

PERANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI MINYAK JELANTAH DAN METANOL BERKAPASITAS 8.200 TON/TAHUN

CHE 184660-03 Tugas Perancangan Pabrik Kimia

Disusun untuk memenuhi tugas akhir guna mencapai gelar sarjana di bidang
Ilmu Teknik Kimia

Disusun oleh:

Kris T. Gunawan	2013620072
Yoel Lavenki	2014620029
Matthew Setiadi	2014620078
Dimas Saptoaji	2015620036

Pembimbing :

Dr. Henky Muljana, S.T., M.Eng.



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
BANDUNG
2019**

LEMBAR PENGESAHAN

**JUDUL: PERANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI MINYAK
JELANTAH DAN METANOL BERKAPASITAS 8.200 TON/TAHUN**

CATATAN

Telah diperiksa dan disetujui,

Bandung, 2 Desember 2019

Pembimbing

Dr. Henky Muljana, S.T., M. Eng.

PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK KIMIA

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN

SURAT PERNYATAAN

Saya, yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Kris T. Gunawan

NPM : 2013620072

Nama : Yoel Lavenki

NPM : 2014620029

Nama : Matthew Setiadi

NPM : 2014620078

Nama : Dimas Saptoaji

NPM : 2015620036

dengan ini menyatakan bahwa perancangan pabrik dengan judul:

PERANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI MINYAK JELANTAH DAN METANOL BERKAPASITAS 8.200 TON/TAHUN

adalah hasil pekerjaan saya; seluruh pendapat, ide, dan materi dari sumber lain telah dikutip dengan cara penulisan referensi yang sesuai.

Pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya dan jika pernyataan ini tidak sesuai dengan kenyataan, maka saya bersedia menanggung sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Bandung, 2 Desember 2019

Kris T. Gunawan
(2013620072)

Yoel Lavenki
(2013620029)

Matthew Setiadi
(2014620078)

Dimas Saptoaji
(2015620036)

INTISARI

Bahan bakar fosil merupakan energi yang tak dapat diperbaharukan dan ketersediaannya di muka bumi ini sudah semakin menipis. Sudah saatnya menggunakan pengganti bahan bakar fosil ini dengan energi alternatif yang dapat diperbaharui, salah satu contohnya ialah biodiesel. Biodiesel dapat disintesis dari minyak nabati maupun hewani. Terdapat bahan baku alternatif dalam mensintesis biodiesel, yaitu menggunakan minyak jelantah atau minyak hasil penggorengan. Pertimbangan pemakaian minyak jelantah sebagai bahan baku ialah karena limbah di Indonesia banyak yang tak terpakai. Sehingga dengan pemakaian limbah dari pabrik yang menggunakan minyak goreng diharapkan dapat mengurangi pencemaran limbah minyak jelantah. Produksi biodiesel dari minyak jelantah masih belum ada di Indonesia. Hal ini sangat disayangkan karena permintaan biodiesel meningkat akan tetapi limbah minyak jelantah masih belum dapat dimanfaatkan lebih lanjut. Proses pembuatan biodiesel dari minyak jelantah menggunakan reaksi esterifikasi dan transesterifikasi

Secara garis besar, proses pembuatan biodiesel dari minyak jelantah dan metanol ini adalah dengan memisahkan minyak dari padatan pengotor pada *strainer*, kemudian minyak dipanaskan dan kemudian direaksikan dengan metanol dengan perbandingan mol 1:2,5 dengan bantuan katalis asam sulfat pada temperatur 60°C dengan tekanan 101 kPa. Campuran reaksi keluaran reactor kemudian dipisahkan dengan evaporasi antara produk dan produk samping, lalu kemudian didinginkan dan kemudian campuran produk direaksikan kembali dengan metanol dengan perbandingan mol 3:1. Produk direaksikan kembali dilakukan dengan bantuan katalis KOH. Campuran produk dan KOH direaksikan pada reactor CINC dimana reactor dan *centrifuge* berada pada satu alat sehingga langsung terpisah antara produk utama dan produk samping. Produk biodiesel yang dihasilkan memiliki komposisi: trigliserida (0,0021%); FFA (0,0065%); FAME (99,64%); metanol (0,0007%); dan gliserol (0,29%)

Pabrik biodiesel dari minyak jelantah ini didirikan di Kawasan Industri Candi, Kecamatan Ngaliyan, Kota Semarang, Provinsi Jawa Tengah. Kapasitas produksi pabrik ini adalah 8200 ton/tahun. *Gross Profit Margin* (GPM) yang diperoleh pabrik ini adalah sebesar Rp 5.208.000.000/tahun.

Kata kunci: Biodiesel, minyak jelantah, esterifikasi, transesterifikasi

ABSTRACT

Fossil fuels are non-renewable energy sources that will eventually be depleted. However renewable energy sources, such as biodiesel, is a very good example to replace fossil fuels. It can be manufactured from vegetable or animal fats. Other considerable source for biodiesel synthesis is namely used or waste cooking oil. The number of waste cooking oil coming from vegetable fat manufacturing plants in Indonesia is pretty high, nevertheless it is barely being recycled into biodiesel production despite its high demand. Biodiesel synthesis from waste cooking oil includes esterification and transesterification reactions.

In this study, the biodiesel is synthesized by first separating the used oil from unwanted substances on the strainer. The waste cooking oil was then heated and mixed with methanol using molar ratio (oil:methanol) 1:2,5 with the help of H₂SO₄ as catalyst under 60°C and 106 kPa. It was then separated from the byproduct (glycerol) through evaporation. After cooling down, it was then mixed with methanol for the second time using molar ratio (oil:methanol) 3:1. The transesterification product was then mixed with KOH as a catalyst. CNIC centrifuge was then used to separate and react the mixture of KOH and transesterification product. The compositions from the biodiesel after the separation and reaction are: Triglyceride (0,0021%); ; FFA(0,0065%); FAME (99,64%); methanol (0,0007%) and glycerol (0,29%).

The biodiesel manufacturing plant is located in Kawasan Industri Candi, Kecamatan xx, Semarang, Central Java, Indonesia. Its annual production capacity is 8.200 ton with annual GPM of Rp 5.208.000.000/year.

Keywords: Biodiesel, used cooking oil, esterification, transesterification

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat yang telah diberikan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan perancangan pabrik ini dengan baik. Perancangan pabrik berjudul “Perancangan Pabrik Biodiesel dari Minyak Jelantah dan Metanol Berkapasitas 8.200 ton/tahun” ini disusun sebagai salah satu prasyarat kelulusan Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik Parahyangan. Penulis menyadari bahwa terselesaikannya proposal penelitian ini tak lepas dari dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis hendak mengucapkan terima kasih kepada:

1. Tuhan yang maha esa yang selalu memberikan jalan, petunjuk, kekuatan, kesabaran, dan ketenangan dalam menghadapi segala situasi.
2. Dr. Henky Muljana, S.T., M. Eng. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan laporan perancangan pabrik.

Penulis menyadari bahwa penelitian ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran demi perbaikan penelitian ini. Akhir kata, penulis berharap penelitian ini dapat memberikan informasi bagi pembaca dan bermanfaat bagi banyak pihak.

Bandung, Desember 2019

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
SURAT PERNYATAAN.....	iii
INTISARI.....	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB I	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Analisis Pasar.....	3
1.3.1 Perkembangan Produksi.....	3
1.3.2 Perkembangan Ekspor.....	3
1.3.3 Perkembangan Konsumsi.....	3
1.4 Kapasitas Produksi.....	4
BAB II.....	6
TINJAUAN PROSES.....	6
2.1 Tinjauan Pustaka dan Seleksi Proses.....	6
2.1.1 Waste Cooking Oil (WCO)	6
2.1.2 Biodiesel.....	6
2.1.3 Seleksi Proses	7
2.2 Diagram Alir Proses Dalam <i>Block Flow Diagram</i>	10
2.3 Spesifikasi Bahan Baku Utama dan Pendukung.....	11
2.3.1 Minyak Jelantah	12
2.3.2 Metanol (<i>Metanol</i>)	12
2.3.3 KOH	13
2.4 Spesifikasi Produk Utama dan Samping.....	13
2.4.1 FAME.....	14
2.4.2 Gliserol.....	14

2.5 Penanganan Bahan Baku dan Produk Akhir.....	15
2.5.1 Penanganan Minyak Jelantah.....	15
2.5.3 Penanganan Asam Sulfat	15
2.5.4 Penanganan Kalium Hidroksida (KOH)	15
2.5.5 Penanganan Biodiesel (FAME)	15
2.6 Deskripsi Proses.....	15
2.6.1 Tahap Persiapan Bahan Baku	18
2.6.2 Tahap Esterifikasi	18
2.6.3 Tahap Transesterifikasi	18
2.6.4 Tahap Pemisahan dan Pemurnian Produk.....	19
2.7 Pemilihan Lokasi	19
2.8. Perhitungan Gross Profit Margin.....	21
BAB III.....	22
NERACA MASSA DAN ENERGI	22
3.1 Tangki Penyimpanan Minyak Jelantah (T-01)	23
3.2 Tangki Penyimpanan KOH (T-02)	24
3.3 Tangki Penyimpanan Metanol (T-03)	24
3.4 Tangki Penyimpanan Asam Sulfat (T-04).....	25
3.5 Tangki Penyimpanan Biodiesel (T-05).....	25
3.6 Tangki Penyimpanan Gliserol (T-06).....	26
3.7 Strainer (F-01)	26
3.8 Evaporator 1 (EV-01)	27
3.9 Evaporator 2 (EV-02)	27
3.10 Evaporator 3 (EV-03)	28
3.11 Pompa 1 (P-01).....	29
3.12 Pompa 2 (P-02).....	29
3.13 Pompa 3 (P-03).....	30
3.14 Pompa 4 (P-04).....	31
3.15 Pompa 5 (P-05).....	31
3.16 Pompa 6 (P-06)	32
3.17 Pompa 7 (P-07).....	32
3.18 Cooler 1 (HE-01).....	33
3.19 Cooler 2 (HE-02).....	33

3.20	<i>Cooler 3 (HE-03)</i>	34
3.21	<i>Cooler 4 (HE-04)</i>	34
3.22	Reaktor (R-01)	35
3.23	Reaktor (R-02)	35
3.24	Reaktor CCCS (R-03).....	36
3.25	Tabel Neraca Massa dan Energi	37
BAB IV		46
SPESIFIKASI PERALATAN, SISTEM PERPIPAAN, DAN		46
INSTRUMENTASI PROSES		46
4.1	Spesifikasi Peralatan	46
4.1.1	Storage Tank.....	46
4.1.2	Pompa.....	47
4.1.3	Strainer	48
4.1.4	Alat Penukar Panas.....	49
4.1.5	Evaporator	51
4.1.6	Reaktor Tangki Berpengaduk (CSTR)	52
4.1.7	Reaktor Continuous Centrifugal Contactor Separator (CCCS).....	54
4.2	Sistem Perpipaan	55
4.3	Pengendalian Proses dan Instrumentasi	56
4.3.1	Instrumentasi Filter	56
4.3.2	Instrumentasi Evaporasi	57
4.3.3	Instrumentasi Reaktor	57
4.3.4	Instrumentasi <i>Heat Exchanger</i>	58
4.4	Diagram Elevasi dan Tampak Atas Pabrik	60
4.5	Tata Letak Area Pabrik dan Area Produksi	62
BAB V		68
SISTEM UTILITAS		68
5.1	Unit Penyediaan Air	68
5.1.1	Pengolahan Air Baku.....	69
5.1.2	Pengolahan Air Demin	70
5.2	Unit Penyediaan Media Pemanas	71
5.2.1	<i>Fire-tube Boiler</i>	72
5.2.2	<i>Water-tube Boiler</i>	72

5.3	Unit Penyediaan Bahan Bakar	73
5.4	Unit Penyediaan Fluida Pendingin	73
5.5	Unit Penyediaan Listrik	75
5.6	Unit Penyediaan Udara Tekan	77
5.7	Unit Penyediaan Gas Nitrogen	79
BAB VI.....		81
PENGOLAHAN LIMBAH.....		81
6.1	Limbah Padat	81
6.2	Limbah Cair	81
6.3	Limbah Gas.....	82
BAB VII		84
SISTEM MANAJEMEN DAN ORGANISASI.....		84
7.1	Perencanaan dan Pembangunan Pabrik	84
7.1.1	Tahap Inisiasi	85
7.1.2	Tahap Perancangan (<i>Engineering</i>)	86
7.1.3	Tahap Pembuatan Kontrak	88
7.1.4	Tahap Perancangan Proses Utama (<i>Main Process Engineering Design</i>).....	88
7.1.5	Tahap Penyediaan Peralatan (<i>Procurement</i>)	89
7.1.6	Tahap Konstruksi (<i>Construction</i>)	90
7.1.7	Tahap Commisioning	91
7.1.8	<i>Start Up</i> Serta Produksi Komersial	92
7.2	Badan Hukum dan Struktur Organisasi Perusahaan	96
7.2.1	Departemen Produksi	96
7.2.2	Departemen Penjualan.....	98
7.2.3	Departemen Keuangan	98
7.2.4	Departemen Penyediaan	99
7.2.5	Departemen Administrasi dan Umum	100
7.3	Struktur Tenaga Kerja.....	102
7.4	Keselamatan Kerja.....	102
7.5	Sistem Upah Karyawan	103
7.6	Kesejahteraan Karyawan	106
BAB VIII.....		107
PERKIRAAN INVESTASI DAN ANALISIS EKONOMI.....		107

8.1	Dasar Perhitungan dan Asumsi yang Digunakan	107
8.2	Total Investment Cost.....	107
8.3	Komposisi Modal.....	108
8.4	Manufacturing Cost	108
8.5	Analisa Kelayakan Ekonomi	109
8.5.1	Cash Flow Statement.....	109
8.5.2	Return on Investment	110
8.5.3	Net Present Value	111
8.5.4	Internal Rate of Return	111
8.5.5	Pay Back Period	111
8.5.6	Break Even Point.....	111
8.6	Analisa Sensitivitas.....	112
BAB IX.....		116
KESIMPULAN DAN SARAN		116
9.1	Kesimpulan.....	116
9.2	Saran	116

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Perkembangan Jumlah Produksi Biodiesel di Indonesia (Kementrian ESDM) ...	3
Tabel 1.2 Perkembangan Jumlah Konsumsi Biodiesel di Indonesia (Kementrian ESDM) .	4
Tabel 1.3. Perkembangan Penggunaan Minyak Goreng di Indonesia.....	5
Tabel 1.4. Proyeksi Penggunaan Minyak Goreng di Indonesia.....	5
Tabel 2.1 Sifat Fisik Minyak Jelantah	6
Tabel 2.2 Sifat Fisik Biodiesel.....	7
Tabel 2.3 Komposisi Kimia Minyak Jelantah (Issariyakul; et al, 2006)	12
Tabel 2.4 Sifat Fisik dan Kimia dari Metanol pada Temperatur Ruang (Ott, dkk., 2010) .	13
Tabel 2.5 Spesifikasi Standar Penjualan FAME.....	14
Tabel 2.6 Spesifikasi Gliserol Sebagai Produk Samping.	14
Tabel 2.7 Harga Bahan Baku dan Produk	21
Tabel 2.8 Perhitungan <i>Gross Profit Margin</i>	21
Tabel 3.1 Neraca Massa.....	37
Tabel 3.2 Neraca Energi	40
Tabel 4.1 Spesifikasi <i>Storage Tank</i>	47
Tabel 4.2 Spesifikasi Pompa.....	48
Tabel 4.3 Spesifikasi <i>Strainer</i> (F-01)	48
Tabel 4.4a Spesifikasi Double-Pipe Heat Exchanger.....	50
Tabel 4.4b Spesifikasi Shell and Tube Heat Exchanger.....	50
Tabel 4.5 Spesifikasi Evaporator	52
Tabel 4.6 Spesifikasi Reaktor Tangki Berpengaduk	53
Tabel 4.7 Spesifikasi Reaktor CCCS.....	54
Tabel 4.8 Spesifikasi Perpipa-an.....	55
Tabel 4.9 Keterangan Simbol <i>Piping and Instrumentation Diagram</i> (P&ID)	60
Tabel 4.10 Keterangan Simbol Diagram Elevasi	60
Tabel 4.11 Keterangan Simbol Tampak Atas Lantai 1.....	61
Tabel 4.12 Keterangan Simbol Tampak Atas Lantai 2.....	62
Tabel 5.1 Distribusi Air Pabrik.....	69
Tabel 5.2 Kualitas Air Sungai Bringin	69
Tabel 5.3 Kebutuhan Listrik Proses.....	75
Tabel 5.4 Kebutuhan Listrik Penerangan pada Area Bangunan.....	75
Tabel 5.5 Kebutuhan Listrik Penerangan pada Area Non-Bangunan.....	76
Tabel 5.6 Total Kebutuhan Listrik Pabrik	77
Tabel 5.7 Spesifikasi Kompresor.....	78
Tabel 6.1 Nilai Ambang Batas Gas di Lingkungan Kerja	82
Tabel 7.1 <i>Gantt Chart</i>	93
Tabel 7.2 <i>Critical Path Method-Analysis</i>	94
Tabel 7.3a Ketentuan Kerja Karyawan Reguler	102
Tabel 7.3b Ketentuan Kerja Karyawan dengan Shift	102

Tabel 7.4 Keterangan Tenaga Kerja	104
Tabel 7.5 Daftar Gaji Karyawan.....	104
Tabel 8.1 Biaya Peralatan Proses.....	108

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Block Flow Diagram</i> Pembuatan Biodiesel	11
Gambar 2.2 Process Flow Diagram	17
Gambar 2.3 Reaksi Transesterifikasi	19
Gambar 3.1 Tangki Penyimpanan Minyak Jelantah (T-01)	24
Gambar 3.2 Tangki Penyimpanan KOH (T-02)	24
Gambar 3.3 Tangki Penyimpanan Metanol (T-03).....	25
Gambar 3.4 Tangki Penyimpanan Asam Sulfat (T-04)	25
Gambar 3.5 Tangki Penyimpanan Biodiesel (T-05)	26
Gambar 3.6 Tangki Penyimpanan Gliserol (T-06)	26
Gambar 3.7 Strainer (F-01).....	27
Gambar 3.8 Evaporator 1 (EV-01)	27
Gambar 3.9 Evaporator 2 (EV-02)	28
Gambar 3.10 Evaporator 3 (EV-03)	29
Gambar 3.11 Pompa 1 (P-01)	29
Gambar 3.12 Pompa 2 (P-02)	30
Gambar 3.13 Pompa 3 (P-03)	30
Gambar 3.14 Pompa 4 (P-04)	31
Gambar 3.15 Pompa 5 (P-05)	31
Gambar 3.16 Pompa 6 (P-06)	32
Gambar 3.17 Pompa 7 (P-07)	33
Gambar 3.18 <i>Cooler</i> 1 (HE-01)	33
Gambar 3.19 <i>Cooler</i> 2 (HE-02)	33
Gambar 3.20 <i>Cooler</i> 3 (HE-03)	34
Gambar 3.21 <i>Cooler</i> 4 (HE-04)	34
Gambar 3.22 Reaktor 1 (R-01)	35
Gambar 3.23 Reaktor 2 (R-02)	36
Gambar 3.24 Reaktor CCCS (R-03)	37
Gambar 3.25 Process Flow Diagram	41
Gambar 4.1 Pompa	48
Gambar 4.2 <i>Strainer</i>	49
Gambar 4.3 Long Tube Evaporator	52
Gambar 4.4 Reaktor CINC V-16 (www.cinc.de)	55
Gambar 4.5 Piping and Instrumentation Diagrams (P&ID)	59
Gambar 4.6 Diagram Elevasi.....	60
Gambar 4.7 Tampak Atas Letak Alat Lantai 1	61
Gambar 4.8 Tampak Atas Letak Alat Lantai 2	61
Gambar 4.9 <i>Layout</i> Pabrik	64

Gambar 5.2 Resin Penukar Ion	71
Gambar 5.3 <i>Fire-tube Boiler</i> (Smith, 2005)	72
Gambar 5.4 <i>Water-tube boiler</i> (Smith, 2005).....	73
Gambar 5.5 Skema Produksi Udara Tekan.....	79
Gambar 5.6 Unit Penyediaan Gas Nitrogen dengan Teknik <i>Pressure Swing Adsorption</i>	80
Gambar 7.1 <i>Activity on Node</i> (AON).....	95
Gambar 7.2 Struktur Organisasi	101
Gambar 8.1 Discrete Cash Flow	109
Gambar 8.2 Cumulative Cash Flow.....	110
Gambar 8.3 Break Even Point	112
Gambar 8.4 Sensitivitas ROI Terhadap Perubahan Harga Bahan Baku dan Harga Biodiesel	113
Gambar 8.5 Sensitivitas NPV Terhadap Perubahan Harga Bahan Baku dan Harga Biodiesel	113
Gambar 8.6 Sensitivitas IRR Terhadap Perubahan Harga Bahan Baku dan Harga Biodiesel	114
Gambar 8.7 Sensitivitas PBP Terhadap Perubahan Harga Bahan Baku dan Harga Biodiesel	114

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Biodiesel saat ini telah berkembang menjadi salah satu energi alternatif dari bahan bakar fosil (Andhika, 2016). Sebagai salah satu sumber energi terbarukan, biodiesel adalah alternatif yang tepat untuk menggantikan bahan bakar fosil yang tak terbarukan dan mulai menipis persediaannya (Andhika, 2016). Selain karena ketersediaannya, perolehan dan penggunaan bahan bakar fosil yang tidak ramah lingkungan juga menjadi alasan dijadikannya biodiesel sebagai salah satu sumber energi yang paling dicari dan diteliti saat ini. Biodiesel atau biodiesel digunakan sebagai energi alternatif pengganti bahan bakar minyak untuk jenis diesel/solar. Biodiesel dapat diaplikasikan baik dalam bentuk campuran dengan minyak solar pada tingkat konsentrasi tertentu seperti B20 (Fitriana, 2013).

Menurut Siaran Pers ESDM tentang Program Percepatan Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati: Pemanfaatan BBN telah dimulai sejak tahun 2006 dengan diterbitkannya Instruksi Presiden Nomor 1 Tahun 2006 (ESDM 2013). Di Indonesia ada 60 jenis tanaman yang dapat digunakan sebagai bahan baku biodiesel termasuk kelapa sawit, jarak pagar, tebu, sorgum, dan ketela (Casson, Muliastira et al. 2014). Oleh karena itu, potensi Indonesia dalam industri biodiesel sesungguhnya cukup besar.

Selain itu, adanya regulasi yang mengatur penggunaan B20, berdasarkan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 12 tahun 2015, jenis sektor yang wajib menerapkan diantaranya usaha mikro, usaha perikanan, usaha pertanian, transportasi dan pelayanan umum/ PSO (*Public Service Obligation*); transportasi non PSO; dan industri dan komersial. Namun, program tersebut yang sudah diimplementasikan dengan baik di sektor transportasi (PSO). Sesuai arahan Presiden RI, terhitung mulai tanggal 1 September 2018 mandatori B20 dijalankan secara masif di semua sektor. Hal tersebut membuat penggunaan biodiesel akan meningkat (Humas EBTKE 2018).

Ada dua jenis utama bahan baku biodiesel yakni minyak nabati yang dapat dikonsumsi dan tidak dapat dikonsumsi. Biodiesel dapat diproduksi dari tanaman non

pangan, seperti minyak jelantah dan mikroalga Ihsamnullah; et al, 2014). Minyak goreng bekas (*waste cooking oil*) yang biasa disebut minyak jelantah, sangat potensial untuk diolah menjadi biodiesel. Hal ini dikarenakan minyak jelantah masih mengandung trigliserida di samping asam lemak bebas. Pada saat ini, pemanfaatan minyak jelantah di Indonesia masih belum berkembang. Minyak jelantah yang dihasilkan perusahaan besar dijual ke pedagang kaki lima dan kemudian digunakan untuk menggoreng makanan dagangannya dan sebagian lagi dibuang begitu saja ke saluran pembuangan.

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dilakukan “Perancangan Pabrik Biodiesel Dari Minyak Jelantah” ,untuk meningkatkan nilai guna minyak jelantah sehingga bisa diproses untuk menghasilkan sumber bahan baku alternatif biodiesel.

1.2 Rumusan Masalah

Pertumbuhan jumlah penduduk Indonesia yang pesat menyebabkan bertambahnya penggunaan kendaraan bermotor sehingga kebutuhan akan bahan bakar bermotor juga bertambah. Sementara itu produksi akan minyak goreng bekas terus bertambah juga seiring pertambahan jumlah penduduk. Minyak goreng bekas yang diproduksi jika tidak dapat digunakan kembali akan dibuang dan menjadi limbah mencemari lingkungan. Oleh karena itu limbah minyak goreng bekas akan direaksikan menjadi biodiesel untuk menambah nilai guna dan nilai jual dari minyak goreng bekas sehingga dapat sekaligus memenuhi kebutuhan akan bahan bakar kendaraan bermotor. Pada perancangan pabrik biodiesel dari minyak goreng bekas dirumuskan kendala yang mendasari pembuatan pabrik antara lain:

1. Apakah *pabrik* biodiesel *dari* minyak goreng bekas/ minyak jelantah layak didirikan?
2. Proses apa yang sebaiknya digunakan dalam *pabrik* biodiesel *dari* minyak goreng bekas/ minyak jelantah?
3. Produk samping apa saja yang dihasilkan dari proses yang digunakan dalam pabrik biodiesel dari minyak goreng bekas/ minyak jelantah?

1.3 Analisis Pasar

1.3.1 Perkembangan Produksi

Jumlah produksi biodiesel di Indonesia fluktuatif tiap tahunnya yang ditunjukkan dalam **Tabel 1.1**. Pada tahun 2015, jumlah produksi biodiesel mengalami penurunan yang cukup pesat sekitar 2 juta ton per tahun. Berdasarkan data yang diperoleh tersebut, didapatkan persamaan untuk menentukan jumlah produksi di tahun 2025 yaitu

$$\text{Jumlah Produksi} = (155.447) \times (\text{Tahun ke-}) + 2 \times 10^6$$

Tabel 1.1 Perkembangan Jumlah Produksi Biodiesel di Indonesia (Kementrian ESDM)

Tahun	Produksi (Ton)
2017	2.987.975,2
2016	3.197.903,2
2015	1.445.879,1
2014	3.464.686,7
2013	2.453.533,5
2012	1.942.708,7

1.3.2 Perkembangan Ekspor

Perkembangan ekspor biodiesel di Indonesia mengalami penurunan tiap tahunnya. Pada tahun 2018, jumlah biodiesel yang di ekspor ke berbagai negara adalah sebesar 55.389,946 ton/tahun. Kemungkinan di tahun 2025, Indonesia sudah tidak lagi mengekspor biodiesel dikarenakan jumlah ekspor yang semakin menurun tiap tahunnya. Jumlah ekspor yang menurun ini mungkin disebabkan oleh semakin bertambahnya kemampuan negara lain untuk menghasilkan biodiesel. Selain itu, Indonesia juga tidak lagi mengimpor biodiesel sehingga produksi dalam negeri cukup untuk memenuhi kebutuhan biodiesel di Indonesia.

1.3.3 Perkembangan Konsumsi

Perkembangan konsumsi biodiesel tiap tahunnya mengalami peningkatan yang dapat dilihat pada **Tabel 1.2**. Konsumsi biodiesel juga berkurang pada tahun 2015 yaitu sebesar 800.000 ton/tahun. Dengan membuat grafik dari data-data yang didapat, persamaan untuk memprediksi jumlah konsumsi pada tahun 2025 adalah sebagai berikut:

$$\text{Jumlah Konsumsi} = (361.501) \times (\text{Tahun ke-}) + 200.889$$

Tabel 1.2 Perkembangan Jumlah Konsumsi Biodiesel di Indonesia (Kementrian ESDM)

Tahun	Konsumsi (ton)
2017	2.249.728,4
2016	2.631.097,6
2015	800.350,5
2014	1.613.821,5
2013	916.685,6
2012	585.174,3

1.4 Kapasitas Produksi

$$\text{Peluang} = \text{Demand (Konsumsi+Ekspor)} - \text{Supply (Produksi+Impor)}$$

$$= (5.261.903+0) \text{ ton/tahun} - (4.176.258+0) \text{ ton/tahun}$$

$$= 1.085.645 \text{ ton/tahun}$$

Peluang pasar untuk produksi biodiesel ini sekitar 1 juta ton/tahun yang sangat menjanjikan untuk dijual. Bahan baku berasal dari perusahaan produksi mie instan dengan pemakaian minyak goreng sebesar 649.790 kg per 25 hari pada tahun 2017 (Rickoloes, 2017) atau dapat diproyeksikan sekitar 8.577,228 ton/tahun. Jadi, kapasitas produksi biodiesel pada pabrik ini ditentukan sebesar 8.200 ton/tahun.

$$\begin{aligned} \text{Bahan baku (ton/tahun)} &= 649,790 \frac{\text{ton}}{25 \text{ hari}} \times 330 \frac{\text{hari}}{\text{tahun}} \times \frac{1}{25 \text{ hari}} \\ &= 8.577,228 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Ketersediaan bahan baku secara nasional naik tiap tahunnya yang dapat dilihat pada **Tabel 1.3**. Pada tahun 2025, penggunaan minyak goreng mencapai 4,3 juta ton yang dicantumkan pada **Tabel 1.4**. Jika diambil sekitar 15% dari total penggunaan minyak goreng di Indonesia, ketersediaan minyak goreng jelantah sebesar 640203,2 ton.

Tabel 1.3. Perkembangan Penggunaan Minyak Goreng di Indonesia.

Tahun	Konsumsi (ton)
2009	1.886.758
2010	1.915.306
2011	1.993.658
2012	2.290.694
2013	2.218.569
2014	2.421.854
2015	2.868.031
2016	2.706.071
2017	2.824.908

Tabel 1.4. Proyeksi Penggunaan Minyak Goreng di Indonesia.

Tahun	Konsumsi (ton)
2018	3.334.130
2019	3.467.543
2020	3.600.956
2021	3.734.369
2022	3.867.782
2023	4.001.195
2024	4.134.608
2025	4.268.021

BAB II

TINJAUAN PROSES

2.1 Tinjauan Pustaka dan Seleksi Proses

2.1.1 Waste Cooking Oil (WCO)

Waste cooking oil (WCO) atau minyak jelantah merupakan minyak nabati bekas industri yang kadang mengandung sedikit lemak hewani dan memiliki nilai jual yang lebih rendah daripada minyak nabati lainnya seperti minyak kacang. WCO mengandung asam lemak bebas, sehingga tidak baik untuk dikonsumsi dan tidak dapat digunakan kembali. Sementara itu karena produksi WCO sudah cukup banyak, sehingga tidak baik jika langsung dibuang ke lingkungan karena akan menjadi limbah (Jha, 2017). Sifat fisik dari minyak jelantah secara umum disajikan dalam **Tabel 2.1**.

Tabel 2.1 Sifat Fisik Minyak Jelantah (Raqeeb, 2015)

Sifat Fisik	Keterangan
Densitas	0.91-0.924 g/cm ³
Viskositas kinematik (40 °C)	36.4-42 mm ² /s
Saponification value	188.2 - 207 mg KOH/g
Acid value	1.32 - 3.6 mg KOH/g
Iodine number	83 - 141.5 g I ₂ /100 g

2.1.2 Biodiesel

Biodiesel atau biodiesel merupakan hasil reaksi dari alkohol dengan minyak nabati maupun lemak hewani. Reaksi tersebut menghasilkan *Fatty Acid Methyl Esther* (FAME). Biodiesel dapat digunakan sebagai bahan bakar terbarukan sebagai pengganti bahan bakar fosil karena sifatnya yang lebih tidak beracun dan lebih ramah lingkungan. Selain itu biodiesel dari reaksi pembakarannya menghasilkan produk yang lebih ramah lingkungan dibandingkan bahan bakar fosil antara lain produksi CO yang lebih rendah dan konversi hidrokarbon yang lebih tinggi. Senyawa ini juga memiliki titik nyala yang tinggi sehingga cukup mudah untuk mentransportasikannya (Jha, 2017). Sifat fisik biodiesel secara umum disajikan dalam **Tabel 2.2**.

Tabel 2.2 Sifat Fisik Biodiesel (Raqeeb, 2015)

Sifat Fisik	Keterangan
Densitas	0,87 g/cm ³
Viskositas kinematik (40 °C)	1,9-6,5 mm ² /s
Cetane index	>47
Carbon residue	0,05% wt
Acid value	0,5 mg KOH/mg

Biodiesel secara ideal dapat dihasilkan dari reaksi esterifikasi antara *free fatty acid* (FFA) dengan alkohol menggunakan katalis *menghasilkan* biodiesel dan air. Produksi biodiesel biasanya berlangsung secara *batch* atau kontinu. Produksi yang umumnya digunakan yaitu operasi *batch* karena relatif lebih mudah, lebih murah dan pengoperasian yang lebih mudah dibandingkan operasi kontinu (Raqeeb, 2015).

2.1.3 Seleksi Proses

Biodiesel biasanya diproduksi dengan cara esterifikasi maupun transesterifikasi *waste cooking oil* menggunakan *bubble column reactor* dengan bantuan katalis. Dimana perbandingan komposisi WCO dengan metanol masukan reaktor sebesar 3:1 dengan komposisi katalis tertentu. Temperatur reaktor dijaga pada 60 °C pada tekanan ambien (Raqeeb, 2015). Dibawah ini akan dijelaskan jenis-jenis katalis yang dapat digunakan pada reaksi biodiesel dari WCO serta teknik pemisahan WCO dari produk samping, pengotor maupun reaktan sisa yang dapat digunakan.

2.1.3.1 Katalis Sintesis Biodiesel dari WCO

Katalis yang umum digunakan pada sintesis biodiesel dari WCO yaitu katalis basa. beberapa jenis katalis basa yang dapat digunakan dijelaskan di bawah ini.

1. Katalis Basa Homogen

Katalis basa homogen yang dapat digunakan antara lain KOH atau NaOH. Katalis ini sangat reaktif, relatif lebih murah, memiliki kinetika reaksi yang relatif menguntungkan dan dapat beroperasi pada berbagai kondisi tekanan dan temperatur. Katalis ini juga baik untuk mereaksikan minyak dengan kadar FFA rendah tetapi dapat menghasilkan emulsi sebagai hasil reaksinya dan mudah terbuang saat pemurnian produk (Leung, 2010).

2. Katalis Basa Heterogen

Katalis basa heterogen yang dapat digunakan antara lain CaO , KOH/NaY , $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{KI}$, atau K_2CO_3 dengan support silika atau zeolite. Katalis ini tidak korosif terhadap bahan konstruksi reaktor, relatif ramah lingkungan, mudah dipisahkan, dapat di-*recycle*, memiliki selektivitas tinggi dan memiliki waktu hidup yang relatif panjang. Akan tetapi katalis jenis ini hanya baik untuk mereaksikan minyak dengan kadar FFA rendah, menghasilkan limbah yang banyak dari hasil pemurnian produknya, membutuhkan rasio metanol yang lebih tinggi sebagai reaktannya, sensitif terhadap tekanan dan temperatur tinggi, dan harganya yang relatif lebih mahal dibandingkan dengan katalis homogen (Leung, 2010).

Katalis basa tidak baik digunakan untuk esterifikasi WCO yang memiliki kandungan FFA lebih dari 5%-b (Atadashi; et al, 2013). Sehingga proses esterifikasi minyak bekas menjadi biodiesel dapat berlangsung dengan bantuan katalis asam. Jenis katalis asam yang dapat digunakan dijelaskan sebagai berikut:

1. Katalis Asam Homogen

Katalis asam homogen yang digunakan berupa H_2SO_4 pekat. Katalis ini dapat menjalankan reaksi esterifikasi dan transesterifikasi secara simultan, serta menghindari reaksi pembentukan sabun. Katalis jenis ini dapat menyebabkan korosi pada bahan konstruksi reaktor, menghasilkan limbah yang relatif asam, sulit untuk di-*recycle*, membutuhkan waktu reaksi yang relatif lama, serta membutuhkan temperatur reaksi yang tinggi. (Leung, 2010).

2. Katalis Asam Heterogen

Katalis asam heterogen antara lain katalis asam berbasis karbon, katalis dari turunan karbohidrat, atau katalis dengan merk dagang Amberlyst-15, Nafion-NR50. Katalis ini dapat menjalankan reaksi esterifikasi dan transesterifikasi secara simultan, mudah di-*recycle*, dan ramah lingkungan. Katalis jenis ini hanya memiliki sedikit pusat aktif, porositas relatif kecil, dan harga yang relatif mahal (Leung, 2010).

Selain katalis basa dan asam, esterifikasi WCO dapat juga menggunakan katalis berbahan dasar enzim. Proses esterifikasi menggunakan katalis enzim dijelaskan sebagai berikut:

1. Katalis Enzim

Katalis enzim yang dapat digunakan antara lain katalis berbahan dasar lipase. Katalis ini memiliki sifat ramah lingkungan, pemurnian yang lebih mudah, serta

menghindari reaksi penyabunan. Katalis ini sensitif terhadap temperatur, mudah terdenaturasi, membutuhkan waktu reaksi yang cukup lama dan cukup mahal (Leung, 2010).

2.1.3.2 Metode Pemurnian Biodiesel

Selain perbedaan jenis katalis yang dapat digunakan pada proses, juga terdapat beberapa perbedaan dari cara pemurnian produk. Produk yang dihasilkan dari reaksi esterifikasi antara lain biodiesel, gliserol dan pengotor lainnya. Metode pemisahan produk utama dari produk samping maupun pengotor dijelaskan di bawah ini:

1. *Water Washing*

Water washing merupakan pencucian produk dari alkohol sebagai sisa reaktan dan gliserol sebagai produk samping. Produk dicuci menggunakan air karena alkohol dan gliserol sangat mudah larut dalam air dan dapat membersihkan dari pengotor berupa garam natrium dan pengotor lainnya. Pencucian dengan air juga dapat menetralkan sisa-sisa katalis basa. Berikutnya untuk memisahkan air dari biodiesel dapat dengan cara *centrifuge*, dilanjutkan dengan melewati campuran biodiesel yang mengandung sedikit air ke larutan Na_2SO_4 selama 24 jam kemudian difiltrasi. Akan tetapi metode ini memiliki beberapa kekurangan antara lain membutuhkan waktu yang lama untuk pemurniannya, membutuhkan ongkos yang tinggi, serta dapat menghasilkan hilang produk yang cukup besar (Leung, 2010).

2. *Dry washing*

Metode ini mirip dengan metode *water washing* hanya saja air digantikan oleh resin magnesium silikat. Metode ini memiliki beberapa keuntungan yaitu menghasilkan biodiesel yang lebih murni dan efektif untuk menghilangkan sabun. Tetapi produk yang dihasilkan biasanya tidak memenuhi standar EN (Leung, 2010).

3. Ekstraksi Membran

Pemisahan dengan membran dilakukan dengan cara memasukkan membran berbahan dasar polisulfonat yang berisi air yang sudah didistilasi kemudian biodiesel keluaran reaktor dilewatkan melalui larutan Na_2SO_4 dan difiltrasi untuk menghilangkan sisa air dari produk. Metode ini sangat baik untuk menghindari pembentukan emulsi saat proses pencucian dan menghasilkan produk yang memiliki kemurnian sangat tinggi (sekitar 90%). Kekurangan metode ini antara lain produk yang dihasilkan sedikit dan membutuhkan ongkos yang cukup tinggi (Leung, 2010).

