



**TUGAS DESAIN PABRIK KIMIA – TK 184803**

**PRA DESAIN PABRIK  
GLISEROL MONOOLEAT (GMO)**

**Rafael Ronaldo Sendjaja  
NRP. 02211640000073**

**Katharina Ajeng Paramastri  
NRP. 02211640000165**

**Dosen Pembimbing :  
Prof. Dr. Ir. Heru Setyawan, M.Eng  
NIP. 1967 02 03 1991 02 1 001**

**Dr. Widiyastuti, S.T., M.T.  
NIP. 1975 03 06 2002 12 2 002**

**DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI DAN REKAYASA  
SISTEM  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2020**

## LEMBAR PENGESAHAN

Laporan Tugas Desain Pabrik Kimia dengan Judul :

**“Pabrik Gliserol Monooleat (GMO)”**

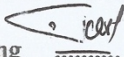

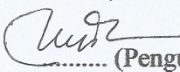
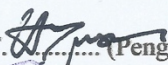

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi S-1 Departemen Teknik Kimia Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Oleh :

**Rafael Ronaldo Sendjaja** NRP. 0221164000073

**Katharina Ajeng Paramastri** NRP. 02211640000165

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Desain Pabrik Kimia :

1. Prof.Dr.Ir.Heru Setyawan, M.Eng  ..... (Pembimbing I)
2. Dr. Widiyastuti, S.T., M.T  ..... (Pembimbing II)
3. Dr. Suci Madhania, S.T., M.T.  ..... (Penguji I)
4. Dr. Eng. R. Darmawan, S.T., M.T.  ..... (Penguji II)
5. Ni Made Intan Putri Suari, S.T., M.T.  ..... (Penguji III)

Surabaya  
18 Februari 2020



## INTISARI

Surfaktan merupakan senyawa kimia yang memiliki aktivitas permukaan yang tinggi, sehingga sering juga disebut sebagai bahan aktif permukaan. Saat ini industri yang memproduksi surfaktan di Indonesia masih menggunakan bahan baku yang berasal dari minyak bumi tak terbarukan (surfaktan sintesis). Padahal surfaktan sintesis ini tidak ramah lingkungan dan menimbulkan masalah kesehatan. Untuk itu perlu substitusi bahan baku surfaktan yang ramah lingkungan dan *biodegradable*, mengingat pemanfaatan surfaktan yang sangat luas dalam berbagai industri.

Surfaktan terdiri dari beberapa jenis, salah satunya adalah surfaktan nonionik. Gliserol monooleat (GMO) merupakan salah satu jenis surfaktan nonionik yang banyak diaplikasikan di dunia industri seperti industri makanan, tekstil, kosmetik, plastik, cat, oli, dan pengeboran minyak bumi. Namun, banyaknya kebutuhan gliserol monooleat di Indonesia tidak didukung dengan pasokan gliserol monooleat yang mencukupi sehingga Indonesia masih harus mengimpor gliserol monooleat dalam jumlah yang cukup besar tiap tahunnya.

Gliserol monooleat (GMO) yang berfungsi sebagai *emulsifier* pada industri dapat dibuat dengan bahan baku gliserol dan asam oleat dengan proses esterifikasi atau dari gliserol dan trigliserida dengan proses transesterifikasi. Gliserol dan asam oleat merupakan salah satu jenis produk dari industri oleokimia. Sedangkan trigliserida didapatkan dari proses esterifikasi gliserol dengan *fatty acid* yang berasal dari industri oleokimia. Industri oleokimia menggunakan bahan baku *Crude Palm Oil* (CPO) dan Indonesia merupakan negara terbesar kedua penghasil CPO di dunia setelah Malaysia dengan produksi CPO yang terus meningkat setiap tahun. Mengingat besarnya potensi CPO yang dimiliki Indonesia dan masih sedikitnya yang diolah lebih lanjut di dalam negeri, maka bahan baku pembuatan GMO bisa didapat dari hasil pengolahan CPO.

Berdasarkan analisa pasar yang dilakukan oleh *Grand View Research* (2017), ditinjau dari macam produk pengemulsi makanan, diprediksikan hingga tahun 2025 monogliserida menempati urutan pertama bahan pengemulsi dengan permintaan tertinggi karena kebutuhan pengemulsi berbasis bahan baku alami sangat dipertimbangkan untuk keuntungan jangka panjang. Selain untuk pengemulsi makanan, pengemulsi juga dibutuhkan untuk industri cat. Berdasarkan analisa pasar yang juga dilakukan oleh *Grand View Research* (2017,) diprediksikan hingga tahun 2025, produksi cat semakin meningkat untuk sektor arsitektur, industri, furnitur, otomotif, dll. Hal ini berarti permintaan akan gliserol monooleat sebagai zat pengemulsi untuk cat terus naik di masa mendatang. Dari data-data yang telah disebutkan di atas, dapat diprediksikan bahwa permintaan gliserol monooleat sebagai salah satu jenis monogliserida akan terus naik di masa mendatang.

Pabrik ini didirikan untuk memenuhi kebutuhan gliserol monooleat dalam negeri, khususnya pada bidang industri cat dan makanan. Kedua industri tersebut merupakan yang paling strategis sehingga produk gliserol monooleat akan disesuaikan dengan spesifikasi bahan baku yang dibutuhkan oleh kedua industri tersebut. Untuk bidang cat, industri yang dituju adalah PT. Nippon Paint Indonesia yang terletak di Purwakarta, Jawa Tengah yang mampu memproduksi 100 juta kilogram per tahun untuk cat dekoratif dan 30-50 juta kilogram per tahun cat industri pada tahun 2017. Sedangkan konsumen yang dituju untuk bidang makanan adalah industri *bakery* yang ada di Indonesia, yaitu PT. Nippon Indosari Corpindo, Tbk yang merupakan pabrik roti terbesar di Indonesia yang mampu memproduksi 182.092.800 gram (182.092,8 kg) roti per hari

Pabrik direncanakan beroperasi secara kontinyu 24 jam selama 330 hari per tahun dengan kapasitas produksi 15.000 ton/tahun dengan kebutuhan bahan baku asam oleat sebanyak 16.006,32 ton/tahun dan gliserol sebanyak 5.155,92 ton/tahun. Asam oleat yang digunakan memiliki kemurnian 75%, sedangkan gliserol memiliki kemurnian 99,7%. Keduanya diproduksi oleh PT

Wilmar yang memiliki kapasitas produksi 2.615.000 ton/tahun. Pabrik direncanakan didirikan di daerah Dumai, Riau pada tahun 2022 karena dekat dengan sumber bahan baku, memiliki posisi pemasaran yang strategis, memiliki akses jalan raya yang baik, dekat dengan pelabuhan, dekat dengan sumber air laut sehingga kebutuhan air mudah terpenuhi, serta mudah dalam proses perizinan pendirian pabrik.

Telah dijelaskan di atas bahwa gliserol monooleat dapat dibuat dengan proses esterifikasi ataupun transesterifikasi. Pada pendirian pabrik gliserol monooleat ini, dipilih proses esterifikasi dengan pertimbangan: kemurnian yang dihasilkan lebih tinggi, rangkaian proses lebih sederhana karena tidak memerlukan separator di awal proses, dan kondisi operasi relatif lebih *safety*. Proses pembuatan gliserol monooleat dibagi menjadi tiga tahapan proses utama di antaranya:

1. Tahap *Pre-treatment*

Pada tahap ini bahan baku dikondisikan untuk mencapai kondisi operasi sebelum masuk dalam reaktor esterifikasi. Bahan baku asam oleat, gliserol dan  $H_3PO_4$  dicampur.

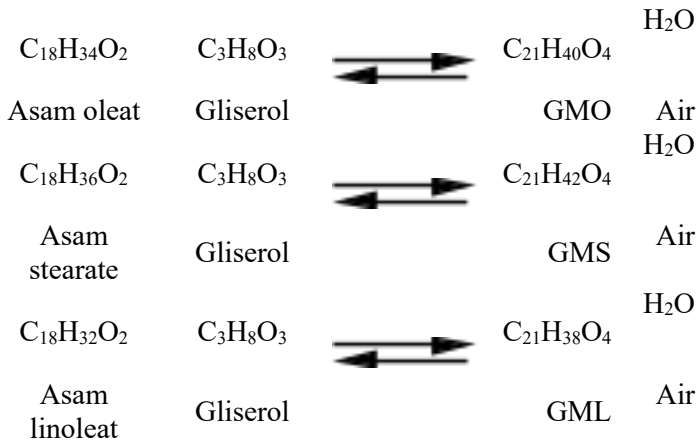
Pada tangki gliserol (F-112), gliserol dipanaskan terlebih dahulu dari  $30^\circ C$  hingga  $135^\circ C$  untuk menurunkan viskositas gliserol agar mudah dialirkan menuju *mixing tank* (M-110). Tangki gliserol dilengkapi dengan *coil* pemanas dengan sumber panas dari *saturated steam*.

Pada tangki asam oleat (F-111) yang berisi asam oleat dipanaskan terlebih dahulu dari  $30^\circ C$  hingga  $135^\circ C$  dimana tangki dilengkapi *coil* pemanas seperti tangki gliserol dengan tujuan menurunkan viskositas asam oleat agar mudah dialirkan. Semua bahan baku tercampur dalam *mixing tank* dan dialirkan ke *preheater* (E-118) menggunakan pompa. Tujuan dari *preheater* yaitu untuk menaikkan temperaturnya hingga  $240^\circ C$  yang bertujuan untuk mencapai suhu reaksi yang diinginkan.

2. Tahap Esterifikasi

Pada tahap ini, dalam reaktor esterifikasi akan terjadi reaksi esterifikasi antara asam oleat dan gliserol membentuk

gliserol monooleat dengan bantuan katalis  $H_3PO_4$  dengan konsentrasi yang rendah untuk mencegah kontaminasi asam kuat di dalam produk. Reaktor esterifikasi dioperasikan pada temperatur  $240^\circ C$  dan tekanan 0,13 bar. Untuk menjaga suhu  $240^\circ C$ , reaktor dilengkapi dengan jaket pemanas. Asam oleat diesterifikasi oleh gliserol membentuk gliserol monooleat dengan bantuan katalis  $H_3PO_4$ . Reaksi yang berlangsung di dalam reaktor adalah sebagai berikut.



