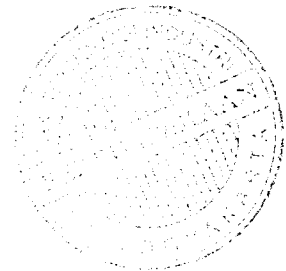


**PRA RANCANGAN
PABRIK BIODIESEL DARI MINYAK KARET DAN
METANOL KAPASITAS 60.000 TON / TAHUN**

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia



Disusun Oleh :

Riyasa Jaya Pradeksa	03 521 057
Nanang Adriadi	03 521 131

**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
JOGJAKARTA**

2008

PRA RANCANGAN
PABRIK BIODIESEL DARI MINYAK KARET DAN
METANOL KAPASITAS 60.000 TON / TAHUN

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia



Disusun Oleh :

Riyasa Jaya Pradeksa	03 521 057
Nanang Adriadi	03 521 131

JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
JOGJAKARTA

2008

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

PRA RANCANGAN PABRIK BIODIESEL
DARI MINYAK KARET DAN METANOL
KAPASITAS 60.000 TON/TAHUN

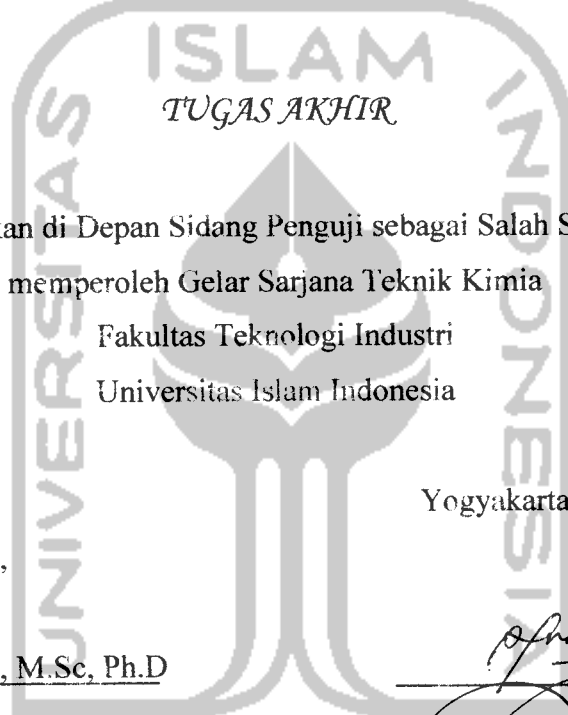


الجامعة الإسلامية
Menyetujui,
Dosen Pembimbing Tugas Akhir

Ir. Agus Prasetya M.Sc., Ph.D

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

PRA RANCANGAN PABRIK BIODIESEL DARI MINYAK KARET DAN METANOL KAPASITAS 60.000 TON/TAHUN




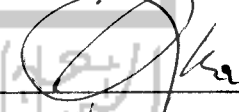
Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu Syarat untuk
memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia

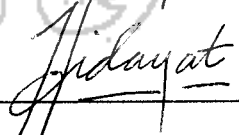
Yogyakarta, Maret 2008

Tim Penguji,

1. Ir. Agus Prasetyo, M.Sc, Ph.D
2. Dra. Hj. Kamariah Anwar. MS
3. Arif Hidayat, ST.,MT



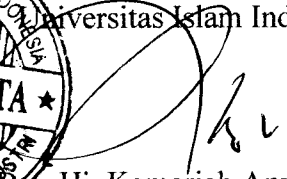




Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Kimia
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia




Dra. Hj. Kamariah Anwar, MS.

KATA PENGANTAR



Assalamualaikum Wr. Wb.

Segala puji dan syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik. Teriring sholawat serta salam semoga tercurah kepada suri tauladan kita Nabi Muhammad SAW.

Sesuai dengan kurikulum program studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Industri Universitas Islam Indonesia, maka salah satu kewajiban bagi setiap mahasiswa adalah menempuh Tugas Akhir sebagai syarat yang harus ditempuh untuk menuju kelulusan. Untuk memenuhi kewajiban tersebut, maka kami telah melaksanakan Tugas Akhir dengan judul *Pra rancangan Pabrik Biodiesel dari Minyak Karet dan Metanol Kapasitas 60.000 ton/tahun.*

Terlaksananya Tugas Akhir ini tentu saja tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Fathul Wahid, selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
2. Ibu Dra., Hj. Kamariah Anwar, M.,Si, selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

MOTTO

“Boleh jadi kamu membenci sesuatu, padahal ia amat baik bagimu, dan boleh jadi (pula) kamu menyukai sesuatu, padahal ia amat buruk bagimu; Allah mengetahui, sedang kamu tidak mengetahui”.

(QS. Al Baqarah : 216)

“pandanglah orang yang dibawah kamu dan jangan memandang kepada yang diatasnya, karena itu akan lebih layak bagimu untuk tidak menghina kenikmatan Allah”.

(H.R.Muslim)

“Semua masalah pasti ada pemecahannya tergantung usaha kita menemukan jalan keluarnya”.

(Robert Hans)

“Jangan lihat masa lampau dengan penyesalan, jangan pula lihat masa depan dengan ketakutan, namun lihatlah sekitarmu dengan penuh kesadaran”.

(James Thurber)

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Halaman Pengesahan Pembimbing	ii
Halaman Pengesahan Penguji	iii
Halaman Pernyataan	iv
Kata Pengantar	v
Motto	vii
Daftar Isi	viii
Daftar Tabel	xii
Daftar Gambar	xiv
Abstraksi	xv
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tinjauan Pustaka	3
BAB II. PERANCANGAN PRODUK	
2.1 Spesifikasi Bahan Baku	8
2.2. Spesifikasi Bahan Pembantu.....	9
2.3. Spesifikasi Produk	9
2.4. Pengendalian Kualitas	
2.4.1. Pengendalian Kualitas Bahan Baku	11
2.4.2. Pengendalian Kualitas Produk	11
2.4.3. Pengendalian Kuantitas.....	14

2.4.4. Pengendalian Waktu	14
2.4.5. Pengendalian Bahan Proses	14
BAB III. PERANCANGAN PROSES	
3.1. Uraian Proses	
3.1.1. Tahap Penyiapan Bahan Baku	15
3.1.2. Tahap Reaksi.....	16
3.1.3. Tahap Pemurnian Produk.....	16
3.2. Spesifikasi Alat.....	17
3.3. Perencanaan Produksi	
3.1.1. Kapasitas Perancangan	50
3.1.2. Perencanaan Bahan Baku dan Alat Proses	52
BAB IV. PERANCANGAN PABRIK	
4.1. Lokasi Pabrik	
4.1.1. Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik	56
4.1.2. Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik.....	58
4.2. Tata Letak Pabrik	59
4.3. Tata Letak Alat Proses	65
4.4. Alir Proses dan Material	
4.4.1. Perhitungan Neraca Massa.....	68
4.4.2. Perhitungan Neraca Panas	73
4.5. Pelayanan Teknik (Utilitas)	
4.5.1. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air	77
4.5.2. Unit Pembangkit Steam	85

4.5.3. Unit Pembangkit Listrik.....	87
4.5.4. Unit Penyediaan Bahan Bakar	90
4.5.5. Unit Penyediaan Udara Tekan	90
4.5.6. Unit Pengolahan Limbah	91
4.5.7. Spesifikasi Alat-alat Utilitas	91
4.6. Laboratorium	
4.6.1. Kegunaan Laboratorium	113
4.6.2. Program Kerja Laboratorium.....	114
4.6.3. Alat Analisa Penting	117
4.7. Organisasi Perusahaan	
4.7.1. Bentuk Perusahaan.....	119
4.7.2. Struktur Organisasi Perusahaan.....	120
4.7.3. Tugas dan Wewenang.....	123
4.7.4. Sistem Kepegawaian dan Sistem Gaji	133
4.7.5. Pembagian Jam Kerja Karyawan.....	134
4.7.6. Penggolongan Jabatan, Jumlah karyawan dan gaji.....	136
4.7.7. Kesejahteraan Sosial Karyawan.....	140
4.7.8. Manajemen Produksi	141
4.8. Analisa Ekonomi	
4.8.1. Penaksiran Harga Peralatan	145
4.8.2. Dasar Perhitungan.....	148
4.8.3. Perhitungan Biaya.....	148
4.8.4. Analisa kelayakan	149

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Standar biodiesel DIN V51606	7
Tabel 3.1 Konsumsi minyak solar dalam negeri periode 1996-2001	50
Tabel 4.1 Perincian luas tanah bangunan pabrik	63
Tabel 4.2. Neraca massa di mixer 1	68
Tabel 4.3 Neraca massa di Reaktor 1	69
Tabel 4.4 Neraca massa di Reaktor 2	69
Tabel 4.5 Neraca massa di decanter 1	70
Tabel 4.6 Neraca massa di mixer 2	70
Tabel 4.7 Neraca masa di decanter 2	71
Tabel 4.8 Neraca masa di evaporator 1	71
Tabel 4.9 Neraca masa di evaporator 2	72
Tabel 4.10 Neraca Panas di Reaktor 1	73
Tabel 4.11 Neraca Panas di Reaktorr 2	73
Tabel 4.12 Neraca Panas di decanter 1	73
Tabel 4.13 Neraca Panas di mixer 2	74
Tabel 4.14 Neraca Panas di decanter 2	74
Tabel 4.15 Neraca Panas di evaporator 1	74
Tabel 4.16 Neraca Panas di evaporator 2	75
Tabel 4.17 Kebutuhan Air Pendingin	83
Tabel 4.18 Kebutuhan Air Pembangkit Steam	84

Tabel 4.19 Kebutuhan Air Untuk Perkantoran dan Pabrik	85
Tabel 4.20 Kebutuhan Listrik Alat Proses	88
Tabel 4.21 Kebutuhan Listrik untuk Utilitas.....	89
Tabel 4.22 Penggolongan Jabatan.....	136
Tabel 4.23 Jumlah Karyawan Pada Masing-masing Bagian.....	137
Tabel 4.24 Perincian Penggolongan Gaji Berdasar Jabatan.....	139
Tabel 4.25 Indeks Harga Alat Pada Berbagai Tahun	146
Tabel 4.26 Fixed Capital Investment	152
Tabel 4.27 Working Capital	153
Tabel 4.28 Manufacturing Cost.....	153
Tabel 4.29 General Expense.....	154



DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Diagram Alir Kualitatif	54
Gambar 3.2 Diagram Alir Kuntitatif	55
Gambar 4.1 Tata Letak Pabrik	64
Gambar 4.2 Tata Letak Alat Proses.....	76
Gambar 4.3 Pengolahan Air dan Steam	118
Gambar 4.4 Struktur Organisasi.....	144
Gambar 4.5 Grafik Indeks Harga	147
Gambar 4.6 Kurva Analisa Keuntungan.....	157

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
الجامعة الإسلامية
الاندونيسية

ABSTRACT

Preliminary design of Biodiesel with capacity 60.000 ton/year is planned to be built in Sangata, the province East Kalimantan, in the area of land 18.625 m². This chemical plant will be operated for 330 days/year or 24 hour a day with total 139 employes.

Raw materials are needed Triglycerida/ rubber oil 70654,08 ton/year and methanol of about 7686,84 ton/year and Ca(OH)₂ 703,06 ton/year. The production process will be operated at temperature 60°C, at pressure of about 1 atm with total conversion of 96%. The utility needed consist of 310775,99 ton/year of water, 7271,23 ton/year of steam, and 244,3043 Kwh of electricity.

From an economic shows that this chemical plant need to be covered by fixed capital of about Rp 47,7 billion + \$ 11,8 million, and working capital of about US\$ 15,6 million. This profit before tax is US\$ 6662347,06 while profit after tax is US\$ 3331173,5 .Percentage of Return on Investment (ROI) before tax is 39,2 % while after tax is 19,6 %. Pay Out Time (POT) before tax is 2,03 years while after tax is 3,38 years. The value of Break Even Point (BEP) for about 41,04%, while Shut Down Point (SDP) 21,67%. The value of Discontinued Cash Flow (DCF) for about 34%. From an economic evaluation result, it can concluded that biodiesel plant from rubber oil visible to be built.

ABSTRAKSI

Pabrik biodiesel dari minyak karet dan metanol dirancang dengan kapasitas 60.000 ton/tahun, beroperasi secara kontinyu 24 jam per hari dan 330 hari per tahun. Bentuk perusahaan adalah perseroan terbatas dan direncanakan didirikan di daerah Sangata Propinsi Kalimantan Timur, membutuhkan tanah seluas 18.625 m², dan tenaga kerja 139 orang. Pabrik ini membutuhkan minyak karet sebanyak 70654,08 ton pertahun serta metanol sebanyak 7686,84 ton pertahun.

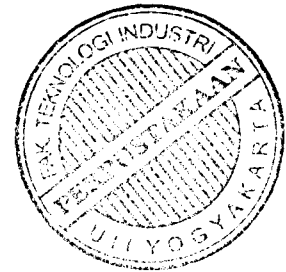
Biodiesel dibuat melalui proses Transesterifikasi pada suhu 60⁰C dan tekanan 1 atm dengan mereaksikan minyak karet dan metanol dalam reaktor dengan waktu tinggal selama 0,939 jam (1 jam) serta Ca(OH)₂ sebagai katalisator. Produk yang keluar dari reaktor dipisahkan dalam decanter 1 sehingga diperoleh biodiesel sebagai fraksi ringan dan gliserol sebagai fraksi berat. Biodiesel kemudian diumpankan ke tangki pencuci untuk dipisahkan kotorannya, setelah itu kemudian dialirkan menuju decanter 2 untuk dipisahkan antara komponen biodiesel dengan air pencuci, kemudian dialirkan menuju evaporator 2 sehingga diperoleh biodiesel dengan kemurnian 96% dan ditampung sebagai produk utama. Gliserol yang merupakan fraksi berat diumpankan ke evaporator 1 untuk kemudian ditampung sebagai produk samping.

Utilitas yang diperlukan adalah air sebanyak 310775,99 ton/tahun, steam sebesar 7271,23 ton/tahun, bahan bakar minyak diesel sebanyak 99964,66 liter/tahun, bahan bakar fuel oil sebanyak 496343,23 liter/tahun, udara tekan sebanyak 500 m³/tahun dan listrik sebesar 276,4129 Kwh.

Pendirian pabrik ini membutuhkan investasi modal tetap Rp.156.345.448.400,45 dan investasi modal kerja Rp.143.606.023.132,5 dari hasil perhitungan evaluasi ekonomi didapat ROI sebelum pajak 39,2% per tahun dan ROI sesudah pajak 19,6% per tahun. Selain itu diperoleh POT sebelum pajak 2,03% per tahun dan POT sesudah pajak 3,38% per tahun. Pabrik ini dapat mencapai BEP sebesar 41,04 % dan SDP 21,67 % serta DCF sebesar 34%.

Dari uraian diatas, pabrik biodiesel dari minyak karet dan metanol dengan kapasitas 60.000 ton/tahun sangat menarik untuk dipertimbangkan lebih lanjut.

BAB I PENDAHULUAN



1.1. LATAR BELAKANG PENDIRIAN PABRIK

Dewasa ini kebutuhan dunia terhadap energi meningkat dengan bertambahnya konsumsi dari waktu ke waktu. Salah satu sumber energi yang paling populer adalah bahan bakar fosil yang tidak terbarukan, seperti minyak bumi. Kebutuhan energi dari bahan bakar minyak bumi (BBM) di berbagai negara di dunia dalam beberapa tahun terakhir ini mengalami peningkatan cukup tajam. Selain di negara-negara maju, di negara berkembang seperti Indonesia juga mengkonsumsi bahan bakar minyak bumi di atas kapasitas seharusnya. Hal ini diperkirakan akan terus berlangsung pada tahun-tahun berikutnya. Oleh karena itu, jika dibiarkan saja tentunya dapat dipastikan akan terjadi kelangkaan akan bahan bakar minyak (BBM) tidak hanya di Indonesia namun juga di berbagai belahan dunia.

Pemenuhan energi di Indonesia sampai saat ini masih mengandalkan bahan bakar minyak (BBM). Ketergantungan ini harus dikurangi mengingat minyak bumi merupakan bahan bakar yang tak terbarui, ketersediaannya terbatas, dan menyebabkan polusi dari emisi pembakarannya. Oleh karena itu, perlu dilakukan usaha untuk mengembangkan bahan bakar yang berasal dari sumber daya alam hayati dan mampu untuk diperbaharui. Salah satu usaha itu adalah pengembangan *biodiesel*, yaitu bahan bakar pengganti minyak solar yang dihasilkan dari minyak nabati atau hewani yang masih baru maupun bekas pakai.

minyak kelapa, minyak kedelai, minyak sawit dan minyak kapok. Oleh karena itu pengembangan biodiesel dapat menyesuaikan potensi alam setempat.

Sebagai pionir biodiesel di Indonesia, BPPT telah mengembangkan teknik produksi biodiesel termasuk rancang bangun pabriknya. Upaya tersebut telah menghasilkan empat buah paten dan pabrik pengolahan berskala kecil 1,5 ton biodiesel per hari di Puspiptek Serpong dan skala menengah 8 ton per hari di Riau.

Pendirian pabrik biodiesel, selain untuk memenuhi konsumsi bahan bakar yang ramah lingkungan, juga untuk menciptakan dan menyerap lapangan kerja yang cukup besar. Pabrik ini dirancang sedapat mungkin menggunakan bahan baku dan komponen buatan dalam negeri, namun tidak menutupi kemungkinan untuk mengimport.

1.2. TINJAUAN PUSTAKA

Sejak krisis energi tahun 1970-an, penggunaan minyak nabati sebagai bahan bakar pengganti motor diesel mulai dikembangkan. Penggunaan minyak nabati sebagai bahan bakar langsung untuk motor diesel mempunyai beberapa kelemahan yaitu kekentalan yang tinggi, proses pembakarannya lama dan menimbulkan deposit. Meski demikian kegiatan penelitian terus dilakukan untuk memperbaiki sifat-sifat dari minyak nabati agar menyerupai sifat-sifat minyak solar. Hasilnya adalah pengembangan biodiesel yang dibuat dengan menambahkan alkohol ke dalam minyak nabati sehingga dihasilkan senyawa ester yang dapat berfungsi seperti minyak solar. (Anggraini,2002)

Produksi dan konsumsi biodiesel di negara-negara Uni Eropa, Amerika Serikat, Malaysia dan Jepang terus meningkat dari tahun ke tahun. Umumnya bahan baku yang digunakan merupakan minyak bekas pakai dan sisa produksi minyak nabati.

Di Indonesia kegiatan penelitian untuk memperoleh biodiesel menggunakan bahan baku minyak-minyak nabati dan minyak bekas pakai terus dilakukan. Produksi minyak karet diharapkan dapat dimanfaatkan untuk memproduksi biodiesel sehingga akan memperbaiki harga minyak karet, yang pada akhirnya diharapkan berdampak pada perbaikan pendapatan petani karet. Walaupun harga minyak bekas pakai lebih murah dibandingkan harga minyak karet tetapi ketersediaannya tidak terjamin. Jumlah minyak bekas pakai yang berasal dari restoran-restoran *fast food* dan industri-industri rumah tangga jumlahnya tidak tetap. Oleh sebab itu meskipun harga minyak karet lebih mahal dibanding minyak bekas pakai, bahan baku yang digunakan pada prarancangan Pabrik Biodiesel ini adalah minyak karet.

Perkebunan karet di Indonesia berkembang dengan pesat sejak awal tahun 80-an. Perkebunan karet di Indonesia di bagi menjadi dua yaitu perkebunan besar dan perkebunan rakyat di mana pada tahun 2005 perkebunan besar menghasilkan sebanyak 405,1 ribu ton dan perkebunan rakyat menghasilkan 1723 ton. Pengembangan perkebunan karet ini masih akan terus berlanjut dan diharapkan dapat terus meningkat setiap tahunnya.. Salah satu produk dari minyak karet yang dapat dikembangkan di Indonesia adalah biodiesel yang dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif, terutama untuk mesin diesel. Dengan semakin tingginya

harga minyak bumi akhir - akhir ini, sudah saatnya Indonesia mulai mengembangkan biodiesel, baik untuk konsumsi dalam negeri maupun untuk ekspor. Biodiesel ini adalah bahan bakar cair yang diformulasikan khusus untuk mesin diesel yang terbuat dari minyak nabati (*bio-oil*), tanpa perlu memodifikasi mesin dieselnnya. Biodiesel merupakan metil atau etil ester dari minyak nabati atau hewani dengan panjang rantai karbon antara 12-20.

Berikut ini beberapa penjelasan yang berkaitan dengan minyak dari biji karet (minyak karet) :

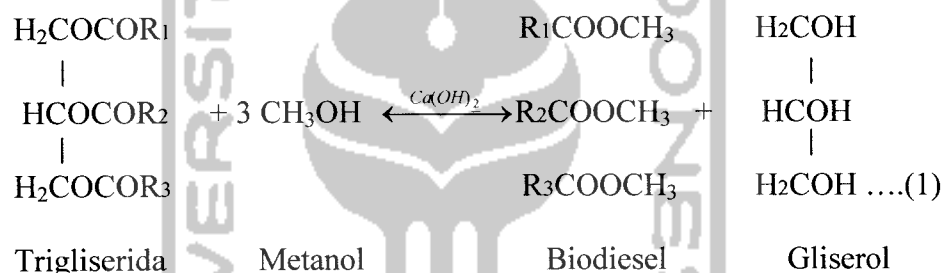
- Minyak karet merupakan minyak hasil ekstraksi dari biji pohon karet. Dari hasil analisis menunjukkan bahwa minyak karet mengandung banyak asam lemak.
- Beberapa asam lemak yang terkandung dalam minyak karet :
 - Asam Lemak Jenuh
 - Asam Palmitat (10,2%)
 - Asam Stearat (8,7%)
 - Asam Lemak Tak Jenuh
 - Asam oleat (24,6%)
 - Asam Linoleat (39,6%)
 - Asam Linoleat (16,3%)
- Densitas : 0,902 gr/cm³
- Titik didih : 355 °C
- Viskositas : 38,45 cP

Beberapa proses pembuatan biodiesel yang telah dikembangkan adalah sebagai berikut:

a) Transesterifikasi / alkoholisis.

Pada proses ini biodiesel diproduksi melalui reaksi transesterifikasi dari minyak karet dan metanol menggunakan katalisator logam, asam atau basa. Katalisator yang digunakan adalah $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Reaksi ini akan menghasilkan gliserol sebagai hasil samping.

Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



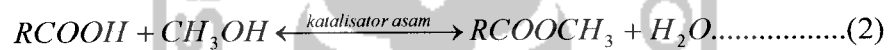
Produk yang dihasilkan selanjutnya dipisahkan menggunakan decanter. Biodiesel yang terbentuknya selanjutnya dicuci dengan air untuk menghilangkan sisa katalis, garam, dan metanol. Proses transesterifikasi dapat dilakukan secara batch atau kontinyu pada tekanan 1 atm dan suhu 50-70°C. (Darnoko dan Cheryan, 2000)

b) Esterifikasi

Pembuatan biodiesel dengan reaksi esterifikasi antara asam lemak dan metanol dapat dilakukan pada suhu 200-250 °C dibawah tekanan atmosferik. Untuk memperoleh yield yang tinggi, metanol harus berlebihan dan air yang dihasilkan selama reaksi harus dibuang secara kontinyu. Proses ini dapat pula berlangsung secara batch dan kontinyu. Proses secara kontinyu dapat dilakukan dalam kolom reaksi counter-

current menggunakan superheated metanol. Proses ini membutuhkan waktu reaksi yang lebih lama daripada proses transesterifikasi (Choo, 2000). Reaksi esterifikasi asam lemak jauh lebih terbatas kesetimbangan dan, sekalipun sudah dibantu katalis, berlangsung lebih lambat dari pada reaksi alkoholisis trigliserida. Kedua reaksi juga akan berlangsung makin lambat dengan makin besarnya molekul alkohol (metanol, etanol, propanol, dan seterusnya).

Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Standar yang paling banyak dijadikan acuan untuk biodiesel adalah standar Jerman DIN V51606 tahun 1997. Spesifikasi dari standar DIN V51606 tahun 1997 tersebut dapat dilihat pada tabel 1.2.

Tabel 1.1. Standar biodiesel DIN V51606

Standar / spesifikasi	DIN V51606
Aplikasi	<i>Fatty acid metil ester</i>
Densitas pada 15 °C , gr/cm ³	0,875-0,9
Viskositas pada 40 °C, mm ² /sekon	3,5-5
Titik nyala °C	>110
Kadar air, mg/kg	<300
Angka cetan	>49
Metanol, %massa	<0,3
Gliserida, %massa	<1,6
Gliserol, %massa	<0,25
Angka iodine	<115


(Van Gerpen, Shanks, and Pruszko, "Biodiesel Production Technology", 2004.

BAB II

PERANCANGAN PRODUK

2.1. SPESIFIKASI BAHAN BAKU

2.1.1. Trigliserida



Fase	: cair
Rumus molekul	: $C_{18}H_{32}O_2$
Berat molekul	: 280,451 kg/kmol
Kenampakan	: kuning atau kuning kecoklatan
Kelarutan	: tidak larut dalam air
Titik didih	: 355 °C
Densitas	: 0,902 gr/cm ³
Viscosity	: 38,45 cP
Kapasitas panas	:

$$C_p(T) = 241,348 + 2,3065T - 8,0863E-03T^2 + 4,7468E-06T^3 \text{ J/mol K}$$

$$\Delta H_f (25^\circ\text{C}) : -540,00 \text{ kJoule/mol}$$

$$\Delta H_f(T) = -464,177 - 3,3929E-01T + 1,6828E-04T^2$$

2.1.2. Metanol

Fase	: cair
Rumus molekul	: CH_3OH
Berat molekul	: 32 kg/kmol
Kenampakan	: cairan

Kelarutan	: larut dalam air
Titik didih	: 64,85 °C pada 1 atm
Titik beku	: -96,53 °C
Warna	: bening (tidak berwarna)
Densitas	: 0,787 gr/cm ³
Kapasitas panas	:
$C_p(T) = 40,152 + 3,1046E-01T - 1,0291E-03T^2 + 1,4598E-06T^3$	J/mol K

2.2. SPESIFIKASI BAHAN PEMBANTU

2.2.1. Kalsium hidroksida

Fase	: Cair
Rumus molekul	: Ca(OH) ₂
Berat molekul	: 74 kg/kgmol
Kenampakan	: cairan
Kelarutan	: larut dalam air
Titik didih	: 20,16 °C (1atm)
Viskositas	: 3,3 cP (25°C)
Densitas	: 2,2 gr/ml (25°C)
Kemurnian	: 40%
Kapasitas Panas	: 87,5 J/molK (cair 25°C, 1 atm)
ΔH_f	: -985,2 kJ/mol (cair 25°C, 1 atm)

2.3. SPESIFIKASI PRODUK

2.3.1. Metil Ester

Rumus molekul	: C ₁₉ H ₃₄ O ₂
---------------	--

Berat molekul	: 294 kg/kmol
Kemurnian	: 96% ME 4% impuritas
Viskositas	: 3,065 cP (pada 30 ⁰ C)
Fase	: cair
Kandungan air	: 1%
Densitas	: 0,86 kg/lt
Kapasitas Panas :	
$C_p(T) = 90,983 + 3,4899T + (-6,9781E-03)T^2 + 5.6786E-06T^3$	J/(mol K)

2.3.2. Gliserol

Rumus molekul	: C ₃ H ₈ O ₃
Berat molekul	: 92,09 kg/kmol
Titik didih	: 204 ⁰ C
Titik lebur	: 18,17 ⁰ C
Viskositas	: 749,538 cP (pada 25 ⁰ C)
Densitas	: 1,2550 gr/cm ³ (pada 25 ⁰ C)
Specific gravity	: 1,2491
Kelarutan	: larut dalam air
$\Delta H_f(298K)$: -582,8 kjoule/mol
$\Delta H_f(T) = -559,438 - 9,2185E-02T + 4,5003E-05T^2$	
Kapasitas panas	:
$C_p(T) = 132,145 + 0,86007 T - 1,9745.10^{-3} T^2 + 1,8068.10^{-6} T^3$	J/gmol K

2.4. PENGENDALIAN KUALITAS

2.4.1. Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Sebelum dilakukan proses produksi, dilakukan pengujian terhadap kualitas bahan baku yang diperoleh. Pengujian ini dilakukan dengan tujuan agar bahan baku yang digunakan sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan. Evaluasi yang digunakan yaitu standart yang hampir sama dengan standart Amerika yaitu ASTM 1972.

Adapun parameter yang akan diukur adalah :

- a. Kemurnian dari bahan baku Trigliserida, Ca(OH)_2 dan metanol.
- b. Kandungan di dalam Trigliserida, Ca(OH)_2 dan metanol.
- c. Kadar air
- d. Kadar zat pengotor

2.4.2. Pengendalian Kualitas Produk

Pengendalian produksi dilakukan untuk menjaga kualitas produk yang akan dihasilkan. Hal ini harus dilakukan sejak dari bahan baku sampai menjadi produk. Selain pengawasan mutu bahan baku, bahan pembantu, produk setengah jadi maupun produk penunjang mutu proses. Semua pengawasan mutu dapat dilakukan analisa di laboratorium maupun menggunakan alat kontrol.

Pengendalian dan pengawasan jalannya operasi dilakukan dengan alat pengendalian yang berpusat di *control room*, dilakukan dengan cara *automatic control* yang menggunakan indikator. Apabila terjadi penyimpangan pada indikator dari yang telah ditetapkan atau disett baik itu *flow rate* bahan baku atau produk, *level control*, maupun *temperature control*, dapat diketahui dari sinyal

atau tanda yang diberikan yaitu nyala lampu, bunyi alarm dan sebagainya. Bila terjadi penyimpangan, maka penyimpangan tersebut harus dikembalikan pada kondisi atau *set* semula baik secara manual atau otomatis.

Beberapa alat kontrol yang dijalankan yaitu, kontrol terhadap kondisi operasi baik tekanan maupun temperatur. Alat control yang harus diset pada kondisi tertentu antara lain :

◆ *Level Control*

Merupakan alat yang dipasang pada bagian atas tangki. Jika belum sesuai dengan kondisi yang ditetapkan, maka akan timbul tanda/isyarat berupa suara dan nyala lampu.

◆ *Flow Rate*

Merupakan alat yang dipasang pada aliran bahan baku, aliran masuk dan aliran keluar proses.

◆ *Temperature Control*

Merupakan alat yang dipasang di dalam setiap alat proses. Jika belum sesuai dengan kondisi yang ditetapkan, maka akan timbul tanda/isyarat berupa suara dan nyala lampu.

Jika pengendalian proses dilakukan terhadap kerja pada suatu harga tertentu supaya dihasilkan produk yang memenuhi standar, maka pengendalian mutu dilakukan untuk mengetahui apakah bahan baku dan produk telah sesuai dengan spesifikasi. Setelah perencanaan produksi disusun dan proses produksi dijalankan perlu adanya pengawasan dan pengendalian produksi agar proses berjalan dengan baik.

Kegiatan proses produksi diharapkan menghasilkan produk yang mutunya sesuai dengan standard dan jumlah produksi yang sesuai dengan rencana serta waktu yang tepat sesuai jadwal.

Penyimpangan kualitas terjadi karena mutu bahan baku tidak baik, kesalahan operasi dan kerusakan alat. Penyimpangan dapat diketahui dari hasil monitor atau analisa pada bagian Laboratorium Pemeriksaan. Pengendalian kualitas (*Quality Control*) pada pabrik *Biodiesel* ini meliputi :

a. Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Pengendalian kualitas dari bahan baku dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana kualitas bahan baku yang digunakan, apakah sudah sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan untuk proses. Apabila setelah dianalisa ternyata tidak sesuai, maka ada kemungkinan besar bahan baku tersebut akan dikembalikan kepada *supplier*.

b. Pengendalian Kualitas Bahan Pembantu

Bahan-bahan pembantu untuk proses pembuatan *Biodiesel* di pabrik ini juga perlu dianalisa untuk mengetahui sifat-sifat fisisnya, apakah sudah sesuai dengan spesifikasi dari masing-masing bahan untuk membantu kelancaran proses.

c. Pengendalian Kualitas Produk

Pengendalian kualitas produk dilakukan terhadap produksi *Biodiesel* dan *Gliserol*.

d. Pengendalian Kualitas Produk Saat Pemindahan (dari satu tempat ke tempat lain).

BAB III

PERANCANGAN PROSES

3.1. URAIAN PROSES

Pembuatan biodiesel pada tugas prarancangan ini menggunakan bahan baku minyak karet dan metanol dengan katalisator kalsium hidroksida. Secara keseluruhan proses beroperasi pada tekanan 1 atm. Proses yang terjadi dapat dibagi menjadi tiga tahap, yaitu: tahap persiapan bahan baku, tahap proses reaksi dan tahap pemurnian hasil.