4. Distilasi

Distilasi banyak digunakan untuk memisahkan biodiesel dari pengotor sekaligus menghilangkan bau tidak sedap dari biodiesel yang dihasilkan. Proses distilasi juga dapat memisahkan biodiesel dari sisa metanol dan WCO yang tidak bereaksi. Dimana keluaran proses distilasi akan didapatkan biodiesel yang sudah relatif murni (Enweremadu, 2009).

5. Sentrifugasi

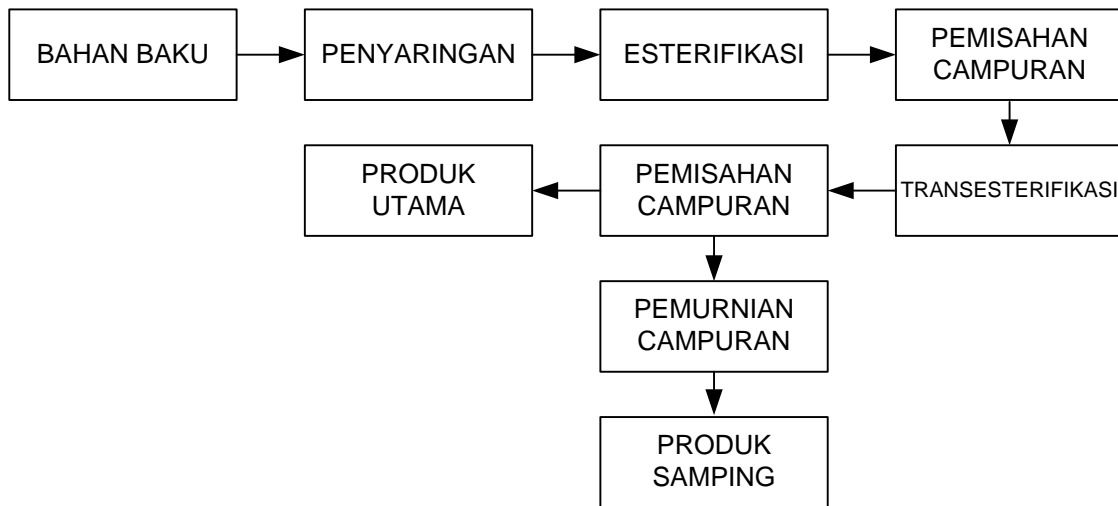
Sentrifugasi biasa digunakan untuk memisahkan biodiesel dengan produk samping lain yaitu gliserol. Sentrifugasi digunakan sebagai metode pemisahan alternatif yang lebih cepat dibandingkan dengan settling gravitasi yang membutuhkan jauh lebih lama (Gerpen, 2010).

Jadi proses yang dipilih yaitu pertama dilakukan proses esterifikasi menggunakan katalis asam homogen berupa H_2SO_4 dilanjutkan dengan transesterifikasi dengan katalis basa homogen berupa KOH. Proses esterifikasi dilakukan di awal karena bahan baku yang digunakan memiliki kandungan FFA tinggi ($>5\%$), dipilih katalis H_2SO_4 karena dapat mengurangi kandungan kadar FFA sampai $<1\%$. Dilanjutkan dengan proses transesterifikasi untuk mereaksikan sisa FFA yang masih terkandung di WCO. Dipilih katalis KOH pada proses transesterifikasi karena katalis tersebut memberikan *yield* yang cukup besar (94%) dibandingkan dengan katalis basa lainnya (Sahar, 2018). Dimana kedua reaksi tersebut hanya membutuhkan waktu reaksi selama kurang lebih 60 menit.

Diantara proses esterifikasi dan transesterifikasi akan dilakukan pemisahan metanol dan air yang tidak bereaksi dengan metode evaporasi. Dimana metanol dan air akan menguap pada 65 dan 100 °C. Pemisahan gliserol hasil reaksi transesterifikasi akan dipisahkan bersamaan pada saat reaksi menggunakan reaktor CCCS (Abduh, 2013) sehingga akan diperoleh produk biodiesel dan gliserol yang komposisinya memenuhi standar.

2.2 Diagram Alir Proses Dalam *Block Flow Diagram*

Diagram alir proses yang mencakup tahap pembuatan biodiesel yang akan dijalankan dalam pabrik dirangkum dalam *Block Flow Diagram* pada **Gambar 2.1** berikut:



Gambar 2.1 Block Flow Diagram Pembuatan Biodiesel

Dari **Gambar 2.1** Dijelaskan bahwa pada proses produksi biodiesel menggunakan bahan baku minyak jelantah dimulai dari proses penyaringan bahan baku berupa minyak jelantah untuk memisahkan kotoran-kotoran yang terdapat pada minyak jelantah. Setelah proses penyaringan, minyak jelantah diesterifikasi dengan bantuan katalis asam sulfat. Reaksi esterifikasi ini bertujuan untuk mengkonversi kandungan asam lemak bebas (*free fatty acid*) menjadi biodiesel. Asam lemak bebas dapat merusak katalis pada reaksi transesterifikasi sehingga asam lemak bebas harus dihilangkan terlebih dahulu. Selanjutnya setelah dilakukan proses esterifikasi, produk yang dihasilkan berupa biodiesel, katalis asam sulfat, serta bahan baku minyak jelantah dan metanol yang belum bereaksi dipisahkan untuk dilanjutkan kembali dengan reaksi transesterifikasi. Setelah dilakukan reaksi transesterifikasi pada reaktor CCCS, akan secara simultan terpisah antara produk utama biodiesel dan produk samping gliserol. Produk utama yang dihasilkan dapat langsung dijual ke konsumen, sementara itu produk samping perlu dimurnikan dari kandungan air dan metanol terlebih dahulu sehingga diperoleh gliserol yang dapat dijual ke konsumen.

2.3 Spesifikasi Bahan Baku Utama dan Pendukung

Dalam proses produksi Biodiesel menggunakan bahan baku utama yaitu minyak jelantah yang kemudian akan dicampurkan dengan metanol serta menggunakan katalis H_2SO_4 dan KOH .

2.3.1 Minyak Jelantah

Minyak jelantah digunakan sebagai bahan baku utama dalam produksi biodiesel, dimana trigliserida dan asam lemak bebas yang terdapat pada minyak jelantah akan melalui reaksi esterifikasi dan transesterifikasi untuk membentuk metil ester yang merupakan biodiesel. Komposisi kimia minyak jelantah yang dikutip disajikan pada **Tabel 2.3**, dan asumsi-asumsi yang digunakan adalah:

1. Asam lemak yang terkandung pada minyak jelantah yang digunakan terdiri atas asam oleat, asam palmitat, dan asam linoleat yang memiliki fraksi massa terbesar pada komposisi minyak jelantah (Issariyakul, dkk., 2006).
2. Kandungan asam lemak bebas pada minyak jelantah sebesar 5,6% (Issariyakul, dkk., 2006; Ghoreishi, 2013).
3. Komposisi asam lemak pada asam lemak bebas dan yang ada pada trigliserida sama
4. Tidak terdapat peroksida pada minyak jelantah
5. Kandungan pengotor pada minyak adalah 3,27%, sementara kadar air umumnya 0,4 – 7,3% (Ghoreishi, 2013; Issariyakul, dkk., 2006; Kasteren, 2007), sehingga kadar air ditetapkan sebesar 4,83%.

Tabel 2.3 Komposisi Kimia Minyak Jelantah (Issariyakul; et al, 2006)

Komposisi		Fraksi massa	
Trigliserida	Asam oleat	0,863	0,709
	Asam palmitat		0,062
	Asam linoleat		0,229
Asam lemak bebas	Asam oleat	0,056	0,709
	Asam palmitat		0,062
	Asam linoleat		0,229
Air		0,0483	
Pengotor		0,0327	

2.3.2 Metanol (*Metanol*)

Metanol yang digunakan berupa metanol teknis dengan tingkat kemurnian mencapai 99,85%. Sifat fisik dan kimia dari metanol disajikan pada **Tabel 2.4**.

Tabel 2.4 Sifat Fisik dan Kimia dari Metanol pada Temperatur Ruang (Ott, dkk., 2010)

Rumus molekul	CH ₃ OH
Wujud zat dalam suhu ruang	Cair
Warna	Bening
Titik didih (760 mmHg)	64,7°C
Titik leleh (760 mmHg)	-97,8°C
Titik nyala	15,6°C
<i>Auto-ignition temperature</i>	464°C
Densitas (25°C)	0,7886 g/mL
Viskositas (25°C)	0,5513 cP
Kalor spesifik (25°C) cair	81,08 J/mol. K
Kalor spesifik (25°C) gas	44,06 J/mol. K

2.3.3 KOH

KOH yang digunakan merupakan larutan KOH dengan konsentrasi 50%. KOH yang dibeli memiliki wujud padatan dengan konsentrasi 90% akan dilarutkan dengan air terlebih dahulu sebelum memasuki tangki penyimpanan KOH (T-02).

2.4 Spesifikasi Produk Utama dan Samping

Proses transesterifikasi minyak goreng bekas menghasilkan produk utama berupa FAME dengan kandungan FFA tertentu. Produk samping yang dihasilkan dari proses ini adalah gliserol.

2.4.1 FAME

FAME merupakan produk utama dari proses produksi dengan konversi yang diinginkan sebesar 96,5 %. Spesifikasi FAME menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) 7182:2015 sebagai standar penjualan ditampilkan pada **Tabel 2.5**.

Tabel 2.5 Spesifikasi Standar Penjualan FAME.

Parameter	Nilai	Satuan, min/maks
Massa Jenis (40 °C)	850-890	kg/m ³
Viskositas kinematik (40 °C)	2,3-6,0	mm ² /s (cst)
<i>Cetane number</i>	51	Min
Titik nyala	100	°C, min
Titik kabut	18	°C, maks
Air dan sedimen	0,05	%-vol, maks
Abu tersulfatkan	0,02	%-massa, maks
Belerang	100	mg/kg, maks
Fosfor	10	mg/kg, maks
Angka asam	0,5	mg-KOH/g, maks
Gliserol bebas	0,02	%-massa, maks
Gliserol total	0,24	%-massa, maks

2.4.2 Gliserol

Gliserol (C₃H₈O₃) merupakan produk samping yang dihasilkan dari reaksi transesterifikasi yang mereaksikan trigliserida dengan metanol yang menghasilkan FAME dan gliserol. Adapun spesifikasi dari produk samping ini yang ditunjukkan pada **Tabel 2.6**.

Tabel 2.6 Spesifikasi Gliserol Sebagai Produk Samping.

Parameter	Nilai	Satuan
Densitas (20 °C)	1,2613	g/cm ³
Massa molekul	92,094	g/mol
Titik didih	290	°C
Titik leleh	18,1	°C

2.5 Penanganan Bahan Baku dan Produk Akhir

2.5.1 Penanganan Minyak Jelantah

Minyak jelantah yang diperoleh dari restoran atau pabrik disimpan di dalam tangki sebelum dilakukannya *pretreatment* untuk penghilangan kadar air.

2.5.2 Penanganan Metanol

Metanol merupakan senyawa yang sifatnya mudah terbakar dan beracun. Tempat penyimpanan metanol harus di dalam tangki tertutup dan tidak boleh dekat dengan sumber api. Para pekerja yang menangani ini harus memakai *safety google*, sarung tangan, *safety shoes*, serta baju tertutup.

2.5.3 Penanganan Asam Sulfat

Penyimpanan asam sulfat sebagai katalis pada proses esterifikasi harus dalam tangki *stainless steel* dikarenakan sifat dari asam sulfat yang korosif. Selain itu, penyimpanan asam sulfat harus berada di tempat yang kering karena tingkat kelarutan asam sulfat dalam air cukup tinggi. Oleh karena itu, disarankan memakai *safety google*, sarung tangan asam, *safety shoes*, dan baju tertutup bagi untuk karyawan yang berada dekat tempat penyimpanan.

2.5.4 Penanganan Kalium Hidroksida (KOH)

Kalium hidroksida (KOH) disimpan di dalam tangki tertutup yang memiliki kelembaban yang rendah karena senyawa ini mudah larut dalam air. KOH bersifat korosif sehingga disimpan dalam tangki berbahan *stainless steel*. Demikian halnya dengan penanganan KOH, para pekerja memerlukan perlengkapan seperti sudah disebutkan sebelumnya.

2.5.5 Penanganan Biodiesel (FAME)

Biodiesel yang dihasilkan disimpan dalam tangki penyimpanan sebelum pada akhirnya dikemas dan dipasarkan. Tangki penyimpanan harus berada di daerah yang aman dari sumber api karena mudah terbakar.

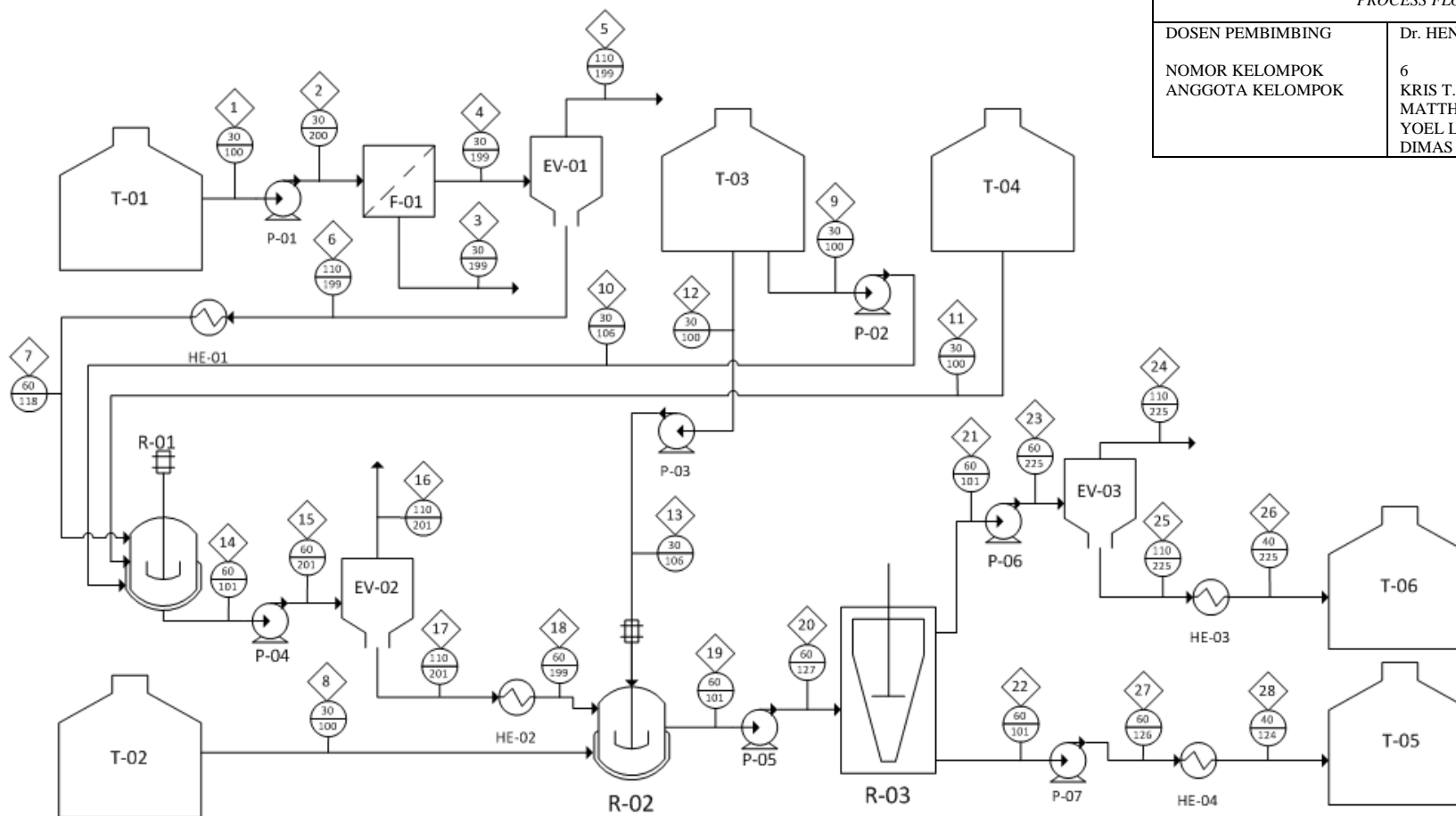
2.6 Deskripsi Proses

Pabrik biodiesel yang akan didirikan memiliki produk utama FAME atau biodiesel dan produk samping yaitu gliserol. Proses produksi biodiesel didasarkan perpaduan beberapa sumber jurnal yaitu: *Technical aspects of production and analysis of biofuel from used cooking oil* dan *Waste Cooking Oils An Economical Source for Biofuel: A Review*.

Penggunaan diharapkan mampu meningkatkan nilai guna minyak jelantah sehingga bisa diproses –untuk menghasilkan sumber bahan baku alternatif biodiesel. Proses produksi biodiesel dapat diuraikan secara rinci melalui 4 tahapan proses berikut:

1. Tahap Persiapan Bahan Baku
2. Tahap Esterifikasi
3. Tahap Transesterifikasi
4. Tahap Pemisahan dan Pemurnian Produk

CHE 184660-03 PERANCANGAN PABRIK KIMIA	
JURUSAN TEKNIK KIMIA	
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN	
PERANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI MINYAK JELANTAH DAN METANOL BERKAPASITAS 8.200 TON/TAHUN	
PROCESS FLOW DIAGRAM	
DOSEN PEMBIMBING	Dr. HENKY MULJANA, S.T., M.Eng
NOMOR KELOMPOK	6
ANGGOTA KELOMPOK	KRIS T. GUNAWAN (2013620072) MATTHEW SETIADI (2014620078) YOEL LAVENKI (2014620029) DIMAS SAPTOAJI (2015620036)



Kode	Keterangan
T-01	Tank Minyak Jelantah
T-02	Tank KOH
T-03	Tank Metanol
T-04	Tank H ₂ SO ₄
T-05	Tank Biodiesel
T-06	Tank Gliserol
R-01	Reaktor 1
R-02	Reaktor 2
R-03	Reaktor CCCS
F-01	Strainer
EV-01	Evaporator 1
EV-02	Evaporator 2

Kode	Keterangan
EV-03	Evaporator 3
HE-01	Cooler 1
HE-02	Cooler 2
HE-03	Cooler 3
HE-04	Cooler 4
P-01	Pompa 1
P-02	Pompa 2
P-03	Pompa 3
P-04	Pompa 4
P-05	Pompa 5
P-06	Pompa 6
P-07	Pompa 7

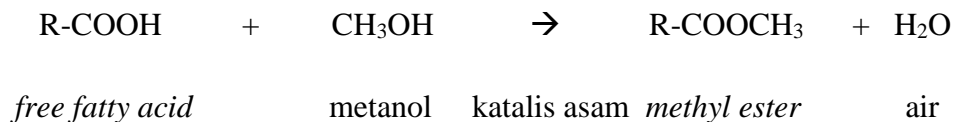
Gambar 2.2 Process Flow Diagram

2.6.1 Tahap Persiapan Bahan Baku

Minyak jelantah dari tangki penyimpanan (T-01) akan diumpankan menuju strainer (F-01) untuk diminimalkan kandungan pengotornya. Kemudian dilanjutkan ke evaporator (EV-01) untuk dikurangi kandungan airnya sampai mencapai 0,05%. Minyak jelantah keluaran evaporator kemudian didinginkan sampai 60 °C sebelum masuk ke reaktor (R-01) bersamaan dengan metanol dan katalis H₂SO₄.

2.6.2 Tahap Esterifikasi

Minyak jelantah masuk bersamaan ke dalam reaktor (R-01) untuk mereaksikan asam lemak bebas (FFA) dengan metanol sehingga nilai asam (*acid value*) dapat diminimalisir. Pada umumnya, pada proses ini dapat digunakan katalis asam homogen seperti H₂SO₄ (Raqeeb, 2015). Menurut Sahar (2018), semakin banyak jumlah metanol yang ditambahkan, akan semakin banyak kandungan FFA yang bereaksi. Oleh karena itu, digunakan metanol dengan rasio mol 1:2,5 terhadap asam lemak bebas, sedangkan H₂SO₄ digunakan memiliki kemurnian 98% sejumlah 5% berat minyak jelantah. Selain itu digunakan H₂SO₄ sebanyak 1%-w dalam proses ini karena dapat meningkatkan konversi FFA sebanyak 88,8% sehingga keluaran FFA dalam minyak jelantah akan tersisa sebanyak 0,5%. Produk R-01 berupa biodiesel, H₂O, katalis H₂SO₄, dan sisa reaktan yang belum terkonversi. Reaksi esterifikasi yang terjadi adalah:

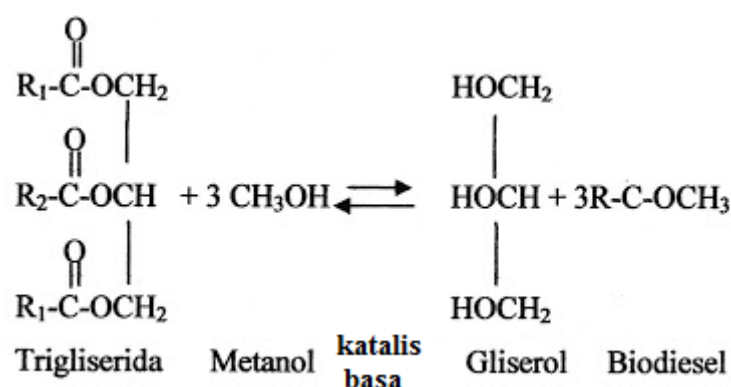


2.6.3 Tahap Transesterifikasi

Reaksi transesterifikasi berlangsung di 2 buah reaktor. Pada tahap pertama, keluaran R-01 kemudian dialirkan menuju reaktor (R-02) bersamaan dengan tambahan metanol dan larutan KOH yang berfungsi sebagai katalis basa pada reaksi transesterifikasi. Metanol ditambahkan ke dalam R-02 untuk menjaga rasio mol metanol : trigliserida sebesar 3:1. Selain itu digunakan katalis larutan KOH 50% dengan dosis 1% dari massa trigliserida. (Sahar, dll., 2018). Reaksi akan dilangsungkan pada suhu 60°C dan tekanan 1 atm sehingga trigliserida yang terkonversi sebanyak 94% menjadi biodiesel dan gliserol.

Pada tahap kedua, keluaran R-02 akan dialirkan menuju reaktor CCCS (R-03) untuk mereaksikan lebih lanjut sisa trigliserida yang belum bereaksi di R-02. Tidak dimasukkan tambahan metanol karena rasio mol metanol : trigliserida masih sebesar 3:1.

Trigliserida akan terkonversi sebanyak 96% menjadi biodiesel dan gliserol (Sahar, dll., 2018)). Pada reaktor CCCS, produk biodiesel dan gliserol akan langsung terpisah karena reaktor ini memiliki prinsip kerja seperti gabungan antara reaktor tangki berpengaduk (CSTR) dengan *centrifuge*. Pada kedua tahap reaksi transesterifikasi diasumsikan tidak terjadi reaksi penetralan antara H₂SO₄ dengan KOH karena jumlah katalis yang sangat sedikit dibandingkan dengan senyawa-senyawa lain sehingga diasumsikan tidak akan mempengaruhi perancangan ukuran reaktor secara signifikan. Mekanisme reaksi yang terjadi dapat dilihat pada **Gambar 2.3**.



Gambar 2.3 Reaksi Transesterifikasi

2.6.4 Tahap Pemisahan dan Pemurnian Produk

Dilakukan pemisahan produk dengan sisa metanol dan sebagian kandungan air pada keluaran reaktor (R-01) hingga tersisa 0,05% air pada keluaran reaktor. Pemisahan dilakukan untuk mencegah terjadinya reaksi penyabunan pada tahap transesterifikasi. Dilakukan juga pemurnian produk samping gliserol dengan cara menguapkan sebagian air dan metanol pada suhu 110°C sehingga hanya tersisa sedikit pengotor dalam produk samping gliserol.

2.7 Pemilihan Lokasi

Pabrik Biodiesel ini akan didirikan di Kawasan Industri Candi, Kecamatan Ngaliyan, Kota Semarang, Provinsi Jawa Tengah. Kota Semarang merupakan ibukota dari provinsi Jawa Tengah yang memiliki wilayah seluas 373,8 km². Semarang merupakan salah satu kota yang paling menjanjikan bagi pembangunan industri di Indonesia, dimana telah banyak dibangun kompleks industri di Semarang. Pemilihan lokasi Pabrik ini didasarkan pada pertimbangan:

1. Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku dari pabrik biodiesel ini adalah minyak jelantah dan metanol. Kota Semarang merupakan penghasil terbesar minyak jelantah dengan persentase sebesar 72% dari produksi minyak jelantah nasional dikarenakan besarnya jumlah penduduk dan sentralisasi pabrik makanan skala kecil, menengah, dan besar. Sedangkan bahan baku metanol akan diambil dari PT Kaltim Metanol Indonesia.

2. Infrastruktur

Kota Semarang merupakan salah satu dari 3 kota yang dilalui oleh jalur Pantura yang merupakan urat nadi transportasi di Pulau Jawa. Selain itu kota Semarang juga akan dilalui oleh jalan tol Trans Jawa yang pembangunannya akan selesai pada akhir tahun 2019. Di kota Semarang juga terdapat pelabuhan Tanjung Mas yang merupakan pintu ekspor-impor bagi Jawa Tengah. Hal ini dapat memudahkan transportasi bahan baku dan produk menuju dan keluar dari pabrik baik melalui jalur darat maupun laut.

3. Pemasaran Produk

Biodiesel merupakan salah satu sumber bahan bakar yang terbarukan, dimana umumnya diaplikasikan sebagai bahan pencampur dengan solar, sebagai pembangkit listrik untuk kebutuhan rumah tangga maupun kebutuhan industri. Seiring dengan dikeluarkannya peraturan pemerintah tentang penggunaan biodiesel 20% (program B-20), permintaan akan biodiesel oleh perusahaan penyalur BBM seperti Pertamina dan PT. AKR pun akan semakin meningkat. PT. AKR Corporindo Tbk berlokasi di Kawasan Industri Cimagore 5, Padalarang, Indonesia akan tetapi PT. AKR Corporindo Tbk menggunakan jasa bunker service untuk penyimpanan biodiesel dari PT. Pelayaran Hub Maritim Indonesia. Sedangkan PT. Pertamina (Persero) memiliki tujuh unit pengolahan minyak, dua diantaranya berlokasi di Cilacap dan Indramayu. Lokasi dari kedua perusahaan ini cukup dekat dengan kota Semarang, sehingga biaya distribusi biodiesel akan lebih murah. Hal ini menunjukkan bahwa kota Semarang memiliki potensi besar sebagai lokasi pendirian pabrik biodiesel ini.

4. Utilitas

Terdapat Sungai Bringin yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan utilitas air dari pabrik ini. Untuk kebutuhan utilitas listrik, PT. PLN (persero) sedang membangun pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) di Batang dengan kapasitas 2000 MW

2.8. Perhitungan Gross Profit Margin

Gross Profit Margin (GPM) dihitung dengan memperhatikan kapasitas produksi, kebutuhan bahan baku, harga dari bahan baku dan produk yang dihasilkan. Harga bahan baku dan produk dapat dilihat pada **Tabel 2.7**

Tabel 2.7 Harga Bahan Baku dan Produk

Bahan	Harga	Sumber
Minyak Jelantah	Rp 5.400,-/kg	https://www.tokopedia.com/jelantah/dibeli-cari-minyak-goreng-bekas-jelantah
Metanol	Rp 4.200,-/kg	https://www.methanex.com/our-business/pricing
Gliserol	Rp 3.300,-/kg	https://www.icis.com/explore/resources/news/2019/04/04/10343735/asia-crude-glycerine-prices-tumble-on-shrinking-chinese-demand/
Biodiesel	Rp 6.600,-/kg	https://www.bpdp.or.id/en/energi/september-2019-harga-biodiesel-naik-bioetanol-turun/

GPM dihitung berdasarkan kapasitas produk pabrik, yaitu 8.200 ton/tahun. Perhitungan *Gross Profit Margin* akan disajikan pada **Tabel 2.8**.

Tabel 2.8 Perhitungan *Gross Profit Margin*

Komponen	Jumlah (ton per tahun)	Total (per tahun)
Minyak jelantah	8.500	Rp 45.900.000.000,-
Metanol	2.650	Rp 11.130.000.000,-
Biodiesel	8.200	Rp 54.120.000.000,-
Gliserol	2.460	Rp 8.118.000.000,-
GPM		Rp 5.208.000.000,-

BAB III

NERACA MASSA DAN ENERGI

Pabrik biodiesel dari minyak jelantah dengan proses esterifikasi dan transesterifikasi ini memiliki kapasitas produksi sebesar 8.200 ton/tahun dengan basis operasi selama 330 hari/tahun. Pada bab ini akan dijelaskan neraca massa maupun energi yang terdapat pada setiap unit operasi yang digunakan. Persamaan umum dari neraca massa total dan neraca massa komponen yang digunakan untuk keseluruhan proses adalah sebagai berikut:

- Persamaan Neraca Massa Total

Laju akumulasi massa dalam sistem = laju alir massa masuk sistem – laju alir massa keluar sistem

$$\frac{dm}{dt} = \sum F^{\text{in}} - \sum F^{\text{out}}$$

- Persamaan Neraca Massa Komponen

Laju akumulasi massa i dalam sistem = laju alir massa i masuk sistem – laju alir massa i keluar sistem + laju produksi massa i – laju konsumsi massa i

$$\frac{dm_i}{dt} = \sum_{i=1}^n F_i^{\text{in}} - \sum_{i=1}^n F_i^{\text{out}} \pm r_i$$

Berdasarkan persamaan di atas, dm/dt merupakan laju perubahan massa pada sistem terhadap waktu, F merupakan laju alir massa dan r_i merupakan laju konsumsi atau produksi massa i di dalam sistem akibat adanya reaksi dan i merupakan jenis komponen yang terlibat dalam sistem. Neraca massa yang digunakan pada perancangan pabrik ini menggunakan laju alir massa, sedangkan untuk unit reaktor yang berkaitan dengan reaksi menggunakan laju alir mol.

Neraca energi yang digunakan dalam perancangan pabrik ini digunakan untuk menentukan panas yang dipertukarkan oleh alur-alur produksi maupun panas yang dibutuhkan suatu sistem agar proses yang diinginkan dapat tercapai. Persamaan umum neraca energi yang digunakan dalam seluruh sistem proses adalah sebagai berikut:

$$\frac{d m. \hat{E}}{dt} = \sum \frac{dm^{in}}{dt} \cdot \hat{E}^{in} - \sum \frac{dm^{out}}{dt} \cdot \hat{E}^{out} + \frac{dQ}{dt} - \frac{dWs}{dt}$$

$dm. \hat{E}/dt$ merupakan energi yang terakumulasi di dalam sistem per satuan waktu, dQ/dt adalah laju perubahan kalor di dalam sistem tiap waktu, dWs/dt adalah laju perubahan kerja di dalam sistem tiap waktu, E merupakan ukuran besarnya energi per satuan massa dan E sendiri merupakan gabungan dari energi kinetik (E_k), energi potensial, dan energi dalam (U). Kerja (W) yang terlibat di dalam sistem merupakan kerja alat (kompresi atau ekspansi fluida).

Pada perancangan pabrik ini, sistem proses diasumsikan telah beroperasi secara kontinu pada kondisi tunak (*steady state*), sehingga $\frac{dm. \hat{E}}{dt} = 0$, sehingga persamaan neraca energi menjadi:

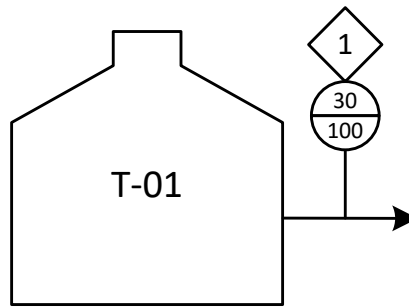
$$\sum \frac{dm^{out}}{dt} \cdot \hat{E}^{out} - \sum \frac{dm^{in}}{dt} \cdot \hat{E}^{in} = \frac{dQ}{dt} - \frac{dWs}{dt}$$

3.1 Tangki Penyimpanan Minyak Jelantah (T-01)

Minyak jelantah yang digunakan sebagai bahan baku merupakan minyak hasil penggorengan yang dibeli dari industri pangan yang terdapat di daerah sekitar pabrik. Minyak jelantah dibawa dari industri pangan menggunakan truk dan kemudian disimpan pada tangki penyimpanan T-01. Minyak jelantah yang diperoleh mengandung trigliserida sebanyak 86,3%, asam lemak bebas (FFA) sebanyak 5,6%, air sebanyak 4,83%, dan pengotor sebanyak 3,27%. Asumsi yang digunakan pada tahap ini adalah sebagai berikut:

1. Trigliserida dan FFA yang digunakan mengandung asam oleat, asam palmitat, dan asam linoleat.
2. Tidak terdapat peroksida pada minyak jelantah.
3. Pengotor hanya berupa padatan bekas penggorengan, sifatnya inert dan minyak tidak terabsorpsi ke dalam padatan.

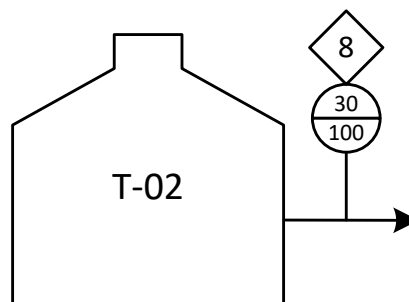
Laju alir minyak jelantah dari tangki penyimpanan (aliran 1) adalah 1.073,232 kg/jam. Skema aliran tangki penyimpanan ditunjukkan pada **Gambar 3.1**.



Gambar 3.1 Tangki Penyimpanan Minyak Jelantah (T-01)

3.2 Tangki Penyimpanan KOH (T-02)

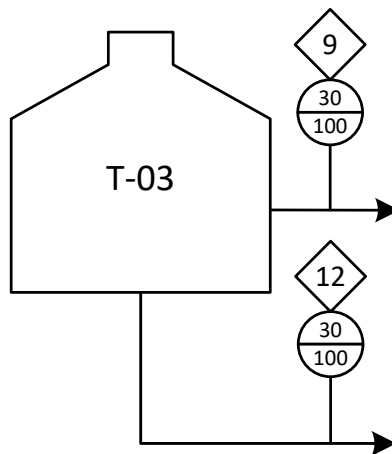
Kalium Hidroksida (KOH) digunakan sebagai katalis pada reaksi transesterifikasi trigliserida membentuk biodiesel dimana keluaran tangki penyimpanan sudah berupa larutan kalium hidroksida. KOH yang digunakan berasal dari PT. Mulia Agung Chemindo yang dilarutkan sampai konsentrasi 50%. Keluaran tangki penyimpanan beroperasi pada kondisi 30°C dan 100 kPa. Kebutuhan KOH sebagai katalis transesterifikasi sebanyak 1%-w dari masukan trigliserida (Aliran 8) sebesar 18,524 kg/jam. Skema aliran pada tangki penyimpanan KOH (T-02) ditunjukkan pada **Gambar 3.2**.



Gambar 3.2 Tangki Penyimpanan KOH (T-02)

3.3 Tangki Penyimpanan Metanol (T-03)

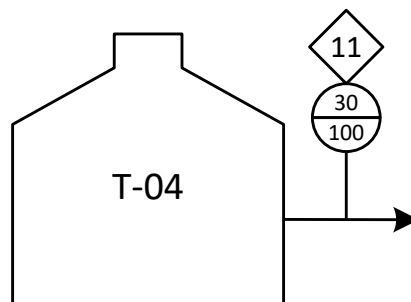
Metanol yang digunakan sebagai reaktan berasal dari PT. Kaltim Metanol Industri yang memiliki kemurnian sebesar 99,85% dan disimpan pada sebuah tangki penyimpanan. Seluruh keluaran tangki penyimpanan beroperasi pada kondisi 30°C dan 100 kPa. Kebutuhan metanol pada proses reaktor R-01 (aliran 9) sebesar 17,183 kg/jam, sedangkan kebutuhan metanol pada proses reaktor R-02 (aliran 12) sebesar 317,587 kg/jam. Skema aliran pada tangki penyimpanan metanol (T-03) ditunjukkan pada **Gambar 3.3**.



Gambar 3.3 Tangki Penyimpanan Metanol (T-03)

3.4 Tangki Penyimpanan Asam Sulfat (T-04)

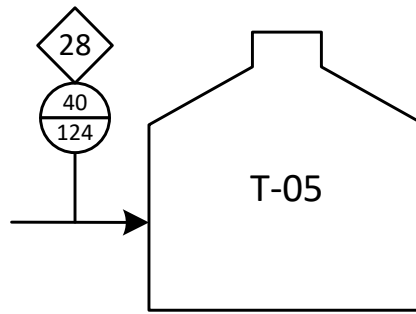
Asam sulfat digunakan sebagai katalis dalam reaksi esterifikasi FFA yang akan membentuk biodiesel. Asam sulfat yang digunakan berasal dari PT. Indonesia Acids yang memiliki kemurnian sebesar 98% yang disimpan pada tangki penyimpanan. Tangki penyimpanan asam sulfat beroperasi pada suhu 30°C dan tekanan 100 kPa. Kebutuhan asam sulfat pada proses produksi (aliran 11) sebesar 0,613 kg/jam. Skema aliran pada tangki penyimpanan asam sulfat (T-04) ditunjukkan pada **Gambar 3.4**.



Gambar 3.4 Tangki Penyimpanan Asam Sulfat (T-04)

3.5 Tangki Penyimpanan Biodiesel (T-05)

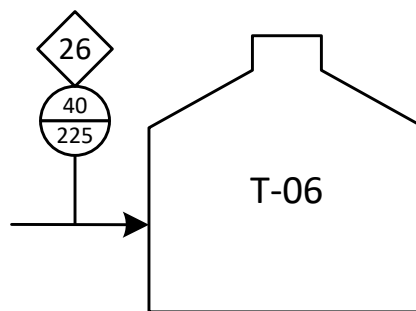
Biodiesel yang dihasilkan sebagai produk utama dari proses akan disimpan dalam tangki penyimpanan. Aliran masukan tangki berada pada kondisi operasi 40°C dan 124 kPa. Laju alir produk yang masuk ke dalam tangki penyimpanan (aliran 28) sebesar 1.035,510 kg/jam. Skema aliran pada tangki penyimpanan biodiesel (T-05) ditunjukkan pada **Gambar 3.5**.



Gambar 3.5 Tangki Penyimpanan Biodiesel (T-05)

3.6 Tangki Penyimpanan Gliserol (T-06)

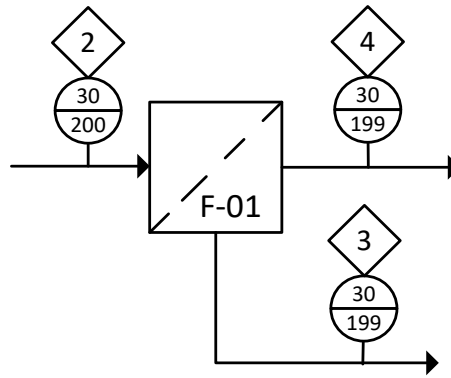
Gliserol yang dihasilkan sebagai produk samping dari proses akan disimpan dalam tangki penyimpanan. Aliran masukan tangki berada pada kondisi operasi 40°C dan 225 kPa. Laju alir produk yang masuk ke dalam tangki penyimpanan (aliran 26) sebesar 310,442 kg/jam. Skema aliran pada tangki penyimpanan gliserol (T-06) ditunjukkan pada **Gambar 3.6**.