Produk yang keluar dari reaktor esterifikasi (R-210) berupa campuran gliserol monooleat, gliserol monolinoleat, gliserol monostearat, air,  $H_3PO_4$ , asam oleat, asam stearat, asam linoleat serta gliserol yang tidak habis bereaksi. reaktor esterifikasi dilengkapi dengan system *recycle* dengan menggunakan kolom distilasi dimana alat ini akan me-*recycle* gliserol yang berada dalam fasa uap sekaligus menghilangkan air dari reactor yang akan mengganggu terbentuknya produk Gliserol monooleat yang diinginkan.

### 3. Tahap Pemurnian

Produk keluaran reaktor esterifikasi yaitu gliserol monooleat, gliserol monostearat, gliserol monolinoleat, air akan menuju ke dalam reaktor netralisasi. Pada reaktor netralisasi produk keluaran gliserol monooleat, gliserol monostearat, gliserol

monolinoleat, air diumpangkan NaOH untuk menetralisasi asam katalis  $H_3PO_4$ . Asam fosfat bereaksi dengan NaOH membentuk  $Na_3PO_4$ . Produk keluaran selanjutnya akan diumpangkan ke dalam kolom distilasi untuk memisahkan antara produk gliserol monooleat dengan *impurities* seperti asam lemak, gliserol, dan lain-lain. Produk yang telah melalui proses distilasi akan langsung dialirkan ke dalam tangki produk gliserol monooleat.

Sumber dana investasi untuk pendirian pabrik berasal dari modal sendiri sebesar 40% biaya investasi dan pinjaman sebesar 60% biaya investasi dengan bunga sebesar 12,5% per tahun. Berdasarkan perhitungan analisa ekonomi, diperoleh biaya investasi total / *Total Cost Investment* sebesar Rp. 290.074.624.700 dan total biaya produksi (TPC) sebesar Rp. 461.330.647.600; *interest rate* sebesar 12,5%; laju pengembalian modal / *Internal Rate of Return* (IRR) sebesar 40%; laju inflasi sebesar 3,49 % per tahun; waktu pengembalian modal / *Pay Out Time* (POT) sebesar 4,24 tahun; titik impas / *Break Even Period* (BEP) sebesar 31,55%; dan periode *construction* selama 24 bulan. Berdasarkan analisa BEP, POT, dan IRR, pabrik gliserol monooleat ini **layak untuk didirikan**.

## KATA PENGANTAR

Hanya dengan rahmat Tuhan Yang Maha Esa sajalah dan juga dorongan yang kuat dari semua pihak, maka penyusun dapat menyelesaikan Tugas Pra Desain Pabrik yang berjudul :

### “GLISEROL MONOOLEAT”

Tugas Pra Desain Pabrik ini merupakan salah satu syarat kelulusan bagi mahasiswa Teknik Kimia FTI-ITS Surabaya.

Terselesainya Tugas Pra Desain Pabrik ini tidak lepas dari peran berbagai pihak yang turut memberikan arahan, bimbingan, dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikannya dengan baik dan tepat waktu. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penyusun mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr.Ir. Heru Setyawan, M.Eng, dan Ibu Dr. Widiyastuti, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Tugas Pra Desain Pabrik atas bimbingan dan saran yang telah diberikan.
2. Ibu Dr. Widiyastuti, S.T., M.T., selaku Kepala Departemen Teknik Kimia, FTI-ITS.
3. Bapak Dr. Kusdianto, S.T., M.T., selaku Sekretaris Departemen Teknik Kimia, FTI-ITS.
4. Bapak dan Ibu Dosen pengajar serta seluruh karyawan Departemen Teknik Kimia yang telah memberi bimbingan selama masa perkuliahan.
5. Kedua orangtua, ayah-ibu dan keluarga yang telah memberi dukungan moril dan materiil, doa untuk kesuksesan serta jasa-jasa lain yang terlalu sulit untuk diungkapkan.
6. Teman-teman seperjuangan di Laboratorium Elkimkor, baik teman-teman Strata-1 atau Strata-2 dan Strata-3 yang telah memberikan segala support, bantuan dan kerjasamanya.
7. Teman-teman K-56 yang telah memberikan banyak *support* dan bantuan.
8. Teman-teman satu pabrik Gliserol Monostearat (Naqiyah Salsabila dan Marwa Efira) yang banyak memberikan kerjasama.



9. Semua pihak yang telah membantu penyelesaian Tugas Pra Desain Pabrik ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Akhirnya, kami memohon maaf atas segala kekurangan yang terjadi selama proses penyusunan tugas ini. Semoga tugas akhir ini dapat memberikan kontribusi yang bermanfaat bagi penulis dan pembaca khususnya.

Surabaya, 12 Januari 2020

Penyusun

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
INTISARI.....	iii
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB I LATAR BELAKANG.....	1
BAB II BASIS DESAIN DATA.....	3
II.1 Kapasitas Produksi.....	3
II.2 Lokasi Pabrik.....	11
II.3 Kualitas Bahan Baku dan Produk.....	11
II.3.1 Spesifikasi Bahan Baku Utama.....	11
II.3.1.1 Asam Oleat (9-oktadecenoic; $C_{18}H_{34}O_2$ ).....	11
II.3.1.2 Gliserol.....	12
II.3.2 Spesifikasi Bahan Baku Pendukung.....	13
II.3.2.1 $H_3PO_4$ .....	13
II.3.2.2 NaOH.....	13
II.3.3 Spesifikasi Produk.....	14
BAB III SELEKSI DAN URAIAN PROSES.....	15
III.1 Macam-Macam Proses.....	15
III.1.1 Proses Esterifikasi.....	15
III.1.2 Proses Transesterifikasi.....	17
III.1.2 Reaksi Dengan Halohidrin.....	19
III.2 Seleksi Proses.....	19
III.3 Uraian Proses Terpilih.....	20
BAB IV NERACA MASSA DAN ENERGI.....	23
IV.1 Neraca Massa.....	23
IV.1.1 <i>Mixing Tank</i> (M-110).....	24
IV.1.2 Reaktor Esterifikasi (R-210).....	26
IV.1.3 Kolom Distilasi (D-213).....	28
IV.1.4 <i>Condenser</i> (E-214).....	30
IV.1.5 <i>Reboiler</i> (E-215).....	32

IV.1.6 Reaktor Netralisasi (R-310) .....	34
IV.1.7 Kolom Distilasi (D-320) .....	36
IV.1.8 <i>Condenser</i> (E-322) .....	38
IV.1.9 <i>Reboiler</i> (E-321) .....	40
IV.2 Neraca Energi.....	42
IV.2.1 Tangki Asam Oleat (F-112) .....	44
IV.2.2 Tangki Gliserol (F-111) .....	45
IV.2.3 <i>Mixing Tank</i> (M-110) .....	47
IV.2.4 <i>Preheater</i> (E-118) .....	48
IV.2.5 Reaktor Esterifikasi (R-210) .....	49
IV.2.6 <i>Cooler</i> (E-212) .....	51
IV.2.7 <i>Condenser</i> (E-214) .....	52
IV.2.8 Kolom Distilasi (D-213) .....	53
IV.2.9 <i>Heater</i> (E-217) .....	54
IV.2.10 <i>Cooler</i> (E-219) .....	56
IV.2.11 Reaktor Netralisasi (R-310) .....	57
IV.2.12 <i>Condenser</i> (E-322) .....	59
IV.2.13 Kolom Distilasi (D-320) .....	60
<b>BAB V DAFTAR DAN HARGA PERALATAN.....</b>	<b>63</b>
<b>BAB VI ANALISA EKONOMI.....</b>	<b>93</b>
VI.1 Pengelolaan Sumber Daya Manusia.....	93
VI.1.1 Bentuk Badan Perusahaan.....	93
VI.1.2 Sistem Organisasi Perusahaan.....	93
VI.1.3 Perincian Jumlah Tenaga Kerja.....	99
VI.1.4 Status Karyawan dan Pengupahan.....	103
VI.2 Utilitas.....	103
VI.2.1 <i>Water Treatment System</i> .....	104
VI.2.2 <i>Demineralized Water Plant</i> .....	105
VI.2.3 <i>Cooling Water System</i> .....	107
VI.2.4 <i>Electrical Power Generation System</i> .....	108
VI.2.5 <i>Steam Generation System</i> .....	109
VI.2.6 Pengolahan Limbah.....	111
VI.2.6.1 Pengolahan Limbah Cair.....	111
VI.3 Analisa Ekonomi.....	111

VI.3.1 Laju Pengembalian Modal ( <i>Internal Rate of Return / IRR</i> ).....	112
VI.3.2 Waktu Pengembalian Modal ( <i>Pay Out Time / POT</i> ).....	112
VI.3.3 Titik Impas ( <i>Break Even Point / BEP</i> ).....	113
BAB VII KESIMPULAN.....	115
DAFTAR PUSTAKA.....	xviii

## DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1	Produksi <i>Crude Palm Oil</i> (CPO) di Indonesia dari Tahun 1970 – 2019.....	4
Gambar II.2	Jumlah Pasar Pengemulsi Makanan ( <i>Emulsifier</i> ) Berdasarkan Produk.....	7
Gambar II.3	Jumlah Pasar Pengemulsi Cat ( <i>Paint Emulsifier</i> ) Berdasarkan Produk.....	8
Gambar III.1	Reaksi Esterifikasi Pembentukan Gliserol Monooleat.....	15
Gambar III.2	Blok Diagram Produksi Gliserol Monooleat dengan Proses Esterifikasi.....	16
Gambar III.3	Reaksi Transesterifikasi Pembentukan Gliserol Monooleat.....	17
Gambar III.4	Blok Diagram Produksi Gliserol Monooleat dengan Proses Transesterifikasi.....	18
Gambar III.5	<i>Process Flow Diagram</i> Produksi Gliserol Monooleat.....	22
Gambar IV.1	<i>Mixing Tank</i> (M-110).....	24
Gambar IV.2	Reaktor Esterifikasi (R-210) .....	26
Gambar IV.3	Kolom Distilasi (D-213) .....	28
Gambar IV.4	<i>Condenser</i> (E-214) .....	30
Gambar IV.5	<i>Reboiler</i> (E-215) .....	32
Gambar IV.6	Reaktor Netralisasi (R-320). .....	34
Gambar IV.7	Kolom Distilasi (D-320) .....	36
Gambar IV.8	<i>Condenser</i> (E-322) .....	38
Gambar IV.9	<i>Reboiler</i> (E-321) .....	40
Gambar IV.10	Penggambaran Sistem Peninjauan Neraca Energi.....	42
Gambar IV.11	Tangki Asam Oleat (F-111).....	44
Gambar IV.12	Tangki Gliserol (F-112). .....	45
Gambar IV.13	<i>Mixing Tank</i> (M-110) .....	47
Gambar IV.14	<i>Preheater</i> (E-118).....	48
Gambar IV.15	Reaktor Esterifikasi (R-210) .....	49
Gambar IV.16	<i>Cooler</i> (E-212) .....	51

Gambar IV.17	<i>Condenser</i> (E-214).....	52
Gambar IV.18	Kolom Distilasi (D-213) .....	53
Gambar IV.19	<i>Preheater</i> (E-217).....	54
Gambar IV.20	<i>Cooler</i> (E-219).....	56
Gambar IV.21	Reaktor Netralisasi (R-310) .....	57
Gambar IV.22	<i>Condenser</i> (E-322) .....	58
Gambar IV.23	Kolom Distilasi (D-320).....	59
Gambar VI.1	Struktur Organisasi Perusahaan.....	94
Gambar VI.2	Proses Pembuatan Air Demin.....	105
Gambar VI.3	<i>Break Even Point</i> Pabrik Gliserol Monooleat .....	113

## DAFTAR TABEL

Tabel II.1.	Perkembangan Industri Oleokimia Dasar di Indonesia (ton).....	5
Tabel II.2	Aplikasi Penggunaan Gliserol Monooleat Dalam Dunia Industri.....	6
Tabel II.3	Data Import Gliserol Monooleat (Oleat, Ester, Garam, dan Turunannya) di Indonesia Tahun 2013-2018.....	9
Tabel III.1	Perbandingan Macam-Macam Proses Produksi Gliserol Monooleat.....	19
Tabel IV.1	Neraca Massa <i>Mixing Tank</i> (R-210).....	25
Tabel IV.2	Neraca Massa Reaktor Esterifikasi (R-210)...	27
Tabel IV.3	Neraca Massa Kolom Distilasi (D-213).....	29
Tabel IV.4	Neraca Massa <i>Condenser</i> (E-214).....	31
Tabel IV.5	Neraca Massa <i>Reboiler</i> (E-215).....	33
Tabel IV.6	Neraca Massa Reaktor Netralisasi (R-320).....	35
Tabel IV.7	Neraca Massa Kolom Distilasi (D-320).....	37
Tabel IV.8	Neraca Massa <i>Condenser</i> (E-322).....	39
Tabel IV.9	Neraca Massa <i>Reboiler</i> (E-321).....	41
Tabel IV.10	Kondisi Operasi Asam Oleat (F-111).....	44
Tabel IV.11	Spesifikasi Steam pada Tangki Asam Oleat (F-111).....	44
Tabel IV.12	Neraca Energi Asam Oleat (F-112).....	45
Tabel IV.13	Kondisi Operasi Tangki Gliserol (F-112).....	45
Tabel IV.14	Spesifikasi <i>Steam</i> Tangki Gliserol (F-112).....	46
Tabel IV.15	Neraca Energi Tangki Gliserol (F-112).....	46
Tabel IV.16	Kondisi Operasi <i>Mixing Tank</i> (M-110).....	47
Tabel IV.17	Neraca Energi <i>Mixing Tank</i> (M-110).....	47
Tabel IV.18	Kondisi Operasi <i>Preheater</i> (E-118).....	48
Tabel IV.19	Spesifikasi Steam Tangki Gliserol (F-112).....	48
Tabel IV.20	Neraca Energi <i>Preheater</i> (E-118).....	49
Tabel IV.21	Kondisi Operasi Reaktor Esterifikasi (R-210).....	49
Tabel IV.22	Spesifikasi Steam Tangki Gliserol (F-112).....	50
Tabel IV.23	Neraca Energi Reaktor Esterifikasi (R-210).....	50

Tabel IV.24	Kondisi Operasi <i>Cooler</i> (E-213).....	51
Tabel IV.25	Spesifikasi <i>Cooling Water</i> pada <i>Cooler</i> (E-212).....	51
Tabel IV.26	Neraca Energi <i>Cooler</i> (E-213).....	52
Tabel IV.27	Kondisi Operasi <i>Condenser</i> (E-214).....	52
Tabel IV.28	Neraca Energi <i>Condenser</i> (E-214).....	53
Tabel IV.29	Kondisi Operasi Kolom Distilasi (D-213).....	54
Tabel IV. 30	Neraca Energi Kolom Distilasi (D-213).....	54
Tabel IV.31	Kondisi Operasi <i>Heater</i> (E-217).....	55
Tabel IV.32	Spesifikasi <i>Steam</i> (E-217).....	55
Tabel IV.33	Neraca Energi <i>Heater</i> (E-217).....	55
Tabel IV.34	Kondisi Operasi <i>Cooler</i> (E-219).....	56
Tabel IV.35	Spesifikasi <i>Cooling Water</i> pada <i>Cooler</i> (E-219).....	56
Tabel IV.36	Neraca Energi <i>Cooler</i> (E-219).....	57
Tabel IV.37	Kondisi Operasi Reaktor Netralisasi (R-310)..	57
Tabel IV.38	Spesifikasi <i>Cooling Water</i> .....	58
Tabel IV.39	Neraca Energi Reaktor Netralisasi (R-310).....	58
Tabel IV.40	Kondisi Operasi <i>Condenser</i> (E-322).....	59
Tabel IV.41	Neraca Energi <i>Condenser</i> (E-322).....	59
Tabel IV.42	Kondisi Operasi Kolom Distilasi (D-320).....	61
Tabel IV. 43	Neraca Energi Kolom Distilasi (D-320).....	61
Tabel V.1	<i>Mixing Tank</i> (M-110).....	62
Tabel V.2	Tangki Asam Oleat (F-111).....	64
Tabel V.3	Tangki Gliserol (F-112).....	65
Tabel V.4	Tangki Asam Fosfat (F-113).....	65
Tabel V.5	Pompa <i>Feed</i> Asam Oleat (L-114).....	66
Tabel V.6	Pompa <i>Feed</i> Gliserol (L-115).....	67
Tabel V.7	Pompa <i>Feed</i> Asam Fosfat (L-116).....	68
Tabel V.8	Pompa <i>Feed</i> Reaktor (L-117) .....	69
Tabel V.9	<i>Pre-heater</i> (E-118) .....	69
Tabel V.10	Reaktor Esterifikasi (R-210) .....	70
Tabel V.11	Pompa Vakum (G-211) .....	72
Tabel V.12	<i>Cooler</i> (E-212).....	73
Tabel V.13	Kolom Distilasi (D-213).....	74



Tabel V.14	<i>Condenser</i> (E-214) .....	74
Tabel V.15	<i>Reboiler</i> (E-215) .....	76
Tabel V.16	Pompa <i>Recycle</i> Gliserol (L-216).....	78
Tabel V.17	<i>Heater</i> (E-217).....	78
Tabel V.18	Pompa Produk Reaktor Esterifikasi (L-218)...	81
Tabel V.19	<i>Cooler</i> (E-219).....	80
Tabel V.20	Reaktor Netralisasi (R-310).....	81
Tabel V.21	Tangki NaOH (F-311).....	83
Tabel V.22	Pompa <i>Feed</i> NaOH (L-312).....	84
Tabel V.23	Pompa <i>Feed</i> Kolom Distilasi (L-312).....	85
Tabel V.24	Kolom Distilasi (D-320).....	85
Tabel V.25	<i>Condenser</i> (E-322).....	87
Tabel V.26	<i>Reboiler</i> (E-321).....	88
Tabel V.27	Pompa Produk Kolom Distilasi (L-323).....	89
Tabel V.28	Tangki Gliserol Monooleat (F-324).....	90
Tabel V.29	Daftar Harga Peralatan Proses.....	91
Tabel VI.1	Daftar Kebutuhan Karyawan Pabrik GMO.....	99
Tabel VI.2	Jadwal <i>Shift</i> Dengan Sistem 2-2-2.....	102
Tabel VI.3	Karakteristik <i>Filtered Water</i> .....	104
Tabel VI.4	Bahan Kimia Pada <i>Cooling Tower</i> .....	107



## **BAB I**

### **LATAR BELAKANG**

Surfaktan merupakan senyawa kimia yang memiliki aktivitas permukaan yang tinggi, sehingga sering juga disebut sebagai bahan aktif permukaan. Selain memiliki gugus polar yang suka akan air (hidrofilik), surfaktan juga memiliki gugus non polar yang suka akan minyak (hidrofobik). Bahan aktif ini dapat menurunkan tegangan antarmuka antara dua bahan (*interfacial tension*). Sifat aktif permukaan yang dimiliki surfaktan memungkinkan dua atau lebih senyawa yang saling tidak bercampur pada kondisi normal menjadi bertendensi untuk saling bercampur secara homogen.

Saat ini, industri yang memproduksi surfaktan di Indonesia masih menggunakan bahan baku yang berasal dari minyak bumi yang tak terbarukan (surfaktan sintesis). Padahal surfaktan sintesis ini tidak ramah lingkungan dan menimbulkan masalah kesehatan. Untuk itu perlu substitusi bahan baku surfaktan yang ramah lingkungan dan *biodegradable*, mengingat pemanfaatan surfaktan yang sangat luas dalam berbagai industri.