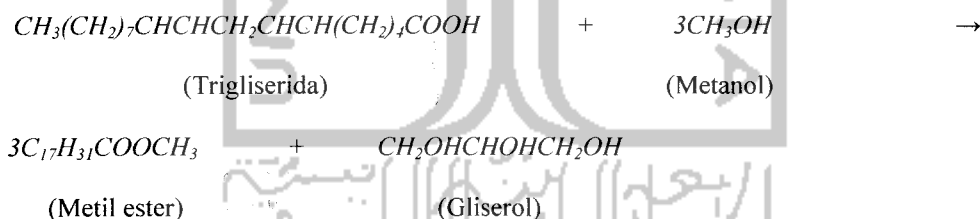
3.1.1 Tahap Penyiapan Bahan Baku

Minyak karet dari truk bahan baku dipompakan menuju tangki penyimpanan (T-03) pada temperatur 30 °C dan tekanan 1 atm. Sebelum dipompakan ke reaktor (R-01) dipanaskan melalui pemanas (HE-02) sampai temperturnya 60 °C. Metanol yang disimpan dalam tangki penyimpanan (T-01) pada temperatur 30 °C dan tekanan 1 atm dipompa ke mixer (M-01). Selanjutnya Ca(OH)_2 yang disimpan dalam tangki penyimpanan (T-02) dimasukkan ke dalam mixer untuk dicampur dengan metanol. Sebelum masuk ke reaktor (R-01), campuran dari mixer ini dipanaskan terlebih dahulu dengan menggunakan pemanas (HE-01) sampai temperturnya 60 °C.

3.1.2 Tahap reaksi

Minyak karet dan campuran metanol serta katalis kalsium hidroksida dialirkan ke reaktor alir tangki berpengaduk (RATB) untuk direaksikan pada temperatur 60 °C dan tekanan 1 atm. Reaksi yang terjadi berlangsung pada fase cair dengan menggunakan reaktor alir tangki berpengaduk (RATB) yang disusun seri sebanyak 2 buah dengan kondisi operasi isothermal serta sifat reaksi eksotermis *irreversible*. Masing - masing konversi di setiap reaktor yaitu reaktor 1 dengan konversi 68 % dan reaktor 2 dengan konversi 90 %. Untuk menjaga agar suhu reaksi tetap 60 °C maka reaktor dilengkapi dengan koil pendingin. Selama berjalannya proses reaksi digunakan pendingin berupa *air*, dimana *air* dialirkan melalui koil untuk menjaga agar suhu reaktor tetap.

Adapun reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Dalam reaksi pembentukan *biodiesel* dan *gliserol*, produk keluar pada suhu 60°C, tekanan 1 atm.

3.1.3 Tahap Pemurnian Produk

Campuran yang keluar dari reaktor (R-02) selanjutnya dipisahkan dalam dekanter (D-01). Karena komponen *biodiesel* dan *gliserol* mempunyai densitas yang berbeda dan tidak saling melarutkan maka akan diperoleh dua lapisan di dalam dekanter. Lapisan atas merupakan komponen dengan densitas yang lebih

kecil atau disebut fraksi ringan, yaitu biodiesel sedangkan lapisan bawah atau fraksi berat merupakan gliserol.

Biodiesel sebagai fraksi ringan dari decanter dipompa ke mixer (M-02) untuk dipisahkan dari kotorannya. Pada mixer (M-02), biodiesel dicuci dengan air untuk menghilangkan sisa katalis, metanol yang tidak bereaksi, dan gliserol yang ikut terdispersi pada aliran fraksi ringan decanter. Setelah pencucian tersebut biodiesel dialirkan menuju decanter (D-02) untuk dipisahkan antara komponen biodiesel dan air pencuci, kemudian dialirkan ke evaporator (EV-02) yang berfungsi untuk menghilangkan kandungan air yang masih terdapat dalam biodiesel. Biodiesel yang keluar dari evaporator (EV-02) didinginkan sampai temperatur 30 °C dan ditampung pada tangki penyimpanan (T-05) sebagai produk utama.

Hasil bawah dari decanter (D-01) dan decanter (D-02) dicampur dan dialirkan menuju evaporator (EV-01) untuk menghilangkan kandungan air yang terdapat dalam larutan. Kemudian larutan tersebut didinginkan sampai temperatur 30 °C dan ditampung pada tangki penyimpanan (T-06).

3.2. SPESIFIKASI ALAT PROSES

3.2.1. MIXER -01 (M-01)

Fungsi	: Mencampurkan metanol dan $\text{Ca}(\text{OH})_2$.
Jenis	: Tangki silinder tegak berpengaduk.
Jumlah	: 1 buah
Kondisi operasi	: - Tekanan = 1 atm - Suhu = 30°C

Bahan konstruksi : Stainless steel SA 283 Grade C

Dimensi :

Diameter mixer : 1,0538 m

Tinggi mixer : 2,082 m

Tebal shell : 0,1875 in

Tebal head : 0,1875 in

Pengaduk :

Jenis : turbin dengan six blade turbine

Jumlah baffle : 4

Jumlah pengaduk : 1

Diameter pengaduk : 0,3524 m

Lebar baffle : 0.1797 m

Efisiensi/putaran : 80% / 3,725 rps

Daya motor : 0,25 Hp

Harga : \$ 6101,54

3.2.2. Reaktor (R)

Fungsi : Tempat berlangsungnya reaksi antara minyak karet, metanol, dan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ menghasilkan biodiesel.

Jenis : Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) dilengkapi dengan koil pendingin.

Jumlah alat : 2 buah

Bahan konstruksi : *Stainless steel SA-283 grade C*

Kondisi Operasi : - Tekanan = 1 atm
- Suhu = 60 °C

Dimensi :

Tinggi Reaktor : 4,0124 m

Diameter : 2,07 m

Volume Reaktor : 12,6493 m³

Tebal dinding : 1/4 in

Tebal head : 1/4 in

Jenis head : *Flanged and dished head (Torispherical)*

Pengaduk :

Jenis pengaduk : *Flat blade turbin*

Jumlah blade : 6

Jumlah *baffle* : 4

Lebar *baffle* : 0,36 m

Jumlah pengaduk : 2 buah

Tinggi pengaduk : 3,5 m

Diameter pengaduk : 0,67 m

Lebar pengaduk : 0,14 m

Tenaga pengaduk : 5 Hp

Jumlah putaran : 131 rpm

Pendingin :

Tinggi koil reaktor 1 : 3,02 m

Jumlah lilitan reaktor 1: 33 lilitan

Jumlah	: 1 buah
Kondisi operasi	: - Tekanan = 1 atm - Suhu = 30°C
Bahan konstruksi	: Stainless Steel SA283 Grade C
<i>Dimensi :</i>	
Diameter	: 2,2284 m
Tinggi	: 4,4402, m
Tebal shell	: 0,25 in
Tebal head	: 0,25 in
<i>Pengaduk :</i>	
Tipe	: turbin dengan six blade turbine.
Jumlah baffle	: 4
Diameter pengaduk	: 0,7577 m
Jumlah pengaduk	: 1 buah
Lebar baffle	: 0,3865 m
Efisiensi/putaran	: 80%/1,8277 rps
Daya motor	: 3 Hp
Harga	: \$ 23486,4917

3.2.5. DECANTER-02 (D-02)

Fungsi	: memisahkan biodiesel dari gliserol dan komponen lainnya.
Jenis	: silinder vertical.
Jumlah	: 1 buah

Kondisi operasi : - Tekanan = 1 atm
- Suhu = 60°C

Bahan konstruksi : Stainless Steel SA 283 Grade C

Dimensi :

Diameter : 0,9392 m
Tinggi : 1,7055 m
Tebal shell : 0,1875 in
Tebal head : 0,1875 in
Volume : 1,3231 m³
Waktu tinggal : 0,12 jam
Harga : \$ 584,9928

3.2.6. EVAPORATOR (EV-01)

Fungsi : Menguapkan H₂O dalam produk biodiesel.

Jenis : Long Tube Vertical Evaporator Single Effect.

Jumlah : 1 buah

Kondisi operasi : - Tekanan = 1 atm
- Suhu = 60°C

Bahan konstruksi : Stainless Steel SA 283 Grade C

Luas transfer panas : 254,4464 ft²

Dimensi :

Jumlah tube : 25
Panjang tube : 7,3 m
Harga : \$ 135555,8385

3.2.11. TANGKI (T-04)

Tugas	: Menyimpan bahan baku H ₂ O selama 7 hari.
Jenis	: Tangki silinder vertikal dengan atap berbentuk kerucut dan bawah datar.
Bahan konstruksi	: Stainless Steel SA 283 grade C
Kondisi operasi	: - Suhu : 30°C - Tekanan : 1 atm
<i>Dimensi :</i>	
Tinggi	: 4.8768 m
Diameter	: 13,716 m
Volume	: 607,2454 m ³
Harga	: \$ 217195,0543

3.2.12. TANGKI (T-05)

Tugas	: Menyimpan Biodiesel selama 7 hari.
Jenis	: Tangki silinder vertikal dengan atap berbentuk kerucut dan bawah datar.
Bahan konstruksi	: Stainless Steel SA 283 grade C
Kondisi operasi	: - Suhu : 30°C - Tekanan : 1 atm
<i>Dimensi :</i>	
Tinggi	: 7,3152 m
Diameter	: 18,288 m
Volume	: 1738,4469 m ³
Harga	: \$ 412643,3886

3.2.15. ACCUMULATOR (ACC-02)

Tugas : Menampung sementara cairan dari condenser-02.

Jenis : Tangki silinder horizontal.

Kondisi operasi : - Suhu : 40°C

- Tekanan : 1 atm

Dimensi :

Volume : 134,2307 liter.

Diameter : 17,3440 in

Panjang : 35,25 in

Tebal *shell* : 0,1875 in

Tebal *head* : 0,1875 in

Harga : \$ 1391,6925

3.2.16. HEATER (HE-01)

Tugas : Memanaskan : metanol, H₂O, dan Ca(OH) keluar
mixer-01 (M-01) menuju ke reaktor (R-01) dari
suhu 30 °C sampai 60 °C.

Jenis : Double Pipe Heat Exchanger

Bahan Konstruksi : Stainless Steel

Spesifikasi *inner pipe*:

- Fluida dingin : metanol, H₂O, dan Ca(OH)₂

- NPS : 2 in

- OD : 2,38 in

- ID : 2,067 in

Spesifikasi *Annulus* :

	- Fluida panas	: steam
	- NPS	: 3 in
	- Diameter luar	: 3,50 in
	- Diameter dalam	: 3,068 in
Luas transfer panas	: 28,6066 ft ²	
Jumlah Hairpin	: 1	
Panjang	: 16 ft	
Jumlah	: 1 buah	
Harga	: \$ 2435,2801	

3.2.17. HEATER (HE-02)

Tugas	: Memanaskan trigliserida (minyak karet) dari suhu 30°C sampai suhu 60°C sebelum diumpankan ke reaktor (R-01).
Jenis	: Double pipe heat exchanger.
Bahan konstruksi	: Stainless Steel

Spesifikasi *inner pipe*:

- Fluida dingin	: minyak karet
- NPS	: 2 in
- OD	: 2,38 in
- ID	: 2,067 in

Spesifikasi *Annulus* :

- Fluida panas	: steam
----------------	---------

- NPS : 3 in
- Diameter luar : 3,50 in
- Diameter dalam : 3,068 in

Luas transfer panas : 57,71 ft²

Jumlah Hairpin : 3

Panjang : 16 ft

Jumlah : 1 buah

Harga : \$ 3710,3923

3.2.18. HEATER (HE-03)

Tugas : Memanaskan H₂O dari suhu 30°C sampai suhu 60°C sebelum diumpankan ke mixer-02 (M-02).

Jenis : Double pipe heat exchanger.

Bahan konstruksi : Stainless Steel

Spesifikasi *inner pipe*:

- Fluida dingin : H₂O
- NPS : 2 in
- OD : 2,38 in
- ID : 2,067 in

Spesifikasi *Annulus* :

- Fluida panas : steam
- NPS : 3 in
- Diameter luar : 3,50 in
- Diameter dalam : 3,068 in

Luas transfer panas	: 68,03 ft ²
Jumlah Hairpin	: 3
Panjang	: 16 ft
Jumlah	: 1 buah
Harga	: \$ 4095,3353

3.2.19. COOLER (CL-01)

Tugas : Mendinginkan hasil bawah evaporator (EV-02) sebelum disimpan dalam tangki penampung dari suhu 100,14°C sampai suhu 35°C.

Jenis : Shell and Tube heat exchanger

Aliran fluida

Fluida panas : produk keluar reaktor (R-02)

Fluida dingin : Air

Spesifikasi Tube

Jumlah tube : 90

Panjang : 16 ft

OD : 1,25 in

BWG : 16

Pitch : 1,5625 in (0,0397 m) in square pitch

Pass : 1

Spesifikasi Shell

IDs : 21,25 in

Baffle spacing	: 10,625 in
Pass	: 1
Bahan konstruksi	: Stainless steel
Jumlah	: 1 buah
Harga	: \$ 10049,3206

3.2.20. COOLER (CL-02)

Tugas	: Mendinginkan hasil bawah evaporator (EV-01) sebelum dimasukkan ke tangki penampung UPL dari suhu 100,03°C sampai suhu 35°C.
Jenis	: Shell and Tube heat exchanger
Aliran fluida	
Fluida panas	: produk keluar evaporator (EV-01)
Fluida dingin	: Air
Spesifikasi Tube	
Jumlah tube	: 30
Panjang	: 12 ft (3,6576 m)
OD	: 1,25 in (0,381 m)
BWG	: 16
Pitch	: 1,25 in square pitch
Pass	: 2
Spesifikasi Shell	
IDs	: 13,25 in
Baffle spacing	: 6.625 in

Pass : 1
Bahan konstruksi : Stainless Steel
Jumlah : 1 buah
Harga : \$ 5199,9567

3.2.21. CONDENSOR (CD-01)

Tugas : Mengembunkan uap metanol dan air dari hasil
atas evaporator (EV-01).

Jenis : double pipe condenser.

Dimensi :

a. shell

ID : 10 in
Baffle spacing : 5 in
Passes : 1

b. tube:

OD : 1,25 in
ID : 1,12 in

Jumlah tube : 14
Pitch : 1,5625 in, square pitch.

Panjang : 16 ft
Luas transfer panas : 96,7237 ft²
Jumlah : 1 buah
Harga : \$ 5232,945

Bahan konstruksi : Stainless Steel

Kapasitas : 45,6104 gpm

Ukuran pipa

Diameter luar : 1,9 in (0,0483 m)

Diameter dalam : 1,61 in (0,0409 m)

Luas penampang : 2,04 in² (0,0013 m²)

Total Head : 19,6507 ft (5,9895 m)

Tenaga pompa : 0,637 Hp

Tenaga motor : 1 Hp standar NEMA

Putaran : 3500 rpm

Putaran spesifik : 2532,5966

Harga : \$ 28191,3299

3.2.24. POMPA (P-02)

Tugas : Mengalirkan Ca(OH)₂ dari truk pengangkut ke tangki penyimpan (T-02).

Jenis : *Centrifugal pumps (single stage, single suction, radial flow)*

Bahan konstruksi : Stainless Steel

Kapasitas : 2,2183 gpm

Ukuran pipa

Diameter luar : 0,675 in (0,0172 m)

Diameter dalam : 0,493 in (0,0125 m)

Luas penampang : 0,192 in² (0,0001 m²)

3.2.26. POMPA (P-04)

Tugas	: Mengalirkan umpan metanol dari tangki penyimpanan (T-01) ke mixer (M-01).
Jenis	: <i>Centrifugal pumps (single stage, single suction, radial flow)</i>
Bahan konstruksi	: Stainless Steel
Kapasitas	: 6,5198 gpm
Ukuran pipa	
Diameter luar	: 0,84 in (0,0213 m)
Diameter dalam	: 0,622 in (0,0158 m)
Luas penampang	: 0,304 in ² (0,0002 m ²)
Total Head	: 35,0995 ft (10,6983 m)
Tenaga pompa	: 0,2276 Hp
Tenaga motor	: 0,3 Hp standar NEMA
Putaran	: 3500 rpm
Putaran spesifik	: 619,5488
Harga	: \$ 8774,4075

3.2.27. POMPA (P-05)

Tugas	: Mengalirkan umpan Ca(OH) ₂ dari tangki penyimpanan (T-02) ke mixer (M-01).
Jenis	: <i>Centrifugal pumps (single stage, single suction, radial flow)</i>
Bahan konstruksi	: Stainless Steel

Kapasitas : 0,3169 gpm

Ukuran pipa

Diameter luar : 0,405 in (0,0103 m)

Diameter dalam : 0,269 in (0,0069 m)

Luas penampang : 0,058 in²

Total Head : 15,0533 ft (4,5882 m)

Tenaga pompa : 0,0089 Hp

Tenaga motor : 0,05 Hp standar NEMA

Putaran : 5000 rpm

Putaran spesifik : 897,8409

Harga : \$ 1429,6528

3.2.28. POMPA (P-06)

Tugas : Mengalirkan umpan dari mixer (M-01) ke reaktor (R-01).

Jenis : *Centrifugal pumps (single stage, single suction, radial flow)*

Bahan konstruksi : Stainless Steel

Kapasitas : 6,6736 gpm

Ukuran pipa

Diameter luar : 1,05 in (0,0267 m)

Diameter dalam : 0,824 in (0,0209 m)

Luas penampang : 0,534 in² (0,0003 m²)

Total Head	: 19,4828 ft (5,9383 m)
Tenaga pompa	: 0,1379 Hp
Tenaga motor	: 0,25 Hp standar NEMA
Putaran	: 3500 rpm
Putaran spesifik	: 975,0158
Harga	: \$ 8898,0192

3.2.29. POMPA (P-07)

Tugas	: Mengalirkan Trigliserida dan FFA dari tangki penyimpanan (T-03) ke reaktor (R-01).
Jenis	: <i>Centrifugal pumps (single stage, single suction, radial flow)</i>
Bahan konstruksi	: Stainless Steel
Kapasitas	: 52,3706 gpm
Ukuran pipa	
Diameter luar	: 1,9 in (0,0483 m)
Diameter dalam	: 1,61 in (0,0409 m)
Luas penampang	: 2,04 in ² (0,0013 m ²)
Total Head	: 69,1436 ft (21,075 m)
Tenaga pompa	: 2,5754 Hp
Tenaga motor	: 5 Hp standar NEMA
Putaran	: 3500 rpm
Putaran spesifik	: 1056,3258
Harga	: \$ 30628,7847

3.2.30. POMPA (P-08)

Tugas	: Mengalirkan umpan dari reaktor (R-01) ke reaktor (R-02).
Jenis	: <i>Centrifugal pumps (single stage, single suction, radial flow)</i>
Bahan konstruksi	: Stainless Steel
Kapasitas	: 58,6067 gpm
Ukuran pipa	
Diameter luar	: 1,9 in (0,0483 m)
Diameter dalam	: 1,61 in (0,0409 m)
Luas penampang	: 2,04 in ² (0,0013 m ²)
Total Head	: 38,0790 ft (11,6065 m)
Tenaga pompa	: 1,4507 Hp
Tenaga motor	: 2 Hp standar NEMA
Putaran	: 3500 rpm
Putaran spesifik	: 1747,9425
Harga	: \$ 32767,6726

3.2.31. POMPA (P-09)

Tugas	: Mengalirkan umpan dari reaktor (R-01) menuju ke decanter (D-01).
Jenis	: <i>Centrifugal pumps (single stage, single suction, radial flow)</i>
Bahan konstruksi	: Stainless Steel

Kapasitas : 58,4336 gpm

Ukuran pipa

Diameter luar : 1,9 in (0,0483 m)

Diameter dalam : 1,61 in (0,0409 m)

Luas penampang : 2,04 in² (0,0013 m²)

Total Head : 22,8919 ft (6,9775 m)

Tenaga pompa : 0,8721 Hp

Tenaga motor : 1 Hp standar NEMA

Putaran : 3500 rpm

Putaran spesifik : 2556,4511

Harga : \$ 32709,5690

3.2.32. POMPA (P-10)

Tugas : Mengalirkan umpan dari hasil atas decanter (D-01) menuju ke mixer (M-02).

Jenis : *Centrifugal pumps (single stage, single suction, radial flow)*

Bahan konstruksi : Stainless Steel

Kapasitas : 49,6726 gpm

Ukuran pipa

Diameter luar : 1,9 in (0,0483 m)

Diameter dalam : 1,61 in (0,0409 m)

Luas penampang : 2,04 in² (0,0013 m²)

Total Head : 30,6847 ft (9,3527 m)

Tenaga pompa	: 1,3301 Hp
Tenaga motor	: 2 Hp standar NEMA
Putaran	: 3500 rpm
Putaran spesifik	: 1892,0626
Harga	: \$ 29672,0376

3.2.33. POMPA (P-11)

Tugas	: Mengalirkan H ₂ O dari truk pengangkut menuju ke tangki penyimpan (T-04).
Jenis	: <i>Centrifugal pumps (single stage, single suction, radial flow)</i>
Bahan konstruksi	: Stainless Steel
Kapasitas	: 111,4012 gpm
Ukuran pipa	
Diameter luar	: 2,88 in (0,0732 m)
Diameter dalam	: 2,469 in (0,0627 m)
Luas penampang	: 4,79 in ² (0,0031 m ²)
Total Head	: 21,5998 ft (6,5836 m)
Tenaga pompa	: 1,4488 Hp
Tenaga motor	: 2 Hp standar NEMA
Putaran	: 3500 rpm
Putaran spesifik	: 3687,0276
Harga	: \$ 48173,8279

3.2.34. POMPA (P-12)

Tugas	: Mengalirkan umpan H ₂ O dari tangki penyimpanan (T-04) ke mixer (M-02).
Jenis	: <i>Centrifugal pumps (single stage, single suction, radial flow)</i>
Bahan konstruksi	: Stainless Steel
Kapasitas	: 15,9145 gpm
Ukuran pipa	
Diameter luar	: 1,32 in (0,0335 m)
Diameter dalam	: 1,049 in (0,0267 m)
Luas penampang	: 0,864 in ² (0,0006 m ²)
Total Head	: 25,3432 ft (7,7246 m)
Tenaga pompa	: 0,51 Hp
Tenaga motor	: 0,75 Hp standar NEMA
Putaran	: 3500 rpm
Putaran spesifik	: 1236,1402
Harga	: \$ 14988,3227

3.2.35. POMPA (P-13)

Tugas	: Mengalirkan umpan dari mixer (M-02) menuju ke decanter (D-02).
Jenis	: <i>Centrifugal pumps (single stage, single suction, radial flow)</i>

Bahan konstruksi : Stainless Steel

Kapasitas : 65,3055 gpm

Ukuran pipa

Diameter luar : 2,38 in (0,0604 m)

Diameter dalam : 2,067 in (0,0525 m)

Luas penampang : 3,35 in² (0,0022 m²)

Total Head : 8,9310 ft (2,7222 m)

Tenaga pompa : 0,3792 Hp

Tenaga motor : 0,5 Hp standar NEMA

Putaran : 750 rpm

Putaran spesifik : 782,113

Harga : \$ 34966,0916

3.2.36. POMPA (P-14)

Tugas : Mengalirkan umpan hasil atas decanter (D-02)
menuju ke evaporator (EV-02).

Jenis : *Centrifugal pumps (single stage, single suction,
radial flow)*

Bahan konstruksi : Stainless Steel

Kapasitas : 47,5122 gpm

Ukuran pipa

Diameter luar : 1,9 in (0,0483 m)

Diameter dalam : 1,61 in (0,0409 m)

Luas penampang : 2,04 in² (0,0013 m²)

Total Head	: 11,5917 ft (3,5332 m)
Tenaga pompa	: 0,4832 Hp
Tenaga motor	: 0,75 Hp standar NEMA
Putaran	: 750 rpm
Putaran spesifik	: 548,6079
Harga	: \$ 28890,85

3.2.37. POMPA (P-15)

Tugas	: Mengalirkan produk hasil atas evaporator (EV-01) menuju ke tangki UPL.
Jenis	: <i>Centrifugal pumps (single stage, single suction, radial flow)</i>
Bahan konstruksi	: Stainless Steel
Kapasitas	: 1,1821 gpm
Ukuran pipa	
Diameter luar	: 0,84 in (0,0213 m)
Diameter dalam	: 0,622 in (0,0158 m)
Luas penampang	: 0,304 in ² (0,0002 m ²)
Total Head	: 5,4228 ft (1,6529 m)
Tenaga pompa	: 0,0081 Hp
Tenaga motor	: 0,05 Hp standar NEMA
Putaran	: 3500 rpm
Putaran spesifik	: 1070,8213
Harga	: \$ 3149,7042

3.2.38. POMPA (P-16)

Tugas	: Mengalirkan produk dari hasil bawah evaporator (EV-02) menuju ke tangki penyimpanan (T-05).
Jenis	: <i>Centrifugal pumps (single stage, single suction, radial flow)</i>
Bahan konstruksi	: Stainless Steel
Kapasitas	: 46,3587 gpm
Ukuran pipa	
Diameter luar	: 1,9 in (0,0483 m)
Diameter dalam	: 1,61 in (0,0409 m)
Luas penampang	: 2,04 in ² (0,0013 m ²)
Total Head	: 38,29 ft (11,6708 m)
Tenaga pompa	: 1,5502 Hp
Tenaga motor	: 2 Hp standar NEMA
Putaran	: 3500 rpm
Putaran spesifik	: 1548,1741
Harga	: \$ 28467,9362

3.2.39. POMPA (P-17)

Tugas	: Mengalirkan produk biodiesel dari tangki penyimpanan (T-05) menuju ke kapal.
Jenis	: <i>Centrifugal pumps (single stage, single suction, radial flow)</i>

Bahan konstruksi : Stainless Steel
Kapasitas : 1557,6507 gpm

Ukuran pipa

Diameter luar : 8,625 in (0,2191 m)

Diameter dalam : 7,981 in (0,2027 m)

Luas penampang : 50 in² (0,0323 m²)

Total Head : 14,9824 ft (4,5666 m)

Tenaga pompa : 6,3692 Hp

Tenaga motor : 7,5 Hp standar NEMA

Putaran : 500 rpm

Putaran spesifik : 2591,3096

Harga : \$ 234508,8732

3.2.40. POMPA (P-18)

Tugas : Mengalirkan umpan dari decanter (D-02) menuju evaporator (EV-01).

Jenis : *Centrifugal pumps (single stage, single suction, radial flow)*

Bahan konstruksi : Stainless Steel

Kapasitas : 17,9858 gpm

Ukuran pipa

Diameter luar : 1,32 in (0,0335 m)

Diameter dalam : 1,04 in (0,0267 m)

Luas penampang : 0,864 in² (0,0006 m²)

Total Head	: 3,149 ft (0,9598 m)
Tenaga pompa	: 0,0699 Hp
Tenaga motor	: 0,125 Hp standar NEMA
Putaran	: 500 rpm
Putaran spesifik	: 897,0172
Harga	: \$ 16129,9193

3.2.41. POMPA (P-19)

Tugas	: Mengalirkan umpan dari hasil bawah decanter (D-01 dan D-02) menuju evaporator (EV-01).
Jenis	: <i>Centrifugal pumps (single stage, single suction, radial flow)</i>
Bahan konstruksi	: Stainless Steel
Kapasitas	: 27,1194 gpm
Ukuran pipa	
Diameter luar	: 1,32 in (0,0335 m)
Diameter dalam	: 1,04 in (0,0267 m)
Luas penampang	: 0,864 in ² (0,0006 m ²)
Total Head	: 71,1953 ft (21,7003 m)
Tenaga pompa	: 2,3522 Hp
Tenaga motor	: 3 Hp standar NEMA
Putaran	: 3500 rpm
Putaran spesifik	: 743,6515
Harga	: \$ 20636,939

3.2.42. POMPA (P-20)

Tugas	: Mengalirkan umpan dari hasil atas evaporator (EV-01) menuju UPL.
Jenis	: <i>Centrifugal pumps (single stage, single suction, radial flow)</i>
Bahan konstruksi	: Stainless Steel
Kapasitas	: 14,7814 gpm
Ukuran pipa	
Diameter luar	: 1,32 in (0,0335 m)
Diameter dalam	: 1,04 in (0,0267 m)
Luas penampang	: 0,864 in ² (0,0006 m ²)
Total Head	: 10,0082 ft (3,0487 m)
Tenaga pompa	: 0,1865 Hp
Tenaga motor	: 0,25 Hp standar NEMA
Putaran	: 3500 rpm
Putaran spesifik	: 2392,5192
Harga	: \$ 14338,5943

3.2.43. POMPA (P-21)

Tugas	: Mengalirkan umpan dari hasil bawah evaporator (EV-01) menuju tangki penyimpanan (T-06).
Jenis	: <i>Centrifugal pumps (single stage, single suction, radial flow)</i>
Bahan konstruksi	: Stainless Steel

Kapasitas : 12,3441 gpm

Ukuran pipa

Diameter luar : 1,05 in (0,0267 m)

Diameter dalam : 0,824 in (0,0209 m)

Luas penampang : 0,534 in² (0,0004 m²)

Total Head : 457,1449 ft (139,3378 m)

Tenaga pompa : 7,335 Hp

Tenaga motor : 10 Hp standar NEMA

Putaran : 3500 rpm

Putaran spesifik : 124,3819

Harga : \$ 12867,5508

3.2.44. POMPA (P-22)

Tugas : Mengalirkan produk dari tangki penyimpanan (T-06) menuju kapal.

Jenis : *Centrifugal pumps (single stage, single suction, radial flow)*

Bahan konstruksi : Stainless Steel

Kapasitas : 414,6727 gpm

Ukuran pipa

Diameter luar : 1,32 in (0,0335 m)

Diameter dalam : 4,5 in (0,1143 m)

Luas penampang : 12,7 in² (0,0082 m²)

Total Head : 42,3416 ft (12,9057 m)

Tenaga pompa	: 6,5207 Hp
Tenaga motor	: 7,5 Hp standar NEMA
Putaran	: 3500 rpm
Putaran spesifik	: 4293,8396
Harga	: \$ 105998,691

3.3. PERENCANAAN PRODUKSI

3.3.1. Kapasitas Perancangan

Beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam menentukan kapasitas pabrik biodiesel pada tugas prarancangan ini adalah kebutuhan biodiesel dan ketersediaan bahan baku.

a) Proyeksi kebutuhan biodiesel.

Semakin bertambahnya produksi kendaraan yang menggunakan minyak solar sebagai bahan bakar, maka diperkirakan bahwa kebutuhan biodiesel juga akan semakin meningkat. Berikut ini data statistik yang diterbitkan oleh BPS (Badan Pusat Statistik) tentang konsumsi minyak solar di Indonesia dari tahun 1998-2001 :

Tabel 3.1. Konsumsi minyak solar dalam negeri periode 1996-2001

Tahun	Konsumsi minyak solar (kilo-liter)
1998	19.674.037
1999	20.148.672
2000	21.374.668
2001	22.987.184

Sumber : BPS, 2001.

Kebutuhan solar dari tahun ke tahun mengalami peningkatan. Diperkirakan kebutuhan solar akan terus meningkat pada tahun mendatang. Untuk mengantisipasi hal itu, maka ditetapkan kapasitas pabrik yang akan didirikan adalah 60.000 ton/tahun.

b) Ketersediaan bahan baku.

Untuk menghasilkan produk biodiesel sebanyak 60.000 ton/tahun akan membutuhkan bahan baku minyak karet, metanol, dan Kalsium hidroksida. Produksi minyak karet tergantung dari perkebunan karet di Indonesia yang terletak daerah Sumatera dan Kalimantan. Adapun produksi perkebunan karet dari tahun 2003 hingga 2005 berturut – turut yaitu 396.100, 403.800, 405.100 ton. Apabila dirasa masih kurang maka dapat mengimpor dari luar negeri seperti Vietnam. Untuk metanol dipenuhi dari PT . Bunyu Metanol MEDCO. Sedangkan Ca(OH)_2 diperoleh dari Gresik Jawa Timur.

c) Kapasitas pabrik yang sudah beroperasi

Jumlah pabrik biodiesel di dunia saat ini telah mencapai 85, beroperasi secara batch maupun kontinyu. Beberapa pabrik yang sudah beroperasi secara komersial adalah Pacific Biodiesel, Inc., di Hawaii (500 ton/tahun), Henkel Company di Jerman (200.000 ton/tahun) dan Lurgi Life Science GmbH di Jerman (100.000 ton/tahun).

Dengan memperhatikan faktor-faktor di atas, maka dalam prarancangan pabrik biodiesel ini dipilih kapasitas 60.000 ton/tahun dengan pertimbangan antara lain:

- 1) Dari aspek bahan baku : kebutuhan akan minyak karet dan metanol dapat tercukupi.
- 2) Dari segi pemasaran : produk biodiesel sebesar 60.000 ton/tahun dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri.