Gambar 3.6 Tangki Penyimpanan Gliserol (T-06)

3.7 Strainer (F-01)

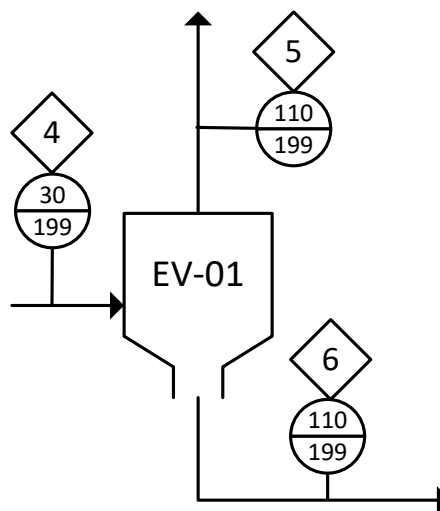
Strainer (F-01) digunakan untuk menyaring pengotor yang terdapat pada minyak jelantah yang akan dialirkan menuju evaporator (EV-01). Filter bekerja secara adiabatik dan isothermal. Keluaran filter berupa campuran pengotor dan air (aliran 3) dan minyak jelantah bebas pengotor (aliran 4). Aliran 3 keluaran strainer berupa perolehan pengotor sebanyak 99 %-w dan air sebesar 1 %-w sebanyak 35,262 kg/jam sedangkan aliran 4 merupakan aliran minyak jelantah bebas pengotor dengan laju alir sebesar 1.037,970 kg/jam. Keluaran filter mengalami penurunan tekanan sebanyak 1 kPa sehingga tekanan keluaran Filter 1 sebesar 199 kPa. Skema aliran filter 1 (F-01) ditunjukkan pada **gambar 3.7**.



Gambar 3.7 Strainer (F-01)

3.8 Evaporator 1 (EV-01)

Evaporator 1 (EV-01) digunakan untuk memisahkan air yang minyak jelantah dengan cara memanaskan minyak jelantah sampai suhu 110°C pada tekanan 199 kPa, dimana pada suhu 100°C air akan menguap. Air akan diuapkan sebanyak 46,361 kg/h (aliran 5). Sehingga minyak jelantah keluaran evaporator 1 (aliran 6) akan mengandung air sebanyak 0,5 %-w. Sehingga kalor yang dibutuhkan evaporator 1 (EV-01) sebanyak 273.043,94 dan *steam* yang dibutuhkan sebagai media penukar panas sebanyak 118,02 kg/jam. Skema aliran pada evaporator 1 (EV-01) ditunjukkan pada **Gambar 3.8**.

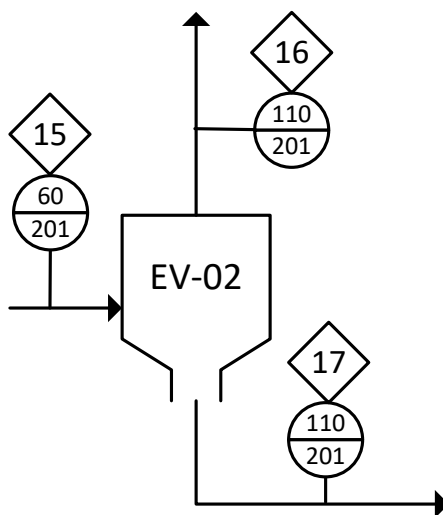


Gambar 3.8 Evaporator 1 (EV-01)

3.9 Evaporator 2 (EV-02)

Evaporator 2 (EV-02) digunakan untuk memisahkan metanol sisa dan sebagian air dari keluaran reaktor 1 (R-01). Aliran 16 terdiri dari metanol sebanyak 11,063 kg/jam dan

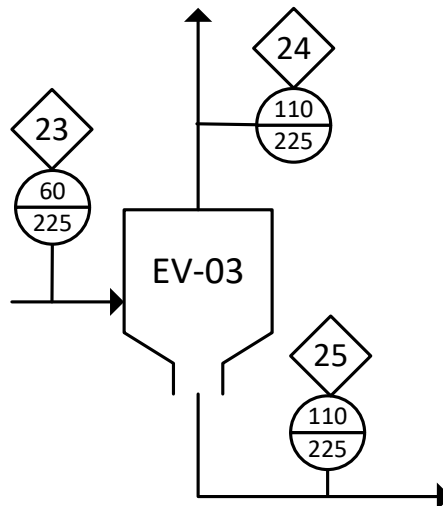
air sebanyak 3,471 kg/jam. Aliran 17 berupa produk reaktor 1 (R-01) bebas metanol dan mengandung air sebanyak 0,05%-w sehingga memiliki laju alir sebesar 990,538 kg/jam. Sehingga kalor yang dibutuhkan evaporator 2 (EV-02) sebanyak 136.874,556 kJ/jam dan *steam* yang dibutuhkan sebagai media penukar panas sebanyak 59,16 kg/jam. Skema aliran pada evaporator 2 (EV-02) ditunjukkan pada **Gambar 3.9**.



Gambar 3.9 Evaporator 2 (EV-02)

3.10 Evaporator 3 (EV-03)

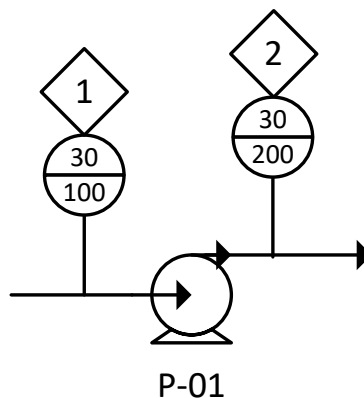
Evaporator 3 (EV-03) digunakan untuk memisahkan metanol dan sebagian air dari gliserol keluaran reaktor CCCS (R-03). Aliran 24 terdiri dari metanol sebanyak 0,753 kg/jam dan air sebanyak 14,399 kg. Aliran 25 berupa produk samping gliserol dengan kemurnian 96,78% sebesar 310,442 kg/jam. Sehingga kalor yang dibutuhkan evaporator 3 (EV-03) sebanyak 66.470,507 kJ/jam dan *steam* yang dibutuhkan sebagai media penukar panas sebanyak 205,90 kg/jam. Skema aliran pada evaporator 3 (EV-03) ditunjukkan pada **Gambar 3.10**.



Gambar 3.10 Evaporator 3 (EV-03)

3.11 Pompa 1 (P-01)

Pompa 1 (P-01) digunakan untuk mengalirkan minyak jelantah dari tangki penyimpanan minyak jelantah (T-01) menuju strainer (F-01). Pompa bekerja secara adiabatik dengan aliran masukan pada kondisi 30 °C, 100 kPa dan aliran keluaran akhir pompa pada kondisi 30 °C, 200 kPa. Laju alir keluaran pompa 1 (aliran 2) sama dengan laju alir masukan pompa 1 (aliran 1) yaitu sebesar 1.073,232 kg/jam. Skema aliran pompa ditunjukkan pada **Gambar 3.11**.

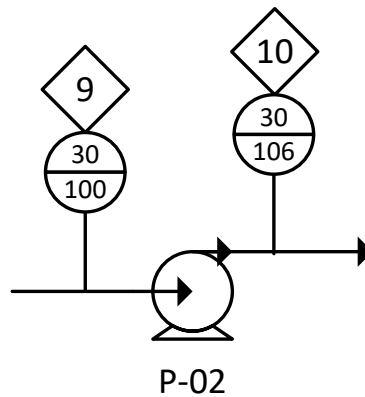


Gambar 3.11 Pompa 1 (P-01)

3.12 Pompa 2 (P-02)

Pompa 2 (P-02) digunakan untuk mengalirkan metanol dari tangki penyimpanan metanol (T-03) menuju reaktor 1 (R-01). Pompa bekerja secara adiabatik dengan aliran masukan pada kondisi 30 °C, 100 kPa dan aliran keluaran akhir pompa pada kondisi 30 °C,

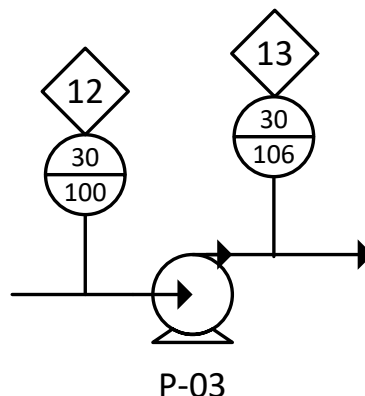
106 kPa. Laju alir keluaran pompa 2 (aliran 10) sama dengan laju alir masukan pompa 2 (aliran 9) yaitu sebesar 17,183 kg/jam. Skema aliran pompa 2 ditunjukkan pada **Gambar 3.12**.



Gambar 3.12 Pompa 2 (P-02)

3.13 Pompa 3 (P-03)

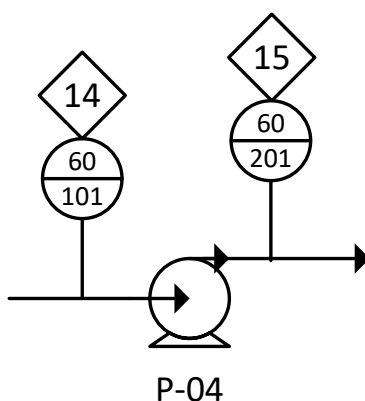
Pompa 3 (P-03) digunakan untuk mengalirkan metanol dari tangki penyimpanan metanol (T-03) menuju reaktor 2 (R-02). Pompa 3 bekerja secara adiabatik dengan aliran masukan pompa 3 pada kondisi 30 °C, 100 kPa dan aliran keluaran akhir pompa 3 pada kondisi 30 °C, 106 kPa. Laju alir keluaran pompa 3 (aliran 13) sama dengan laju alir masukan pompa 3 (aliran 12) yaitu sebesar 317,587 kg/jam. Skema aliran pompa 3 ditunjukkan pada **Gambar 3.13**.



Gambar 3.13 Pompa 3 (P-03)

3.14 Pompa 4 (P-04)

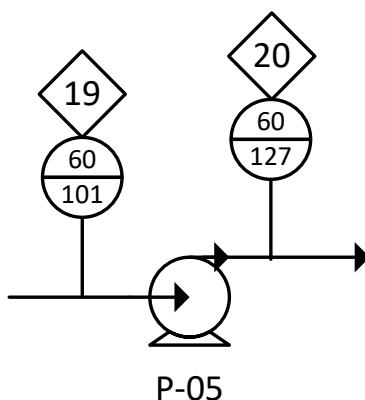
Pompa 4 (P-04) digunakan untuk mengalirkan keluaran reaktor 1 (R-01) menuju evaporator 2 (EV-02). Pompa 4 bekerja secara adiabatik dengan aliran masukan pada kondisi 60 °C, 100 kPa dan aliran keluaran akhir pompa 4 pada kondisi 60 °C, 201 kPa. Laju alir keluaran pompa 4 (aliran 15) sama dengan laju alir masukan pompa 4 (aliran 14) yaitu sebesar 1.009,742 kg/jam. Skema aliran pompa 4 ditunjukkan pada **Gambar 3.14**.



Gambar 3.14 Pompa 4 (P-04)

3.15 Pompa 5 (P-05)

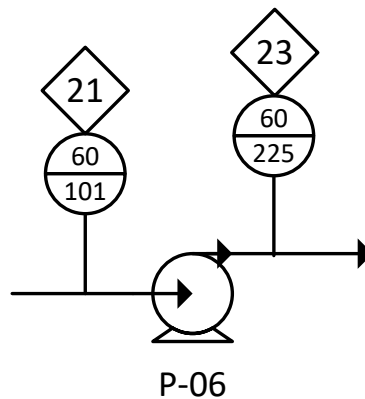
Pompa 5 (P-05) digunakan untuk mengalirkan keluaran reaktor 2 (R-02) menuju reaktor CCCS (R-03). Pompa 5 bekerja secara adiabatik dengan aliran masukan pada kondisi 60 °C, 101 kPa dan aliran keluaran akhir pompa 5 pada kondisi 60 °C, 127 kPa. Laju alir keluaran pompa 5 (aliran 20) sama dengan laju alir masukan pompa 5 (aliran 19) yaitu sebesar 1.367,653 kg/jam. Skema aliran pompa 5 ditunjukkan pada **Gambar 3.15**.



Gambar 3.15 Pompa 5 (P-05)

3.16 Pompa 6 (P-06)

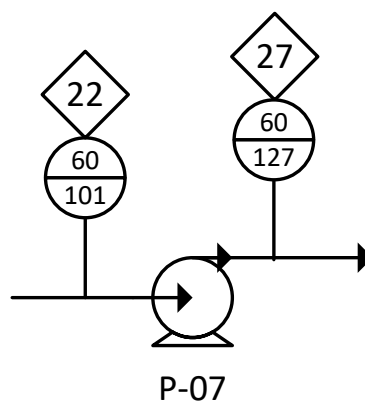
Pompa 6 (P-06) digunakan untuk mengalirkan gliserol keluaran reaktor CCCS (R-03) menuju evaporator 3 (EV-03). Pompa 6 bekerja secara adiabatik dengan aliran masukan pada kondisi 60 °C, 101 kPa dan aliran keluaran akhir pompa 6 pada kondisi 60 °C, 225 kPa. Laju alir keluaran pompa 6 (aliran 23) sama dengan laju alir masukan pompa 6 (aliran 21) yaitu sebesar 325,594 kg/jam. Skema aliran pompa 6 ditunjukkan pada **Gambar 3.16**.



Gambar 3.16 Pompa 6 (P-06)

3.17 Pompa 7 (P-07)

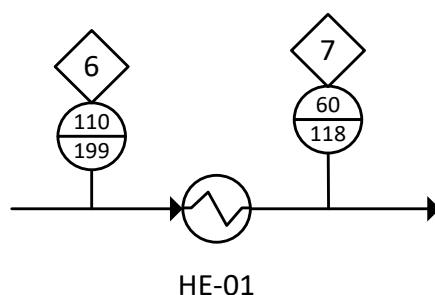
Pompa 7 (P-07) digunakan untuk mengalirkan biodiesel keluaran reaktor CCCS (R-03) menuju cooler 4 (HE-04). Pompa 7 bekerja secara adiabatik dengan aliran masukan pada kondisi 60 °C, 101 kPa dan aliran keluaran akhir pompa 7 pada kondisi 60 °C, 127 kPa. Laju alir keluaran pompa 7 (aliran 27) sama dengan laju alir masukan pompa 7 (aliran 22) yaitu sebesar 1.035,510 kg/jam. Skema aliran pompa 7 ditunjukkan pada **Gambar 3.17**.



Gambar 3.17 Pompa 7 (P-07)

3.18 Cooler 1 (HE-01)

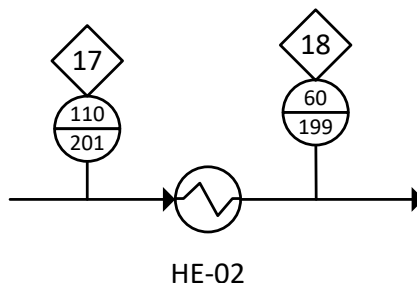
Cooler 1 (HE-01) digunakan untuk mendinginkan aliran keluar evaporator 1 (EV-01) menuju ke reaktor 1 (R-01). Laju alir keluaran *cooler* 1 (aliran 6) sama dengan laju alir masukan *cooler* 1 (aliran 7) yaitu sebesar 991,609 kg/jam. Kalor yang berhasil dipertukarkan dari alat ini sebanyak 105.382,7 kJ/jam dan dibutuhkan *cooling water* sebagai media penukar panas sebanyak 12.250,73 kg/jam. Skema aliran *cooler* 1 ditunjukkan pada **Gambar 3.18**.



Gambar 3.18 Cooler 1 (HE-01)

3.19 Cooler 2 (HE-02)

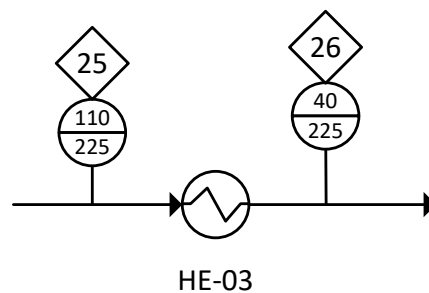
Cooler 2 (HE-02) digunakan untuk mendinginkan aliran keluar evaporator 2 (EV-02) menuju ke reaktor 2 (R-02). Laju alir keluaran *cooler* 2 (aliran 18) sama dengan laju alir masukan *cooler* 2 (aliran 17) yaitu sebesar 990,538 kg/jam. Kalor yang berhasil dipertukarkan dari alat ini sebanyak 111.949,1 kJ/jam dan dibutuhkan *cooling water* sebagai media penukar panas sebanyak 13.014,07 kg/jam. Skema aliran *cooler* 2 ditunjukkan pada **Gambar 3.19**.



Gambar 3.19 Cooler 2 (HE-02)

3.20 Cooler 3 (HE-03)

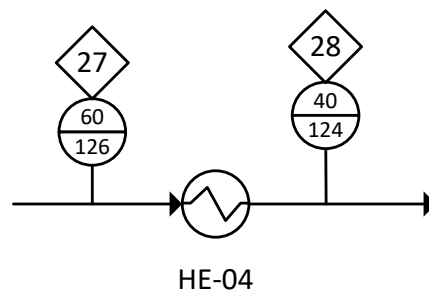
Cooler 3 (HE-03) digunakan untuk mendinginkan gliserol aliran keluar evaporator 3 (EV-03) menuju ke tangki penyimpanan gliserol (T-06). Laju alir keluaran *cooler* 3 (aliran 26) sama dengan laju alir masukan *cooler* 3 (aliran 25) yaitu sebesar 310,442 kg/jam. Kalor yang berhasil dipertukarkan dari alat ini sebanyak 61.667,15 kJ/jam dan dibutuhkan *cooling water* sebagai media penukar panas sebanyak 14.337,6 kg/jam. Skema aliran *cooler* 3 ditunjukkan pada **Gambar 3.20**.



Gambar 3.20 Cooler 3 (HE-03)

3.21 Cooler 4 (HE-04)

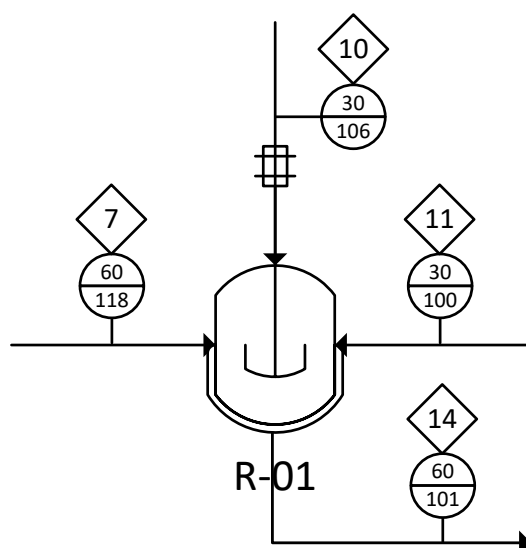
Cooler 4 (HE-04) digunakan untuk mendinginkan biodiesel aliran keluar reaktor CCCS (R-03) menuju ke tangki penyimpanan biodiesel (T-05). Laju alir keluaran *cooler* 4 (aliran 28) sama dengan laju alir masukan *cooler* 4 (aliran 27) yaitu sebesar 1.035,510 kg/jam. Kalor yang berhasil dipertukarkan dari alat ini sebanyak 6.675.957,3 kJ/jam dan dibutuhkan *cooling water* sebagai media penukar panas sebanyak 1.552.158,5 kg/jam. Skema aliran *cooler* 4 ditunjukkan pada **Gambar 3.21**.



Gambar 3.21 Cooler 4 (HE-04)

3.22 Reaktor (R-01)

Reaktor 1 (R-01) beroperasi secara kontinu dan memiliki beberapa alur masukan antara lain aliran 7, aliran 10, dan aliran 11 dengan keluaran aliran 14. Aliran 7 berupa masukan minyak jelantah, aliran 10 berupa masukan metanol, aliran 11 berupa masukan katalis H_2SO_4 . Hubungan antar masing-masing variabel yang terlibat dalam reaktor ini antara lain laju alir mol metanol pada aliran 10 : laju alir mol FFA pada aliran 7 sebesar 2,5:1, konversi FFA sebesar 88,8%, komposisi mol FFA pada keluaran reaktor sebesar 1%-n, serta kebutuhan katalis H_2SO_4 sebanyak 1% dari massa FFA. Laju alir masukan reaktor 1 (R-01) aliran 7, 10, dan 11 berturut-turut antara lain sebesar 991,609 kg/jam, 17,183 kg/jam, dan 0,613 kg/jam. Laju alir keluaran reaktor 1 (R-01) aliran 14 sebesar 1.009,742 kg/jam. Kalor yang dilepaskan oleh reaktor ini sebanyak 158.780,74 kJ/jam dan dibutuhkan *cooling water* sebagai media penukar panas sebanyak 16.231,34 kg/jam. Skema aliran reaktor 1 (R-01) ditunjukkan pada **Gambar 3.22**.

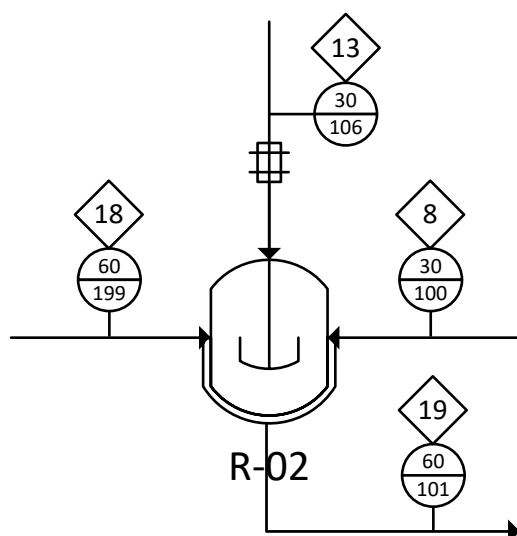


Gambar 3.22 Reaktor 1 (R-01)

3.23 Reaktor (R-02)

Reaktor 2 (R-02) beroperasi secara kontinu dan memiliki beberapa alur masukan antara lain aliran 8, aliran 13, dan aliran 18 dengan keluaran aliran 19. Aliran 8 berupa masukan katalis larutan KOH, aliran 13 berupa masukan metanol, aliran 18 berupa keluaran reaktor 1 (R-01). Hubungan antar masing-masing variabel yang terlibat dalam reaktor ini antara lain laju alir mol metanol pada aliran 13 : laju alir mol trigliserida pada

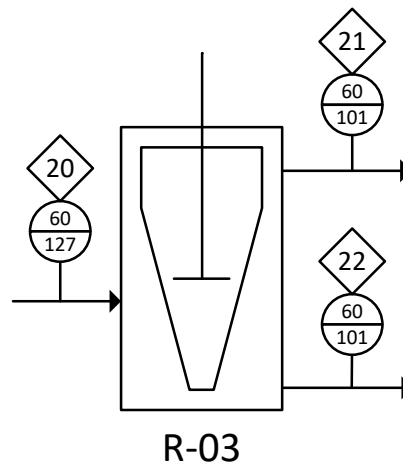
aliran 18 sebesar 3:1, konversi trigliserida sebesar 94%, serta kebutuhan katalis KOH sebanyak 1% dari massa trigliserida. Laju alir masukan reaktor 2 (R-02) aliran 8, 13, dan 18 berturut-turut antara lain sebesar 18,524 kg/jam, 317,586 kg/jam, dan 990,538 kg/jam. Laju alir keluaran reaktor 2 (R-02) aliran 19 sebesar 1.367,653 kg/jam. Kalor yang dilepaskan oleh reaktor ini sebanyak 1.569.710 kJ/jam dan dibutuhkan *cooling water* sebagai media penukar panas sebanyak 71.433,15 kg/jam. Skema aliran reaktor 2 (R-02) ditunjukkan pada **Gambar 3.23**.



Gambar 3.23 Reaktor 2 (R-02)

3.24 Reaktor CCCS (R-03)

Reaktor CCCS (R-03) beroperasi secara kontinu dan memiliki alur masukan aliran 20 serta beberapa alur keluaran antara lain aliran 21 dan aliran 22. Hubungan antar masing-masing variabel yang terlibat dalam reaktor ini antara lain laju alir mol metanol : laju alir mol trigliserida aliran 20 sebesar 3:1, konversi trigliserida sebesar 96%, perolehan KOH, H₂SO₄, gliserida, metanol, serta air sebesar 99%-w dan FFA sebesar 1%-w pada aliran 21. Laju alir masukan reaktor CCCS (R-03) aliran 20 sebesar 1.367,653 kg/h. Laju alir keluaran reaktor CCCS (R-03) aliran 21 dan 22 sebesar 325,594 kg/jam dan 1.035,510 kg/jam. Kalor yang dilepaskan oleh reaktor ini sebanyak 93.286,6 kJ/jam dan dibutuhkan *cooling water* sebagai media penukar panas sebanyak 9.368,17 kg/jam. Skema aliran reaktor CCCS (R-03) ditunjukkan pada **Gambar 3.24**.



Gambar 3.24 Reaktor CCCS (R-03)

3.25 Tabel Neraca Massa dan Energi

Berikut ini akan disajikan ringkasan tabel neraca massa dan kondisi operasi yang terdapat pada masing-masing aliran dan neraca energi yang terdapat pada masing-masing alat.

Tabel 3.1 Neraca Massa

Komponen	Aliran							
	1		2		3		4	
	%-w	F (kg/jam)	%-w	F (kg/jam)	%-w	F (kg/jam)	%-w	F (kg/jam)
Trigliserida	0.86300	926.19949	0.86300	926.19949	0.00000	0.00000	0.89232	926.19949
Asam Lemak Bebas	0.05600	60.10101	0.05600	60.10101	0.00000	0.00000	0.05790	60.10101
Air	0.04830	51.83712	0.04830	51.83712	0.01470	0.51837	0.04944	51.31875
Pengotor	0.03270	35.09470	0.03270	35.09470	0.98530	34.74375	0.00034	0.35095
KOH	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
H ₂ SO ₄	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Metanol	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
FAME	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Gliserol	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
TOTAL	1.00000	1073.23232	1.00000	1073.23232	1.00000	35.26212	1.00000	1037.97020
Temperatur (°C)	30		30		30		30	
Tekanan (kPa)	100		200		199		199	

Tabel 3.1 Neraca Massa (Lanjutan)

Komponen	Aliran							
	5		6		7		8	
	%-w	F (kg/jam)	%-w	F (kg/jam)	%-w	F (kg/jam)	%-w	F (kg/jam)
Trigliserida	0.000	0.000	0.934	926.199	0.934	926.199	0.934	926.199
Asam Lemak Bebas	0.000	0.000	0.061	60.101	0.061	60.101	0.061	60.101
Air	1.000	46.361	0.005	4.958	0.005	4.958	0.005	4.958
Pengotor	0.000	0.000	0.000	0.351	0.000	0.351	0.000	0.351
KOH	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
H ₂ SO ₄	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Metanol	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
FAME	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Gliserol	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
TOTAL	1.000	46.361	1.000	991.609	1.000	991.609	1.000	991.609
Temperatur (°C)	110		110		110		60	
Tekanan (kPa)	400		400		400		400	

Komponen	Aliran							
	9		10		11		12	
	%-w	F (kg/jam)	%-w	F (kg/jam)	%-w	F (kg/jam)	%-w	F (kg/jam)
Trigliserida	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Asam Lemak Bebas	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Air	0.00150	0.02577	0.00150	0.02577	0.02000	0.01227	0.00150	0.47638
Pengotor	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
KOH	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
H ₂ SO ₄	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.98000	0.60101	0.00000	0.00000
Metanol	0.99850	17.15726	0.99850	17.15726	0.00000	0.00000	0.99850	317.11016
FAME	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Gliserol	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
TOTAL	1.00000	17.18303	1.00000	17.18303	1.00000	0.61328	1.00000	317.58654
Temperatur (°C)	30		30		30		30	
Tekanan (kPa)	100		106		100		100	

Komponen	Aliran							
	13		14		15		16	
	%-w	F (kg/jam)	%-w	F (kg/jam)	%-w	F (kg/jam)	%-w	F (kg/jam)
Trigliserida	0.00000	0.00000	0.91726	926.19949	0.91726	926.19949	0.00000	0.00000
Asam Lemak Bebas	0.00000	0.00000	0.00667	6.73131	0.00667	6.73131	0.00000	0.00000
Air	0.00150	0.47638	0.00834	8.42411	0.00834	8.42411	0.23884	3.47142
Pengotor	0.00000	0.00000	0.00035	0.35095	0.00035	0.35095	0.00000	0.00000
KOH	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
H ₂ SO ₄	0.00000	0.00000	0.00060	0.60101	0.00060	0.60101	0.00000	0.00000
Metanol	0.99850	317.11016	0.01096	11.06300	0.01096	11.06300	0.76116	11.06300
FAME	0.00000	0.00000	0.05583	56.37188	0.05583	56.37188	0.00000	0.00000
Gliserol	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
TOTAL	1.00000	317.58654	1.00000	1009.74175	1.00000	1009.74175	1.00000	14.53442
Temperatur (°C)	30		60		60		110	
Tekanan (kPa)	106		101		201		201	

Tabel 3.1 Neraca Massa (Lanjutan)

Komponen	Aliran							
	17		18		19		20	
	%-w	F (kg/jam)	%-w	F (kg/jam)	%-w	F (kg/jam)	%-w	F (kg/jam)
Trigliserida	0.93505	926.19949	0.93505	926.19949	0.04063	55.57197	0.04063	55.57197
Asam Lemak Bebas	0.00680	6.73131	0.00680	6.73131	0.00492	6.73131	0.00492	6.73131
Air	0.00500	4.95269	0.00500	4.95269	0.01074	14.69106	0.01074	14.69106
Pengotor	0.00035	0.35095	0.00035	0.35095	0.00026	0.35095	0.00026	0.35095
KOH	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00677	9.26199	0.00677	9.26199
H ₂ SO ₄	0.00061	0.60101	0.00061	0.60101	0.00044	0.60101	0.00044	0.60101
Metanol	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.01391	19.02661	0.01391	19.02661
FAME	0.05691	56.37188	0.05691	56.37188	0.71324	975.46282	0.71324	975.46282
Gliserol	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.20908	285.95527	0.20908	285.95527
TOTAL	1.00000	990.53792	1.00000	990.53792	1.00000	1367.65301	1.00000	1367.65301
Temperatur (°C)	110		60		60		60	
Tekanan (kPa)	201		199		101		127	

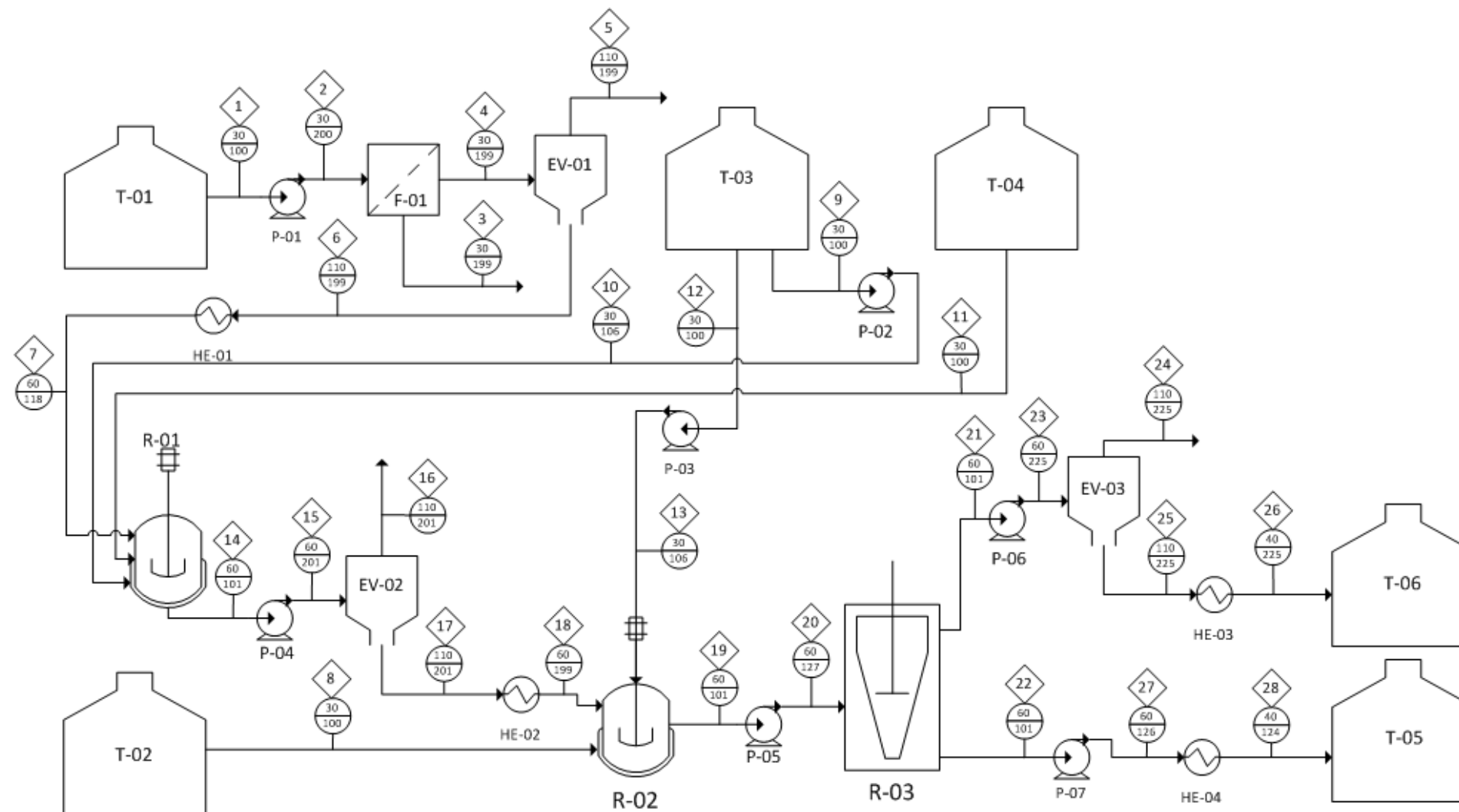
Komponen	Aliran							
	21		22		23		24	
	%-w	F (kg/jam)	%-w	F (kg/jam)	%-w	F (kg/jam)	%-w	F (kg/jam)
Trigliserida	0.00007	0.02223	0.00002	0.02223	0.00007	0.02223	0.00000	0.00000
Asam Lemak Bebas	0.00021	0.06731	0.00007	0.06731	0.00021	0.06731	0.00000	0.00000
Air	0.04467	14.54415	0.00014	0.14691	0.04467	14.54415	0.95027	14.39871
Pengotor	0.00000	0.00000	0.00034	0.35095	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
KOH	0.02816	9.16938	0.00009	0.09262	0.02816	9.16938	0.00000	0.00000
H ₂ SO ₄	0.00183	0.59500	0.00001	0.00601	0.00183	0.59500	0.00000	0.00000
Metanol	0.00231	0.75345	0.00001	0.00761	0.00231	0.75345	0.04973	0.75345
FAME	0.00000	0.00000	0.99640	1031.78159	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Gliserol	0.92275	300.44286	0.00293	3.03478	0.92275	300.44286	0.00000	0.00000
TOTAL	1.00000	325.59439	1.00000	1035.51000	1.00000	325.59439	1.00000	15.15217
Temperatur (°C)	60		60		60		110	
Tekanan (kPa)	101		101		225		225	

Komponen	Aliran							
	25		26		27		28	
	%-w	F (kg/jam)	%-w	F (kg/jam)	%-w	F (kg/jam)	%-w	F (kg/jam)
Trigliserida	0.00007	0.02223	0.00007	0.02223	0.00002	0.02223	0.00002	0.02223
Asam Lemak Bebas	0.00022	0.06731	0.00022	0.06731	0.00007	0.06731	0.00007	0.06731
Air	0.00047	0.14544	0.00047	0.14544	0.00014	0.14691	0.00014	0.14691
Pengotor	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00034	0.35095	0.00034	0.35095
KOH	0.02954	9.16938	0.02954	9.16938	0.00009	0.09262	0.00009	0.09262
H ₂ SO ₄	0.00192	0.59500	0.00192	0.59500	0.00001	0.00601	0.00001	0.00601
Metanol	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00001	0.00761	0.00001	0.00761
FAME	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.99640	1031.78159	0.99640	1031.78159
Gliserol	0.96779	300.44286	0.96779	300.44286	0.00293	3.03478	0.00293	3.03478
TOTAL	1.00000	310.44222	1.00000	310.44222	1.00000	1035.51000	1.00000	1035.51000
Temperatur (°C)	110		40		60		40	
Tekanan (kPa)	225		225		126		124	

Tabel 3.2 Neraca Energi

Alat	dQ/dt (kJ/jam)	Kebutuhan <i>cooling water</i> (kg/jam)	Kebutuhan <i>steam</i> (kg/jam)
Evaporator 1 (EV-01)	273.043,94	0	118,016
Evaporator 2 (EV-02)	136.874,56	0	59,16
Evaporator 3 (EV-03)	66.470,51	0	205,9
<i>Cooler</i> 1 (HE-01)	-105.382,7	12.250,73	0
<i>Cooler</i> 2 (HE-02)	-111.949,1	13.014,07	0
<i>Cooler</i> 3 (HE-03)	-61.667,15	14.337,6	0
<i>Cooler</i> 4 (HE-04)	-6.675.957,3	1.552.158,5	0
Reaktor 1 (R-01)	-158.780,74	16.231,34	0
Reaktor 2 (R-02)	-1.569.710	71.433,15	0
Reaktor CINC (R-03)	-93.286,6	9.368,17	0

CHE 184660-03 TUGAS PERANCANGAN PABRIK KIMIA PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN PERANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI MINYAK JELANTAH DAN METANOL BERKAPASITAS 8.200 TON/TAHUN PROCESS FLOW DIAGRAM	
DOSEN PEMBIMBING	Dr. HENKY MULJANA, S.T., M.Eng
NOMOR KELOMPOK ANGGOTA KELOMPOK	6 KRIS T. GUNAWAN (2013620072) MATTHEW SETIADI (2014620078) YOEL LAVENKI (2014620029) DIMAS SAPTOAJI (2015620036)



Kode	Keterangan	Kode	Keterangan
T-01	Tank Minyak Jelantah	EV-03	Evaporator 3
T-02	Tank KOH	HE-01	Cooler 1
T-03	Tank Metanol	HE-02	Cooler 2
T-04	Tank H ₂ SO ₄	HE-03	Cooler 3
T-05	Tank Biodiesel	HE-04	Cooler 4
T-06	Tank Gliserol	P-01	Pompa 1
R-01	Reaktor 1	P-02	Pompa 2
R-02	Reaktor 2	P-03	Pompa 3
R-03	Reaktor CCCS	P-04	Pompa 4
F-01	Strainer	P-05	Pompa 5
EV-01	Evaporator 1	P-06	Pompa 6
EV-02	Evaporator 2	P-07	Pompa 7

Simbol	Keterangan
	Nomor Aliran
	Suhu (°C)
	Tekanan (kPa)