Surfaktan terdiri dari beberapa jenis, salah satunya adalah surfaktan nonionik. Gliserol monooleat (GMO) merupakan salah satu jenis surfaktan nonionik yang banyak diaplikasikan di dunia industri seperti industri makanan, tekstil, kosmetik, plastik, cat, oli, dan pengeboran minyak bumi. Namun, banyaknya kebutuhan gliserol monooleat di Indonesia tidak didukung dengan pasokan gliserol monooleat yang mencukupi sehingga Indonesia masih harus mengimpor gliserol monooleat dalam jumlah yang cukup besar tiap tahunnya.

Dalam industri cat atau oli, gliserol monooleat digunakan sebagai zat pengemulsi. Sama halnya dengan industri cat dan oli, pada industri makanan, gliserol monooleat digunakan sebagai zat pengemulsi, seperti mentega, *margarine*, *mayonnaise*, *ice cream*, susu dan lain-lain. Zat pengemulsi berfungsi untuk menjaga kestabilan suatu emulsi (campuran zat yang berbeda polaritasnya

atau tidak saling larut) dengan cara menurunkan tegangan permukaan dan dapat memperbaiki tekstur produk pangan.

Berbeda dengan industri cat, oli maupun makan, dalam industri pengeboran minyak bumi, gliserol monooleat (GMO) digunakan sebagai *co-emulsifier* yang ditambahkan ke dalam lumpur pengeboran (*drilling fluid*). Menurut API (*American Petroleum Institute*), *drilling fluid* didefinisikan sebagai fluida sirkulasi dalam operasi pemboran berputar yang memiliki banyak variasi fungsi, dimana merupakan salah satu faktor yang berpengaruh terhadap optimalnya operasi pengeboran. Gliserol monooleat sebagai surfaktan ditambahkan ke dalam *drilling fluid* karena sifatnya yang tahan terhadap air sadah dan perubahan pH. Pada industri kosmetik dan industri tekstil, gliserol monooleat digunakan sebagai dispersan pigmen. Sedangkan pada industri polimer, gliserol monooleat digunakan sebagai pelumas khususnya pada pembuatan polivinil klorida.

Gliserol monooleat dapat dibuat dari reaksi antara gliserol dengan asam oleat maupun gliserol dengan triolein. Triolein merupakan hasil esterifikasi antara gliserol dan asam oleat. Sedangkan gliserol dan asam oleat dapat diperoleh di pasaran maupun dari hasil produk samping pengolahan *Crude Palm Oil* (CPO) menjadi biodiesel. Indonesia merupakan negara terbesar kedua penghasil CPO di dunia setelah Malaysia. Secara tidak langsung, dapat dipastikan bahwa jumlah gliserol dan asam oleat tersedia dalam jumlah yang besar namun memiliki nilai ekonomi yang rendah. Sehingga pendirian pabrik gliserol monooleat dapat menjadi solusi pemenuhan kebutuhan gliserol monooleat dalam negeri serta dapat menambah nilai ekonomi dari hasil produk samping pengolahan *Crude Palm Oil* (CPO) menjadi biodiesel.

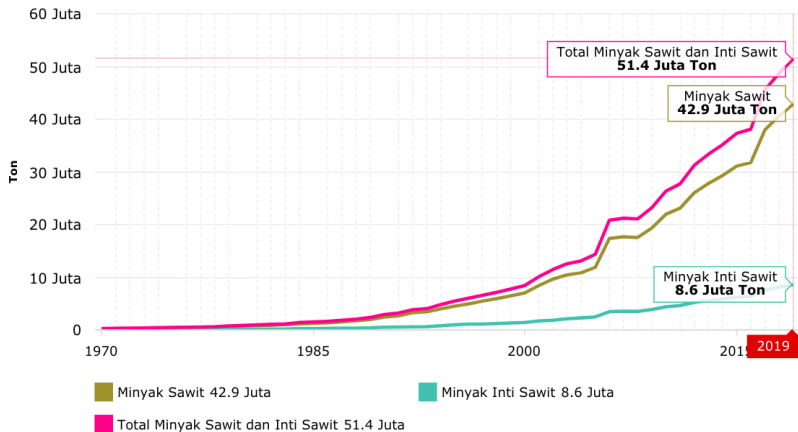
## **BAB II**

### **BASIS DESAIN DATA**

#### **II.1. Kapasitas Produksi**

Industri oleokimia menggunakan bahan baku Crude Palm Oil (CPO). Indonesia merupakan negara terbesar kedua penghasil CPO di dunia setelah Malaysia dengan produksi CPO yang terus meningkat setiap tahun (Gambar II.1). Pada tahun 1970 produksi CPO Indonesia hanya mencapai 216,8 ribu ton kemudian pada tahun 1980 produksi CPO Indonesia meningkat menjadi 721,17 ribu ton, dan naik menjadi 31,70 juta ton pada tahun 2016 atau tumbuh rata-rata sebesar 11,50% per tahun hingga tahun 2019 produksi CPO di Indonesia mencapai angka 42,87 juta ton. Peningkatan produksi CPO selama kurun waktu tersebut terutama terjadi pada perusahaan rakyat (PR) sebesar 54,47% dan perkebunan swasta (PBS) sebesar 13,93%. Sedangkan produksi dari perusahaan negara (PBN) relatif lambat karena hanya hanya naik sebesar 4,88%. (Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, 2016).

Berdasarkan data Kementerian Pertanian, produksi minyak sawit Indonesia pada 2018 mencapai 48,68 juta ton (angka sementara. Jumlah tersebut terdiri atas 40,57 juta ton minyak sawit dan 8,11 juta ton (Palm Kernel Oil/PKO). Pada 2019, produksi minyak CPO nasional diproyeksikan mencapai 51,44 juta ton, yang terdiri atas 42,87 juta ton minyak CPO dan 8,57 juta ton PKO.



**Gambar II.1.** Produksi *Crude Palm Oil* (CPO) di Indonesia dari Tahun 1970 – 2019

(Kementerian Pertanian – Direktorat Jenderal Pertanian, 2019)

Penggunaan oleokimia yang berbasis CPO akan meningkat sebagai substitusi petrokimia dari minyak fosil. Tingkat substitusinya akan mencapai 20% - 30% karena semakin meningkatnya permintaan produk yang ramah lingkungan dan dapat diperbaharui. Posisi Indonesia yang menjadi salah satu produsen terbesar CPO sangatlah strategis untuk dijadikan pusat industri oleokimia dunia. (Atase Perdagangan KBRI, 2014)

Pada 2011, permintaan global produk oleokimia akan didominasi pasar Asia Pasifik yang berkontribusi 68% terhadap pasar global. Permintaan global terhadap produk oleokimia (oleochemical), khususnya fatty acids, fatty alcohols, dan glycerine, diestimasikan mencapai 15 juta ton pada 2018 dan akan tumbuh rata-rata 6% dalam periode 2013-2018

Asosiasi Produsen Oleochemical Indonesia (Apolin) mencatat, sepanjang Januari-Juni 2018, volume ekspor oleokimia Indonesia mencapai 2,39 juta ton dan hingga akhir tahun ini diproyeksikan 4,79 juta ton. Dari sisi volume, rata-rata ekspor tumbuh 10,68% pertahun dan secara nilai tumbuh 19,61% per tahun. Pada 2019, diprediksi volume ekspor bisa naik 12% dan

secara nilai akan tumbuh 20%. (Gabungan Industri Minyak Nabati Indonesia, 2018). Data produksi industri oleokimia di Indonesia tersaji pada tabel II.1 di bawah ini. (Kemenperin, 2017)

**Tabel II.1.** Perkembangan Industri Oleokimia Dasar di Indonesia (ton)

<b>Komoditi</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>
<i>Fatty acid</i>	516.110	685.520	645.600	537.570
<i>Fatty alcohol</i>	156.130	188.130	183.410	259.780
Gliserol	170.860	291.200	409.380	485.270
Biodiesel	-	-	1.321.400	1.687.680
Total	843.100	1.164.850	2.559.790	2.970.300

Gliserol tidak hanya dapat diperoleh dari hasil olahan CPO menjadi oleokimia, tetapi juga dapat diperoleh dari hasil produk samping CPO menjadi biodiesel. Pada pembuatan biodiesel, rata-rata menghasilkan produk samping gliserol sebesar 10%. Hingga tahun 2017, Indonesia memiliki sejumlah pabrik biodiesel dengan kapasitas terpasang sebanyak 5,67 juta kilo liter/tahun atau sekitar 4,997 juta ton/tahun sehingga dapat dihitung produk samping gliserol pada produksi biodiesel rata-rata sebesar 499.700 kg/tahun (Kemenperin, 2017).

Mengingat besarnya potensi CPO yang dimiliki Indonesia dan masih dimiliki Indonesia dan masih sedikitnya yang diolah lebih lanjut di dalam negeri, maka bahan baku pembuatan GMO bisa didapat dari hasil pengolahan CPO, serta dari banyaknya jumlah hasil olahan CPO menjadi oleokimia dan dari hasil produk samping olahan CPO menjadi biodiesel tersebut, dapat dipastikan kebutuhan bahan baku gliserol akan dapat terpenuhi dari dalam negeri. Gliserol monooleat dalam dunia industri di Indonesia digunakan pada berbagai bidang, seperti pada tabel II.2 di bawah ini:

**Tabel II.2** Aplikasi Penggunaan Gliserol Monooleat Dalam Dunia Industri

<b>Bidang</b>	<b>Aplikasi</b>
Makanan	Sebagai <i>emulsifier</i> (pelembut pada makanan)
Produk Kecantikan	Sebagai dispersan pigmen
Polimer	Sebagai pelumas dan <i>antistatic aid</i>
Tekstil	Sebagai dispersan pigmen dan <i>delustering agent</i>
Cat	Sebagai dispersan pigmen
Pengeboran Minyak Bumi	Sebagai zat anti beku dan <i>drilling fluid</i>

Pabrik ini didirikan untuk memenuhi kebutuhan gliserol monooleat dalam negeri, khususnya pada bidang industri cat dan tekstil. Sehingga produk gliserol monooleat akan disesuaikan dengan spesifikasi bahan baku yang dibutuhkan oleh kedua industri tersebut. Untuk bidang cat, industri yang dituju adalah PT. Nippon Paint Indonesia yang terletak di Purwakarta, Jawa Tengah.