3.3.2. Perencanaan Bahan Baku dan Alat Proses

Dalam menyusun rencana produksi secara garis besar ada dua hal yang perlu diperhatikan, yaitu faktor eksternal dan faktor internal. Faktor eksternal adalah faktor yang menyangkut kemampuan pasar terhadap jumlah produk yang dihasilkan, sedangkan faktor internal adalah kemampuan pabrik.

a) Kemampuan Pasar

Dapat dibagi menjadi 2 kemungkinan, yaitu :

- ◆ Kemampuan pasar lebih besar dibandingkan kemampuan pabrik, maka rencana produksi disusun secara maksimal.
- ◆ Kemampuan pasar lebih kecil dibandingkan kemampuan pabrik. Oleh karena itu perlu dicari alternatif untuk menyusun rencana produksi, misalnya :
 - Rencana produksi sesuai dengan kemampuan pasar atau produksi diturunkan sesuai kemampuan pasar dengan mempertimbangkan untung dan rugi.

- Rencana produksi tetap dengan mempertimbangkan bahwa kelebihan produksi disimpan dan dipasarkan tahun berikutnya.
- Mencari daerah pemasaran.

b) Kemampuan Pabrik

Pada umumnya pabrik ditentukan oleh beberapa faktor, antara lain :

◆ Material (bahan baku)

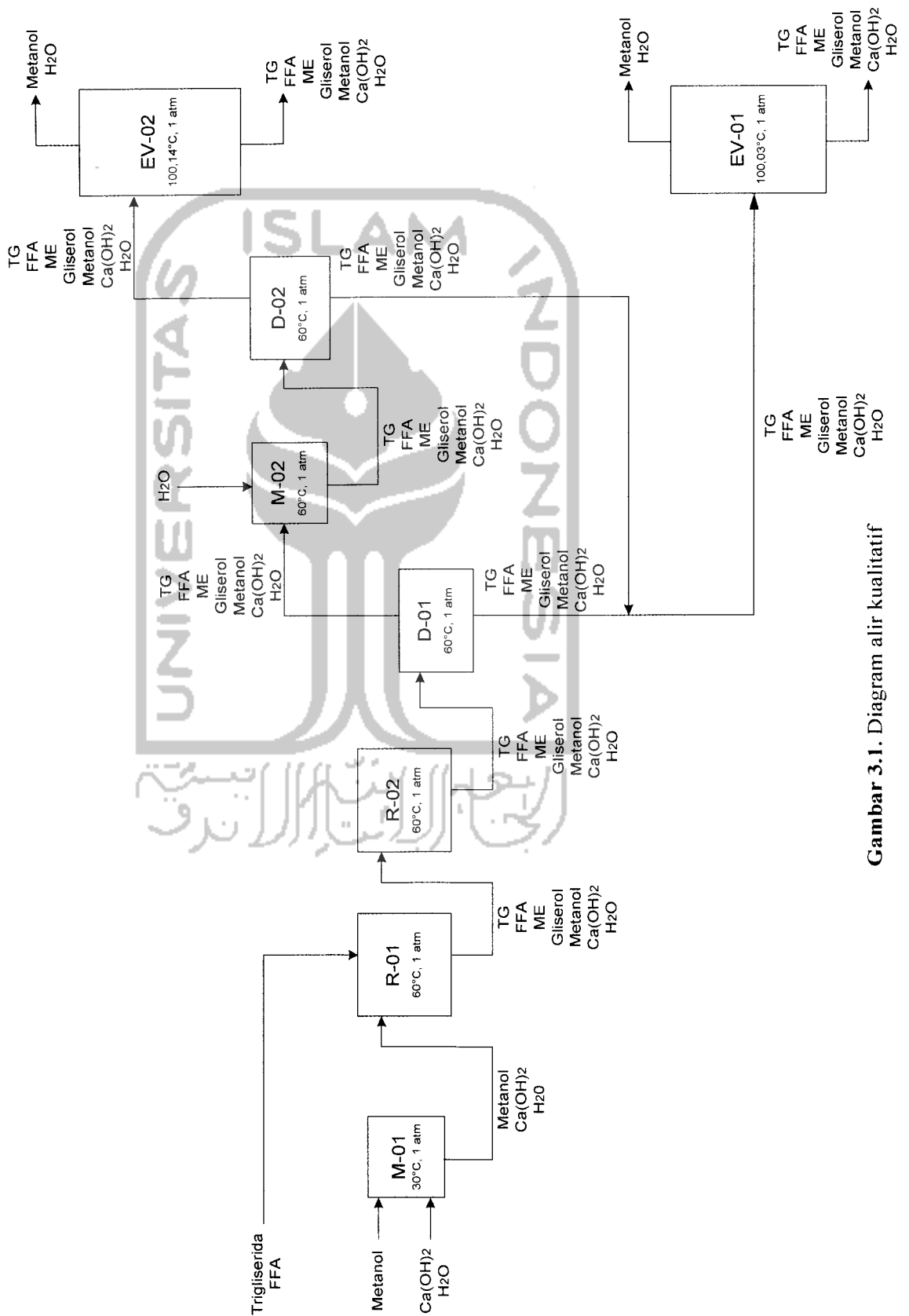
Dengan pemakaian material yang memenuhi kualitas dan kuantitas maka akan tercapai target produksi yang diinginkan.

◆ Manusia (tenaga kerja)

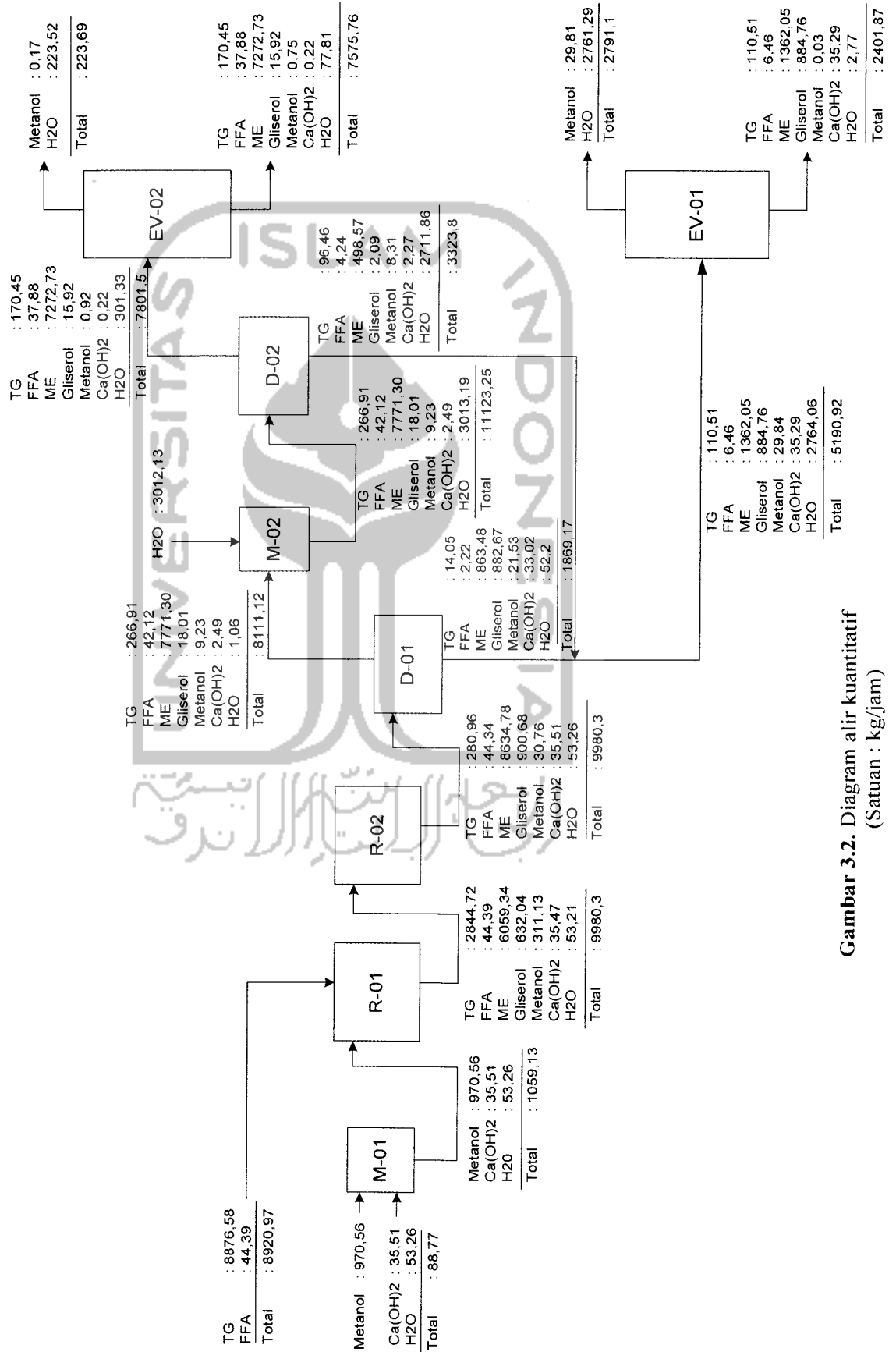
Kurang terampilnya tenaga kerja akan menimbulkan kerugian pabrik, untuk itu perlu dilakukan pelatihan atau training pada karyawan agar keterampilannya meningkat

◆ Mesin (peralatan)

Ada dua hal yang mempengaruhi keandalan dan kemampuan mesin, yaitu jam kerja mesin efektif dan kemampuan mesin. Jam kerja efektif adalah kemampuan suatu alat untuk beroperasi pada kapasitas yang diinginkan pada periode tertentu. Kemampuan mesin adalah kemampuan suatu alat dalam proses produksi.



Gambar 3.1. Diagram alir kualitatif



Gambar 3.2. Diagram alir kuantitatif
(Satuan : kg/jam)

BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1. Lokasi Pabrik

Lokasi pabrik sangat menentukan kelayakan ekonomis pabrik setelah beroperasi. Untuk itu pemilihan lokasi yang tepat sangat diperlukan sejak tahap perancangan dengan memperhatikan berbagai macam pertimbangan. Pertimbangan utama yaitu lokasi yang dipilih harus memberikan biaya produksi dan distribusi yang minimum, dengan tetap memperhatikan ketersediaan tempat untuk pengembangan pabrik dan kondisi yang aman untuk operasi pabrik (Peters and Timmerhaus, 2003).

Pabrik *Biodiesel* dari minyak karet dan *metanol* dengan kapasitas 60.000 ton/tahun direncanakan akan didirikan di daerah Sangata, Propinsi Kalimantan Timur. Pertimbangan pemilihan lokasi pabrik ini antara lain :

4.1.1. Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik

Faktor yang secara langsung mempengaruhi tujuan utama dari usaha pabrik. Tujuan utama ini meliputi proses produksi dan distribusi, adapun faktor-faktor primer yang berpengaruh secara langsung dalam pemilihan lokasi pabrik adalah :

- 1) Ketersediaan dan transportasi bahan baku (*raw material oriented*).

Bahan baku berupa minyak karet diperoleh dari dalam negeri. Pabrik biodiesel ini terletak di propinsi Kalimantan Timur. Untuk bahan baku

minyak karet diperoleh di daerah Sumatera Utara, sedangkan metanol diperoleh dari PT. Bunyu Metanol MEDCO di Kalimantan Timur.

2) Pemasaran (*market oriented*).

Biodiesel langsung dapat dipasarkan ke masyarakat berupa biodiesel murni maupun dijual ke produsen lain untuk dijual kemudian sebagai produk campuran minyak solar dan biodiesel dengan perbandingan tertentu.

3) Ketersediaan tenaga kerja.

Tenaga kerja merupakan modal utama pendirian suatu pabrik. Sebagian besar tenaga kerja yang dibutuhkan adalah tenaga kerja yang berpendidikan kejuruan atau menengah dan sebagian sarjana. Untuk memenuhinya dapat diperoleh dari daerah sekitar lokasi pabrik. Selain itu, faktor kedisiplinan dan pengalaman kerja juga menjadi prioritas dalam perekrutan tenaga kerja sehingga diperoleh tenaga kerja yang berkualitas.

4) Tersedianya lahan yang luas dan sumber air yang mencukupi.

Lokasi yang dipilih merupakan kawasan yang cukup jauh dari kepadatan penduduk sehingga masih tersedia lahan yang cukup luas. Selain itu, terdapat juga sumber air yang cukup banyak serta sarana dan prasarana transportasi dan listrik.

3) Prasarana dan Fasilitas Sosial

Prasarana seperti jalan dan transportasi lainnya harus tersedia, demikian juga fasilitas sosial seperti sarana pendidikan, ibadah hiburan, bank dan perumahan sehingga dapat meningkatkan kesejahteraan dan taraf hidup.

4.2. Tata Letak Pabrik

Tata letak pabrik adalah tempat kedudukan dari bagian - bagian pabrik yang meliputi tempat bekerjanya karyawan, tempat peralatan dan tempat penyimpanan bahan baku dan produk. Ditinjau dari segi hubungan yang satu dengan yang lain tata letak pabrik harus dirancang sedemikian rupa sehingga penggunaan area pabrik dapat efisien dan proses produksi maupun distribusi dapat dijamin kelancarannya.

Dalam penentuan tata letak pabrik harus diperhatikan penempatan alat - alat produksi sehingga keamanan, keselamatan dan kenyamanan bagi karyawan dapat terpenuhi. Selain peralatan yang tercantum dalam flow sheet proses, beberapa bangunan fisik lainnya seperti kantor, gudang, laboratorium, bengkel dan lain sebagainya harus terletak pada bagian yang seefisien mungkin, terutama ditinjau dari segi lalu lintas barang, kontrol, keamanan, dan ekonomi. Selain itu, yang harus diperhatikan dalam penentuan tata letak pabrik adalah penempatan alat - alat produksi sehingga dapat memberikan kenyamanan proses produksi.

4) Bangunan

Bangunan yang ada secara fisik harus memenuhi standar dan perlengkapan yang menyertainya seperti ventilasi, instalasi, dan lain - lainnya tersedia dan memenuhi syarat.

5) Instalasi dan Utilitas

Pemasangan dan distribusi yang baik dari gas, udara, steam, dan listrik akan membantu kemudahan kerja dan perawatan. Penempatan peralatan proses di tata sedemikian rupa sehingga petugas dapat dengan mudah menjangkaunya dan dapat terjalin kelancaran operasi serta memudahkan perawatannya.

6) Jaringan jalan raya

Untuk pengangkutan bahan, keperluan perbaikan, pemeliharaan dan keselamatan kerja, maka diantara daerah proses dibuat jalan yang cukup untuk memudahkan mobil keluar masuk, sehingga bila terjadi suatu bencana maka tidak akan mengalami kesulitan dalam menanggulangnya.

Secara garis besar tata letak pabrik dibagi dalam beberapa daerah utama, yaitu :

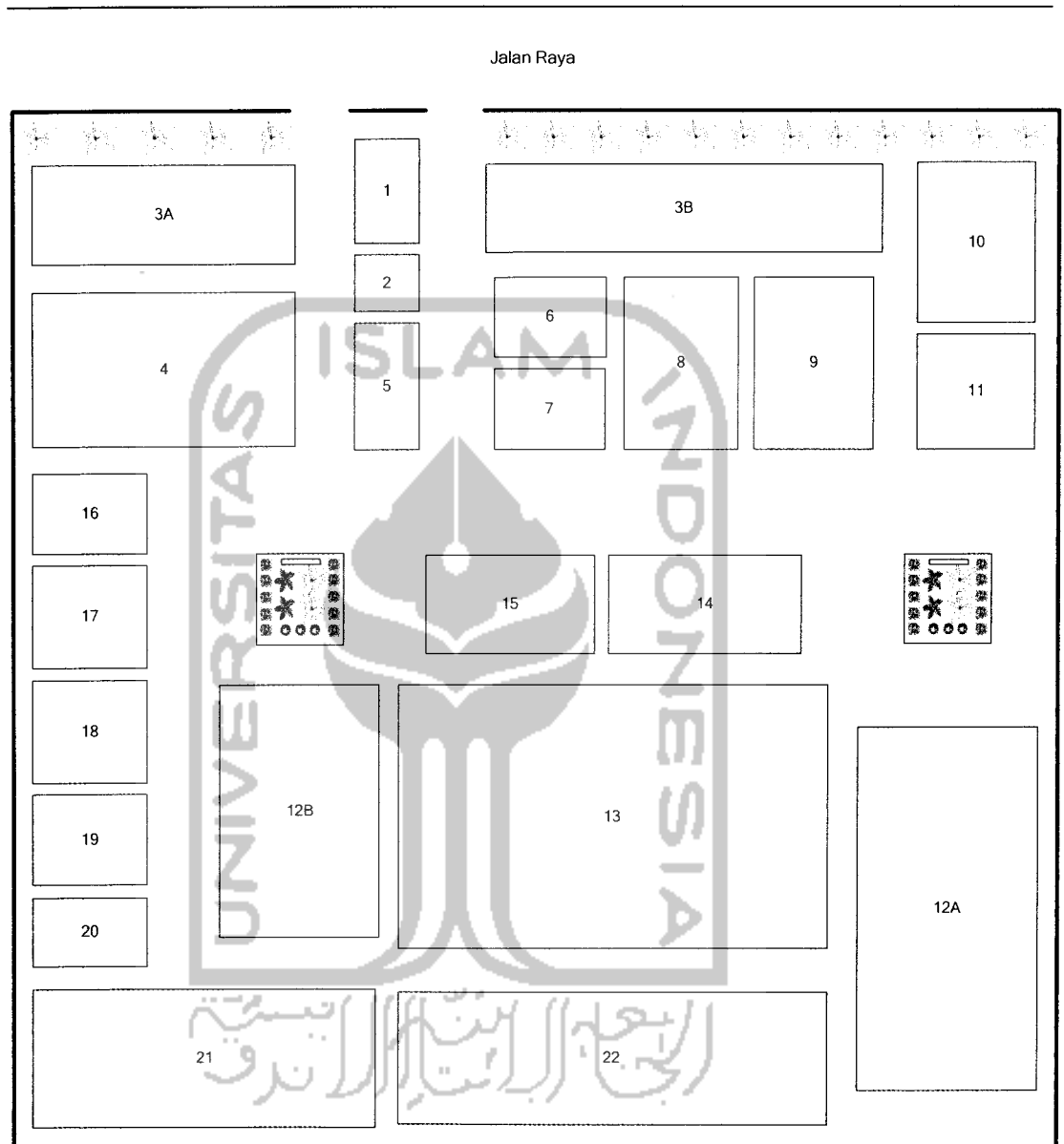
1) Daerah administrasi / perkantoran, laboratorium dan fasilitas pendukung.

Areal ini terdiri dari :

- Daerah administrasi sebagai pusat kegiatan administrasi dan keuangan pabrik.
- Laboratorium sebagai pusat kontrol kualitas bahan baku dan produk.
- Fasilitas – fasilitas bagi karyawan seperti : poliklinik, kantin, aula dan masjid.

Tabel 4.1. Perincian luas tanah bangunan pabrik

No.	Bangunan	Ukuran (m)	Luas (m ²)
1.	Kantor Utama	50 x 20	1000
2.	Pos keamanan/satpam	5 x 5	25
3	Mess	40 x 20	800
4.	Parkir tamu	20 x 10	200
5.	Parkir truk	20 x 15	300
5.	Ruang timbang truk	5 x 15	75
5.	Kantor teknik dan produksi	20 x 20	400
6.	Bengkel	20 x 10	200
7.	Klinik	15 x 10	150
8.	Kantin	20 x 15	300
9.	Masjid	15 x 25	375
10.	Unit pemadam kebakaran	20 x 15	300
11.	Gudang alat	20 x 15	300
12.	Gudang bahan kimia	25 x 15	375
13.	Laboratorium	15 x 20	300
14.	Utilitas	40 x 25	1000
15.	Daerah proses	60 x 80	4800
16.	Ruang kontrol	25 x 10	250
17.	Ruang kontrol utilitas	10 x 10	100
18.	Tangki bahan baku	25 x 35	875
19.	Tangki produk	20 x 25	500
20.	Jalan dan taman	50 x 30	1500
21.	Perluasan pabrik	90 x 50	4500
	Jumlah		18.625



Skala 1 : 1000

Keterangan :

- | | |
|-------------------------------|----------------------------|
| 1. Pos Keamanan | 12A. Tangki Bahan Baku |
| 2. Ruang Tunggu | 12B. Gudang Produk |
| 3A. Area Parkir Tamu | 13. Area Proses |
| 3B. Area Parkir Truk | 14. Ruang Kontrol |
| 4. Kantor Pusat Pabrik | 15. Laboratorium |
| 5. Ruang Timbang Truk | 16. Gudang Alat |
| 6. Koperasi Karyawan | 17. Bengkel |
| 7. Klinik | 18. Pemadam Kebakaran |
| 8. Kantor Teknik dan Produksi | 19. Gudang Bahan Kimia |
| 9. Aula | 20. Ruang Kontrol Utilitas |
| 10. Mushalla | 21. Utilitas |
| 11. Kantin | 22. Area Perluasan |



Gambar 4.1 Tata Letak Pabrik

4.3. Tata Letak Alat Proses

Dalam perancangan tata letak peralatan proses ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu :

a) Aliran bahan baku dan produk

Pengaliran bahan baku dan produk yang tepat akan memberikan keuntungan ekonomis yang besar, serta menunjang kelancaran dan keamanan produksi. Perlu juga diperhatikan penempatan pipa, dimana untuk pipa di atas tanah perlu dipasang pada ketinggian tiga meter atau lebih, sedangkan untuk pemipaan pada permukaan tanah diatur sedemikian rupa sehingga tidak mengganggu lalu lintas kerja.

b) Aliran udara

Kelancaran aliran udara di dalam dan disekitar area proses perlu diperhatikan. Hal ini bertujuan untuk menghindari stagnansi udara pada suatu tempat yang dapat mengakibatkan akumulasi bahan kimia yang berbahaya, sehingga dapat membahayakan keselamatan pekerja. Disamping itu juga perlu diperhatikan arah hembusan angin.

c) Cahaya

Penerangan seluruh pabrik harus memadai pada tempat-tempat proses yang berbahaya atau beresiko tinggi.

d) Lalu lintas manusia

Dalam hal perancangan tata letak peralatan perlu diperhatikan agar pekerja dapat menjangkau seluruh alat proses dengan cepat dan mudah. Jika terjadi

Perawatan alat-alat proses dilakukan dengan prosedur yang tepat. Hal ini dilihat dari penjadwalan yang dilakukan pada tiap-tiap alat. Perawatan tiap alat meliputi :

➤ *Over head* 1 x 1 tahun

Merupakan perbaikan dan pengecekan serta leveling alat secara keseluruhan meliputi pembongkaran alat, pergantian bagian-bagian alat yang rusak, kemudian dikembalikan seperti kondisi semula.

➤ *Repairing*

Merupakan kegiatan *maintenance* yang bersifat memperbaiki bagian-bagian alat yang rusak. Hal ini biasanya dilakukan setelah pemeriksaan. Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi *maintenance* adalah :

◆ Umur alat

Semakin tua umur alat semakin banyak pula perawatan yang harus diberikan yang menyebabkan bertambahnya biaya perawatan

◆ Bahan baku

Penggunaan bahan baku yang kurang berkualitas akan menyebabkan kerusakan alat sehingga alat akan lebih sering dibersihkan.

Tata letak alat proses harus harus dirancang sedemikian rupa sehingga :

- a. Kelancaran proses produksi dapat terjamin
- b. Dapat mengefektifkan penggunaan ruangan.

- c. Biaya material dikendalikan agar lebih rendah, sehingga dapat mengurangi biaya kapital yang tidak penting.
- d. Jika tata letak peralatan proses sudah benar dan proses produksi lancar, maka perusahaan tidak perlu memakai alat angkut dengan biaya mahal.
- e. Karyawan mendapatkan kepuasan kerja.

4.4. Alir Proses dan Material

Berdasarkan kapasitas yang ada maka diperoleh neraca massa dan neraca panas baik produk maupun bahan baku untuk menentukan alat-alat apa saja yang akan digunakan dalam pendirian pabrik, selain dari sifat-sifat kimia dan fisik produk dan bahan baku. Hasil perhitungan neraca massa dan neraca panas sebagai berikut :

4.4.1. Perhitungan Neraca Massa

a) Neraca massa di mixer 1.

Tabel 4.2 Neraca massa di mixer 1

KOMPONEN	INPUT (kg/jam)		OUTPUT (kg/jam)
	Arus 1	Arus 2	Arus 4
Metanol	970,56		970,56
Ca(OH) ₂		35,51	35,51
H ₂ O		53,26	53,26
Jumlah	970,56	88,77	1059,33
	1059,33		



d) Neraca massa di Decanter 1

Tabel 4.5 Neraca massa di decanter 1

KOMPONEN	INPUT (kg/jam)	OUTPUT (kg/jam)	
		TOP	BOTTOM
	Arus 8	Arus 9	
TG	280,96	266,91	14,05
FFA	44,34	42,12	2,22
Metil Ester	8634,78	7771,30	863,48
Gliserol	900,68	18,01	882,67
Metanol	30,76	9,23	21,53
H ₂ O	53,26	1,06	52,2
Ca(OH) ₂	35,51	2,49	33,02
Jumlah	9980,3	8111,12	1869,17
		9980,3	

e) Neraca massa di Mixer 2

Tabel 4.6 Neraca massa di mixer 2

KOMPONEN	INPUT (kg/jam)		OUTPUT (kg/jam)
	Arus 9	Arus 10	Arus 11
TG	266,91		266,91
FFA	42,12		42,12
Metil Ester	7771,3		7771,3
Gliserol	18,01		18,01
Metanol	9,23		9,23
H ₂ O	1,06	3012,13	3013,19
Ca(OH) ₂	2,49		2,49
Jumlah	8111,12	3012,13	11123,25

f) Neraca Massa di Decanter 2

Tabel 4.7 Neraca massa di decanter 2

KOMPONEN	INPUT (kg/jam)	OUTPUT (kg/jam)	
		TOP	BOTTOM
	Arus 11	Arus 12	
TG	266,91	170,45	96,46
FFA	42,12	37,88	4,24
Metil Ester	7771,3	7272,73	498,57
Gliserol	18,01	15,92	2,09
Metanol	9,23	0,92	8,31
H ₂ O	3013,19	301,33	2711,86
Ca(OH) ₂	2,49	0,22	2,27
Jumlah	11123,25	7799,45	3323,8
		11123,25	

g) Neraca Massa di Evaporator-01

Tabel 4.8 Neraca massa di evaporator 1

KOMPONEN	INPUT (kg/jam)	OUTPUT (kg/jam)	
		TOP	BOTTOM
	Arus 16	Arus 17	Arus 18
TG	110,51		110,51
FFA	6,46		6,46
Metil Ester	1362,05		1362,05

4.4.2. Perhitungan Neraca Panas

a) Neraca panas di reaktor 1

Tabel 4.10 Neraca panas di reaktor 1

KOMPONEN	Masuk (kcal/jam)	Keluar (kcal/jam)
Q in	47939,0468	
Q _R	814142,6976	
Q out		150941,3492
Q _p		711140,3952
Total	862081,7444	862081,7444

b) Neraca panas di reaktor 2

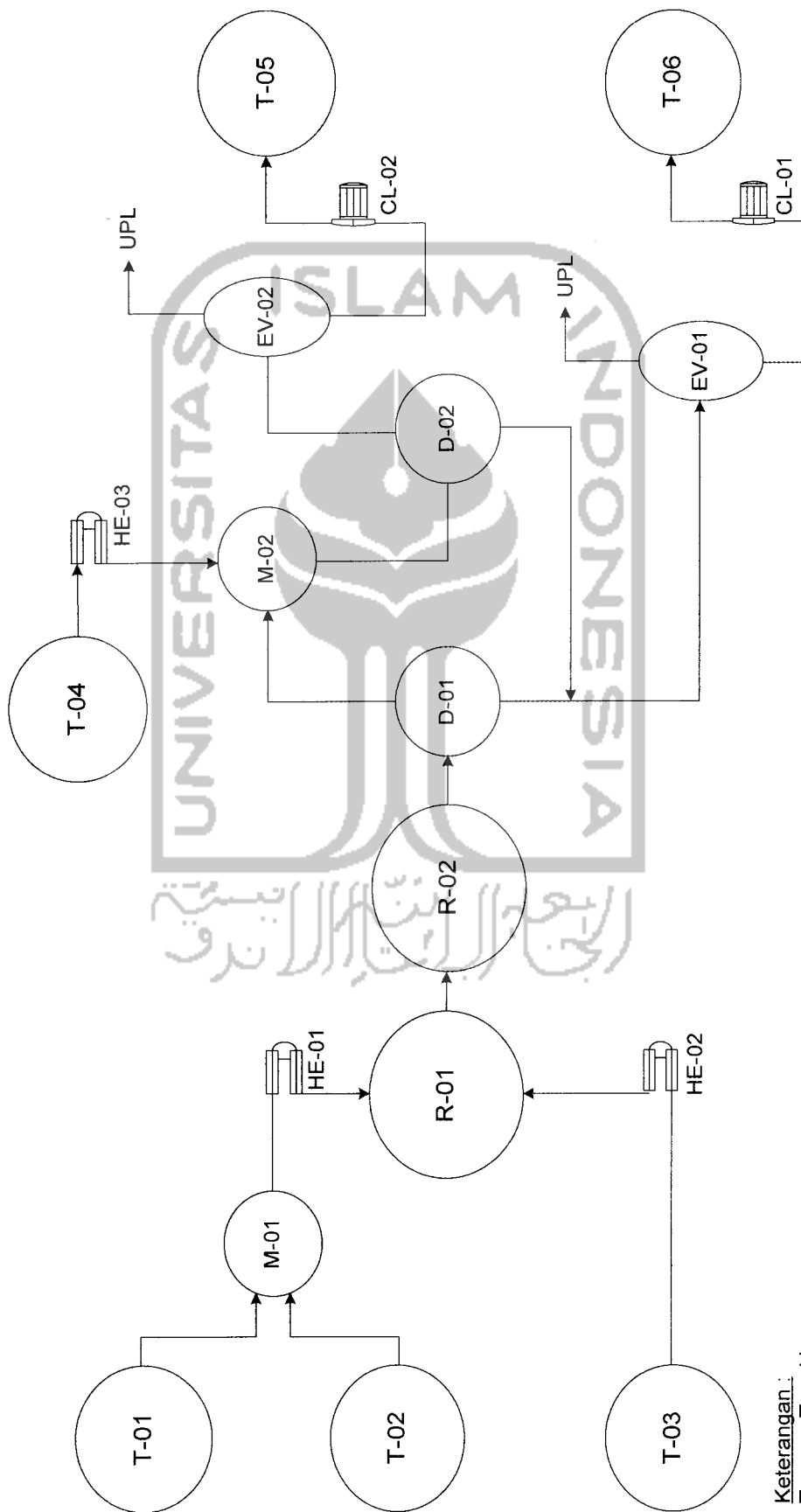
Tabel 4.11 Neraca panas di reaktor 2

KOMPONEN	Masuk kcal/jam	Keluar kcal/jam
Q in	150941,3492	
Q _R	346039,4697	
Q out		194721,8795
Q _p		302258,9395
Total	496980,8189	496980,8189

c) Neraca panas di decanter 1

Tabel 4.12 Neraca panas di decanter 1

KOMPONEN	Masuk kcal/jam	Keluar kcal/jam
Q in	194709,0591	
Q _R	-	
Q out		153788,8282
Q _p		40920,2309
Total	194709,0591	194709,0591



Keterangan:

T = Tangki

M = Mixer

R = Reaktor

D = Dekanter

EV = Evaporator

HE = Heater

CL = Cooler

UPL = Unit Pengolahan Limbah

Gambar.4.4 Tata Letak Alat Proses

4.5. Pelayanan Teknik (Utilitas)

Salah satu faktor yang menunjang kelancaran suatu proses produksi didalam pabrik adalah penyediaan utilitas dalam pabrik *Biodiesel* ini. Sarana penunjang merupakan sarana lain yang diperlukan selain bahan baku dan bahan pembantu agar proses produksi dapat berjalan sesuai yang diinginkan.

Salah satu faktor yang menunjang kelancaran suatu proses produksi didalam pabrik yaitu penyediaan utilitas. Penyediaan utilitas ini meliputi:

- 1) Unit Penyediaan dan Pengolahan Air.
- 2) Unit Pembangkit Steam.
- 3) Unit Pembangkit Listrik.
- 4) Unit Penyediaan Bahan Bakar.
- 5) Unit Pengadaan Udara Tekan.
- 6) Unit Pengolahan Limbah atau Air Buangan.

4.5.1. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air

Untuk memenuhi kebutuhan air suatu pabrik pada umumnya menggunakan air sumur, air sungai, air danau maupun air laut sebagai sumbernya.

Dalam perancangan pabrik *Biodiesel* ini, sumber air yang digunakan berasal dari sungai. Penggunaan air sungai sebagai sumber air dengan pertimbangan:

- a. Air sungai merupakan sumber air yang kontinuitasnya relatif tinggi, sehingga kekurangan air dapat dihindari.
- b. Pengolahan air sungai relatif mudah dan sederhana serta biaya pengolahannya relatif murah.

