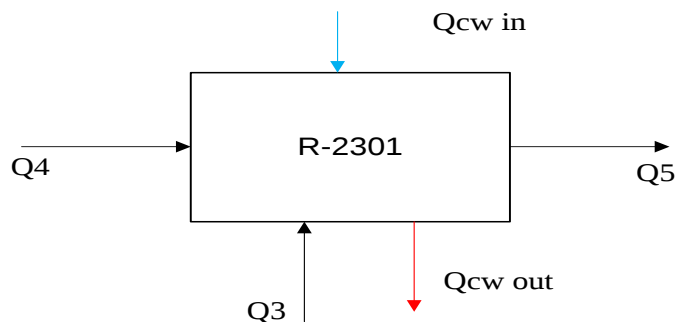
$$\begin{aligned} Q_{u \text{ out}} &= n \times C_p \times dT \\ &= 238175,1788 \text{Kj} \end{aligned}$$

Tabel LB.3 Neraca Energi Tangki penyimpanan PFAD (ST-1201)

Aliran	Masuk (Kj)	Keluar (Kj)
Q1 in	948553,0692	
Q1 out		1426440,884
Qu in	716062,9934	
Qu out		238175,1788
TOTAL	1664616,063	1664616,063

2. Reaktor Hidrogenasi (R-2301)

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



● Aliran Panas Masuk (Q4)

Q4

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

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

KOMPONEN	kmol	CP. dT (Kj/Kmol.K)	Q (KJ)
C ₁₂ H ₂₄ O ₂	421,599351	126111,1931	53168397
C ₁₄ H ₂₈ O ₂	5046,544232	163608,4834	8,26E+08
C ₁₆ H ₃₂ O ₂	556511,1434	203544,097	1,13E+11
C ₁₈ H ₃₀ O ₂	108121,2616	188149,4996	2,03E+10
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	613031,8064	211319,3106	1,3E+11
C ₁₈ H ₃₆ O ₂	140538,0357	213710,8666	3E+10
TOTAL	2940763,094		

- **Aliran Panas Masuk (Q3)**

Q3

T_{ref} = 25°C = 298 °K

T_{in} = 300°C = 303 °K

KOMPONEN	kmol	CP. dT (Kj/Kmol.K)	Q (KJ)
H ₂	457,0130378	-87660788,68	-4E+10
TOTAL	-400621,2333		

- **Aliran Panas Keluar (Q5)**

Q5

T_{ref} = 25°C = 298 °K

T_{in} = 300°C = 303 °K

KOMPONEN	kmol	CP. dT (Kj/Kmol.K)	Q (KJ)
C ₁₂ H ₂₄ O ₂	1,581E-05	126111,1931	1,993815
C ₁₄ H ₂₈ O ₂	0,000145618	163608,4834	23,82437
C ₁₆ H ₃₂ O ₂	0,012737529	203544,097	2592,649
C ₁₈ H ₃₀ O ₂	0,002098518	188149,4996	394,8352
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	0,011563147	211319,3106	2443,516
C ₁₈ H ₃₆ O ₂	0,002613656	213710,8666	558,5667
H ₂	263,4995944	-87660788,68	-2,3E+10
C ₁₂ H ₂₆	0,000526999	122663,6058	64,64362
C ₁₄ H ₃₀	0,000678711	139164,016	94,45216
C ₁₅ H ₃₂	1,436818543	151007,3514	216970,2
C ₁₇ H ₃₄	0,508177789	173867,8867	88355,8
CO	69,26758763	512220,0764	35480249
CO ₂	51,00384385	-4493739,582	-2,3E+08
H ₂ O	56,9704568	22513,09776	1282581
TOTAL	-232907,0592		

- **Menghitung Panas Reaksi**

Reaksi:



M	556511,1434 + 457,0130378					
B	556511,1306	+	193,5134	1,9449	+	69,267 + 56,9704 + 51,003
S	0,012737529		263,4996	1,9449	69,267	56,9704 51,003

$$\begin{aligned}\Delta H_R^\circ &= \Delta H_f^\circ \text{ produk} - \Delta H_f^\circ \text{ reaktan} \\ &= -31190,21973 - (-41014871) \\ &= 410106597,7 \text{ Kj}\end{aligned}$$

Qreaktan

komponen	kmol	CP	Q
RCOOCH ₃	556511,1434	203544,1	1,13275E+11
H ₂	457,0130378	-87660789	-4,0062E+10
TOTAL	73212434810		

Qproduk

komponen	kmol	CP	Q
C _n H _{2n}	1,944996332	151007,35	293708,7445
CO	69,26758763	512220,08	35480249,03
CO ₂	51,00384385	-4493739,6	-229197992
H ₂ O	56,9704568	22513,098	1282581,463
TOTAL	-192141452,7		

$$\begin{aligned}\Delta H_R &= \Delta H_R^\circ + (Q_{\text{produk}} - Q_{\text{reaktan}}) \\ &= 410106597,7 + (-73404576263) \\ &= -72994469665\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Q_r &= -\Delta H_R \\ &= 72994469665 \text{ Kj}\end{aligned}$$

Beban Panas pada Reaktor (ΔQ)

$$\begin{aligned}\Delta Q &= Q_{\text{out}} - Q_{\text{in}} \\ &= -10072495,89 \text{ Kj/Jam}\end{aligned}$$

Kebutuhan Air Pendingin

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

jumlah air pendingin yang dibutuhkan

$$\begin{aligned}n_s &= \frac{\Delta Q}{\int C_p dT} \\&= \frac{-10072495,89 \text{ Kj/Jam}}{-36443,30229 \text{ kJ/kmol}} \\&= 276,3881221 \text{ kmol/jam} \\m_s &= 4974,986199 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

jumlah air pendingin yang masuk (Qw in)

$$\begin{aligned}Q_w \text{ in} &= n \times C_p \times dT \\&= 1373522,166 \text{ Kj/jam}\end{aligned}$$

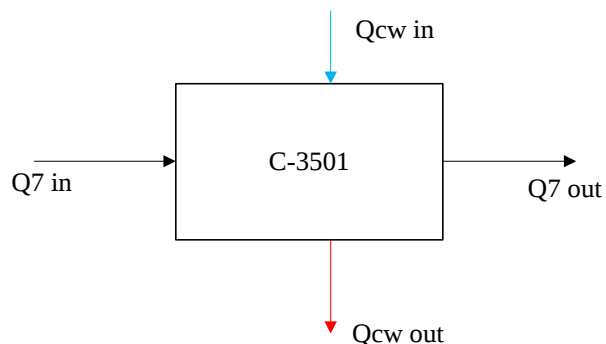
jumlah air pendingin yang keluar (Qw out)

$$\begin{aligned}Q_w \text{ out} &= n \times C_p \times dT \\&= 11446018,05 \text{ Kj/Jam}\end{aligned}$$

Tabel LB.4 Neraca Energi Reaktor (R-2301)

Aliran	masuk (Kj/jam)	keluar (Kj/jam)
Q4	2940763,094	
Q3	-400621,2333	
Q5		-232907,0592
Qreaksi	7299446,967	
Qcooler in	1373522,166	
Qcooler out		11446018,05
TOTAL	11213110,99	11213110,99

3. 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 ₁₂ H ₂₆	0,000448	36674,68382	16,41197
C ₁₈ H ₃₀ O ₂	0,004316	58462,25454	252,298
C ₁₄ H ₃₀	0,000483	42512,501	20,54757
C ₁₅ H ₃₂	1,554026	45828,74365	71219,07
C ₁₂ H ₂₄ O ₂	1,39E-05	38869,94176	0,539061
C ₁₄ H ₂₈ O ₂	0,000157	50815,74541	7,958141
C ₁₇ H ₃₄	43845,21	53111,38865	2,33E+09
C ₁₆ H ₃₂ O ₂	22116,19	63233,95341	1,4E+09
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	1800,731	66110,95393	1,19E+08
C ₁₈ H ₃₆ O ₂	26597,45	66510,73754	1,77E+09
H ₂ O	20,19958	7007,668311	141552
TOTAL	5615451,088		

● **Aliran Panas Keluar (Q7 out)**

Q7 out

Tref = 25°C = 298 °K

Tin = 40°C = 313 °K

KOMPONEN	kmol	CP. dT (Kj/Kmol.K)	Q (KJ)
C ₁₂ H ₂₆	0,000448	5691,057107	2,546756
C ₁₈ H ₃₀ O ₂	0,004316	9127,108522	39,38868
C ₁₄ H ₃₀	0,000483	6618,669263	3,199002
C ₁₅ H ₃₂	1,554026	7106,621739	11043,88
C ₁₂ H ₂₄ O ₂	1,39E-05	6028,88508	0,083611
C ₁₄ H ₂₈ O ₂	0,000157	7889,12221	1,235498

C ₁₇ H ₃₄	43845,21	8239,954797	3,61E+08
C ₁₆ H ₃₂ O ₂	22116,19	9800,103626	2,17E+08
C ₁₈ H ₃₄ O ₂	1800,731	10331,63762	18604500
C ₁₈ H ₃₆ O ₂	26597,45	10301,34238	2,74E+08
H ₂ O	20,19958	1131,035968	22846,45
TOTAL	870651,3536		

Beban Panas pada cooler (C – 3501)

$$\begin{aligned}\Delta Q &= Q_{out} - Q_{in} \\ &= -4744799,734 \text{Kj/Jam}\end{aligned}$$

Kebutuhan Air Pendingin

$$\begin{aligned}T_{in} &= 28^0 \text{ C} & (301 \text{ K}) \\ T_{out} &= 50^0 \text{ C} & (323 \text{ K}) \\ T_{ref} &= 25^0 \text{ C} & (298,1 \text{ K})\end{aligned}$$

jumlah air pendingin yang dibutuhkan

$$\begin{aligned}n_s &= \frac{\Delta Q}{\int C_p dT} \\ &= \frac{-4744799,734 \text{Kj/Jam}}{-36443,30229 \text{kJ/kmol}} \\ &= 130,1967559 \text{ kmol/jam} \\ m_s &= 2343,541607 \text{kg/jam}\end{aligned}$$

jumlah air pendingin yang masuk (Qw in)

$$\begin{aligned}Q_w \text{ in} &= n \times C_p \times dT \\ &= 647018,1456 \text{Kj/jam}\end{aligned}$$

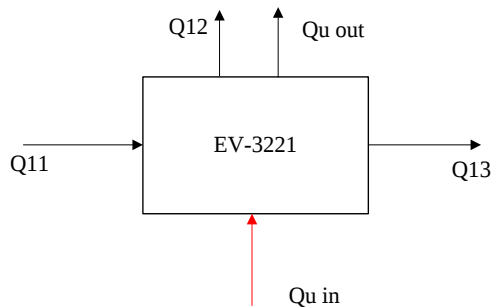
jumlah air pendingin yang keluar (Qw out)

$$\begin{aligned}Q_w \text{ out} &= n \times C_p \times dT \\ &= 5391817,88 \text{Kj/Jam}\end{aligned}$$

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

Aliran	masuk (kj/jam)	keluar (kj/jam)
Q7 in	5615451,088	
Q7 out		870651,3536
Qcw in	647018,1456	
Qcw out		5391817,88
TOTAL	6262469,234	6262469,234

4. Evaporator (EV-3221)



- Aliran Panas Masuk (Q11)**

Q11

Tref = 25°C = 298 °K

Tin = 30°C = 303 °K

KOMPONEN	kmol	CP. dT (Kj/Kmol.K)	Q (KJ)
H ₂ O	0,201971838	377,5027992	76,24493
C ₁₅ H ₃₂	1,422205002	2356,154121	3350,934
C ₁₇ H ₃₄	46684,07396	2732,024927	1,28E+08
TOTAL	1275,45481		

- Aliran Panas Keluar (Q12)**

Q12

Tref = 25°C = 298 °K

Tout = 115°C = 388 °K

KOMPONEN	kmol	CP. dT (Kj/Kmol.K)	Q (KJ)
H ₂ O	0,195912683	3051,469635	597,8216
TOTAL	0,005978216		

● **Aliran Panas Keluar (Q13)**

Q13

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

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

KOMPONEN	kmol	CP. dT (Kj/Kmol.K)	Q (KJ)
H ₂ O	0,006059155	6779,453374	41,07776
C ₁₅ H ₃₂	1,422205002	44284,67643	62981,89
C ₁₇ H ₃₄	46684,07396	51323,5346	2,4E+09
TOTAL	23960,54708		

Beban Panas pada Evaporator (EV – 3221)

$$\begin{aligned}\Delta Q &= Q_{out} - Q_{in} \\ &= 22685,09825 \text{ Kj/Jam}\end{aligned}$$

Kebutuhan Udara Panas

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

jumlah udara panas yang dibutuhkan

$$\begin{aligned}n_s &= \frac{\Delta Q}{\int C_p dT} \\ &= \frac{22685,09825 \text{ Kj/Jam}}{152,4957695 \text{ kJ/kmol}} \\ &= 148,7588693 \text{ kmol/jam} \\ m_s &= 4404,857162 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

jumlah udara panas yang masuk (Qu in)

$$\begin{aligned}Q_{u \text{ in}} &= n \times C_p \times dT \\ &= 428039,6534 \text{ Kj}\end{aligned}$$

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

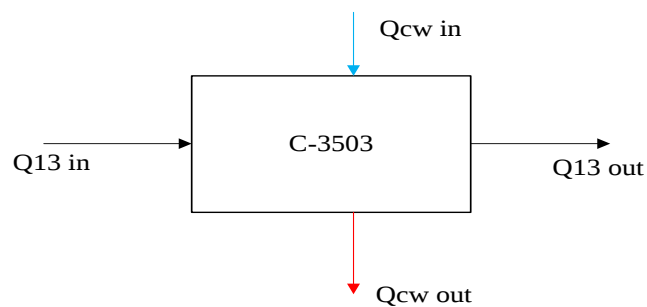
$$Q_{u \text{ out}} = n \times C_p \times dT$$

$$= 405354,5552 \text{ Kj}$$

Tabel LB.6 Neraca Evaporator (EV-3221)

Aliran	Masuk (Kj/jam)	Keluar (Kj/jam)
Q11	1275,45481	
Q12		0,005978216
Q13		23960,54708
$Q_{u \text{ in}}$	428039,6534	
$Q_{u \text{ out}}$		405354,5552
TOTAL	429315,1083	429315,1083

5. Cooler (C-3503)



● Aliran Panas Masuk (Q13 in)

$Q_{13 \text{ in}}$

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

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

KOMPONEN	kmol	CP. dT (Kj/Kmol.K)	Q (KJ)
$\text{C}_{15}\text{H}_{32}$	1,422205002	44284,67643	62981,88835
$\text{C}_{17}\text{H}_{34}$	46684,07396	51323,5346	2395991685
TOTAL	239605466,7		

● **Aliran Panas Keluar (Q13 out)**

Q13 in

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

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

KOMPONEN	kmol	CP. dT (Kj/Kmol.K)	Q (KJ)
C ₁₅ H ₃₂	1,422205002	2356,154121	3350,934
C ₁₇ H ₃₄	46684,07396	51323,5346	2,4E+09
TOTAL	239599503,6		

Beban Panas pada cooler (C – 3503)

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

$$= -5963,095417 \text{ Kj/Jam}$$

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

$$n_s = \frac{\Delta Q}{\int C_p dT}$$

$$= 0,163626649 \text{ kmol/jam}$$

$$m_s = 2,945279674 \text{ kg/jam}$$

jumlah air pendingin yang masuk (Qw in)

$$Q_{w \text{ in}} = n \times C_p \times dT$$

$$= 813,149375 \text{ Kj/jam}$$

jumlah air pendingin yang keluar (Qw out)

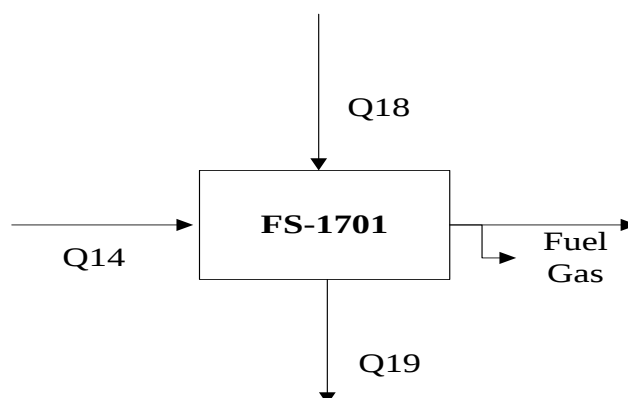
$$Q_{w \text{ out}} = n \times C_p \times dT$$

$$= 6776,244792 \text{ Kj/Jam}$$

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

Aliran	Masuk (Kj/jam)	Keluar (Kj/jam)
Q13 in	239605,4667	
Q13 out		239599,5036
Qcw in	0,813149375	
Qcw out		6,776244792
TOTAL	239606,2799	239606,2799