Gambar 3.25 Process Flow Diagram

Komponen	Aliran															
	1		2		3		4		5		6		7		8	
	%-w	F (kg/jam)	%-w	F (kg/jam)	%-w	F (kg/jam)	%-w	F (kg/jam)	%-w	F (kg/jam)	%-w	F (kg/jam)	%-w	F (kg/jam)	%-w	F (kg/jam)
Trigliserida	0.86300	926.19949	0.86300	926.19949	0.00000	0.00000	0.89232	926.19949	0.00000	0.00000	0.93404	926.19949	0.93404	926.19949	0.00000	0.00000
Asam Lemak Bebas	0.05600	60.10101	0.05600	60.10101	0.00000	0.00000	0.05790	60.10101	0.00000	0.00000	0.06061	60.10101	0.06061	60.10101	0.00000	0.00000
Air	0.04830	51.83712	0.04830	51.83712	0.01470	0.51837	0.04944	51.31875	1.00000	46.36070	0.00500	4.95805	0.00500	4.95805	0.50000	9.26199
Pengotor	0.03270	35.09470	0.03270	35.09470	0.98530	34.74375	0.00034	0.35095	0.00000	0.00000	0.00035	0.35095	0.00035	0.35095	0.00000	0.00000
KOH	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.50000	9.26199
H ₂ SO ₄	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Metanol	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
FAME	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Gliserol	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
TOTAL	1.00000	1073.23232	1.00000	1073.23232	1.00000	35.26212	1.00000	1037.97020	1.00000	46.36070	1.00000	991.60950	1.00000	991.60950	1.00000	18.52399
Temperatur (°C)	30		30		30		30		110		110		60		30	
Tekanan (kPa)	100		200		199		199		199		199		118		100	

Komponen	Aliran															
	9		10		11		12		13		14		15		16	
	%-w	F (kg/jam)	%-w	F (kg/jam)	%-w	F (kg/jam)	%-w	F (kg/jam)	%-w	F (kg/jam)	%-w	F (kg/jam)	%-w	F (kg/jam)	%-w	F (kg/jam)
Trigliserida	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.91726	926.19949	0.91726	926.19949	0.00000	0.00000
Asam Lemak Bebas	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00667	6.73131	0.00667	6.73131	0.00000	0.00000
Air	0.00150	0.02577	0.00150	0.02577	0.02000	0.01227	0.00150	0.47638	0.00150	0.47638	0.00834	8.42411	0.00834	8.42411	0.23884	3.47142
Pengotor	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00035	0.35095	0.00035	0.35095	0.00000	0.00000
KOH	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
H ₂ SO ₄	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.98000	0.60101	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00060	0.60101	0.00060	0.60101	0.00000	0.00000
Metanol	0.99850	17.15726	0.99850	17.15726	0.00000	0.00000	0.99850	317.11016	0.99850	317.11016	0.01096	11.06300	0.01096	11.06300	0.76116	11.06300
FAME	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.05583	56.37188	0.05583	56.37188	0.00000	0.00000
Gliserol	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
TOTAL	1.00000	17.18303	1.00000	17.18303	1.00000	0.61328	1.00000	317.58654	1.00000	317.58654	1.00000	1009.74175	1.00000	1009.74175	1.00000	14.53442
Temperatur (°C)	30		30		30		30		30		60		60		110	
Tekanan (kPa)	100		106		100		100		106		101		201		201	

Komponen	Aliran															
	17		18		19		20		21		22		23		24	
	%-w	F (kg/jam)	%-w	F (kg/jam)	%-w	F (kg/jam)	%-w	F (kg/jam)	%-w	F (kg/jam)	%-w	F (kg/jam)	%-w	F (kg/jam)	%-w	F (kg/jam)
Trigliserida	0.93505	926.19949	0.93505	926.19949	0.04063	55.57197	0.04063	55.57197	0.00007	0.02223	0.00002	0.02223	0.00007	0.02223	0.00000	0.00000
Asam Lemak Bebas	0.00680	6.73131	0.00680	6.73131	0.00492	6.73131	0.00492	6.73131	0.00021	0.06731	0.00007	0.06731	0.00021	0.06731	0.00000	0.00000
Air	0.00500	4.95269	0.00500	4.95269	0.01074	14.69106	0.01074	14.69106	0.04467	14.54415	0.00014	0.14691	0.04467	14.54415	0.95027	14.39871
Pengotor	0.00035	0.35095	0.00035	0.35095	0.00026	0.35095	0.00026	0.35095	0.00000	0.00000	0.00034	0.35095	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
KOH	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00677	9.26199	0.00677	9.26199	0.02816	9.16938	0.00009	0.09262	0.02816	9.16938	0.00000	0.00000
H ₂ SO ₄	0.00061	0.60101	0.00061	0.60101	0.00044	0.60101	0.00044	0.60101	0.00183	0.59500	0.00001	0.00601	0.00183	0.59500	0.00000	0.00000
Metanol	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.01391	19.02661	0.01391	19.02661	0.00231	0.75345	0.00001	0.00761	0.00231	0.75345	0.04973	0.75345
FAME	0.05691	56.37188	0.05691	56.37188	0.71324	975.46282	0.71324	975.46282	0.00000	0.00000	0.99640	1031.78159	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Gliserol	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.20908	285.95527	0.20908	285.95527	0.92275	300.44286	0.00293	3.03478	0.92275	300.44286	0.00000	0.00000
TOTAL	1.00000	990.53792	1.00000	990.53792	1.00000	1367.65301	1.00000	1367.65301	1.00000	325.59439	1.00000	1035.51000	1.00000	325.59439	1.00000	15.15217
Temperatur (°C)	110		60		60		60		60		60		60		110	
Tekanan (kPa)	201		199		101		127		101		101		225		225	

Komponen	Aliran							
	25		26		27		28	
	%-w	F (kg/jam)	%-w	F (kg/jam)	%-w	F (kg/jam)	%-w	F (kg/jam)
Trigliserida	0.00007	0.02223	0.00007	0.02223	0.00002	0.02223	0.00002	0.02223
Asam Lemak Bebas	0.00022	0.06731	0.00022	0.06731	0.00007	0.06731	0.00007	0.06731
Air	0.00047	0.14544	0.00047	0.14544	0.00014	0.14691	0.00014	0.14691
Pengotor	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00034	0.35095	0.00034	0.35095
KOH	0.02954	9.16938	0.02954	9.16938	0.00009	0.09262	0.00009	0.09262
H ₂ SO ₄	0.00192	0.59500	0.00192	0.59500	0.00001	0.00601	0.00001	0.00601
Metanol	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00001	0.00761	0.00001	0.00761
FAME	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.99640	1031.78159	0.99640	1031.78159
Gliserol	0.96779	300.44286	0.96779	300.44286	0.00293	3.03478	0.00293	3.03478
TOTAL	1.00000	310.44222	1.00000	310.44222	1.00000	1035.51000	1.00000	1035.51000
Temperatur (°C)	110		40		60		40	
Tekanan (kPa)	225		225		126		124	

Alat	dQ/dt (kJ/jam)	Kebutuhan <i>cooling water</i> (kg/jam)	Kebutuhan <i>steam</i> (kg/jam)
Evaporator 1 (EV-01)	273043.94	0	118.016
Evaporator 2 (EV-02)	136874.56	0	59.16
Evaporator 3 (EV-03)	66470.51	0	205.9
Cooler 1 (HE-01)	-105382.7	12250.73	0
Cooler 2 (HE-02)	-111949.1	13014.07	0
Cooler 3 (HE-03)	-61667.15	14337.6	0
Cooler 4 (HE-04)	-6675957.3	1552158.5	0
Reaktor 1 (R-01)	-158780.74	16231.34	0
Reaktor 2 (R-02)	-1569710	71433.15	0
Reaktor CINC (R-03)	-93286.6	9368.17	0

BAB IV

SPESIFIKASI PERALATAN, SISTEM PERPIPAAN, DAN INSTRUMENTASI PROSES

4.1 Spesifikasi Peralatan

Peralatan yang digunakan agar pabrik beroperasi secara efektif dan efisien menghasilkan produk utama berupa biodiesel dan produk samping berupa gliserol dengan komposisi yang memenuhi standar. Spesifikasi peralatan yang diberikan antara lain ukuran peralatan, kondisi operasi, kapasitas operasi, dan jenis material konstruksi peralatan.

4.1.1 Storage Tank

Dibutuhkan enam buah *storage* yang berfungsi untuk menyimpan bahan baku minyak jelantah (T-01), metanol (T-03), katalis H_2SO_4 (T-04), katalis KOH (T-02), serta produk biodiesel (T-05) dan gliserol (T-06). Spesifikasi *storage tank* yang digunakan disajikan pada **Tabel 4.1**.

Untuk penyimpanan bahan baku dan produk masing-masing dibutuhkan satu buah tangki silinder vertikal untuk menyimpan bahan baku berupa minyak jelantah dan metanol serta produk berupa biodiesel dan produk samping berupa gliserol. Tangki dipasang secara horizontal karena ukurannya yang relatif besar sehingga akan membutuhkan ruang lebih luas jika dipasang secara horizontal. Tangki penyimpanan minyak jelantah, metanol, dan biodiesel menggunakan material *carbon steel* karena senyawa-senyawa tersebut tidak bersifat korosif sedangkan tangki penyimpanan gliserol dibuat menggunakan *stainless steel* 304 (<https://cargohandbook.com/>) karena sifatnya yang cukup korosif. Dipilih jenis tutup *ellipsoidal head* untuk semua tangki yang digunakan karena beberapa keunggulan antara lain biaya pembuatannya yang lebih murah serta memberikan tangki penyimpanan dengan fraksi kosong yang lebih besar dibandingkan dengan tutup *torispherical*. Seluruh bentuk dan ukuran tangki dipilih berdasarkan standar API untuk tangki penyimpanan vertikal ukuran besar dengan masing-masing kapasitas tangki penyimpanan minyak jelantah, metanol, biodiesel dan gliserol berturut-turut sebesar 699,246 m³, 58,673 m³, 580,216 m³, dan 211,420 m³. Tangki penyimpanan metanol dilengkapi dengan jaket pendingin dengan nitrogen cair sebagai media pendinginnya untuk menjaga temperatur penyimpanan maksimal 30 °C karena sifat metanol yang mudah menguap dan terbakar (*Metanol Safe Handling Manual: 4th edition*).

Untuk penyimpanan katalis masing-masing dibutuhkan satu buah tangki silinder horizontal yang digunakan untuk menyimpan katalis H_2SO_4 dan katalis KOH. Tangki dipasang secara horizontal karena ukurannya yang tidak terlalu besar. Kedua tangki penyimpanan terbuat dari *stainless steel* 304 dengan dua buah tutup berbentuk *ellipsoidal head*. Material *stainless steel* 304 digunakan sebagai bahan konstruksi tangki karena memiliki ketahanan yang cukup baik terhadap karat. Bentuk tutup ellipsoidal dipilih karena beberapa keunggulan antara lain biaya pembuatannya yang lebih murah serta memberikan tangki penyimpanan dengan fraksi kosong yang lebih besar dibandingkan dengan tutup *torispherical*. Bentuk dan ukuran tangki dipilih berdasarkan standar *Underwriter Label* untuk tangki penyimpanan horizontal berukuran kecil dengan kapasitas masing-masing $1,378\text{ m}^3$ untuk tangki penyimpanan H_2SO_4 dan $6,802\text{ m}^3$ untuk tangki penyimpanan KOH.

Tabel 4.1 Spesifikasi *Storage Tank*

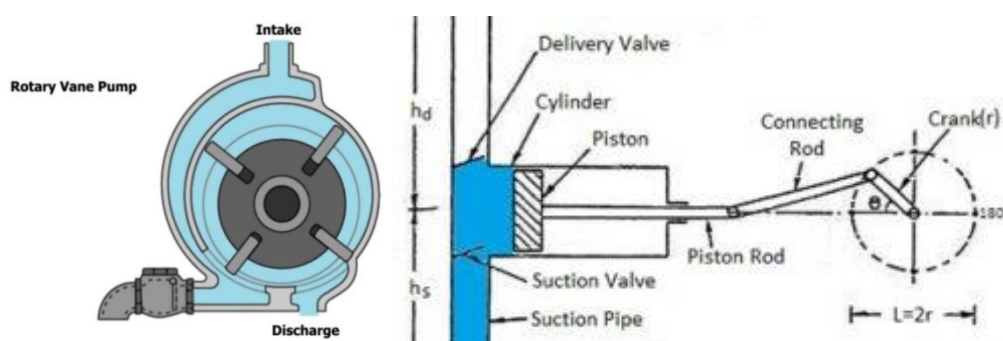
Parameter	T-01	T-02	T-03	T-04	T-05	T-06
Standar storage	API Large Vertical	Underwriter Label Small Horizontal	API Large Vertical	Underwriter Label Small Horizontal	API Large Vertical	API Large Vertical
Jumlah storage Lama	1	1	1	1	1	1
Penyimpanan (hari)	20	20	20	20	20	20
Material	Carbon Steel	Stainless Steel 304	Carbon Steel	Stainless Steel 304	Carbon Steel	Stainless Steel 304
Jenis tutup	Ellipsoidal Head	Ellipsoidal Head	Ellipsoidal Head	Ellipsoidal Head	Ellipsoidal Head	Ellipsoidal Head
Kapasitas (m^3)	699,246	6,802	58,673	1,378	580,216	211,420
H (m)	9,125	2,743	12,167	1,219	7,315	5,505
Do (m)	9,149	1,635	2,443	1,076	9,149	6,406
Tebal (mm)	2,559	4,763	2,223	4,763	2,503	2,704
Tebal tutup (mm)	0,431	0,069	0,172	0,046	0,388	0,543

4.1.2 Pompa

Penggunaan pompa dalam industri bertujuan untuk mengalirkan cairan dari tempat ke tempat yang lebih tinggi. Industri ini menggunakan *rotary pump* untuk fluida yang viskos dan *reciprocating pump* untuk fluida yang memiliki laju alir volumetrik kecil dan memiliki viskositas tinggi. Spesifikasi dan daya pompa yang digunakan disajikan pada **Tabel 4.2** dan skema pompa yang digunakan disajikan pada **Gambar 4.1**.

Tabel 4.2 Spesifikasi Pompa

Pompa	Daya (HP)	Jenis
P-01	247,301	Rotary Pump
P-02	9,926	Reciprocating Pump
P-03	52,416	Reciprocating Pump
P-04	190,630	Reciprocating Pump
P-05	64,737	Reciprocating Pump
P-06	56,661	Reciprocating Pump
P-07	31,479	Reciprocating Pump

**Gambar 4.1** Pompa

4.1.3 Strainer

Penggunaan *strainer* dalam perancangan pabrik ini bertujuan untuk memisahkan pengotor dari minyak jelantah yang dapat menyebabkan penurunan *yield* pada proses produksi biodiesel. *Strainer* yang digunakan adalah jenis *strainer* dengan tipe Y. spesifikasi *strainer* yang digunakan disajikan pada **Tabel 4**.

Tabel 4.3 Spesifikasi *Strainer* (F-01)

Tipe alat	<i>Strainer</i> Y-type 250A Nominal Size
Kondisi operasi	
Tekanan (kPa)	100
Temperatur (°C)	30
Dimensi	
Ukuran screen (mesh)	80
Panjang <i>strainer</i> (mm)	680
Diameter lubang (mm)	6
Jumlah lubang per cm ²	1,8
Bahan konstruksi	
Pipa	Carbon steel
Screen	Stainless steel 304



Gambar 4.2 *Strainer*

4.1.4 Alat Penukar Panas

Dalam pabrik ini alat penukar panas digunakan untuk mendinginkan aliran menggunakan *cooling water*. Dibutuhkan 4 buah penukar panas yang akan dijelaskan di bawah ini. Spesifikasi penukar panas yang digunakan disajikan pada **Tabel 4.4**.

HE-01 digunakan untuk mendinginkan minyak keluaran evaporator (EV-01) dari 110°C menjadi 60°C dengan menggunakan fluida pendingin berupa *cooling water* pada temperatur 30°C. Cooler yang digunakan berupa *double-pipe Heat Exchanger*. Bahan yang digunakan adalah *stainless steel* 316 karena pada bagian annulus berisi fluida *cooling water* yang dapat menyebabkan korosi apabila menggunakan bahan *carbon steel*.

HE-02 digunakan untuk mendinginkan minyak keluaran reaktor (R-01) dari 110°C menjadi 60°C dengan menggunakan fluida pendingin berupa *cooling water* pada temperatur 30°C. Cooler yang digunakan berupa *Shell and Tube Heat Exchanger*. Bahan yang digunakan adalah *stainless steel* 316 karena pada bagian *tube* berisi fluida *cooling water* yang dapat menyebabkan korosi dan pada *shell* berisi campuran FAME yang bersifat asam yang juga dapat menyebabkan korosi apabila menggunakan material *carbon steel*.

HE-03 digunakan untuk mendinginkan gliserol keluaran evaporator (EV-03) dari 110°C menjadi 40°C dengan menggunakan fluida pendingin berupa *cooling water* pada temperatur 30°C. Cooler yang digunakan berupa *Shell and Tube Heat Exchanger*. Bahan yang digunakan adalah *stainless steel* 316 karena pada bagian *tube* berisi fluida *chilled water* yang dapat menyebabkan korosi dan pada *shell* berisi campuran gliserol yang masih mengandung sebagian katalis H_2SO_4 dan KOH yang juga dapat menyebabkan korosi apabila menggunakan material *carbon steel*.

HE-04 digunakan untuk mendinginkan Biodiesel (FAME) keluaran reaktor CCCS (R-03) dari 60°C menjadi 40°C dengan menggunakan fluida pendingin berupa *cooling water* pada temperatur 30°C. *Cooler* yang digunakan berupa *Shell and Tube Heat Exchanger*. Bahan yang digunakan adalah *stainless steel 316* karena pada bagian *tube* berisi fluida *cooling water* yang dapat menyebabkan korosi dan pada *shell* berisi campuran FAME yang bersifat asam dan dapat menyebabkan korosi apabila menggunakan material *carbon steel*.

Tabel 4.4a Spesifikasi Double-Pipe Heat Exchanger

Fungsi	Mendinginkan minyak keluaran evaporator
Kode alat	HE-01
Tipe	Double-pipe heat exchanger
Tekanan (kPa)	400
Temperatur (°C)	110
Dimensi outer pipe	
Diameter	1,5 in SN 160
Fluida	Cooling water
Dimensi inner pipe	
Diameter	3/4 in SN 80
Fluida	Minyak jelantah
Nozzle	
Diameter	1 in SN 40 di pipa luar (outer pipe)
Panjang pipa (ft)	160
Jumlah hairpin	5
Konfigurasi hairpin	Pipa dalam dipasang seri, Pipa luar dipasang paralel dengan 2 cabang paralel
Heat transfer area (ft ²)	43,78
Material konstruksi	Stainless Steel 316

Tabel 4.4b Spesifikasi Shell and Tube Heat Exchanger

Fungsi	Mendinginkan minyak keluaran reaktor (R-01)	Mendinginkan gliserol keluaran EV-03	Mendinginkan campuran FAME keluaran R-03
Kode alat	HE-02	HE-03	HE-04
Tipe	Shell and tube heat exchanger	Shell and tube heat exchanger	Shell and tube heat exchanger
Tekanan (kPa)	400	400	400
Temperatur (°C)	110	110	60
Dimensi shell			
Tipe	CES	AES	CES

Tabel 4.4b Spesifikasi Shell and Tube Heat Exchanger (lanjutan)

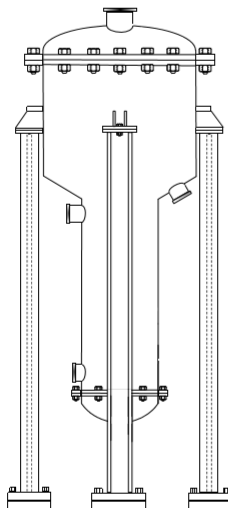
Dimensi shell			
Fluida	Campuran Fame dan minyak jelantah	Campuran gliserol	Campuran FAME
ID (in)	8	8	33
Jumlah baffle	149	149	36
Baffle spacing	20% (2,4 in)	20% (2,4 in)	20% (9,9 in)
Sealing strips	one pair per ten tube rows	one pair per ten tube rows	one pair per ten tube rows
Nozzle diameter	2 in SN 80	2 in SN 80	8 in SN 40
Dimensi tube			
Fluida	Cooling water	Cooling water	Cooling water
Diameter	1,25 in 20 BWG	1 in 20 BWG	1,25 in 20 BWG
Jumlah tube	12	12	289
Tube pitch	1 (8/16)-in square pitch	1 (1/4)-in square pitch	1 (9/16)-in square pitch
Tube pass	2	2	2
Nozzle	2 in SN 40	2 in SN xx	8 in SN 40
Panjang (ft)	30	30	30
Material konstruksi	Stainless Steel 316	Stainless Steel 316	Stainless Steel 316

4.1.5 Evaporator

Penggunaan evaporator dalam industri bertujuan untuk menguapkan sebagian air sebelum masuk ke reaktor. Evaporator yang digunakan sejumlah 3 buah dengan jenis evaporator yang digunakan adalah *long tube evaporator* (**Gambar 4.3**). Jenis *long tube evaporator* digunakan karena mudah dibersihkan, cocok untuk liquid yang cukup *viscous*, dan biaya operasi yang rendah dari jenis yang lain. *Shell and tube* digunakan untuk mempertukarkan panas pada evaporator karena luas permukaan perpindahan panasnya cukup besar dan tidak cukup jika menggunakan *double pipe*. *Tube layout*-nya dipilih square pitch supaya mudah dibersihkan, karena fluida yang mengalir di dalam cukup kotor. Bentuk head yang dipilih adalah *torispherical head* karena tekanan operasi evaporator sebesar 4,75 bar dan untuk mengakomodasi kemungkinan naiknya temperatur di dalam tangki sehingga mengakibatkan naiknya tekanan di dalam evaporator. *Torispherical head* mempunyai rentang *allowable pressuse* antara 1,034 bar sampai dengan 13,78 bar (Brownell and Young, 1959). Spesifikasi yang digunakan disajikan pada **Tabel 4.5**.

Tabel 4.5 Spesifikasi Evaporator

Kode alat	EV-01	EV-02	EV-03
Tipe	Long tube evaporator	Long tube evaporator	Long tube evaporator
Tekanan (kPa)	100	100	100
Temperatur (°C)	110	110	110
Dimensi shell and tube			
ID shell (m)	0,4063	0,3071	0,211
Pitch (m)	0,03175 (<i>square pitch</i>)	0,03175 (<i>square pitch</i>)	0,03175 (<i>square pitch</i>)
Jumlah baffle	9	12	18
Tebal shell (m)	0,00142	0,00069	0,00069
OD tube (m)	0,0254 BWG 16	0,0254 BWG 16	0,0254 BWG 16
Panjang tube (m)	3,65	3,65	3,65
Jumlah tube	98	52	21
Jumlah pass	2	2	1
Deflektor			
Diameter (m)	2,005	1,407	1,770
Tebal (m)	0,00142	0,00069	0,00069
Tinggi (m)	1,6252	1,2284	0,849
Jenis Head	<i>Torispherical</i>	<i>Torispherical</i>	<i>Torispherical</i>
Material konstruksi	Stainless steel 304	Stainless steel 316	Stainless steel 316

**Gambar 4.3** Long Tube Evaporator

4.1.6 Reaktor Tangki Berpengaduk (CSTR)

Dalam melangsungkan reaksi esterifikasi (R-01) dan transesterifikasi (R-02), dibutuhkan CSTR yang dilengkapi dengan jaket pendingin dikarenakan reaksi yang eksotermis. Aliran masuk reaktor berupa minyak dengan viskositas tinggi sehingga dibutuhkan pengadukan agar menghasilkan produk yang diinginkan. Kedua reaksi tersebut

dioperasikan pada temperatur 60 °C dan pada tekanan atmosferik dengan tujuan untuk mencapai konversi 88,8 %. Selain itu, katalis yang dipakai adalah KOH untuk R-01 serta H₂SO₄ untuk R-02 dengan masing-masing fraksi sebesar 1 %-berat (Enweremadu C. C., dan Mbarawa M. M., 2009).

Jaket pendingin yang digunakan berbentuk *half-pipe* yang mengelilingi reaktor dengan asumsi jarak antar spiral sebesar 400 mm. Pada R-01, membutuhkan 9 spiral dengan panjang sekitar 45 m untuk menjaga kondisi operasi, sedangkan pada R-02 hanya membutuhkan 6 spiral dengan panjang 20 m. Fluida pendingin yang digunakan merupakan *cooling water* dengan temperatur 30–40 °C (R-01) dan 30–50 °C (R-02) untuk menjaga temperatur operasi (60 °C). Pengadukan yang digunakan merupakan jenis turbin *pitched blade* yang didasarkan jenis aliran yang turbulen dan karakteristik fluida yang sangat *viscous* (Sinnott, 2013).

Berdasarkan Coulson (2013), *corrosion allowance* yang dianjurkan sebesar 2 mm sehingga didapatkan tebal reaktor sebesar 5 mm. Jenis *head* dan *bottom* yang digunakan berbentuk *torispherical* karena tekanan operasi yang tidak terlalu tinggi (atmosferik). Spesifikasi reaktor yang lebih detail dapat dilihat pada **Tabel 4.6**.

Tabel 4.6 Spesifikasi Reaktor Tangki Berpengaduk

Parameter	R-01	R-02
Material	<i>Stainless steel 304</i>	<i>Stainless steel 304</i>
Waktu tinggal (jam)	5,33	1,17
Volume (m ³)	7,61	2,20
<i>Outside diameter</i> (m)	1,70	1,12
<i>Inside diameter</i> (m)	1,69	1,12
<i>Wall thickness</i> (mm)	5	5
Tinggi reaktor (m)	4,72	3,12
<i>Tinggi baffle</i> (m)	3,38	2,24
Jenis <i>head</i> dan <i>bottom</i>	<i>Torispherical</i>	<i>Torispherical</i>
Tebal <i>head</i> (m)	2,51	2,33
Tinggi <i>head</i> (m)	0,33	0,22
	Turbin tipe <i>pitched blade</i>	Turbin tipe <i>pitched blade</i>
Jenis agitator	<i>blade</i>	<i>blade</i>
Diameter <i>impeller</i> (m)	0,85	0,56
N (rpm)	190	190
Ws (kW)	13,3	0,004
Jenis pendingin	<i>Cooling water</i>	<i>Cooling water</i>
Tebal jaket (mm)	80	80
Luas perpindahan panas (m ²)	7	152
<i>Pressure drop</i> (kPa)	0,98	7,77

4.1.7 Reaktor Continuous Centrifugal Contactor Separator (CCCS)

Reaktor CCCS yang dirancang secara khusus oleh CINC Industries ini menggunakan prinsip reaktor sekaligus sentrifugasi untuk memisahkan komponen berat (FAME) dan komponen ringan (gliserol). Demi mencegahnya penggunaan distilasi dan alat-alat separator lainnya, reaktor CCCS ini digunakan dengan mereaksikan FFA dan metanol sisa dari R-02 yang menghasilkan FAME dan gliserol dengan kemurnian yang tinggi. Keuntungan penggunaan reaktor ini adalah menghasilkan perolehan yang cukup tinggi (96 %), serta waktu tinggal yang cepat dibandingkan alat separator lainnya. Reaksi ini dijalankan pada kondisi temperatur 60 °C dan tekanan atmosferik dan menggunakan katalis KOH dengan dosis 1 %-berat.

Perhitungan reaktor CCCS didasarkan pada perhitungan reaktor CSTR dengan sentrifugal. Reaktor ini dilengkapi dengan jaket pendingin berbentuk *half-pipe* yang mengelilingi reaktor dengan jarak antar spiral sebesar 200 mm dengan jumlah spiral sebanyak 9 buah untuk menjaga kondisi operasi reaktor. Fluida pendingin yang digunakan merupakan *cooling water* dengan temperatur 30° C – 40 °C cukup untuk menahan temperatur reaktor pada 60 °C. Reaktor yang akan digunakan dalam industri ini adalah CINC V-16 (**gambar 4.4**) yang merupakan model dari CINC Industries. Spesifikasi detil didapatkan dari model spesifikasi CINC Industries yang dapat dilihat pada **Tabel 4.7**.

Tabel 4.7 Spesifikasi Reaktor CCCS

Parameter	Keterangan
Material	Stainless Steel 316L
Waktu Tinggal (jam)	0,50
Volume model (m ³)	2,68
Diameter (m)	1,22
Wall Thickness (mm)	5
Tinggi Reaktor (m)	2,29
Tinggi Baffle (m)	1,71
Rotor (rpm)	2100
Rotor Diameter (m)	0,406
Ws (kW)	22,00
Jenis Pendingin	<i>Cooling Water</i>
Tebal Jaket (mm)	80
Luas Perpindahan Panas (m ²)	5
Pressure Drop (kPa)	0,84



Gambar 4.4 Reaktor CINC V-16 (www.cinc.de)

4.2 Sistem Perpipaan

Pemilihan pipa dalam pabrik ini didasarkan pada standard ANSI B36.10 (1959) dengan menyesuaikan laju volumetrik terhadap spesifikasi pipa. Jenis pipa yang digunakan yaitu commercial steel untuk aliran yang tidak mengandung H_2SO_4 dan KOH dan *stainless steel* untuk alur yang mengandung H_2SO_4 dan KOH yang bersifat korosif. Akan tetapi, dalam mengalirkan minyak dan metanol cukup memakai material *stainless steel* karena sifat kandungannya yang tidak korosif dan tidak menggunakan tekanan dan suhu tinggi. Spesifikasi secara detil dapat dilihat pada **Tabel 4.8**.

Tabel 4.8 Spesifikasi Perpipaan.

Alur	Material	SN	NPS (in)	OD (in)	ID (in)	Thickness (in)	Panjang (m)
1	Carbon Steel	40	1 1/2	1,9	1,61	0,145	2,50
2	Carbon Steel	40	1 1/2	1,9	1,61	0,145	17,53
3	Carbon Steel	40	2 1/2	2,875	2,469	0,203	32,94
4	Carbon Steel	40	1 1/2	1,9	1,61	0,145	2,04
5	Carbon Steel	40	1/4	0,54	0,364	0,088	32,43
6	Carbon Steel	40	1 1/2	1,9	1,61	0,145	1,04
7	Carbon Steel	40	1 1/2	1,9	1,61	0,145	17,04
8	Stainless Steel 304	80	1/8	0,405	0,215	0,095	5,88
9	Carbon Steel	40	1/8	0,405	0,269	0,068	4,59
10	Carbon Steel	40	1/8	0,405	0,269	0,068	24,32
11	Stainless Steel 316	80	1/8	0,405	0,215	0,095	5,94
12	Stainless Steel 304	40	1	1,315	1,049	0,133	2,81

Tabel 4.8 Spesifikasi Perpipaan (lanjutan)

Alur	Material	SN	NPS (in)	OD (in)	ID (in)	Thickness (in)	Panjang (m)
13	Stainless Steel 304	80	1	1,315	1,049	0,133	34,78
14	Stainless Steel 316	40	1 1/2	1,9	1,61	0,145	3,06
15	Stainless Steel 316	40	1 1/2	1,9	1,61	0,145	13,32
16	Stainless Steel 304	40	1/8	0,405	0,269	0,068	2,38
17	Stainless Steel 316	40	1 1/2	1,9	1,61	0,145	1,77
18	Stainless Steel 316	40	1 1/2	1,9	1,61	0,145	15,51
19	Stainless Steel 316	40	2	2,375	2,067	0,154	2,51
20	Stainless Steel 316	40	2	2,375	2,067	0,154	3,24
21	Stainless Steel 316	80	3/4	1,05	0,742	0,154	3,46
22	Stainless Steel 304	40	1 1/2	1,9	1,61	0,145	6,64
23	Stainless Steel 316	80	3/4	1,05	0,742	0,154	15,78
24	Stainless Steel 304	40	1/8	0,405	0,269	0,068	2,75
25	Stainless Steel 316	40	3/4	1,05	0,824	0,113	1,49
26	Stainless Steel 316	40	3/4	1,05	0,824	0,113	17,73
27	Stainless Steel 304	40	1 1/2	1,9	1,61	0,145	3,57
28	Stainless Steel 304	40	1 1/2	1,9	1,61	0,145	14,18

4.3 Pengendalian Proses dan Instrumentasi

Pengendalian proses dalam pabrik kimia digunakan untuk keamanan (*safety*), kehandalan operasi (*operability*), dan keuntungan ekonomi (*profitability*). Sistem pengendalian bertugas menjaga keselamatan kerja. Beberapa sistem proses di pabrik memiliki kondisi operasi yang berbahaya bagi keselamatan manusia. Kondisi operasi pada suhu dan tekanan tinggi dengan bahan kimia berbahaya sangat berpotensi menimbulkan kecelakaan. Perlengkapan sistem alarm dan *safety valve* dapat memperkecil kemungkinan kecelakaan akibat kondisi ekstrem terlampaui. Sistem pengendalian bertugas menjaga batas aman operasi. Sistem pengendalian proses harus mampu menekan pengaruh gangguan sehingga dapat mempertahankan kondisi operasi (*steady operation*) dalam batas operasional (*operational constraint*). Proses yang tidak aman dengan kondisi operasi tidak optimal, akan memperkecil keuntungan yang didapat.

4.3.1 Instrumentasi Filter

Filter berfungsi untuk untuk memisahkan pengotor dari minyak jelantah. Pada filter ini dilengkapi dengan *pressure controller* (PC) berfungsi untuk mengontrol tekanan cairan dalam filter dan *pressure transmitter* berfungsi untuk mengecek seberapa besar tekanan yang ada dalam filter dan menentukan apakah tekanan yang ada ini telah melampaui ketentuan yang

dapat membahayakan proses. Metode pengendalian tekanan pada filter menggunakan metode *feedback control*. Pada metode pengendalian ini, besaran proses yang diatur dan diukur *process value* (PV) dibandingkan dengan nilai yang dikehendaki dan bila ada selisih (error) maka digunakan sebagai dasar pada kegiatan pengkoreksian agar (PV) sama dengan set point. Digunakan metode ini karena metode ini termasuk metode yang sangat sederhana dan dapat digunakan untuk semua jenis gangguan (Smith, 2017). *Controller* yang digunakan adalah *controller* jenis PI, karena pada proses filtrasi ini sudah dapat mengoreksi PV agar nilainya sama dengan set point (Seborg, 1989). Kelemahan *controller* jenis PI adalah waktu mencapai *steady state*-nya lebih lama dibandingkan PID, namun pada proses filtrasi hal tersebut dapat ditoleransi.

4.3.2 Instrumentasi Evaporasi

Variabel yang dikontrol pada evaporator adalah temperatur. Pada evaporator dipasang *temperature controller* dan *temperature transmitter*. Instrumen tersebut dipasang pada evaporator untuk mengecek seberapa besar temperatur yang ada dalam evaporator dan menjaga agar temperatur pada evaporator masih pada batas aman operasi. Apabila terjadi perubahan temperatur (T) pada aliran keluaran diluar *range* yang diperbolehkan maka akan ada sinyal yang dikirim ke TC dan TC akan mengontrol bukaan *valve* dari aliran *steam* sampai temperatur yang diinginkan tercapai.

Metode pengendaliannya sama seperti pada pengendalian tekanan digunakan metode *feedback control*. *Controller* yang dipakai adalah *controller* jenis PID, karena PID dapat cepat merespon adanya gangguan sehingga jika sistem *heat exchanger*-nya bermasalah bisa cepat dihentikan.

4.3.3 Instrumentasi Reaktor

Reaktor sebagai alat tempat berlangsungnya reaksi antara bahan-bahan yang digunakan. Dalam pabrik ini, reaktor sebagai tempat terjadinya reaksi magnesium karbonat dengan asam sulfat. Instrumentasi pada reaktor mencakup level *controller* (LC) dan *temperature controller* (TC). LC berfungsi untuk mempertahankan tinggi cairan dalam reaktor, mengendalikan ketinggian cairan dalam reaktor digunakan level control (LC) dengan tujuan agar tidak terjadi kelebihan muatan. Apabila level ketinggian pada reaktor melebihi batas maksimumnya maka akan ada sinyal yang dikirim ke LC kemudian LC akan melakukan kontrol dengan membuka *valve* keluaran produk sehingga cairan di dalam reaktor

akan dikeluarkan dan tinggi cairan menurun. Sedangkan TC berfungsi untuk mempertahankan temperatur operasi dalam reaktor agar tetap 60 °C.

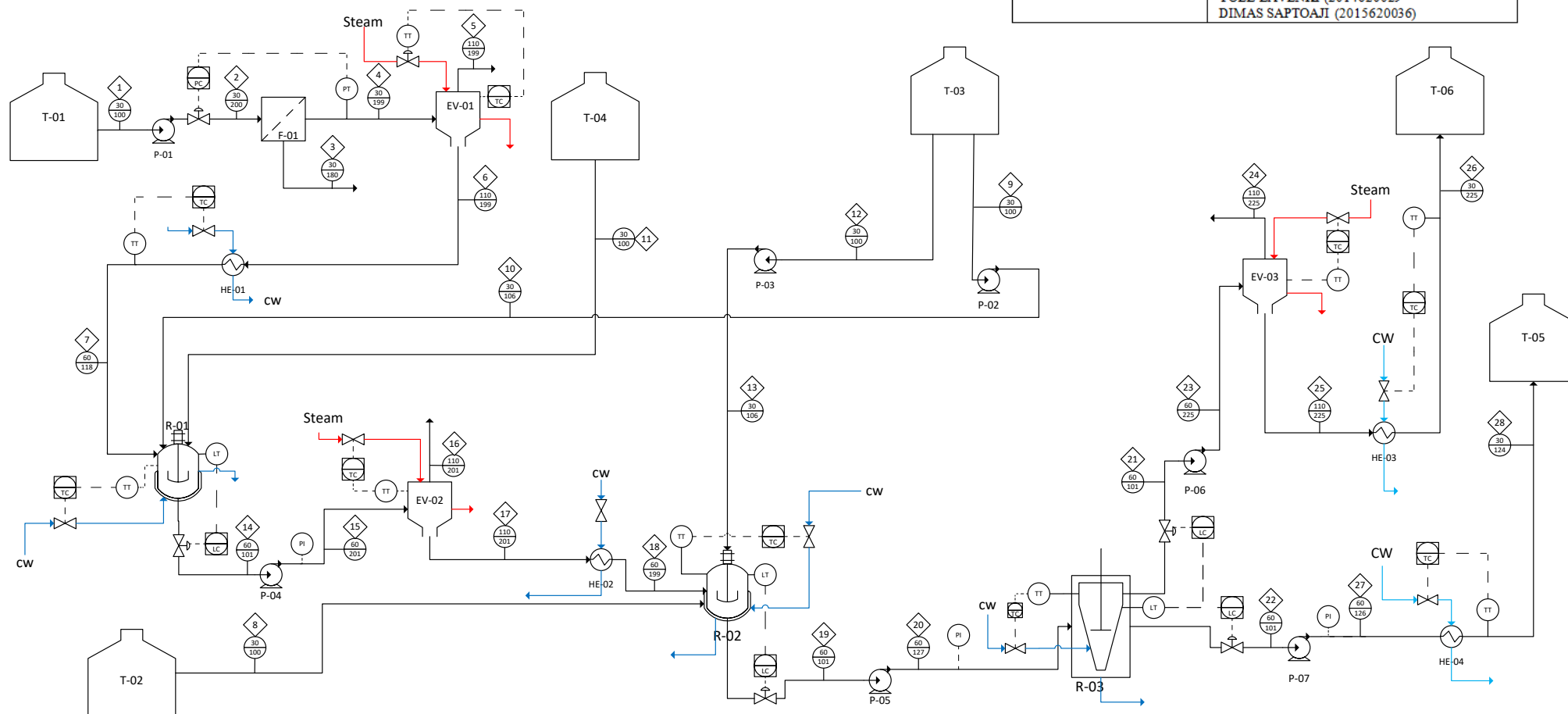
Metode pengendaliannya menggunakan metode *feedback control*. *Controller* yang dipakai adalah *controller* jenis PID, karena reaksi dalam reaktor adalah reaksi eksoterm jika terjadi masalah pada sistem pendinginnya harus bisa cepat dihentikan reaksinya. Selain itu, dengan adanya PID juga bisa mengontrol kondisi operasi yang isothermal pada reaktor sehingga konversi reaksinya tidak terganggu

4.3.4 Instrumentasi *Heat Exchanger*

Tujuan dari HE ini untuk mendinginkan cairan dari 110°C hingga temperatur yang diinginkan. Dalam proses ini ada banyak variabel yang dapat berubah, menyebabkan temperatur keluaran menyimpang dari nilai yang diinginkan. Apabila terjadi perubahan temperatur (T) pada aliran keluaran diluar *range* yang diperbolehkan maka akan ada sinyal yang dikirim ke TC dan TC akan mengontrol bukaan *valve* dari aliran media pendingin sampai temperatur yang diinginkan tercapai maka aliran media pendingin akan ditutup










Metode *feedback control* dipilih pada pengendalian temperatur di HE. *Controller* yang dipakai adalah *controller* jenis PID, karena PID dapat cepat merespon adanya gangguan, contohnya gangguan yang menyebabkan temperaturnya terlalu tinggi dari batas aman operasi bisa cepat direspon sehingga temperaturnya normal kembali. .