Air yang diperlukan di lingkungan pabrik digunakan untuk :

1) Air pendingin

Pada umumnya air digunakan sebagai media pendingin karena faktor - faktor berikut :

- a) Air merupakan materi yang dapat diperoleh dalam jumlah besar.
- b) Mudah dalam pengolahan dan pengaturannya.
- c) Dapat menyerap jumlah panas yang relatif tinggi persatuan volume.
- d) Tidak mudah menyusut secara berarti dalam batasan dengan adanya perubahan temperatur pendingin.
- e) Tidak terdekomposisi.

2) Air Umpan Boiler (*Boiler Feed Water*)

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penanganan air umpan boiler adalah sebagai berikut :

- a) Zat - zat yang dapat menyebabkan korosi.

Korosi yang terjadi dalam boiler disebabkan air mengandung larutan-larutan asam, gas - gas terlarut seperti O_2 , CO_2 , H_2S dan NH_3 . O_2 masuk karena aerasi maupun kontak dengan udara luar.

- b) Zat yang dapat menyebabkan kerak (*scale forming*).

Pembentukan kerak disebabkan adanya kesadahan dan suhu tinggi, yang biasanya berupa garam - garam karbonat dan silika.

- c) Zat yang menyebabkan *foaming*.

Air yang diambil kembali dari proses pemanasan bisa menyebabkan *foaming* pada boiler karena adanya zat - zat organik yang tak larut

dalam jumlah besar. Efek pembusaan terutama terjadi pada alkalitas tinggi.

3) Air sanitasi

Air sanitasi adalah air yang akan digunakan untuk keperluan sanitasi. Air ini antara lain untuk keperluan perumahan, perkantoran laboratorium, masjid. Air sanitasi harus memenuhi kualitas tertentu, yaitu:

a) Syarat fisika, meliputi:

- Suhu : dibawah suhu udara
- Warna : jernih
- Rasa : tidak berasa
- Bau : tidak berbau

b) Syarat kimia, meliputi:

- Tidak mengandung zat organik dan anorganik yang terlarut dalam air.
- Tidak mengandung bakteri, terutama bakteri yang patogen.

Unit Penyediaan dan Pengolahan Air meliputi :

a) Clarifier

Kebutuhan air dalam suatu pabrik dapat diambil dari sumber air yang ada di sekitar pabrik dengan mengolah terlebih dahulu agar memenuhi syarat untuk digunakan. Pengolahan tersebut dapat meliputi pengolahan secara fisika dan kimia, penambahan *desinfektan* maupun dengan penggunaan *ion exchanger*.

Mula-mula *raw water* diumpankan ke dalam tangki kemudian diaduk dengan putaran tinggi sambil menginjeksikan bahan-bahan kimia, yaitu:

- 1) $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$, yang berfungsi sebagai flokulan.
- 2) Na_2CO_3 , yang berfungsi sebagai flokulan.

Air baku dimasukkan ke dalam *clarifier* untuk mengendapkan lumpur dan partikel padat lainnya, dengan menginjeksikan alum ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$), koagulan acid sebagai pembantu pembentukan flok dan NaOH sebagai pengatur pH. Air baku ini dimasukkan melalui bagian tengah *clarifier* dan diaduk dengan agitator. Air bersih keluar dari pinggir *clarifier* secara *overflow*, sedangkan *sludge* (flok) yang terbentuk akan mengendap secara grafitasi dan di *blowdown* secara berkala dalam waktu yang telah ditentukan. Air baku yang mempunyai *turbidity* sekitar 42 ppm diharapkan setelah keluar *clarifier turbidity*nya akan turun menjadi lebih kecil dari 10 ppm.

b) Penyaringan

Air dari *clarifier* dimasukkan ke dalam *sand filter* untuk menahan/menyaring partikel - partikel solid yang lolos atau yang terbawa bersama air dari *clarifier*. Air keluar dari *sand filter* dengan *turbidity* kira - kira 2 ppm, dialirkan ke dalam suatu tangki penampung (*filter water reservoir*).

Air bersih ini kemudian didistribusikan ke menara air dan unit demineralisasi. *Sand filter* akan berkurang kemampuan penyaringannya. Oleh karena itu perlu diregenerasi secara periodik dengan *back washing*.

c) Demineralisasi

Untuk umpan ketel (*boiler*) dibutuhkan air murni yang memenuhi persyaratan bebas dari garam - garam murni yang terlarut. Proses demineralisasi

dimaksudkan untuk menghilangkan ion - ion yang terkandung pada *filtered water* sehingga konduktivitasnya dibawah 0,3 Ohm dan kandungan silica lebih kecil dari 0,02 ppm. Unit ini berfungsi untuk menghilangkan mineral-mineral yang terkandung dalam air seperti Ca^{++} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} , Cl^- dan lain-lain.dengan menggunakan resin. Air yang diperoleh adalah air bebas mineral yang akan diproses lebih lanjut menjadi air umpan boiler (*Boiler Feed Water*). Demineralisasi air ini diperlukan karena air umpan reboiler harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :

- ◆ Tidak menimbulkan kerak pada *heat exchanger* jika steam digunakan sebagai pemanas karena hal ini akan mengakibatkan turunnya efisiensi operasi boiler atau *heat exchanger*, bahkan bisa mengakibatkan tidak beroperasi sama sekali.
- ◆ Bebas dari gas-gas yang dapat menimbulkan korosi terutama gas O_2 dan CO_2 .

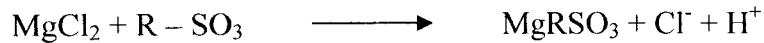
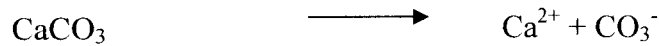
Adapun tahap - tahap proses pengolahan air untuk umpan ketel adalah sebagai berikut:

1) Kation Exchanger

Kation exchanger ini berisi resin pengganti kation dimana pengganti kation - kation yang dikandung di dalam air diganti dengan ion H^+ sehingga air yang akan keluar dari kation exchanger adalah air yang mengandung anion dan ion H^+ .

Sehingga air yang keluar dari kation tower adalah air yang mengandung anion dan ion H^+ .

Reaksi:



Dalam jangka waktu tertentu, kation resin ini akan jenuh sehingga perlu diregenerasikan kembali dengan asam sulfat.

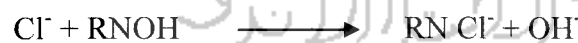
Reaksi:



2) Anion Exchanger

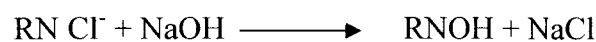
Anion exchanger berfungsi untuk mengikat ion - ion negatif (anion) yang terlarut dalam air, dengan resin yang bersifat basa, sehingga anion-anion seperti CO_3^{2-} , Cl^- dan SO_4^{2-} akan membantu garam resin tersebut.

Reaksi:



Dalam waktu tertentu, anion resin ini akan jenuh, sehingga perlu diregenerasikan kembali dengan larutan NaOH.

Reaksi:



3) Deaerasi

Deaerasi adalah proses pembebasan air umpan ketel dari oksigen (O_2). Air yang telah mengalami demineralisasi (*polish water*) dipompakan

kedalam *deaerator* dan diinjeksikan *Hidrazin* (N_2H_4) untuk mengikat oksigen yang terkandung dalam air sehingga dapat mencegah terbentuknya kerak (*scale*) pada tube boiler.

Reaksi:



Air yang keluar dari *deaerator* ini di dialirkan dengan pompa sebagai air umpan boiler (*boiler feed water*).

d) Pendinginan dan Menara Pendingin

Air yang telah digunakan pada cooler, temperaturnya akan naik akibat perpindahan panas. Oleh karena itu untuk digunakan kembali perlu didinginkan pada *cooling tower*. Air yang didinginkan pada *cooling tower* adalah air yang telah menjalankan tugasnya pada unit - unit pendingin di pabrik.

Kebutuhan air dapat dibagi menjadi :

- a. Kebutuhan air pendingin

Tabel 4.17. Kebutuhan air pendingin

No.	Nama Alat	Jumlah kebutuhan	
		(Lb/jam)	(Kg/jam)
1.	Cooler 1 (CL-01)	60.425,9535	27.408,7291
2.	Cooler 2 (CL-02)	20.132,6739	9.132,0198
3.	Condenser 1 (CD-01)	37.663,12	17.083,7262
4.	Condenser 2 (CD-02)	41.620,9	18.878,9455
5.	Reaktor 1 (R-01)	119.638,7267	54.268,1265
6.	Reaktor 2 (R-02)	50.850,6945	23.065,8750
	Jumlah	330.332,0686	149.837,4221

Air pendingin 80 % dimanfaatkan kembali, make up yang diperlukan 20%,
sehingga :

Make up air pendingin = 20 % x 149.837,4221 kg/jam = 29.967,4844 kg/jam

Kebutuhan air secara kontinyu = 29.967,4844 kg/jam.

b. Kebutuhan air pembangkit steam.

Tabel 4.18. Kebutuhan air pembangkit steam.

No.	Nama alat	Jumlah kebutuhan (kg/jam)
1.	Heater 1 (HE-01)	36,0434
2.	Heater 2 (HE-02)	41,5526
3.	Heater 3 (HE-03)	165,3983
4.	Evaporator 1 (EV-01)	320,6949
5.	Evaporator 2 (EV-02)	354,3946
	Jumlah	918,0839

Air pembangkit steam 80% dimanfaatkan kembali, make up yang diperlukan
20%, sehingga ;

Make up Steam = 20 % x 918,0839 kg/jam = 183,6168 kg/jam

Kebutuhan air secara kontinyu = 183,6168 kg/jam.

c. Kebutuhan air proses

Air pencuci di mixer 2 = 3604,4079 kg/jam

Maka, total air proses = 3604,4079 kg/jam.

d. Air Untuk Keperluan Perkantoran Dan Pabrik

Tabel 4.19 Kebutuhan Air Untuk Perkantoran Dan Pabrik

No	Penggunaan	Kebutuhan (kg/jam)
1	Karyawan	1250
2	Laboratorium	20,8333
3	Poliklinik	20,8333
4	Kantin, mushola, kebun, dll	625
	Jumlah	1.916,6667

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan air total} &= 29.967,4844 + 183,6168 + 3.604,4079 + 1.916,6667 \\ &= 35.672,1758 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Diambil angka keamanan 10 \%} &= 1,1 \times 35.672,1758 \\ &= 39.239,3933 \text{ kg/jam.}\end{aligned}$$

4.5.2. Unit Pembangkit *Steam*

Unit ini bertujuan untuk mencukupi kebutuhan *steam* pada proses produksi, yaitu dengan menyediakan ketel uap (*boiler*) dengan spesifikasi:

Kapasitas : 918,0839 kg/jam

Tekanan : 29,4 atm

Jenis : *Fire Tube Boiler*

Jumlah : 1 buah

Kebutuhan *steam* pada pabrik *Biodiesel* digunakan untuk alat-alat penukar panas. Untuk memenuhi kebutuhan ini digunakan Boiler dengan jenis *boiling feed water boiler* pipa api (*fire tube boiler*), karena memiliki kelebihan sebagai berikut:

- Air umpan tidak perlu terlalu bersih karena berada di luar pipa.

baru kemudian dialirkan ke *steam header* untuk didistribusikan ke area-area proses.

4.5.3. Unit Pembangkit Listrik

Kebutuhan listrik pada pabrik ini dipenuhi oleh 2 sumber, yaitu PLN dan generator diesel. Selain sebagai tenaga cadangan apabila PLN mengalami gangguan, diesel juga dimanfaatkan untuk menggerakkan power-power yang dinilai penting antara lain *boiler*, kompressor, pompa, dan *Cooling tower*.

Spesifikasi diesel yang digunakan adalah :

- Kapasitas : 1000 KWatt
- Jenis : 1 buah generator listrik

Prinsip kerja dari generator diesel ini adalah solar dan udara yang terbakar secara kompresi akan menghasilkan panas. Panas ini digunakan untuk memutar poros engkol sehingga dapat menghidupkan generator yang mampu menghasilkan tenaga listrik. Listrik ini didistribusikan ke panel yang selanjutnya akan dialirkan ke unit pemakai. Pada operasi sehari-hari digunakan tenaga listrik untuk penerangan dan diesel untuk penggerak alat proses. Tetapi apabila listrik padam, operasinya akan menggunakan tenaga listrik dari diesel 100 %.

Kebutuhan listrik dapat dibagi menjadi :

a. Listrik untuk keperluan proses

◆ Peralatan proses

Tabel 4.20. Kebutuhan listrik alat proses

No.	Nama alat	Kode alat	Power (Hp)
1.	Pompa- 01	P -01	1
2.	Pompa- 02	P -02	0,083
3.	Pompa- 03	P -03	10
4.	Pompa- 04	P -04	0,3
5.	Pompa- 05	P -05	0,05
6.	Pompa- 06	P -06	0,25
7.	Pompa- 07	P -07	5
8.	Pompa- 08	P -08	2
9.	Pompa- 09	P -09	1
10.	Pompa- 10	P -10	2
11.	Pompa- 11	P -11	2
12.	Pompa- 12	P -12	0,75
13.	Pompa- 13	P -13	0,5
14.	Pompa- 14	P -14	0,75
15.	Pompa- 15	P -15	0,05
16.	Pompa- 16	P -16	2
17.	Pompa- 17	P -17	7,5
18.	Pompa- 18	P -18	0,125
19.	Pompa- 19	P-19	3
20.	Pompa- 20	P-20	0,25
21.	Pompa- 21	P-21	10
22.	Pompa- 22	P-22	7,5
19.	Reaktor -01	R -01	5
20.	Reaktor -02	R -02	5
21.	Mixer -01	M -01	0,3
22.	Mixer -02	M -02	3

Kebutuhan listrik untuk peralatan proses = 69,4083 Hp.

◆ Peralatan utilitas

Tabel 4.21. Kebutuhan listrik untuk utilitas

No.	Nama alat	Kode alat	Power (Hp)
1.	Pompa- 01	PU -01	2
2.	Pompa- 02	PU -02	1
3.	Pompa- 03	PU -03	0,3
4.	Pompa- 04	PU -04	0,5
5.	Pompa- 05	PU -05	2
6.	Pompa- 06	PU -06	3
7.	Pompa- 07	PU -07	2
8.	Pompa- 08	PU -08	5
9.	Pompa- 09	PU -09	3
10.	Pompa- 10	PU -10	5
11.	Pompa- 11	PU -11	0,05
12.	Pompa- 12	PU -12	0,05
13.	Pompa- 13	PU -13	0,05
14.	Pompa- 14	PU -14	0,05
15.	Pompa- 15	PU -15	0,05
16.	<i>Flokulator</i>	FL	1
17.	<i>Blower</i>	BL	60
18.	<i>Deaerator</i>	DEA	0,05
19.	<i>Compressor</i>	CU	1,5
Jumlah			86,6

Kebutuhan listrik untuk utilitas = 86,6 Hp

Total kebutuhan listrik untuk keperluan proses

$$69,4083\text{Hp} + 86,6 \text{ Hp} = 156,0083 \text{ Hp}$$

Diambil angka keamanan 20 % = 187,21 Hp

b. Listrik untuk keperluan alat kontrol dan penerangan

- ◆ Alat kontrol diperkirakan sebesar 40 % dari kebutuhan listrik untuk alat proses dan utilitas, yaitu = 74,884 Hp
- ◆ Laboratorium, rumah tangga, perkantoran dan lain-lain diperkirakan 25 % dari kebutuhan listrik untuk alat proses dan utilitas, yaitu 46,8025 Hp

Secara keseluruhan kebutuhan listrik sebesar = 308,8965 Hp

Jika faktor daya 80 %, maka total kebutuhan listrik = 370,6758 Hp

= 276,4129 kW (1 Hp = 0,7457 kW)

4.5.4. Unit Penyediaan Bahan Bakar

- ❖ Bahan bakar untuk *boiler*

Kebutuhan fuel oil = 2.2132 ft³/jam

= 62,6696 L/jam

- ❖ Bahan bakar untuk *generator*

Untuk menjalankan *generator* cadangan digunakan bahan bakar:

Jenis bahan bakar = Solar

Kebutuhan bahan bakar = 12,6218 L/jam

4.5.5. Unit Penyediaan Udara Tekan

Udara tekan diperlukan untuk pemakaian alat *pneumatic control*. Total kebutuhan udara tekan diperkirakan 500 kg/jam.

4.5.6. Unit Pengolahan Limbah

Limbah yang dihasilkan dari pabrik *biodiesel* dapat diklasifikasikan menjadi dua:

1) Bahan buangan cair.

Buangan cairan dapat berupa:

- a. Air buangan yang mengandung zat *organik*
- b. Buangan air *domestik*.
- c. *Back wash filter*, air berminyak dari pompa
- d. *Blow down cooling water*

Air buangan domestik berasal dari toilet di sekitar pabrik dan perkantoran.

Air tersebut dikumpulkan dan diolah dalam unit stabilisasi dengan menggunakan lumpur aktif, *aerasi* dan *injeksi gas klorin*.

2) Bahan buangan padat berupa lumpur dari proses pengolahan air.

Untuk menghindari pencemaran dari bahan buangan padat maka dilakukan penanganan terhadap bahan buangan tersebut dengan cara membuat unit pembuangan limbah yang aman bagi lingkungan sekitar.

4.5.7. Spesifikasi Alat-Alat Utilitas

1) Bak Pengendap Awal (BU-01)

- Fungsi : Menampung dan menyediakan air serta mengendapkan kotoran.
- Kapasitas : 235,4364 m³
- Jenis : Bak persegi yang diperkuat beton bertulang.

- Dimensi :
- a. Tinggi = 2,5 m
 - b. Lebar = 6,862 m
 - c. Panjang = 13,724 m

Harga : Rp. 117.718.200,00

2) Bak Flokulator (FL)

Fungsi : Mengendapkan kotoran yang berupa dispersi koloid dalam air dengan menambahkan koagulan.

Kapasitas : 47,0873 m³

Jenis : Bak silinder tegak.

- Dimensi :
- a. Tinggi = 3,9145 m
 - b. Diameter = 3,9145 m

Power pengaduk : 1 Hp

Harga : \$ 29.411,26

3) Clarifier (CLU)

Fungsi : Menampung sementara air yang mengalami fluktuasi dan memisahkan flok dari air.

Jenis : Bak silinder tegak dengan *bottom* kerucut.

Kapasitas : 47,0873 m³

Waktu pengendapan : 1 jam.

- Dimensi :
- a. Diameter = 3,9145 m

b. Tinggi Clarifiers = 5,2194 m

Harga : \$ 29.411,26

4) Bak Saringan Pasir (BSP)

Fungsi- : Menyaring koloid-koloid yang lolos dari clarifer.

Jenis : Bak empat persegi panjang.

Kapasitas : 5,4635 m³

Debit aliran : 172,771 gpm

Tinggi : 1,0212 m

Tinggi lapisan pasir : 0,8510 m

Panjang : 2,3131 m

Lebar : 2,3131 m

Ukuran pasir rata-rata : 28 mesh

Jumlah : 1

Harga : Rp. 2.731.750,00

5) Bak Penampung air bersih.

Fungsi : Menampung air bersih yang keluar dari bak saringan pasir.

Jenis : Bak empat persegi panjang beton bertulang

Volume : 235,4364 m³

Panjang : 13,7240 m

Tinggi : 2,5 m

Lebar : 6,8620 m

Jumlah : 1
Harga : Rp. 117.718.200,00

6) Bak Penampung Air Kantor Dan Rumah Tangga.

Fungsi : Menampung air bersih untuk keperluan kantor dan rumah tangga.
Jenis : Bak empat persegi panjang beton bertulang
Volume : 27,6 m³
Tinggi : 1,5 m
Panjang : 6,0663 m
Lebar : 3,0332 m
Jumlah : 1
Harga : Rp. 13.800.000,00

7) Bak Penampung Air Pendingin.

Fungsi : Menampung air untuk keperluan proses yang membutuhkan air pendingin.
Jenis : Bak empat persegi panjang beton bertulang
Volume : 71,922 m³
Tinggi : 1,5 m
Panjang : 9,7926 m
Lebar : 4,8963 m
Jumlah : 1
Harga : Rp. 35.996.000,00

8) Cooling Tower

Fungsi : Mendinginkan air pendingin yang telah dipakai dalam proses pabrik sebanyak 119.869,938 kg/jam.

Jenis : Cooling tower induced draft

Tinggi : 4,0632 m

Ground area : 16,3443 m²

Panjang : 4,0428 m

Lebar : 4,0428 m

Jumlah : 1

Harga : \$ 31.902,82

9) Blower Cooling Tower

Fungsi : Menghisap udara sekeliling untuk dikontakkan dengan air yang didinginkan.

Kebutuhan udara : 16.042,3169 ft³/jam

Power blower : 44,6475 Hp

Power motor : 60 Hp

Jumlah : 1

Harga : \$ 11.692,5341

10) Kation Exchanger

Fungsi : Menurunkan kesadahan air umpan boiler yang disebabkan oleh kation-kation seperti Ca dan Mg.

Jenis	: Bak Silinder tegak
Tinggi	: 0,6547 m
Volume	: 0,1836 m ³
Diameter	: 0,6547 m
Jenis pengaduk	: Marine propeller 3 blade
Power pengaduk	: 0,05 Hp
Jumlah	: 1
Harga	: \$ 1.405,08

13) Tangki Umpan Boiler

Fungsi	: Menampung umpan boiler
Jenis	: Tangki Silinder tegak
Tinggi	: 0,8249 m
Volume	: 0,4407 m ³
Diameter	: 0,8249 m
Jumlah	: 1
Harga	: \$ 2.193,19

14) Tangki Penampung Kondensat

Fungsi	: Menampung kondensat dari alat proses sebelum di sirkulasi menuju tangki umpan boiler.
Jenis	: Tangki Silinder tegak
Tinggi	: 1,3095 m
Volume	: 1,7627 m ³
Diameter	: 1,3095 m

Jumlah : 1
Harga : \$ 5.324,99

15) Tangki Larutan Kaporit

Fungsi- : Membuat larutan desinfektan dari bahan kaporit untuk air yang akan digunakan di kantor dan rumah tangga

Jenis : Tangki Silinder tegak

Kebutuhan air : 1916,6667 kg/jam

Kadar Clorine dalam kaporit : 49,6 %

Kebutuhan kaporit : 0,0155 kg/jam

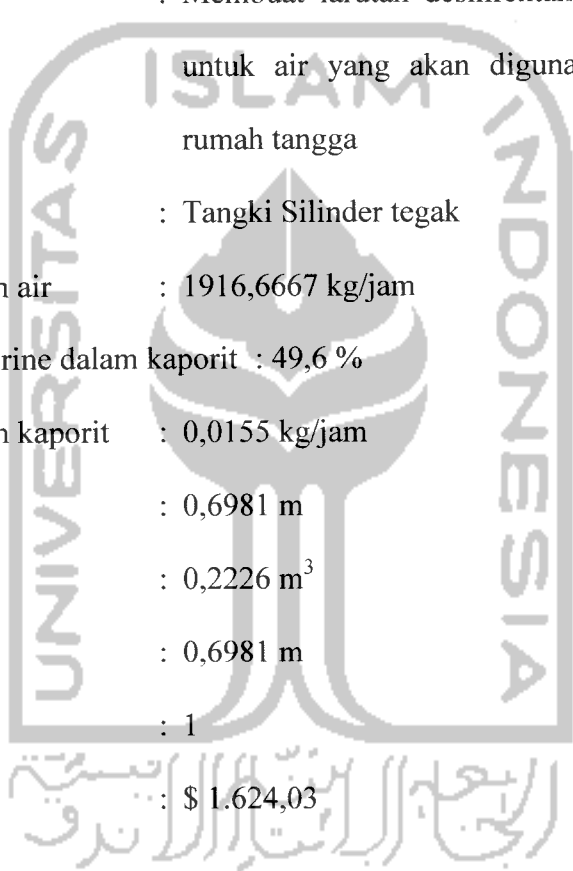
Tinggi : 0,6981 m

Volume : 0,2226 m³

Diameter : 0,6981 m

Jumlah : 1

Harga : \$ 1.624,03



16) Tangki Desinfektan

Fungsi : Tempat klorinasi dengan maksud membunuh bakteri yang dipergunakan untuk keperluan kantor dan rumah tangga

Jenis : Tangki Silinder tegak

Tinggi : 1,4309 m

Volume : 2,3 m³

Diameter	: 1,4309 m
Jumlah	: 1
Harga	: \$ 5.910,53

17) Tangki Larutan NaCl

Fungsi	: Membuat larutan NaCl jenuh yang akan digunakan untuk meregenerasi kation exchanger.
Jenis	: Tangki Silinder tegak
Kebutuhan NaCl	: 23,5092 ft ³ /hari
Tinggi	: 0,5 m
Volume	: 0,0825 m ³
Diameter	: 0,5 m
Jumlah	: 1
Harga	: \$ 802,53

18) Tangki Pelarut NaOH

Fungsi	: Membuat larutan NaOH jenuh yang akan digunakan untuk meregenerasi anion exchanger.
Jenis	: Tangki Silinder tegak
Kebutuhan NaOH	: 0,6748 ft ³ /hari
Tinggi	: 0,308 m
Volume	: 0,0229 m ³
Diameter	: 0,308 m
Jumlah	: 1

Harga : \$ 371,96

19) Tangki Pelarut Na₂SO₄

Fungsi : Melarutkan Na₂SO₄ yang berfungsi mencegah kerak dalam alat proses

Jenis : Tangki Silinder tegak

Kebutuhan Na₂SO₄ : 0,0055 kg/jam

Tinggi : 0,6236 m

Volume : 0,1904 m³

Diameter : 0,6236 m

Jumlah : 1

Harga : \$ 1.325,53

20) Tangki Penampung N₂H₄

Fungsi : Melarutkan Na₂H₄ yang berfungsi mencegah kerak dalam alat proses

Jenis : Tangki Silinder tegak

Kebutuhan Na₂H₄ : 0,0055 kg/jam

Tinggi : 0,6236 m

Volume : 0,1904 m³

Diameter : 0,6236 m

Jumlah : 1

Harga : \$ 1.325,53

21) Bak Penampung Air Proses

Fungsi	: Menampung air proses dari bak penampung air bersih.
Jenis	: Bak empat persegi panjang
Tinggi	: 2,5 m
Volume	: 21,6264 m ³
Panjang	: 4,1595 m
Lebar	: 2,0797 m
Bahan	: Bahan beton bertulang
Jumlah	: 1
Harga	: Rp. 10.813.200,00

22) Tangki Bahan Bakar Generator

Fungsi	: Menyimpan bahan bakar yang digunakan untuk menggerakkan generator selama 15 hari
Jenis	: Tangki Silinder tegak
Tinggi	: 1,7955 m
Volume	: 4,5438 m ³
Diameter	: 1,7955 m
Jumlah	: 1
Harga	: \$ 15.514,25

23) Boiler

Fungsi	: Memproduksi steam pada suhu 248 °F dan tekanan 29,4 psi
Jenis	: Fire tube boiler
Kebutuhan steam	: 918,0839 kg/jam
Luas tranfer panas	: 1.269,3084 ft ²
Jumlah tube	: 68 buah
Jumlah	: 1
Harga	: \$ 33.934,21

24) Bahan Bakar Boiler

Fungsi	: Menyimpan bahan bakar yang digunakan untuk boiler selama 15 hari.
Jenis	: Tangki silinder tegak.
Tinggi	: 3,0631 m
Volume	: 22,56 m ³
Diameter	: 3,0631 m
Jumlah	: 1
Harga	: \$ 8.944,52

25) Pompa Utilitas – 01 (PU-01)

Fungsi	: Mengalirkan air dari sungai ke dalam bak pengendap sebanyak 39.239,3933 kg/jam
Jenis	: Centrifugal pump single stage

Tipe	: Radial Flow Impeller
Bahan	: Commercial steel
Kapasitas	: 39.239,3933 kg/jam
Kecepatan linier	: 172,771 gpm
Head pompa	: 15,1626 ft
Tenaga pompa	: 1,4721 Hp
Tenaga motor	: 2 Hp
Putaran standar	: 500 rpm
Putaran spesifik	: 855,3365 rpm
Jumlah	: 1 buah
Harga	: \$ 62.684,44

26) Pompa Utilitas – 02 (PU-02)

Fungsi	: Mengalirkan air dari bak pengendap kedalam bak flokulator sebanyak 39.239,3933 kg/jam
Jenis	: Centrifugal pump single stage
Tipe	: Mixed Flow Impeller
Bahan	: Commercial steel
Kapasitas	: 39.239,3933 kg/jam
Kecepatan linier	: 172,771 gpm
Head pompa	: 6,1965 ft
Tenaga pompa	: 0,6016 Hp
Tenaga motor	: 1 Hp
Putaran standar	: 500 rpm

Putaran spesifik	: 1673,3907 rpm
Jumlah	: 1 buah
Harga	: \$ 62.684,44

27) Pompa Utilitas – 03 (PU-03)

Fungsi	: Mengalirkan air dari bak flokulator ke dalam clarifer sebanyak 39.239,3933 kg/jam
Jenis	: Centrifugal pump single stage
Tipe	: Mixed Flow Impeller
Bahan	: Commercial steel
Kapasitas	: 39.239,3933 kg/jam
Kecepatan linier	: 172,771 gpm
Head pompa	: 2,7579 ft
Tenaga pompa	: 0,2678 Hp
Tenaga motor	: 1/3 Hp
Putaran standar	: 500 rpm
Putaran spesifik	: 3070,9738 rpm
Jumlah	: 1 buah
Harga	: \$ 62.684,44

28) Pompa Utilitas – 04 (PU-04)

Fungsi	: Mengalirkan air dari bak clarifer menuju bak saringan pasir sebanyak 39.239,3933 kg/jam
Jenis	: Centrifugal pump single stage

Tipe	: Mixed Flow Impeller
Bahan	: Commercial steel
Kapasitas	: 39.239,3933 kg/jam
Kecepatan linier	: 172,771 gpm
Head pompa	: 3,9753 ft
Tenaga pompa	: 0,3860 Hp
Tenaga motor	: 1/2 Hp
Putaran standar	: 500 rpm
Putaran spesifik	: 2334,4354 rpm
Jumlah	: 1 buah
Harga	: \$ 62.684,44

29) Pompa Utilitas – 05 (PU-05)

Fungsi	: Mengalirkan air pencuci bak pasir dari bak penampung air bersih menuju bak saringan pasir sebanyak 39.239,3933 kg/jam
Jenis	: Centrifugal pump single stage
Tipe	: Radial Flow Impeller
Bahan	: Commercial steel
Kapasitas	: 39.239,3933 kg/jam
Kecepatan linier	: 172,771 gpm
Head pompa	: 16,6113 ft
Tenaga pompa	: 1,6128 Hp
Tenaga motor	: 2 Hp

Putaran standar	: 500 rpm
Putaran spesifik	: 798,7346 rpm
Jumlah	: 1 buah
Harga	: \$ 62.684,44

30) Pompa Utilitas – 06 (PU-06)

Fungsi	: Mengalirkan air dari bak penampung air bersih untuk didistribusikan ke bak penampungan air untuk kantor, proses, pendingin, pembangkit steam sebanyak 39.239,3933 kg/jam
Jenis	: Centrifugal pump single stage
Tipe	: Radial Flow Impeller
Bahan	: Commercial steel
Kapasitas	: 39.239,3933 kg/jam
Kecepatan linier	: 172,771 gpm
Head pompa	: 21,5171 ft
Tenaga pompa	: 2,0891 Hp
Tenaga motor	: 3 Hp
Putaran standar	: 500 rpm
Putaran spesifik	: 657,8354 rpm
Jumlah	: 1 buah
Harga	: \$ 62.684,44

31) Pompa Utilitas – 07 (PU-07)

Fungsi	: Mengalirkan air dari bak air kantor menuju kantor dan rumah tangga.
Jenis	: Centrifugal pump single stage
Tipe	: Radial Flow Impeller
Bahan	: Commercial steel
Kapasitas	: 1.916,6667 kg/jam
Kecepatan linier	: 8,4391 gpm
Head pompa	: 143,23 ft
Tenaga pompa	: 1,5283 Hp
Tenaga motor	: 2 Hp
Putaran standar	: 7500 rpm
Putaran spesifik	: 526,2393 rpm
Jumlah	: 1 buah
Harga	: \$ 10,243,65

32) Pompa Utilitas – 08 (PU-08)

Fungsi	: Mengalirkan air dari bak air pendingin menuju pabrik sebanyak 29.967,4844 kg/jam
Jenis	: Centrifugal pump single stage
Tipe	: Radial Flow Impeller
Bahan	: Commercial steel
Kapasitas	: 29.967,4844 kg/jam
Kecepatan linier	: 131,9468 gpm

Head pompa	: 33,8427 ft
Tenaga pompa	: 2,6887 Hp
Tenaga motor	: 5 Hp
Putaran standar	: 500 rpm
Putaran spesifik	: 409,3269 rpm
Jumlah	: 1 buah
Harga	: \$ 53.323,24

33) Pompa Utilitas – 09 (PU-09)

Fungsi	: Mengalirkan air pendingin bebas dari bak air proses menuju cooling tower untuk didinginkan sebanyak 28.770,1374 kg/jam
Jenis	: Centrifugal pump single stage
Tipic	: Radial Flow Impeller
Bahan	: Commercial steel
Kapasitas	: 28.770,1374 kg/jam
Kecepatan linier	: 126,6748 gpm
Head pompa	: 29,4258 ft
Tenaga pompa	: 2,2444 Hp
Tenaga motor	: 3 Hp
Putaran standar	: 500 rpm
Putaran spesifik	: 445,4197 rpm
Jumlah	: 1 buah
Harga	: \$ 52.034,5

34) Pompa Utilitas – 10 (PU-10)

Fungsi	: Mengalirkan air dari cooling tower untuk dimanfaatkan kembali sebagai pendingin.
Jenis	: Centrifugal pump single stage
Tipe	: Mixed Flow Impeller
Bahan	: Commercial stell
Kapasitas	: 28770,1374 kg/jam
Kecepatan linier	: 126,6748 gpm
Head pompa	: 38,6229 ft
Tenaga pompa	: 2,9458 Hp
Tenaga motor	: 5 Hp
Putaran standar	: 1750 rpm
Putaran spesifik	: 1.271,3036 rpm
Jumlah	: 1 buah
Harga	: \$ 52.034,5

35) Pompa Utilitas – 11 (PU-11)

Fungsi	: Mengalirkan air bersih dari bak penampung menuju kation exchanger sebanyak 183,6168 kg/jam
Jenis	: Centrifugal pump single stage
Tipe	: Mixed Flow Impeller
Bahan	: Commercial steel
Kapasitas	: 183,96168 kg/jam

Kecepatan linier	: 0,8085 gpm
Head pompa	: 4,2823 ft
Tenaga pompa	: 0,0044 Hp
Tenaga motor	: 0,05 Hp
Putaran standar	: 3500 rpm
Putaran spesifik	: 1.057,1599 rpm
Jumlah	: 1 buah
Harga	: \$ 2.507,76

36) Pompa Utilitas – 12 (PU-12)

Fungsi	: Mengalirkan air dari kation exchanger menuju anion exchanger
Jenis	: Centrifugal pump single stage
Tipe	: Radial Flow Impeller
Bahan	: Commercial steel
Kapasitas	: 183,6168 kg/jam
Kecepatan linier	: 0,8085 gpm
Head pompa	: 6,8557 ft
Tenaga pompa	: 0,007 Hp
Tenaga motor	: 0,05 Hp
Putaran standar	: 3500 rpm
Putaran spesifik	: 742,7797 rpm
Jumlah	: 1 buah
Harga	: \$ 2.507,76

37) Pompa Utilitas – 13 (PU-13)

Fungsi	: Mengalirkan air dari tangki anion menuju tangki deaerator.
Jenis	: Centrifugal pump single stage
Tipe	: Mixed Flow Impeller
Bahan	: Commercial steel
Kapasitas	: 183,6168 kg/jam
Kecepatan linier	: 0,8085 gpm
Head pompa	: 4,2823 ft
Tenaga pompa	: 0,0044 Hp
Tenaga motor	: 0,05 Hp
Putaran standar	: 3500 rpm
Putaran spesifik	: 1.057,1599 rpm
Jumlah	: 1 buah
Harga	: \$ 2.507,76

38) Pompa Utilitas – 14 (PU-14)

Fungsi	: Mengalirkan air dari tangki deaerator menuju tangki umpan boiler.
Jenis	: Centrifugal pump single stage
Tipe	: Radial Flow Impeller
Bahan	: Commercial steel
Kapasitas	: 183,6168 kg/jam
Kecepatan linier	: 0,8085 gpm

Head pompa	: 11,1166 ft
Tenaga pompa	: 0,0114 Hp
Tenaga motor	: 0,05 Hp
Putaran standar	: 3500 rpm
Putaran spesifik	: 516,9168 rpm
Jumlah	: 1 buah
Harga	: \$ 2.507,76

39) Pompa Utilitas – 15 (PU-15)

Fungsi	: Mengalirkan air dari tangki umpan boiler menuju boiler
Jenis	: Centrifugal pump single stage
Tipe	: Radial Flow Impeller
Bahan	: Commercial steel
Kapasitas	: 183,6168 kg/jam
Kecepatan linier	: 0,8085 gpm
Head pompa	: 9,2905 ft
Tenaga pompa	: 0,0095 Hp
Tenaga motor	: 0,05 Hp
Putaran standar	: 3500 rpm
Putaran spesifik	: 591,3847 rpm
Jumlah	: 1 buah
Harga	: \$ 2.507,76

4.6 Laboratorium

4.6.1 Kegunaan Laboratorium

Laboratorium merupakan bagian yang sangat penting dalam menunjang kelancaran proses produksi dan menjaga mutu produk. Sedangkan fungsinya yang lain adalah untuk pengendalian terhadap pencemaran lingkungan, baik pencemaran udara maupun pencemaran air.