6. Furnace (FS-1701)



Kondisi operasi di Furnace dapat dilihat sebagai berikut :

- T_{in} di Q14 : 30°C
- T_{out} di Qr : 800°C

Komposisi Panas umpan masuk dapat dilihat pada tabel **LB.8**

Tabel LB.8 Komposisi Panas umpan Masuk (F_1)

Komponen	Massa		Cp	T ₁	T ₂	Q
	(Kg/jam)	%	(KJ/Kg.K)	(K)	(K)	(KJ)
C	46,30171402	63,160%	1,026	303	298	237,53
H ₂	3,364858519	4,590%	0,654	303	298	11,00
O ₂	8,298538262	11,320%	0,134	303	298	5,56
S	0,586477758	0,800%	3,748	303	298	10,99
Ash	8,31317987	11,340%	4,687	303	298	194,82
N ₂	0,777089808	1,060%	0,423	303	298	1,64
H ₂ O	5,66677694	7,730%	4,038	303	298	114,41
TOTAL	73,30863518	100,00%				575,96

➤ **Panas Reaksi**



Komposisi massa masuk :

komponen	massa (kg/jam)	BM	mol (kmol/am)	A	B	C	D	E	T ₂	T ₁	Q (J/jam)	Q (kJ/jam)
C	46,30171402	12	3,858476169	-0,832	3,48E-02	1,32E-05	0	0	303	298	-2,691422	-2,6914228
O ₂	123,4712374	32	3,858476169	29,526	8,90E-03	3,81E-05	3,2629E-08	8,8607E-12	303	298	568,6886216	568,6886216

Komposisi massa keluar :

komponen	massa (kg/jam)	BM	mol (kmol/am)	A	B	C	D	E	T ₂	T ₁	Q (J/jam)	Q (kJ/jam)
CO ₂	169,7729514	12	14,14774595	27,437	4,23E-02	1,96E-05	4,00E-09	-2,99E-13	1073,15	298	524937,5013	524937,5013

Perhitungan Panas Reaksi :

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

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

Diketahui :

$$\Delta H_f^o \text{ C} = 0$$

$$\Delta H_f^o \text{ O}_2 = 0$$

$$\Delta H_f^o \text{ CO}_2 = -393,509 \text{ KJ}$$

(Sumber : Smith Van Ness Hal 652 Tabel C4)

$$\Delta H_R^o = 393,509 \text{ KJ}$$

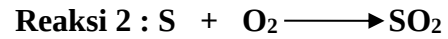
$$\Delta H_{R1} = \Delta H_R^o + (\Delta H \text{ produk} - \Delta H \text{ reaktan})$$

$$\Delta H_{R1} = 393,509 \text{ KJ} + 524371,5041$$

$$\Delta H_{R1} = 524765,0131 \text{ KJ}$$

$$Q_{r1} = -\Delta H_R$$

$$= -524765,0131 \text{ KJ}$$



Komposisi massa masuk :

Komponen	massa (kg/jam)	BM	mol (kmol/am)	A	B	C	D	E	T ₂	T ₁	Q (J/jam)	Q (kJ/jam)
S	0,586477758	32	0,01832743	2,003	1,20E-01	1,62E-04	0	0	303	298	0,056629378	0,056629378
O ₂	0,586477758	32	0,01832743	29,526	8,90E-03	3,81E-05	3,2629E-08	8,8607E-12	303	298	2,70122204	2,70122204

Komposisi massa keluar :

Komponen	massa (kg/jam)	BM	mol (kmol/am)	A	B	C	D	E	T ₂	T ₁	Q (J/jam)	Q (kJ/jam)
SO ₂	1,172955516	64	0,01832743	29,637	3,47E-02	9,29E-06	-2,99E-08	1,09E-11	1073,15	298	704,4233327	704,4233327

Perhitungan Panas Reaksi :

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

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

Diketahui :

$$\Delta H_f^o \text{ S} = 0$$

$$\Delta H_f^o \text{ O}_2 = 0$$

$$\Delta H_f^o \text{ SO}_2 = -296,830 \text{ KJ}$$

(Sumber : Smith Van Ness Hal 652 Tabel C4)

$$\Delta H_R^o = 296,83 \text{ KJ}$$

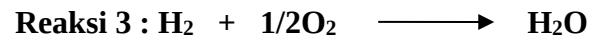
$$\Delta H_{R2} = \Delta H_R^o + (\Delta H_{produk} - \Delta H_{reaktan})$$

$$\Delta H_{R2} = 296,83 \text{ KJ} + (701,6654813 \text{ KJ})$$

$$\Delta H_{R2} = 998,4954813 \text{ KJ}$$

$$Q_{R2} = -\Delta H_R$$

$$= -998,4954813 \text{ KJ}$$



Komposisi massa masuk :

Komponen	massa (kg/jam)	BM	mol (kmol/am)	A	B	C	D	E	T ₂	T ₁	Q (J/jam)	Q (kJ/jam)
H ₂	3,364858519	2	1,682429259	2,003	1,20E-01	1,62E-04	0	0	303	298	5,198487864	5,198487864
O ₂	26,91886815	32	0,84121463	29,526	8,90E-03	3,81E-05	3,2629E-08	8,8607E-12	303	298	123,9839686	123,9839686

Komposisi massa keluar :

Komponen	massa (kg/jam)	BM	mol (kmol/am)	A	B	C	D	E	T ₂	T ₁	Q (J/jam)	Q (kJ/jam)
H ₂ O	30,28372667	18	1,682429259	27,437	4,23E-02	-1,96E-05	4,00E-09	-2,99E-13	1073,15	298	62424,8	62424,8

Perhitungan Panas Reaksi :

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

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

Diketahui :

$$\Delta H_f^o \text{ H} = 0$$

$$\Delta H_f^o \text{ O}_2 = 0$$

$$\Delta H_f^o \text{ H}_2\text{O} = -285,830 \text{ KJ}$$

(Sumber : Smith Van Ness Hal 652 Tabel C4)

$$\Delta H_R^o = 285,83 \text{ KJ}$$

$$\Delta H_{R3} = \Delta H_R^o + (\Delta H_{produk} - \Delta H_{reaktan})$$

$$\Delta H_{R3} = 285,83 \text{ KJ} + (62295,61754 \text{ KJ})$$

$$\Delta H_{R3} = 62581,44754 \text{ KJ}$$

$$Q_{r3} = -\Delta H_R$$

$$= -62581,44754 \text{ KJ}$$

$$Q_{r \text{ Total}} = Q_{R1} + Q_{R2} + Q_{R3}$$

$$Q_{r \text{ Total}} = -588344,9561 \text{ KJ}$$

Menghitung panas laten H₂O dalam udara :

harga hf dan hg (Tabel Temperatur Termodinamika Teknik 1 hal, 114)

$$h_f = 125,79 \text{ KJ/kg}$$

$$h_g = 255,6 \text{ KJ/kg}$$

$$Q_{\text{laten}} = m \times (h_g - h_f)$$

$$= 438,2497841 \text{ kg} \times (129,81 \text{ KJ/kg})$$

$$= 56889,20447 \text{ KJ}$$

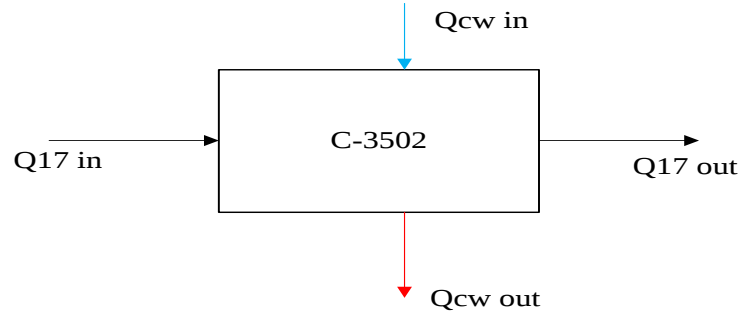
$$Q_r = Q_{r \text{ total}} + Q_{r \text{ laten}}$$

$$Q_r = 53249,55571 \text{ KJ}$$

Tabel LB.9 Neraca Energi Furnace (FS-1701)

Aliran	Simbol	Q Masuk (kJ/jam)	Q Keluar (kJ/jam)
Panas yang di bawa oleh umpan fine coal	Q16	83,35	
Udara	Q17	650,58	
panas reaksi	Qr		532,4955571
gas panas yang di bawa ke reaktor	Q18		201,43
Total		733,93	733,93

7. Cooler (C-3502)



- **Aliran Panas Masuk (Q17 in)**

Q17 in

Tref = 25°C = 298 °K

Tin = 800°C = 1073 °K

KOMPONEN	kmol	CP. dT (Kj/Kmol.K)	Q (KJ)
O ₂	0,089173778	3,104987555	0,276883
Ash :		0	0
· SiO ₂	0,047634521	25,47664632	1,213568
· Al ₂ O ₃	0,016129199	0	0
· Fe ₂ O ₃	0,001626266	-0,198417558	-0,00032
· CaO	0,061858965	1,912357888	0,118296
· MgO	0,002140644	7,807800156	0,016714
CO ₂	3,858476169	23,91747677	92,28501
N ₂	39,10543153	0,970766349	37,96224
H ₂ O	1,997250201	3,397239399	6,785137
SO ₂	0,01832743	23,41527593	0,429142
TOTAL	139,0866688		

- **Aliran Panas Keluar (Q17 out)**

Q17 out

Tref = 25°C = 298 °K

Tin = 120°C = 393 °K

KOMPONEN	kmol	CP. dT (Kj/Kmol.K)	Q (KJ)
O ₂	0,089173778	0,067511639	0,00602

Ash :	0	0	0
· SiO ₂	0,047634521	3,687664628	0,17566
· Al ₂ O ₃	0,016129199	0	0
· Fe ₂ O ₃	0,001626266	-0,01075068	-1,7E-05
· CaO	0,061858965	0,359661934	0,022248
· MgO	0,002140644	1,120167661	0,002398
CO ₂	3,858476169	3,422498466	13,20563
N ₂	39,10543153	-0,052942889	-2,07035
H ₂ O	1,997250201	-0,006845102	-0,01367
SO ₂	0,01832743	3,307381001	0,060616
TOTAL	11,38852777		

Beban Panas pada cooler (C – 3502)

$$\begin{aligned}\Delta Q &= Q_{out} - Q_{in} \\ &= -127,6981411 \text{Kj/Jam}\end{aligned}$$

Kebutuhan Air Pendingin

$$\begin{aligned}T_{in} &= 28^0 \text{ C} & (301 \text{ K}) \\ T_{out} &= 50^0 \text{ C} & (323 \text{ K}) \\ T_{ref} &= 25^0 \text{ C} & (298,1 \text{ K})\end{aligned}$$

jumlah air pendingin yang dibutuhkan

$$\begin{aligned}n_s &= \frac{\Delta Q}{\int C_p dT} \\ &= 0,003504022 \text{ kmol/jam} \\ m_s &= 0,0630724 \text{ Kg/jam}\end{aligned}$$

jumlah air pendingin yang masuk (Qw in)

$$\begin{aligned}Q_{w \text{ in}} &= n \times C_p \times dT \\ &= 17,413382877 \text{Kj/jam}\end{aligned}$$

jumlah air pendingin yang keluar (Qw out)

$$\begin{aligned}Q_{w \text{ out}} &= n \times C_p \times dT \\ &= 145,1115239 \text{ Kj/Jam}\end{aligned}$$

Tabel LB.9 Neraca Energi Cooler (C-3502)

Aliran	Masuk (Kj/jam)	Keluar (Kj/jam)
Qudara panas in	46,87442721	
Qudara panas out		13,37341317
Qcw in	4,568320097	
Qcw out		38,06933415
TOTAL	51,44274731	51,44274731

LAMPIRAN C

SPESIFIKASI PERALATAN PROSES DAN UTILITAS

A. Spesifikasi Alat Proses

1. Reaktor (R-2501)

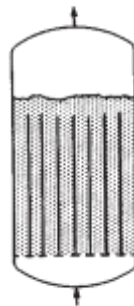
Fungsi : Tempat mereaksikan PFAD dan Hidrogen

Tipe : Fix Bed Reaktor

Bahan : *Low Alloy Steel*

Jumlah : 1 unit

Gambar :



(a)

Data :

- Laju alir Umpan : 5255,7629kg/jam
- Laju alir gas : 914,03kg/jam
- Densitas H₂ : 89,88kg/m³
- Densitas Umpan : 886 kg/m³
- Temperatur : 300 °C
- Tekanan : 1 atm
- R : 8,314 kj/kmol.K
- Waktu reaksi : 20 menit

Kapasitas Tangki, V_t

- 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 Reaktor

untuk menentukan besarnya reaktor maka dipakai pendekatan PFR (Plug Flow Reactor)

$$\begin{aligned} V_r &= V \times \tau \\ &= 16,10378778 \text{m}^3/\text{jam} \times 0,3 \\ &= 4,831136333 \text{m}^3 \end{aligned}$$

Faktor keamanan 20%

$$\begin{aligned} &= 4,831136333 \text{m}^3 / 0,8 \\ &= 6,038920417 \text{m}^3 \end{aligned}$$

- 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

$$\boxed{\frac{\pi}{24} \times D_s^3}$$

- Diameter tangki, D_t

$$\begin{aligned} D_t^3 &= \frac{24 \times V_c}{10 \times \pi} \\ &= 1,398707682 \text{ m} \end{aligned}$$

- **Tinggi tangki, H_t**

Tinggi silinder, H_s

$$H_s = 1,5 D_t = 2,098061523 \text{ m}$$

Tinggi Elipsoidol, H_e

$$H_e = 0,25 D_t = 0,34967692 \text{ m}$$

Tinggi total tangki, H_t

$$\begin{aligned} H_t &= H_s + 2 H_e \\ &= 2,797415364 \text{ m} \end{aligned}$$

- **Tinggi Cairan, H_c**

$$H_c = \frac{\text{Volume Cairan}}{\text{Volume Tangki}} \times H_t$$

$$H_c = 2,062 \text{ m}$$

- **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
- Jari-jari tangki, R : 27,53356072 in
- Allowable stress, S : 13700 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

$\frac{PR}{SE - 0.6P} + C$

Maka,

$$Td = 1,0733803 \text{ in}$$

$$= 0,027263915 \text{ m}$$

- **Tebal tutup Elipsoidal, t_e**

$$t_h = \frac{PR}{2SE - 0,2P} + C$$

$$Te = 0,726428905 \text{ in}$$

$$= 0,018451331 \text{ m}$$

- **Design Pendingin**

Jumlah air pendingin : 4.974,99 Kg/jam

Beban Pendingin : 10072496Kj/Jam

T *in* : 300 °C

T Pendingin : 28 °C

Ud : 500 Btu/jam Ft² °F

Densitas : 1000 Kg/m³

ΔT : 489 °F

Luas perpindahan panas

$$A = \frac{Q}{U_d \Delta T}$$

$$A = 221 \text{ Ft}^2$$

Volume Air pemanas

$$V_s = \frac{m}{\rho}$$

$$= 4,97 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Diameter (reaktor+jaket) (D1)