CHE 184660-03 TUGAS PERANCANGAN PABRIK KIMIA	
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA	
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN	
PERANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI MINYAK JELANTAH DAN METANOL BERKAPASITAS 8.200 TON/TAHUN	
PIPING & INSTRUMENTATION DIAGRAM	
DOSEN PEMBIMBING	Dr. HENKY MULJANA, S.T., M.Eng
NOMOR KELOMPOK	6
ANGGOTA KELOMPOK	KRIS T. GUNAWAN (2013620072) MATTHEW SETIADI (2014620078) YOEL LAVENKI (2014620029) DIMAS SAPTOAJI (2015620036)



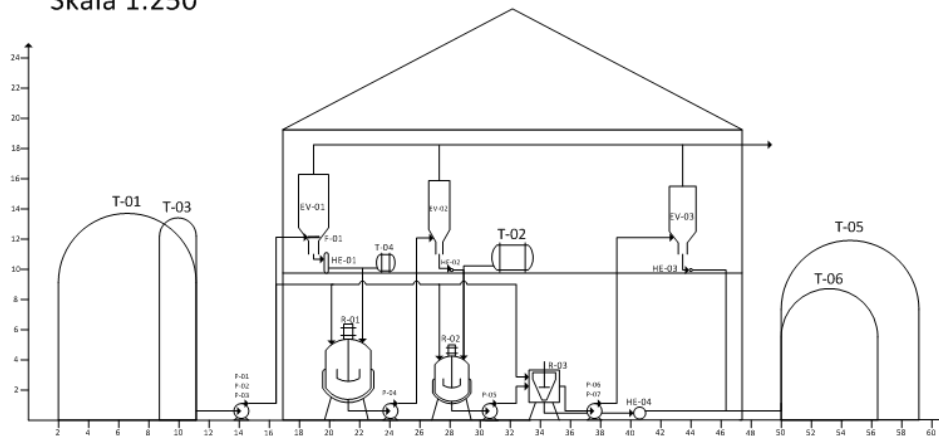
Gambar 4.5 Piping and Instrumentation Diagrams (P&ID)

Tabel 4.9 Keterangan Simbol *Piping and Instrumentation Diagram (P&ID)*

Simbol	Keterangan	Simbol	Keterangan
	Nomor Aliran		Pressure Indicator
	Suhu (°C)		Level Transmitter
	Tekanan (kPa)		Pressure Transmitter
	Level <i>Controller</i>		Temperature Transmitter
	Pressure <i>Controller</i>	CW	<i>Cooling Water</i>
	Temperature <i>Controller</i>		

4.4 Diagram Elevasi dan Tampak Atas Pabrik

Skala 1:250



Gambar 4.6 Diagram Elevasi

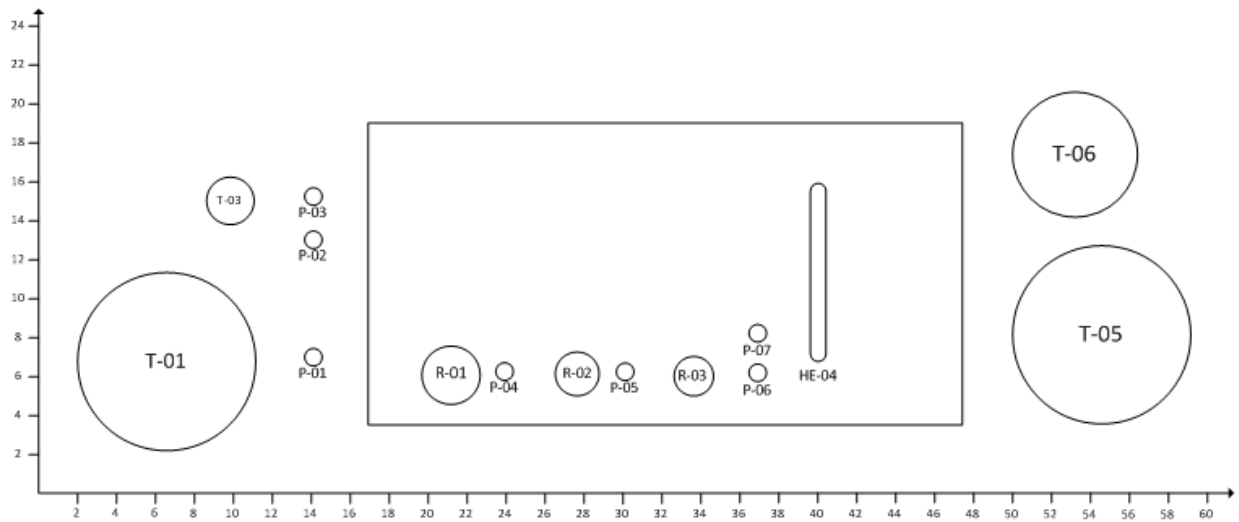
Tabel 4.10 Keterangan Simbol Diagram Elevasi

Kode	Keterangan
T-01	tangki penyimpanan minyak jelantah
T-02	tangki penyimpanan KOH
T-03	tangki penyimpanan metanol
T-04	tangki penyimpanan H ₂ SO ₄
T-05	tangki penyimpanan biodiesel
T-06	tangki penyimpanan gliserol
R-01	reaktor tangki berpengaduk
R-02	reaktor tangki berpengaduk

Kode	Keterangan
R-03	reaktor CCCS
P-01	pompa 1
P-02	pompa 2
P-03	pompa 3
P-04	pompa 4
P-05	pompa 5
P-06	pompa 6
P-07	pompa 7

Kode	Keterangan
EV-01	evaporator 1
EV-02	evaporator 2
EV-03	evaporator 3
HE-01	cooler 1
HE-02	cooler 2
HE-03	cooler 3
HE-04	cooler 4
F-01	<i>strainer</i>

Skala 1:250

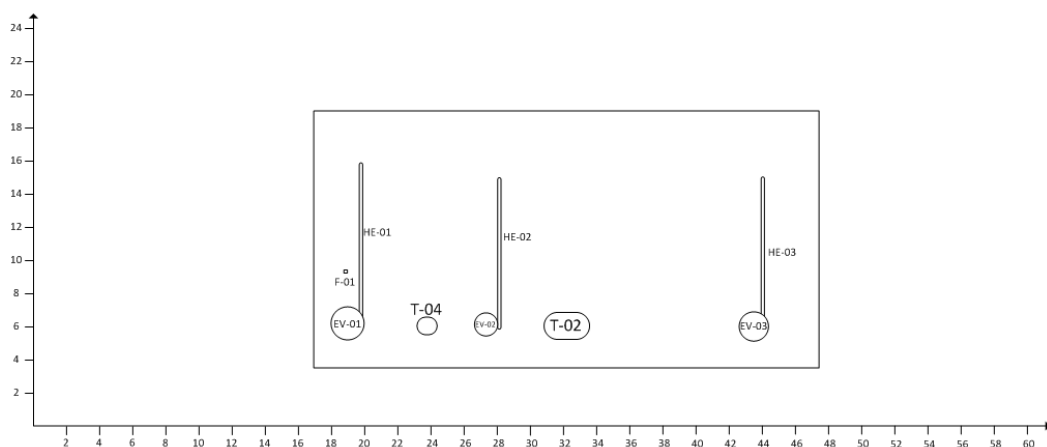


Gambar 4.7 Tampak Atas Letak Alat Lantai 1

Tabel 4.11 Keterangan Simbol Tampak Atas Lantai 1

Kode	Keterangan	Kode	Keterangan
T-01	tangki penyimpanan minyak jelantah	P-02	pompa 2
T-03	tangki penyimpanan metanol	P-03	pompa 3
T-05	tangki penyimpanan biodiesel	P-04	pompa 4
T-06	tangki penyimpanan gliserol	P-05	pompa 5
R-01	reaktor tangki berpengaduk	P-06	pompa 6
R-02	reaktor tangki berpengaduk	P-07	pompa 7
R-03	reaktor CCCS	HE-04	cooler 4
P-01	pompa 1		

Skala 1:250



Gambar 4.8 Tampak Atas Letak Alat Lantai 2

Tabel 4.12 Keterangan Simbol Tampak Atas Lantai 2

Kode	Keterangan
T-02	tangki penyimpanan KOH
T-04	tangki penyimpanan H ₂ SO ₄
HE-01	<i>cooler 1</i>
HE-02	<i>cooler 2</i>
HE-03	<i>cooler 3</i>
EV-01	evaporator 1
EV-02	evaporator 2
EV-03	evaporator 3
F-01	<i>strainer</i>

4.5 Tata Letak Area Pabrik dan Area Produksi

Layout pabrik atau tata letak pabrik adalah tempat kedudukan dari bagian-bagian pabrik yang diatur sedemikian rupa sehingga pabrik dapat berfungsi dengan aman, efektif, dan efisien. Adapun tata letak pabrik biodiesel yang direncanakan, dapat dilihat pada **Gambar 4.9**.

Secara umum, garis besar *layout* pabrik ini dibagi menjadi beberapa daerah utama, yaitu:

1. Area Produksi

Area produksi merupakan area tertutup yang terdiri dari proses produksi biodiesel serta tangki penyimpanan bahan baku dan produk. Alat-alat yang digunakan dalam proses produksi biodiesel antara lain evaporator, *strainer*, reaktor, heat exchanger, dan tangka penampungan biodiesel dan gliserol.

Area produksi dilengkapi dengan peralatan *safety* seperti APD (Alat Pelindung Diri), *alarm*, APAR, *hydrant system*, dan lain-lain. Area produksi berdekatan dengan tangka penyimpanan bahan baku dan area utilitas sehingga *pressure drop* untuk mengalirkan bahan baku maupun utilitas tidak terlalu tinggi. Selain itu alat-alat proses produksi diletakkan sesuai urutan proses produksi sehingga aman untuk keselamatan kerja.

2. Area Utilitas

Pada area utilitas ini terdapat unit penyediaan air, unit penyediaan *cooling water*, unit penyediaan *steam*, unit penyediaan *chilled water*, unit penyediaan listrik, unit penyediaan bahan bakar, dan unit penyediaan udara tekan.

3. Area Pengolahan Limbah

Area pengolahan limbah ini menyediakan unit-unit pengolahan limbah, baik itu limbah padat, cair, dan gas. Limbah padat berupa pengotor dari minyak jelantah. Limbah cair terdiri dari dua jenis, yaitu limbah produksi dan limbah domestic. Limbah produksi berupa katalis yang tidak ikut bereaksi pada proses produksi. Limbah padat diolah dan ditanam dalam tanah, lalu limbah cair diolah dalam *waste water treatment* (WWT) lalu dibuang ke dalam sungai. Untuk limbah gas dibuang ke udara.

4. Area Ekspansi

Area ekspansi disiapkan untuk meminimalisi biaya yang mungkin akan dikeluarkan pada saat perluasan area pabrik di masa yang akan datang.

5. Area Pendukung

Area pendukung merupakan area yang dibangun untuk memenuhi kebutuhan jasmani dan rohani pekerja. Beberapa area pendukung yang terdapat dalam pabrik biodiesel ini adalah:

a. Kantin

Kantin dibangun untuk memenuhi kebutuhan jasmani pekerja.

b. Klinik

Klinik didirikan sebagai sarana kesehatan bagi pekerja pabrik. Klinik didirikan tidak terlalu jauh dari area produksi agar bila terjadi sesuatu hal yang tidak diinginkan dapat segera mendapat pertolongan pertama.

c. Tempat parkir

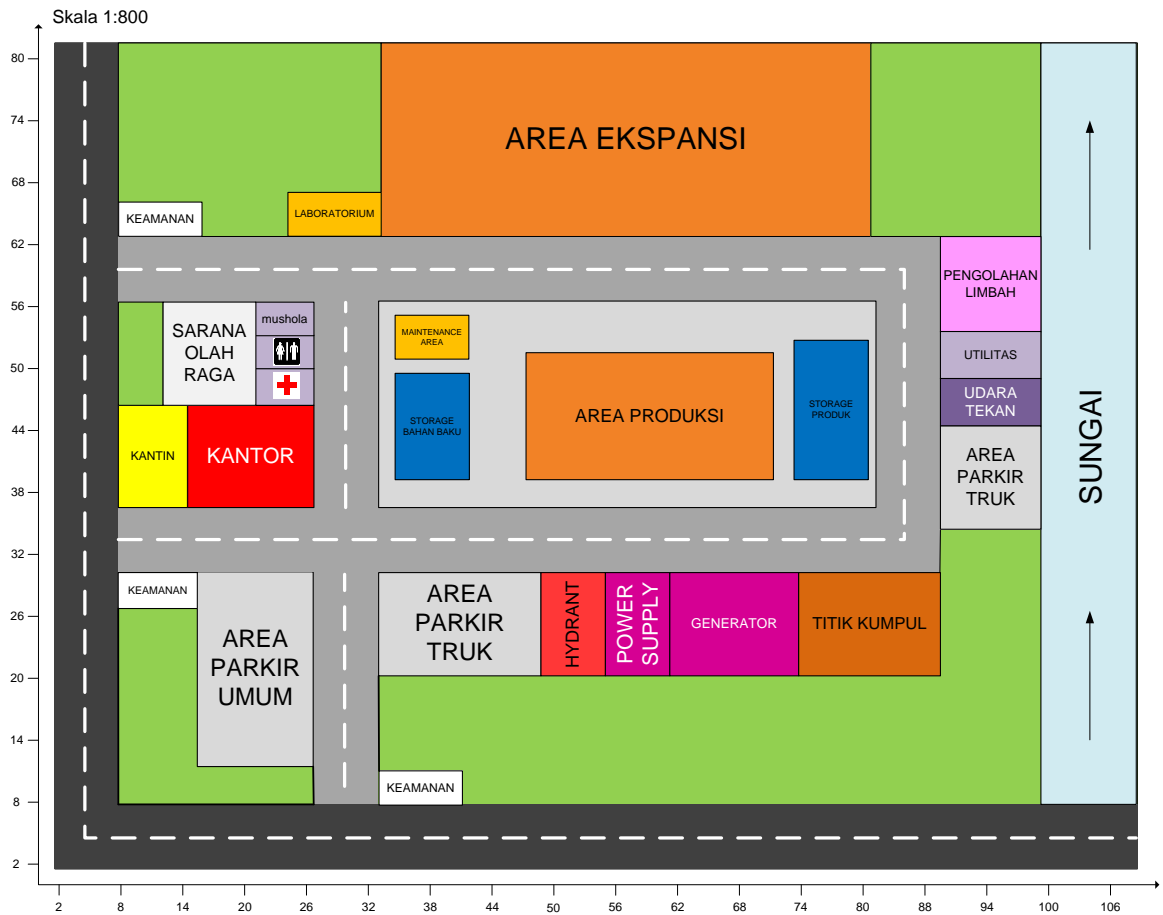
Area parkir terbagi menjadi dua, yaitu untuk parkir mobil dan motor, serta area untuk parkir mobil-mobil truk.

d. Tempat ibadah

Tempat ibadah dibangun untuk memenuhi kebutuhan rohani para pekerja

e. Sarana olahraga

Sarana olahraga dibangun sebagai tempat hiburan sekaligus tempat menjaga kebugaran jasmani bagi para pekerja.



Gambar 4.9 *Layout Pabrik*

Detail Desain Pompa

THE C. W. MOFSINGER COMPANY
KANSAS CITY, MISSOURI

RECIPROCATING PUMP SPECIFICATION SHEET

SHEET NO _____
ITEM NO _____
CON JOB NO _____
CUST JOB NO _____
DATE _____
BY _____
REVISED _____

CUSTOMER _____
LOCATION _____
SERVICE _____
NO REQUIRED _____
WFR _____ MODEL NO _____ SERIAL NO _____

OPERATING CONDITIONS					PERFORMANCE				
1	LIQUID Methanol		GPM AT PT: NORM 0.097		41	CURVE NO.			
2	PT. # 26.		RATED		42	OUTLINE Dwg. NO.			
3	SP OR AT PT. 0.785		DISCH. PRESS. PSIG 15.39		43	PUMP SPEED RPM			
4	VAP. PRESS AT PT 3.1 fpsi		SUCTION PRESS. PSIG 14.5		44	PISTON: STROKES/MIN FPS			
5	VIS AT PT: SSU - CP 51 CP		DIFF. PRESS. PSI 0.87		45	EFF. AT DESIGN			
6	CORR/EROS PROPERTIES		DIFF. HEAD. FT		46	BHP: DES MAX			
7			NPSHA. FT 2.61		47	SHUT-OFF HEAD. FT			
CONSTRUCTION									
8	ARRANGEMENT: HORIZ - VERT				48	RELIEF VA: INT - EXT			
9	DIRECT - SINGLE - DOUBLE ACTING				49	SETTING. PSIG			
10	SIMPLEX - DUPLEX - TRIPLEX POU FRAME: PISTON - PLUNGER				50	CLQ WATER. GPM			
11	CASE DES. PRESS. PSIG		SWP. PSIG		51	BEARINGS JACKET			
12	TAPPED CONNECTIONS: VENT - DRAIN - GAUGE				52	PEDESTAL			
13	NOZZLES	SIZE	RATING	FACE	53	PRESS. PSIG 1 OF			
14	SUCTION	0.269"			54	FLUSH			
15	DISCHARGE	0.269"			55	JACKETED: YES - NO			
16					56	STM PRESS PSIG 1 OF			
17	PUMP SIZE, IN.: BORE		STROKE		SHOP TESTS				
18	CYLINDER LINER				58	SHOP INSPECTION			
19	VALVES(LIQ)	TYPE	NUMBER	AREA, SQ. IN.	59	PERFORMANCE			
20	SUCTION			0.057	60	HYDROSTATIC. PSIG OF			
21	DISCHARGE			0.057	61	WITNESS			
22	BEARINGS: RADIAL		THRUST		62				
23	LUBE: OIL - GREASE		OILER: YES - NO		63	WEIGHTS			
24	CPLO: WFR	MODEL	GUARD: YES - NO		64	PUMP DRIVER			
25	PACKING		BASE: WFR, STD. - OTHER		65	REDUCER SHPO			
LIQUID CYLINDER MATERIALS					DRIVER CYLINDER MATERIALS				
26	CYLINDER	VALVES			26	CYLINDER	VALVES		
27	CYL. LINER	PISTON ROD			27	PISTON	GASKETS		
28	LANTERN RINGS	GASKETS			28	PISTON RINGS			
29	PISTON - PLUNGER				29	PISTON ROD			
MOTOR DRIVER					TURBINE/PISTON DRIVER				
30	SUPPLIED BY	MOUNTED BY			30	SUPPLIED BY	MOUNTED BY		
31	WFR	TYPE			31	WFR	TYPE		
32	ENCLOSURE	RPM			32	HP	RPM		WATER RATE, LB/HP-HR
33	HP 9.926	SF			33	INLET STM PRESS. PSIG: NORM MAX			
34	FRAME	INSULATION			34	INLET STM TEMP. °F: NORM MAX			
35	VOLTS/PH/Hz	TEMP. RISE °F			35	EXHAUST STM PRESS. PSIG: NORM OTHER			
36	BEARINGS	LUBE			36	BEARINGS LUBE			
37					37	NOZZLES	SIZE	RATING	FACE
38	SPEED REDUCER: INTEGRAL - SEPARATE				38	INLET			
39	WFR	MODEL			39	EXHAUST			
40	RATIO	CLASS			40	API 611: YES - NO SEPARATE DRIVER SPEC: YES - NO			

VENDOR TO SUPPLY INFORMATION MARKED _____

FORM 21-43, 6-78

Detail Desain Alat Penukar Panas

HE-09

FIGURE G-5.2 HEAT EXCHANGER SPECIFICATION SHEET

1					Job No.
2	Customer				Reference No.
3	Address				Proposal No.
4	Plant Location				Date
5	Service of Unit				Rev.
6	Size	Type	(Hor/Vert)	Connected in	Parallel
7	Surf/Unit (Gross/Eff.)	sq ft; Shells/Unit		Surf/Shell (Gross/Eff.)	Series
8					
PERFORMANCE OF ONE UNIT					
9	Fluid Allocation		Shell Side		Tube Side
10	Fluid Name		Campuran FAME		Chill Water
11	Fluid Quantity Total		2282,13		533949,9549
12	Vapor (In/Out)				
13	Liquid		✓		✓
14	Steam				
15	Water				✓
16	Noncondensable				✓
17	Temperature		°F		
18	Specific Gravity		1,2939		0,9999
19	Viscosity, Liquid		cP		1,31
20	Molecular Weight, Vapor				
21	Molecular Weight, Noncondensable				
22	Specific Heat		BTU / lb °F		0,9889
23	Thermal Conductivity		BTU ft / hr sq ft °F		0,333
24	Latent Heat		BTU / lb @ °F		
25	Inlet Pressure		psia		72,5189
26	Velocity		ft / sec		2,265199795
27	Pressure Drop, Allow. /Calc.		psi		10 / 1,2816
28	Fouling Resistance (Min.)		hr sq ft °F / BTU		0,0005
29	Heat Exchanged		9991392,686		61,24671101
30	Transfer Rate, Service		5992630828		157,6939372
31	CONSTRUCTION OF ONE SHELL				
32			Shell Side		Tube Side
33	Design / Test Pressure		psig		
34	Design Temp. Max/Min		°F		
35	No. Passes per Shell		1		2
36	Corrosion Allowance		in		
37	Connections In				
38	Size & Out				
39	Rating Intermediate				
40	Tube No. 276 OD 1,25 in; Thk (Min/Avg) 0,07 in; Length 30 ft; Pitch 1 9/16 in 30 60 (90) 45				
41	Tube Type		Material		
42	Shell 33 ID OD in		Stainless Steel 317		
43	Channel or Bonnet C		Shell Cover (Integ.) (Remov.)		
44	Tubesheet-Stationary E		Channel Cover		
45	Floating Head Cover S		Tubesheet-Floating		
46	Baffles-Cross Type		Impingement Protection		
47	Baffles-Long		Seal Type		
48	Supports-Tube U-Bend		Type		
49	Bypass Seal Arrangement		Tube-to-Tubesheet Joint		
50	Expansion Joint		Type		
51	p v - Inlet Nozzle		Bundle Entrance Bundle Exit		
52	Gaskets-Shell Side		Tube Side		
53	Floating Head Floating Head with Backing Device				
54	Code Requirements TEMA Class				
55	Weight / Shell		Filled with Water		Bundle lb
56	Remarks				
57					
58					
59					
60					
61					

Detail Desain Reaktor

Vessel data sheet										Equipment No. (Tag)	
(Continuous Centrifugal Contactor Separator)										Descript. (Func.)	
										Sheet No.	
Operating Data											
No. REQUIRED			CAPACITY			2,7			M3		
SPECIFIC GRAVITY OF CONTENTS			0,93			COMPUTED (yes or no)					
SHELL			JACKET FULL/HALF COIL			INTERNAL COIL					
CONTENTS			Oil mixtures			cooling water					
DIAMETER			1,22 m			114 mm					
LENGTH (include rotor)			2,29 m			24 m					
DESIGN CODE											
MAX. WORKING PRESSURE											
DESIGN PRESSURE			1 atm			5 atm					
MAX. WORKING TEMP											
DESIGN TEMP			60 °C			30 °C					
TEST PRESSURE (HYDROSTATIC)											
TEST PRESSURE (AIR)											
MATERIALS			Stainless Steel 316 L			Stainless Steel 304					
JOINT FACTOR											
CORROSION ALLOWANCE			2 mm								
THICKNESS			5 mm			80 mm					
END TYPE			THICKNESS			JOINT FACTOR					
END TYPE			THICKNESS			JOINT FACTOR					
TYPE OF SUPPORT			THICKNESS			MATERIAL					
WIND LOAD DESIGN			RADIOGRAPHY %			STRESS RELIEF					
INTERNAL BOLTS MATERIAL			TYPE			NUTS					
EXTERNAL BOLTS MATERIAL			TYPE			NUTS					
INSULATION (SEP. ORDER)			INSULATION FITTING ATTACHMENT BY								
GASKET MATERIAL			INSPECTION BY								
PAINTING											
WEIGHT			1361 kg			EMPTY					
FILL. OF LIQUID						OPERATING					
INTERVALS and EXTERNALS			DATE OF ENQUIRY			DATE OF ORDER					
ORDER No.			DRG. No.								
MANUFACTURER			CINC Industries								
REMARKS AND NOTES:- UNLESS OTHERWISE STATED ALL FLANGE BOLT HOLES TO BE											
OFF-CENTRE OF VESSEL CENTRE LINES N/S and E/W (NOT RADIALY)											
Additional Information :- Rotational Speed = 2100 RPM											
- Rotor Diameter = 40,6 cm											
- g-force at rotor wall = 1000											
A											
B											
C											
D											
E											
F											
G											
H											
H											
K											
K											
M											
N											
P											
REF	No.	304p (22kw)	NOM BORE	PIPE WALL	TYPE	CLASS	MATERIAL	BRANCH	REMARKS		
BRANCH		DUTY	mm/ins	THICKNESS	RANGE SPEC			COMPEN'N			
Prepared											
Checked											
Approved											
Date		Engineering	Process	REV	By	Appr.	Date	REV	By	Appr.	Date
Service				Company				Address			
Equipment No.				R-03							
Project No.											

BAB V

SISTEM UTILITAS

Unit utilitas merupakan unit pendukung dari fasilitas utama yang ada di pabrik kimia. Unit utilitas bertanggungjawab atas penyediaan fasilitas yang diperlukan oleh semua unit-unit proses. Keberadaan unit utilitas dimaksudkan untuk menunjang operasi unit-unit proses dan unit pendukung lainnya dengan mensuplai kebutuhan yang diperlukan. Hasil dari unit utilitas didistribusikan ke semua unit sesuai dengan kebutuhan masing-masing unit. Terdapat enam unit utilitas yang digunakan, yaitu:

1. Unit penyediaan air
2. Unit penyediaan media pemanas
3. Unit penyediaan bahan bakar
4. Unit penyediaan fluida pendingin
5. Unit penyediaan listrik
6. Unit penyediaan udara tekan
7. Unit penyediaan gas nitrogen

5.1 Unit Penyediaan Air

Sumber air yang berasal dari sungai Bringin dan PDAM digunakan sebagai keperluan sanitasi, media pendingin, media pemanas, dan pemadaman (*hydrant*). Terdapat dua jenis kebutuhan air dalam pabrik ini, yaitu air baku (untuk sanitasi, *make-up cooling tower*, *make-up system* refrigrasi, dan media pendingin) dan air demin (untuk air masukan boiler). Air baku yang bersumber dari Sungai Bringin masih mengandung banyak kotoran dan impurities, namun air demin yang bersumber dari PDAM sudah melewati perlakuan khusus sehingga bebas dari kontaminan seperti *suspended solid*, *dissolved solid*, dan kotoran. Oleh karena itu, diperlukannya pengolahan air dari Sungai Bringin agar dapat dipakai dalam proses produksi biodiesel dan memerlukan pengolahan lebih lanjut pada air dari PDAM untuk menghilangkan kandungan kation maupun anionnya. Kebutuhan air total pada pabrik ini disediakan pada **Tabel 5.1**.

Kandungan yang terdapat dalam Sungai Bringin dianalisis dengan metode *National Sanitation Foundation's* Indeks Kualitas Air (NSF-IKA) oleh Ari W. S., dkk (2014). Hasil analisis ini dapat dilihat dalam **Tabel 5.2**.

Tabel 5.1 Distribusi Air Pabrik

Jenis	Fungsi	Jumlah Kebutuhan (kg/jam)
Air baku	Sanitasi	422
	Umpan pendingin	1.927.557,7
	Make-up cooling tower	192.755,8
	Make-up boiler	24
Air demin	Air umpan boiler	237

Tabel 5.2 Kualitas Air Sungai Bringin

Parameter	Satuan	Nilai	Baku mutu
Temperatur	°C	29	-
Kekeruhan	NTU	27,71	-
TSS (Padatan Total)	mg/L	204	50
pH	-	9,32	6-9
Total Fosfat	mg/L	0,97	0,2
DO (<i>Dissolved Oxygen</i>)	mg/L	76	4
BOD (<i>Biological Oxygen Demand</i>)	mg/L	6,89	3
Nitrat	mg/L	7,24	10
Fecal Coliform	Jumlah/100 mL	110.000	1.000

5.1.1 Pengolahan Air Baku

Kebutuhan bahan baku air dalam membantu proses produksi memerlukan unit pengolahan dengan tujuan mengurangi/menghilangkan kandungan yang tidak sesuai dengan baku mutu air baku. Sistem pengolahan air terdiri dari beberapa tahapan penting, yaitu *screening*, netralisasi, koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi, dan desinfeksi. Skema tahapan tersebut dapat dilihat pada **Gambar 5.1**.

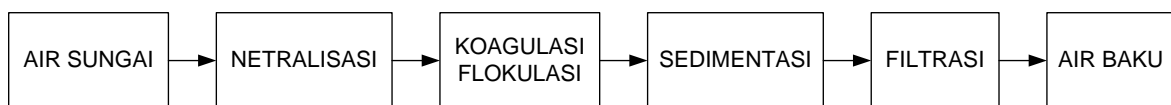
Air yang diambil dari Sungai Bringin akan memasuki tahap *screening* untuk menghilangkan kotoran besar seperti ranting, plastik, dan lain-lain. Setelah itu, air keluaran *screener* mendapat perlakuan penetralan pH menggunakan tawas ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) untuk menurunkan pH menjadi sekitar 7 sebelum memasuki tahap penjernihan berikutnya. Tawas yang diberikan juga bermanfaat sebagai zat koagulan sehingga akan menghasilkan endapan yang lebih mudah dipisahkan. Dengan penambahan koagulan serta diberikannya

pengadukan yang cepat, maka terjadilah reaksi destabilisasi dan terbentuknya partikel flok primer berupa endapan aluminium hidroksida dan kalsium sulfat. Reaksi koagulasi menggunakan tawas yaitu:



Flok primer ini yang kemudian akan digabungkan menjadi partikel-partikel yang lebih besar agar bisa diendapkan. Proses ini disebut juga sebagai flokulasi. Kemudian, dengan perlahan air memasuki unit sedimentasi yang menyebabkan partikel flok besar mengendap dan membentuk sludge dan dialirkan menuju pengolahan limbah padat. Proses pengendapan akan berlangsung selama kurang lebih 1 jam.

Partikel-partikel kecil yang masih terkandung di dalam air dihilangkan dengan cara filtrasi yang tersusun atas beberapa lapisan. Sebelum air didistribusikan ke dalam unit-unit proses lain, ditambahkan desinfektan untuk mencegah adanya bakteri, virus, dan parasit. Klorin digunakan sebagai desinfektan yang paling efektif karena dapat mempertahankan konsentrasi residu serta mencegah kontaminasi biologi pada sistem proses.



Gambar 5.1 Skema Pengolahan Air Baku

5.1.2 Pengolahan Air Demin

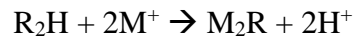
Penggunaan air demin dalam pabrik ialah sebagai bahan baku pembuatan kukus tekanan rendah (*low pressure steam*) sebagai media pemanas didalam *boiler*. Air demin digunakan sebagai bahan baku pembuatan kukus dengan alasan kandungan anion - kation logam atau kesadahan yang tinggi pada air baku akan menyebabkan *scaling* pada proses pengupuan didalam *boiler* yang akan menyebabkan penurunan efisiensi *boiler*.

Peningkatan kualitas air dapat dicapai dengan mengurangi kesadahan atau kandungan anion kation menggunakan unit *ion exchanger*. Air yang akan diolah dimasukan kedalam 2 kolom penukar ion, yaitu kolom penukar kation dan kolom penukar anion.

1. Kolom penukar kation

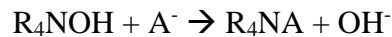
Kolom penukar kation berfungsi untuk mengadsorpsi logam – logam bermuatan positif yang menyebabkan kesadahan pada air. Kolom penukar kation berisikan dengan resin asam kuat yang berupa polimer dengan ion H^+ . Ion H^+ pada resin akan tergantikan dengan

logam yang terkandung dalam air. Reaksi yang berlangsung dalam kolom penukar kation ialah sebagai berikut:



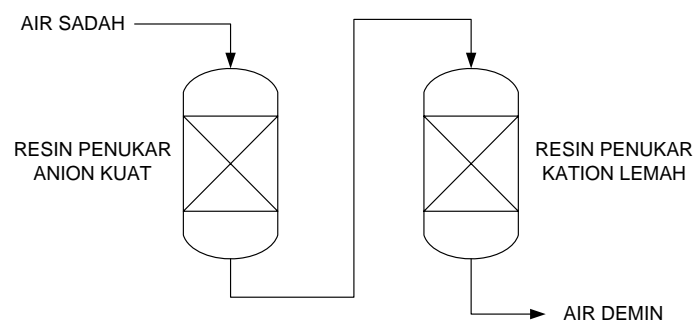
2. Kolom Penukar anion

Kolom penukar anion berfungsi untuk mengadsorpsi ion – ion bermuatan negatif. Kolom penukar anion berisikan dengan resin basa kuat yang berupa polimer dengan ion OH⁻. Reaksi yang berlangsung dalam kolom penukar anion adalah sebagai berikut:



Seiring dengan penggunaan resin penukar ion terus menerus, resin sewaktu – waktu akan menjadi jenuh dan harus diregenerasi untuk dapat digunakan lagi. Regenerasi resin penukar kation ialah dengan mengalirkan larutan asam kuat berupa H₂SO₄ dan larutan basa kuat seperti NaOH pada resin penukar anion sehingga ion H⁺ dan OH⁻ akan kembali terikat pada masing – masing resin penukar kation dan penukar anion.

Dilihat dari kualitas air sungai yang digunakan, air sungai bersifat sangat basa (pH 9,32) oleh karena itu dibutuhkan urutan penukaran ion negatif terlebih dahulu kemudian dilanjutkan dengan penukaran ion positif. Resin penukar anion kuat yaitu yang mengandung gugus amino kuarterner sebagai gugus penukar ion. Sedangkan resin penukar ion asam lemah yaitu resin yang mengandung gugus asam karboksilat. Contoh resin penukar ion basa kuat yang bisa digunakan yaitu AMBERJET 9000 OH, sedangkan contoh resin penukar ion asam lemah yang bisa digunakan yaitu AMBERLITE HPR8300H. Skema penukaran ion pada pabrik ini disajikan pada **Gambar 5.2**.



Gambar 5.2 Resin Penukar Ion

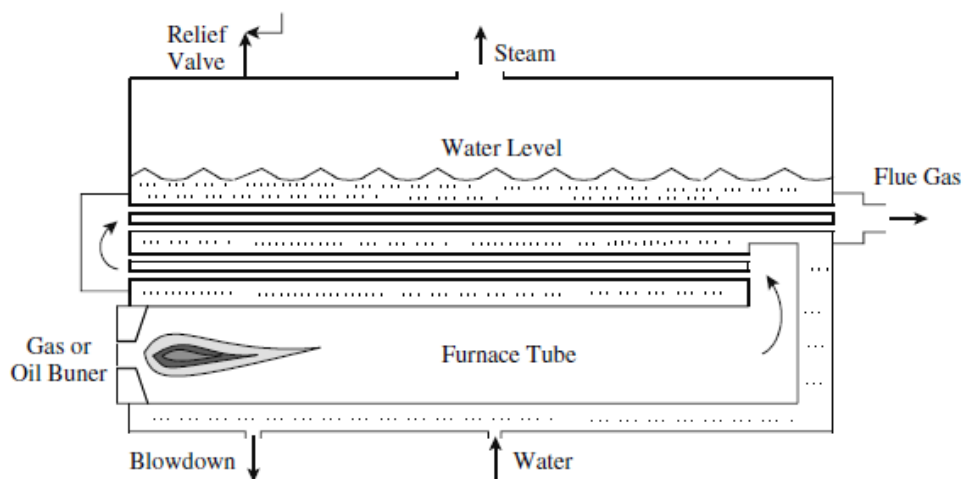
5.2 Unit Penyediaan Media Pemanas

Air panas yang dipakai berasal dari air demineralisasi yang memasuki dearator untuk dihilangkan kandungan oksigen (O₂), CO₂ dan gas-gas yang lainnya agar

menghindari terjadinya korosi akibat gas CO₂. Air keluaran dearator langsung memasuki *boiler* dan akan dipanaskan kembali sampai kondisi *steam* yang diinginkan sekitar pada suhu 150°C yang dibutuhkan bagi keseluruhan proses.

5.2.1 Fire-tube Boiler

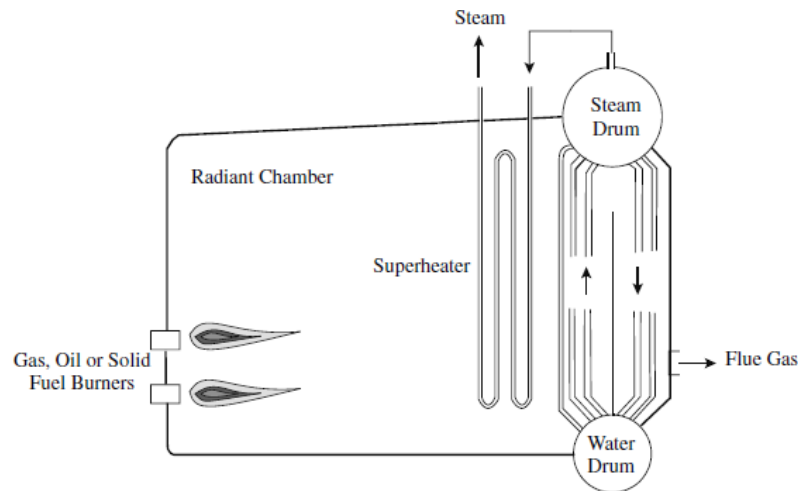
Dalam *boiler* jenis ini, gas hasil pembakaran bahan bakar masuk kedalam pipa yang dikelilingi oleh air yang akan dipanaskan. Kelebihan dari *boiler* jenis ini adalah konstruksinya yang lebih sederhana, tidak memerlukan air proses yang khusus, murah, mudah dibersihkan, ukurannya *compact*, tersedia dengan kapasitas 600.000 – 50.000.000 btu/jam dan mudah untuk mengganti pipa. Kekurangan dari *boiler* jenis ini adalah lamanya waktu yang dibutuhkan untuk meningkatkan tekanan *steam* dikarenakan oleh volume air yang besar, tidak cocok untuk bertekanan tinggi (diatas 250 psig). Rancangan *fire-tube boiler* dapat dilihat pada **Gambar 5.3**.