Laboratorium kimia merupakan sarana untuk mengadakan penelitian mengenai bahan baku, proses maupun produksi. Hal ini dilakukan untuk meningkatkan dan menjaga kualitas mutu produksi perusahaan. Analisa yang dilakukan dalam rangka pengendalian mutu meliputi analisa bahan baku dan bahan pembantu, analisa proses dan analisa kualitas produk. Tugas laboratorium antara lain :

- ◆ Memeriksa bahan baku dan bahan pembantu yang akan digunakan
- ◆ Menganalisa dan meneliti produk yang akan dipasarkan
- ◆ Melakukan percobaan yang ada kaitannya dengan proses produksi
- ◆ Memeriksa kadar zat-zat pada buangan pabrik yang dapat menyebabkan pencemaran agar sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan.

Laboratorium melaksanakan kerja selama 24 jam sehari dibagi dalam kelompok kerja shift dan non shift.

a. Kelompok kerja Non shift

Kelompok ini mempunyai tugas melaksanakan analisa khusus yaitu analisa kimia yang sifatnya tidak rutin dan menyediakan *reagen kimia* yang dibutuhkan laboratorium unit dalam rangka membantu pekerjaan

kelompok shift. Kelompok tersebut melakukan tugasnya di laboratorium utama dengan tugas antara lain:

- 1) Menyiapkan *reagen* untuk analisa laboratorium unit.
- 2) Menganalisa bahan buangan penyebab polusi tangki.
- 3) Melakukan penelitian atau pekerjaan untuk membantu kelancaran produksi.

b. Kelompok shift.

Kelompok kerja ini mengadakan tugas pemantauan dan analisa- analisa rutin terhadap proses produksi. Dalam melakukan tugasnya kelompok ini menggunakan sistem bergilir, yaitu kerja shift selama 24 jam dengan masing-masing shift bekerja selama 8 jam.

4.6.2 Program Kerja Laboratorium

Dalam upaya pengendalian mutu produk, pabrik *biodiesel* ini mengoptimalkan aktivitas laboratorium untuk pengujian mutu. Analisa pada proses pembuatan *biodiesel* ini dilakukan terhadap :

- 1) Bahan baku *Trigliresida* , yang dianalisa adalah kemurnian , *density* , kadar impurities / inert, warna, *viscositas*, kelarutan dalam *metanol*, *spesifik gravity*, dan indeks bias.
- 2) Bahan baku *metanol*, Ca(OH)_2 , yang dianalisa adalah kemurnian, kadar air, *density*, *viscositas*, kelarutan dalam metanol, *spesifik gravity*, kadar.
- 3) Produk Biodiesel yang dianalisa sesuai setandar ASTM

- 4) Produk samping *gliserol* yang diperiksa adalah *density*, kemurnian, *viscositas*.

Analisa untuk unit utilitas, meliputi :

- 1) Air lunak proses kapur dan air proses untuk penjernihan, yang dianalisa pH, silikat sebagai SiO_2 , Ca sebagai CaCO_3 , Sulfur sebagai SO_4^{2-} , chlor sebagai Cl_2 dan zat padat terlarut.
- 2) Penukar ion, yang dianalisa kesadahan CaCO_3 , silikat sebagai SiO_2 .
- 3) Air bebas mineral, analisa sama dengan penukar ion.
- 4) Air umpan boiler, yang dianalisa meliputi pH, kesadahan, jumlah O_2 terlarut dalam Fe.
- 5) Air dalam boiler, yang dianalisa meliputi pH, jumlah zat padat terlarut, kadar Fe, Kadar CaCO_3 , SO_3 , PO_4 , SiO_2 .
- 6) Air minum, yang dianalisa meliputi pH, *chlor* sisa dan kekeruhan.

Dalam menganalisa harus diperhatikan juga mengenai sample yang akan diambil dan bahaya-bahaya pada pengambilan sample. Sampel yang diperiksa untuk analisa terbagi menjadi tiga (3) bentuk, yaitu:

a. Gas

Cara penanganan/analisa dalam bentuk gas dapat dilaksanakan langsung di tempat atau di unit proses atau bisa dilakukan dengan pengambilan sampel dengan botol gas sampel yang selanjutnya dibawa ke laboratorium induk untuk dianalisa. Pengambilan sampel dalam bentuk gas harus diperhatikan segi keamanan, terlebih gas yang dianalisa berbahaya. Alat pelindung diri harus disesuaikan dengan sampel yang

akan diambil. Arah angin juga harus diperhatikan, yaitu kita harus membelakangi angin.

b. Cairan

Untuk melakukan analisa pada bentuk cairan, terlebih dulu contoh harus didinginkan bila contoh yang akan dianalisa panas. Untuk contoh yang berbahaya pengambilan cuplikan contoh dilakukan dengan pipet atau alat lainnya dan diupayakan tidak tertelan atau masuk mulut.

c. Padatan

Untuk mengambil sampel dalam bentuk padatan, dilakukan secara acak dan disimpan dalam tempat/botol yang tertutup. Sampel padatan disimpan dalam bentuk *container*/karung. Jumlah sampel yang harus diambil adalah akar dari jumlah *container*/karung yang ada. Pengambilan sampel padatan dalam conveyor yang berjalan dengan titik pengambilan, yaitu dua titik dipinggir dan satu titik ditengah.

Untuk mempermudah pelaksanaan program kerja laboratorium, maka laboratorium di pabrik ini dibagi menjadi 3 bagian :

a) Laboratorium Pengamatan

Tugas dari laboratorium ini adalah melakukan analisa secara fisika terhadap semua arus yang berasal dari proses proses produksi maupun tangki serta mengeluarkan "*Certificate of Quality*" untuk menjelaskan spesifikasi hasil pengamatan. Jadi pemeriksaan dan pengamatan dilakukan terhadap bahan baku dan produk akhir.

b) Laboratorium Analisa/Analitik

Tugas dari laboratorium ini adalah melakukan analisa terhadap sifat-sifat dan kandungan kimiawi bahan baku, produk akhir, kadar air, dan bahan kimia yang digunakan (*additive*, bahan-bahan injeksi, dan lain-lain)

c) Laboratorium Penelitian, Pengembangan dan Perlindungan Lingkungan

Tugas dari laboratorium ini adalah melakukan penelitian dan pengembangan terhadap kualitas material terkait dalam proses yang digunakan untuk meningkatkan hasil akhir. Sifat dari laboratorium ini tidak rutin dan cenderung melakukan penelitian hal-hal yang baru untuk keperluan pengembangan. Termasuk didalamnya adalah kemungkinan penggantian, penambahan, dan pengurangan alat proses.

4.6.3 Alat Analisa Penting

Alat analisa yang digunakan :

1) *Water Content Tester*

Alat ini digunakan untuk menganalisa kadar air.

2) *Hydrometer*

Alat ini digunakan untuk mengukur *Spesific gravity*.

3) *Viscometer batch*

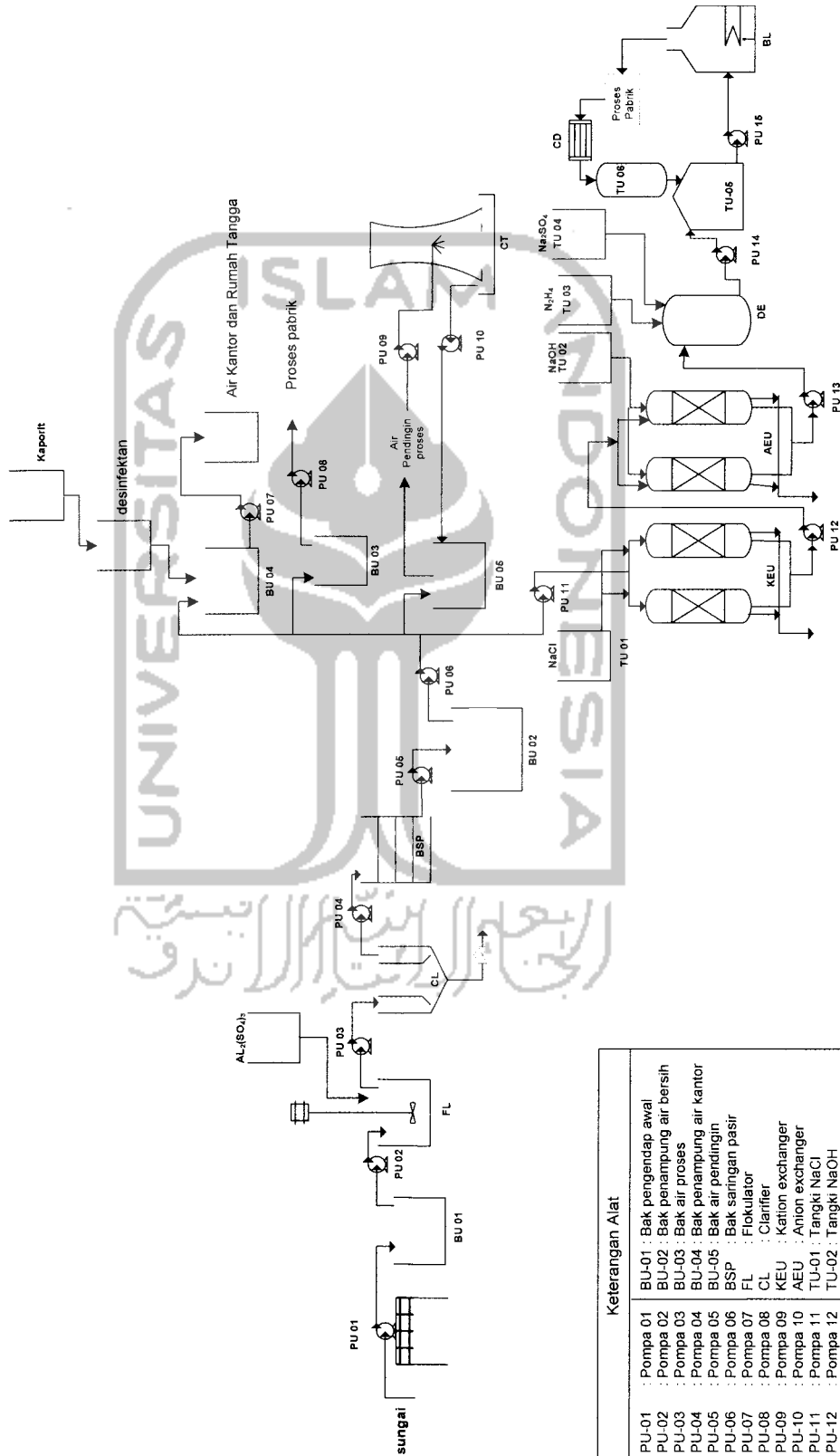
Digunakan untuk mengukur viscositas.

4) *Portable Oxygen Tester*

Untuk menganalisa kandungan oksigen dalam cerobong asap.

5) *Infra – Red Spectrometer*

Digunakan untuk mengukur indeks bias.



Keterangan Alat	
PU-01	: Pompa 01
PU-02	: Pompa 02
PU-03	: Pompa 03
PU-04	: Pompa 04
PU-05	: Pompa 05
PU-06	: Pompa 06
PU-07	: Pompa 07
PU-08	: Pompa 08
PU-09	: Pompa 09
PU-10	: Pompa 10
PU-11	: Pompa 11
PU-12	: Pompa 12
PU-13	: Pompa 13
PU-14	: Pompa 14
PU-15	: Pompa 15
BU-01	: Bak pengendap awal
BU-02	: Bak penampung air bersih
BU-03	: Bak air proses
BU-04	: Bak penampung air kantor
BU-05	: Bak air pendingin
BSP	: Bak saringan pasir
FL	: Flokulator
CL	: Clarifier
KEU	: Kation exchanger
AEU	: Anion exchanger
TU-01	: Tangki NaCl
TU-02	: Tangki NaOH
TU-03	: Tangki N2H4
TU-04	: Tangki Na2SO4
TU-05	: Tangki lumpur boiler
TU-06	: Tangki kondensat
DE	: Deaerator
BL	: Boiler
CT	: Colling tower

Gambar 4.3 Pengolahan air dan steam

4.7 Organisasi Perusahaan

4.7.1. Bentuk Perusahaan

Setiap organisasi perusahaan didirikan dengan tujuan untuk mempersatukan arah dan kepentingan semua unsur yang berkaitan dengan kepentingan perusahaan. Tujuan yang ingin dicapai adalah sebuah kondisi yang lebih baik dari sebelumnya. Faktor yang berpengaruh terhadap tercapainya tujuan yang diinginkan adalah kemampuan manajemen dan sifat-sifat dari tujuan itu sendiri.

Pabrik *Biodiesel* ini direncanakan didirikan pada tahun 2014 dengan bentuk perusahaan Perseroan Terbatas (PT). Faktor-faktor yang mendasari pemilihan bentuk perusahaan ini adalah :

- ◆ Modal mudah didapat, yaitu dari penjualan saham perusahaan kepada masyarakat.
- ◆ Dari segi hukum, kekayaan perusahaan jelas terpisah dari kekayaan pribadi pemegang saham.
- ◆ Kontinuitas perusahaan lebih terjamin karena perusahaan tidak tergantung pada satu pihak sebab kepemilikan dapat berganti.
- ◆ Effisiensi Manajemen. para pemegang saham dapat memilih orang yang ahli sebagai dewan direksi yang cakap dan berpengalaman.
- ◆ Pemegang saham menanggung resiko perusahaan hanya sebatas sebesar dana yang disertakan di perusahaan.
- ◆ Lapangan usaha lebih luas. Adanya penjualan saham, usaha dapat dikembangkan lebih luas.

Ciri-ciri Perseroan Terbatas yaitu Perseroan Terbatas antara lain :

- ◆ Didirikan dengan akta notaris berdasarkan Kitab Undang-Undang Hukum dagang
- ◆ Besarnya modal ditentukan dalam akta pendirian dan terdiri dari saham-saham
- ◆ Pemilik perusahaan adalah para pemegang saham.
- ◆ Pabrik dipimpin oleh seorang Direktur yang dipilih oleh para pemegang saham.
- ◆ Pembinaan personalia sepenuhnya diserahkan kepada Direktur dengan memperhatikan hukum-hukum perburuhan.

4.7.2. Struktur Organisasi Perusahaan

Struktur organisasi merupakan susunan yang terdiri dari fungsi-fungsi dan hubungan-hubungan yang menyatakan seluruh kegiatan untuk mencapai suatu sasaran. Secara fisik, struktur organisasi dapat dinyatakan dalam bentuk grafik yang memperlihatkan hubungan unit-unit organisasi dan garis-garis wewenang yang ada.

Salah satu faktor yang menunjang kemajuan perusahaan adalah stuktur organisasi yang terdapat dan dipergunakan dalam perusahaan tersebut, karena hal ini berhubungan dengan komunikasi yang terjadi di dalam perusahaan, demi tercapainya hubungan kerja yang baik antar karyawan. Untuk mendapatkan suatu sistem organisasi yang terbaik maka perlu diperhatikan beberapa asas yang dapat dijadikan pedoman, antara lain perumusan tugas perusahaan dengan jelas,

pendelegasian wewenang, pembagian tugas kerja yang jelas, kesatuan perintah dan tanggung jawab, sistem pengontrol atas pekerjaan yang telah dilaksanakan, dan organisasi perusahaan yang fleksibel.

Sistem struktur organisasi perusahaan ada tiga yaitu *line*, *line* dan *staff*, serta sistem fungsional. Dengan berpedoman terhadap asas-asas tersebut maka diperoleh bentuk struktur organisasi yang baik, yaitu sistem *line/lini* dan *staff*. Pada sistem ini, garis kekuasaan lebih sederhana dan praktis. Demikian pula kebaikan dalam pembagian tugas kerja seperti yang terdapat dalam sistem organisasi fungsional, sehingga seorang karyawan hanya akan bertanggung jawab pada seorang atasan saja. Sedangkan untuk mencapai kelancaran produksi, maka perlu dibentuk staff ahli yang terdiri atas orang-orang yang ahli di bidangnya. Bantuan pikiran dan nasehat akan diberikan oleh staf ahli kepada tingkat pengawas, demi tercapainya tujuan perusahaan.

Ada dua kelompok orang-orang yang berpengaruh dalam menjalankan organisasi *line/lini* dan staf ini, yaitu orang-orang yang melaksanakan tugas pokok organisasi dalam rangka mencapai tujuan yang disebut lini dan orang-orang yang menjalankan tugasnya dengan keahlian yang dimilikinya dalam hal ini berfungsi untuk memberikan saran-saran kepada unit operasional dan disebut staf.

Pemegang saham sebagai pemilik perusahaan, dalam pelaksanaan tugas sehari-harinya diwakili oleh Dewan Komisaris, sedangkan tugas untuk menjalankan perusahaan dilaksanakan oleh seorang Direktur yang dibantu oleh Kepala Bidang Produksi serta Kepala Bidang Keuangan dan Umum. Kepala Bidang membawahi beberapa Kepala Seksi, yang akan bertanggung jawab

membawahi seksi-seksi dalam perusahaan, sebagai bagian dari pendelegasian wewenang dan tanggung jawab. Kepala Bidang Produksi membawahi Seksi Operasi dan Seksi Teknik. Sedangkan Kepala Bidang Keuangan dan Umum yang membidangi kelancaran pelayanan dan pemasaran, membawahi Seksi Umum, Seksi Pemasaran, dan Seksi Keuangan & Administrasi. Masing-masing Kepala Seksi akan membawahi Koordinator Unit atau langsung membawahi karyawan. Unit koordinator untuk mengkoordinasi dan mengawasi karyawan yang ada di unitnya.

Dengan adanya struktur organisasi pada perusahaan maka akan diperoleh beberapa keuntungan, antara lain :

- ◆ Menjelaskan dan menjernihkan persoalan mengenai pembagian tugas, tanggungjawab, wewenang, dan lain-lain.
- ◆ Penempatan pegawai yang lebih tepat
- ◆ Penyusunan program pengembangan manajemen perusahaan akan lebih terarah
- ◆ Ikut menentukan pelatihan yang diperlukan untuk pejabat yang sudah ada
- ◆ Sebagai bahan orientasi untuk pejabat
- ◆ Dapat mengatur kembali langkah kerja dan prosedur kerja yang berlaku bila terbukti kurang lancar.

4.7.3. Tugas dan Wewenang

4.7.3.1. Pemegang Saham

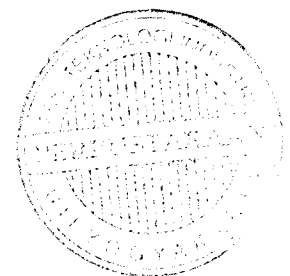
Pemegang saham sebagai pemilik perusahaan adalah beberapa orang yang mengumpulkan modal untuk kepentingan pendirian dan berjalannya operasi perusahaan tersebut. Kekuasaan tertinggi pada perusahaan yang berbentuk PT adalah rapat umum pemegang saham (RUPS). Pada rapat umum tersebut, para pemegang saham bertugas untuk :

- a. Mengangkat dan memberhentikan Dewan Komisaris.
- b. Mengangkat dan memberhentikan Direktur.
- c. Mengesahkan hasil-hasil usaha serta neraca perhitungan untung rugi tahunan dari perusahaan.

4.7.3.2. Dewan Komisaris

Dewan Komisaris merupakan pelaksana dari pemilik saham dan bertanggungjawab terhadap pemilik saham. Tugas Dewan Komisaris meliputi:

- a. Menilai dan menyetujui Direksi tentang kebijakan umum, target laba perusahaan , alokasi sumber-sumber dana dan pengarahannya pemasaran.
- b. Mengawasi tugas direksi
- c. Membantu direksi dalam hal yang penting



4.7.3.3. Dewan Direksi

Direktur Utama merupakan pimpinan tertinggi dalam perusahaan dan bertanggungjawab sepenuhnya terhadap maju mundurnya perusahaan. Direktur Utama bertanggungjawab pada Dewan Komisaris atas segala tindakan dan kebijaksanaan yang telah diambil sebagai pimpinan perusahaan. Direktur Utama membawahi Direktur Teknik dan Produksi serta Direktur Keuangan dan Umum.

Tugas Direktur Utama antara lain :

- 1) Melakukan kebijaksanaan perusahaan dan mempertanggungjawabkan pekerjaannya pada pemegang saham pada rapat umum pemegang saham.
- 2) Menjaga kestabilan manajemen perusahaan dan membuat kelangsungan hubungan yang baik antara pemilik saham, pimpinan dan karyawan.
- 3) Mengangkat dan memberhentikan kepala bagian dengan persetujuan rapat untuk pemegang saham.
- 4) Mengkoordinasi kerja sama dengan Direktur Teknik dan Produksi, Direktur Keuangan dan Umum, serta Personalia.

Tugas Direktur Teknik dan Produksi antara lain :

- 1) Bertanggungjawab pada Direktur Utama dalam bidang produksi dan teknik.
- 2) Mengkoordinasi, mengatur dan mengawasi pelaksanaan kepala bagian yang dibawahinya.

Tugas Direktur Keuangan dan Umum antara lain :

1. Bertanggungjawab kepada Direktur Utama dalam bidang keuangan, pelayanan umum, K3 dan litbang serta pemasaran.
2. Mengkoordinasi, mengatur dan mengawasi pelaksanaan kepala bagian yang dibawahinya.

4.7.3.4. Staff Ahli

Staff ahli terdiri dari tenaga-tenaga ahli yang bertugas membantu Dewan Direksi dalam menjalankan tugasnya baik yang berhubungan dengan teknis maupun administrasi. *Staff* ahli bertanggungjawab kepada Direktur Utama sesuai dengan bidang keahliannya masing-masing.

Tugas dan wewenang *staff* ahli antara lain :

- a) Memberikan nasehat dan saran dalam perencanaan pengembangan perusahaan.
- b) Mengadakan evaluasi teknik dan ekonomi perusahaan.
- c) Memberikan saran dalam bidang hukum

4.7.3.5. Kepala Bagian

Secara umum tugas kepala bagian adalah mengkoordinasi, mengatur dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan garis-garis yang diberikan oleh pimpinan perusahaan. Kepala bagian dapat juga bertindak sebagai staff direktur

bersama-sama dengan *staff* ahli. Kepala bagian ini bertanggungjawab kepada direktur masing-masing.

a. Kepala Bagian Produksi

Bertanggungjawab kepada Direktur Teknik dan Produksi dalam bidang mutu dan kelancaran produksi. Kepala bagian membawahi :

- Seksi proses.
- Seksi pengendalian
- Seksi Laboratorium

b. Kepala Bagian Teknik

Bertanggungjawab kepada Direktur Teknik dan Produksi dalam bidang peralatan proses dan utilitas serta mengkoordinasi kepala-kepala seksi yang dibawahinya. Kepala bagian teknik membawahi :

- Seksi pemeliharaan
- Seksi utilitas

c. Kepala Bagian Pemasaran

Bertanggungjawab kepada Direktur Keuangan dan Umum dalam bidang bahan baku dan pemasaran hasil produksi.

Kepala Bagian Pemasaran membawahi :

- Seksi Pembelian
- Seksi Pemasaran/penjualan

d. Kepala Bagian Keuangan

Bertanggungjawab kepada Direktur Keuangan dan Umum dalam bidang administrasi dan keuangan.

Kepala Bagian Keuangan membawahi :

- Seksi Administrasi
- Seksi kas

e. Kepala Bagian Umum

Bertanggungjawab kepada Direktu Keuangan dan Umum dalam bidang personalia, hubungan masyarakat dan keamanan.

Kepala Bagian Umum membawahi :

- Seksi Personalia
- Seksi Humas
- Seksi Keamanan

4.7.3.6. Kepala Seksi

Kepala seksi adalah pelaksana pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai rencana yang telah diatur oleh kepala bagian masing-masing supaya diperoleh hasil yang maksimum dan efektif selama berlangsungnya proses produksi. Setiap kepala seksi bertanggungjawab kepada kepala bagian sesuai dengan seksinya masing-masing.

a. Kepala Seksi Proses

Tugas Kepala Seksi Proses bertanggung jawab kepada Kepala Bagian Produksi dalam bidang mutu dan kelancaran proses produksi.

Seksi Proses :

Tugas seksi proses antara lain :

- ◆ Mengawasi jalannya proses dan produksi dan

- ◆ Menjalankan tindakan sepenuhnya pada peralatan produksi yang mengalami kerusakan sebelum diperbaiki oleh seksi yang berwenang.

b. Kepala Seksi Pengendalian

Tugas Kepala Seksi Pengendalian bertanggung jawab kepada Kepala Bagian Produksi dalam hal kelancaran proses produksi yang berkaitan dengan keselamatan aktivitas produksi.

Seksi Pengendalian :

Tugas seksi Pengendalian antara lain :

- ◆ Menangani hal-hal yang dapat mengancam keselamatan pekerja dan mengurangi potensi bahaya yang ada.
- ◆ Bertanggung jawab terhadap perencanaan dan pengawasan keselamatan proses, instalasi peralatan, karyawan, dan lingkungan (inspeksi)

c. Kepala Seksi Laboratorium

Tugas Kepala Seksi Pengendalian bertanggung jawab kepada Kepala Bagian Produksi dalam hal pengawasan dan analisa produksi.

Seksi Laboratorium :

Tugas seksi Laboratorium antara lain :

- ◆ Mengawasi dan menganalisa mutu bahan baku dan bahan pembantu,
- ◆ Mengawasi dan menganalisa mutu produksi,
- ◆ Mengawasi hal-hal yang berhubungan dengan buangan pabrik, dan
- ◆ Membuat laporan berkala kepada Kepala Bagian Produksi.

d. Kepala Seksi Pemeliharaan

Tugas Kepala Seksi pemeliharaan bertanggung jawab kepada Kepala Bagian Teknik dalam bidang pemeliharaan peralatan., inspeksi dan keselamatan proses dan lingkungan, ikut memberikan bantuan teknik kepada seksi operasi.

Seksi Pemeliharaan :

Tugas seksi Pemeliharaan :

merencanakan dan melaksanakan pemeliharaan fasilitas gedung dan peralatan pabrik serta memperbaiki kerusakan peralatan pabrik.

e. Kepala Seksi Utilitas

Tugas kepala seksi penelitian adalah bertanggungjawab kepada Kepala Bagian Teknik dalam hal utilitas.

Seksi Utilitas :

Tugas seksi Utilitas :

Melaksanakan dan mengatur sarana utilitas untuk memenuhi kebutuhan proses, kebutuhan air, uap air dan tenaga kerja.

f. Kepala Seksi Penelitian

Tugas kepala seksi penelitian adalah bertanggungjawab kepada Kepala Bagian R & D dalam hal mutu produk.

Seksi Penelitian :

Tugas Seksi Penelitian :

Melakukan riset guna mempertinggi mutu suatu produk

- ◆ Mengamankan uang dan meramalkan tentang keuangan masa depan, serta
- ◆ Mengadakan perhitungan tentang gaji dan insentif karyawan.

j. Kepala Seksi Penjualan

Tugas Kepala Seksi Penjualan bertanggung jawab kepada Kepala Bagian Pemasaran dalam bidang pemasaran hasil produksi.

Seksi Penjualan :

Tugas seksi Penjualan :

Merencanakan strategi penjualan hasil produksi dan mengatur distribusi hasil produksi dari gudang.

k. Kepala Seksi Pembelian

Tugas Kepala Seksi Pembelian bertanggung jawab kepada Kepala Bagian Pemasaran dalam bidang penyediaan bahan baku dan peralatan.

Seksi Pembelian :

Tugas seksi pembelian :

Melaksanakan pembelian barang dan peralatan yang dibutuhkan perusahaan, serta mengetahui harga pasaran dari suatu bahan baku serta mengatur keluar masuknya bahan dan alat dari gudang.

l. Kepala Seksi Personalia

Tugas Kepala Seksi Personalia bertanggung jawab kepada Kepala Bagian Umum dalam hal sumber daya manusia.

Seksi personalia :

Tugas seksi Personalia antara lain :

- ◆ Mengelola sumber daya manusia dan manajemen.
- ◆ Membina tenaga kerja dan menciptakan suasana kerja yang sebaik mungkin antara pekerja dan pekerjaannya serta lingkungannya supaya tidak terjadi pemborosan waktu dan biaya
- ◆ Mengusahakan disiplin kerja yang tinggi dalam menciptakan kondisi kerja yang tenang dan dinamis, serta
- ◆ Melaksanakan hal-hal yang berhubungan dengan kesejahteraan karyawan.

m. Kepala Seksi Humas

Tugas Kepala Seksi Humas bertanggung jawab kepada Kepala Bagian Umum dalam hal hubungan masyarakat.