D1 = Diameter tangki + (2 x tebal dinding elipsoidal)

$$= 55,06712144 \text{ in}$$

$$= 1,398704885 \text{ m}$$

Jarak jaket = 5 in

Tinggi jaket, Tj

Tj = Hc + (2*tebal elipsoidal) + (2* jarak jaket)

$$= 91,20772029 \text{ in}$$

$$= 2,316676095 \text{ m}$$

Diameter Jaket, Dj

Diameter luar jaket (D2) = Diameter tangki + (2 xtebal dinding elipsoidal)

$$= 65,06712144 \text{ in}$$

$$= 1,652704885 \text{ m}$$

- **Tekanan Hidrostatik, P_H**

$$P_H = \rho \cdot g \cdot h_c$$

$$P_c = 22717,32579 \text{ N/m}^2$$

$$= 0,224202574 \text{ atm}$$

$$= 3,295777835 \text{ psi}$$

- **Tekanan Disain, P_d**

$$P_d = P_{op} + P_c$$

$$= 30 \text{ atm} + 0,22 \text{ atm}$$

$$= 30,22420257 \text{ atm}$$

- **Tebal dinding Jaket**

$$t_d = \frac{PR}{SE - 0.6P} + C \quad (Walas, Tabel 18.3, hal 625)$$

Tekanan desain, P : 30,22atm = 444,295psi

- Jari-jari tangki, R : 32,5335607in
- Allowable stress, S : 13700 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

$$t_e = 1,2703451 \text{ in}$$

$$= 0,032266831 \text{ m}$$

$$\text{Luas daerah laluan pendingin (A)} = \pi/4 \times (D_2^2 - D_1^2)$$

$$= 0,608420594 \text{ m}$$

$$= 0,015453914 \text{ in}$$

- **Kebutuhan Katalis**

$$\text{Pori volume katalis} = 0,862 \text{ cm}^3/\text{g}$$

$$\text{Kebutuhan Katalis} = 146,5493729 \text{ kg}$$

- **Ukuran dan jumlah tube**

Dp/Dt	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3
hw/h	5,5	7,0	7,8	7,5	7,0	6,6

$$D_p/D_t = 0,15$$

$$D_t = 5,746666 \text{ cm}$$

$$= 2,62 \text{ in}$$

Dari tabel 11 kern dipilih pipa dengan spesifikasi

Nominal pipe size, in.	Outside diameter, in.	Schedule no.	Wall thickness, in.	Inside diameter, in.	Cross- sectional area of metal, in. ²	Inside sectional area, ft ²	Circumference, ft or surface, ft ² /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	0.02947	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

NPS = 3 in

Sch No = 40

OD = 3,5 in

ID = 3,06 in

a'' = 2,228 in²

Surface per in f = 0,916 ft²/ft

Ao = 308,73 cm²

Aliran dalam pipa turbulen dipilih NRe = 4500 (DQ KERN)

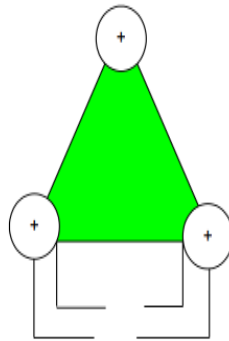
Π_g (viskositas umpan gas masuk reaktor) = 0,000137 Kg/m.jam

G (laju alir massa gas dalam ke reaktor) = 914,03 Kg/jam

Gt (massa tampung pipa) = 0,107279 Kg/m².jam

Susunan pipa yang digunakan yaitu Tringular

Direncanakan tube disusun dengan pola *triangular pitch*.



Maka, banyak tube yang digunakan

$$\begin{aligned} A_t &= G/G_t \\ &= 8520,0376 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_t &= A_t/A_o \\ &= 28 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_T &= 1,25 \times O_{dt} \\ &= 4,375 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C' &= P_T - O_{dt} \\ &= 0,878 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I D_s &= \sqrt{\frac{4 \cdot N_t \cdot P_T^2 \cdot 0,866}{\pi}} \\ &= 24,139791 \text{ in} \\ &= 613,15070 \text{ mm} \\ &= 0,6131507 \text{ m} \end{aligned}$$

2. Tangki Penampungan PFAD (ST-1201)

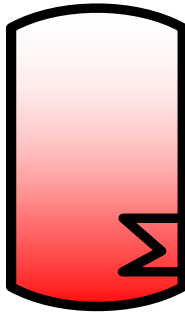
Fungsi : Tempat penyimpanan PFAD

Tipe : Silinder vertikal dengan alas datar dan tutup Elipsoidal

Bahan : *Stainless Steel 316* (SA-240)

Jumlah : 1 unit

Gambar :



Data :

- Laju alir Umpan : 5255,7629 kg/jam
- Densitas Umpan : 882,3012 kg/m³
- Temperatur : 40 °C
- Tekanan : 1 atm

Kapasitas Tangki, V_t

Lama penyimpanan = 1 hari = 24 jam

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{m}{\rho} \times t \\ &= \frac{5255,7629}{882,3012} \times 24 \text{ jam} \\ &= 142,97 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Faktor keamanan 10 % (rule of thumb)

Maka,

$$\begin{aligned} V_t &= \frac{V_c}{0,9} \\ &= \frac{142,9}{0,9} \\ &= 158,85 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

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_t**

$$D_t^3 = \frac{24 \times V_c}{10 \times \pi}$$

$$= 4,95\text{m}$$

$$= 194,95\text{in}$$

- **Tinggi tangki, H_t**

Tinggi silinder, H_s

$$H_s = 1,5 D_t = 7,43\text{m}$$

Tinggi Elipsoidol, H_e

$$H_e = 1/4 D_t = 1,24\text{m}$$

Tinggi total tangki, H_t

$$H_t = H_s + H_e$$

$$= 7,43\text{m} + 1,24\text{m}$$

$$= 8,67\text{m}$$

- **Tinggi Cairan, H_c**

$$H_c = \frac{\text{Volume Cairan}}{\text{Volume Tangki}} \times H_t$$

$$H_c = 6,68\text{m}$$

- **Tekanan Cairan, P_c**

$$P_c = \rho \cdot g \cdot h_c$$

$$P_c = 0,57\text{atm}$$

$$= 8,39\text{psi}$$

- **Tekanan Disain, P_d**

$$P_d = P_{op} + P_c$$

$$= 1\text{ atm} + 0,57\text{ atm}$$

$$= 1,57\text{ atm}$$

$$= 23,08\text{psi}$$

- **Tebal dinding tangki, t_d**

$$t_d = \frac{PR}{SE - 0.6P} + C \quad (\text{Walas, Tabel 18.3, hal 625})$$

- Tekanan desain, P : 1,57 atm = 23,08 psi
 - Jari-jari tangki, R : 2,48m
- Allowable stress, S : 13700 psi (Peter, Tabel 4 Hal 538)
- Efisiensi pengelasan, E : 0,85 (Peter, Tabel 4 Hal 538)
 - Faktor korosi yang diizinkan : 0,002in/thn (Perry's Tabel 23-2)
- Tahun digunakan : 10 tahun

$$\frac{PR}{SE - 0.6P} + C$$

Maka,

$$Td = 0,2135 \text{ in}$$

$$= 0,0054\text{m}$$

• **Tebal tutup Elipsoidal, t_e**

$$t_h = \frac{PR}{2SE - 0,2P} + C$$

$$Te = 0,2133\text{in}$$

$$= 0,0054\text{m}$$

• **Design Pemanas**

$$\text{Jumlah air pemanas} : 15232,49879\text{Kg/Jam}$$

$$\text{Beban Pemanas} : 477888\text{Kj/Jam}$$

$$T_{in} : 95 \text{ F}$$

$$T_{\text{Pemanas}} : 122 \text{ F}$$

$$U_d : 100 \text{ W/m}^2\text{C} = 17,6 \text{ Btu/jam Ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$\text{Densitas} : 20,33323057 \text{ Kg/m}^3$$

$$\Delta T : 27 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Luas perpindahan panas

$$A = \frac{Q}{U_d \Delta T}$$

$$A = 952,36 \text{ Ft}^2$$

Volume Air pemanas

$$V_s = \frac{m}{\rho}$$

$$= 749,1431 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Diameter Coil, Dc

$$Dc = 0,7Dt$$

$$= 3,47\text{m}$$

$$= 11,3692 \text{ in}$$

Diameter dalam Coil

$$ID = 0,0035 Dt$$

$$= 0,02 \text{ m}$$

$$= 0,682322764\text{in}$$

Diambil OD tube 3/4 in

<i>Exteral Surface</i>	0,1963 ft ² /ft
------------------------	----------------------------

Flow area per tube	0,334 in ²
--------------------	-----------------------

Tebal dinding	0,0490 in
---------------	-----------

Keliling Lilitan

$$\pi \times Dc \times \textit{Exteral Surface}$$

$$= 7,007744075 \text{ ft}^2$$

Jumlah Lilitan

$$N = \frac{A}{\textit{Keliling Lilitan}}$$

$$= 136 \text{ Lilitan}$$

Panjnag Coil

$$L = N \times \textit{External Surface}$$

$$= 26,68 \text{ ft}$$

$$= 8,10 \text{ m}$$

3. Flash Drum (FD-3201)

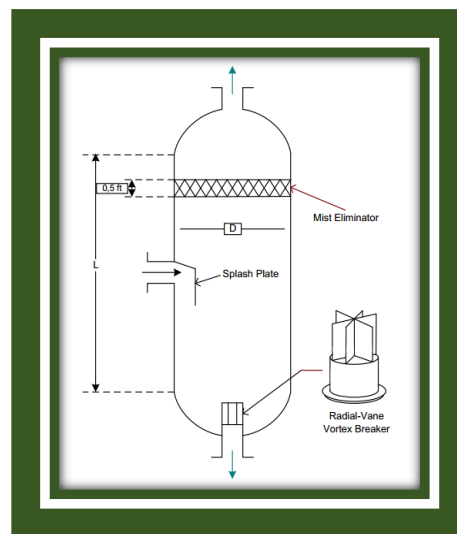
Fungsi : Untuk pemisahan fasa gas dari fasa cair

Tipe : Silinder vertikal dengan alas elipsoidal

Bahan : *Low High Alloy*

Jumlah : 1 unit

Gambar :



Temperatur : 118°C

Tekanan Operasi : 1 atm

Laju Alir massa : 5481 Kg/jam

Densitas Gas : 0,1779 Kg/m³

Densitas *Liquid* : 839,5682 Kg/m³

Laju Alir gas : 4676 Kg/jam

- **Kecepatan Maksimum Gas (V_t)**

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

$$= 20,6076966 \text{ ft/s}$$

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

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

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

$$= 2190,2912 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 0,608414236 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

- **Area Vessel (A_t)**

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

$$= 0,121107996 \text{ m}^2$$

- **Diameter Vessel (D)**

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

$$= 0,077138851 \text{ m}$$

$$= 3,036956573 \text{ in}$$

- **Laju alir Volumetrik *Liquid***

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

$$= 6,5281 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$V_o = 6,5281 \text{ m}^3/\text{jam} \times 0,083333333$$

$$= 0,544008999 \text{ m}^3$$

$$V_o \text{ Total} = 2190,8353 \text{ m}^3$$

Faktor keamanan 20%

$$V_o = 2190,8353 \text{ m}^3 / 0,8$$

$$= 2738,544072 \text{ m}^3$$

- **Diameter Vessel**

$$D = \pi r^2 = \left(\pi \frac{D}{2} \right)^2 = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}$$

$$D = 0,077119702\text{m}$$

$$D = 3,036202672\text{in}$$

- **Tebal dinding tangki, t_d**

$$t_d = \frac{PR}{SE - 0.6P} + C \quad (\text{Walas, Tabel 18.3, hal 625})$$

Diameter : 0,077119702 m

Tekanan Operasi : 1 atm

Allowable stress (S) : 13700 psi

Join Effisiensi (E) : 0,85

Corrosion Allowence (C) : 0,002 in/tahun

- **Volume Vessel**

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

$$= 0,001080157\text{m}^3$$

- **Volume Ellipsoidol**

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

$$= 0,038559851\text{m}$$

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

$$= 0,000229333\text{m}^3$$

- **Tebal Vessel**

TABLE 18.4. Formulas for Design of Vessels under Internal Pressure^a

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 (c)	PLM	$2SEt$	$P(LM + 0.2t)$	$M = 3 + (L/r)^{1/2}$



$$t_v = \frac{PR}{(SE) - (0,6 \times P)} + C$$

$$= 0,020001237 \text{ in}$$

$$= 0,000508032 \text{ m}$$

- **Tebal Elipsoidol**

$$t = \frac{PD}{2SE - 0,2P} + C$$

$$= 0,020001236 \text{ in}$$

$$= 0,000508 \text{ m}$$

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/m³
 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 x n² x 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		*
	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

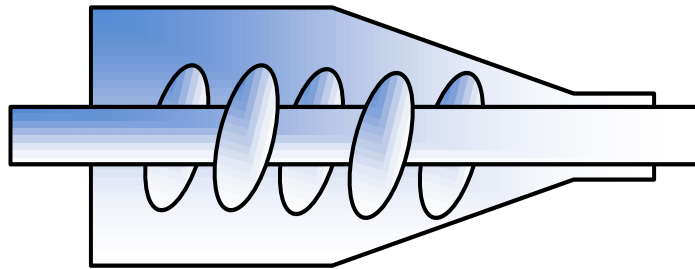
5. Dekanter Centrifuge (CTF-3242)

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	ρ ave	laju alir volumetrik (m3/h)
H2O	18	363,5493083	20,19718	0,000460474	997	0,459092292	0,364643238
C12H26	200	0,089489647	0,000447	1,02013E-08	950	9,69126E-06	9,41996E-05
C14H30	278	0,134349806	0,000483	1,10181E-08	764	8,41782E-06	0,000175851
C15H32	196	304,5529904	1,553842	3,54259E-05	769	0,027242513	0,396037699
C17H34	256	11223040	43840	0,999504079	777	776,6146695	14444,06693
Total		11223,70833	43861,75	1		777,1010224	14444,82788

Lapisan atas Dekanter

Komponen	BM	Laju Alir (Kg/jam)	n (kmol)	Fraksi Mol	Densitas	ρ ave	laju alir volumetrik (m3/h)
C15H32	196	301,5074605	1,553842	3,54422E-05	769	0,027255064	0,396037699
C17H34	256	11110809,6	43840	0,999964558	777	776,9724614	14444,06693
		11111,11111	43841,55	1		776,9997165	14444,46297

$$\rho_{ave} = \sum X_i \cdot \rho_i$$

$$= 48,5080923 \text{ lb/ft}^3$$

$$\mu_{ave} = 0,0328(\rho)^{1/2}$$

$$= 0,795532714 \text{ cp}$$

$$= 0,805874639 \text{ Bar}$$

Lapsan Bawah Dekanter

Komponen	BM	Laju Alir (Kg/jam)	n (kmol)	Fraksi Mol	Densitas	ρ ave	laju alir volumetrik (m ³ /h)
H ₂ O	18	359,9138152	19,99521	0,999977605	997	996,977672	0,360996806
C ₁₂ H ₂₆	200	0,08859475	0,000443	2,21535E-05	950	0,02104582	9,32576E-05
C ₁₄ H ₃₀	278	0,001343498	4,83E-06	2,41689E-07	764	0,00018465	1,75851E-06
Total		360,0037534	19,99566	1		996,9989025	0,361091822

$$\rho_{ave} = \sum X_i \cdot \rho_i$$

$$= 62,24264148 \text{ lb/ft}^3$$

$$\mu_{ave} = 0,0328(\rho)^{1/2}$$

$$= 1,02077932 \text{ cp}$$

$$= 1,034049451 \text{ bar}$$

- **Waktu Pemisahan**

$$t = \frac{100\mu}{\rho_a - \rho_b} \quad \text{Persamaan 2-15 Mc Cabe Smith}$$

dimana :

t = Waktu Pemisahan , jam

μ = Viskositas Campuran , cP

ρ_a = Densitas Cairan Berat , Kg/m³

ρ_b = Densitas Cairan Ringan , Kg/m³

$$= 0,234304083 \text{ jam}$$

$$= 14,05824495 \text{ menit}$$

$$= 50609,68182 \text{ detik}$$

Faktor Keamanan 20%

- **Volume Lapisan Atas**

$$\frac{11111,11 \text{ kg/jam} \quad 2,205 \text{ lb/kg} \quad 0,234304 \text{ jam}}{48,5080923 \text{ lb/ft}^3}$$

$$= 118,340049 \text{ ft}^3$$

$$= 3351,035169 \text{ L}$$

- **Volume Lapisan Bawah**

$$\begin{aligned}
 & \frac{360,0038 \text{ kg/jam} \quad 2,205 \text{ lb/kg} \quad 0,234304 \text{ jam}}{62,24264148 \text{ lb/ft}^3} \\
 & = 2,988184875 \text{ ft}^3 \\
 & = 84,61643112 \text{ L}
 \end{aligned}$$

- **Volume Total**

$$\begin{aligned}
 & = \text{Volume atas} + \text{Volume Bawah} \\
 & = 121,3282339 \text{ ft}^3
 \end{aligned}$$