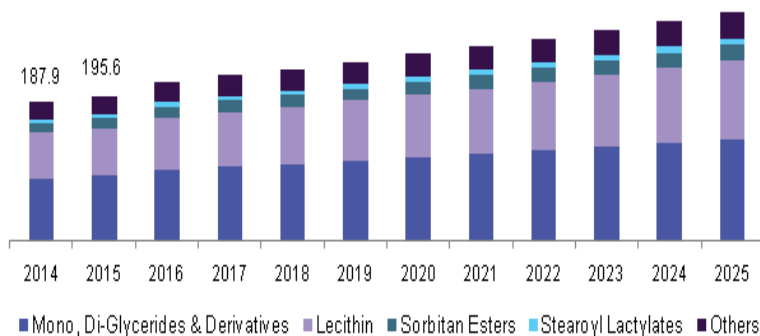
Konsumen yang dituju untuk bidang makanan adalah industri *bakery* yang ada di Indonesia. Saat ini, PT. Nippon Indosari Corpindo, Tbk merupakan pabrik roti terbesar di Indonesia yang mampu memproduksi 1.820.928 roti per hari dari keempat pabrik yang terbesar di Indonesia, yaitu Cikarang, Pasuruan, Semarang, dan Medan.

Konsumen yang dituju untuk bidang makanan adalah industri *bakery* yang ada di Indonesia. Saat ini, PT. Nippon Indosari Corpindo, Tbk merupakan pabrik roti terbesar di Indonesia yang mampu memproduksi 1.820.928 roti per hari dari keempat pabrik yang terbesar di Indonesia, yaitu Cikarang, Pasuruan, Semarang, dan Medan. Jika rata-rata berat bersih dari satu roti sebesar 100 gram, maka dalam satu hari PT. Nippon Indosari Corpindo, Tbk mampu memproduksi 182.092.800 gram (182.092,8 kg) roti (PT. Nippon Indosari Corpindo Tbk, 2017).

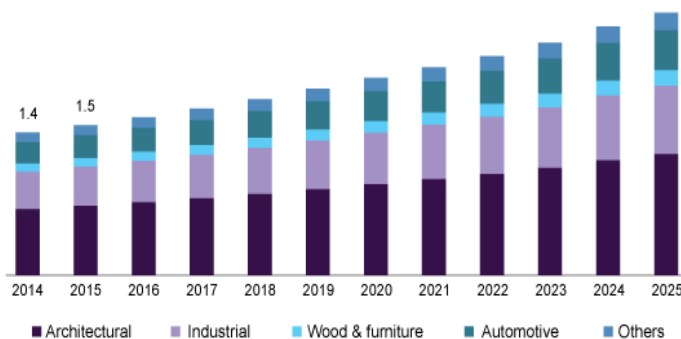


Gambar II.2 menjelaskan analisa pasar yang dilakukan oleh *Grand View Research* (2017) ditinjau dari macam produk pengemulsi makanan. Diprediksikan hingga tahun 2025, monogliserida menempati urutan pertama bahan pengemulsi dengan permintaan tertinggi karena kebutuhan pengemulsi berbasis bahan baku alami sangat dipertimbangkan untuk kebutuhan jangka panjang.

Sedangkan pada gambar II.3 menjelaskan analisa pasar yang dilakukan oleh *Grand View Research* (2017) mengenai sektor penggunaan cat. Diprediksikan hingga tahun 2025, produksi cat semakin meningkat untuk sektor arsitektur, industri, furnitur, otomotif, dan sebagainya. Hal ini berarti permintaan akan gliserol monooleat sebagai zat pengemulsi untuk cat terus naik di masa mendatang. Dari data-data yang telah disebutkan di atas, dapat diprediksikan bahwa permintaan gliserol monooleat sebagai salah satu jenis monogliserida akan terus naik di masa mendatang.



**Gambar II.2** Jumlah Pasar Pengemulsi Makanan (*Emulsifier*) Berdasarkan Produk  
(*Grand View Research, 2017*)



**Gambar II.3** Jumlah Pasar Pengemulsi Cat (*Paint Emulsifier*) Berdasarkan Produk

(*Grand View Research, 2017*)

Produk hilir turunan minyak kelapa sawit (*crude palm oil / CPO*) berupa surfaktan perlu dikembangkan secara besar-besaran, karena akan memberi nilai tambah 20 kali lipat daripada harga CPO yang di pasaran dunia hanya sekitar Rp3.000 per kg. Harga surfaktan mencapai US\$16 per liter yang ke depan harganya terus menanjak. Selama ini surfaktan masih diimpor karena tidak ada industri dalam negeri yang berusaha investasi di bidang ini ([www.lipi.go.id](http://www.lipi.go.id), 2017).

Saat ini sudah ada lima industri besar Indonesia yang memproduksi turunan CPO, namun hanya di area produksi pertengahan berupa oleokimia dasar yang memproses CPO sampai *fatty alcohol*, bukan turunan di bagian hilir seperti berbagai jenis surfaktan. Alasan rendahnya investasi di industri ini, karena surfaktan hanya menjadi 5-10 persen saja dari suatu produk. Padahal investasi surfaktan sangat menguntungkan yang meski kandungannya sedikit untuk suatu produk tetapi digunakan di berbagai industry ([www.lipi.go.id](http://www.lipi.go.id), 2017).

Dalam industri makanan, salah satu surfaktan yang sering digunakan adalah gliserol monooleat (GMO), selain gliserol monostearat (GMS), yang merupakan turunan dari gliserol (*fatty acid*). Kebutuhan surfaktan di Indonesia sebesar 55 ribu ton per tahun yang meliputi 13 jenis surfaktan, dimana salah satu jenis nya

adalah gliserol monooleat (www.Iipi.go.id, 2017). Indonesia sendiri memproduksi *fatty acid* (asam oleat) dan gliserol sebagai bahan baku pembuatan GMO sehingga memudahkan memperoleh bahan baku apabila pabrik GMO akan didirikan di Indonesia. Oleh karena itu, pendirian pabrik GMO sebagai salah satu surfaktan makanan dan industri lain di Indonesia memiliki prospek yang sangat bagus dalam memenuhi kebutuhan nasional.

Penentuan kapasitas produksi suatu pabrik merupakan hal yang mendasar dan sangat penting karena merupakan faktor yang sangat berpengaruh dalam perhitungan teknis dan analisis ekonomi suatu pabrik.

Untuk memperkirakan peluang kapasitas produksi pabrik baru yang akan didirikan pada tahun 2022 (5 tahun ke depan), dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$m_1 + m_2 + m_3 = m_4 + m_5$$

Dimana:

$m_1$  : nilai import pada tahun 2023 (=0)

$m_2$  : produksi pabrik di dalam negeri (=0)

$m_3$  : kapasitas pabrik gliserol monooleat yang akan didirikan, (ton/tahun)

$m_4$  : nilai ekspor pada tahun 2023, (=0)

$m_5$  : nilai konsumsi dalam negeri tahun 2023, (ton)

**Tabel II.3** Data Import Gliserol Monooleat (Oleat, Ester, Garam, dan Turunannya) di Indonesia Tahun 2013-2018

Tahun	Berat bersih (kg)	Pertumbuhan (%)
2013	7.989.740	-
2014	9.522.566	19.184
2015	9.802.171	2.936
2016	18.700.556	90.779
2017	10.556.423	-43.550
2018	10.435.879	-1,901

(Sumber : BPS diolah Kemenperin), 2018

Dengan menggunakan Tabel II.3 di atas, dapat diperoleh kenaikan impor rata-rata per tahun adalah 13,49%. Maka perkiraan impor gliserol monooleat pada tahun 2022 dapat dihitung dengan persamaan:

$$m = P(1+i)^n$$

Dimana:

P = data besarnya import pada tahun 2018, (ton)

m = jumlah produk pada tahun 2022, (ton/tahun)

i = rata-rata kenaikan impor tiap tahun, (%)

n = selisih tahun

Sehingga perkiraan konsumsi pada tahun 2023 sebesar:

$$\begin{aligned} m &= P(1+i)^n \\ &= 10.435.879(1+0,1349)^{(2023-2018)} \\ &= 17.656.470 \text{ kg/tahun} \end{aligned}$$

Hingga saat ini belum terdapat pabrik gliserol monooleat yang berdiri di Indonesia. Semua kebutuhan gliserol monooleat khususnya dalam industri makanan, cat, tinta serta oli pelumas dalam negeri dipenuhi dengan cara impor. Karena merupakan pabrik baru, maka untuk ekspor ditiadakan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri. Sehingga kapasitas baru pabrik gliserol monooleat pada tahun 2022 dapat diperkirakan dengan persamaan:

$$\begin{aligned} m_1 + m_2 + m_3 &= m_4 + m_5 \\ m_3 &= (m_4 + m_5) - (m_1 + m_2) \\ m_3 &= (0 + m_5) - (m_1 + m_2) \\ m_3 &= m_5 - (0 + 0) \\ m_3 &= 17.656.470 \text{ kg/tahun} \\ m_3 &= 17.656 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, ditentukan kapasitas pabrik gliserol monooleat sebesar 15.000 ton/tahun (85% dari perkiraan impor), sehingga kapasitas per hari dari pabrik gliserol monooleat (GMO) sebesar 45,45 ton/hari dengan 330 hari operasi pabrik dalam setahun dan basis 24 jam per hari.

## II.2 Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi suatu pabrik merupakan salah satu masalah pokok yang menunjang keberhasilan suatu pabrik dan akan mempengaruhi keberlangsungan dan kemajuan pabrik tersebut. Pabrik gliserol monooleat dirancang akan didirikan di wilayah Dumai, Riau.