Seksi Humas :

Tugas seksi Humas :

Mengatur hubungan antara perusahaan dengan masyarakat di luar lingkungan perusahaan.

n. Kepala Seksi Keamanan

Tugas Kepala Seksi Humas bertanggung jawab kepada Kepala Bagian Umum yang menyangkut keamanan di sekitar pabrik.

Seksi Keamanan :

Tugas seksi Keamanan antara lain :

- ◆ Menjaga semua bangunan pabrik dan fasilitas perusahaan
- ◆ Mengawasi keluar masuknya orang baik karyawan atau bukan di lingkungan pabrik, serta
- ◆ Menjaga dan memelihara kerahasiaan yang berhubungan dengan intern perusahaan.

4.7.4. Sistem Kepegawaian dan Sistem Gaji

Pada pabrik *Biodiesel* ini sistem gaji karyawan berbeda-beda tergantung pada status karyawan, kedudukan, tanggungjawab dan keahlian. Pembagian karyawan pabrik ini dapat dibagi menjadi tiga golongan antara lain :

1) Karyawan Tetap

Yaitu karyawan yang diangkat dan diberhentikan dengan Surat Keputusan (SK) direksi dan mendapat gaji bulanan sesuai dengan kedudukan, keahlian dan masa kerja.

2) Karyawan Harian

Yaitu karyawan yang diangkat dan diberhentikan direksi tanpa SK direksi dan mendapat upah harian yang dibayar tiap-tiap akhir pekan.

3) Karyawan Borongan

Yaitu karyawan yang dikaryakan oleh pabrik bila diperlukan saja. Karyawan ini menerima upah borongan untuk suatu pekerjaan.

4.7.5 Pembagian Jam Kerja Karyawan

Jadwal kerja di perusahaan ini di bagi menjadi dua bagian, yaitu jadwal kerja kantor (jadwal *non shift*) dan jadwal kerja pabrik (jadwal *shift*).

4.7.5.1. Jadwal Non Shift

Jadwal ini berlaku untuk karyawan kantor (*office*). Dalam satu minggu jam kantor adalah 40 jam dengan perincian sebagai berikut :

- Senin – Jum’at : 08.00 – 16.30 WIB.
- Istirahat : 12.00 – 13.00 WIB.
- Coffee Break I : 09.45 – 10.00 WIB.
- Coffee Break II : 14.45 – 15.00 WIB.
- Sabtu : 08.00 – 13.30 WIB.
- Istirahat Sabtu : 12.00 – 12.30 WIB.

4.7.5.2. Jadwal Shift

Jadwal kerja ini diberlakukan kepada karyawan yang berhubungan langsung dengan proses produksi, misalnya bagian produksi, mekanik, laboratorium, genset dan elektrik, dan instrumentasi.

Jadwal kerja pabrik ini dibagi dalam 3 shift, yaitu :

- Shift I : 24.00 – 08.00 WIB.
- Shift II : 08.00 – 16.00 WIB.
- Shift III : 16.00 – 24.00 WIB.

Setelah dua hari masuk shift II, dua hari shift III, dan dua hari shift I, maka karyawan shift ini mendapat libur selama dua hari. Setiap

4.7.6 Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan dan Gaji

4.7.6.1. Penggolongan Jabatan

Tabel 4.22. Penggolongan jabatan

No	Jabatan	Pendidikan
(1)	(2)	(3)
1.	Direktur Utama	Sarjana Teknik Kimia
2.	Direktur Teknik dan Produksi	Sarjana Teknik Kimia
3.	Direktur Keuangan dan Umum	Sarjana Ekonomi
4.	Kepala Bagian Produksi	Sarjana Teknik Kimia
5.	Kepala Bagian Teknik	Sarjana Teknik Mesin/Elektro
6.	Kepala Bagian R & D	Sarjana Teknik Kimia
7.	Kepala Bagian Keuangan	Sarjana Ekonomi
8.	Kepala Bagian Pemasaran	Sarjana Ekonomi
9.	Kepala Bagian Umum	Sarjana Hukum
10.	Kepala Seksi	Sarjana Muda Teknik Kimia
11.	Operator	STM/SMU/Sederajat
12.	Sekretaris	Akademi Sekretaris
13.	Staff	Sarjana Muda / D III
13.	Medis	Dokter
14.	Paramedis	Perawat
15.	Lain-lain	SD/SMP/Sederjat

Lanjutan tabel 4.26

24.	Kepala Seksi Pengembangan	1
25.	Kepala Seksi Penelitian	1
26.	Karyawan Personalia	4
27.	Karyawan Humas	3
28.	Karyawan Keamanan	9
29.	Karyawan Pembelian	4
30.	Karyawan Pemasaran	4
31.	Karyawan Administrasi	3
32.	Karyawan Kas/Anggaran	3
33.	Karyawan Proses	32
34.	Karyawan Pengendalian	4
35.	Karyawan Laboratorium	6
36.	Karyawan Pemeliharaan	4
37.	Karyawan Utilitas	10
38.	Karyawan KKK	3
39.	Karyawan Litbang	4
40.	Karyawan Pemadam Kebakaran	4
41.	Medis	1
42.	Paramedis	3
43.	Sopir	3
44.	Cleaning Service	8
	Total	139

4.7.6.3. Sistem Gaji Pegawai

Sistem gaji perusahaan ini dibagi menjadi 3 golongan yaitu :

1) Gaji Bulanan

Gaji ini diberikan kepada pegawai tetap dan besarnya gaji sesuai dengan peraturan perusahaan.

2) Gaji Harian

Gaji ini diberikan kepada karyawan tidak tetap atau buruh harian.

3) Gaji Lembur

Gaji ini diberikan kepada karyawan yang bekerja melebihi jam kerja yang telah ditetapkan dan besarnya sesuai dengan peraturan perusahaan.

Tabel 4.24. Perincian penggolongan gaji berdasar jabatan

Golongan	Jabatan	Gaji/Bulan
(1)	(2)	(3)
1	Direktur Utama	Rp. 20.000.000,00
2	Direktur	Rp. 15.000.000,00
3	Staff Ahli	Rp. 5.000.000,00
4	Kepala Bagian	Rp. 8.000.000,00
5	Kepala Seksi	Rp. 4.500.000,00
6	Sekretaris	Rp. 1.800.000,00
7	Dokter	Rp. 4.000.000,00
8	Paramedis	Rp. 1.500.000,00
9	Karyawan	Rp. 1.500.000,00
10	Satpam	Rp. 1.200.000,00
11	Sopir	Rp. 900.000,00
12	Cleaning service	Rp. 500.000,00

4.7.7 Kesejahteraan Sosial Karyawan

Semua karyawan dan staff di perusahaan ini akan mendapat :

1) *Salary*

- a. *Salary*/bulan
- b. Bonus per tahun untuk staff, min 2 kali *basic salary*
- c. THR per tahun untuk semua staff, 1 kali *basic salary*
- d. Natal per tahun untuk semua staff, 1 kali *basic salary*
- e. Jasa per tahun untuk semua staff, 1 kali *basic salary*

2) Jaminan sosial dan pajak pendapatan

- a. Pajak pendapatan semua karyawan menjadi tanggungan perusahaan
- b. Jamsostek : 3,5 % kali *basic salary*.
 - 1,5 % tanggungan perusahaan
 - 2 % tanggungan karyawan

3) *Medical*

- a. *Emergency* : tersedia poliklinik pengobatan gratis
- b. Tahunan : pengobatan untuk staff dan keluarganya bebas, ditanggung perusahaan.

4) Perumahan

Untuk staff disediakan mess

5) Rekreasi dan olahraga

- a. Rekreasi : Setiap 1 tahun sekali karyawan bersama keluarganya bersama-sama mengadakan tour atas biaya perusahaan.

untuk diikuti dengan kegiatan perencanaan dan pengendalian agar dapat dihindari terjadinya penyimpangan-penyimpangan yang tidak terkendali. Perencanaan ini sangat erat kaitannya dengan pengendalian dimana perencanaan merupakan tolak ukur bagi kegiatan operasional sehingga penyimpangan yang terjadi dapat segera diketahui dan selanjutnya dikendalikan kearah yang sesuai.

4.7.8.1 Perencanaan Produksi

Dalam menyusun rencana produksi secara garis besar ada 2 hal yang perlu diperhatikan, yaitu faktor eksternal dan faktor internal. Faktor eksternal adalah faktor yang menyangkut kemampuan pasar terhadap jumlah produk yang dihasilkan, sedangkan faktor internal adalah kemampuan pabrik.

a) Kemampuan Pasar

Dapat dibagi menjadi 2 kemungkinan, yaitu :

- Kemampuan pasar lebih besar dibandingkan kemampuan pabrik, maka rencana produksi disusun secara maksimal.
- Kemampuan pasar lebih kecil dibandingkan kemampuan pabrik.

Oleh karena itu perlu dicari alternatif untuk menyusun rencana produksi, misalnya :

- Rencana produksi sesuai dengan kemampuan pasar atau produksi diturunkan sesuai kemampuan pasar dengan mempertimbangkan untung dan rugi
- Rencana produksi tetap dengan mempertimbangkan bahwa kelebihan produksi disimpan dan dipasarkan tahun berikutnya.

b) Kemampuan Pabrik

Pada umumnya pabrik ditentukan oleh beberapa faktor, antara lain :

➤ Material (bahan baku)

Dengan pemakaian material yang memenuhi kualitas dan kuantitas maka akan tercapai target produksi yang diinginkan.

➤ Manusia (tenaga kerja)

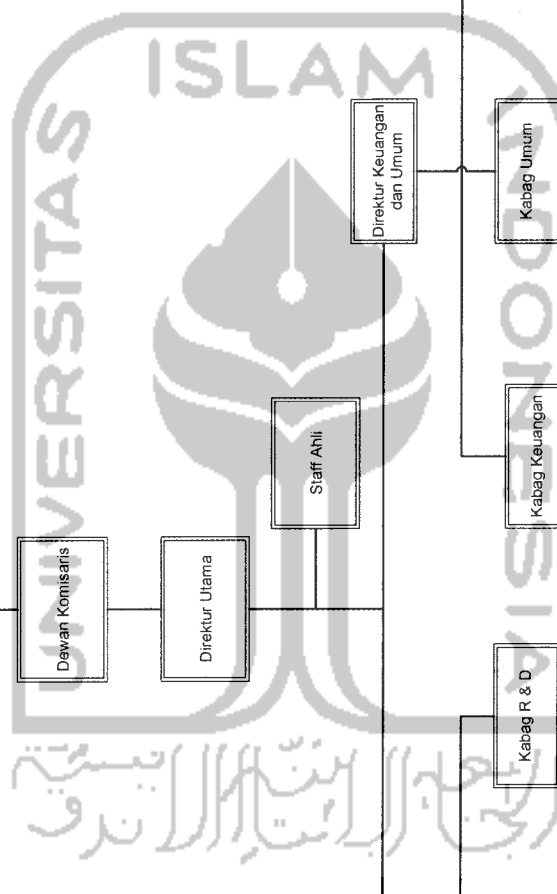
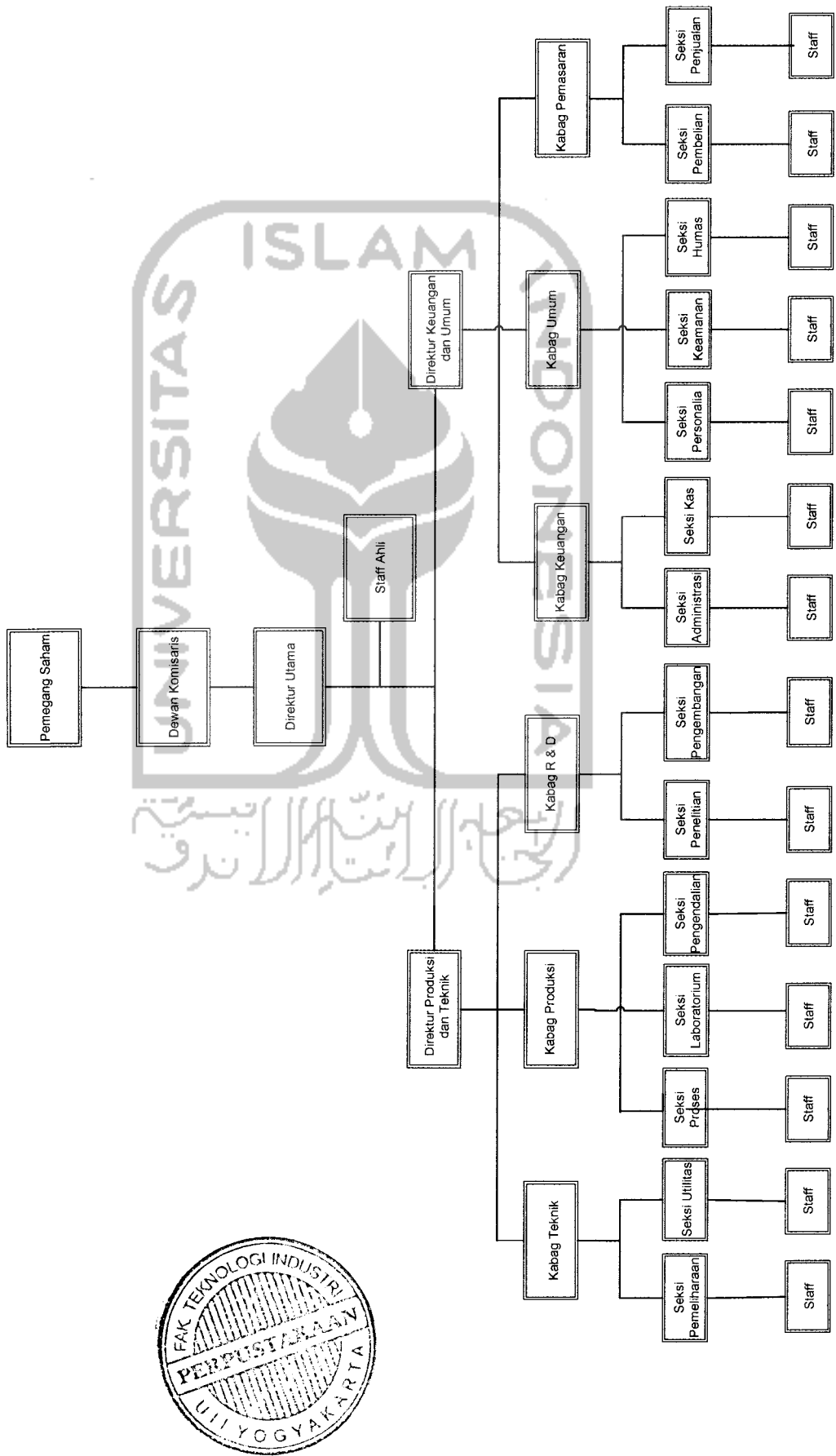
Kurang terampilnya tenaga kerja akan menimbulkan kerugian pabrik, untuk itu perlu dilakukan pelatihan pada karyawan agar keterampilannya meningkat

➤ Mesin (peralatan)

Ada dua hal yang mempengaruhi keandalan mesin yaitu jam kerja mesin efektif dan kemampuan mesin. Jam kerja efektif adalah kemampuan alat untuk beroperasi pada kapasitas yang diinginkan untuk periode tertentu. Kemampuan mesin adalah kemampuan alat dalam proses produksi.

4.7.8.2 Pengendalian Produksi

Setelah seluruh perencanaan disusun dan produksinya dijalankan, maka perlu adanya pengawasan dan pengendalian produksi agar proses berjalan dengan baik. Kegiatan proses produksi diharapkan menghasilkan produk yang mutunya sesuai dengan standard serta jumlah produksi maupun waktunya sesuai dengan rencana dan tepat sesuai jadwal, untuk itu perlu dilaksanakan pengendalian kualitas, pengendalian kuantitas, dan pengendalian waktu.



Gambar 4.4 Struktur Organisasi

4.8. ANALISA EKONOMI

Analisa ekonomi dimaksudkan untuk mengetahui apakah pabrik yang dirancang dapat menguntungkan atau tidak. Untuk itu pada perancangan pabrik *Biodiesel* ini dibuat evaluasi atau penilaian investasi yang ditinjau dengan metode:

- 1) *Return Of Investment*
- 2) *Pay Out Time*
- 3) *Discounted Cash Flow rate Of Return*
- 4) *Break Even Point*
- 5) *Shut Down Point*

Untuk meninjau faktor-faktor diatas perlu diadakan penafsiran terhadap beberapa faktor, yaitu:

1. Penaksiran Modal Industri (*Total Capital Investment*) yang terdiri atas:
 - a. Modal Tetap (*Fixed Capital*)
 - b. Modal Kerja (*Working Capital*)
2. Penentuan Biaya Produksi Total (*Production Investment*) yang terdiri atas:
 - a. Biaya Pembuatan (*Manufacturing Cost*)
 - b. Biaya Pengeluaran Umum (*General Expense*)
3. Total Pendapatan.

4.8.1. Penaksiran Harga Peralatan

Harga peralatan proses selalu mengalami perubahan setiap tahun tergantung pada kondisi ekonomi yang ada. Untuk mengetahui harga peralatan

yang ada sekarang, dapat ditaksir dari harga tahun lalu berdasarkan indeks harga. Persamaan pendekatan yang digunakan untuk memperkirakan harga peralatan pada saat seakrang adalah:

$$E_x = E_y \frac{N_x}{N_y} \quad (\text{Aries \& Newton P.16, 1955})$$

Dalam hubungan ini:

E_x = harga alat pada tahun X

E_y = harga alat pada tahun Y

N_x = nilai indeks tahun X

N_y = nilai indeks tahun Y

Jenis indeks yang digunakan adalah *Chemical Engineering Plant Cost Index* dari Majalah "*Chemical Engineering*".

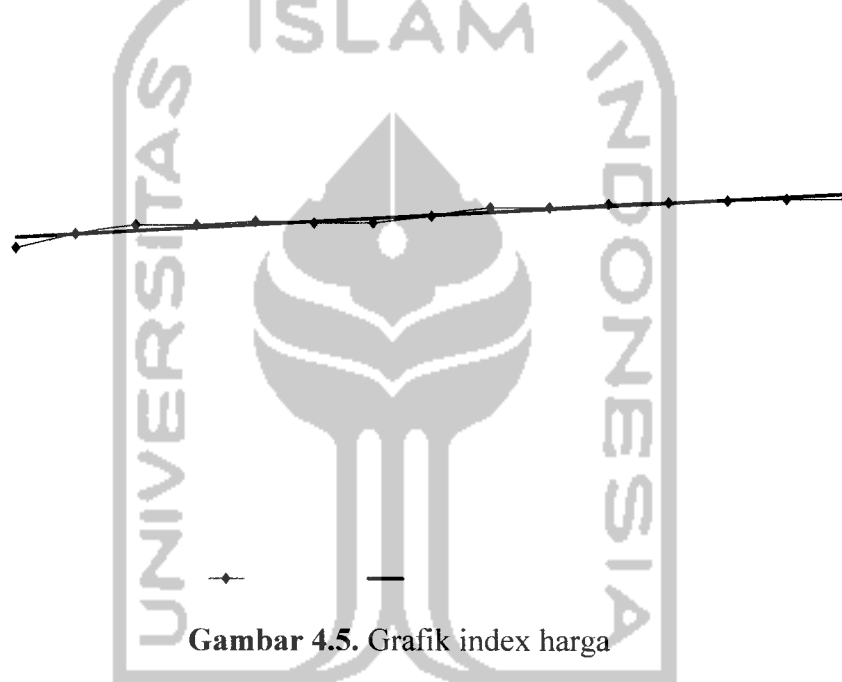
Table 4.25. Indeks harga alat pada berbagai tahun

Tahun	X (Tahun)	Y (Index)
(1)	(2)	(3)
1987	1	324
1988	2	343
1989	3	355
1990	4	356
1991	5	361,3
1992	6	358,2
1993	7	359,2
1994	8	368,1
1995	9	381,1
1996	10	381,7
1997	11	386,5

Lanjutan Tabel 4.25.

1998	12	389,5
1999	13	390,6
2000	14	394,1
2001	15	394,3

(Sumber: majalah "Chemical Engineering", Juli 2001)



Gambar 4.5. Grafik index harga

Untuk jenis alat yang sama tapi kapasitas berbeda, harga suatu alat dapat diperkirakan dengan menggunakan persamaan pendekatan sebagai berikut:

$$E_b = E_a \left(\frac{C_b}{C_a} \right)^x$$

Dimana:

E_a = Harga alat dengan kapasitas diketahui.

E_b = Harga alat dengan kapasitas dicari.

C_a = Kapasitas alat A.

C_b = Kapasitas alat B.

x = Eksponen.

Besarnya harga eksponen bermacam-macam, tergantung dari jenis alat yang akan dicari harganya. Harga eksponen untuk bermacam-macam jenis alat dapat dilihat pada Peter & Timmerhause 2th edition, halaman 170.

4.8.2. Dasar Perhitungan

Kapasitas Produksi	= 60.000 ton/tahun
Satu tahun operasi	= 330 hari
Umur pabrik	= 10 tahun
Pabrik didirikan	= 2014
Kurs mata uang	= 1 US\$ = Rp 9200

4.8.3. Perhitungan Biaya

4.8.3.1. Capital Investment

Capital investment adalah banyaknya pengeluaran-pengeluaran yang diperlukan untuk fasilitas-fasilitas produksi dan untuk menjalankannya. *Capital investment* meliputi:

- Fixed Capital Investment* adalah investasi untuk mendirikan fasilitas produksi dan pembuatannya.
- Working Capital* adalah investasi yang diperlukan untuk menjalankan usaha/modal dari suatu pabrik selama waktu tertentu.

4.8.3.2. *Manufacturing Cost*

Manufacturing cost adalah biaya yang diperlukan untuk produksi suatu bahan, merupakan jumlah *direct*, *indirect* dan *fixed manufacturing cost* yang berkaitan dengan produk.

- a. *Direct Cost* adalah adalah pengeluaran yang berkaitan langsung dengan pembuatan produk.
- b. *Indirect Cost* adalah pengeluaran-pengeluaran sebagai akibat tidak langsung karena operasi pabrik.
- c. *Fixed Cost* merupakan harga yang berkaitan dengan *fixed capital* dan pengeluaran-pengeluaran yang bersangkutan dimana harganya tetap, tidak tergantung waktu maupun tingkat produksi.
- d. *General Expenses* atau pengeluaran umum meliputi pengeluaran-pengeluaran yang bersangkutan dengan fungsi-fungsi perusahaan yang tidak termasuk *manufacturing cost*.

4.8.3.3. *General Expense*

General expense atau pengeluaran umum meliputi pengeluaran-pengeluaran yang berkaitan dengan fungsi-fungsi perusahaan yang tidak termasuk *manufacturing cost*.

4.8.4. **Analisa Kelayakan**

Untuk dapat mengetahui keuntungan yang diperoleh tergolong besar atau tidak, sehingga dapat dikategorikan apakah pabrik tersebut potensial atau tidak, maka dilakukan analisa atau evaluasi kelayakan.

4.8.4.1. Percent Return of Investment (ROI)

Return of Investment adalah biaya *fixed capital* yang kembali pertahun atau tingkat keuntungan yang dapat dihasilkan dari tingkat investasi yang telah dikeluarkan.

$$\text{ROI} = \frac{\text{Pr ofit}}{\text{FCI}} \times 100\%$$

$$\text{FCI} = \text{Fixed Capital Investment}$$

4.8.4.2. Pay Out Time (POT)

Pay Out Time adalah jumlah tahun yang telah berselang, sebelum didapatkan sebuah penerimaan yang melebihi investasi awal atau jumlah tahun yang diperlukan untuk kembalinya *capital investment* dengan *profit* sebelum dikurangi depresiasi.

4.8.4.3. Discounted Cash Flow of Return (DCFR)

Evaluasi keuntungan dengan cara *discounted cash flow* uang tiap tahun berdasarkan investasi yang tidak kembali setiap akhir tahun selama umur pabrik (*present value*).

4.8.4.4. Break Even Point (BEP)

Break even point adalah titik impas (kondisi dimana pabrik tidak mendapatkan keuntungan maupun kerugian). Kapasitas pabrik pada saat *sales value* sama dengan *total cost*. Pabrik akan rugi jika beroperasi di bawah BEP dan untung jika beroperasi di atasnya.

$$\text{BEP} = \frac{Fa \times 0,3Ra}{Sa - Va - 0,7Ra} \times 100\%$$

4.8.5. Hasil Perhitungan

4.8.5.1. Penentuan Total Capital Investment (TCI)

4.8.5.1.1 Modal Tetap (Fixed Capital Investment)

Tabel 4.26 Fixed Capital Investment

No	Type of Capital Investment	US \$	Rupiah (Rp)
(1)	(2)	(3)	(4)
1	Delivered Equipment	4.046.845,51	-
2	Equipment Instalation	51.799,62	3.936.771.315,62
3	Piping	59.893,31	4.551.891.833,68
4	Instrumentation	4.856,21	369.072.310,84
5	Insulation	8.093,69	615.120.518,07
6	Electrical	8.093,69	615.120.518,07
7	Buildings	-	1.117.500.000
8	Land and Yard Improvement	-	12.625.000.000
9	Utilities	4.838.967.943,16	1.850.881,17
	Physical Plant Cost	8.199.572,41	33.137.161.886,42
10	Engineering and Construction	1.639.914,48	6.627.432.377,28
	Direct Plant Cost	9.839.486,89	39.764.594.263,71
11	Contractor's Fee	491.974,34	1.988.229.713,19
12	Contingency	1.475.923,003	5.964.689.139,56
	Fixed Capital	11.807.384,27	47.717.513.116,45

Kurs mata uang : \$ 1 = Rp. 9200,00

Total Fixed Capital Investment dalam rupiah

$$= (\$11.807.384,27 \times \text{Rp. } 9200 / \$ 1) + \text{Rp. } 47.717.513.116,45$$

$$= \text{Rp. } 156.345.448.400,45$$

Lanjutan Tabel 4.28.

	Indirect Manufacturing Cost	-	68.307.718.021,44
1	<i>Depreciation</i>	-	15.634.544.842,30
2	<i>Property Taxes</i>	-	3.126.908.968,46
3	<i>Insurance</i>	-	1.563.454.484,23
	Fixed Manufacturing Cost	-	20.324.908.294,99
	Total Manufacturing Cost	-	533.557.703.400,24

Sehingga Total Manufacturing Cost :

$$= \text{Rp. } 533.557.703.400,24$$

4.8.5.2.2. General Expense

Tabel 4.29. General Expense

No	Type of Expenses	US \$	Rupiah (Rp)
(1)	(2)	(3)	(4)
1	<i>Administration</i>	-	13.061.963.604,29
2	<i>Sales</i>	-	26.123.927.208,58
3	<i>Research</i>	-	13.061.963.604,29
4	<i>Finance</i>	-	5.999.029.431,11
	General expense	-	58.246.883.848,26

Sehingga Total General Expense :

$$= \text{Rp. } 58.246.883.848,26$$

$$\text{Total Biaya Produksi} = \text{TMC} + \text{GE}$$

$$= \text{Rp } 591.804.587.248,50$$

4.8.5.3. Keuntungan (Profit)

$$\text{Keuntungan} = \text{Total Penjualan Produk} - \text{Total Biaya Produksi}$$

Harga Jual Produk Seluruhnya (Sa)

$$\text{Total Penjualan Produk} = \text{Rp. } 653.098.180.214,40$$

4) Shut Down Point (SDP)

$$\text{SDP} = \frac{0,3Ra}{Sa - Va - 0,7Ra} \times 100 \%$$

$$\text{SDP} = 21,67 \%$$

5) Discounted Cash Flow (DCF)

Umur Pabrik	= 10 tahun
Fixed Capital (FC)	= Rp. 156.345.448.422,99
Working Capital (WC)	= Rp. 143.606.023.132,50
Cash Flow (CF)	= Rp. 104528225173.51
Salvage Value (SV)	= Rp. 15.634.544.842,30
DCFR	= 34 %
Bunga Simpanan Bank rata-rata saat ini	= 8 % sampai 10 %

BAB V

PENUTUP

5.1 KESIMPULAN

Pabrik *Biodiesel* dari minyak karet dan metanol ini digolongkan pabrik beresiko rendah karena selain bahan baku maupun produknya tidak beracun juga dijalankan pada variabel suhu dan tekanan operasi rendah (kondisi atmosferis).

Berdasarkan pada hasil perhitungan analisis ekonomi dan beberapa persyaratan kelayakan maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Percent Return on Investment sebelum pajak 39,20 % dan setelah pajak 19,60 % dinilai cukup baik, maka pabrik ini dapat digolongkan sebagai pabrik yang beresiko rendah
2. Pay Out Time sebelum pajak 2,03 tahun dan setelah pajak 3,38 tahun dinilai cukup baik.
3. Discounted Cash Flow sebesar 34 %. Suku bunga perbankan sebesar 8 - 10% sehingga investor lebih memilih untuk menanamkan modal dari pada menyimpannya di Bank.
4. Break Even Point sebesar 41,04%, memenuhi syarat peminjaman modal pada Bank untuk pendirian pabrik karena syarat BEP adalah 40% - 60%.
5. Shut Down Point sebesar 21,67 %.

Berdasarkan Evaluasi ekonomi yang telah dilakukan, maka pabrik Biodiesel dari Minyak Karet dan Metanol dengan kapasitas 60.000 ton/tahun ini layak untuk didirikan.

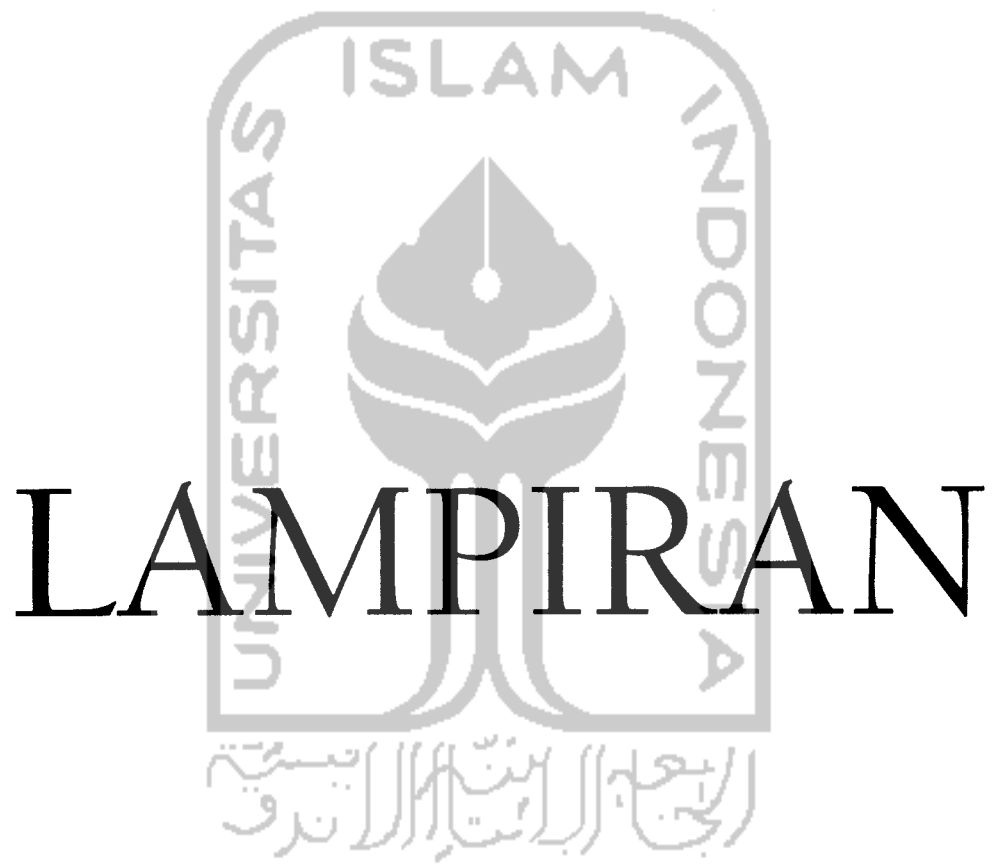
DAFTAR PUSTAKA

- Aries, R.S., and Newton, R.D., "*Chemical Engineering Cost Estimation*", Mc. Graw Hill Book Co.Inc., New York, 1955.
- Biro Pusat Statistik, "*Statistik Perdagangan Luar Negeri Indonesia*", Indonesia foreign, Trade Statistic Import, Yogyakarta, 2000-2005.
- Brown, G.G., "*Unit Operation*", Modern Asia Edition, John Willey and Sons. Inc., New York, 1978.
- Brownell, L.E., and Young, E.H., "*Process Equipment Design*", 2nd Ed., John Willey and Sons. Inc., New York, 1959.
- Coulson, J.M., and Richardson, J.F., "*Chemical Engineering Design*", 6nd Ed., vol 6, Pergamon Press, Oxford, 1983.
- Darnoko, D., and Cheryan.,M. "*Kinetics of Palm Oil Transesterification in a Batch Reactor*", JAOCS Vol 77 no 12, pp 1263-1267, 2000.
- Faith, Keyes & Clark., "*Industrial Chemical*", 4th ed, John Willey and Sons, Inc., New York, 1955.
- Fogler, Scott H., "*Elements of Chemical Reaction Engineering*", 3rd ed, Prentice Hall International Inc., USA, 1999.
- Geankoplis, J.Christie., "*Transport Process and Unit Operation*", Prentice Hall International, 1978.
- Kern, D.Q., "*Process Heat Transfer*", International Student Edition, Mc. Graw Hill Book Co.Inc., New York, 1983.