- **Volume Tangki**

$$\begin{aligned}
 & = 1,2 \times 121,3282339 \text{ ft}^3 \\
 & = 145,5938807 \text{ ft}^3
 \end{aligned}$$

Dipakai tangki horizontal jenis ellipsoidal head dengan perbandingan L:D = 2:1

$$\begin{aligned}
 V_{\text{Total}} &= V_{\text{Shell}} + 2(V_{\text{Head}}) \\
 &= \frac{\pi \cdot D^2 L}{4} + \frac{2\pi \cdot D^3}{24} \\
 &= \frac{\pi}{4} D^2 (2D) + \frac{2\pi \cdot D^3}{24} \\
 &= \frac{12\pi \cdot D^3 + 2\pi \cdot D^3}{24} \\
 &= \frac{14\pi \cdot D^3}{24} = \frac{7\pi \cdot D^3}{12} \\
 V_{\text{Total}} &= \frac{7\pi \cdot D^3}{12}
 \end{aligned}$$

$$V_{\text{total}} = \frac{7 \times 3,14 D^3}{12}$$

$$D^3 = 79,48710502 \text{ ft}^3$$

$$D = 4,299641308 \text{ ft}$$

$$L = 2 \times D$$

$$= 8,599282616 \text{ ft}$$

$$= 2,621061341 \text{ m}$$

Diameter dan tinggi tutup dengan rasio axis 1 : 4

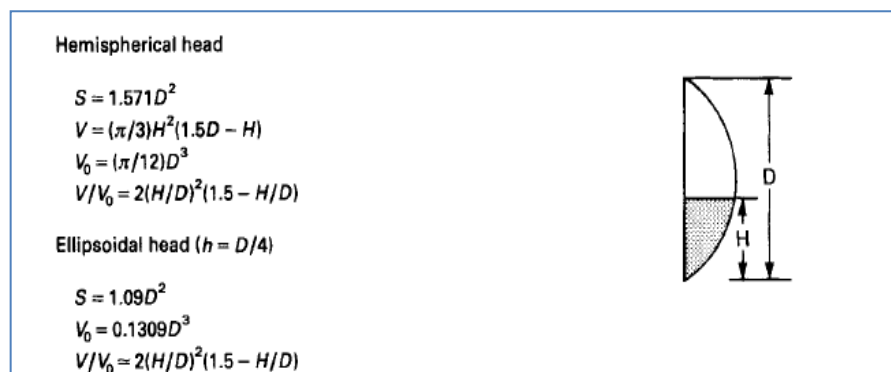
$$\frac{4,299641308}{4} \text{ ft}$$

$$= 1,074910327 \text{ ft}$$

$$= 0,327632668 \text{ m}$$

- **Diameter dan tinggi tutup**

Pemilihan faktor keamanan pada pompa *centrifugal pump* dapat dilihat pada Gambar 10.3



Gambar 10.3 Pemilihan Faktor Keamanan pada Jenis Pompa

Sumber : (Wallas, 2005)

Diameter tutup = diameter tangki = 0,327 m

Rasio axis = 1 : 4

Tinggi tutup = $0,327/4 = 0,08175 \text{ m}$

$$Z_{ai} = Z_{az} - Z_b \frac{\rho_B}{\rho_A} = Z_{az} - (Z_T - Z_{Ai}) \frac{\rho_B}{\rho_A} \quad (\text{Mc.Cabe Smith 2.13})$$

$$Z_{az} = Z_{ai} + (Z_T - Z_{Ai}) \frac{\rho_B}{\rho_A}$$

Dimana :

Z_{az} = Tinggi cairan berat pada waktu saluran tangki

Zai = Tinggi cairan lapisan bawah

Zb = Tinggi cairan lapisan atas

ZT = Tinggi cairan total dalam tangki

ρA = Densitas cairan berat

ρb = Densitas cairan ringan

$$V = \frac{\pi D^2 Z}{2}$$

$$Zb = \frac{2V}{\pi D^2} = \frac{2 \times 118,340049 \text{ ft}^3}{3,14 \times (4,2996 \text{ ft})^2} = 4,077252796 \text{ ft} = 1,242746652 \text{ m}$$

$$Zai = \frac{2V}{\pi D^2} = \frac{2 \times 62,24264148 \text{ ft}^3}{3,14 \times (4,2996 \text{ ft})^2} = 2,144489427 \text{ ft} = 0,653640377 \text{ m}$$

Sehingga tinggi cairan total = 1,242746652 + 0,653640377 = 1,89638703 m

- Tekanan Hidrostatik**

$$\rho x g x h = 777,10 \times 9,8 \times 1,89638703 = 14442,10614 \text{ N/m}^2$$

$$= 0,14008843 \text{ atm}$$

$$= 2,059299914 \text{ psi}$$

- Tekanan Design**

$$P_d = P_{op} + P_c$$

$$= 1 \text{ atm} + 0,14 \text{ atm}$$

$$= 1,14 \text{ atm}$$

$$= 16,75929991 \text{ psi}$$

- Menentukan Tebal Dinding Tangki**

TABLE 18.4. Formulas for Design of Vessels under Internal Pressure^a

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)	$\frac{PD}{2(SE - 0.6P)\cos\alpha}$	$\frac{2SEt\cos\alpha}{D + 1.2t\cos\alpha}$	$\frac{P(D + 1.2t\cos\alpha)}{2t\cos\alpha}$	$\alpha \leq 30^\circ$

^a 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

$$t_d = \frac{PR}{SE - 0.6P} + C \quad (\text{Walas, Tabel 18.3, hal 625})$$

Dimana :

ts = Tebal dinding

p = tekanan operasi

E = welded butt joint efisiensi

S = Max allowable stress

R = Jari-jari

C = Faktor korosi

Bahan konstruksi yang digunakan adalah stainless steel SA - 167 type 316 dengan data – data sebagai berikut :

Tegangan maksimal yang di izinkan (fall) = 18700 Psia

Effisiensi sambungan (E) untuk double welded butt joint = 0,85

Faktor korosi = 0,002 in

Waktu = 10 tahun

$$t_d = 0,254412716 \text{ in}$$

- **Menentukan Tebal Head**

$$t_h = \frac{P \times D}{(2 \text{ fall} \times E - 0.2 P)} + C$$

$$t_d = 0,020017551 \text{ in}$$

$$t_d = 0,000508447 \text{ m}$$

- **Pipa**

Untuk pipa dengan bahan stainless steel diameter optimum dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$d_{opt} = 260 G^{0,52} \rho^{-0,37} \quad (\text{Coulson, 2005})$$

Dengan :

d_{opt} = Diameter optimum pipa (mm)

G = Laju alir massa (kg/s)

ρ = Massa jenis (kg/m³)

Untuk pipa pemasukan cairan ke dalam dekanter :

$$d_{opt} = 260 \times (1123^{0,52}) \times (777^{-0,37})$$

$$= 0,040021217 \text{ m}$$

$$= 1,575635322 \text{ in}$$

Sehingga dipilih pipa dengan size 2 in

(Tabel 11 Kern)

Nominal pipe size, IPS, in.	OD, in.	Schedule No.	ID, in.	Flow area per pipe, in. ²	Surface per lin ft, ft. ² /ft.		Weight per lin ft, lb steel
					Outside	Inside	
1/8	0.405	40*	0.269	0.058	0.106	0.070	0.25
		80†	0.215	0.036		0.056	0.32
1/4	0.540	40*	0.364	0.104	0.141	0.095	0.43
		80†	0.302	0.072		0.079	0.54
3/8	0.675	40*	0.493	0.192	0.177	0.129	0.57
		80†	0.423	0.141		0.111	0.74
1/2	0.840	40*	0.622	0.304	0.220	0.163	0.85
		80†	0.546	0.235		0.143	1.09
3/4	1.05	40*	0.824	0.534	0.275	0.216	1.13
		80†	0.742	0.432		0.194	1.48
1	1.32	40*	1.049	0.864	0.344	0.274	1.68
		80†	0.957	0.718		0.250	2.17
1 1/4	1.66	40*	1.380	1.50	0.435	0.362	2.28
		80†	1.278	1.28		0.335	3.00
1 1/2	1.90	40*	1.610	2.04	0.498	0.422	2.72
		80†	1.500	1.76		0.393	3.64
2	2.38	40*	2.067	3.35	0.622	0.542	3.66
		80†	1.939	2.95		0.508	5.03
2 1/2	2.88	40*	2.469	4.79	0.753	0.647	5.80
		80†	2.323	4.23		0.609	7.67

Material	Stainless steel korosif
NPS	2
Schedule number	40
Inside diameter (ID)	2,067
Outside diameter (OD)	2,38

Untuk pipa keluaran top produk :

$$d_{opt} = 260 \times (1,796) \times (0,085)$$

$$= 0,039813854 \quad \text{m}$$

$$= 1,567471449 \quad \text{in}$$

Sehingga dipilih pipa dengan size 1,5 in

(Tabel 11 Kern)

Material	Stainless steel korosif
NPS	1 ½
Schedule number	40
Inside diameter (ID)	1,610 in
Outside diameter (OD)	1,90 in

Untuk pipa keluaran bottom produk :

$$d_{opt} = 260 \times (0,3109) \times (0,0777)$$

$$= 0,00610181 \quad \text{m}$$

$$= 0,240228254 \quad \text{in}$$

Sehingga dipilih pipa dengan size 1 in

(Tabel 11 Kern)

Material	Stainless steel korosif
NPS	1
Schedule number	40
Inside diameter (ID)	1,049 in

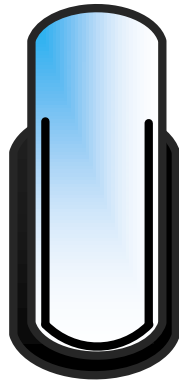
6. Evaporator (EV-3221)

Fungsi : Untuk pemekatan larutan Green Diesel

Bahan : *Low Alloy Steel*

Jumlah : 1 unit

Gambar :



KOMPONEN	Massa (kg/jam)	Densitas (kg/m ³)	xi	xi/p	densitas mix
H ₂ O	3,635493083	997	0,000327198	3,28182E-07	784,999611
C ₁₅ H ₃₂	301,5074605	769	0,027135943	3,52873E-05	
C ₁₇ H ₃₄	11110809,6	785	999,9828642	1,273863521	
TOTAL	11111	2551	1000,010327	1,273899137	

- Kapasitas Evaporator**

$$V_c = m/p$$

$$= 14,15414713 \text{ m}^3$$

Volume cairan mengisi 85% volume evaporator

Maka,

$$V_{ev} = 17,69268392 \text{ m}^3$$

- **Volume Silinder**

$$\frac{\pi}{4} \times D_s^2 \times H_s$$

- **Volume Ellipsoid**

$$\frac{\pi}{24} \times D_s^3$$

- **Volume Kerucut**

$$\frac{\pi}{24} D^3 \tan 30^\circ$$

- **Diameter Evaporator**

$$\frac{1,5\pi D_{ev}^3}{4} + \frac{\pi D_{ev}^3}{24} + \frac{0,57\pi D_{ev}^3}{24}$$

$$\frac{10,57 \pi D_{ev}^3}{24}$$

$$\frac{24 V_{ep}}{10,57 \pi}$$

$$D_{ev}^3 = 12,12396495 \text{ m}^3$$

$$D_{ev} = 4,041321651 \text{ m}$$

$$= 159,1068334 \text{ in}$$

- **Tinggi Evaporator**

$$H_s = 6,061982477 \text{ m}$$

$$H_e = 1,010330413 \text{ m}$$

$$H_s = 1,165921296 \text{ m}$$

Tangki diletakan diatas kaki penyangga setinggi = 2 m

Maka tinggi total = 8,238234187 m

- **Tekanan cairan dalam Evaporator**

$$\rho \times g \times H_c$$

$$= 0,088521373 \text{ atm}$$

$$= 1,300901242 \text{ psi}$$

- **Tekanan Desain**

$$P_d = P_{op} + P_c$$

$$= 1,088521373 \text{ atm}$$

$$= 15,99680124 \text{ psi}$$

- **Tebal dinding Evaporator**

$$\text{Diameter} : 159,1068334 \text{ in}$$

$$\text{Tekanan} : 15,99680124 \text{ psi}$$

$$\text{Allowable stress (S)} : 15600 \text{ psi}$$

$$\text{Join Effisiensi (E)} : 0,85$$

$$\text{Corrosion Allowence (C)} : 0,002 \text{ in/tahun}$$

$$\frac{PR}{SE - 0,6P} + C$$

$$= 0,116042384 \text{ in}$$

$$= 0,002947477 \text{ m}$$

- **Tebal dinding Conical**

$$\frac{PD_e}{2(SE - 0,6P) \cos 30^\circ} + C$$

$$= 0,130903446 \text{ in}$$

$$= 0,003324948 \text{ m}$$

- **Tebal tutup Elipsoidal, t_e**

$$t_h = \frac{PR}{2SE - 0,2P} + C$$

$$T_e =$$

$$0,115984445 \text{ In}$$

$$= 0,002946005\text{m}$$

Menghitung Jumlah tube :

$$\text{Luas silinder} = \pi r^2$$

$$= 12,68974999 \text{ m}$$

$$\text{Diamater tube} = 0,0035D_t$$

$$0,014144626 \text{ m}$$

$$0,556873917 \text{ in}$$

$$\text{Luas tube} = \pi r^2$$

$$0,044414125 \text{ M}$$

$$\text{jumlah tube} = 285,7142857 \text{ tube}$$

DESIGN PEMANAS

Data :

jumlah Udara	4404,857162	Kg		
panas =				
Beban panas	22685,09825	Kj	21.483	Btu/hr
=				
T in =	115	°C	239	°F
T pemanas =	120	°C	248	°F
Ud =	50	W/m ² C	8,8	Btu/hr.ft ² .°F
ΔT =	9	°F		
densitas udara	2,814	kg/m ³		
panas=				

engineeringpage.com

Luas permukaan perpindahan panas

$$A = \frac{Q}{U_d \Delta T} \quad A = 271 \quad \text{ft}^2$$

Volume udara panas:

$$V_s = \frac{m}{\rho}$$

$$= 1565,336589 \quad \text{m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter (evaporator+jaket)} \quad \text{Diameter tangki} + (2 \times \text{tebal dinding elipsoidal}) \\ (D1) = & \\ = & 159,3388023 \quad \text{in} \\ & 4,047213673 \quad \text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak jaket} = & 5 \quad \text{in} \\ = & \\ = & 5 \quad \text{in} \\ = & \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi jaket, Tj} & H_c + (\text{tebal elipsoidal}) + (\text{tebal conical}) + (2 \times \text{jarak jaket}) \\ = & \\ = & 169,3537213 \quad \text{in} \\ & 4,3016 \quad \text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter Jaket, Dj} \\ \text{Diameter luar jaket (D2)} = D1 + (2 \times \text{jarak jaket}) \\ = & 169,3388023 \quad \text{in} \\ & 4,301214181 \quad \text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas daerah laluan udara panas (A)} \\ = & \frac{\pi}{4} \times (D2^2 - D1^2) \\ = & 2580,119196 \quad \text{in} \\ & 65,53515865 \quad \text{m} \end{aligned}$$

dimana gravitasi= 9,8
Tekanan Hidrostatik

$$\begin{aligned}
 P_c &= \rho g H_c \\
 &= 8974,92 \text{ N/m}^2 \\
 &= 0,088576 \text{ Atm} \\
 &= 1,302061 \text{ Psi}
 \end{aligned}$$

Tekanan desain, Pd

$$\begin{aligned}
 P_d &= P_{op} + P_c \\
 &= 1,088576 \text{ Atm}
 \end{aligned}$$

$$\text{tebal dinding jaket}$$

$$tr = \frac{PR}{SE-0,6P} + C$$

Ket :

$$\begin{aligned}
 P &= 1,09 \text{ Atm} & 16,00206 \text{ psi} \\
 R &= \frac{D}{2} & R = 1/2 \\
 &= 79,55342 \text{ In} \\
 s &= 15600 \text{ Psi} & \text{Peters - Plant Design, Tabel 4} \\
 E &= 0,85 & \text{Peters, Tabel 4 hal 538} \\
 C &= 0,02 \text{ in/tahun} & \text{Perry's tabel 23-2 hal 23-30}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{tahun} \\
 \text{digunakan} &= 10 \text{ tahun}
 \end{aligned}$$

maka,

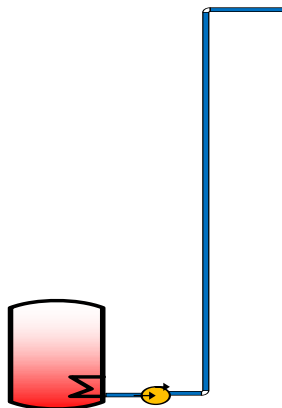
$$\begin{aligned}
 tr &= 0,2960740 \text{ in} \\
 &= 0,007520294 \text{ m}
 \end{aligned}$$