- Temperatur ambien : 30°C
- Kelembapan : 85-95%
- Kecepatan angin : 4 km/jam

([www.bmkg.go.id](http://www.bmkg.go.id))

Adapun alasan memilih lokasi ini yaitu:

1. Ketersediaan bahan baku
2. Utilitas
3. Akses transportasi
4. Tenaga kerja
5. Lingkungan sekitar

Untuk keperluan desain, dibutuhkan basis data seperti temperatur ambien, kelembapan, cuaca, sehingga desain yang dibuat sesuai dengan lokasi dan kondisi tempat didirikannya pabrik. Berikut ini merupakan basis desain data untuk wilayah Dumai

## II.3 Kualitas Bahan Baku dan Produk

Terdapat dua macam bahan baku yang digunakan dalam produksi Gliserol Monooleat, yaitu bahan baku utama dan bahan baku pendukung. Bahan baku utama yang digunakan berupa gliserol dan asam oleat, sedangkan bahan baku pendukung yang digunakan adalah asam fosfat ( $H_3PO_4$ ) sebagai katalis, natrium hidroksida (NaOH) sebagai penetral.

### II.3.1 Spesifikasi Bahan Baku Utama

#### II.3.1.1 Asam Oleat (9-oktadecenoic; $C_{18}H_{34}O_2$ )

Asam oleat adalah salah satu asam lemak yang mengandung gugus karboksilat dengan rumus molekul  $C_{18}H_{34}O_2$ . Berikut sifat fisika dan kimia asam oleat :

- Sifat fisik = liquid, warna kuning  
kemerahan
- Berat molekul = 282,467 gram/mol
- Titik lebur ( $^{\circ}\text{C}$ ) = 13,5
- Titik didih ( $^{\circ}\text{C}$ ) = 358,85
- Viskositas ( $\text{mPa}\cdot\text{s}$ ) = 16,81 (pada  $20^{\circ}\text{C}$ )
- *Specific heat* ( $\text{J/g}$ ) = 2,038 (pada  $50^{\circ}\text{C}$ )
- *Mass density* = 0,8934  $\text{gram}/\text{cm}^3$
- Kelarutan = tidak larut dalam air
- Kemurnian = 75%
- *Impurities* = asam stearat 11%  
asam linoleat 14 %

Pada produksi Gliserol Monooleat (GMO) digunakan asam oleat dari PT. Wilmar dengan kandungan asam oleat sebesar 75%, asam stearat 11%, dan asam linoleat 14%.

### II.3.1.2 Gliserol

Gliserol adalah trihidroksi alkohol yang terdiri dari tiga atom karbon dengan rumus molekul  $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$ . Gliserol biasa disebut sebagai 1,2,3-trihidroksipropana atau gliserin. Berikut sifat fisika dan kimia gliserol :

- Sifat fisik = cairan tidak berwarna
- Berat molekul = 92,09 gram/mol
- Titik lebur ( $^{\circ}\text{C}$ ) = 19
- Titik didih ( $^{\circ}\text{C}$ ) = 290
- Viskositas ( $\text{cp}$ ) = 55,1 (pada  $20^{\circ}\text{C}$ )
- *Mass density* = 1,2636  $\text{gram}/\text{cm}^3$
- Kelarutan = sangat larut dalam air
- Kemurnian = 99,7%
- *Impurities* = air 0,3%

Pada produksi Gliserol Monooleat (GMO), digunakan gliserol dari PT. Wilmar dengan kandungan gliserol sebesar 99,7% dan air sebesar 0,3%.

## II.3.2 Spesifikasi Bahan Baku Pendukung

### II.3.2.1 H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>

Asam fosfat (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) atau yang memiliki nama lain *orthophosphoric acid* digunakan sebagai katalis dalam produksi Gliserol Monooleat (GMO). Berikut sifat fisika dan kimia asam fosfat :

- Sifat fisik = cairan tidak berwarna
- Berat molekul = 97,9 gram/mol
- Titik lebur (°C) = 21
- Titik didih (°C) = 406,9
- Viskositas (mPa·s) = 3,86 (pada 20°C)
- *Specific heat* (J/g) = 5,632 (pada 50°C)
- *Mass density* = 1,851 gram/cm<sup>3</sup>
- Kelarutan = mudah larut dalam air panas dan dapat larut dalam air dingin.
- Kemurnian = 85%
- *Impurities* = air 15%

Pada produksi Gliserol Monooleat (GMO) digunakan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> dari PT. Brataco Chemical dengan kadar 85%.

### II.3.2.2 NaOH

Natrium Hidroksida (NaOH) biasa disebut sebagai *caustic* soda atau sodium hidrat. Dalam produksi GMO, NaOH bertindak sebagai penetral. Berikut sifat fisika dan kimia natrium hidroksida :

- Sifat fisik = cairan tidak berwarna
- Berat molekul = 40 gram/mol
- Titik lebur (°C) = 323
- Titik didih (°C) = 388,3
- Viskositas (mPa·s) = 4,521 (pada 350°C)
- *Specific heat* (J/g) = 8,993 (pada 50°C)
- *Mass density* = 1,782 gram/cm<sup>3</sup>
- Kelarutan = mudah larut dalam air dingin
- Kemurnian = 48%
- *Impurities* = air 52%

Pada produksi Gliserol Monooleat (GMO) digunakan NaOH dari PT. Asahimas Chemical dengan kadar NaOH sebesar 48%.

### II.3.3 Spesifikasi Produk

Gliserol monooleat (GMO) adalah *fatty acid ester* dengan rumus molekul  $C_{21}H_{40}O_4$  dengan sifat fisik dan kimia sebagai berikut :

- Sifat fisik = liquid
- Berat molekul = 356,5 gram/mol
- Titik beku = 13 – 14 °C
- Titik didih = 476 °C
- Viskositas = 66,40 cp pada 40°C
- *Spesifik gravity* = 0,8985
- Ukuran partikel = 60 mesh
- Kemurnian = 73,065%
- *Impurities* = Asam oleat 0,057%

Asam stearat 0,002%

Gliserol Monostearat 11,8%

Gliserol Monolinoleat 15,05%

NaOH 0,001%

$Na_3PO_4$  0,018%



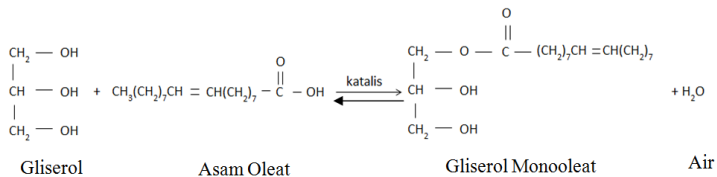
## BAB III SELEKSI DAN URAIAN PROSES

### III.1 Macam-Macam Proses

Gliserol Monooleat (GMO) dapat diproduksi melalui dua macam proses, yaitu proses esterifikasi dan transesterifikasi. Dalam pemilihan proses perlu dipertimbangkan beberapa aspek seperti bahan baku, konversi, dan kondisi operasi. Pemilihan proses sangat penting dilakukan untuk memperoleh produk bernilai jual tinggi dengan bahan baku yang murah dan biaya produksi yang rendah.

#### III.1.1 Proses Esterifikasi Langsung Antara Gliserol Dan Asam-asam Lemak

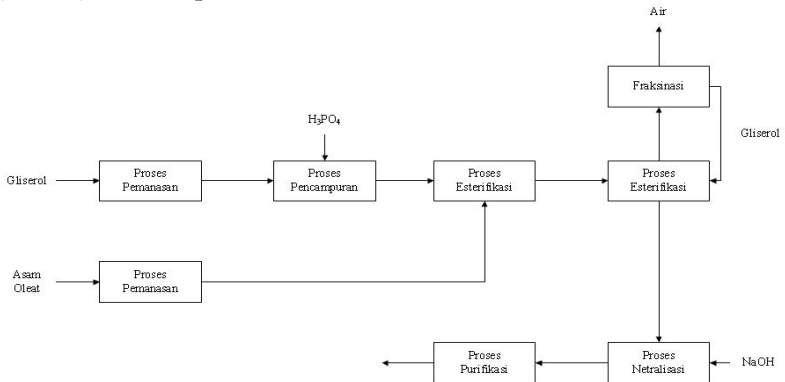
Pada proses esterifikasi, digunakan bahan baku berupa gliserol dan asam oleat menggunakan katalis asam atau basa. Umumnya digunakan katalis asam seperti asam fosfat ( $H_3PO_4$ ). Asam oleat akan teresterifikasi dengan gliserol ketika campuran dipanaskan pada temperatur  $250^\circ C$  selama 3 jam. Pada temperatur yang lebih rendah, dibutuhkan waktu yang lebih lama. Berdasarkan stoikiometri reaksi, untuk membentuk 1 mol gliserol monooleat dibutuhkan 1 mol gliserol.



**Gambar III.1** Reaksi Esterifikasi Pembentukan Gliserol Monooleat

Pada Gambar III.1 yang menjelaskan proses esterifikasi pada proses pembentukan gliserol monooleat. Esterifikasi merupakan reaksi yang terjadi antara asam lemak dengan gugus alkohol yang menghasilkan gugus ester dan air. Pada reaksi esterifikasi yang terjadi untuk membentuk GMO, tidak diperlukan pemisahan di

awal. Namun, dibutuhkan penetralan katalis menggunakan basa (NaOH) di akhir proses.