- Ketta, Mc. J. John, "*Chemical Processing Handbook*", Marcel Dekker Inc, New York, 1993.
- Kirk, K.E., and Ortmer, D.F., "*Encyclopedia of Chemical Technology*", John Willey and Sons. Inc., New York.
- Perry, J.H., and Chilton, C.H., "*Chemical Engineering Hand Book*", 6th Ed., Mc. Graw Hill Book Co.Inc., New York, 1984.
- Peters, M.S., and Timmerhause, K.D., "*Plant Design and Economic for Chemical Engineer's*", 3rd ed., Mc. Graw Hill Book Co.Inc., New York, 1968.
- Powell, S., "*Water Condition for Industry*", Mc. Graw Hill Book Co.Inc., New York. 1954.
- Rase, H.F., "*Chemical Reaktor Design for Process Plant vol. I and II, Principles and Techniques*", Willey and Sons, Inc, New York, 1977.
- Rase, H.F., and Barrow M.H., "*Project Engineering of Process Plants*", Willey and Sons, Inc, New York, 1957.
- Sinnott, R.K., "*An Introduction to Chemical Engineering Design vol. VI*", Pergamon Press., New York, 1989.
- Smith, J.M., and Van Ness, H.C., "*Introduction to Chemical Engineering Thermodynamic*", 3rd edition, Mc. Graw Hill Book Kogokusha Ltd, Tokyo, 1975.
- Sularso., "*Pompa dan Kompresor*", cetakan VI, P.T. Pradnya Paramita, Jakarta, 1996.
- Treyball, E., "*Mass Transfer Operation*", International Student Edition, Koagakusha Company, Tokyo.

- Ullrich, G.D., "*A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*", John Willey and Sons. Inc., New York, 1984.
- Aries, R.S., and Newton, R.D., "*Chemical Engineering Cost Estimation*", Mc. Graw Hill Book Co.Inc., New York, 1955.
- Van Gerpen, J, Shanks, B, and Pruszko, R., "*Biodiesel Production Technology*". National Renewable Energy Laboratory., Colorado, 2004.
- Wallas, S.M., "*Chemical Process Equipment*", Mc. Graw Hill Book Koagakusha Company, Tokyo, 1959.





LAMPIRAN

REAKTOR

Fungsi : Tempat berlangsungnya reaksi antara *Trigliserida* dengan *metanol* (CH_3OH).

Jenis : Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) yang dilengkapi koil pendingin.

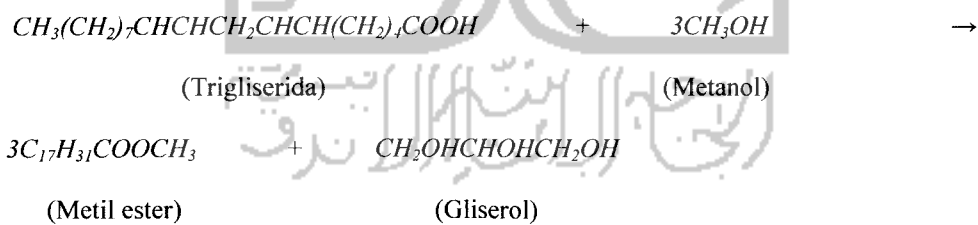
Kondisi Operasi : Eksotermis

$$T = 60^\circ\text{C}$$

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

LAMPIRAN A-1. MENGHITUNG KECEPATAN VOLUMETRIS UMPAN

Persamaan Reaksi :



Karena *TG* adalah reaktan pembatas, maka *TG* sebagai senyawa A, dan metanol (CH_3OH) sebagai senyawa B.

Diketahui :

Komponen	Massa (Kg/jam)	Mol (Kmol/jam)	Densitas (gr/ml)	Fv (L/jam)
TG	8876,58	10,11	0,9	9862,87
FFA	44,39	0,05	0,9	49,32
CH ₃ OH	970,56	30,33	0,78	1244,31
H ₂ O	53,26	2,96	1	53,26
Ca(OH) ₂	35,51	0,48	2,2	16,14
TOTAL	9980,3	43,93		11225,9

➤ Menghitung Konsentrasi Umpan

$$C_{AO} = \frac{molA}{F_{v,total}} = \frac{10,11}{11,2259} = 0,899 \text{Kmol} / m^3$$

$$C_{BO} = \frac{molB}{F_{v,total}} = \frac{30,33}{11,2259} = 2,7018 \text{Kmol} / m^3$$

LAMPIRAN A-2. OPTIMASI REAKTOR

a. Menghitung Jumlah Reaktor

- Assumsi :
- Reaksi orde 2 $(-r_A) = k \cdot C_A \cdot C_B$
 - Pengadukan sempurna sehingga konsentrasi keluar reaktor sama dengan konsentrasi didalam reaktor.
 - Kecepatan volumetrik masuk reaktor sama dengan keluar reaktor.
 - Kecepatan alir volumetrik (F_v) masuk reaktor sama dengan kecepatan alir volumetrik keluar reaktor.

- (V/F_v) untuk masing-masing reaktor dianggap sama (bila jumlah reaktor lebih dari 1 buah).
- Kondisi Eksotermal *Steady State*.
- Densitas cairan dianggap tetap.

Penentuan jumlah reaktor yang paling optimum berdasarkan total harga pembelian reaktor yang paling minimum. Perhitungan harga reaktor menggunakan persamaan “*Six Tenths Factor*”

$$E_b = E_a(C_b / C_a)^{0,6} \quad (\text{Chem. Eng. Cost Estimation, R.S. Aries})$$

$$\text{Data : } C_{A0} = 0,899 \text{ Kmol/m}^3$$

$$F_v = 11,2259 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$k = 2,3026 / \text{jam}$$

Reaktor yang digunakan adalah RATB

➤ Jika yang digunakan 1 buah reaktor RATB

Neraca Massa Komponen A

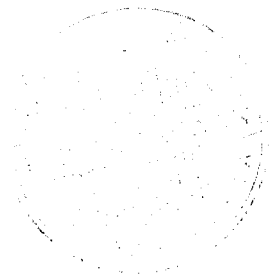
$$\text{input} - \text{output} - \text{reaksi} = \text{acc}$$

$$F_{A0} - F_{A1} - (-rAV) = 0$$

$$F_{A0} - F_{A1} + rAV = 0$$

$$F_v \cdot C_{A0} - F_v \cdot C_{A1} = -rAV$$

$$F_v (C_{A0} - C_{A1}) = -rAV$$



$$\begin{aligned}
 V &= \frac{Fv (C_{A0} - C_{A1})}{-r_A} \\
 &= \frac{Fv (C_{A0} - C_{A1})}{k.C_{A0} (1 - X_A)} \\
 &= \frac{Fv.X_A}{k (1 - X_A)}
 \end{aligned}$$

Jika yang digunakan 1 buah reaktor RATB

Maka, $X_{A0} = 0$, $X_A = 0,9$

$$\begin{aligned}
 V_1 &= \frac{11225,9 \times 0,9}{2,3026 \times (1 - 0,9)} \\
 &= 43877,83 \text{ lt} \\
 &= 11592,52 \text{ gallon} \\
 &= 43,88 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\tau = \frac{V}{Fv}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{43877,83 \text{ lt}}{11225,9 \text{ lt/jam}} \\
 &= 3,9086 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

➤ Jika yang digunakan 2 buah reaktor RATB

Data : $X_{A0} = 0$

$X_A = \dots$

$X_{A1} = 0,9$

$$V_1 = \frac{F_{A0} - F_{A1}}{-rA_1}$$

$$V_2 = \frac{F_{A1} - F_{A2}}{-rA_2}$$

Dimana : $-rA_1 = k.C_{A1}$

$$-rA_2 = k.C_{A2}$$

$$F_{A0} = F_v C_{A0}$$

$$F_{A1} = F_v C_{A1}$$

$$C_{A1} = C_{A0} (1 - X_{A1})$$

$$C_{A2} = C_{A0} (1 - X_{A1}) \dots \dots \dots (1)$$

$$a) V_1 = \frac{F_v.C_{A0} - F_v.C_{A1}}{k.C_{A1}} = \frac{F_v.(C_{A0} - C_{A1})}{k.C_{A1}}$$

$$\tau = \frac{V}{F_v} = \frac{C_{A0} - C_{A1}}{k.C_{A1}}$$

$$\tau.k.C_{A1} = C_{A0} - C_{A1}$$

$$C_{A1} + \tau.k.C_{A1} = C_{A0}$$

$$C_{A1} (1 + \tau.k) = C_{A0}$$

$$C_{A1} = \frac{C_{A0}}{(1 + \tau.k)} \dots \dots \dots (2)$$

$$b) V_2 = \frac{F_v.C_{A1} - F_v.C_{A2}}{k.C_{A2}}$$

$$\tau = \frac{V}{F_v} = \frac{C_{A1} - C_{A2}}{k.C_{A2}}$$

$$\tau.k.C_{A2} = C_{A1} - C_{A2}$$

$$C_{A2} = \frac{C_{A1}}{(1 + \tau k)} \dots \dots \dots (3)$$

Substitusi persamaan (3) ke (2) :

$$C_{A2} = \frac{1}{(1 + \tau k)} \cdot \frac{C_{A0}}{(1 + \tau k)}$$

$$= \frac{C_{A0}}{(1 + \tau k)^2} \dots \dots \dots (4)$$

Substitusi persamaan (4) ke (1) :

$$C_{A0} (1 - X_{A1}) = \frac{C_{A0}}{(1 + \tau k)^2}$$

$$(1 + \tau k)^2 = \frac{1}{(1 - X_{A2})}$$

$$1 + \tau k = \sqrt{\frac{1}{(1 - X_{A2})}}$$

$$\tau = \frac{\sqrt{\frac{1}{(1 - X_{A2})}} - 1}{k} = \frac{\sqrt{\frac{1}{(1 - 0,9)}} - 1}{2,3026} = 0,939 \text{ jam}$$

$$V_2 = \tau \cdot Fv$$

$$= (0,939 \text{ jam}) \times (11225,9)$$

$$= 10541,12 \text{ L} = 10,5411 \text{ m}^3 = 2784,96 \text{ gallon}$$

$$C_{A1} = \frac{C_{A0}}{(1 + \tau k)} = \frac{0,9006}{[1 + (0,939 \times 2,3026)]} = 0,2848$$

$$X_{A1} = 1 - \frac{C_{A1}}{C_{A0}} = 1 - \frac{0,2848}{0,9006} = 0,68$$

$$C_{A2} = \frac{C_{A2}}{(1 + \tau k)} = \frac{0,2848}{[1 + (0,939 \times 2,3026)]} = 0,0901$$

$$X_{A2} = 1 - \frac{C_{A2}}{C_{A0}} = 1 - \frac{0,0901}{0,9006} = 0,9$$

➤ Jika yang digunakan 3 buah reaktor RATB

Data : $X_{A1} = \dots$

$X_{A2} = \dots$

$X_{A3} = 0,9$

$$C_{A3} = \frac{C_{A2}}{(1 + \tau k)}$$

$$= \left(\frac{1}{1 + \tau k} \right) \left(\frac{C_{A0}}{(1 + \tau k)^2} \right) \dots \dots \dots (5)$$

Substitusi persamaan (5) ke (1) :

$$C_{A0} (1 - X_{A3}) = \frac{C_{A0}}{(1 + \tau k)^3}$$

$$(1 + \tau k)^2 = \frac{1}{(1 - X_{A3})}$$

$$1 + \tau k = \sqrt[3]{\frac{1}{(1 - X_{A3})}}$$

$$\tau = \frac{\sqrt[3]{\frac{1}{(1 - X_{A3})}} - 1}{k} = \frac{\sqrt[3]{\frac{1}{(1 - 0,9)}} - 1}{2,3026} = 0,5014 \text{ jam}$$

$$V_3 = \tau \cdot Fv$$

$$= (0,5014 \text{ jam}) \times (11225,9)$$

$$= 5628,66 \text{ L} = 5,6287 \text{ m}^3 = 1487,09 \text{ gallon}$$

$$C_{A1} = \frac{C_{A0}}{(1 + \tau k)} = \frac{0,9006}{[1 + (0,5014 \times 2,3026)]} = 0,418$$

$$X_{A1} = 1 - \frac{C_{A1}}{C_{A0}} = 1 - \frac{0,418}{0,9006} = 0,5359$$

$$C_{A2} = \frac{C_{A1}}{(1 + \tau k)} = \frac{0,418}{[1 + (0,5014 \times 2,3026)]} = 0,194$$

$$X_{A2} = 1 - \frac{C_{A2}}{C_{A0}} = 1 - \frac{0,194}{0,9006} = 0,785$$

➤ Jika yang digunakan 4 buah reaktor RATB

Data : $X_{A1} = \dots$

$X_{A2} = \dots$

$X_{A3} = \dots$

$X_{A4} = 0,9$

$$C_{A4} = \frac{C_{A3}}{(1 + \tau k)}$$

$$= \left(\frac{1}{1 + \tau k}\right) \left(\frac{C_{A0}}{(1 + \tau k)^3}\right) \dots \dots \dots (6)$$

Substitusi persamaan (6) ke (1) :

$$C_{A0} (1 - X_{A4}) = \frac{C_{A0}}{(1 + \tau k)^4}$$

$$(1 + \tau k)^4 = \frac{1}{(1 - X_{A4})}$$

$$1 + \tau k = \sqrt[4]{\frac{1}{(1 - X_{A4})}}$$

$$\tau = \frac{\sqrt[4]{\frac{1}{(1 - X_{A4})}} - 1}{k} = \frac{\sqrt[4]{\frac{1}{(1 - 0,9)}} - 1}{2,3026} = 0,338 \text{ jam}$$

$$\begin{aligned} V_3 &= \tau \cdot Fv \\ &= (0,338 \text{ jam}) \times (11225,9) \\ &= 3794,35 \text{ L} = 3,7944 \text{ m}^3 = 1002,47 \text{ gallon} \end{aligned}$$

$$C_{A1} = \frac{C_{A0}}{(1 + \tau k)} = \frac{0,9006}{[1 + (0,338 \times 2,3026)]} = 0,5064$$

$$X_{A1} = 1 - \frac{C_{A1}}{C_{A0}} = 1 - \frac{0,5064}{0,9006} = 0,44$$

$$C_{A2} = \frac{C_{A1}}{(1 + \tau k)} = \frac{0,5064}{[1 + (0,338 \times 2,3026)]} = 0,2848$$

$$X_{A2} = 1 - \frac{C_{A2}}{C_{A0}} = 1 - \frac{0,2848}{0,9006} = 0,68$$

$$C_{A3} = \frac{C_{A2}}{(1 + \tau k)} = \frac{0,2848}{[1 + (0,338 \times 2,3026)]} = 0,1602$$

$$X_{A3} = 1 - \frac{C_{A3}}{C_{A0}} = 1 - \frac{0,1602}{0,9006} = 0,82$$

➤ Jika yang digunakan 5 buah reaktor RATB

Data : $X_{A1} = \dots\dots$

$X_{A2} = \dots\dots$

$X_{A3} = \dots\dots$

$$C_{A2} = \frac{C_{A1}}{(1 + \tau k)} = \frac{0,5683}{[1 + (0,254 \times 2,3026)]} = 0,3586$$

$$X_{A2} = 1 - \frac{C_{A2}}{C_{A0}} = 1 - \frac{0,3586}{0,9006} = 0,60$$

$$C_{A3} = \frac{C_{A2}}{(1 + \tau k)} = \frac{0,3586}{[1 + (0,254 \times 2,3026)]} = 0,2263$$

$$X_{A3} = 1 - \frac{C_{A3}}{C_{A0}} = 1 - \frac{0,2263}{0,9006} = 0,75$$

$$C_{A4} = \frac{C_{A3}}{(1 + \tau k)} = \frac{0,2263}{[1 + (0,254 \times 2,3026)]} = 0,1428$$

$$X_{A4} = 1 - \frac{C_{A4}}{C_{A0}} = 1 - \frac{0,1428}{0,9006} = 0,84$$

b. Mencari Jumlah Reaktor yang Optimal

Kondisi operasi :

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

$$P = 1 \text{ atm} \times \frac{14,7 \text{ psia}}{1 \text{ atm}}$$

$$P = 14,7 \text{ psia}$$

Dipilih bahan “*Stainles Steel*” 50psi untuk reaktor. Basis harga reaktor pada volume 1000 gallon = \$ 40.000 (Timmerhause, Fig.16-35, P-731)

c. Menghitung Harga Reaktor

$$CostB = CostA \left(\frac{\text{sizeB}}{\text{sizeA}} \right)^{0,6} \quad \text{(Timmerhaus, P-731)}$$

❖ RATB, $V_1 = 11592,52$ gallon

$$\begin{aligned} \text{CostB} &= \$40.000 \left(\frac{11592,52 \text{ gal}}{1000 \text{ gal}} \right)^{0,6} \\ &= \$ 174006,99 \end{aligned}$$

❖ RATB, $V_2 = 2784,96$ gallon

$$\begin{aligned} \text{CostB} &= \$40.000 \left(\frac{2784,96 \text{ gal}}{1000 \text{ gal}} \right)^{0,6} \\ &= \$ 73592,245 \end{aligned}$$

untuk 2 reaktor = \$ 147904,49

❖ RATB, $V_3 = 1487,09$ gallon

$$\begin{aligned} \text{CostB} &= \$40.000 \left(\frac{1487,09 \text{ gal}}{1000 \text{ gal}} \right)^{0,6} \\ &= \$ 50753,07 \end{aligned}$$

untuk 3 reaktor = \$ 152259,22

❖ RATB, $V_4 = 1002,47$ gallon

$$\begin{aligned} \text{CostB} &= \$40.000 \left(\frac{1002,47 \text{ gal}}{1000 \text{ gal}} \right)^{0,6} \\ &= \$ 40059,25 \end{aligned}$$

untuk 4 reaktor = \$ 160237

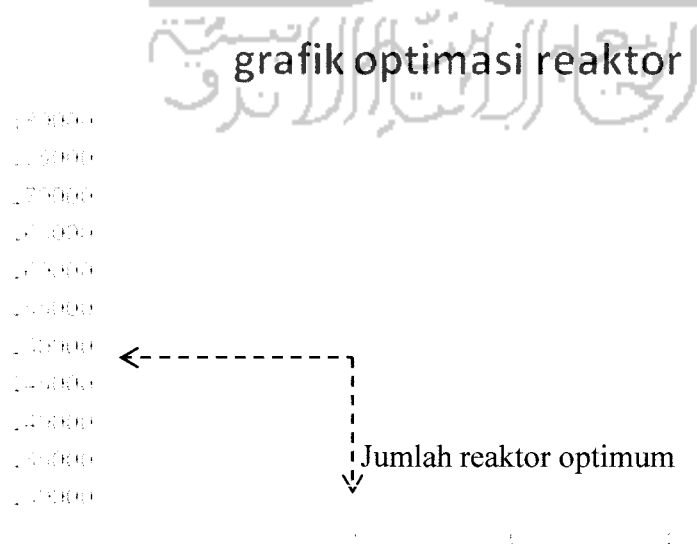
❖ RATB, $V_5 = 753,33$ gallon

$$\begin{aligned} \text{CostB} &= \$40.000 \left(\frac{753,33 \text{ gal}}{1000 \text{ gal}} \right)^{0,6} \\ &= \$ 33748,24 \end{aligned}$$

untuk 5 reaktor = \$ 168741,21

d. Penentuan Jumlah Pemakaian RATB

Jumlah Reaktor	Konversi setiap Reaktor	Volume (gallon)	Harga/unit (dollar)	Harga Total (dollar)	τ (Waktu, jam)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1	$X_a = 0,9$	11592,52	174006,99	174006,99	3,9086
2	$X_{A1} = 0,68$ $X_{A2} = 0,9$	2784,96	73952,245	147904,49	0,939
3	$X_{A1} = 0,535$ $X_{A2} = 0,785$ $X_{A3} = 0,9$	1487,09	50753,07	152259,22	0,514
4	$X_{A1} = 0,44$ $X_{A2} = 0,68$ $X_{A3} = 0,82$ $X_{A4} = 0,9$	1002,47	40059,25	160237	0,338
5	$X_{A1} = 0,37$ $X_{A2} = 0,60$ $X_{A3} = 0,74$ $X_{A4} = 0,84$ $X_{A5} = 0,9$	753,33	33748,24	168741,21	0,254



Gambar 1.1. Grafik hubungan antara jumlah reaktor dan harga total

- Pertimbangan Volume : $V_1 > V_2 > V_3 > V_4 > V_5$
- Pertimbangan Harga untuk 1 reaktor : $R_1 > R_2 < R_3 < R_4 > R_5$
- Dipasang RATB sebanyak 2 buah disusun seri
- Volume reaktor = 2784,96 gallon x 1 L / 0,2642 gallon

$$= 10541,11 \text{ L}$$

Over Design 20%, Jadi ;

$$\text{Volume reaktor} = 1.2 \times 10541,11 \text{ L}$$

$$= 12649,33 \text{ L}$$

$$= 12,6493 \text{ m}^3$$

$$= 446,6468 \text{ ft}^3$$

➤ Menentukan Dimensi Reaktor

Dipilih RATB berbentuk silinder tegak dengan perbandingan D:H=1:1,5

(HF, Rase. P-343)

Jenis Head dipilih *Terospherical flanged and dished head*, karena beroperasi pada tekanan rendah dan harganya lebih murah.

$$V_{design} = V_{shell} + 2.V_{head}$$

$$V_{Shell} = \pi / 4 \cdot D^2 \cdot H$$

$$V_{head} = 0,000049D^3 \quad (\text{untuk } D = \text{inch}, V = \text{ft}^3)$$

$$V_{head} = 0,0847D^3 \quad (\text{untuk } D = \text{ft}, V = \text{ft}^3)$$

$$V_{design} = (\pi / 4 \cdot D^2 \cdot 1,5D) + 2.(0,0847.D^3)$$

$$446,6468 \text{ ft}^3 = 1,1775D^3 + 0,1694D^3$$

$$D = 6,92 \text{ ft} = 2,07 \text{ m} = 81,50 \text{ inch}$$

karena $D : H = 1 : 1,5$, maka :

$$H = 1,5 \times D$$

$$H = 1,5 \times 2,07 \text{ m}$$

$$H = 3,114 \text{ m}$$

$$H = 122,6 \text{ in}$$

$$H = 10,38 \text{ ft}$$

➤ **Menentukan Tinggi Cairan**

Volume cairan dalam reactor = volume reaktor sebelum over design
= 372,21 ft³

Volume Cairan = V. Cairan dalam shell + V. Bottom

$$372,21 \text{ ft}^3 = \frac{\pi}{4} D^2 H + 0,0847 D^3$$

$$372,21 \text{ ft}^3 = \frac{\pi}{4} (0,67.H)^2 .H + 0,0847 (0,67H)^3$$

$$372,21 \text{ ft}^3 = 0,3523 H^3 + 0,0255 H^3$$

$$H^3 = 985,2038 \text{ ft}^3$$

$$H = 9,95 \text{ ft}$$

$$= 2,985 \text{ m}$$

➤ **Menentukan Tebal Dinding (Shell) Reaktor**

Digunakan bahan *baja carbon steel SA 283 grade C* dengan pertimbangan:

- 1) Struktur kuat dengan allowable value sebesar 12650 psi
- 2) Tahan terhadap korosi dan tahan lama
- 3) Aliran bagus dan lebih murah

Diketahui (table app D 13-1 p.251 Brownell & young) :

Tekanan design (P)	= 1 atm
Allowable stress (S)	= 12650
Efisiensi sambungan (e)	= 0,80 (double welded butt joint)
faktor korosi (c)	= 0,125 in

Tekanan Perancangan :

$$P \text{ operasi} = 1 \text{ atm} = 14,7 \text{ psi}$$

$$\rho_M = \frac{\text{berat}}{\text{volume}} = \frac{9980,3}{11225,9} = 0,889 \text{ kg/Ltr} = 889 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned} P \text{ hidrostatik} &= \rho_M \cdot g \cdot H \\ &= (889 \text{ kg/m}^3) \cdot (9,81 \text{ kg.m/s}^2) \cdot (1,25 \text{ m}) \\ &= 26032,4537 \text{ pa} \\ &= 3,78 \text{ psi} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P \text{ operasi} &= P \text{ hidrostatik} + 14,7 \\ &= 3,78 + 14,7 \\ &= 18,48 \text{ psi} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P \text{ design} &= 1,2 P \text{ operasi} \\ &= 1,2 \cdot 18,48 \\ &= 22,176 \text{ psi} \\ &= 1,55 \text{ atm} \end{aligned}$$

Tebal shell :

$$t_s = \frac{P \cdot r_o}{f \cdot E + 0,4P} + C \quad (\text{pers.13-1,pg.254 Brownell})$$

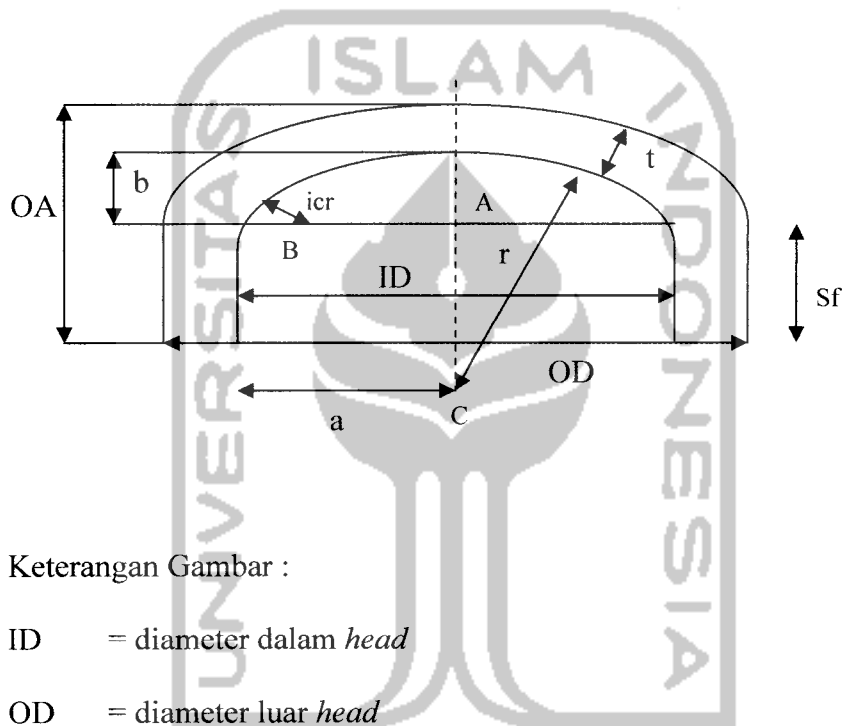
$$= \frac{(22,176 \text{ psi}) \cdot (40,75 \text{ in})}{(12650 \cdot 0,8) + (0,4 \cdot 22,176)} + 0,125 \text{ in}$$

$$= 0,2142 \text{ in}$$

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

Jadi ketebalan shell standar = $1/4 = 0,25 \text{ in}$ (table 5.7 p.89 Brownell).

➤ **Menghitung Ukuran Head**



Keterangan Gambar :

ID = diameter dalam *head*

OD = diameter luar *head*

a = jari-jari dalam *head*

t = tebal *head*

r = jari-jari luar *dish*

icr = jari-jari dalam sudut *dish*

b = tinggi *head*

sf = *straight flange*

OA = tinggi *head* total

$$IDS = OD - 2t = 84 - 2(0,25)$$

$$= 83,5 \text{ in}$$

$$= 6,68 \text{ ft}$$

$$= 2 \text{ m}$$

$$H = 1,5 D$$

$$= 1,5 (83,5)$$

$$= 125,25 \text{ in}$$

$$= 10,02 \text{ ft}$$

$$= 3 \text{ m}$$

➤ **Menentukan Tebal Head**

$$W = \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{rc}{icr}} \right) \quad (\text{pers.7.76 p.138 Brownell \& young})$$

$$= \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{66}{4}} \right) \quad W = \text{faktor stress untuk torispherical}$$

$$= 1,76$$

$$th = \frac{P.rc.W}{2.f.E - 0,2P} + C$$

$$= \frac{(22,176)(66)(1,76)}{(2)(12650)(0,8) - (0,2)(22,176)} + 0,125 \text{ in}$$

$$= 0,25 \text{ in}$$

Dipilih tebal head standar $1/4 \text{ in} = 0,25 \text{ in}$; sf = $1 \frac{1}{2} - 2 \frac{1}{2}$ (**Brownell and**

Young ; p.88, table 5-6)

$$OD \text{ (head) sebelum standarisasi} = ID + 2 th$$

$$= 81,50 + 2(0,25)$$

$$= 82 \text{ inch}$$

Tinggi head total = OA

$$\begin{aligned} \text{OA} &= b + sf + t \text{ head} \\ &= 16,8173 \text{ in} + 2 \text{ in} + 0,25 \text{ in} \\ &= 19,0673 \text{ in} = 1,5826 \text{ ft} = 0,4824 \text{ m} \end{aligned}$$

Volume Head Bawah = 0,000049 di³ (p.88, table 5-11, Brownell and Young)

$$\begin{aligned} &= 0,0847 \text{ di}^3 \\ &= 0,0847 (6,92)^3 \\ &= 28,07 \text{ ft}^3 = 0,79 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Jadi volume total head, V_{ht} = 0,79 m³

$$\begin{aligned} \text{Volume shell : } V_s &= V \text{ reactor} - 2 V_{ht} \\ &= 12,65 - 2 (1,58) \\ &= 11,07 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi shell : } h_s &= \frac{4V_s}{\pi D^2} \\ &= \frac{(4)(11,07)}{3,14 (2)^2} \end{aligned}$$

$$= 3,53 \text{ m}$$

Tinggi reaktor : h_r = h_s + 2 h_t

$$= 3,53 + 2 (0,4824)$$

$$= 4,0124 \text{ m}$$

Volume larutan pada bagian shell reaktor

= volume larutan dalam reaktor – volume head bawah

$$= 10,5411 \text{ m}^3 - 0,79 \text{ m}^3 = 9,75 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luas permukaan cairan (At)} &= \frac{\pi}{4} ID^2 \\
 &= \frac{3,14}{4} (2)^2 \\
 &= 3,14 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi larutan dalam shell reaktor} &= \frac{\text{Volume larutan dalam shell}}{\text{Luas penampang}} \\
 &= \frac{9,75 \text{ m}^3}{3,14 \text{ m}^2} \\
 &= 3,11 \text{ m}
 \end{aligned}$$

➤ **Merancang Pengaduk dalam Reaktor**

Komponen	Jumlah	Fraksi	μ (Cp)	μ_x
	kg/jam	massa (x)		
TG	8876,58	0,8894	38,45	34,19
FFA	44,39	0,0044	0,1439	0,00063
Ca(OH) ₂	35,51	0,0037	3,3	0,0122
H ₂ O	53,26	0,0053	0,911	0,0048
Metanol	970,56	0,0972	0,539	0,0524
TOTAL	9980,3	1,0		34,2600

Tugas pengaduk : untuk mencampur.

Dari fig 8.4 rase H.F "chemical reaktor design for proces plant vol.1 p.341 tentang hubungan viskositas dengan tipe pengaduk, diperoleh tipe pengaduk flat blade turbine impeler dengan 6 buah blade dan 4 buffle.

Pertimbangan menggunakan flat blade turbine impeler :

- Karena turbine memiliki energi volume yang besar dan dapat digunakan untuk kecepatan putaran yang cukup tinggi.