7. Pompa (P-1102)

Tipe : Centrifugal Pump

Bahan : *Carbon Steel*

Gambar :



Data :

- Laju alir Umpan : 5255,7629 kg/jam
- Densitas Umpan : 858 kg/m³
- 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**

$$Q_p = m/0,9$$

$$= 3,5768 \text{ lb/s}$$

$$Q_v = Q_p/\rho$$

$$= 0,0668 \text{ ft}^3/\text{s}$$

● **Diameter Optimum**

Asumsi Aliran Turbulen

$$Di_{Opt} = 3,9 (Q_v^{0,45}) (p^{0,13})$$

$$= 1,9358 \text{ in}$$

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^2			

Nominal pipe size, in.	Outside diameter, in.	Schedule no.	Wall thickness, in.	Inside diameter, in.	Cross- sectional area of metal, in. ²	Inside sectional area, ft ²	Circumference, ft or surface, ft ² /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	3.08	316.7	158,150	88.57

- **Kecepatan Aliran**

Va = Vb (Karena pipa buang dan pipa hisap sama)

$$V = \frac{Qv}{a''}$$

$$= 0,1922\text{ft/s}$$

$$\frac{V^2}{2gc}$$

$$= 0,0006\text{ft.lbf/lb}$$

- **Bilangan Reynold (Nre)**

$$\frac{\rho \times V \times ID}{\mu}$$

$$Nre = \frac{2897,8289}{\mu}$$

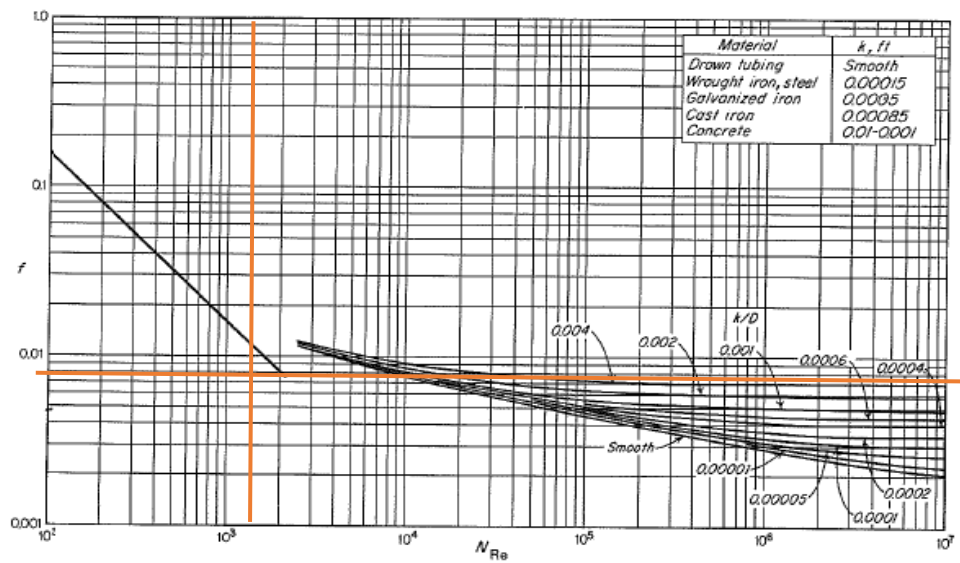


FIGURE 5.9
Friction-factor chart.

- **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,

$$H_{f_{sa}} = 0,0001 \text{ ft lbf/lb}$$

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,

$$H_{fsb} = 0,0004 \text{ ft lbf/lb}$$

- 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,

$$H_{ff} = 0,0010 \text{ lbf/lb}$$

Maka jumlah rugi gesek pada pompa ini adalah :

$$H_{fsa} + H_{fsb} + H_{ffb} = 0,0015 \text{ ft lbf/lb}$$

- **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 :

$$p_a = p_b$$

$$Q_f = 0,0668 \text{ ft}^3/\text{s}$$

$$= 29,96484878 \text{ gal/min}$$

FIGURE 1436

Characteristic curves for a typical centrifugal pump showing effect of viscosity.

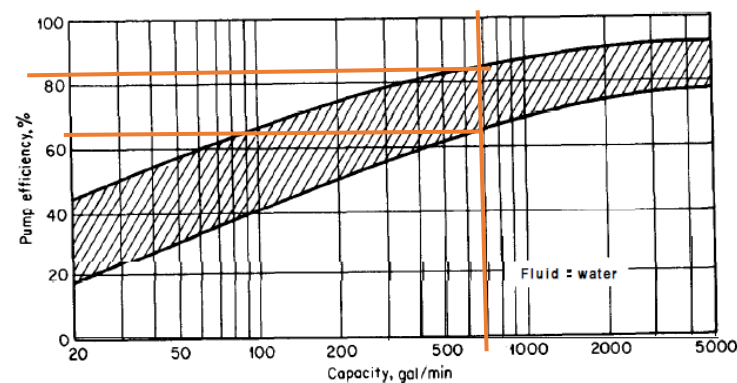


FIGURE 1437

Efficiencies of centrifugal pumps.

$$\eta = 72\% \quad \text{(Gambar 14.36 , hal 520, Petter)}$$

sehingga rumus dapat disederhanakan menjadi

$$W_p = (P_b + Z_b) - (P_a + Z_a)$$

$$W_p = 1604,5213 \text{ ft lbf/lb}$$

$$BHP = \frac{W_p \times m}{550}$$

$$BHP = 10,4348 \text{ Hp}$$

- **Daya Motor (MPH)**

$$MPH = \frac{BHP}{\eta}$$

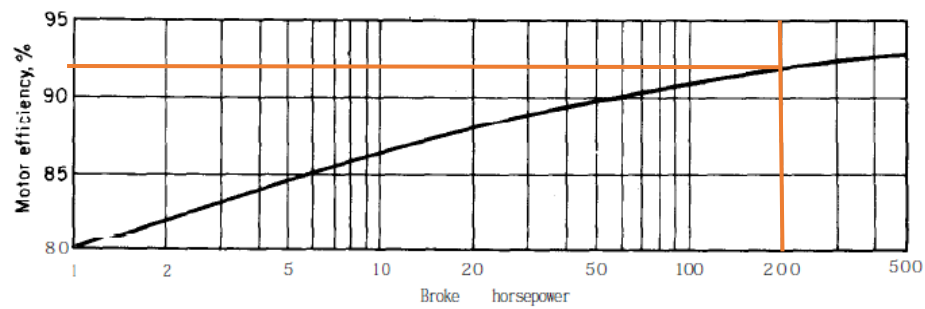


FIGURE 1438
Efficiencies of three-phase motors.

$$\eta = 92\%$$

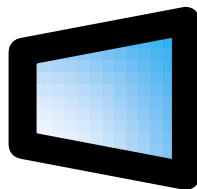
$$MPH = 11,3421 \text{ Hp}$$

8. Expander valve (E-2104)

Fungsi : Menurunkan Tekanan

Jumlah : 1 unit

Gambar :



$$\text{Laju alir massa } Q(m) = 104000 \text{ Kg/jam}$$

Densitas campuran (ρ) = 38070.8668 kg/m³ 2376.764 lb/ft³

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 (Q_v)**

$$Q_v = Q_m / \rho = 2.7371 \text{ m}^3/\text{jam} \quad 0.026794 \text{ ft}^3/\text{dt}$$

- **Diameter Optimum (D_{opt})**

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. ²	Inside sectional area, ft ²	or surface, ft ² /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
		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

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^2							

- **Bukaan valve**

$$P_2/P_1 = 30/1$$

$$= 0.0333 < 0.5000$$

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 :

$$Q = k_1 \exp(k_2 x),$$

$$109.108 = 1000.0000 \times \exp(0,25)$$

$$\times = -8.8617$$

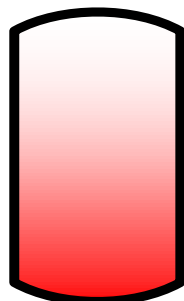
9. Tangki Penyimpanan (ST-3204)

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 ³	
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**

$$\frac{\pi \times r^2 \times H_s}{\pi \times \left(\frac{D_s}{2}\right)^2 \times H_s}$$

$$\frac{\pi}{4} \times D_s^2 \times 1.5 D_s$$

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

$$\begin{aligned} P_d &= P_{op} + P_c \\ &= 1 \text{ atm} + 0.32 \text{ atm} \\ &= 2.02 \text{ atm} \\ &= 29.75 \text{ psi} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jari jari tangki, } R &= 5.10 \text{ m} \\ &= 200.74 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\text{Allowable stress, } S = 18700 \text{ psi} \quad \text{SS316}$$

$$\text{Efisiensi Pengelasan, } E = 0.85$$

$$\text{Faktor korosi yang diizinkan} = 0.13 \text{ mm/yr} \quad 0.00512 \text{ in/yr}$$

$$t_d = \frac{2273 \text{ psi} \times 84.25 \text{ in}}{13700 \text{ psi} \times 0.85 - 0.6 \times 2273 \text{ psi}} + 0.015 \text{ in/th} \times 10 \text{ th}$$

$$= 0.3762 + 0.0512$$

$$= 0.4274 \text{ in}$$

$$= 10.8551 \text{ mm}$$

• **Tabel tutup elipsoidal, t_e**

$$\begin{aligned} t_e &= \frac{PD}{2SE - 0.2P} + C \\ &= 0.4270 \text{ in} \\ &= 0.0108 \text{ m} \\ &= 10.8462 \text{ mm} \end{aligned}$$

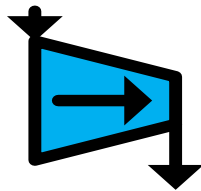
10. Kompresor (CM-1601)

Fungi : Menaikkan tekanan H_2 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 (ρ)	= 0.089 Kg/m ³	= 0.0056 Ib/ft ³
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)

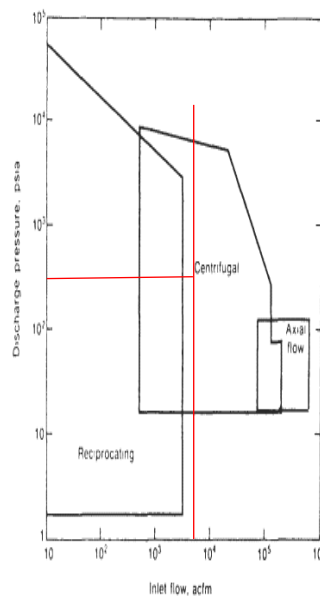


Figure 1. Approximate ranges of application for reciprocating, centrifugal, and axial-flow compressors.

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

$$P_{gas} = \frac{m \times H_{poly}}{33000 \eta}$$

$$= 0,234979 \text{ lbft/det}$$

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

Faktor keamanan 10%

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

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

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

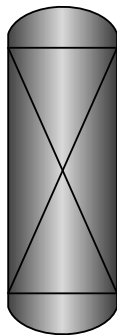
Fungsi : Memurnikan gas Hidrogen

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/m³

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 ² /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 ₂ -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
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/m³

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, $V_{pzeolit}$

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

- 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

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

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
Carbon Steel										
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			
Low-Alloy Steel										
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*	2 $\frac{1}{2}$ 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
SA-240	304L	18 Cr-8 Ni	70,000	15,600	13,300	10,000	9,300							
SA-240	310S	25 Cr-20 Ni	75,000	18,700	16,500	14,900	12,700	11,600	9,800	5,000	2,500	700	300	200
SA-240	316	16 Cr-12 Ni-2 Mo	75,000	18,700	16,700	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 (working stress allowable) = 18700 psi (tabel 4, peter hal.538)

E (welding joint efisiensi) = 0,85 (tabel 4, peter hal.538)

C (korosi yang diizinkan) = 0,0032 m (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?	$\frac{\pi D_a^3}{24}$	$\frac{2}{3} \pi L_a^3$	$0.9 \left[\frac{2\pi L_a^3}{3} (IDD) \right]$
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	$\rho_m \left[\frac{\pi (nD_a + t)^2 t}{4} \right]$	$\rho_m [2\pi L_a^2 t]$	$\rho_m \left[\frac{\pi (OD + OD/24 + at)^2 t}{4} \right]$

$$Ve = \frac{\pi \times D^3}{24}$$

$$= \frac{3,14 \times 0,43283449 \text{ m}^3}{24}$$

$$= 0,72923 \text{ m}^3$$

12. Cooler (C-3501)

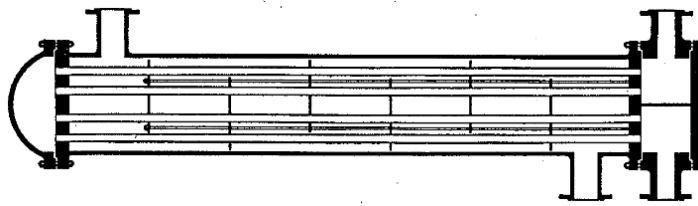
Fungsi : Untuk mendinginkan liquid keluaran Reaktor

Tipe : *Sheel and Tube cooler*

Bahan konstruksi : *Dupllex Stainless steel* Tipe-2205

Jumlah : 1 unit

Fasa : Cair



Gambar LC-12. Shell and Tube cooler

Data:

- Laju alir *hot fluid (liquid)* : 24550185 kg/jam = 54123339 lb/jam
- Laju alir *cold fluid (Water)* : 51557,91535 kg/jam = 113665 lb/jam
- Q : 4744800 kJ/jam = 4497202 btu/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

$$R = \frac{T_1 - T_2}{t_2 - t_1}$$

$$= 3,545454545$$

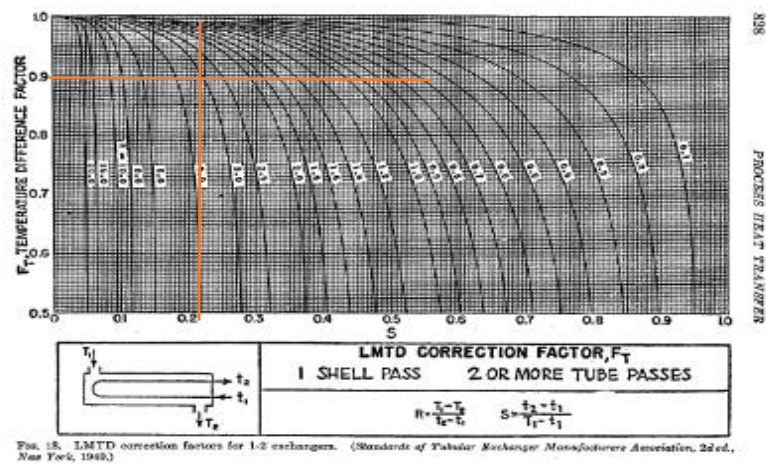
(D.Q Kern: Pers. 5.14 hal. 828)

$$S = \frac{t_2 - t_1}{T_1 - t_1}$$

$$= 0,244444444$$

maka Faktor Koreksi dapat diperoleh dari gambar 21 D.K. QERN adalah sebagai berikut:

$$F_T = 0,9$$



Sehingga :

$$\Delta T_{LMTD} = LMTD \times F_T$$

(D.Q Kern: Pers. 7.42 hal. 828)

$$= 52,30021031^{\circ}\text{F}$$

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 *Shell and Tube* (DQ Kern Page 103)

2) Pemilihan Ukuran *Shell and Tube*

Dalam Perancangan ini digunakan *heater* dengan spesifikasi :

Diameter luar tube (OD) = 3/4 in

Jenis tube = 13 BWG

Panjang tube (L) = 20 ft

a'' = 0,1963 ft^2/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^2/ft

$$A = N_t \times L \times a'' = 515,9293 \text{ ft}^2$$

$$U_d = \frac{Q}{A \times \Delta t \text{ LMTD}} \quad (\text{D.Q Kern, pers. 7.6 hal 140})$$

$$= 150 \text{ Btu/jam ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

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
<i>Clearance, C'</i>	0,25	<i>Passes</i>	1