Gambar 5.3 Fire-tube Boiler (Smith, 2005)

5.2.2 Water-tube Boiler

Dalam *boiler* jenis ini, air yang akan dipanaskan diletakkan didalam pipa dan gas hasil bakar dilewatkan diluar pipa tempat air mengalir. Kelebihan dari *boiler* jenis ini adalah waktu untuk meningkatkan tekanan *steam* yang singkat, kapasitasnya jauh lebih tinggi dari *fire-tube boiler*, dapat menangani tekanan sampai 5.000 psig, memiliki kemampuan untuk mencapai suhu yang tinggi. Kekurangannya adalah harganya yang relatif mahal, proses pembersihannya sulit dikarenakan desainnya yang rumit, ukurannya yang besar menjadi permasalahan. Contoh *boiler* berjenis *water-tube* ditampilkan pada **Gambar 5.4**.



Gambar 5.4 Water-tube boiler (Smith, 2005)

Boiler yang digunakan pada pabrik ini adalah *fire tube boiler* karena tekanan yang dipanaskan bukan steam bertekanan tinggi (2-5 bar) sehingga cukup hanya memakai *fire tube boiler* saja. Kebutuhan *steam* untuk pada proses evaporasi adalah sebesar 236,8 kg/jam dengan faktor keamanan sebesar 15%. Pada pabrik ini, boiler dioperasikan pada tekanan 4 bar dan temperatur 130°C dan menghasilkan daya sebesar 27,8 kW. Bahan bakar yang digunakan adalah *Industrial Diesel Oil* (IDO) sebesar 1.599 kg/bulan.

5.3 Unit Penyediaan Bahan Bakar

Unit penyediaan bahan bakar berfungsi untuk menyediakan bahan bakar yang akan digunakan pada *boiler*. Bahan bakar yang digunakan adalah *Industrial Diesel Oil* (IDO). IDO adalah bahan bakar jenis distilat yang mengandung fraksi-fraksi berat atau merupakan campuran dari distilat fraksi ringan dan fraksi berat (residual fuel oil) dan berwarna hitam gelap, tetapi tetap cair pada suhu rendah (Pertamina). IDO yang digunakan pada pabrik ini *disupply* dari PT Pertamina Persero. Total kalor yang dibutuhkan dalam system penyediaan *steam* adalah sebesar 100.062,3 kJ/jam. Total massa bahan bakar yang dibutuhkan dalam pabrik sebesar 1.599 kg/bulan.

5.4 Unit Penyediaan Fluida Pendingin

Media pendingin yang digunakan pada pabrik ini adalah *cooling water*. Salah satu kegunaan *cooling water* adalah sebagai media pendingin untuk *heat exchanger* dan kondensor. Air sebagai media pendingin akan menyerap kalor dari bahan produksi yang

panas. Oleh karena itu, diperlukan sistem pendingin untuk mendinginkan kembali air sehingga dapat digunakan kembali sebagai media pendingin (*cooling tower*).

Cooling tower (menara pendingin) merupakan sarana pendingin yang digunakan untuk mendinginkan air dengan cara mengkontakkan air dengan udara secara *induced draft* sehingga *cooling tower* tersebut akan memproduksi *cooling water* untuk digunakan sebagai media pendingin.

Mekanisme pendinginan unit *cooling tower* berlangsung secara *counter current* dengan cara mengontakkan air dari bagian atas *cooling tower* dengan udara yang mengalir dari bagian bawah *cooling tower*. Proses evaporasi memanfaatkan proses perpindahan panas laten air sehingga sebagian massa air akan berkurang akibat penguapan. *Driving force* pendinginan pada unit *cooling tower* adalah perbedaan kelembapan antara air dan udara.

Terdapat 1 *cooling tower* yang terdapat pada pabrik ini. *Cooling tower* ini digunakan untuk mendinginkan air keluaran HE-01, HE-02, R-01, dan R-03. Air pendingin (yang telah digunakan sebagai media pendingin akan menyerap kalor. Air tersebut akan didinginkan pada *cooling tower* berjenis *induced draft* dengan penggunaan *fan* pada bagian atas menara untuk menghisap udara. Pemilihan *cooling tower* berjenis *induced draft* karena suhu udara keluaran tidak lebih dari 100 °C dan suhu air tidak lebih dari 180 °C, selain itu *induced draft cooling tower* memiliki distribusi udara yang lebih baik jika dibandingkan dengan *forced draft cooling tower*. *Cooling tower* yang digunakan memiliki tinggi sebesar 10 m. Pada bagian atas *cooling tower* digunakan *drift eliminator* yang berfungsi untuk menahan bitnik-bintik air yang terbawa oleh udara keluar *cooling tower*.

Udara kering sebanyak 10.482.838,9 kg/jam pada 25 °C dihisap oleh *fan* sehingga sebagian media air pendingin akan terevaporasi. Oleh karena itu, pada bagian bawah *cooling water* terdapat bak penampung air yang dilengkapi dengan saluran yang berfungsi untuk *water make up* sebanyak 192.755,8 kg/jam. *Water make-up* adalah air proses yang ditambahkan pada bak penampung untuk menggantikan kehilangan air selama proses pendinginan. Air yang kehilangan selama proses pendinginan berasal dari air yang terevaporasi dan *blowdown*. Air yang keluar melalui *blowdown* sebesar 192.755,8 kg/jam. Air dingin dari *cooling tower* akan keluar dengan suhu 30°C dan digunakan kembali untuk proses pendinginan area produksi.

5.5 Unit Penyediaan Listrik

Energi listrik dibutuhkan oleh pabrik ini untuk menjalankan peralatan produksi, sistem utilitas, kebutuhan penerangan, kebutuhan perkantoran, dan instrumen lainnya. Kebutuhan dalam pabrik ini dipenuhi oleh PLN sebagai sumber utama dan generator pabrik. Hal ini dilakukan agar pasokan tenaga listrik tetap terjaga baik jika terdapat gangguan pasokan listrik dari PLN. Generator listrik yang digunakan yaitu generator arus bolak balik karena dapat menghasilkan tegangan yang cukup tinggi dan mudah untuk menaikkan maupun menurunkan tegangan yang dibutuhkan. Kebutuhan listrik yang ada pada pabrik ini antara lain:

1. Listrik Kebutuhan Proses

Proses membutuhkan listrik untuk menjalankan peralatan antara lain motor reaktor dan pompa. Kebutuhan listrik proses disajikan pada **Tabel 5.3**.

Tabel 5.3 Kebutuhan Listrik Proses

Alat	Kodel alat	Daya (kW)
Reaktor 1	R-01	14,120
Reaktor 2	R-02	1,880
Reaktor CCCS	R-03	22,000
Pompa 1	P-01	184,412
Pompa 2	P-02	7,402
Pompa 3	P-03	39,087
Pompa 4	P-04	142,153
Pompa 5	P-05	48,274
Pompa 6	P-06	42,252
Pompa 7	P-07	23,474
Total		525,054

2. Listrik Kebutuhan Penerangan

Listrik yang digunakan untuk penerangan ditentukan berdasarkan standar SNI 6197:2011. Kebutuhan penerangan pada area bangunan dan area non-bangunan berturut-turut disajikan pada **Tabel 5.4** dan **Tabel 5.5**.

Tabel 5.4 Kebutuhan Listrik Penerangan pada Area Bangunan

Area Bangunan	Luas (m ²)	Lux	Lumen	Daya (W)	Operasi (h)	Jumlah lampu	Daya total (kW)
Kantor umum	450	350	157.5	8	8	205	1,636
Area produksi	2.195	750	1.646.250	8	24	2.138	17,104
Laboratorium	145	500	72.5	8	8	94	0,753

Tabel 5.4 Kebutuhan Listrik Penerangan pada Area Bangunan (Lanjutan)

Area Bangunan	Luas (m ²)	Lux	Lumen	Daya (W)	Operasi (h)	Jumlah lampu	Daya total (kW)
Area maintenance	115	350	40.25	8	8	52	0,418
Area olahraga	335	200	66.947	8	8	87	0,696
Mushola	70	150	10.5	8	8	14	0,109
Klinik	70	200	14	8	24	18	0,145
Toilet umum	70	200	14	8	8	18	0,145
Kantin	245	200	49	8	8	64	0,509
Hydrant	230	200	46	8	8	60	0,478
Area power supply	230	200	46	8	24	60	0,478
Area generator	465	200	92.984	8	24	121	0,966
Area utilitas	165	200	33	8	24	43	0,343
Area udara tekan	165	200	33	8	24	43	0,343
Area pengolahan limbah	335	250	83.859	8	24	109	0,871
Pos keamanan	305	60	18.271	8	12	24	0,190
Total						3.148	25,185

Tabel 5.5 Kebutuhan Listrik Penerangan pada Area Non-Bangunan

Area Non-Bangunan	Luas (m ²)	Lux	Lumen	Daya (W)	Operasi (h)	Jumlah lampu	Daya total (kW)
Taman	1.330	60	7.500	100	12	28	2,837
Titik kumpul	510	200	7.500	100	12	36	3,627
Area ekspansi	3.315	200	7.500	100	12	236	23,573
Jalan	4.865	100	7.500	100	12	173	17,298
Area parkir umum	790	60	7.500	100	12	17	1,685
Area parkir truk	950	60	7.500	100	12	20	2,027
Area produksi	1.280	60	7.500	100	12	27	2,731
Total						538	53,778

Digunakan lampu LED dengan daya 8 Watt untuk seluruh penerangan di area bangunan dan area non-bangunan. Dibutuhkan lampu LED dengan daya 8 Watt sebanyak 5.112 buah dan lampu LED dengan total daya yang dibutuhkan sebesar 40,899 kW

3. Listrik Kebutuhan Pendingin Ruangan (AC)

Untuk mendinginkan ruangan diperkirakan dibutuhkan 8 buah pendingin ruangan dengan konsumsi daya masing-masing sebesar 2,65 kW. Sehingga daya listrik keseluruhan yang dibutuhkan untuk pendingin ruangan sebanyak 21,2 kW

4. Listrik Kebutuhan Laboratorium dan Instrumenasi

Listrik dibutuhkan untuk menjalankan peralatan dalam laboratorium untuk analisa maupun keperluan lainnya. Daya listrik yang diperlukan diperkirakan sebesar 10 kW.

Secara keseluruhan, total kebutuhan daya listrik yang dibutuhkan disajikan pada **Tabel 5.6**. Tetapi kebutuhan listrik pabrik dilebihkan sebesar 15% dengan alasan faktor keamanan. Sehingga kebutuhan listrik total pabrik yang dibutuhkan adalah sebesar 800,654 kW.

Tabel 5.6 Total Kebutuhan Listrik Pabrik

Kebutuhan	Daya (kW)	kWh
Proses	525,054	4.158.427,680
Penerangan	40,899	260.907,900
Pendingin ruangan	21,2	55.968
Laboratorium	10	26.400
Total	597,153	4.501.703,580

5.6 Unit Penyediaan Udara Tekan

Udara tekan digunakan untuk memenuhi keperluan pabrik maupun instrumen. Udara tekan pabrik digunakan untuk proses *purging*, yaitu proses pembilasan dan pembersihan wadah alat proses untuk menghilangkan udara, oksigen (O₂), uap air maupun gas inert serta pengotor-pengotor yang tidak diinginkan. Sedangkan udara tekan pada unit instrumen digunakan untuk mengoperasikan *control valve*.

Persyaratan udara tekan yang digunakan untuk keperluan pabrik maupun instrumenasi adalah: (1) Bebas pengotor seperti debu, (2) Tekanannya kurang lebih 6-7 bar (Broughton, 1994), (3) kadar air rendah (<0,01%), (4) Temperatur maksimal 40°C, (5) Bebas gas korosif, minyak, uap air, hidrokarbon, belerang, dan lain-lain.

Udara atmosferik sebelumnya difiltrasi melalui filter untuk memisahkan debu-debu dan partikel-partikel pengotor yang terdapat di udara. Udara tekan diperoleh dengan melakukan kompresi *multistage* dari udara atmosferik yang memiliki temperatur 30°C dengan RH sebesar 70%. Udara tekan yang dibutuhkan untuk mengoperasikan 15 *control valve* adalah sebesar 57,92 kg/jam dan untuk *plant air* digunakan 5% dari total kebutuhan udara instrumen, serta 14% disimpan pada *buffer tank* sebagai udara tekan cadangan. Peralatan yang digunakan untuk produksi udara tekan adalah kompresor, *cooler*, *knock out drum* (KO drum), *molecular sieve tower* (MS Tower), dan *buffer tank*.

Udara lingkungan difiltrasi terlebih dahulu sebelum memasuki kompresor untuk menyaring pengotor dari udara. Udara hasil filtrasi dikompresi dua tahap dan setiap tahap dilengkapi dengan *intercooler*. Adanya unit *intercooler* pada setiap tahap proses kompresi dua tahap dapat menurunkan temperatur udara yang mengalami kenaikan akibat proses kompresi serta membuat daya yang dibutuhkan untuk menaikkan tekanan dapat diminimalisir karena daya kompresor ditentukan oleh beda temperatur masukan dan keluaran kompresor, berdasarkan persamaan neraca energi dalam penentuan daya kompresor, yaitu:

$$\Delta H + E_p + E_k = Q + W_s$$

Dengan asumsi tidak terdapat pengaruh ketinggian dari letak alat dan kecepatan aliran udara konstan serta kompresor bekerja secara adiabatik, sehingga persamaan neraca energi yang diperoleh menjadi:

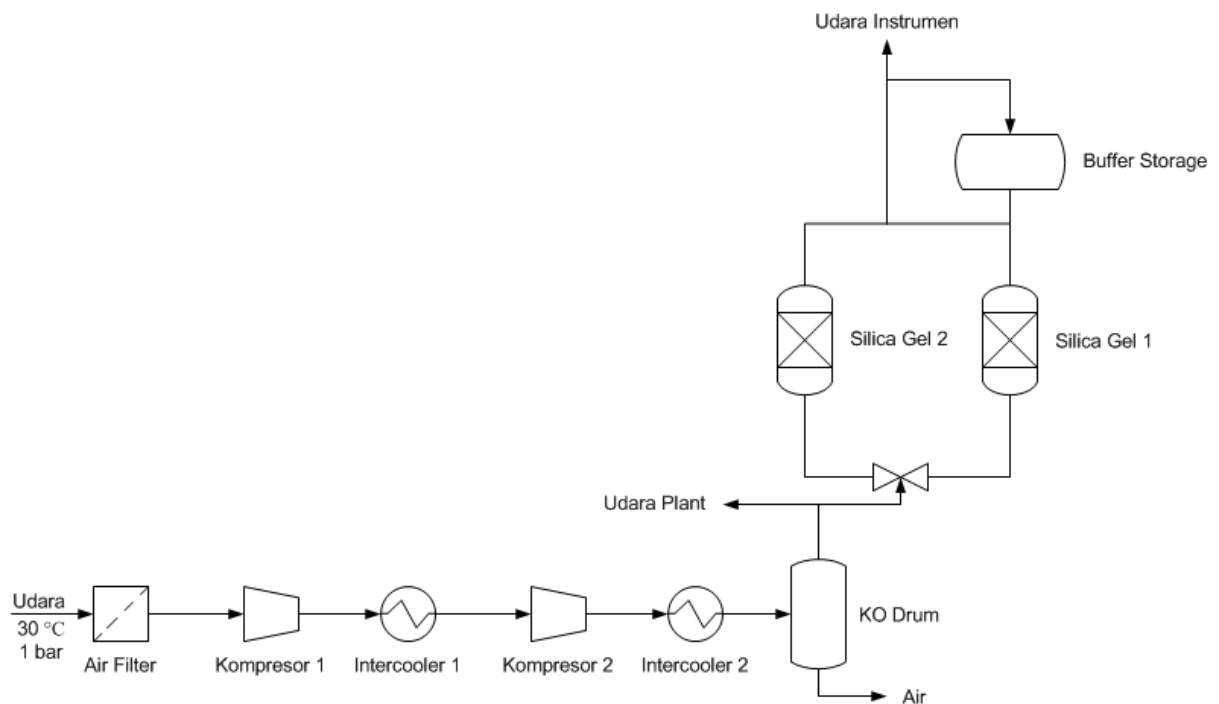
$$\Delta H = W_s$$

Sehingga kerja atau daya kompresor hanya dipengaruhi oleh selisih dari entalpi udara masukan dan keluaran. Nilai entalpi merupakan fungsi dari temperatur, sehingga semakin tinggi temperatur udara, maka semakin tinggi pula entalpinya. Dengan entalpi udara masukan yang tinggi, maka temperatur udara keluaran akan lebih tinggi dan entalpi udara keluaran akan jauh lebih tinggi, sehingga selisih entalpi akan semakin besar yang berdampak pada semakin besar daya yang dibutuhkan oleh kompresor. Oleh karena itu temperatur udara masukan tiap tahap kompresi harus diturunkan agar selisih entalpi sekecil mungkin dan daya yang dibutuhkan untuk proses kompresi juga lebih kecil. Temperatur udara yang terlalu tinggi juga dapat merusak kompresor yang digunakan, sehingga tidak dianjurkan menggunakan kompresi satu tahap. Kebutuhan air pendingin untuk mendinginkan udara sebesar 239 kg/jam untuk *intercooler* 1 dan 146,6 kg/jam untuk *intercooler* 2. Spesifikasi kompresor disajikan pada **Tabel 5.7**.

Tabel 5.7 Spesifikasi Kompresor

Spesifikasi Alat	Kompresor 1	Kompresor 2
Jenis	Centrifugal	Centrifugal
Kapasitas	69,498 kg/jam	69,498 kg/jam
Rasio Kompresi	3	1,9
Tahap Kompresi	2	2
Daya	2,894 kW	1,71 kW

Udara yang sudah dikompresi mencapai temperatur 35°C yang kemudian dialirkan ke *knock out drum* (KO drum) untuk memisahkan air yang terkondensasi akibat proses kompresi dan pendinginan. Udara keluaran KO drum dipisahkan menjadi dua aliran, yaitu untuk udara pabrik dan sisanya dialirkan menuju *molecular sieve tower* (MS Tower) untuk menyerap sisa air. Selanjutnya udara tekan akan digunakan untuk udara instrumen. 15% dari laju udara instrumen akan masuk ke dalam *buffer tank* untuk menjaga agar suplai udara untuk instrumenasi tetap dan tekanan tidak turun saat kompresor mengalami kerusakan.

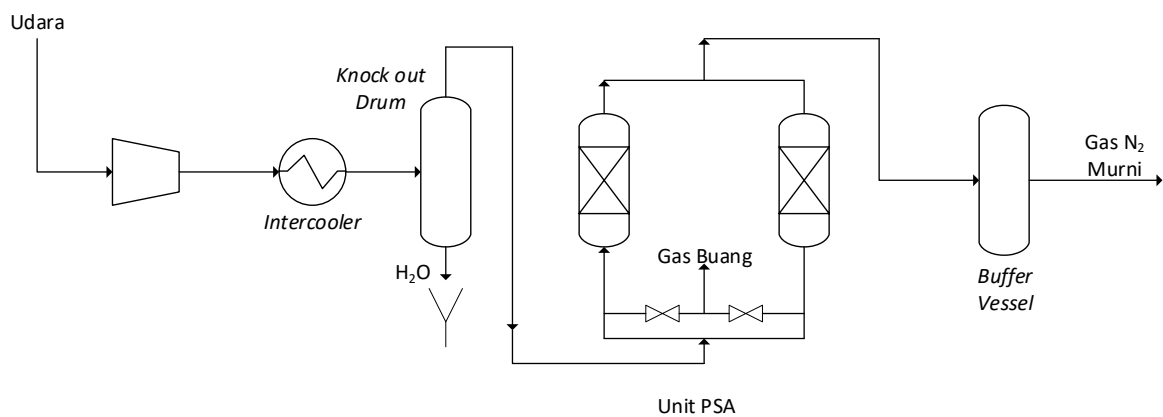


Gambar 5.5 Skema Produksi Udara Tekan

5.7 Unit Penyediaan Gas Nitrogen

Pada pabrik ini, gas nitrogen digunakan untuk proses *blanketing* pada tangki metanol dan keperluan *purging*. Berdasarkan *rule of thumb* yang dikemukakan oleh Broughton (1994), keperluan gas nitrogen untuk proses *blanketing* adalah sebesar 6 ton per hari dengan kandungan gas O₂ maksimal sebesar 5000 ppm. Gas nitrogen ini dibuat dengan teknik *Pressure Swing Adsorption* (PSA). Pada proses ini, udara dikompresikan hingga bertekanan 8 barg pada temperatur kamar secara bertahap dengan penggunaan *intercooler* dan *aftercooler*. Udara bertekanan tersebut dialirkan ke dalam *knock out drum* untuk memisahkan air yang terbentuk selama proses kompresi. Kemudian udara memasuki

unit PSA yang terdiri dari kolom adsorpsi dan kolom desorpsi. Kolom adsorpsi yang digunakan terdiri dari dua unit yang masing-masing berisi adsorben *silica gel* dan *carbon molecular sieve*. *Silica gel* berfungsi untuk menyerap sisa air dalam udara bertekanan, sementara *carbon molecular sieve* berfungsi untuk mengadsorpsi O_2 dalam udara. Udara yang dihasilkan dari unit PSA disimpan dalam *buffer vessel* dan siap digunakan untuk keperluan *purging* maupun *blanketing*. Sedangkan oksigen yang telah teradsorpsi di *carbon molecular sieve* akan dilepaskan ke udara sebagai gas buang. Skema penyediaan nitrogen dengan teknik PSA disajikan dalam **gambar 5.6**.



Gambar 5.6 Unit Penyediaan Gas Nitrogen dengan Teknik *Pressure Swing Adsorption*

BAB VI

PENGOLAHAN LIMBAH

Limbah merupakan produk samping dari proses produksi utama yang tidak memiliki nilai jual atau memiliki nilai jual rendah. Limbah umumnya mengandung komponen-komponen yang berbahaya bagi kesehatan maupun lingkungan, seperti limbah B3, dan lain-lain. Oleh karena itu, sebelum dibuang ke lingkungan, limbah harus diolah terlebih dahulu untuk meminimalisir komponen-komponen berbahaya sehingga limbah buangan aman dan tidak merusak lingkungan. Limbah yang dihasilkan dari pabrik biodiesel berupa limbah padat, cair, dan gas.

6.1 Limbah Padat

Limbah padat yang dihasilkan pabrik adalah sebagai berikut:

1. Limbah domestik berupa ranting pohon, kertas, kardus, kantong plastik, botol, sisa kemasan, dsb akan dibuang menuju TPS (Tempat Pembuangan Sementara) yang terdapat dalam pabrik. TPS dibagi menjadi dua jenis, yaitu bagian limbah organik, dan bagian limbah non-organik. Limbah organik seperti dedaunan dan ranting pohon sekitar pabrik dapat diolah menjadi pupuk kompos untuk penghijauan pabrik.
2. Limbah organik sisa dan non-organik yang tidak dapat terurai didistribusikan menuju TPA (Tempat Pembuangan Akhir) terdekat dengan lokasi pabrik.
3. Limbah padatan *cake* yang terdapat pada filter (F-01) merupakan padatan sisa penggorengan yang mengandung berbagai macam polimer yang terbentuk dari hasil memasak dan tidak mengandung logam berat. *Cake* yang dihasilkan dari filter sebanyak 35,26 kg/jam akan diolah menggunakan filter *press* untuk mengurangi kandungan airnya. Setelah itu padatan yang dihasilkan bisa di-*landfill* karena tidak mengandung logam berat maupun senyawa berbahaya lain.

6.2 Limbah Cair

Limbah cair yang dihasilkan pada pabrik pembuatan biodiesel dari minyak jelantah ini berasal dari dua kegiatan utama, yakni kegiatan domestik dan kegiatan produksi. Limbah cair dari kegiatan produksi terdiri atas air hasil blowdown dari *cooling tower* dan *boiler*, limbah hasil perawatan alat proses seperti minyak pelumas bekas, oli bekas, dsb, dan limbah yang berasal dari divisi *Quality Control* (QC) dan *Research and Development*

(R&D). sedangkan limbah cair yang berasal dari kegiatan domestik yang terdiri atas limbah dari kegiatan mandi, cuci, kakus (MCK) di *mess* karyawan, minimarket, perkantoran, dan sebagainya.

Limbah hasil *blowdown* dan yang berasal dari peralatan proses, divisi QC serta R&D akan ditampung untuk dikirimkan menuju instalasi pengolahan limbah cair milik pemerintah di daerah Semarang Tengah yang berjarak kurang lebih 11 km secara berkala. Sedangkan limbah cair domestik yang berasal dari kegiatan domestik yang terdiri atas limbah dari kegiatan mandi, cuci, kakus (MCK) di *mess* karyawan, minimarket, perkantoran, dan sebagainya akan dialirkan menuju *septic tank* untuk kemudian dibersihkan secara berkala.

6.3 Limbah Gas

Limbah gas dalam pabrik ini adalah sisa gas nitrogen untuk *blanketing* tangki penyimpanan metanol serta pada reaktor, uap metanol dari evaporator dan gas hasil bakar IDO pada unit penyediaan *steam*. Gas nitrogen merupakan gas yang tidak berwarna dan tidak berbau, serta bersifat inert, sehingga tidak bereaksi dengan oksigen dan tidak menyebabkan kebakaran. Gas nitrogen sisa proses akan diumpankan menuju unit *flare* dan kemudian dibuang ke lingkungan menuju udara bebas melalui *vent* pada ketinggian tertentu. Nilai ambang batas berdasarkan peraturan pemerintah disajikan pada **Tabel 6.1**

Tabel 6.1 Nilai Ambang Batas Gas di Lingkungan Kerja

(Surat Edaran Menteri Tenaga Kerja No. SE-01/MEN/1997)

Parameter	Nilai Ambang Batas	
	ppm	mg/m ³
Sulfur dioksida (SO ₂)	2	5,2
Karbon monoksida (CO)	25	29
Nitrogen dioksida (NO ₂)	3	5,6
Debu	-	10

Limbah uap metanol dari evaporator yang merupakan limbah B3 (Peraturan Pemerintah nomor 101 tahun 2014) yang harus diolah terlebih dahulu. Limbah uap keluaran evaporator akan dialirkan menuju unit *flare* sehingga aman untuk dibuang ke lingkungan. Secara umum, *flare* dapat membakar gas yang memiliki kandungan air maksimal 14,7% (Emam, 2015). Sedangkan kandungan gas pabrik yang akan dialirkan menuju *flare* memiliki kandungan air sekitar 19,7%. Oleh karena selisihnya yang masih cukup kecil, diasumsikan gas masih bisa dibakar di dalam *flare*

BAB VII

SISTEM MANAJEMEN DAN ORGANISASI

Suatu perusahaan yang baik wajib memiliki sistem manajemen maupun sistem organisasi yang jelas dan terstruktur. Kedua sistem ini berfungsi sebagai pedoman dalam melakukan segala perencanaan, pelaksanaan, pengaturan maupun pengawasan yang berkaitan dengan kinerja perusahaan agar target perusahaan dapat tercapai dengan cara yang seefektif dan seefisien mungkin. Agar seluruh kegiatan di pabrik dapat berjalan dengan lancar, maka pada pabrik ini dilakukan perancangan *project master schedule* berupa *Gantt Chart* dan *Critical Path Method (CPM)* untuk mengatur segala jadwal kegiatan pembangunan pabrik hingga berjalannya proses produksi serta struktur organisasinya untuk menjalankan kegiatan operasional untuk mencapai target perusahaan.

Pembangunan suatu pabrik terdiri dari beberapa tahap yang akan akan dijelaskan secara detil pada *Work Breakdown Structure (WBS)*, dimulai dari tahap perencanaan, perancangan, pembelian dan pemesanan, konstruksi, dan pengoperasian. Untuk menghasilkan kinerja yang optimal dengan sumber daya dan biaya operasi yang minimal, maka dilakukan *project master scheduling* yang diawali dengan *feasibility study* hingga *start-up* pabrik. Selain manajemen operasi, sistem manajemen dibentuk untuk mengkoordinir segala fungsi-fungsi perusahaan meliputi badan hukum, sistem organisasi hingga sistem kepegawaian sehingga fungsinya tepat sasaran dan berfungsi secara optimal.

7.1 Perencanaan dan Pembangunan Pabrik

Dalam melakukan perencanaan dan pembangunan pabrik, penjadwalan yang ketat dan terperinci agar pembangunan pabrik selesai tepat pada waktunya. Dalam proses penjadwalan, dibuat *time schedule* untuk mengurutkan prioritas setiap tahapan pembangunan dan alokasi waktu yang digunakan efektif dan efisien. *Time scheduling* disajikan dalam bentuk *gant chart*, *critical path method*, dan AON (*Activity On Node*), yang ditunjukkan berturut-turut pada **Tabel 7.1**, **Tabel 7.2**, dan **Gambar 7.1**. Direncanakan pabrik ini akan didirikan selama dua tahun dari Februari 2021 dan selesai pada Februari 2023. Keseluruhan tahapan pembangunan pabrik meliputi tahap inisiasi (*initial*), tahap perancangan (*engineering*), tahap pembuatan kontrak, tahap perancangan proses utama (*main process engineering design*), tahap penyediaan peralatan

(*procurement*), tahap konstruksi (*construction*), tahap terminasi (*commissioning* dan *start up*) serta produksi komersial.

Analisis CPM bertujuan untuk mengetahui tahapan mana saja yang harus diselesaikan tepat waktu tanpa adanya waktu penundaan (*slack time*) yang tersedia agar proyek pembangunan pabrik dapat selesai pada waktunya. Berdasarkan hasil analisis tahap kritik, yang menjadi tahap kritik (*critical path*) adalah tahap inisiasi, tahap perancangan, tahap pembuatan kontrak, tahap perancangan proses utama, tahap konstruksi, dan tahap terminasi.

7.1.1 Tahap Inisiasi

Tahap inisiasi terdiri dari 3 (tiga) tahap, yaitu:

1. Survey pasar
2. Studi kelayakan pabrik (*feasibility*) dan studi finansial
3. Penyusunan tim proyek

7.1.1.1 Survey Pasar

Proses survey pasar dilakukan dengan mencari informasi mengenai harga bahan baku di pasaran, harga produk, lokasi pabrik yang akan didirikan, dan target lokasi pemasaran produk. Selain itu perlu dilakukan studi mengenai harga peralatan proses yang akan dibeli sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan pada proses produksi. Bahan baku utama berupa minyak jelantah yang diperoleh dari PT. Indofood Sukses Makmur Tbk. dan metanol diperoleh dari PT Kaltim Metanol Industri. Lokasi pabrik berada di Kawasan Industri Candi, Semarang. Target lokasi pemasaran produk adalah industri bahan bakar, seperti PT. Pertamina Persero dan lain-lain. Selain itu, perlu diadakan seleksi proses guna menentukan proses mana yang akan diadopsi untuk proses produksi. Teknologi proses yang akan digunakan harus telah teruji dari kemampuan dan keamanannya untuk bekerja selama jangka waktu pabrik beroperasi. Proses yang digunakan adalah proses esterifikasi dan transesterifikasi untuk mencapai perolehan yang lebih besar dan biaya operasional yang lebih minimal. Tahap ini memerlukan waktu sekitar 1 bulan.

7.1.1.2 Studi kelayakan (*feasibility study*) dan Studi Finansial Pabrik

Setelah semua data dari survey pasar terpenuhi, maka dilanjutkan dengan studi kelayakan dan finansial pabrik. Studi kelayakan bertujuan untuk mengetahui apakah suatu pabrik layak untuk didirikan, meliputi aspek-aspek kelayakan pasar, teknis, lingkungan, ekonomi, manajemen operasional, dan teknologi. Berdasarkan studi literatur, pabrik

biodiesel ini layak didirikan dengan mengamati peningkatan kebutuhan biodiesel yang semakin meningkat dari tahun ke tahun. Selain itu, dilakukan studi finansial dengan tujuan untuk memperkirakan sumber modal, biaya produksi, biaya investasi, pinjaman dana, perkiraan untung dan rugi, dan perizinan ke berbagai pihak yang bersangkutan. Pada tahap ini dilakukan peminjaman dana pada bank sebagai modal awal untuk pembangunan, perizinan pendirian pabrik kepada pemerintah, dan membuat analisis mengenai dampak lingkungan (AMDAL) sebagai pertanggungjawaban atas limbah yang dihasilkan pabrik. Tahap ini memakan waktu sekitar 1 bulan.

7.1.1.3 Penyusunan Tim Proyek

Tim proyek dibentuk setelah survey pasar, studi kelayakan dan finansial selesai dilakukan. Tim proyek dipimpin oleh manajer proyek yang dibantu oleh *project engineering manager*, *project cost manager*, dan *project construction manager*. Tim yang dibentuk terdiri dari tim-tim yang memiliki fungsi dan deskripsi kerja yang dibutuhkan untuk menjalankan proyek seperti *project engineer*, *process engineer*, *electrical engineer*, *environmental engineer*, *sales engineer*, dan bagian-bagian lainnya. Tahap ini berlangsung selama 2 minggu.

7.1.2 Tahap Perancangan (*Engineering*)

Pada tahap perancangan, manajer proyek harus ikut serta untuk menekan biaya yang diperlukan untuk perancangan pabrik dan penentuan teknologi (*license*). Tahap perancangan dibagi menjadi 3 tahap, yaitu perancangan konsep (*conceptual design*), *phase 0*, dan *phase 1*.

1. Perancangan Konsep (*Conceptual Design*)

Perancangan konsep (*Conceptual Design*) merupakan perkiraan kasar yang masih berupa konsep yang belum detail. Pada tahap perancangan konsep, akan dilakukan penentuan maupun identifikasi proses berdasarkan PEDP (*Process Engineering Design Package*) dan *Requirement*. PEDP berisi rincian mengenai fasilitas yang akan dibangun sebelum dilakukan perancangan detail (*Detailed Engineering*). Sedangkan *requirement* perlu dianalisis untuk menentukan dan mengidentifikasi teknologi proses yang akan digunakan. Identifikasi meliputi kapasitas produksi, bahan baku, limbah yang dihasilkan, *preliminary process flow diagram* (PFD), estimasi ukuran alat proses, jumlah alat proses, dan deskripsi mengenai proses yang akan digunakan dalam bentuk

neraca massa dan energi yang masih kasar. Tahap ini memakan waktu sekitar 1,5 bulan.

2. Perancangan Fasa 0 (*Phase 0 Design*)

Pada perancangan fasa 0 dilakukan sebagian *basic design* untuk menentukan spesifikasi rancangan yang telah dilakukan pada tahap perancangan konsep. Spesifikasi rancangan meliputi:

1. Spesifikasi neraca massa dan energi
2. Spesifikasi tingkat % konversi dan % *yield* dan selektivitas proses mengenai produk dan produk samping
3. Speifikasi *Process Flow Diagram* lebih detail yang dilengkapi *control loop* dan sensor (P&ID sederhana)
4. Identifikasi limbah, spesifikasi produk, dan spesifikasi produk samping
5. Penentuan tata letak pabrik, daftar bangunan, dan *layout overall*
6. Penyusunan prosedur operasi, penyusunan kebutuhan jam kerja untuk setiap disiplin, penyusunan *project execution plan*, *review equipment data sheet* yang dilengkapi dengan infoemasi yang mencukupi untuk EPC (*Engineering, Procurement, and Construction*).

Tahap ini memakan waktu sekitar 3 minggu.

3. Perancangan Fasa 1 (*Phase 1 Design*)

Pada perancangan fasa 1 dilakukan penyelesaian *basic design* yang menjadi informasi penting bagi kontraktor untuk memulai proyek pembangunan pabrik dan kegiatan EPC (*Engineering, Procurement, and Construction*). Terdapat beberapa bagian yang perlu dilakukan, yaitu:

1. Penyelesaian P&ID (*Process & Instrumentation Diagram*) yang meliputi seluruh alat proses, *controller* dan sensor, perpipaan, *valve*, sistem listrik, dan lain-lain
2. Urutan proses yang lebih efektif dan efisien, sudah mencakup neraca massa dan energi, sistem utilitas, identifikasi bahaya, pengolahan limbah, dan lain-lain
3. *Design data sheet* untuk seluruh alat proses yang dapat dijadikan dasar untuk pemesanan dan pembelian alat pada tahap *procurement*
4. *Plant lay out* spesifik dan terperinci dibuat, termasuk lokasi, ukuran, dan kemungkinan *expansion area*, juga metode *packaging* produk, sistem distribusi dan penerimaan bahan baku dan produk telah ditetapkan

5. Perencanaan fondasi alat utama, penentuan *vendor*, pemeriksaan *vendor drawing* permesinan dan peralatan, analisis fleksibilitas perpipaan dan *support*, perencanaan rangkaian peralatan, dan lain-lain.

Tahap ini memakan waktu sekitar 2 minggu.

7.1.3 Tahap Pembuatan Kontrak

Pada tahapan ini akan dilakukan pemilihan kontraktor yang dinilai layak dan mampu menjalankan proyek pembangunan pabrik sesuai dengan jadwal yang telah dilakukan. Pemilihan dan seleksi kontraktor dilakukan dengan memasukkan para calon kontraktor dalam daftar pendek atau *short list* dan kemudian dilakukan *invitation to bid* (ITB) untuk melelang tender pembangunan pabrik. Pada saat ITB, para calon kontraktor akan diberikan deskripsi proyek untuk dipelajari. Bila terdapat calon kontraktor yang tertarik dengan proyek tersebut, maka dapat mengajukan proposal *tender* kepada pihak pemilik proyek. Proposal-proposal *tender* kemudian akan diseleksi oleh manajer proyek dan konsultan proyek untuk menentukan proposal terbaik dan paling *feasible*. Setelah terpilih maka manajer proyek dan konsultan proyek akan membuat kontrak yang berisikan hak dan kewajiban antara pihak kontraktor dan pihak pemilik. Pihak kontraktor yang terpilih akan dipanggil dan akan dilakukan proses negosiasi mengenai masalah keuangan yang dibahas bersama *project cost engineer* dan pemilihan *vendor* (penyedia alat). Jika semua persyaratan terpenuhi dan negosiasi selesai, maka dilakukan penandatanganan kontrak antara pemilik proyek dengan kontraktor. Tahap ini berlangsung selama 2 bulan.

7.1.4 Tahap Perancangan Proses Utama (*Main Process Engineering Design*)

Tahap ini adalah tahap *detailed engineering* atau proses perincian *basic design* setelah melalui tahap *engineering*. Keseluruhan tahap ini membutuhkan waktu 1,5 bulan. Tahap ini meliputi 3 tahap, yaitu:

1. Fasa Perencanaan

Pada fase ini dilakukan pengembangan P&ID untuk bagian produksi, perencanaan arsitektur untuk bangunan, perencanaan *single electrical line diagram*, pemesanan peralatan listrik, penentuan *vendor*, perencanaan fondasi alat utama, memeriksa *vendor drawing*, permesinan dan peralatan, analisis fleksibilitas perpipaan dan *support*, perencanaan rangkaian peralatan dan perencanaan *control panel*.