- Jumlah sudu (blade) = 6 (rase p.358 fig.8.6)
- Jumlah baffle = 4 (terpisah 90 satu dengan lainnya)

Ukuran pengaduk :

$$\frac{wi}{di} = \frac{1}{5}$$

$$\frac{di}{ID} = \frac{1}{3}$$

$$\frac{Zi}{di} = 0,75 - 1,3 = \frac{3}{4}$$

$$\frac{Zl}{di} = 2,7 - 3,9 = 3$$

Lebar pengaduk (L) = $\frac{1}{4}$ Di

Diketahui ID = diameter shell = 83,5 in

a. Diameter pengaduk (Di)

$$Di = \frac{Dt}{3} = \frac{83,5}{3} = 27,83 \text{ in} = 0,67 \text{ m} = 2,23 \text{ ft}$$

b. Lebar sudu pengaduk (wi)

$$wi = \frac{di}{5} = \frac{27,83}{5} = 5,57 \text{ in} = 0,14 \text{ m} = 0,46 \text{ ft}$$

c. Panjang sudu pengaduk (l)

$$l = \frac{di}{4} = \frac{27,83}{4} = 6,96 \text{ in} = 0,17 \text{ m} = 0,56 \text{ ft}$$

d. Jarak pengaduk dengan dasar tangki (Zi)

$$Zi = \frac{3}{4} di = \frac{3}{4} (27,83) = 20,87 \text{ in} = 0,51 \text{ m} = 1,67 \text{ ft}$$

e. Lebar *baffle* (w)

$$w = 0,17 \times Dt = 0,17 \times 83,5 = 14,2 \text{ in} = 0,36 \text{ m} = 1,18 \text{ ft}$$

f. Tinggi pengaduk (h)

$$h = h_R - z_i \quad \text{dimana : } h_R = 4,0124 \text{ m}$$

$$= 4,0124 - 0,51$$

$$= 3,5024 \text{ m} = 137,89 \text{ in}$$

$$\text{Spesifik gravity (sg)} = S_g = \left(\frac{\rho_{mix}}{\rho_{air}} \right) = \left(\frac{889 \text{ kg/m}^3}{1000 \text{ kg/m}^3} \right) = 0,889$$

WELH = *Water Equipment Liquid Height*, ft

WELH = tinggi cairan pada shell . sg

$$= Z_L \cdot S_g$$

$$= (3,5924) \cdot (0,889)$$

$$= 3,19 \text{ m} = 10,46 \text{ ft}$$

$$\text{Jumlah pengaduk} = \frac{\text{WELH}}{\text{ID}} = \frac{3,19}{2} = 1,6 \approx 2 \text{ buah}$$

➤ Kecepatan putar pengaduk (N)

$$N = \frac{600}{\pi \cdot d} \sqrt{\frac{\text{WELH}}{2 \cdot d}} \quad (\text{Rase, H. F., Pers. 8.8, p.338})$$

Dimana : N = kecepatan putar pengaduk, rpm

d = diameter pengaduk, m

Z_L = tinggi cairan dalam tangki, m

S_g = *Specific Gravity*

WELH = *Water Equivalent Liquid Height*, ft

Kecepatan putaran pengaduk (N) :

$$N = \frac{600 \text{ ft / menit}}{\pi \times 2,23 \text{ ft}} \sqrt{\frac{10,46 \text{ ft}}{2 \times 2,23 \text{ ft}}}$$
$$= 131,11 \text{ rpm} = 2,18 \text{ rps} = 7848 \text{ rph}$$

Dipakai motor fixed speed belt (single reduction gear with v belt) dengan kecepatan putaran standart 600 fpm.

Keuntungan : - harga murah dan mudah mengganti bagian-bagian yang rusak.

$$N_{Re} = \frac{N \cdot d_i^2 \cdot \rho_{mix}}{\mu_{mix}} \quad \text{(brown p.507)}$$
$$= \frac{2,18 \text{ rps} \times (67)^2 \text{ cm} \times 0,889 \text{ gr / cm}^3}{0,3426 \text{ gr / cm.s}} = 25356,2462$$

$N_{Re} > 2100$, aliran turbulen

Dari fig. 15-23 p.15.25, diperoleh $N_p = 2,5$

$$P_a = \frac{N_p \rho N^3 d_i^5}{g_c}$$
$$P_a = \frac{2,5 \times 55,4986 \times (2,18)^3 \times (2,23)^5}{32,2 \text{ ft / s}^2}$$

$$= 2461,8408 \text{ ft.lb/s} = 4,47 \text{ Hp}$$

Effisiensi motor penggerak (η) = 80 % (fig 4.2 ulrich 1984)

$$\text{Daya penggerak motor} = \frac{P_a}{\eta}$$
$$= \frac{4,47}{0,8} = 5,58 \text{ Hp}$$

Maka dipakai motor dengan daya = 7,5 Hp (NEMA)

(P.358, *Project Engineering Process Plant*)

➤ **Mengecek waktu pengadukan sempurna**

$$\frac{Q_r}{F_v} > 10 \text{ (rase 1977,p.336)}$$

Dengan : Q_r = kecepatan sirkulasi, m^3/jam

F_v = Kecepatan volumetric, m^3/jam

Untuk turbin dengan 6 blade dengan $w_i = 1/5$ di

$$N_{Qr} = \frac{0,93 D_s}{d_i} \text{ untuk } Re > 10000$$

Data : $Re = 970941,9904 > 10000$

$$N_{Qr} = \frac{0,93 \times 83,5 \text{ in}}{27,83 \text{ in}} = 2,79$$

$$\begin{aligned} Q_r &= N_{Qr} \cdot N \cdot D_i^3 \\ &= 2,79 \cdot 2,18 \cdot 0,67^3 \\ &= 1,83 \text{ m}^3/\text{s} = 6588 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

$$F_v = 11225,9 \text{ Ltr/jam}$$

$$= 11,2259 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\frac{Q_r}{F_v} = \frac{6588}{11,2259} = 586,86 (>10, \text{ pengadukan cepat sekali})$$

$$T_{\text{mix}} = \frac{V}{Q_r} = \frac{10,5411 \text{ m}^3}{6588 \text{ m}^3 / \text{jam}} = 0,0016 \text{ jam} = 0,096 \text{ menit}$$

$$\text{waktu tinggal } (\theta) = \frac{V}{F_v} = \frac{10,5411}{11,2259} = 0,939 \text{ jam} = 56,34 \text{ menit}$$

➤ **Merancang Koil Pendingin Reaktor**

1) Koil Pendingin Reaktor - 01

Dari Perry's chemical engineering handbook, tabel 3-206 section 3 page 3-147 diperoleh data Heat of formation (ΔH_f)

Data panas pembentukan (ΔH_f)

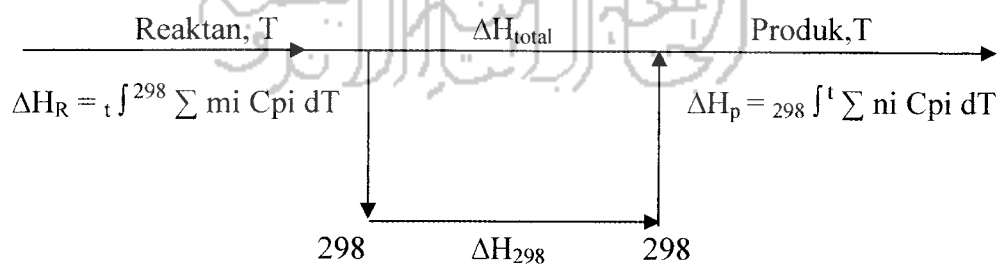
Tabel Data Panas Pembentukan (ΔH_f)

Komponen	ΔH_{f298} (kkal/mol)
Trigliserida	-110,42
CH ₃ OH	-57,04
Metil Ester	-85,29
Gliserol	-159,17

Sumber : Yaws's Chemical Engineering Handbook

Entalpi reaksi pada sembarang suhu dapat dituliskan dengan persamaan:

(Smith J.M 1981 P.12; Houven O.A 1976 P.348) :



$$\begin{aligned}
 \Delta H_{total} &= \Delta H_R + \Delta H_p + \Delta H_{298} \\
 &= \int_T^{298} \sum m_i C_{pi} dT + \int_{298}^T \sum n_i C_{pi} dT + \Delta H_{298} \\
 &= \int_T^{298} \sum n_i C_{pi} dT - \int_{298}^T \sum m_i C_{pi} dT + \Delta H_{298} \\
 &= \Delta H_{298} + \int_{298}^T [\sum n_i C_{pi} dT - \sum m_i C_{pi} dT] dT
 \end{aligned}$$

Entalpi pada suhu standart ($\Delta H_f 298$) dihitung dengan

b) Menghitung ΔH_R **Entalpi masuk reaktor pada $T = 60^\circ\text{C} = 333\text{ K}$**

Komponen	Massa (kg/jam)	Cp (kkal/kg K)	ΔT (K)	ΔH_R (kkal/jam)
TG	8876,58	0,0783	-35	-24326,2675
FFA	44,39	0,1831	-35	-284,4733
CH ₃ OH	970,56	0,6218	-35	-21122,2973
Ca(OH) ₂	35,51	0,2808	-35	-348,9923
H ₂ O	53,26	0,9962	-35	-1857,0164
Total				-47939,0468

c) Menghitung ΔH_P **Entalpi keluar reaktor pada $T = 60^\circ\text{C} = 333\text{ K}$**

Komponen	Massa (kg/jam)	Cp (kkal/kg K)	ΔT (K)	ΔH_P (kkal/jam)
TG	2844,72	0,0783	35	7795,9552
FFA	44,39	0,1831	35	284,4733
CH ₃ OH	311,13	0,6218	35	6771,1222
Ca(OH) ₂	35,47	0,2808	35	348,5992
H ₂ O	53,21	0,9962	35	1855,2731
ME	6059,34	0,5592	35	118593,4025
Gliserol	632,04	0,6913	35	15292,5238
Total				150941,3493

$$\begin{aligned}\Delta H_{\text{total}} &= \Delta H_R + \Delta H_{298} + \Delta H_P \\ &= -814073,9975 \text{ kkal/jam}\end{aligned}$$

Sistem membuang panas (eksotermis) sebesar 814073,9975 kkal/jam sehingga sistem tersebut membutuhkan media pendingin.

Pendingin yang digunakan adalah “Koil Pendingin” dengan media pendingin berupa air -

(Faith Keyes, p.563)

(Groggins), (us patent 2856419)

Suhu air pendingin masuk = $T_1 = 30^\circ\text{C} = 86^\circ\text{F}$

Suhu air pendingin keluar = $T_2 = 45^\circ\text{C} = 113^\circ\text{F}$

$$T_{\text{average}} = \frac{T_1 + T_2}{2} = \frac{(86 + 113)^\circ\text{F}}{2} = 99,5^\circ\text{F}$$

Sifat-sifat air pada $T_{\text{average}} = 99,5^\circ\text{F}$ adalah

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3 = 62,43 \text{ lb/ft}^3$$

$$\mu = 0,8 \text{ cP} = 1,936 \text{ lb/ft jam}$$

$$\text{cP} = 1 \text{ kkal/kg }^\circ\text{C} = 1 \text{ Btu/lb}^\circ\text{F}$$

Panas yang diambil pendingin (Q_p)

$$Q_p = 814073,9975 \text{ kkal/jam} = 3230245,622 \text{ Btu/jam}$$

Kebutuhan air pendingin(W_t)

$$\begin{aligned} W_t &= \frac{Q_p}{C_p \cdot (T_2 - T_1)} = \frac{3230245,622 \text{ BTU / jam}}{1 \frac{\text{BTU}}{\text{lb} \cdot ^\circ\text{F}} (113 - 86)^\circ\text{F}} \\ &= 119638,7267 \text{ lb/jam} \\ &= 54268,1265 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Debit Air Pendingin

$$F_{vp} = \frac{Wt}{\rho} = \frac{54268,1265 \text{ kgjam}}{1000 \text{ kg/m}^3} = 54,2681 \text{ m}^3/\text{jam} = 0,0151 \text{ m}^3/\text{s} = 0,53 \text{ ft}^3/\text{s}$$

Menghitung Luas Penampang Aliran (A)

Harga kecepatan untuk cairan dalam pipa = 1,5 – 2,5 m/s (Coulson, p. 534)

Dipilih harga kecepatan cairan (v) = 2,5 m/s = 29530 ft/jam = 8,202 ft/s

$$A = \frac{F_{vp}}{v} = \frac{\pi}{4} (ID)^2$$

$$ID = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{vp}}{\pi \cdot v}}$$

$$ID = \sqrt{\frac{4 \times 0,0151 \text{ m}^3/\text{s}}{3,14 \times 2,5 \text{ m/s}}} = 0,0876 \text{ m} = 0,2875 \text{ ft} = 3,45 \text{ in}$$

Dari tabel 11 Kern p.844 di pakai NPS 4 in, sehingga diperoleh :

$$OD = 4,5 \text{ in} = 0,3749 \text{ ft} = 0,1143 \text{ m}$$

$$ID = 4,026 \text{ in} = 0,3354 \text{ ft}$$

$$A' = 12,7 \text{ in}^2 = 0,0882 \text{ ft}^2 \text{ (flow area/pipe)}$$

$$A'' = 1,178 \text{ ft}^2/\text{ft} \text{ (surface/ineft)}$$

Menghitung Mass velocity (V)

$$Gt = \frac{Wt}{A} = \frac{119638,7267 \text{ lb/jam}}{0,00882 \text{ ft}^2} = 1356620,418 \text{ lb/jam.ft}^2$$

$$V = \frac{Gt}{\rho} = \frac{1356620,418 \text{ lb/jam.ft}^2}{62,43 \text{ lb/ft}^3} = 21730,2646 \text{ ft/jam} = 6,0362 \text{ ft/s}$$

Menghitung h_i dan h_{io}

Re dalam pipa

$$Re_i = \frac{IDxGt}{\mu} = \frac{0,3354 \text{ ft} \times 1356620,48 \text{ lb} / \text{jam} \cdot \text{ft}^2}{1,936 \text{ lb} / \text{ft} \cdot \text{jam}} = 235002,1136$$

Untuk $T = 99,5^\circ\text{F}$ diperoleh $h_i = 1400 \text{ Btu/jam ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$ (Fig. 25 Kern)

$$h_{io} = h_i \frac{ID}{OD} = 1400 \text{ Btu} / \text{jam} \cdot \text{ft}^2 \cdot \text{Fx} \frac{0,3354 \text{ ft}}{0,3749 \text{ ft}} = 1252,5333 \text{ Btu/jam ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$$

Menghitung Koefisien Transfer Panas (h_c) :

$$h_c = \frac{0,87k}{Dt} \left[\frac{L^2 \cdot N \cdot \rho}{\mu} \right]^{\frac{2}{3}} \left[\frac{Cp \cdot \mu}{k} \right]^{\frac{1}{3}} \left[\frac{\mu}{\mu_w} \right]^{0,14} \quad (\text{eq 20.4 Kern p. 722})$$

Dimana :

$$\left[\frac{\mu}{\mu_w} \right]^{0,14} = 1$$

h_c = koefisien transfer panas cairan, $\text{Btu/jam} \cdot \text{ft}^2 \cdot \text{ }^\circ\text{F}$

Dt = diameter reaktor, $= 2,07 \text{ m} = 6,79 \text{ ft} = 81,5 \text{ in}$

k = konduktivitas panas, $\text{Btu/jam} \cdot \text{ft} \cdot \text{ }^\circ\text{F}$

Cp = kapasitas panas larutan, $0,5877 \text{ Btu/lb} \cdot \text{ }^\circ\text{F}$

L = diameter putar pengaduk, $27,83 \text{ in} = 0,71 \text{ m} = 2,32 \text{ ft}$

N = kecepatan putar pengaduk, $130,25 \text{ rpm} = 2,17 \text{ rps} = 7815 \text{ rph}$

ρ = densitas campuran, $55,5011 \text{ lb/ft}^3$

μ = viskositas campuran, $10,0875 \text{ lb/jam ft}$

μ_w = viskositas air, lb/jam ft

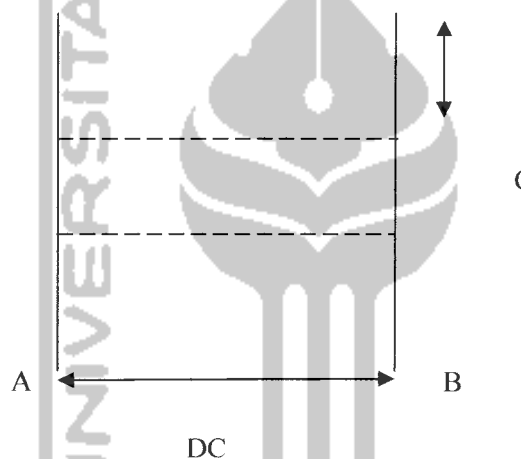
Menghitung Luas Perpindahan Panas

$$A = \frac{Q_p}{U_{dx}LMTD} = \frac{3230245,622}{127,1562 \times 38,9528} = 652,1682 \text{ ft}^2$$

Menghitung Panjang Koil

$$L = \frac{A_{design}}{A'} = \frac{652,1682}{1,178} = 553,6232 \text{ ft} = 168,74 \text{ m}$$

Menghitung Jumlah Lengkungan Koil



Diameter Helix (DC)

$$DC = 0,8 \times (ID \text{ Reaktor}) = 0,8 \times 2,07 = 1,656 \text{ m} = 5,4331 \text{ ft}$$

$$AB = DC = 1,656 \text{ m} = 5,4331 \text{ ft}$$

Jarak antar gulungan koil (BC)

$$BC = \quad \times \quad = 0,8 \times OD \text{ koil} = 0,2999 \text{ ft} = 0,0914 \text{ m}$$

$$AC = \sqrt{(AB)^2 - (BC)^2} = \sqrt{(5,4331)^2 + (0,2999)^2} = 5,4414 \text{ ft} = 1,6585 \text{ m}$$

$$\text{Keliling Busur AB} = \frac{1}{2} \times \pi \times AB = \frac{1}{2} \times 3,14 \times 5,4331 = 8,5299 \text{ ft} = 2,5999 \text{ m}$$

$$\text{Keliling Busur AC} = \frac{1}{2} \times \pi \times AC = \frac{1}{2} \times 3,14 \times 5,4414 = 8,5429 \text{ ft} = 2,6039 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Keliling Lingkaran Koil} &= \text{Keliling Busur AB} + \text{Keliling Busur AC} \\
 &= 8,5299 \text{ ft} + 8,5429 \text{ ft} \\
 &= 17,0728 \text{ ft} \\
 &= 5,2038 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Jumlah lengkungan Koil (N)

$$N = \frac{L}{\text{Kel.lingkarankoil}} = \frac{168,74}{5,2038} = 32,4263 = 33 \text{ lilitan}$$

Tinggi tumpukan koil = $x \cdot N$

$$\begin{aligned}
 &= 0,0914 \text{ m} \cdot 33 \text{ lilitan} \\
 &= 3,02 \text{ m} = 9,896 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

Koil tercelup seluruhnya dalam cairan karena tinggi koil lebih rendah dari tinggi cairan (3,02 m < 3,11 m).

Tinggi cairan setelah ada koil (Zc)

$$\begin{aligned}
 Z_c &= \frac{V_{\text{cairan}} + V_{\text{koil}}}{A_{\text{reaktor}}} = \frac{V_c + (0,25 \times \pi \times OD^2 \times L)}{0,25 \times \pi \times ID^2} \\
 &= \frac{9,75 + (0,25 \times 3,14 \times 0,1143^2 \times 168,74)}{0,25 \times 3,14 \times (2,07)^2} \\
 &= 3,42 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Menghitung Pressure Drop Koil

Factor friksi (f) = 0,00014 ft²/m²

$$\phi_t = \left[\frac{\mu}{\mu_w} \right]^{0.19} = 1$$

$$\Delta P = \frac{f \times Gt^2 \times L}{5,22 \times 10^{10} \times ID \times S \times \phi t}$$

Dimana : S = Spesifik Gravity = 62,43 lb/ft³

L = Panjang Koil = 553,6232 ft

Gt = 1356620,418 lb/jam ft²

ID_{pipa} = 0,3354 ft

$$\Delta P = \frac{0,0001 \times 1356620,418^2 \times 553,6232}{5,22 \times 10^{10} \times 0,3354 \times 62,43 \times 1} = 0,13 \text{ psi}$$

Syarat ΔP cairan dalam tube < 10 psi, maka $\Delta P = 0,13$ psi memenuhi syarat.

2) Koil Pendingin Reaktor - 02

Dari Perry's chemical engineering handbook, tabel 3-206 section 3 page 3-147 diperoleh data Heat of formation (ΔH_f)

Data panas pembentukan (ΔH_f)

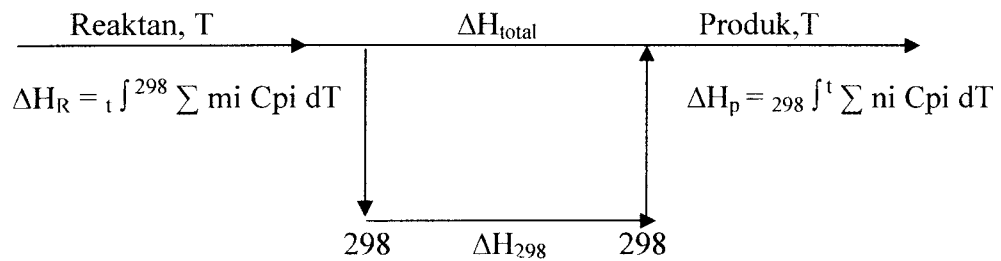
Tabel Data Panas Pembentukan (ΔH_f)

Komponen	ΔH_{f298} (kkal/mol)
Trigliserida	-110,42
CH ₃ OH	-57,04
Metil Ester	-85,29
Gliserol	-159,17

Sumber : Yaws's Chemical Engineering Handbook

Entalpi reaksi pada sembarang suhu dapat dituliskan dengan persamaan:

(Smith J.M 1981 P.12; Houven O.A 1976 P.348) :



$$\begin{aligned}
 \Delta H_{\text{total}} &= \Delta H_R + \Delta H_p + \Delta H_{298} \\
 &= \int_t^{298} \sum m_i C_{pi} dT + \int_{298}^t \sum n_i C_{pi} dT + \Delta H_{298} \\
 &= \int_t^{298} \sum n_i C_{pi} dT - \int_{298}^t \sum m_i C_{pi} dT + \Delta H_{298} \\
 &= \Delta H_{298} + \int_{298}^t [\sum n_i C_{pi} dT - \sum m_i C_{pi} dT] dT
 \end{aligned}$$

Entalpi pada suhu standart ($\Delta H_f 298$) dihitung dengan

$$\Delta H_{298} = [\sum a_i \Delta H_{f_i} - \sum b_i \Delta H_{f_i}] \times \text{mol yang bereaksi}$$

Dimana :

ΔH_{total} = entalpi reaksi pada sembarang suhu, kcal/jam

ΔH_{298} = entalpi reaksi pada suhu standart, kcal/jam

ΔH_{f_i} = entalpi pembentukan komponen i, kcal/kgK

C_{pi} = kapasitas panas komponen i, kcal/kg K

a_i = koefisien reaksi komponen i untuk produk

b_i = koefisien reaksi komponen i, untuk reaktan

n_i = massa komponen i, untuk produk (kg)

m_i = massa komponen i, untuk reaktan (kg)



d) Menghitung ΔH_{298}

$$\begin{aligned}\Delta H_{298} &= 3 \times \Delta H_f \text{ ME} + \Delta H_f \text{ Gliserol} - [\Delta H_f \text{ TG} + 3 \times \Delta H_f \text{ CH}_3\text{OH}] \\ &= 3 \times (-85,29) + (-159,17) - [-110,42 + 3 \times (-57,04)] \\ &= -133.490 \text{ kcal/kmol} \times \text{mol TG yang bereaksi} \\ &= -133.490 \text{ kcal/kmol} \times 2,92 \text{ kmol/jam} \\ &= -389.790,8 \text{ kkal/jam}\end{aligned}$$

e) Menghitung ΔH_R

Entalpi masuk reaktor pada $T = 60^\circ\text{C} = 333 \text{ K}$

Komponen	Massa (kg/jam)	Cp (kkal/kg K)	ΔT (K)	ΔH_R (kkal/jam)
TG	2844,72	0,0783	-35	-7795,9552
FFA	44,39	0,1831	-35	-284,4733
CH ₃ OH	311,13	0,6218	-35	-6771,1222
Ca(OH) ₂	35,47	0,2808	-35	-348,5992
H ₂ O	53,21	0,9962	-35	-1855,2731
ME	6059,34	0,5592	-35	-118593,4025
Gliserol	632,04	0,6913	-35	-15292,5238
Total				-150941,3493

f) Menghitung ΔH_p

Entalpi keluar reaktor pada $T = 60^\circ\text{C} = 333\text{K}$

Komponen	Massa (kg/jam)	Cp (kkal/kg K)	ΔT (K)	ΔH_p (kkal/jam)
TG	280,96	0,0783	35	769,9709
FFA	44,34	0,1831	35	284,1529
CH ₃ OH	30,76	0,6218	35	669,4299
Ca(OH) ₂	35,51	0,2808	35	348,9923
H ₂ O	53,26	0,9962	35	1857,0164
ME	8634,78	0,5592	35	168999,9142
Gliserol	900,68	0,6913	35	21792,4029
Total				194721,8795

$$\begin{aligned}\Delta H_{\text{total}} &= \Delta H_R + \Delta H_{298} + \Delta H_p \\ &= -346010,2698 \text{ kkal/jam}\end{aligned}$$

Sistem membuang panas (eksotermis) sebesar 346010,2698 kkal/jam sehingga sistem tersebut membutuhkan media pendingin.

Pendingin yang digunakan adalah "Koil Pendingin" dengan media pendingin berupa air.

(Faith Keyes, p.563)

(Groggins), (us patent 2856419)

Suhu air pendingin masuk = $T_1 = 30^\circ\text{C} = 86^\circ\text{F}$

Suhu air pendingin keluar = $T_2 = 45^\circ\text{C} = 113^\circ\text{F}$

$$T_{\text{average}} = \frac{T_1 + T_2}{2} = \frac{(86 + 113)^\circ\text{F}}{2} = 99,5^\circ\text{F}$$

Sifat-sifat air pada $T_{\text{average}} = 99,5^{\circ}\text{F}$ adalah

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3 = 62,43 \text{ lb/ft}^3$$

$$\mu = 0,8 \text{ cP} = 1,936 \text{ lb/ft jam}$$

$$cP = 1 \text{ kkal/kg } ^{\circ}\text{C} = 1 \text{ Btu/lb}^{\circ}\text{F}$$

Panas yang diambil pendingin (Q_p)

$$Q_p = 346010,2698 \text{ kkal/jam} = 1372968,751 \text{ Btu/jam}$$

Kebutuhan air pendingin (W_t)

$$\begin{aligned} W_t &= \frac{Q_p}{C_p \cdot (T_2 - T_1)} = \frac{1372968,751 \text{ BTU / jam}}{1 \frac{\text{BTU}}{\text{lb} \cdot ^{\circ}\text{F}} (113 - 86)^{\circ}\text{F}} \\ &= 50850,6945 \text{ lb/jam} \\ &= 23065,875 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Debit Air Pendingin

$$F_{vp} = \frac{W_t}{\rho} = \frac{23065,875 \text{ kgjam}}{1000 \text{ kg / m}^3} = 23,0659 \text{ m}^3/\text{jam} = 0,0064 \text{ m}^3/\text{s} = 0,23 \text{ ft}^3/\text{s}$$

Menghitung Luas Penampang Aliran (A)

Harga kecepatan untuk cairan dalam pipa = 1,5 – 2,5 m/s (Coulson, p. 534)

Dipilih harga kecepatan cairan (v) = 2,5 m/s = 29530 ft/jam = 8,202 ft/s

$$A = \frac{F_{vp}}{v} = \frac{\pi}{4} (ID)^2$$

$$ID = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{vp}}{\pi \cdot v}}$$

$$ID = \sqrt{\frac{4 \times 0,0064 \text{ m}^3 / \text{s}}{3,14 \times 2,5 \text{ m / s}}} = 0,0571 \text{ m} = 0,1874 \text{ ft} = 2,25 \text{ in}$$

Dari **tabel 11 Kern p.844** di pakai NPS 2,5 in, sehingga diperoleh :

$$OD = 2,88 \text{ in} = 0,2399 \text{ ft} = 0,1137 \text{ m}$$

$$ID = 2,469 \text{ in} = 0,2057 \text{ ft}$$

$$A' = 4,79 \text{ in}^2 = 0,0333 \text{ ft}^2 \text{ (flow area/pipe)}$$

$$A'' = 0,753 \text{ ft}^2/\text{ft} \text{ (surface/ineft)}$$

Menghitung Mass velocity (V)

$$Gt = \frac{Wt}{A} = \frac{50850,6945 \text{ lb} / \text{jam}}{0,0333 \text{ ft}^2} = 1528803,481 \text{ lb/jam.ft}^2$$

$$V = \frac{Gt}{\rho} = \frac{1528803,481 \text{ lb} / \text{jam.ft}^2}{62,43 \text{ lb} / \text{ft}^3} = 24488,2826 \text{ ft/jam} = 6,8023 \text{ ft/s}$$

Menghitung hi dan hio

Re dalam pipa

$$Re_i = \frac{ID \times Gt}{\mu} = \frac{0,2057 \text{ ft} \times 1528803,481 \text{ lb} / \text{jam.ft}^2}{1,936 \text{ lb} / \text{ft.jam}} = 160152,2082$$

Untuk $T = 99,5^\circ\text{F}$ diperoleh $hi = 1600 \text{ Btu/jam ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$ (**Fig. 25 Kern**)

$$hio = hix \frac{ID}{OD} = 1600 \text{ Btu} / \text{jam.ft}^2 \cdot \text{Fx} \frac{0,2057 \text{ ft}}{0,23099 \text{ ft}} = 1371,6667 \text{ Btu/jam ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$$

Menghitung Koefisien Transfer Panas (h_c) :

$$h_c = \frac{0.87k}{Dt} \left[\frac{L^2 \cdot N \cdot \rho}{\mu} \right]^{\frac{2}{3}} \left[\frac{Cp \cdot \mu}{k} \right]^{\frac{1}{3}} \left[\frac{\mu}{\mu_w} \right]^{0.14} \quad (\text{eq 20.4 Kern p. 722})$$

Dimana :

$$\left[\frac{\mu}{\mu_w} \right]^{0.14} = 1$$

h_c = koefisien transfer panas cairan, Btu/jam. ft². °F

D_t = diameter reaktor, = 2,07 m = 6,79 ft = 81,5 in

k = konduktivitas panas, 0,0871 Btu/jam. ft. °F

C_p = kapasitas panas larutan, 1,85 Btu/lb. °F

L = diameter putar pengaduk, 27,83 in = 0,71 m = 2,32 ft

N = kecepatan putar pengaduk, 130,25 rpm = 2,17 rps = 7815 rph

ρ = densitas campuran, 55,4962 lb/ft³

μ = viskositas campuran, 8,0533 lb/jam ft

μ_w = viskositas air, lb/ jam ft

$$h_c = \frac{0.87.k \left[\frac{L^2 x N x \rho}{\mu} \right]^{2/3} \left[\frac{C_p \cdot \mu}{k} \right]^{1/3} \left[\frac{\mu}{\mu_w} \right]^{0.14}}{D_t}$$
$$= \frac{0.87 \times 0,0871 \left[\frac{2,32^2 \times 7815 \times 55,4962}{8,0533} \right]^{2/3} \left[\frac{1,85 \times 8,0533}{0,0871} \right]^{1/3} \left[\frac{8,0533}{\mu_w} \right]^{0.14}}{6,79}$$

$$h_c = 271,3353 \text{ Btu/jam. ft}^2 \cdot \text{°F}$$

Menghitung U_c dan U_d

c. Clean overall Coefficient (U_c)

$$U_c = \frac{h_c \times h_{io}}{h_c + h_{io}} = \frac{271,3353 \times 1371,6667}{271,3353 + 1371,667} = 226,5254 \text{ Btu/jam ft}^2 \cdot \text{°F}$$

d. Dirty Overall Coefficient (U_d)

R_d minimum = 0,001 jam ft² °F/Btu (**tabel 12, Kern**)

$$h_d = \frac{1}{R_d \text{ min}} = \frac{1}{0,001} = 1000 \text{ Btu/jam}^2 \cdot \text{°F}$$

Tinggi cairan setelah ada koil (Zc)

$$\begin{aligned} Z_c &= \frac{V_{\text{cairan}} + V_{\text{koil}}}{A_{\text{reaktor}}} = \frac{V_c + (0,25 \times \pi \times OD^2 \times L)}{0,25 \times \pi \times ID^2} \\ &= \frac{9,75 + (0,25 \times 3,14 \times 0,1137^2 \times 77,25)}{0,25 \times 3,14 \times (2,07)^2} \\ &= 3,14 \text{ m} \end{aligned}$$

Menghitung Pressure Drop Koil

Factor friksi (f) = 0,00014 ft²/m²

$$\phi t = \left[\frac{\mu}{\mu_w} \right]^{0,19} = 1$$

$$\Delta P = \frac{f \times G_t^2 \times L}{5,22 \times 10^{10} \times ID \times S \times \phi t}$$

Dimana : S = Spesifik Gravity = 62,43 lb/ft³
L = Panjang Koil = 253,447 ft
G_t = 1528803,481 lb/jam ft²
ID_{pipa} = 0,2399 ft

$$\Delta P = \frac{0,0001 \times 1528803,481^2 \times 253,447}{5,22 \times 10^{10} \times 0,2399 \times 62,43 \times 1} = 0,106 \text{ psi}$$

Syarat ΔP cairan dalam tube < 10 psi, maka $\Delta P = 0,106$ psi memenuhi syarat.