Shell, cold fluid (water)	Tube, hot fluid (liquid)
1. Flow Area $a_s = \frac{ID \times C \times B}{144 P_T} \quad (\text{D.Q Kern: pers. 7.1, hal 138})$ $= 0,1009 \text{ ft}^2$	1. Flow Area $a_t' = 0,515 \text{ in} \quad (\text{D.Q Kern, Table 10 hal 843})$ $a_t = \frac{N_t \times a_t'}{144 n} \quad (\text{D.Q Kern: pers 7.48, hal 111})$ $= 0,515 \text{ ft}^2$
2. Mass Velocity $G_s = \frac{W_s}{a_s} \quad (\text{D.Q Kern: pers 7.2, hal 138})$ $= 1126077 \text{ lb/jam ft}^2$	2. Mass Velocity $G_t = \frac{W_t}{a_t} \quad (\text{D.Q Kern: pers 7.2, hal 138})$ $= 114647848,6 \text{ lb/hr ft}^2$
3. Reynold Number $D_e = 0,9904 \text{ in} = 0,0825 \text{ ft}$ $\mu = 0,014 \text{ Cp} = 0,034 \text{ lb/ft.h} \quad (\text{Fig. 9})$ $Re_s = \frac{D_e \times G_s}{\mu}$ $= 2591017$	3. Reynold Number $\mu = 6,17 \text{ Cp} = 14,9313 \text{ lb/ft.h}$ $ID = 0,87 \text{ in} = 0,0675 \text{ ft}$ $Re_t = \frac{D \times G_t}{\mu}$ $= 518,290$
4. Faktor Perpindahan Panas (J_{Hs}) Dari gambar 28 D.Q.KERN maka didapatkan nilai J_h sebagai berikut: $J_h = 700$	4. Faktor Perpindahan Panas (J_{Ht}) $L = 20 \text{ ft}$ $D = 0,0675 \text{ ft}$ $L/D = 24,6914 \text{ in}$ Dengan memplotkan NRe dengan L/D

	ke gambar 24 D.Q.KERN maka didapatkan nilai Jh sebagai berikut: Jh = 5,2
5. Koefisien Perpindahan Panas Pada $T_c = 102,2 \text{ } ^\circ\text{F}$ $c = 0,9 \text{ Btu/lb}^\circ\text{F}$ (D.Q Kern, Fig. 3 Hal 805) $k = 0,036315 \text{ Btu/ft.hr.}^\circ\text{F}$ (D.Q Kern, Tabel 4) $\left(c \cdot \frac{\mu}{k} \right)^{\frac{1}{3}}$ $= 0,947826443$	5. Koefisien Perpindahan Panas Pada $T_c = 174,2 \text{ } ^\circ\text{F}$ $C = 0,63 \text{ Btu/lb}^\circ\text{F}$ (D.Q Kern Fig 2 hal 804) $k = 0,077 \text{ Btu/ft.hr.}^\circ\text{F}$ (D.Q Kern, Tabel 5) $\left(c \cdot \frac{\mu}{k} \right)^{\frac{1}{3}}$ $= 4,938355953$
6. Inside Film Coefficient (h_i) $\frac{h_i}{D_e} = jH \cdot \frac{k}{D_e} \cdot \left(\frac{C \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} \phi_s$ $h_i/\text{qps} =$ $= 304,8249431 \text{ Btu/hr ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$ 7. $\phi_s = (\mu/\mu_w)^{0,14}$ dimana $\mu = 2,4192 \text{ lb/ft.h}$ dan $\mu_w 0,96768 \text{ lb/ft.h}$ $\Phi_s = 0,6267$ Maka untuk $h_o = h_i/\Phi_s \times \Phi_s = 191,0215967 \text{ Btu/hr.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$ Untuk h_o teoritis $1500 \text{ Btu/hr.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$	6. Inside Film Coefficient (h_{i0}) $\frac{h_i}{D_e} = jH \cdot \frac{k}{D_e} \cdot \left(\frac{C \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} \phi_t$ $= 29,5726 \text{ Btu/jam. ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$ Koreksi H_{i0} ke permukaan OD $h_{i0} = h_i \cdot \frac{ID}{OD}$ $= 31,9384$

Clean overall coefficient U_c

$$U_c = \frac{h_{i0} \cdot h_o}{h_{i0} + h_o}$$

$$U_c = 31,2725 \text{ Btu/hr ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$$

Design overall coefficient, U_d

$$\text{Total surface, } A = 515,9293 \text{ ft}^2$$

$$U_D = \frac{Q}{A \Delta_t}$$

$$UD = 150 \text{ btu/hr.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$$

Dirty Factor, R_d

$$R_d = \frac{U_c - U_D}{U_c \times U_D} = -0,025310283$$

Summary

	<i>h outside</i>
UC	31,27252639
UD	150
RD calculated	-,2,888163847
RD required	0,001

6. Pressure Drop, ΔP	
$Re_s = 2591017$ $f = 0,0009 \text{ ft}^2/\text{in}^2$ (Kern: <i>fig.</i> 29, hal 839) $s = 0,95$ $(N+1) = N \times \frac{L}{B}$ (D.Q Kern, pers. 7.43 hal 147) $= 64,96681327$ $\emptyset_s = 1 \text{ lb/ft h}$ $\Delta P_s = \frac{f \times G_s^2 \times D_s \times N + 1}{5,22 \times 10^{10} D_s \times \phi_s}$ $= 1,420363326 \text{ psi}$ * Perancangan <i>cooler</i> dengan tipe <i>shell and tube</i> , memenuhi syarat karena nilai $\Delta P < 10 \text{ Psi}$	$Re_t = 518.290$ $f = 0,001 \text{ ft}^2/\text{in}^2$ (Kern: <i>fig.</i> 29, hal 836) $s = 0,68$ $\emptyset_s = 1 \text{ lb/ft h}$ $\Delta P_t = \frac{f \times G_t^2 \times L \times n}{5,22 \times 10^{10} D_t \times s \times \phi_t}$ $= 7,04742 \text{E-}09 \text{ psi}$ • ΔP total $G_t = 114647849 \text{ lb/hr ft}^2$ $\Delta P_r = \frac{4 \times n}{s} \times \frac{V^2}{2g}$ $\frac{V^2}{2g}$ $= 1$ (Kern: <i>fig.</i> 27, hal 837) $\Delta P_r = 5,88235 \text{ psi}$ $\Delta P_t = \Delta P_t + \Delta P_r = 5,88235 \text{ psi}$

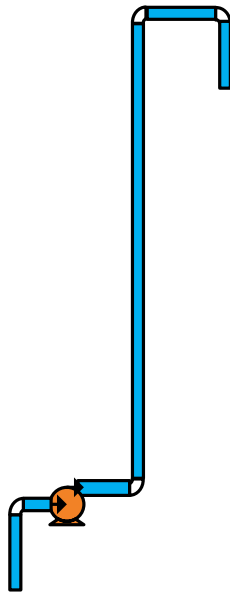
B. Spesifikasi Alat Utilitas

1. Pompa Air Sungai

Tipe : Centrifugal Pump

Bahan : *Carbon Steel*

Gambar :



Data :

- Laju alir Umpan : 29610,80 kg/jam
- Densitas Umpan : 1000 kg/m³
- 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

$$D_i \text{ Opt} = 3,9 (Q_v^{0.45}) (m^{0.13})$$

$$= 4,0128 \text{ in}$$

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^2			

Nominal pipe size, in.	Outside diameter, in.	Schedule no.	Wall thickness, in.	Inside diameter, in.	Cross- sectional area of metal, in. ²	Inside sectional area, ft ²	Circumference, ft or surface, ft ² /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)

$$= 3,6505 \text{ ft/s} \quad V = \frac{Q_v}{a''}$$

$$\frac{V^2}{2gc}$$

$$= 0,2071 \text{ ft.lbf/lb}$$

- **Bilangan Reynold (Nre)**

$$\frac{\rho \times V \times ID}{\mu}$$

$$N_{re} = 139651,784836087$$

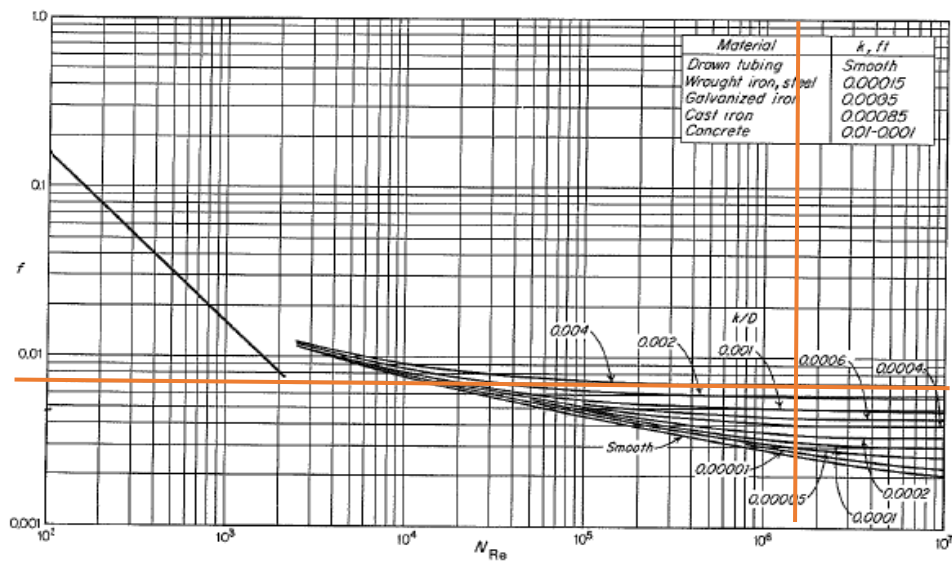


FIGURE 5.9
Friction-factor chart.

- **Rugi Gesek**

Pipa Hisap (Suction)

- Rugi Gesek Kulit pipa

$$h_{f_{sa}} = f \frac{\Delta L}{r_H} \frac{V^2}{2g_c}$$

$$r_H = ID/4$$

$$= 0,0839 \text{ ft}$$

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

$$h_{f_{sb}} = f \frac{\Delta L}{r_H} \frac{V^2}{2g_c}$$

$$r_H = ID/4$$

$$= 0,1663 \text{ ft}$$

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,

$$H_{f_{sb}} = 0,5185 \text{ ft lbf/lb}$$

- 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 :

$P_a = P_b$

$V_a = V_b$

$$p_a = p_b$$

$$Q_f = 0,3227 \text{ ft}^3/\text{s}$$

$$= 144,8484 \text{ gal/min}$$

FIGURE 1436

Characteristic curves for a typical centrifugal pump showing effect of viscosity.

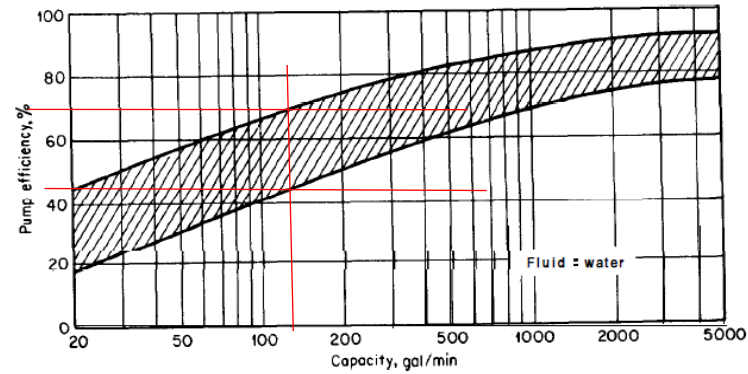


FIGURE 1437

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)**

$$MPH = \frac{BHP}{\eta}$$

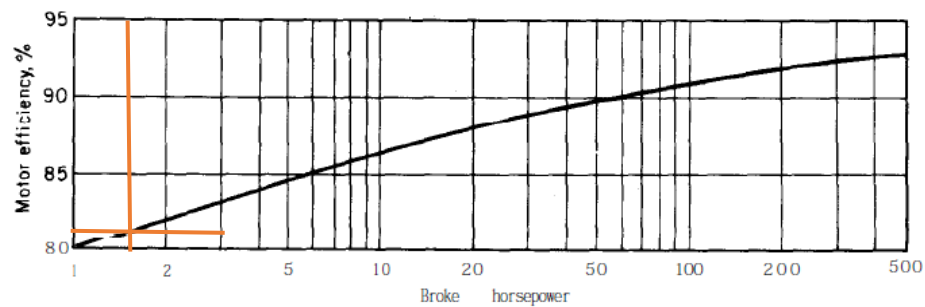


FIGURE 1438

Efficiencies of three-phase motors.

$$\eta = 83\%$$

$$\text{MPH} = 2,1644 \text{ Hp}$$

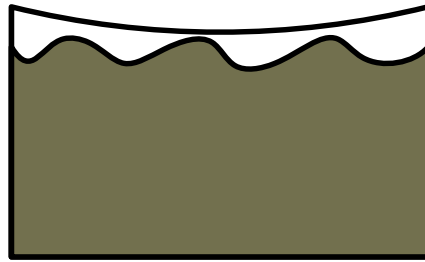
2. Bak Penampung air sungai

Tipe : Bak Persegi Panjang

Bahan : Semen

Jumlah : 2

Gambar :



Laju alir : 118443,20 Kg/jam

Waktu Operasi : 24 jam

Densitas : 1000 Kg/m³

- **Laju alir Volumetrik**

$$m/\rho = 118,443 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Volume Bak} = 2842,636799 \text{ m}^3$$

Faktor keamanan = 10%

direncanakan akan dibangun dua buah bak penampungan

$$\text{Maka, Volume bak} = 1579,485332 \text{ m}^3$$

- **Perbandingan panjang : lebar : tinggi**

$$P = 3$$

$$L = 2$$

$$T = 1$$

Maka,

$$V = P \times L \times T$$

$$= 3 \text{ T} \times 2 \text{ T} \times 1 \text{ T}$$

$$T^3 = V/6$$

$$T^3 = 263,2071 \text{ m}^3$$

$$T = 6,4086 \text{ m}$$

$$V = 1576,2426$$

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/m³

- **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,

$$P = 3,64 \text{ m}$$

$$L = 2,43 \text{ m}$$

$$T = 1,21 \text{ m}$$

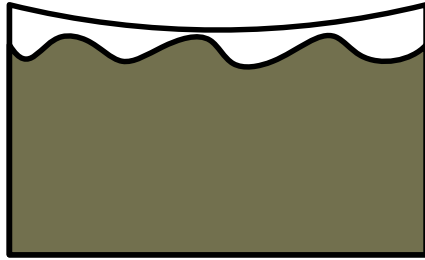
4. Bak Penampung air bersih

Tipe : Bak Persegi Panjang

Bahan : Semen

Jumlah : 4

Gambar :



Laju alir : 30626,4991 Kg/jam

Waktu Operasi : 24 jam

Densitas : 1000 Kg/m³

- **Laju alir Volumetrik**

m/p = 30,6265 m³/jam

Volume Bak = 735,0360 m³

Faktor keamanan = 10%

direncanakan akan dibangun empat buah bak penampungan

Maka, Volume bak = 183,7590 m³

- **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,

$$P = 9,72 \text{ m}$$

$$L = 6,48 \text{ m}$$

$$T = 3,24 \text{ m}$$

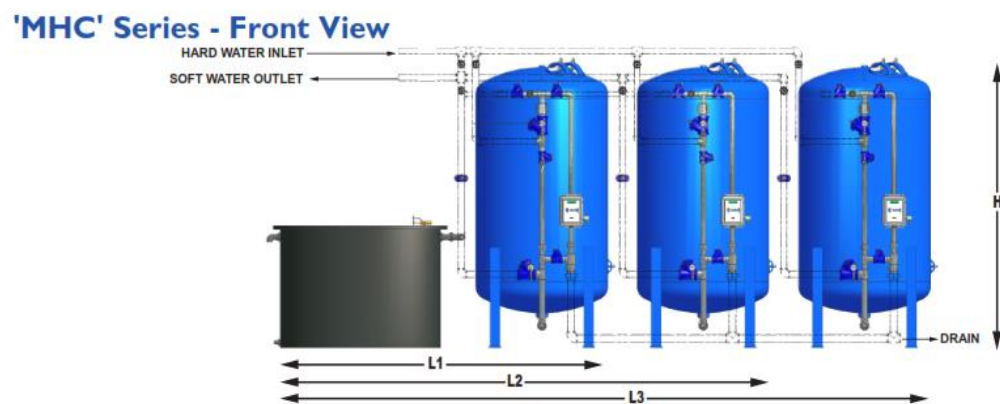
5. Softener Tank

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/m³

Waktu = 24 jam

Laju alir Volumetrik = 89,3986 m³/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)