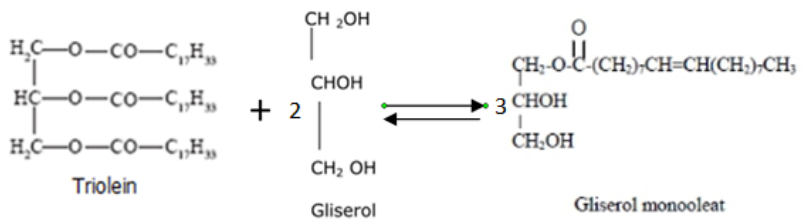


**Gambar III.2** Blok Diagram Produksi Gliserol Monooleat dengan Proses Esterifikasi

Gambar III.2 menunjukkan blok diagram produksi gliserol monooleat dengan proses esterifikasi. Bahan baku berupa asam oleat, gliserol, dan katalis asam berupa  $H_3PO_4$  dicampur dengan penggunaan asam lemak berlebih sebelum diumpankan ke proses esterifikasi. Proses esterifikasi dilakukan pada temperatur  $260^\circ C$  dan tekanan *vacuum* 100 mmHg. Konversi yang dapat dicapai dalam reaksi pembentukan gliserol monooleat sebesar 85-88%. Produk yang keluar dari tahapan proses esterifikasi diumpankan ke proses evaporasi untuk menguapkan gliserol dan air yang nantinya akan diumpankan kembali bersama *fresh* gliserol sebagai *recycle* gliserol. Produk bawah dari tahapan evaporasi berupa campuran produk dan katalis  $H_3PO_4$ . Kemudian fluida dialirkan ke proses netralisasi guna menghilangkan katalis  $H_3PO_4$  dengan penambahan NaOH. Proses pemurnian ini menghasilkan endapan  $Na_3PO_4$ . Liquid yang bebas dari katalis selanjutnya memasuki tahap *solidification* untuk membentuk produk gliserol monooleat berbentuk padatan.

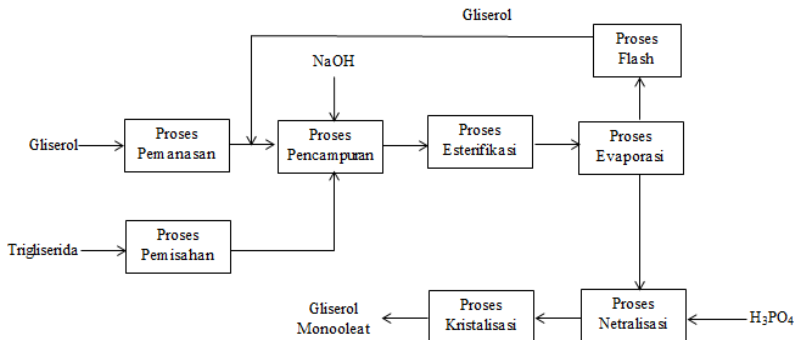
### III.1.2 Proses Transesterifikasi

Pada proses transesterifikasi (gliserolisis), bahan baku yang digunakan berupa trigliserida dan gliserol. Sebelum diumpangkan ke dalam reaktor, kandungan asam oleat dalam trigliserida perlu dipisahkan terlebih dahulu. Pada proses ini digunakan katalis basa seperti natrium, kalium dan kalsium hidroksida. Semakin tinggi rasio gliserol terhadap trigliserida maka semakin tinggi pula temperatur yang dibutuhkan untuk mencapai reaksi sempurna. Karena dioperasikan pada temperatur tinggi, dapat terjadi reaksi samping yang menghasilkan produk dengan warna yang lebih gelap. Hal ini tidak diharapkan jika produk digunakan dalam industri makanan.



**Gambar III.3** Reaksi Transesterifikasi Pembentukan Gliserol Monooleat

Gambar III.3 menunjukkan reaksi transesterifikasi yang terjadi. Transesterifikasi merupakan reaksi pembentukan ester dan gliserol dari trigliserin (lemak atau minyak) dengan gugus alkohol. Berdasarkan stoikiometri reaksi, untuk membuat 3 mol gliserol monooleat dibutuhkan 2 mol gliserol. Di akhir proses, dibutuhkan penetralan katalis oleh asam seperti asam fosfat.



**Gambar III.4** Blok Diagram Produksi Gliserol Monooleat dengan Proses Transesterifikasi

Gambar III.4 menunjukkan blok diagram proses transesterifikasi. Bahan baku berupa triglis erida dipisahkan terlebih dahulu kandungan asam lemaknya dalam proses pemisahan. Asam lemak hasil pemisahan diumpankan ke proses pencampuran bersama gliserol dan katalis NaOH. Kemudian fluida diumpankan untuk memasuki tahap reaksi esterifikasi menghasilkan gliserol monooleat kemudian tahap evaporasi yang bertujuan menguapkan sisa gliserol yang belum bereaksi sebagai *recycle*. Kemudian hasil dalam fasa liquid dari proses evaporasi akan menuju proses netralisasi dimana katalis NaOH direaksikan dengan  $H_3PO_4$  yang membentuk endapan  $Na_3PO_4$ . Hasil pemurnian ini kemudian menuju proses *solidification*. Produk gliserol monooleat padat disimpan dalam tangki penyimpanan. Reaktor pada proses ini dioperasikan pada suhu  $250^\circ C$  dan tekanan 13,61 atm ini dapat menghasilkan konversi sebesar 70%. Tekanan reaktor yang digunakan pada proses ini relatif tinggi sehingga membutuhkan biaya yang cukup besar dan memerlukan *safety control* yang ketat.

Jika ditinjau dari bahan baku utama yang digunakan, proses transesterifikasi lebih ekonomis daripada proses esterifikasi karena menggunakan triglis erida sebagai bahan baku utama. Akan tetapi, produk yang dihasilkan dari proses transesterifikasi tidak dapat semurni produk yang diproses secara esterifikasi. Hal ini

dikarenakan proses esterifikasi menggunakan asam oleat dengan kemurnian tinggi sehingga kualitas produk yang didapatkan jauh lebih tinggi dibandingkan dengan proses transesterifikasi.

### III.1.3 Reaksi Dengan Halohidrin

Sejak awal abad ke-19, para peneliti membuat gliseril ester dari asam lemak dengan mereaksikan gliserol halohidrin dengan alkali atau garam-garam perak dari asam lemak. Metode ini memberikan keyakinan bahwa posisi gugus karboksil dapat digantikan oleh ion klorida. Walaupun demikian, penelitian terakhir menunjukkan bahwa produk akhir tidak dapat diprediksi karena perpindahan gugus karboksil dari posisi tengah menuju ke posisi ujung struktur senyawanya. Hal ini menunjukkan bahwa rantai ester pada posisi tengah tidak berpindah ketika gugus asil merupakan sebuah asam lemak siklik radikal berubah menjadi sebuah asam alifatik radikal (Hui, 1995).

### III.2 Seleksi Proses

Dari kedua proses yang telah dijabarkan di atas, dapat dirangkum sesuai dengan tabel III.1 di bawah ini.

**Tabel III.1** Perbandingan Macam-Macam Proses Produksi Gliserol Monooleat

No.	Parameter	Macam Proses	
		Esterifikasi	Transesterifikasi
<b>Aspek Teknis</b>			
1.	Bahan baku	- Gliserol - Asam oleat - $H_3PO_4$	- Gliserol - Trigliserida - NaOH
2.	Konversi	85 – 88%	70%
3.	Kemurnian	>70%	<70%
<b>Aspek Operasi</b>			
4.	Temperatur (°C)	260	250

5.	Tekanan (atm)	0,1316	13,61
----	------------------	--------	-------

Pada pendirian pabrik gliserol monooleat, dipilih proses esterifikasi dengan pertimbangan sebagai berikut :

1. Kemurnian gliserol monooleat yang dihasilkan lebih tinggi
2. Rangkaian proses lebih sederhana karena tidak memerlukan separator di awal proses
3. Kondisi operasi relatif lebih *safety*

### III.3 Uraian Proses Terpilih

Proses produksi gliserol monooleat dari asam oleat dan gliserol dengan proses esterifikasi terbagi menjadi tiga tahap proses utama, yaitu :

1. Tahap *Pre-treatment*

Pada tahap ini bahan baku dikondisikan untuk mencapai kondisi operasi sebelum masuk dalam reaktor esterifikasi. Bahan baku asam oleat, gliserol dan  $H_3PO_4$  dicampur.

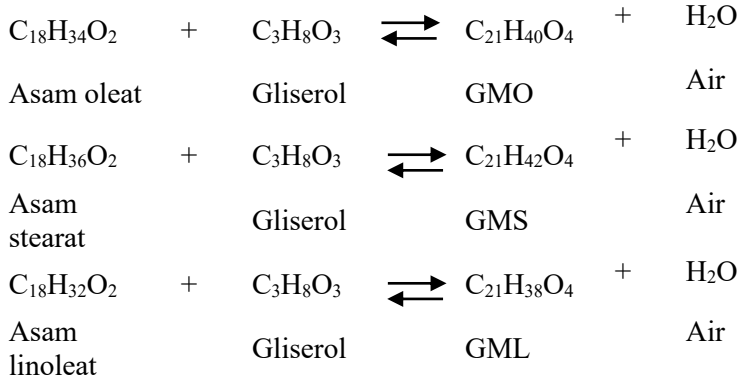
Pada tangki gliserol, gliserol dipanaskan terlebih dahulu dari  $30^\circ C$  hingga  $135^\circ C$  untuk menurunkan viskositas gliserol agar mudah dialirkan menuju *mixing tank*. Tangki gliserol dilengkapi dengan *coil* pemanas dengan sumber panas dari *saturated steam*.

Pada tangki asam oleat yang berisi asam oleat di dipanaskan terlebih dahulu dari  $30^\circ C$  hingga  $135^\circ C$  dimana tangki dilengkapi *coil* pemanas seperti tangki gliserol dengan tujuan menurunkan viskositas asam oleat agar mudah dialirkan. Semua bahan baku tercampur dalam *mixing tank* dan dialirkan ke *preheater* menggunakan pompa. Tujuan dari *preheater* yaitu untuk menaikkan temperaturnya hingga  $240^\circ C$  yang bertujuan untuk mencapai suhu reaksi yang diinginkan.

2. Tahap Esterifikasi

Pada tahap ini, dalam reaktor esterifikasi akan terjadi reaksi esterifikasi antara asam oleat dan gliserol membentuk gliserol monooleat dengan bantuan katalis  $H_3PO_4$  dengan konsentrasi yang

rendah untuk mencegah kontaminasi asam kuat di dalam produk. Reaktor esterifikasi dioperasikan pada temperatur 240°C dan tekanan 0,13 bar. Untuk menjaga suhu 240°C, reaktor dilengkapi dengan jaket pemanas. Asam oleat diesterifikasi oleh gliserol membentuk gliserol monooleat dengan bantuan katalis H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>. Reaksi yang berlangsung di dalam reaktor adalah sebagai berikut.