2. Fasa Produksi

Fasa produksi ini mencakup penyampaian P&ID secara terperinci, pemeriksaan kembali neraca massa dan energi, sistem utilitas, pembuatan *piping key plan* meliputi rute dan diagram elevasi, *crosscheck vendor drawing*, pembuatan gambar fondasi peralatan, pembuatan gambar rancangan bangunan serta detail dan penyusunan spesifikasi akhir.

3. Fasa Revisi

Pada fase ini mencakup pemeriksaan atau *review* kembali seluruh pengerjaan yang telah dilakukan sebelumnya. Fasa ini merupakan fasa akhir dari *detailed engineering*.

7.1.5 Tahap Penyediaan Peralatan (*Procurement*)

Tahap *procurement* adalah tahap pembelian dan pemesanan barang kepada vendor yang telah dipilih sebelumnya. Barang yang dipesan ke vendor telah dispesifikasikan secara detail terlebih dahulu. Waktu yang dibutuhkan pada tahap ini adalah 4,5 bulan, yaitu mulai *procurement* sangat menuntut adanya pencatatan transaksi yang baik. Proses *procurement* dibagi menjadi beberapa tahap yaitu:

1. *Inquiry*

Pada tahap ini, dilakukan kualifikasi *vendor* oleh kontraktor berdasarkan *purchased requisition* dari pemilik proyek sesuai dengan kualitas maupun kebutuhan pabrik. Selain itu perlu dilakukan evaluasi komersial dan evaluasi teknis. Evaluasi teknis dan evaluasi komersial dilakukan bersamaan agar tidak terjadi perbedaan harga yang signifikan serta diperhatikan kualitas alat apakah sesuai dengan harga yang diberikan oleh *vendor*. Penawaran terhadap alat harus sesuai dengan anggaran agar tidak terjadi *deficit*.

2. *Purchasing*

Pada tahap ini, semua peralatan yang telah dipesan akan dibayar sesuai dengan hasil negosiasi antara pihak kontraktor dan pihak *vendor*. Pada tahap *purchasing*, diperlukan pencatatan yang terperinci mengenai seluruh dokumen pembayaran agar tidak terjadi kesalahan pengiriman alat maupun kesalahan spesifikasi alat yang disebabkan oleh kelalaian pihak *vendor*.

3. *Expediting*

Pada tahap ini dilakukan pengiriman peralatan yang telah dipesan sesuai dengan kebutuhan. *Field inspector* akan menelusuri waktu *expediting* dan diusahakan sesuai dengan jadwal dan perencanaan yang telah ditetapkan. Apabila terjadi keterlambatan pengiriman alat, maka dapat menghambat proses konstruksi sehingga berimbas pada keterlambatan pembangunan pabrik.

4. Inspection

Tahap inspeksi harus dilakukan oleh kontraktor dan manajer proyek secara bersama-sama. Hal ini bertujuan untuk mengklarifikasi ketika terdapat kesalahan pemesanan alat yang menyebabkan kegagalan proyek, sehingga kesalahan tidak sepenuhnya menjadi tanggung jawab pemilik proyek. Inspeksi yang dilakukan dibagi menjadi dua bagian, yaitu *pre-purchase inspection* yang meliputi fasilitas *vendor*, kapabilitas peralatan, metode fabrikasi, dan lain-lain serta *post purchase inspection* yang menyangkut kualitas alat, verifikasi spesifikasi alat yang sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan, tes kondisi operasi alat, *performance test*, dokumen alat, persiapan pengiriman alat, dan lain-lain.

5. Performance Test

Tahap ini dilakukan untuk memeriksa kinerja alat yang dapat dilakukan setelah alat dikirim maupun sebelum dikirim. *Performance test* dilakukan dengan standar yang tepat berdasarkan jenis alat seperti standar ASME (*American Society of Mechanical Engineer*), ASTM (*American Standard for Testing Material*), ataupun standar API (*American Petroleum Standard*).

7.1.6 Tahap Konstruksi (Construction)

Tahap konstruksi adalah tahap pembangunan pabrik yang terbagi menjadi beberapa tahap, yaitu: konstruksi sipil, konstruksi alat dan perpipaan, serta konstruksi listrik dan instrumentasi. Tahapan-tahapan berikut dapat dijelaskan lebih lanjut sebagai berikut:

1. Konstruksi Sipil

Tahap ini meliputi pembangunan fisik pabrik secara keseluruhan, yaitu pengerukan tanah, pembangunan tiang pancang untuk fondasi bangunan, pembuatan jalan, area produksi dan pembangunan gedung penunjang pabrik seperti kantor utama, klinik, kantin, tempat ibadah, *mess*, laboratorium, dan lain-lain. Konstruksi sipil dapat dilakukan tanpa harus menunggu tahap *procurement* selesai dan dijadwalkan selesai dalam waktu 10 bulan dengan pengerjaan 24 jam setiap harinya.

2. Konstruksi Mekanik

Tahap ini baru dapat dilaksanakan setelah sebagian konstruksi sipil selesai. Pada tahap ini, dilakukan penempatan dan pemasangan alat-alat proses yang bersamaan dengan pemasangan alat-alat pendukung seperti instalasi pompa, reaktor, sistem perpipaan, instrumentasi, dan lain-lain. Selain itu dilakukan relokasi dan modifikasi alat-alat proses tersebut bila dibutuhkan. Konstruksi alat ini mencakup peralatan produksi biodiesel, sistem utilitas, dan unit pengolahan limbah. Selanjutnya setiap alat akan disambungkan

dengan pemasangan jalur pipa yang telah dirancang. Konstruksi ini diperkirakan akan selesai dalam waktu 3 bulan dengan pengerjaan 24 jam setiap harinya.

3. Konstruksi Listrik

Pada tahap ini dilakukan instalasi sistem perlistrikan dan sistem perkabelan pada pabrik seperti *controller*, saklar, *valve*, transformator, stop kontak, serta penerangan dan peralatan listrik lainnya yang dibutuhkan oleh setiap bangunan dalam kawasan pabrik. Tahap ini dijadwalkan selesai dalam waktu 3 bulan dengan pengerjaan 24 jam setiap harinya.

4. Konstruksi Khusus

Pada tahap ini dilakukan pengerjaan terhadap sistem-sistem khusus yang diperlukan pada peralatan proses, seperti sistem insulasi, perlindungan terhadap api, ledakan, dan lain-lain. Tahap ini dijadwalkan selesai dalam waktu 1 bulan dengan pengerjaan 24 jam setiap harinya.

7.1.7 Tahap Commissioning

Tahap *commissioning* merupakan tahap percobaan dan evaluasi terhadap kinerja proses pabrik dalam kondisi seluruh alat proses sudah terinstalasi dan berlangsung selama 2 bulan. Pada tahap ini akan dilakukan evaluasi kondisi setiap peralatan dan proses yang terjadi di dalamnya. Beberapa pengujian yang dilakukan antara lain:

1. Pengujian Tekanan dan Temperatur

Pengujian ini dilakukan dengan cara memeriksa kondisi seluruh alat pada saat kondisi yang diinginkan dengan pengaruh tekanan dan temperature. Pengujian juga dilakukan untuk memeriksa apakah terjadi kerusakan atau kebocoran pada alat dan sistem perpipaan terutama pada daerah sambungan.

2. Pengujian Instrumentasi dan *Controller*

Pengujian ini meliputi semua jenis sistem *controller* secara otomatis maupun manual dari *control room*. Pengujian dilakukan untuk mengetahui bagaimana respon yang dihasilkan jika terjadi perubahan *set point* atau *disturbance* yang signifikan.

3. Pengujian Sistem Perpipaan, Sambungan, dan *Valve*

Pengujian ini dilakukan untuk memastikan semua sistem perpipaan, sambungan dan *valve* telah terpasang dengan baik dan tidak terdapat kerusakan ataupun kebocoran.

4. Pengujian Tahap Akhir

Pengujian tahap akhir dilakukan dengan fluida yang kondisinya disesuaikan dengan proses aktual. Proses ini bertujuan agar para operator terbiasa memeriksa instalasi alat agar tetap beroperasi dengan baik.

5. Pengujian *Emergency Shut Down*

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kondisi peralatan agar tetap berjalan dengan baik setelah dilakukan *shut down* serta melatih para operator lapangan bila suatu saat terjadi keadaan yang mengharuskan terjadinya *emergency shut down*.

6. *Final Check up*

Tahap ini merupakan tahap akhir untuk uji coba pabrik secara keseluruhan sehingga jika terjadi masalah dapat diketahui dari awal dan dapat dicegah atau diperbaiki sebelum pabrik resmi beroperasi.

7.1.8 *Start Up Serta Produksi Komersial*

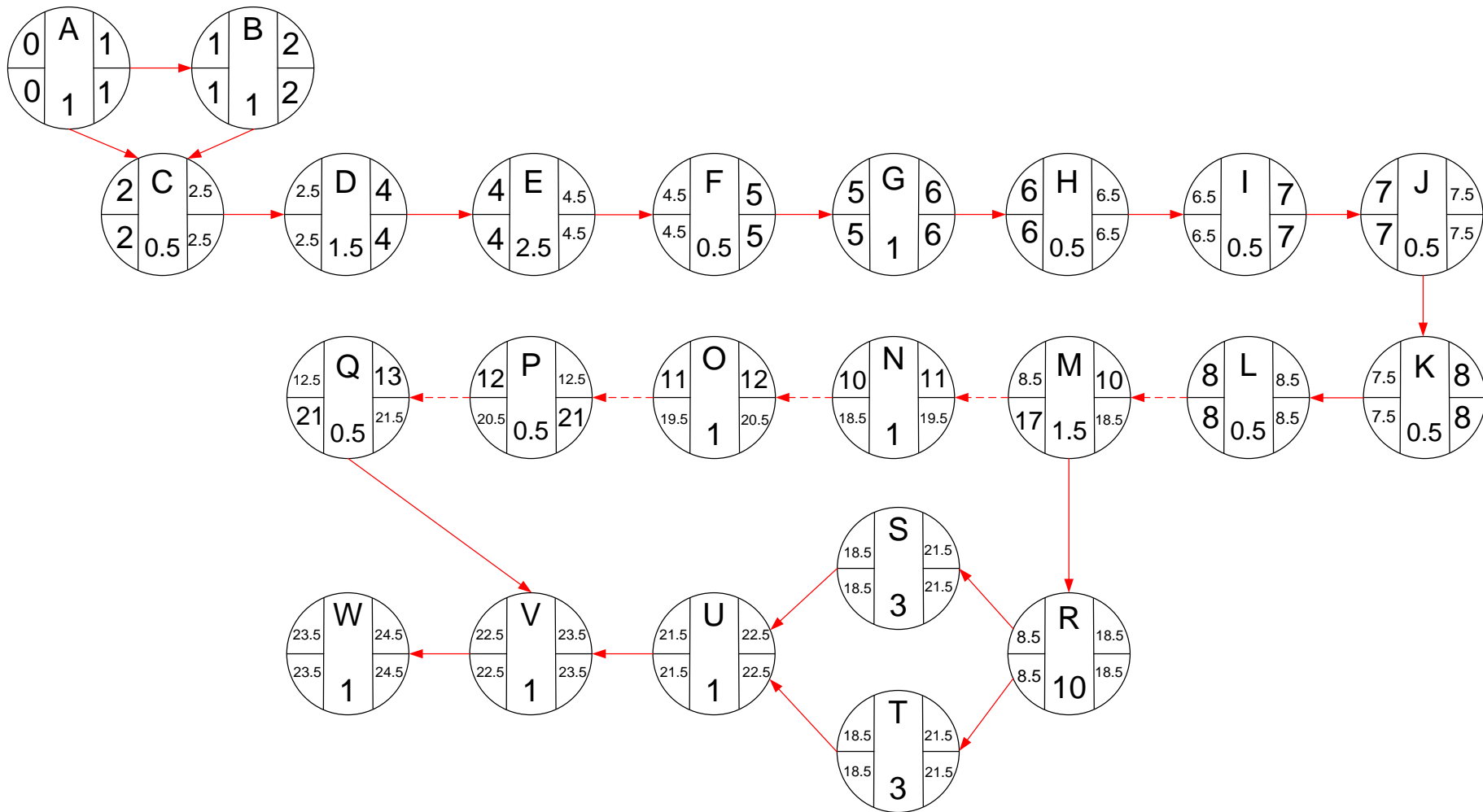
Pada tahap *start up and production*, pabrik mulai dilakukan proses *start up* dan beroperasi selama 15 hari. Pada bulan Maret 2022, pabrik ini sudah dapat beroperasi dan memproduksi secara normal.

Tabel 7.1 Gantt Chart

No	Tahap	Deskripsi Kegiatan	Simbol Aktivitas	Immediate Predecessor	Waktu (bulan)	2021												2022												2023	
						2		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2
1	Inisiasi	Survey Pasar	A	-	1																										
		Survey kelayakan dan finansial	B	A	1																										
		Penyusunan tim proyek	C	A, B	0.5																										
2	Perancangan	Perancangan konsep	D	C	1.5																										
		Perancangan fasa 0	E	D	0.5																										
		Perancangan fasa 1	F	E	0.5																										
3	Pembuatan Kontrak	Pemilihan kontraktor	G	F	1																										
		Invitation to bid (ITB)	H	G	0.5																										
		Negosiasi dan Deal	I	H	0.5																										
4	Perancangan Proses Utama	Fasa perencanaan	J	I	0.5																										
		Fasa produksi	K	J	0.5																										
		Fasa revisi	L	K	0.5																										
5	Penyediaan Peralatan	Inquiry	M	L	1.5																										
		Purchasing	N	M	1																										
		Expediting	O	N	1																										
		Inspection	P	O	0.5																										
		Performance test	Q	P	0.5																										
6	Konstruksi	Konstruksi sipil	R	L	10																										
		Konstruksi mekanik	S	R	3																										
		Konstruksi listrik	T	R	3																										
		Konstruksi khusus	U	Q, S, T	1																										
7	Terminasi	Commissioning	V	U	1																										
		Start up	W	V	1																										
8	Produksi	Mulai produksi	X	-	0																										

Tabel 7.2 Critical Path Method-Analysis

Tahap	Deskripsi Kegiatan	Simbol Aktivitas	Immediate Predecessor	Waktu (bulan)	Earlier Start (ES)	Earlier Finish (EF)	Latest Start (LS)	Latest Finish (LF)	Stack (LS-ES)	On Critical Path
Inisiasi	Survey Pasar	A	-	1	0	1	0	1	0	Yes
	Survey kelayakan dan finansial	B	A	1	1	2	1	2	0	Yes
	Penyusunan tim proyek	C	A, B	0.5	2	2.5	2	2.5	0	Yes
Perancangan	Perancangan konsep	D	C	1.5	2.5	4	2.5	4	0	Yes
	Perancangan fasa 0	E	D	0.5	4	4.5	4	4.5	0	Yes
	Perancangan fasa 1	F	E	0.5	4.5	5	4.5	5	0	Yes
Pembuatan Kontrak	Pemilihan kontraktor	G	F	1	5	6	5	6	0	Yes
	<i>Invitation to bid (ITB)</i>	H	G	0.5	6	6.5	6	6.5	0	Yes
	Negosiasi dan <i>Deal</i>	I	H	0.5	6.5	7	6.5	7	0	Yes
Perancangan Proses Utama	Fasa perencanaan	J	I	0.5	7	7.5	7	7.5	0	Yes
	Fasa produksi	K	J	0.5	7.5	8	7.5	8	0	Yes
	Fasa revisi	L	K	0.5	8	8.5	8	8.5	0	Yes
Penyediaan Peralatan	<i>Inquiry</i>	M	L	1.5	8.5	10	17	18.5	8.5	No
	<i>Purchasing</i>	N	M	1	10	11	18.5	19.5	8.5	No
	<i>Expediting</i>	O	N	1	11	12	19.5	20.5	8.5	No
	<i>Inspection</i>	P	O	0.5	12	12.5	20.5	21	8.5	No
	<i>Performance test</i>	Q	P	0.5	12.5	13	21	21.5	8.5	No
Konstruksi	Konstruksi sipil	R	L	10	8.5	18.5	8.5	18.5	0	Yes
	Konstruksi mekanik	S	R	3	18.5	21.5	18.5	21.5	0	Yes
	Konstruksi listrik	T	R	3	18.5	21.5	18.5	21.5	0	Yes
	Konstruksi khusus	U	Q, S, T	1	21.5	22.5	21.5	22.5	0	Yes
Terminasi	<i>Commissioning</i>	V	U	1	22.5	23.5	22.5	23.5	0	Yes
	<i>Start up</i>	W	V	1	23.5	24.5	23.5	24.5	0	Yes
Produksi	Mulai produksi	X	-	0	-	-	-	-	-	-



Gambar 7.1 Activity on Node (AON)

7.2 Badan Hukum dan Struktur Organisasi Perusahaan

Pabrik biodiesel yang akan didirikan memiliki bentuk badan usaha berupa Perseroan Terbatas (PT) dengan modal yang berasal dari para investor. PT merupakan badan hukum yang didirikan berdasarkan perjanjian, melakukan kegiatan usaha dengan modal dasar yang seluruhnya terbagi dalam bentuk saham, dan memenuhi persyaratan yang ditetapkan undang-undang yang berlaku. Bentuk badan usaha jenis ini dipilih dengan pertimbangan kemudahan untuk memperoleh modal yang notabene berasal dari penjualan saham. Kekayaan pemegang saham terpisah dari kekayaan perusahaan, sehingga para pemegang saham tidak memiliki hak dalam mengatur jalannya operasional perusahaan.

Kekuasaan tertinggi perusahaan diduduki oleh para pemegang saham. Pertemuan para pemegang saham dilakukan dua kali dalam setahun dalam sebuah rapat besar yang dinamakan Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS). Rapat ini dihadiri oleh pemegang saham, dewan direksi, dan dewan komisaris. Pada RUPS, akan ditentukan anggota dewan komisaris dan direktur utama serta pembagian laba tahunan yang diperoleh. Dewan komisaris dan direktur utama bertanggung jawab langsung kepada pemegang saham. Dewan komisaris bertugas mewakili para pemegang saham untuk mengawasi jalannya perusahaan. Selain itu, dewan komisaris juga menentukan kebijakan perusahaan, mengadakan rapat tahunan, serta berkewajiban untuk menjalankan operasional pabrik yang dibantu oleh sekretaris direktur.

Dewan komisaris pada perusahaan ini membawahi satuan pengawas intern yang terdiri dari pengawas operasional dalam lingkup operasional dan pengawas keuangan dalam lingkup finansial perusahaan. Sedangkan dewan direksi akan dikepalai oleh seorang direktur utama yang secara langsung akan membawahi 5 departemen yang masing-masing departemen dipimpin oleh seorang manajer. 5 departemen tersebut adalah departemen produksi, departemen penjualan, departemen keuangan, departemen penyediaan, serta departemen administrasi dan umum. **Gambar 7.2** merupakan struktur organisasi yang terdapat pada perusahaan produsen biodiesel ini.

7.2.1 Departemen Produksi

Departemen ini dipimpin oleh seorang manajer yang berperan dan bertanggung jawab dalam segala kegiatan yang berhubungan dengan operasional produksi yang terdiri dari penyediaan bahan baku, bahan pendukung, sistem produksi hingga menghasilkan produk. Departemen ini akan dibantu oleh beberapa divisi, yaitu:

1. Divisi *Engineering*

Divisi *engineering* dipimpin oleh seorang manajer yang dibantu oleh beberapa staf, supervisor, dan beberapa operator dalam menjalankan tugasnya. Divisi ini bertanggung jawab terhadap perencanaan kegiatan produksi, merealisasikan teknologi proses, dan memodifikasi proses sehingga kelancaran seluruh proses produksi tetap terjaga dan target produksi dapat tercapai.

2. Divisi *Research & Development (R&D)*

Divisi ini berperan terhadap pengembangan produk dengan melakukan berbagai penelitian di laboratorium untuk meningkatkan kualitas produk maupun pengembangan proses dengan *scale up* dari skala pilot. Dengan adanya inovasi yang dihasilkan oleh divisi ini, peningkatan kualitas produk maupun pengembangan proses akan dapat memajukan perusahaan.

3. Divisi *Quality Control (QC)*

Divisi QC berperan dalam memastikan kualitas bahan baku, produk, bahan utilitas, serta limbah yang dihasilkan pabrik telah sesuai dengan standar mutu yang telah ditetapkan pemerintah ataupun lembaga standar seperti ASTM, ASME, dan lain-lain. Divisi QC terdiri dari para analis yang bertugas untuk menganalisis setiap sampel secara berkala dalam laboratorium.

4. Divisi *Pengolahan Limbah*

Divisi pengolahan limbah berperan dalam hal pengelolaan limbah yang dihasilkan dari hasil produksi sebelum dibuang ke lingkungan. Limbah hasil proses akan didistribusikan berdasarkan jenisnya ke masing-masing unit pengelolaan limbah, kemudian limbah di-*treatment* hingga sesuai baku mutu yang ditetapkan, dan kemudian aman untuk dibuang ke lingkungan. Untuk limbah jenis B3 akan langsung dikirimkan ke PPLI untuk diolah lebih lanjut.

5. Divisi *Health and Safety Environment (HSE)*

Divisi HSE dipimpin oleh seorang manajer dan beberapa staf yang bertanggung jawab dalam hal menjaga dan melakukan evaluasi kesehatan dan keselamatan kerja (K3) berdasarkan peraturan perundang-undangan yang berlaku bagi seluruh karyawan di lingkungan pabrik. Limbah yang akan dibuang ke lingkungan akan diawasi, dispesifikasi, dan dievaluasi oleh divisi ini agar dipastikan limbah tidak berbahaya dan merusak lingkungan.

6. Divisi *Maintenance*

Divisi *maintenance* terdiri dari beberapa teknisi dan operator yang bertanggung jawab dalam hal pengadaan listrik di lingkungan pabrik, pemeriksaan secara berkala terhadap seluruh alat proses dan instrumentasi, serta melakukan perawatan dan perbaikan alat proses bila dibutuhkan.

7. Divisi Bahan Baku dan *Warehouse*

Divisi bahan baku dan *warehouse* dipimpin oleh seorang manajer umum dan membawahi manajer divisi bahan baku beserta staf dan manajer divisi *warehouse* beserta staf. Divisi bahan baku bertanggung jawab untuk mengatur masuk dan keluarnya bahan baku berupa minyak jelantah yang dibeli dari PT. Indofood Sukses Makmur Tbk, sistem pendistribusian minyak jelantah, dan sistem penyimpanannya. Divisi *warehouse* bertugas untuk mengatur dan mendata jumlah produk biodiesel yang masuk dan keluar dari gudang penyimpanan.

7.2.2 Departemen Penjualan

Departemen penjualan bertanggung jawab untuk merancang strategi pemasaran dan penjualan produk biodiesel. Departemen ini terdiri dari 2 divisi, yaitu divisi perancangan dan analisis penjualan serta divisi distribusi.

1. Divisi Perancangan dan Analisis Penjualan

Divisi ini berperan dalam melakukan analisis pasar, seperti analisis SWOT (*Strength, Weakness, Opportunity, and Threat*), membuat strategi pemasaran produk yang perlu diterapkan untuk meningkatkan angka penjualan sekaligus melakukan strategi promosi produk agar masyarakat semakin mengenal produk dan jumlah konsumen dapat bertambah.

2. Divisi Distribusi

Divisi distribusi berperan untuk mengatur proses pendistribusian produk untuk dikirim kepada distributor atau agen. Divisi ini juga berperan dalam menjual produk ke konsumen dan mempertahankan sekaligus meningkatkan angka penjualan biodiesel sepanjang waktu.

7.2.3 Departemen Keuangan

Departemen keuangan bertanggung jawab untuk melakukan pengaturan keuangan perusahaan yang meliputi perencanaan, pendistribusian, pelaporan, dan pengarsipan

laporan keuangan perusahaan. Departemen ini dipimpin oleh seorang manajer dan terdiri dari 2 divisi yang dikepalai oleh kepala bagian masing-masing, yaitu divisi audit dan divisi perpajakan.

1. Divisi Audit

Divisi audit berperan dalam mengatur keuangan dalam pabrik. Divisi ini bertugas untuk melakukan kegiatan administrasi perusahaan, membuat *cash flow* (mingguan, bulanan, dan tahunan), merekapitulasi laporan keuangan serta membuat analisis keuangan dan diserahkan kepada manajer keuangan. Manajer keuangan kemudian melaporkan hasil audit kepada direktur utama untuk menentukan perhitungan laba-rugi yang akan dipertanggungjawabkan kepada RUPS. Selain itu, divisi ini juga mengurus masalah keuangan yang berkaitan dengan pihak luar.

2. Divisi Perpajakan

Divisi perpajakan terdiri dari staf-staf yang bertugas membuat rekapitulasi pajak SPT tahunan berdasarkan PPh pasal 21 dan pasal 29 dan laporan-laporan lain yang berhubungan dengan perpajakan. Hasil rekapitulasi diserahkan kepada manajer keuangan untuk dievaluasi.

7.2.4 Departemen Penyediaan

Departemen penyediaan terdiri dari seorang manajer dengan beberapa staf yang bertanggung jawab untuk mengatur pembelian dan ketersediaan bahan baku minyak jelantah serta berperan dalam pengadaan alat dan barang. Departemen ini terdiri dari divisi logistik dan divisi *procurement*.

1. Divisi Logistik

Divisi logistik berperan untuk menjaga ketersediaan bahan baku maupun bahan pendukung melalui pembelian atau pengadaan untuk proses produksi agar produksi dapat berjalan dengan lancar. Pengadaan bahan baku disesuaikan dengan kebutuhan dan kapasitas produksi pabrik.

2. Divisi Procurement

Divisi *procurement* bertanggung jawab untuk mengkoordinasi segala kegiatan pembelian alat produksi, bahan kebutuhan laboratorium, kemasan produk, peralatan *maintenance*, serta mengurus semua perijinan untuk pengiriman ataupun penerimaan barang. Perlu diperhatikan dalam proses pembelian alat atau barang adalah harus sesuai dengan spesifikasi alat atau barang yang dipesan dan dengan harga yang sesuai dengan kualitasnya.

7.2.5 Departemen Administrasi dan Umum

Departemen administrasi dan umum dipimpin oleh seorang manajer yang berperan dalam membangun hubungan baik dengan semua elemen yang ada di perusahaan, mengadakan pelatihan untuk karyawan baru dan yang akan naik pangkat. Departemen ini terdiri dari 5 divisi, yaitu:

1. Divisi Sumber Daya Manusia (HR)

Divisi sumber daya manusia bertanggung jawab dalam mengurus ketenagakerjaan dalam lingkup perekrutan karyawan baru. Divisi ini akan melakukan perekrutan, seleksi, melakukan wawancara dengan calon karyawan hingga tahap pembuatan kontrak kerja yang dilakukan bersama direktur atau manajer.

2. Divisi Personalia

Divisi ini bertugas untuk menangani segala sesuatu yang berhubungan dengan karyawan, serta menangani urusan promosi jabatan karyawan, mengatur dan mengurus keperluan kantor di luar produksi, membuat daftar gaji dan perhitungan pajak pendapatan pekerja sesuai dengan peraturan pemerintah dan perundang-undangan yang berlaku, dan membuat pelatihan bagi para pekerja baik yang berhubungan dengan produksi maupun non-produksi, serta memberikan pendidikan lanjut secara khusus bagi pekerja atau karyawan yang dianggap layak dan berpotensi.

3. Divisi Kesehatan

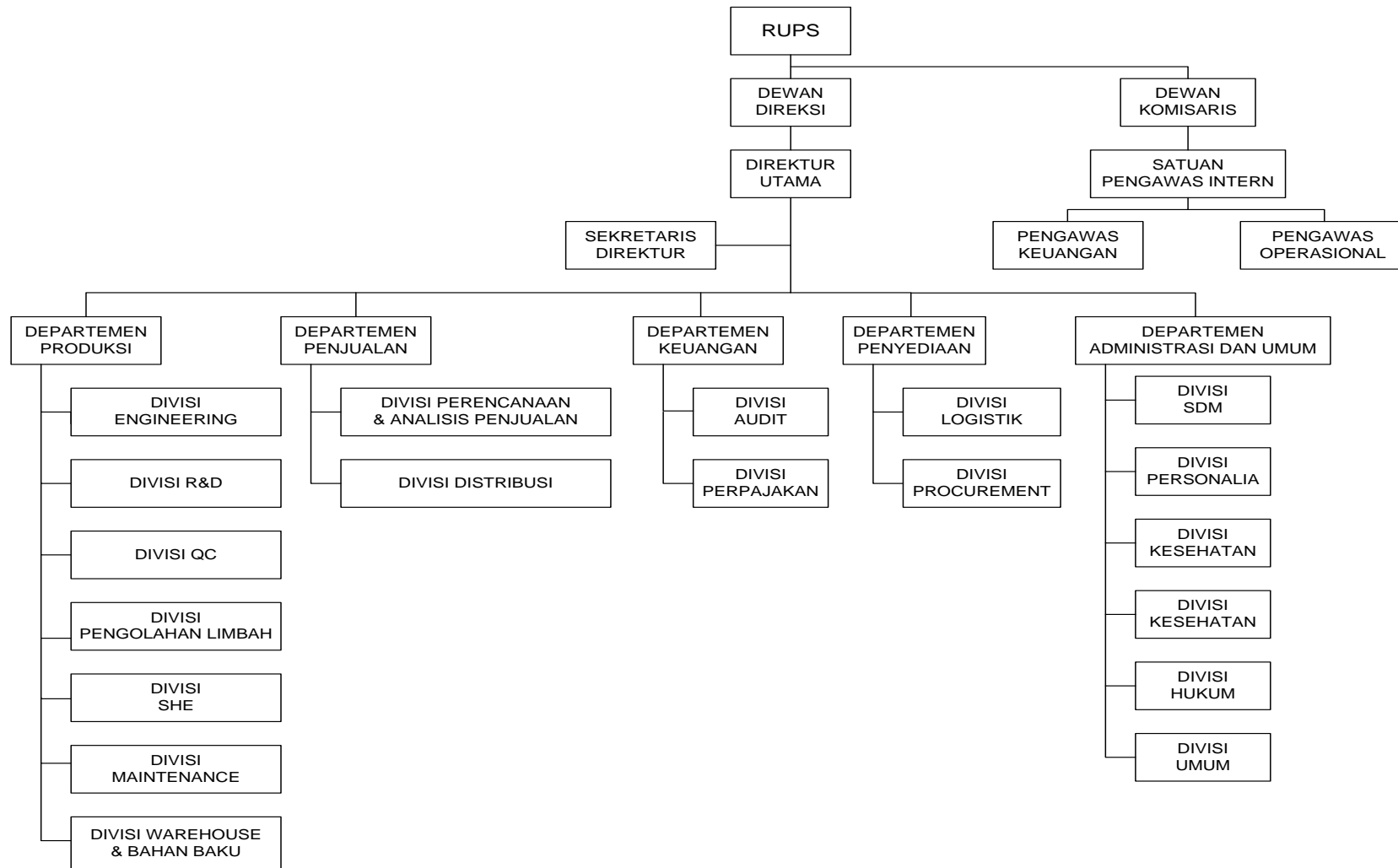
Divisi kesehatan memiliki tanggung jawab untuk melakukan *check-up* seluruh karyawan secara berkala dalam jangka waktu tertentu, melakukan pertolongan pertama jika terjadi kecelakaan dan pertolongan lanjut bila kondisi tidak memungkinkan, serta membuat jadwal olahraga rutin bersama bagi seluruh karyawan pada selang waktu tertentu.

4. Divisi Hukum

Divisi hukum berperan dan bertanggung jawab dalam mengurus masalah perundang-undangan pembangunan pabrik, tenaga kerja, serta paten-paten teknologi yang diterapkan dalam proses produksi di pabrik.

5. Divisi Umum

Divisi umum dipimpin oleh seorang manajer yang membawahi satuan keamanan, *office boy*, sopir, petugas kebersihan, dan lain-lain.



Gambar 7.2 Struktur Organisasi

7.3 Struktur Tenaga Kerja

Jumlah pekerja ± 100 orang. Ketenagakerjaan dibagi menjadi 2 jenis, yaitu pekerja shift dan pekerja non-shift. Pekerja shift seperti di departemen produksi dibagi menjadi 3 shift, dengan masing-masing memiliki jam kerja sebanyak 8 jam. Sementara itu, pekerja non-shift seperti para pekerja di bagian *office* juga memiliki jam kerja sebanyak 8 jam (UU no. 13/2013 tentang ketenagakerjaan). Berikut ini adalah tabel jadwal kerja para tenaga kerja

Tabel 7.3a Ketentuan Kerja Karyawan Reguler

Hari	Jam Kerja	Jam Istirahat
Senin - Kamis	7.00 - 16.00	12.00 - 13.00
Jumat	7.00 - 16.30	11.30 - 13.00

Tabel 7.3b Ketentuan Kerja Karyawan dengan Shift

Shift	Jam Kerja
Pagi	7.00 - 15.00
Sore	15.00 - 23.00
Malam	23.00 - 7.00

Khusus untuk departemen produksi, jam istirahat untuk makan siang diberikan secara bergiliran selama 15 menit. Hal ini dilakukan agar tetap ada orang yang mengawasi selama berlangsungnya proses produksi dan untuk menghindari hal-hal yang tidak diinginkan. Karyawan yang bekerja dengan shift dibagi menjadi 3 kelompok shift dengan 8 orang dalam masing-masing kelompok shift.

7.4 Keselamatan Kerja

Mengingat bahaya yang besar dari suatu industri kimia, maka pabrik menyediakan suatu unit khusus untuk menangani keselamatan kerja para karyawan dengan unit *environmental health and safety* (EHS). Berbagai macam peraturan diberikan untuk melindungi seluruh karyawan dari kejadian yang tidak diinginkan (kecelakaan), antara lain: penggunaan alat pelindung diri (APD), menonaktifkan telepon genggam selama berada dalam unit produksi, serta menginstalasi alat perlindungan pertama seperti alarm kebakaran, sistem hydrant, *foam* pada setiap *storage tank*, serta peralatan *grounding*.

Setiap karyawan yang memasuki unit produksi diharuskan untuk menonaktifkan telepon genggam, menggunakan alat pelindung diri terutama helm, serta dilarang

merokok. Alat perlindungan diri yang wajib digunakan oleh semua karyawan yang memasuki unit produksi adalah helm untuk menghindari kepala dari benturan dengan benda jatuh ataupun dengan tidak sengaja menabrak peralatan di dalam unit produksi. Selain itu, *safety shoes* juga wajib dipakai di dalam area produksi, aktivitas *warehouse*, dan aktivitas *workshop*. Alat perlindungan diri lain adalah masker dan kacamata pelindung. Masker wajib digunakan bagi para karyawan yang akan memasuki unit produksi, hal ini bertujuan untuk menghindari kontak dengan bahan baku melalui saluran pernafasan yang dapat berakibat fatal bagi kesehatan. Kacamata pelindung wajib digunakan pada saat preparasi bahan, pengambilan sampel, dan pencucian. Hal ini bertujuan untuk menghindari terjadinya kontak antara bahan yang mudah menguap dengan mata. Selain itu pemakaian pelindung telinga juga penting terutama di area generator dan tempat-tempat yang bising.

Dalam penanganan kecelakaan selama bekerja, di dalam unit produksi telah dilengkapi dengan beberapa alat pertolongan pertama seperti *shower* dan APAR. *Shower* digunakan apabila tubuh berkontak dengan bahan kimia dari bahan baku, *shower* harus digunakan sesegera mungkin agar tidak terjadi luka yang berat. Kemudian APAR juga disediakan di beberapa daerah yang rawan sangat penting untuk mencegah terjadinya kebakaran yang diakibatkan oleh arus pendek.

7.5 Sistem Upah Karyawan

Sistem upah didasarkan pada jabatan dan lamanya pengabdian karyawan pada perusahaan. Gaji pokok karyawan ditentukan berdasarkan jabatan masing-masing karyawan. Gaji karyawan akan mengalami kenaikan berdasarkan kontribusinya dan prestasinya dalam pabrik dan akan diberikan bonus sebesar 50% dari gaji per bulannya dan diberikan setiap tahunnya. Dalam waktu 1 tahun, gaji yang diterima oleh karyawan adalah gaji sebesar 12 bulan dengan tambahan 1 bulan gaji sebagai Tunjangan Hari Raya (THR). Karyawan yang telah berusia lanjut (55 tahun) dengan masa pengabdian lebih dari 10 tahun akan mendapatkan tunjangan dana pensiun. Besarnya tunjangan tersebut bergantung dari masa pengabdian dan jabatan terakhir yang dimiliki sebelum karyawan tersebut pensiun. Sistem upah yang diberikan oleh pabrik ini harus berada diatas gaji UMK (upah minimum kota) yaitu sebesar Rp 2.498.587,33 berdasarkan Peraturan Pemerintah no. 78 tahun 2015.

Karyawan tetap yang diangkat perusahaan menjadi karyawan tetap akan mendapatkan hak penuh atas tunjangan-tunjangan dan jaminan sosial yang diberikan perusahaan. Karyawan yang tidak tetap nantinya akan menjalani masa percobaan selama 3 bulan terlebih dahulu dan belum mendapatkan hak atas tunjangan yang diberikan oleh perusahaan. Tabel rincian tenaga kerja dan daftar gaji karyawan dapat dilihat pada **Tabel 7.5**.