Specifications

CATALOG NUMBER	EXCHANGE CAPACITY (Grains) SALT USAGE (LBS) ❶		FLOW RATES		PIPE SIZE		RESIN	TANK SIZES		SALT STORAGE	REGEN PER SALT REFILL		OVERALL DIMENSIONS (INCHES) ❷			SHIPPING WEIGHT (LBS) ❸			
			SERVICE		BACK WASH	SERVICE		DRAIN	SOFTENER										BRINE
			CONT. GPM ❹	PEAK GPM ❺									GPM	INCHES	INCHES	CU. FT.	INCHES	INCHES	
	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
MHC-1200-4	600	240	310	410		4	2							120x68x98	188x68x98	252x68x98	5,750	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-1950-3	1,950,000	1,300,000	235	325	100	3	3	65	60 x 60	74 x 64	5500	14	5	158x76x102	232x76x102	312x76x102	8,500	16,200	23,950
MHC-1950-4	975	390	445	650		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	930	120	4	3	80	66 x 72	74 x 64	5200	10	4	170x86x114	256x86x114	342x86x114	10,750	20,600	30,500
MHC-2400-6			650	940		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	600	500	720	140	4	3	100	72 x 72	86 x 62	7000	11	4	174x92x117	266x92x117	358x92x117	12,350	23,700	35,100
MHC-3000-6			700	1050		6	3							174x96x117	266x96x117	358x96x117	12,400	23,800	35,300
MHC-4200-3	4,200,000	2,800,000	780	1130		6	3							194x110x120	298x110x120	402x110x120	16,250	31,200	45,900
MHC-4200-4	2,100	1,080	1000	1450	190	8	3	140	84 x 72	96 x 60	8000	7	3	194x118x120	298x118x120	402x118x120	16,300	31,300	46,150
MHC-5400-3	5,400,000	3,600,000	880	1250		6	4							206x122x123	322x122x123	438x122x123	21,600	41,800	61,800
MHC-5400-4	2,700	1,080	1150	1700	250	8	4	180	96 x 72	96 x 60	7500	6	2	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/m³
Waktu Operasi : 0,167 jam
Viskositas Campuran : 1 cp

- **Kapasitas Tangki**

$$\frac{m}{\rho}$$

$$= 2,6873 \text{ m}^3$$

Faktor Keamanan 20%

$$\begin{aligned} V_t &= V_e / 0,8 \\ &= 3,3592 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- **Dimensi Tangki**

- Volume Silinder (V_s)

$$V_s = \frac{\pi}{4} \times D_s^3 \quad H_s = D_s$$

- Volume Ellipsoidal (V_e)

$$V_s = \frac{\pi}{24} \times D_s^3 \quad H_e = 0,25 D_s$$

- **Diameter Tangki**

$$= \left(\frac{\pi}{4} \times D_D^3 \right) + \left(\frac{\pi}{24} \times D_D^3 \right)$$

$$V_t = 0,9167 D^3$$

$$D^3 = V_t / 0,9167$$

$$= 1,5417 \text{ m}$$

- **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**

$$t_s = \frac{PD_D}{2SE - 0,2P} + C$$

$$= 0,0237 \text{ in}$$

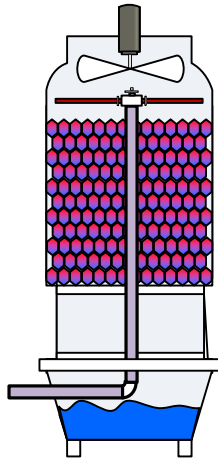
$$= 0,0006 \text{ m}$$

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/m³

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

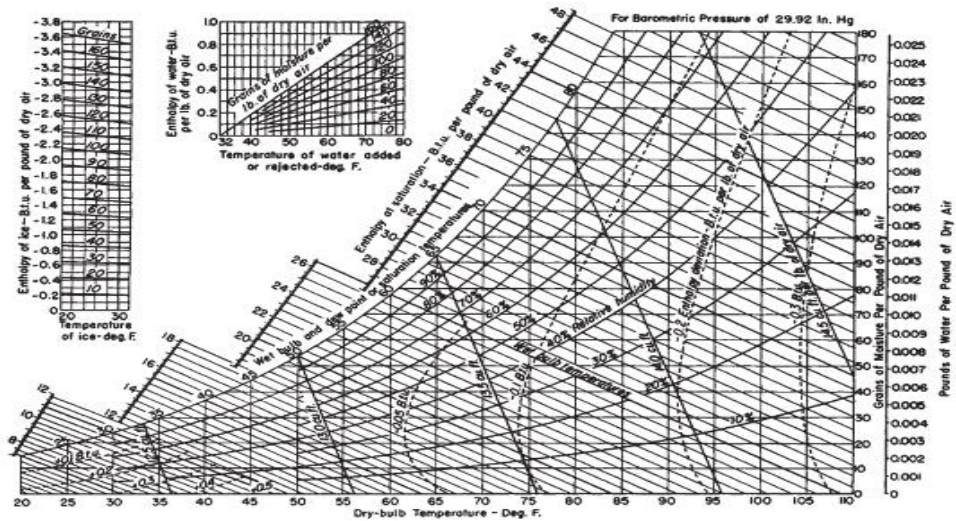


FIG. 12-2 Psychrometric chart—medium temperatures. Barometric pressure, 29.92 in.Hg. To convert British thermal units per pound dry air-degree Fahrenheit to joules per kilogram-kelvin, multiply by 4186.8; and to convert cubic feet per pound to cubic meters per kilogram, multiply by 0.0024.

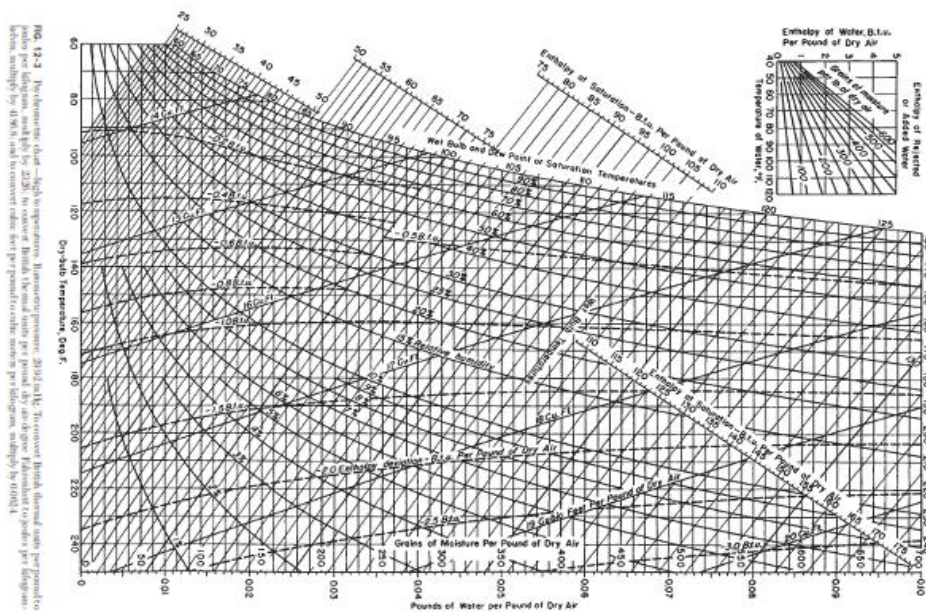


FIG. 12-3 Psychrometric chart—high temperatures. Barometric pressure, 29.92 in.Hg. To convert British thermal units per pound dry air-degree Fahrenheit to joules per kilogram-kelvin, multiply by 4186.8; and to convert cubic feet per pound to cubic meters per kilogram, multiply by 0.0024.

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**

$$C_a = 1,5 \text{ gal/menit ft}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Luas menara} &= W_c/C_a \\ &= 177,143/1,5 \\ &= 118,0956 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Faktor keamanan } 10\% \\ &= 131,2173 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

- **Daya yang dibutuhkan Fan**

Peforma Standar menara : 97%

Daya : 0,037 Hp

Sehingga,

$$\begin{aligned} P_{act} &= 0,037 \times 10\% \\ &= 24 \text{ Hp} \end{aligned}$$

- **Dimensi Tower**

$$\frac{W_L}{D_t} = 90,85 \left(\frac{\Delta h}{\Delta T} \right) \sqrt{\Delta t + (0,3124 \Delta h)}$$

$$D_t = 94,16043 \text{ ft}$$

$$Z_t = 1,5 D$$

$$Z_t^{0,5} = \frac{94,16043 \times 11,18033}{131,2173}$$

$D = 13,08799 \text{ m}$

Tinggi menara = 19,631990 m

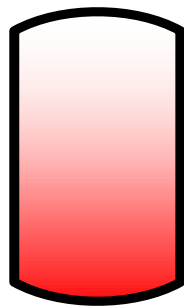
8. Tangki Pelarutan alum

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 / m³

Temperatur = 30 °C

Tekanan = 1 atm

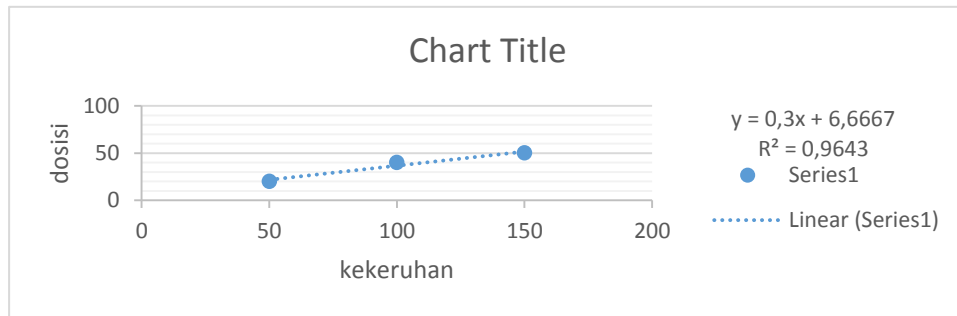
= 14.696 psi

Laju alir volumetrik = 40 kg/m³

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 ft³/hari

Faktor keamanan 10 % = 37587 ft³/hari

- **Kapasitas Tangki**

Kebutuhan alum direncanakan untuk pemakaian selama 7 hari

Volume total x 7 Hari

37587 ft³/hari x 7 hari = 263110 ft³

= 7446 m³

= 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,

$$P = \frac{K_T N^3 d^5 \rho}{g_c}$$

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi Motor} &= 80\% \\ &= \frac{0,87 \times 0,002858 \times 1,89370 \times 109,88}{\text{Daya Motor}} \\ &= \frac{32,17}{0,000131549 \text{ Hp}} \\ &= 0,000105239 \text{ Hp} \end{aligned}$$

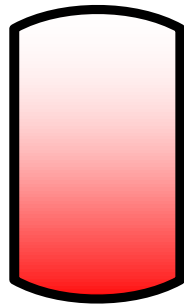
9. Tangki Pelarutan Kapur Tohor

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 / m³

Temperatur = 30 °C

Tekanan = 1 atm

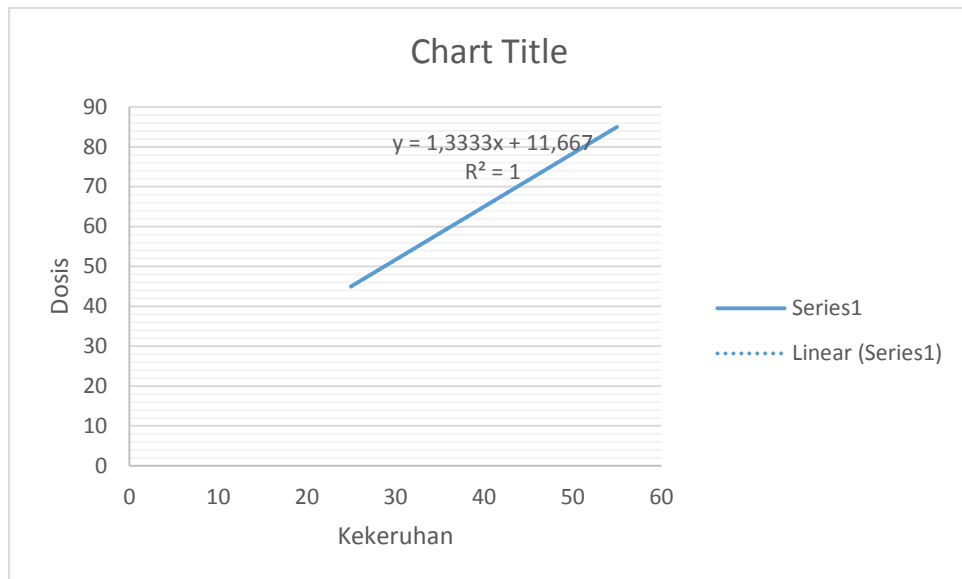
$$= 14.696 \text{ psi}$$

$$\text{Laju alir volumetrik} = 18 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Faktor Keamanan} = 10 \%$$

- **Kebutuhan alum**

$$\text{Kekeruhan air sungai siak} = 45 \text{ NTU}$$



$$\text{Dosis alum yang digunakan} = 0,0000716667 \text{ Kg/Liter}$$

$$\text{Kebutuhan alum} = \text{Dosis} \times \text{Laju alir Volumetrik}$$

$$= 0,0000716667 \times 18$$

$$= 1,2942 \text{ Kg/jam}$$

$$= 31 \text{ Kg/hari}$$

$$= 68 \text{ lb/hari}$$

alum yang digunakan berupa larutan alum dengan konsentrasi 40% berat

$$\text{Berat Larutan alum} = 68 \text{ lb/hari}/40\%$$

$$= 171,225 \text{ lb/hari}$$

$$\text{Volume alum} = \text{Berat alum} / \text{Densitas Alum}$$

$$= 1,2410 \text{ ft}^3/\text{hari}$$

Faktor keamanan 10 % = 1,3789 ft³/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 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

$$N = 0,2054 \text{ rps}$$

$$N_{Re} = \frac{\rho \times N \times d^2}{\mu}$$

$$\text{Maka, } N_{re} = 24680$$

$$K_t = 0,87$$

Sehingga,

$$P = \frac{K_T N^3 d^5 \rho}{g_c}$$

$$= \frac{0,87 \times 0,008671 \times 1,89370 \times 137,97}{32,17}$$

$$= 0,000111402 \text{ Hp}$$

$$\text{Efisiensi Motor} = 80 \%$$

$$\text{Daya Motor} = 0,000139252 \text{ Hp}$$

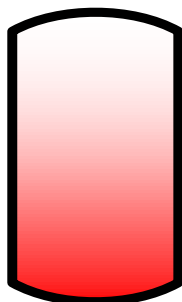
10. Tangki Pelarutan Kaporit

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 / m³

Temperatur = 30 °C

Tekanan = 1 atm

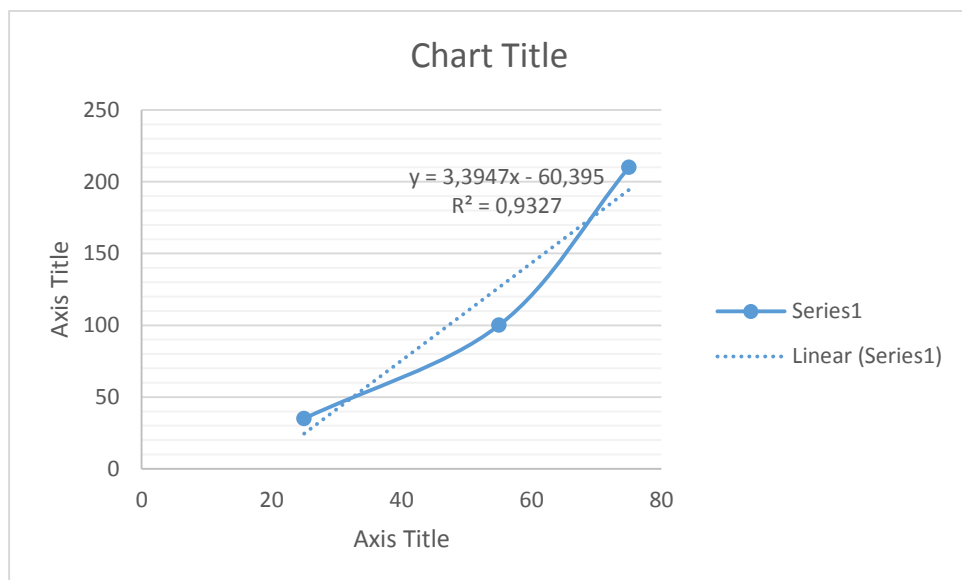
= 14.696 psi

Laju alir volumetrik = 34 kg/m³

Faktor Keamanan = 10 %

- **Kebutuhan alum**

Kekeruhan air sungai siak = 45 NTU



Dosis alum yang digunakan = 0,0000923684 Kg/Liter

Kebutuhan alum = Dosis x Laju alir Volumetrik

$$= 0,0000716667 \times 34$$

$$= 3,122299 \text{ Kg/jam}$$

$$= 75 \text{ Kg/hari}$$

$$= 165 \text{ lb/hari}$$

alum yang digunakan berupa larutan alum dengan konsentrasi 40% berat

$$\text{Berat Larutan kaporit} = 165 \text{ lb/hari}/40\%$$

$$= 413,0802 \text{ lb/hari}$$

$$\text{Volume kaporit} = \text{Berat alum} / \text{Densitas Alum}$$

$$= 2,9939 \text{ ft}^3/\text{hari}$$

$$\text{Faktor keamanan } 10 \% = 3,3266 \text{ ft}^3/\text{hari}$$

- **Kapasitas Tangki**

Kebutuhan alum direncanakan untuk pemakaian selama 7 hari

Volume total x 7 Hari

$$3,3266 \text{ ft}^3/\text{hari} \times 7 \text{ hari} = 23 \text{ ft}^3$$

$$= 0,65900 \text{ m}^3$$

$$= 19 \text{ liter}$$

- **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 80.000 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 :

$$\text{Harga Sekarang} = \text{Harga awal} \times \left(\frac{\text{indeks harga sekarang}}{\text{indeks harga awal}} \right) \text{(Peters, 1991)}$$

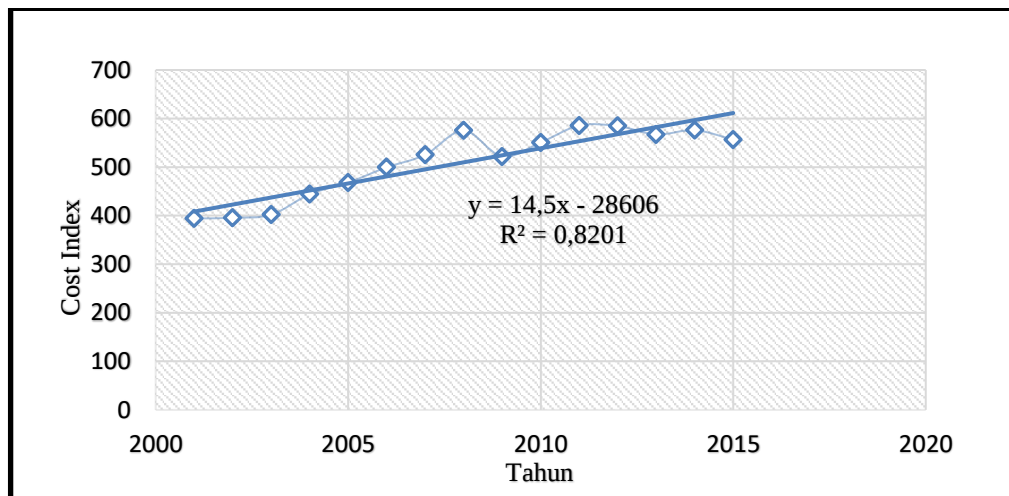
Daftar indeks harga rata-rata tahunan menurut *Engineering Plant Cost* dapat dilihat pada Tabel D.1 dan Gambar D.1 di bawah ini.

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>)

Berdasarkan Tabel D.1 maka diperoleh grafik seperti yang terlihat pada Gambar D.1 sebagai berikut.



Gambar D.1 Grafik Hubungan *Cost Index* terhadap Tahun

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.

Tabel D.2 Daftar Perkiraan Harga Peralatan Proses

Nama Alat	Jumlah	Harga/Unit (US\$)	2020		2026	
			US\$	Rp	US\$	Rp
Reaktor PFR	1	884.300	884.300	12.419.993.500	996.777	13.999.729.515
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 (presure 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	158.314.254
Pan	1	10.000,000	10.000	140.450.000	11.272	158.314.254
Storage PFAD	1	91.600,000	91.600	1.286.522.000	103.251	1.450.158.570
Storage Green diessel	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	505.022.471
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	205.808.531
TOTAL			5.261.800	73.901.981.000	5.931.064	83.301.794.373

Total harga peralatan proses :

- Harga Dolar (Juli 2021) : US\$ 14.045
- Harga peralatan proses, A : US\$ 5.931.064 = Rp 83.301.794.373
- Biaya transportasi dan asuransi, 12%A : US\$ 741.383 = Rp 10.412.724.297
- Pajak bea cukai, 10%A : US\$ 1.720.009 = Rp 24.157.520.368 +
- Total : US\$ 8.392.456 = Rp117.872.039.038**

Tabel D.3 Daftar Perkiraan Harga Peralatan Utilitas

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
Total	20		1.021.212	14.342.922.540	1.151.103	19.195.266.930

Sumber : (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>
	Total	: US\$1.628.811	= Rp 22.876.646.914

Total harga peralatan = harga peralatan proses + harga peralatan utilitas

= US\$ **8.392.456** + US\$ **1.628.811**

= US\$ **10.021.266**

Prarancangan pabrik *green diessel* 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 : 80.000 ton/tahun
: 11.111 kg/jam
Waktu Operasi pabrik : 300 hari

1.2 Perhitungan Komponen-Komponen Investasi

Perkiraan investasi dihitung dengan menggunakan faktor rasio berdasarkan metode *delivered equipment cost* untuk *liquid-solid processing plant* seperti yang dapat dilihat pada Tabel D.4 di bawah ini.

Tabel D.4 Perhitungan *Capital Investment* Pabrik *green diesel* dari PFAD

Komponen	%	Biaya (US\$)	Biaya (Rp)
Direct Cost			
Biaya peralatan (<i>Equipment</i>)	100%	10.021.266	140.748.685.951
pemasangan alat (39 % <i>Equipment</i>)	39%	3.908.294	54.891.987.521
instrumentasi dan alat kontrol (13 % <i>Equipment</i>)	13%	1.302.765	18.297.329.174
pemasangan pipa (31 % <i>Equipment</i>)	31%	3.106.593	43.632.092.645
Pemasangan instalasi listrik (10 % <i>Equipment</i>)	10%	1.002.127	14.074.868.595
Bangunan (29 % <i>Equipment</i>)	29%	2.906.167	40.817.118.926
Pengembangan area (10 % <i>Equipment</i>)	10%	1.002.127	14.074.868.595
Fasilitas pelayanan (55 % <i>Equipment</i>)	55%	5.511.696	77.411.777.273
Lahan (6 % <i>Equipment</i>)	6%	601.276	8.444.921.157
Total Direct Cost		29.362.310	412.393.649.837
Indirect Cost			
<i>Engineering and supervision</i> (32 % <i>Direct Cost</i>)	32%	9.395.939	131.965.967.948
Biaya konstruksi (34 % <i>Direct Cost</i>)	34%	9.983.186	140.213.840.944
Total Indirect Cost		19.379.125	272.179.808.892
Total DC dan IC		48.741.435	684.573.458.729
Biaya kontraktor	18%	8.773.458	123.223.222.571
Biaya tidak terduga	36%	17.546.917	246.446.445.142
Fixed Capital Investment		75.061.810	1.054.243.126.442
Work Capital Investment	15% TCI	13.246.202	186.042.904.666
Total Capital Investment		88.308.012	1.240.286.031.108

(Sumber : Peters, Tabel 17 Hal 183)

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 US\$
= Rp 40.340.386.080

2. Hidrogen (H₂)

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 (Al₂(SO₄)₃)

Kebutuhan : 23,1 kg/jam
Harga : US\$ 1,3 /kg
$$\text{Total harga} = 23,1 \frac{\text{kg}}{\text{jam}} \times \frac{24 \text{ jam}}{1 \text{ hari}} \times \frac{300 \text{ hari}}{1 \text{ tahun}} \times \text{US\$ } 1,3 / \text{kg}$$
$$= \text{US\$ } 216.008 = \text{Rp } 3.033.830.398$$

5. Kaporit (Ca (ClO)₂)

Kebutuhan : 21,9 kg/jam

Harga : US\$ 0,9 /kg

$$\begin{aligned} \text{Total harga} &= 21,9 \frac{\text{kg}}{\text{jam}} \times \frac{24 \text{ jam}}{1 \text{ hari}} \times \frac{300 \text{ hari}}{1 \text{ tahun}} \times \text{US\$ } 0,9 / \text{kg} \\ &= \text{US\$ } 142.045 \\ &= \text{Rp } 1.995.020.802 \end{aligned}$$

6. Kapur tohor Ca(OH)_2

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
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

13	Kepala satpam (SMA)	1	1,5 x UMR	5.117.328	5.117.328	61.407.936	4.372
14	Sopir (-SMA otomotif)	2	1 x UMR	3.411.552	6.823.104	81.877.248	5.830
15	Dokter (-S1 Kedokteran)	1	1,5 x UMR	5.117.328	5.117.328	61.407.936	4.372
16	Perawat (-D3 Keperawatan)	2	1,2 x UMR	4.093.862	8.187.725	98.252.698	6.996

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 UMR	5.117.328	20.469.312	245.631.744	17.489
24	Office boy						
	-SMA	6	1 x UMR	3.411.552	20.469.312	245.631.744	17.489
TOTAL		102		233.009.002	486.146.160	5.833.753.920	415.362

Maka, gaji total karyawan selama 1 tahun = Rp 5.833.753.920
= US\$ 415.362

c. Perhitungan Komponen Biaya Produksi Total

Perhitungan komponen biaya produksi total dapat dilihat pada Tabel D.6 di bawah ini.

Tabel D.6 Perhitungan Komponen Biaya Produksi Total

Parameter	Fixed Cost (US\$)	Variable Cost (US\$)
Direct Production Cost (DPC)		
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)		15.544.821,03
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	
Total DPC	8.590.998	56.059.341
Fixed Charge		
Depreciation (10% equipment + 2,5% building)	1.074.781	
Local Taxes (1-4% FCI)	1.876.545	
Insurance (0,4-1% FCI)	525.433	
Total FC	3.476.759	
Plant Overhead Cost		10.363.214
General Expenses		
Administrative cost (2-6% TPC)	4.145.285,61	
Distribution Cost (2-20% TPC)	11.399.535,42	
Research and Development (5% TPC)	5.181.607,01	
Financing (0-10% TCI)	4.415.401	
Total General Expenses	25.141.829	
Total Production Cost	37.209.585	66.422.555

Total Production Cost = Manufacturing Cost + General Expenses
= (Fixed Cost + Variable Cost)

$$\begin{aligned} \text{TPC} &= (\text{US\$ } 53.888.713) + (0,48 \text{ TPC}) \\ 0,52 \text{ TPC} &= \text{US\$ } 53.888.713 \\ \text{TPC} &= \text{US\$ } 103.632.140 \end{aligned}$$

Sehingga :

- *Direct Production Cost* = US\$ 64.650.339
- *General Expenses* = US\$ 25.141.829

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	12.965	93.347.958	2	166.158.701	2.333.698.950.600
TOTAL	12964,9942	93347958,0240	1,7800	166.158.700,6479	2.333.698.950.600,0000

(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\$ 88.308.012
- Total Penjualan Produk (TS) = US\$ 166.158.701
- *Total Production Cost* (TPC) = US\$ 103.632.140

Laba Sebelum Pajak (Laba Kotor) = Total Penjualan – Biaya Produksi
= US\$ 62.526.560
= Rp 878.185.541.862

Pajak 12.5% (Dirjen Pajak)

Laba Bersih = Laba Kotor – (Laba kotor x Pajak)
= US\$ 54.710.740
= Rp 768.412.349.129

5.2 Laju Pengembalian Modal (*Rate Of Return*)

$$ROR = \frac{\text{labas bersih}}{TCI} \times 100 \%$$
$$= 61 \%$$

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%

Keuntungan masing-masing kapasitas setelah ditambah depresiasi

1. Kapasitas 70%

$$\begin{aligned} &= \text{total penjualan } 70\% - [\{\text{fixed cost} + (\text{variable cost} \times 70\%)\} + \text{depresiasi}] \\ &= \text{US\$ } 31.530.935,89 \end{aligned}$$

2. Kapasitas 90%

$$\begin{aligned} &= \text{total penjualan } 90\% - [\{\text{fixed cost} + (\text{variable cost} \times 90\%)\} + \text{depresiasi}] \\ &= \text{US\$ } 51.478.165 \end{aligned}$$

3. Kapasitas 100%

$$\begin{aligned} &= \text{total penjualan } 100\% - [\{\text{fixed cost} + (\text{variable cost} \times 100\%)\} + \text{depresiasi}] \\ &= \text{US\$ } 61.451.780 \end{aligned}$$

Jumlah keuntungan selama *start up* adalah = US\$ 67.314,677

$$\begin{aligned} POT &= 2 + \frac{TCI - \text{jumlah keuntungan selama startup}}{\text{keuntungan saat kapasitas } 100\%} \\ &= 2,09 \text{ tahun} \end{aligned}$$

5.4 Titik Impas (*Break Even Point*)

Total Sales = US\$ 166.158.701

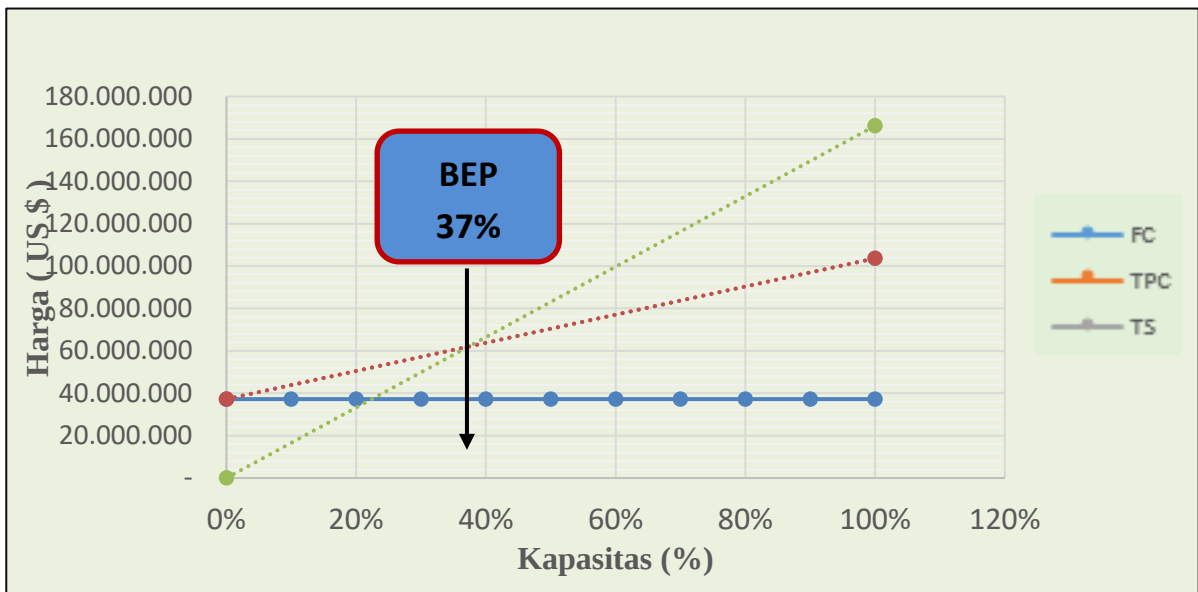
Fixed Cost = US\$ 37.209.585

Variabel Cost = US\$ 66.422.555

Maka,

$$\text{Break Even Point (BEP)} = \frac{\text{Fixed Cost}}{\text{Total Sales} - \text{Variabel Cost}} \times 100\%$$

BEP = 37 %



Gambar D.2 Kurva BEP