Tabel 7.4 Keterangan Tenaga Kerja

No	Jabatan	Jumlah (orang)
1	Direktur Utama	1
2	Sekretaris Direktur	1
3	Pengawas Operasional	3
4	Pengawas Keuangan	3
5	Divisi Engineering	10
6	Divisi Pengolahan Limbah	5
7	Divisi Research & Development	5
8	Divisi Quality Control	5
9	Divisi Maintenance	5
10	Divisi Warehouse & Bahan Baku	3
11	Divisi Health & Safety Environment	5
12	Divisi Audit	4
13	Divisi Perpajakan	5
14	Divisi Perancangan & Analisis Keuangan	5
15	Divisi Distribusi	2
16	Divisi Logistik	5
17	Divisi Procurement	9
18	Divisi Sumber Daya Manusia	8
19	Divisi Personalia	5
20	Divisi Kesehatan	3
21	Divisi Hukum	4
22	Divisi Umum	4
Total		100

Tabel 7.5 Daftar Gaji Karyawan

Jabatan	Jumlah	Gaji/Bulan	Gaji/Tahun
Direktur Utama	1	Rp 55.000.000	Rp 660.000.000
Sekretaris Direktur	1	Rp 9.000.000	Rp 108.000.000
Manajer Produksi/Operasional	1	Rp 20.000.000	Rp 240.000.000
Manajer Penjualan	1	Rp 20.000.000	Rp 240.000.000
Manajer Keuangan	1	Rp 20.000.000	Rp 240.000.000

Tabel 7.5 Daftar Gaji Karyawan (Lanjutan)

Jabatan	Jumlah	Gaji/Bulan	Gaji/Tahun
Manajer Penyediaan	1	Rp 20.000.000	Rp 240.000.000
Manajer Administrasi dan Umum	1	Rp 20.000.000	Rp 240.000.000
Kabag <i>Engineering</i>	1	Rp 8.000.000	Rp 96.000.000
Kabag Pengolahan Limbah	1	Rp 8.000.000	Rp 96.000.000
Kabag R&D	1	Rp 8.000.000	Rp 96.000.000
Kabag QC	1	Rp 8.000.000	Rp 96.000.000
Kabag <i>Maintenance</i>	1	Rp 8.000.000	Rp 96.000.000
Kabag Audit	1	Rp 8.000.000	Rp 96.000.000
Kabag Hukum	1	Rp 8.000.000	Rp 96.000.000
Kabag Perpajakan	1	Rp 8.000.000	Rp 96.000.000
Kabag Logistik	1	Rp 8.000.000	Rp 96.000.000
Kabag <i>Warehouse</i> dan Bahan Baku	1	Rp 8.000.000	Rp 96.000.000
Kabag Sumber Daya Manusia	1	Rp 8.000.000	Rp 96.000.000
Kabag <i>Procurement</i>	1	Rp 8.000.000	Rp 96.000.000
Kabag Perencanaan dan Analisis Penjualan	1	Rp 8.000.000	Rp 96.000.000
Kabag Distribusi	1	Rp 8.000.000	Rp 96.000.000
Staf <i>Engineering</i>	8	Rp 5.000.000	Rp 60.000.000
Staf Pengolahan Limbah	10	Rp 4.000.000	Rp 48.000.000
Staf R&D	4	Rp 4.000.000	Rp 48.000.000
Staf <i>Quality Assurance</i>	3	Rp 4.000.000	Rp 48.000.000
Staf <i>Maintenance</i>	5	Rp 3.500.000	Rp 42.000.000
Staf <i>Safety, Health, and Environment</i>	4	Rp 3.500.000	Rp 42.000.000
Staf Sumber Daya Manusia	4	Rp 3.500.000	Rp 42.000.000
Staf Audit	3	Rp 3.500.000	Rp 42.000.000
Staf Hukum	5	Rp 3.500.000	Rp 42.000.000
Staf Perpajakan	1	Rp 3.500.000	Rp 42.000.000
Staf Logistik	4	Rp 3.500.000	Rp 42.000.000
Staf Perencanaan dan Analisis Penjualan	4	Rp 3.500.000	Rp 42.000.000
Staf Distribusi	4	Rp 3.500.000	Rp 42.000.000
Dokter Jaga	2	Rp 5.000.000	Rp 60.000.000
Petugas Keamanan	4	Rp 2.500.000	Rp 30.000.000
Petugas Kantin	4	Rp 2.500.000	Rp 30.000.000
Petugas Kebersihan	4	Rp 2.500.000	Rp 30.000.000
Supir Truk	2	Rp 2.500.000	Rp 30.000.000
Supir Antar Jemput Perkantoran	4	Rp 2.500.000	Rp 30.000.000

7.6 Kesejahteraan Karyawan

Ada beberapa fasilitas untuk menunjang kesejahteraan karyawan agar keadaan jasmani dan rohani dapat terjamin dan karyawan merasa aman dan nyaman bekerja di lingkungan pabrik. Fasilitas tersebut antara lain:

1. Asuransi

Terdapat 2 jenis asuransi, yaitu asuransi keselamatan kerja dan asuransi kesehatan. Asuransi keselamatan kerja diberikan untuk melindungi karyawan terhadap kecelakaan yang dapat terjadi di tempat kerja, perjalanan menuju atau pulang dari tempat kerja. Sedangkan asuransi kesehatan diberikan kepada semua anggota keluarga karyawan termasuk istri dan anak-anak.

2. Tunjangan Hari Raya (THR)

Tunjangan untuk hari raya diberikan agar pekerja merasa senang dan termotivasi dalam bekerja.

3. Fasilitas Ibadah

Bagi karyawan yang beragama Islam, perusahaan menyediakan fasilitas ibadah dalam lingkungan pabrik berupa masjid dan musholla.

4. Sarana Olahraga

Disediakan tempat untuk olahraga sehingga kesehatan para pekerja tetap terjamin dan dalam keadaan sehat untuk bekerja.

5. Hak Cuti

Hak cuti secara umum (cuti tahunan maupun cuti karena sakit) diberikan kepada semua karyawan. Hak cuti dapat diberikan selama 30 hari dalam 1 tahun.

BAB VIII

PERKIRAAN INVESTASI DAN ANALISIS EKONOMI

Analisa ekonomi pabrik perlu disusun untuk menunjukkan proyeksi finansial pabrik dari tahap pembangunan dan selama pabrik beroperasi. Evaluasi ekonomi perlu diperhitungkan untuk mengetahui apakah pabrik layak didirikan atau tidak. Analisa dan evaluasi ekonomi suatu pabrik mencakup beberapa aspek antara lain *Total Investment Cost* (TIC), *Manufacturing Cost* (MC), analisa kelayakan ekonomi, dan analisa sensitivitas.

8.1 Dasar Perhitungan dan Asumsi yang Digunakan

Dalam penyusunan dan perhitungan analisa ekonomi digunakan beberapa pendekatan dan asumsi-asumsi antara lain:

- Pembangunan pabrik dimulai pada Februari 2021 dan diperkirakan berlangsung selama 2 tahun sehingga diperkirakan berdiri pada Februari 2023 dengan kapasitas produksi sebesar 8.200 ton biodiesel/ tahun.
- Pabrik beroperasi selama 330 hari dalam 1 tahun secara efektif dengan disisihkan 35 hari untuk keperluan *maintenance* dan *shutdown*.
- Komposisi pendanaan pabrik yaitu 60% berasal dari pinjaman dana bank (*debt*) dan 40% berasal dari modal investor (*equity*).
- Pembayaran pinjaman dari bank (*debt*) dilakukan dengan cara angsuran selama 10 tahun.
- Perhitungan alat berdasarkan nilai index CEPCI pada tahun 2023 sebesar 650 yang mengacu pada harga alat pada tahun 2014 dengan nilai indeks CEPCI sebesar 578,4.
- Perhitungan umur pabrik adalah 10 tahun dengan depresiasi *Modified Accelerated Cost Recovery System* selama 5 tahun, dengan nilai *salvage value* sebesar 0% dari harga awal.
- Persentasi tarif pajak (*tax rate*) yang diperhitungkan berdasarkan peraturan yang berlaku di Indonesia.

8.2 Total Investment Cost

Biaya total investasi atau *total investment cost* (TIC) merupakan biaya yang dibutuhkan di awal dan selama proses pendirian pabrik. Komponen-komponen dari TIC terdiri dari *total plant cost*, *fixed capital cost*, dan *working capital*. *Total plant cost*

merupakan biaya yang dibutuhkan untuk pengadaan alat proses, perpipaan, komponen listrik, instrumentasi, utilitas, pondasi, insulasi, peralatan keselamatan, pengolahan lahan, bangunan, tanah, biaya *engineering* konstruksi, biaya kontraktor dan biaya kontingensi. *Fixed capital cost* terdiri dari biaya *off-site* facilities dan *start-up*. Biaya peralatan proses yang dibutuhkan pabrik ini sebesar Rp 63.087.622.358 dan *total investment cost* sebesar Rp 102.395.197.284. Rincian biaya peralatan proses yang dibutuhkan disajikan pada **Tabel 8.1**.

Tabel 8.1 Biaya Peralatan Proses

No	Kode alat	Jumlah barang	Harga	No	Kode alat	Jumlah barang	Harga
1	T-01	1	Rp 2.247.883.676	13	HE-03	2	Rp 28.474.276,87
2	T-02	1	Rp 439.768.996	14	HE-04	2	Rp 7.444.434.065
3	T-03	1	Rp 449.260.374,70	15	R-01	2	Rp 6.020.721.629
4	T-04	1	Rp 177.173.153,1	16	R-02	2	Rp 3.119.512.092
5	T-05	1	Rp 1.990.033.523	17	R-03	2	Rp 1.814.882.049
6	T-06	1	Rp 2.684.488.785	18	P-01	2	Rp 186.664.531,80
7	F-01	2	Rp 143.329.732,50	19	P-02	2	Rp 528.355.431,80
8	EV-01	2	Rp 15.689.310.782	20	P-03	2	Rp 528.355.431,80
9	EV-02	2	Rp 11.541.561.963	21	P-04	2	Rp 506.208.787,60
10	EV-03	2	Rp 7.052.122.103	22	P-05	2	Rp 499.881.295,7
11	HE-01	2	Rp 72.767.565,15	23	P-06	2	Rp 104.405.588
12	HE-02	2	Rp 151.862.622,20	24	P-07	2	Rp 575.812.606,80

8.3 Komposisi Modal

Komposisi modal pembangunan pabrik berasal dari pinjaman bank (*debt*) sebesar 60% dan modal investor (*equity*) sebesar 40%. Modal yang berasal dari pinjaman bank sebesar Rp 61.437.118.371 memiliki jangka waktu 4 tahun dengan *grace period* selama 2 tahun.

8.4 Manufacturing Cost

Manufacturing cost adalah biaya yang diperlukan setiap tahunnya untuk pabrik tetap menghasilkan produk. Depresiasi pada *manufacturing cost* dibebankan selama pabrik beroperasi 10 tahun dengan metode *Modified Accelerated Cost Recovery System* (MACRS). Metode MACRS menggunakan prinsip dari metode *double declining balance* dan berganti ke metode *straight line* pada suatu titik tertentu. Metode ini dipakai dengan

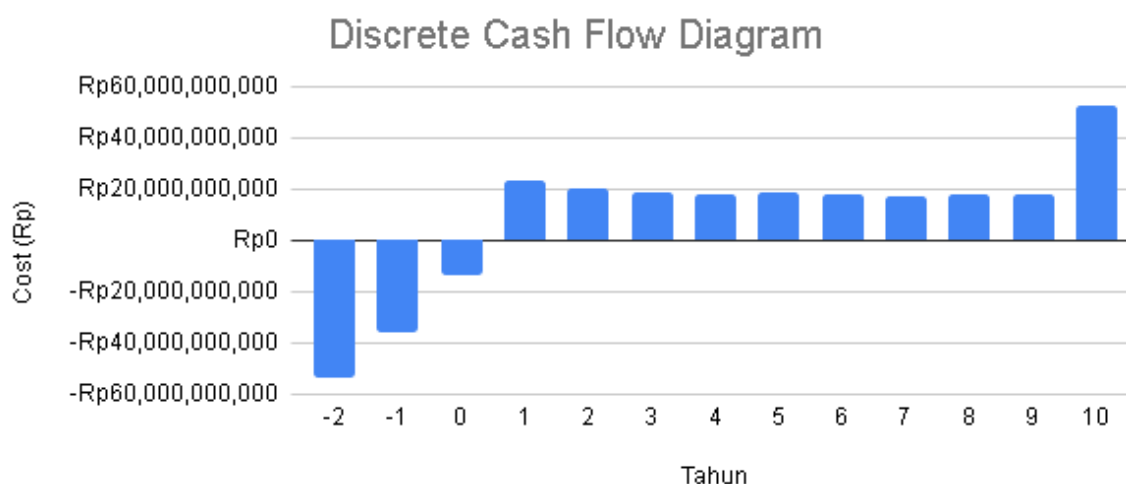
tujuan untuk menurunkan pajak yang perlu dibayar (Turton, 2012). Komponen-komponen dari *manufacturing cost* antara lain *direct manufacturing cost* yaitu biaya yang dibutuhkan secara langsung untuk proses produksi, *fixed manufacturing cost* yaitu biaya yang tetap dibutuhkan baik saat pabrik melakukan proses produksi maupun tidak, dan *general expense* yaitu biaya yang dibutuhkan untuk membantu proses produksi secara tidak langsung. Biaya produksi yang dibutuhkan oleh pabrik setiap tahunnya adalah sebesar Rp45.414.673.269 dengan *fixed cost* sebesar Rp9.385.954.135 dan *variable cost* sebesar Rp26.914.264.873.

8.5 Analisa Kelayakan Ekonomi

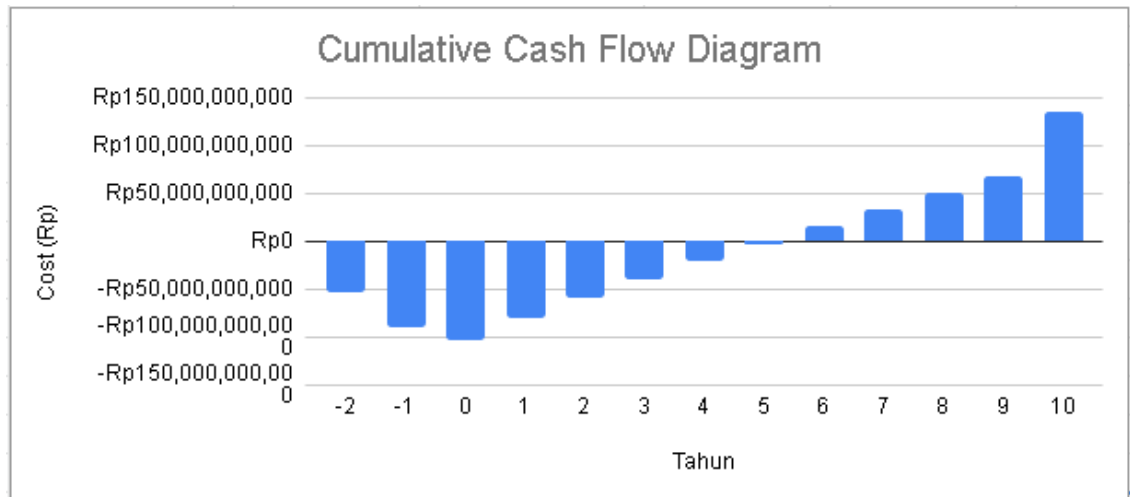
Evaluasi ekonomi dapat dilakukan dengan cara menganalisa nilai *cash flow statement* (CFS), *return on investment* (ROI), *internal rate of return* (IRR), *return on equity* (ROE), *net present value* (NPV), dan *payback period* (PBP).

8.5.1 Cash Flow Statement

Cash flow bertujuan untuk mengetahui aliran kas masuk dan keluar dari awal pabrik dibangun sampai umur pabrik habis. Dari *cash flow* dapat diketahui kapan pabrik membukukan keuntungan maupun kerugian. Terdapat 2 jenis *cash flow* yaitu *discrete cash flow* yang membukukan aliran pada setiap tahun, dan *cumulative cash flow* yang membukukan akumulasi kas dari tahun-tahun sebelumnya. Grafik *discrete cash flow* dan *cumulative cash flow* disajikan berturut-turut pada **Gambar 8.1** dan **Gambar 8.2**.



Gambar 8.1 Discrete Cash Flow



Gambar 8.2 Cumulative Cash Flow

Pada grafik *discrete cash flow*, pada tahun pertama sampai tahun kedua masa konstruksi, pabrik mengalami pengeluaran kas karena belum beroperasi sehingga belum ada pemasukan, namun pada tahun pertama pabrik sudah beroperasi dan aliran kas menjadi positif karena adanya penjualan atau pemasukan kas yang besarnya melebihi pembayaran cicilan hutang disertai bunga dan pembayaran pajak.

Pada grafik *cumulative cash flow*, dari awal konstruksi pabrik sampai awal tahun ke-5 pabrik beroperasi, kas akumulatif masih negative karena keuntungan dari pendapatan atas penjualan produk masih belum cukup untuk menutup biaya investasi total yang dikeluarkan pabrik. Pada tahun ke-6 kas mulai positif yang menandakan pemasukan kas dari penjualan selama 6 tahun sudah melebihi biaya investasi total, dan mulai terjadi lonjakan yang besar pada arus kas tahun ke-6 karena depresiasi pabrik hanya berlangsung selama 5 tahun.

8.5.2 Return on Investment

Return on investment (ROI) merupakan perbandingan rata-rata keuntungan setelah bunga dan pajak terhadap investasi total awal pabrik (TIC), semakin besar nilai ROI maka semakin layak pabrik didirikan dan semakin besar keuntungan yang diperoleh investor. Nilai ROI pabrik ini adalah sebesar 21,8%, yang lebih besar dari rata-rata ROI untuk pabrik kimia yaitu sebesar 10.76%. Selain ROI, adapun variasi lain yaitu *return on equity* (ROE) yang merupakan perbandingan rata-rata laba bersih per tahun terhadap ekuitas pemegang saham. Nilai ROE pada pabrik ini didapatkan sebesar 54,5 % yang tergolong cukup besar dalam industri

sejenis.(https://csimarket.com/Industry/industry_ManagementEffectiveness.php?ind=101, diakses pada 21 November 2019)

8.5.3 Net Present Value

Net present value (NPV) merupakan nilai total aliran kas selama umur pabrik yang nilainya disesuaikan dengan nilai uang saat ini dikurangi dengan investasi awal. Suatu pabrik akan dianggap layak didirikan jika nilai $NPV > 0$ yang menunjukkan modal investasi awal yang berkembang memiliki nilai yang lebih tinggi. Apabila $NPV < 0$ menunjukkan modal investasi awal yang nilainya berkurang. Nilai NPV pabrik ini adalah sebesar Rp 18.057.901.132 yang menandakan bahwa pabrik ini layak untuk didirikan.

8.5.4 Internal Rate of Return

Internal rate of return (IRR) merupakan persentase yang menggambarkan kecepatan pengembalian dari modal yang ditanamkan. Semakin besar nilai IRR akan semakin diminati oleh investor karena modal awal yang ditanamkan akan semakin cepat kembali. Nilai IRR dari pabrik ini adalah sebesar 16% yang lebih besar dari bunga deposito setelah potongan pajak sebesar 5,04% (pusatdata.kontan.co.id/bungadeposito/, per tanggal 11 November 2019) dan suku bunga reksadana sebesar 12,79% (bareksa.com/id/data/reksadana/daftar, per tanggal 11 November 2019) dimana potongan pajak berdasarkan PPh pasal 4 ayat 2. Sehingga jauh lebih menguntungkan berinvestasi di pabrik ini dibandingkan dengan berinvestasi di deposito maupun reksadana.

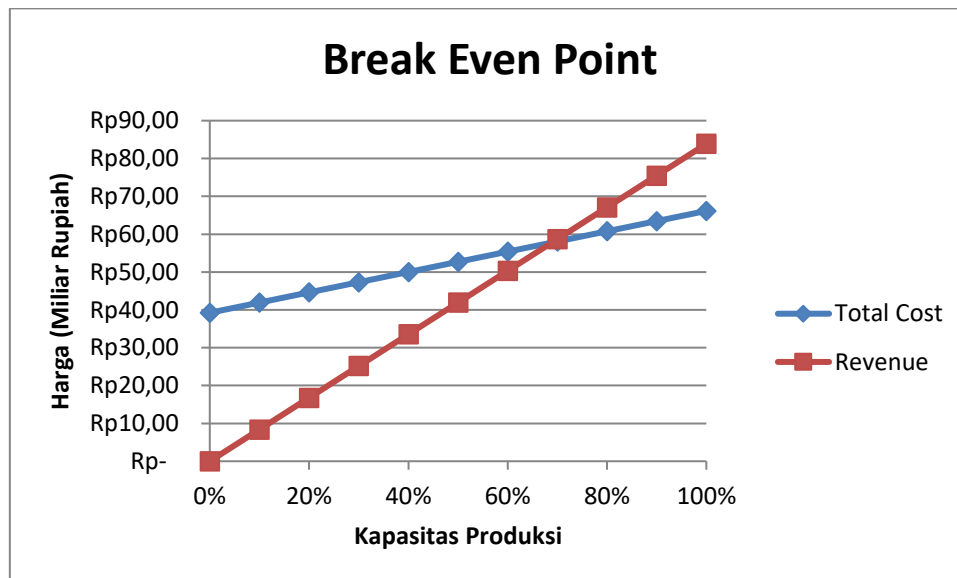
8.5.5 Pay Back Period

Pay Back Period (PBP) merupakan parameter yang menunjukkan waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan investasi awal tidak termasuk tanah dan *working capital* dari pendapatan yang diterima setiap tahunnya oleh pabrik. PBP dikatakan baik jika nilainya lebih kecil daripada umur pabrik. Nilai PBP dari pabrik ini yaitu selama 5 tahun 1 bulan dimana nilai tersebut lebih kecil dari umur pabrik selama 10 tahun sehingga menunjukkan bahwa pabrik layak untuk didirikan. Nilai ini juga berarti bahwa hanya dibutuhkan waktu 5 tahun 1 bulan untuk pabrik beroperasi agar dapat mengembalikan investasi awal yang ditanamkan.

8.5.6 Break Even Point

Break Even Point (BEP) menunjukkan berapa banyak produk yang dihasilkan dan terjual per kapasitas total sehingga biaya produksi bisa terbayarkan atau jumlah produksi

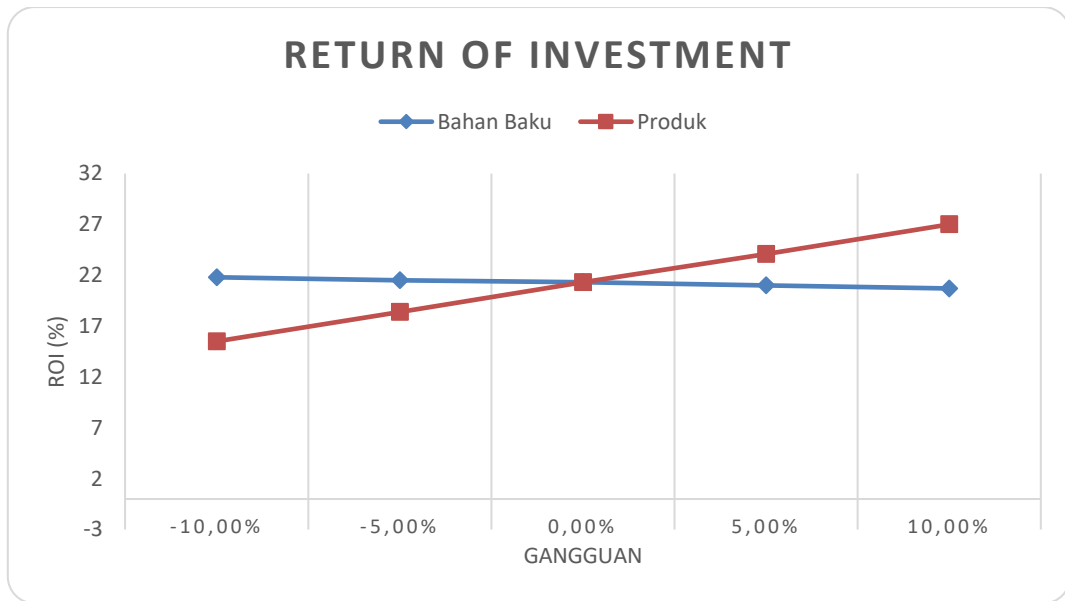
dimana pendapatan sama dengan nilai biaya produksi. BEP dari pabrik ini adalah sebesar 70,14% yang menunjukkan bahwa biaya produksi akan impas pada produksi sebanyak 70,14% dari kapasitas maksimum pabrik.



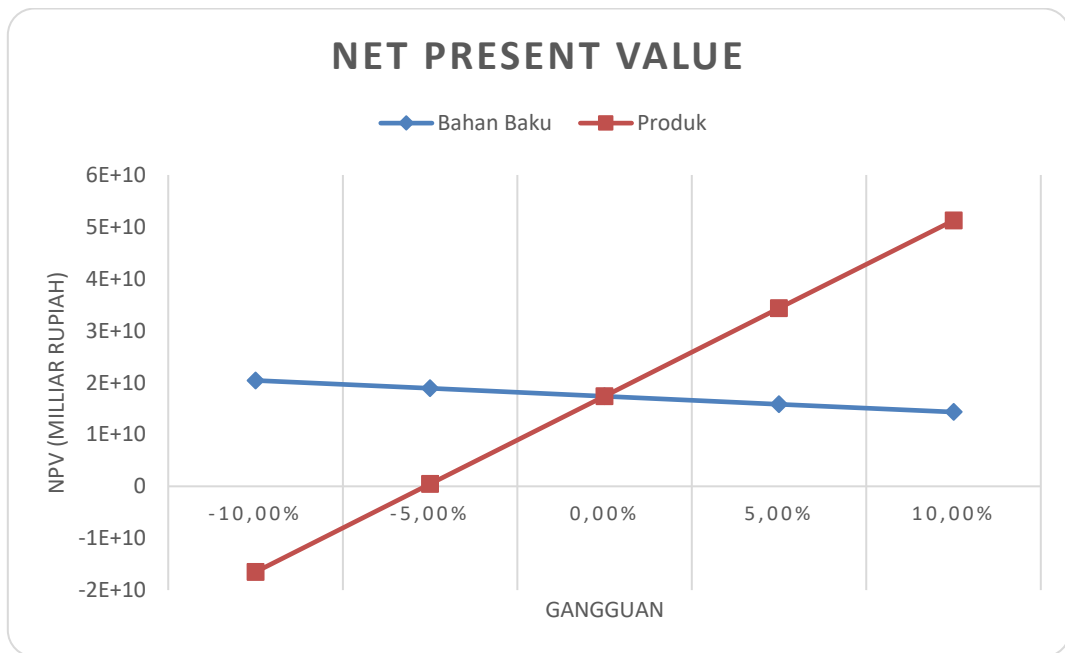
Gambar 8.3 Break Even Point

8.6 Analisa Sensitivitas

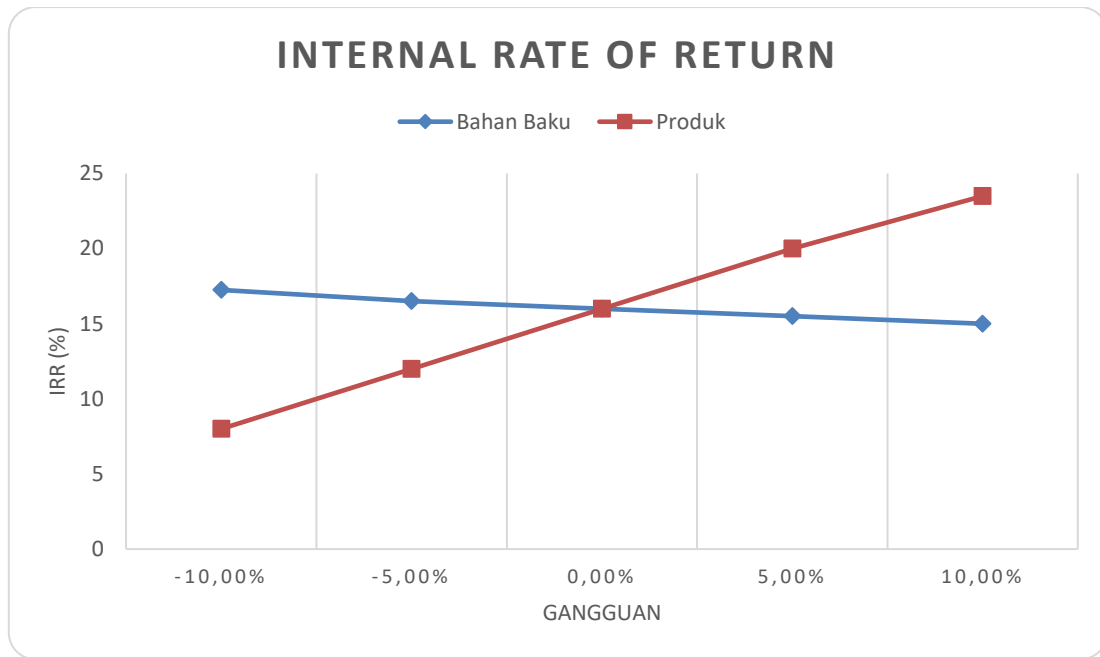
Analisa sensitivitas berguna untuk melakukan prediksi terhadap beberapa faktor dan besarannya yang mempengaruhi finansial dari pabrik sehingga dapat mengetahui kepekaan finansial pabrik sehingga dapat mengetahui kepekaan finansial pabrik terhadap faktor tersebut. Faktor yang dianggap dapat dengan signifikan mempengaruhi kinerja secara finansial pada pabrik ini antara lain harga bahan baku dan produk biodiesel dengan gangguan sebesar 5% dari -10% sampai dengan 10%. Grafik analisa sensitivitas terhadap ROI, NPV, IRR, dan PBP disajikan pada **Gambar 8.4** sampai dengan **Gambar 8.7**.



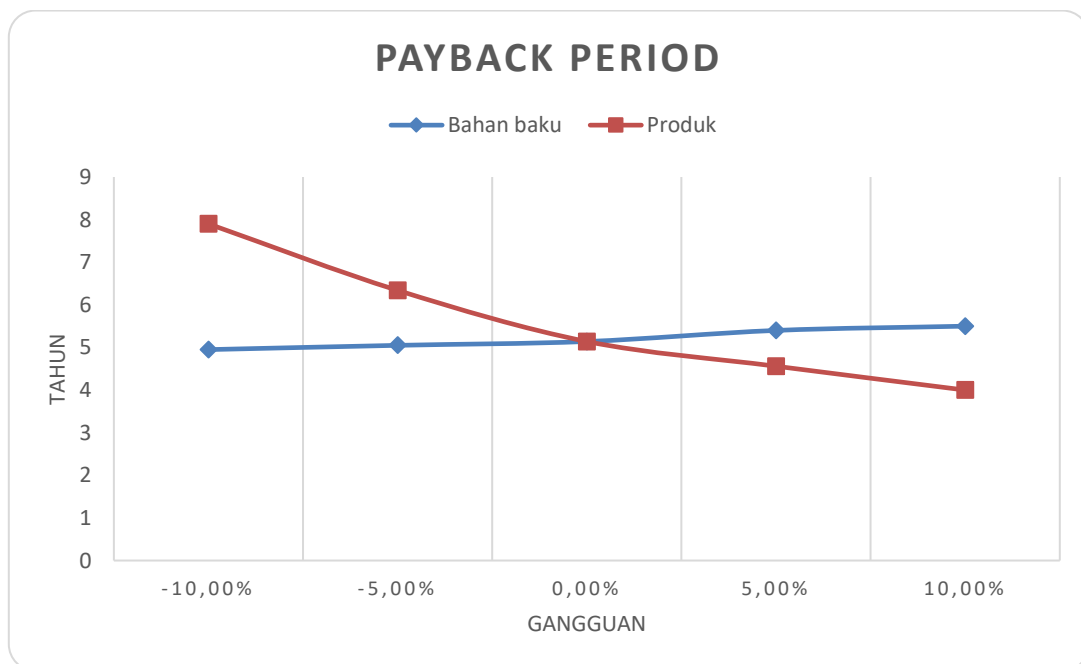
Gambar 8.4 Sensitivitas ROI Terhadap Perubahan Harga Bahan Baku dan Harga Biodiesel



Gambar 8.5 Sensitivitas NPV Terhadap Perubahan Harga Bahan Baku dan Harga Biodiesel



Gambar 8.6 Sensitivitas IRR Terhadap Perubahan Harga Bahan Baku dan Harga Biodiesel



Gambar 8.7 Sensitivitas PBP Terhadap Perubahan Harga Bahan Baku dan Harga Biodiesel

Pada grafik-grafik diatas menunjukkan bahwa kinerja pabrik secara finansial cukup sensitif terhadap perubahan harga produk, yaitu biodiesel dan gliserol yang ditandai dengan *slope* yang cukup curam pada parameter ROI, NPV, IRR, dan PBP. Sedangkan,

kinerja pabrik secara finansial tidak sensitif terhadap perubahan harga bahan baku ditandai dengan kurva yang cenderung landai. Dari parameter-parameter untuk analisa sensitivitas, dapat disimpulkan kinerja pabrik secara finansial masih layak untuk didirikan.

Hal ini ditunjukkan, pada gangguan berupa harga produk yang turun sebesar 10% parameter NPV turun dari Rp17.357.906.705 menjadi negatif Rp 16.515.195.850, dapat dilihat bahwa NPV nilainya kurang dari nol. Nilai NPV dihitung dengan beban investasi mencapai 12%, jika beban dikurangi menjadi 9% nilai NPV positif Rp2.817.348.473. IRR pabrik turun dari 16% menjadi 8% dan ROI turun dari 21,3% menjadi 15,5% namun nilai IRR dan ROI masih lebih besar dari bunga deposito dan reksadana. PBP pada saat harga produk turun 10% meningkat menjadi 7 tahun 9 bulan lebih lama 2 tahun 8 bulan dari WAKTU normal. Namun, PBP tersebut masih dapat diterima karena masih dibawah umur pabrik.

BAB IX

KESIMPULAN DAN SARAN

9.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari perancangan pabrik biodiesel dari metanol dan minyak jelantah adalah sebagai berikut:

1. Pabrik ini akan didirikan di Semarang, Jawa Tengah, Indonesia.
2. Produk utama yang dihasilkan adalah biodiesel dengan kemurnian 99,64%.
3. Kapasitas produksi biodiesel sebesar 8.200 ton/tahun.
4. Umur pabrik selama 10 tahun dengan masa pembangunan pabrik selama 2 tahun.
5. *Total investment cost* pabrik sebesar Rp 105.338.707.026 dengan perbandingan *debt:equity* sebesar 60:40.
6. Berdasarkan analisis ekonomi, pabrik ini layak untuk didirikan dengan nilai ROI sebesar 21,3 %, ROE sebesar 54,5 %, PBP sebesar 5 tahun 1 bulan, IRR sebesar 16 %, NPV sebesar Rp17.357.906.705, dan BEP sebesar 70,14 %.

9.2 Saran

Saran yang dapat diberikan dari perancangan pabrik biodiesel dari metanol dan minyak jelantah adalah sebagai berikut:

1. Perlu ditinjau penggunaan NaOH untuk katalis transesterifikasi sebagai pengganti KOH karena lebih ramah lingkungan.
2. Perlu ditinjau penggunaan evaporator bertahap pada saat pemurnian gliserol untuk didapatkan gliserol dengan konsentrasi tinggi dengan lebih ekonomis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abduh, M., Martínez, A., Kloekhorst, A., Manurung, R. dan Heeres, H. (2015). Experimental and modelling studies on continuous synthesis and refining of biodiesel in a dedicated bench scale unit using centrifugal contactor separator technology. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 118(6), pp.938-948.
- [2] Andika, R. (2016). Produksi dan Pemurnian Biodiesel dengan Teknologi Membran. *European Journal of Lipid Science and Technology*. ResearchGate.
- [3] Atadashi, I. M., Aroua, M. K., Abdul Aziz, A. R., & Sulaiman, N. M. N. (2013). *The effects of catalysts in biodiesel production: A review*. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 19(1), 14–26.
- [4] Bareksa. (2019). Indeks Reksa Dana Saham. www.bareksa.com, diakses 11 November 2019.
- [5] Brownell, L. E., dan Young, E. H. (2009). *Process Equipment Design*. New York: John Wiley & Sons Publishing.
- [6] Casson, A., Muliastira, Y. I., dan Obidzinski, K. (2014). *Large-scale plantations, bioenergy developments and land use change in Indonesia*. Bogor: Center for International Forestry Research
- [7] Cedeño, F., Prieto, M. dan Xiberta, J. (2000). Measurements and Estimate of Heat Capacity for Some Pure Fatty Acids and Their Binary and Ternary Mixtures. *Journal of Chemical & Engineering Data*, 45(1), pp.64-69.
- [8] CINC Deutschland. (2019). Start en. [online] Available at: <http://www.cinc.de/en/> [Diakses pada 11 Nov. 2019]
- [9] CSIMarket. (2019). Chemical Manufacturing Industry. www.csimarket.com, diakses 29 November 2019
- [10] Das, Shilpi. dan Jha, Ashish. (2017). Waste Cooking Oil-Revolution in Biodiesel Production . *Fermentation Technology*
- [11] Enweremadu, C. dan Mbarawa, M. (2009). Technical aspects of production and analysis of biodiesel from used cooking oil—A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(9), pp.2205-2224..
- [12] Fitriana, I. (2013). Optimalisasi Pemanfaatan Biodiesel untuk Sektor Transportasi. *Prosiding Seminar dan Peluncuran Buku Outlook Energi Indonesia 2013*.
- [13] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2013). Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor: 13 Tahun 2013. Jakarta: Kementerian ESDM
- [14] Green, D. dan Perry, R. (2008). *Perry's Chemical Engineers' Handbook, Eighth Edition*. New York: McGraw-Hill Publishing.
- [15] Ilmi, I. (2015). Kualitas Minyak Goreng dan Produk Gorengan selama Penggorengan di Rumah Tangga Indonesia. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 04(02).
- [16] Kawentar, W. dan Budiman, A. (2013). Synthesis of Biodiesel from Second-Used Cooking Oil. *Energy Procedia*, 32, pp.190-199.
- [17] Knothe, G. and Steidley, K. (2009). A comparison of used cooking oils: A very heterogeneous feedstock for biodiesel. *Bioresource Technology*, 100(23), pp.5796-5801.
- [18] Kraai, G., Schuur, B., van Zwol, F., van de Bovenkamp, H. dan Heeres, H. (2009). Novel highly integrated biodiesel production technology in a centrifugal contactor separator device. *Chemical Engineering Journal*, 154(1-3), pp.384-389.

- [19] Leung, D. Y. C., Wu, X., & Leung, M. K. H. (2010). *A review on biodiesel production using catalyzed transesterification*. *Applied Energy*, 87(4), 1083–1095.
- [20] McCabe, W. L., Smith, J. S., dan Harriot P. (2005). *Unit Operation of Chemical Engineering*. New York, US: McGraw-Hill.
- [21] Nouredдини, H., Teoh, B. dan Davis Clements, L. (1992). Densities of vegetable oils and fatty acids. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 69(12), pp.1184-1188.
- [22] Pusat Informasi Pasar Uang. (2019). Suku Bunga Deposito. www.pusatdata.kontan.co.id, diakses 11 November 2019.
- [23] Raqeeb, M.A., dan Bhargavi, R. (2015). Biodiesel production from waste cooking oil. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 7(12), pp. 670-681.
- [24] Sahar, Sadaf, S., Iqbal, J., Ullah, I., Bhatti, H., Nouren, S., Habib-ur-Rehman, Nisar, J. dan Iqbal, M. (2018). Biodiesel production from waste cooking oil: An efficient technique to convert waste into biodiesel. *Sustainable Cities and Society*, 41, pp.220-226.
- [25] Sinnott, R. (2005). *Coulson & Richardson's chemical engineering*. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- [26] Seborg, D.E., Duncan, A., Mellichamp, dan Thomas F. Edgar. (1989). *Process Dynamics and Control, Second Edition*.
- [27] Serth, R. dan Lestina, T. (2014). *Process heat transfer*. Amsterdam: Elsevier/Academic Press.
- [28] Smith, C. A. dan Corripio, A. B. (1997). *Principles and Practice of Automatic Process Control, Second Edition*. New York: John Wiley & Sons Publishing.
- [29] Towler, G. dan Sinnott, R. (2013). *Chemical engineering design*. Oxford, UK: Butterworth-Heinemann.
- [30]. Turton, R., Bailie, R., Whiting, W., Shaeiwitz, J. dan Bhattacharyya, D. (n.d.). *Analysis, Synthesis, and Design of Chemical Processes, Fourth Edition*.
- [31] Walas, S. (2012). *Chemical process equipment*. Amsterdam: BH, Butterworth-Heinemann, an imprint of Elsevier.
- [32] Yusuff, A. S., Adeniyi, O. D., Olutoye, M. A., dan Akpan, U. G. (2018) Waste Frying Oil as a Feedstock for Biodiesel Production. *Petroleum Chemicals*, 6-24.