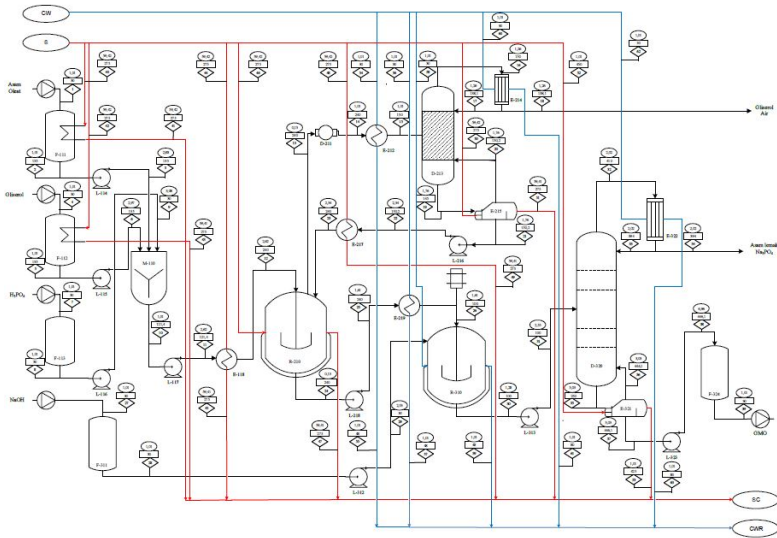


Produk yang keluar dari reaktor esterifikasi (R-210) berupa campuran gliserol monooleat, gliserol monolinoleat, gliserol monostearat, air, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, asam oleat, asam stearat, asam linoleat serta gliserol yang tidak habis bereaksi. reaktor esterifikasi dilengkapi dengan system *recycle* dengan menggunakan kolom distilasi dimana alat ini akan me-*recycle* gliserol yang berada dalam fasa uap sekaligus menghilangkan air dari reactor yang akan mengganggu terbentuknya produk Gliserol monooleat yang diinginkan.

### 3. Tahap Pemurnian

Produk keluaran reaktor esterifikasi yaitu gliserol monooleat, gliserol monostearat, gliserol monolinoleat, air akan menuju ke dalam reaktor netralisasi. Pada reaktor netralisasi produk keluaran gliserol monooleat, gliserol monostearat, gliserol monolinoleat, air diumpankan NaOH untuk menetralisasi asam katalis H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>. Asam fosfat bereaksi dengan NaOH membentuk Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>. Produk keluaran selanjutnya akan diumpankan ke dalam kolom distilasi untuk memisahkan antara produk gliserol

monooleat dengan *impuritis* seperti asam lemak, gliserol, dan lain-lain. Produk yang telah melalui proses distilasi akan langsung dialirkan ke dalam tangki produk gliserol monooleat.



**Gambar III.5** *Process Flow Diagram* Produksi Gliserol Monooleat



## BAB IV NERACA MASSA DAN ENERGI

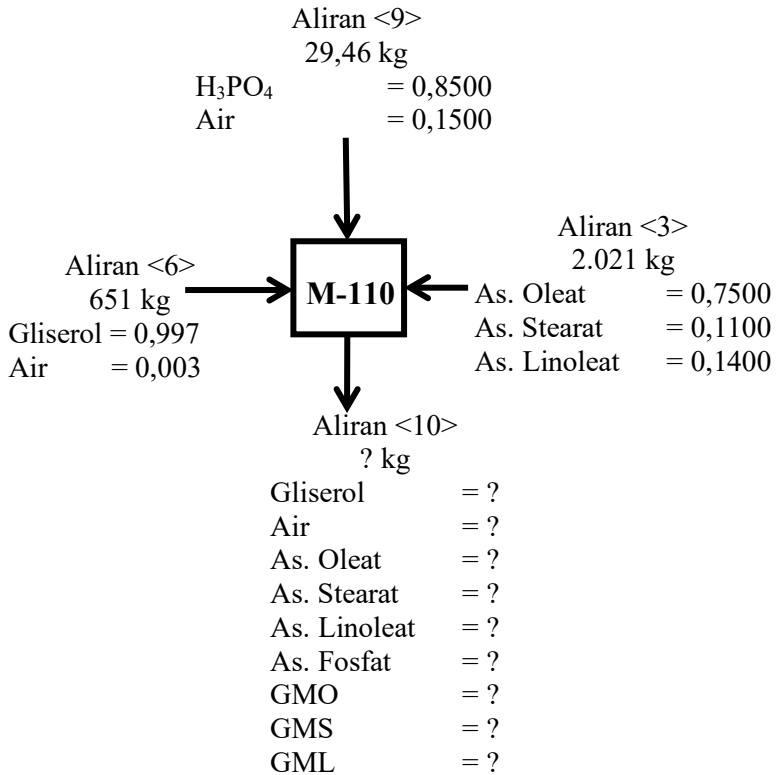
### IV.1 Neraca Massa

Kapasitas	: 15.000 ton/tahun gliserol monooleat
	: 2.364,86 kg /jam gliserol monooleat
Operasi	: 330 hari/tahun ; 24 jam/hari
Satuan massa	: kg
Basis perhitungan	: 1 jam operasi

Perhitungan neraca massa menggunakan neraca massa total dan neraca massa komponen dilakukan menggunakan *software* Aspen HYSYS V8.8. Untuk neraca massa total, berdasarkan hukum kekekalan massa, berlaku persamaan :

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Akumulasi} & = & \text{Massa total} - \text{Massa total} \\
 \text{massa total} & & \text{masuk} \quad \quad \quad \text{keluar dari} \\
 \text{dalam} & & \text{dalam} \quad \quad \quad \text{sistem} \\
 \text{sistem} & & \text{sistem} \\
 + \text{Generasi} & - & \text{Konsumsi massa} \\
 \text{massa total} & & \text{total dalam sistem} \\
 \text{dalam} & & \\
 \text{sistem} & & 
 \end{array}$$

### IV.1.1 *Mixing Tank (M-110)*

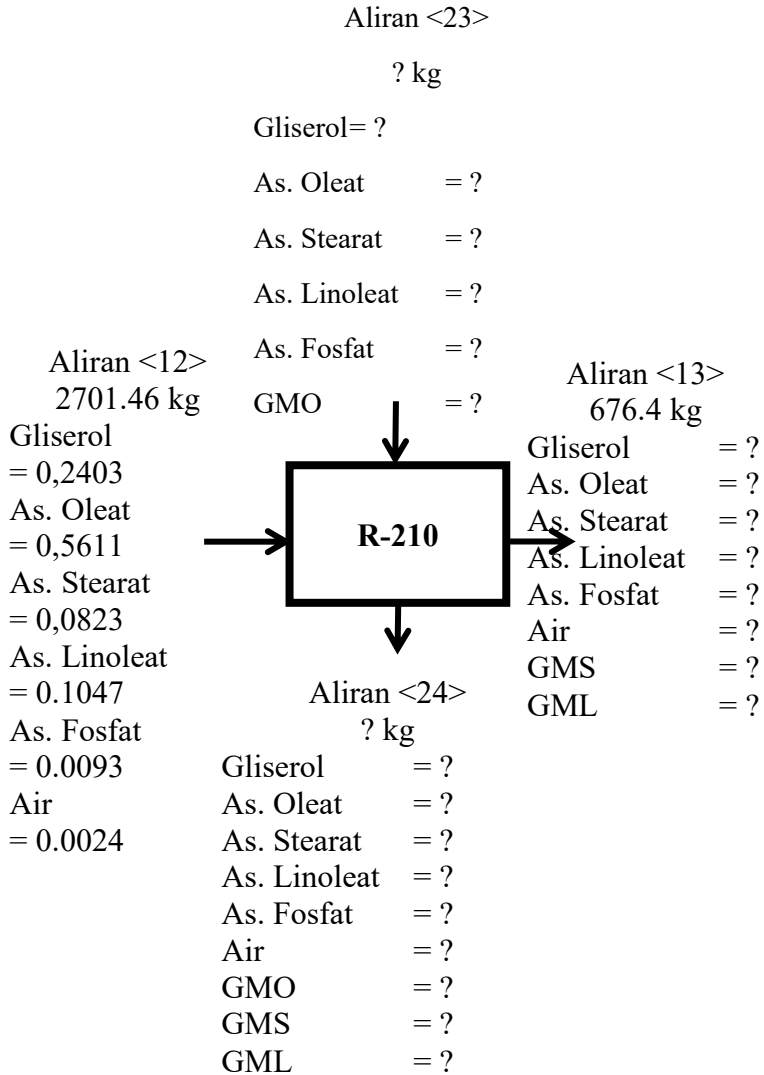


**Gambar IV.1** *Mixing Tank (M-110)*

**Tabel IV.1 Neraca Massa *Mixing Tank* (R-210)**

<b>Komponen</b>	<b>Masuk (kg)</b>					
	<6>		<9>		<3>	
	<b>X6</b>	<b>M6</b>	<b>X9</b>	<b>M9</b>	<b>X3</b>	<b>M3</b>
Gliserol	0,9970	649,047	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Asam oleat	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,7500	1515,75
Asam stearat	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1100	222,31
Asam linoleat	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1400	282,94
Asam fosfat	0,0000	0,0000	0,8500	25,0410	0,0000	0,0000
Air	0,0030	1,9530	0,1500	4,4190	0,0000	0,0000
<b>Total</b>	<b>1,0000</b>	<b>651,00</b>	<b>1,0000</b>	<b>29,4600</b>	<b>1,0000</b>	<b>2021,00</b>
	<b>2701,4600</b>					
	<b>Keluar (kg)</b>					
	<10>					
	<b>X10</b>			<b>M10</b>		
	0,2403			649,05		
	0,5611			1515,75		
	0,0823			222,31		
	0,1047			282,94		
	0,0093			25,04		
	0,0024			6,37		
	<b>1,0000</b>			<b>2701,46</b>		
	<b>2701,4600</b>					

**IV.1.2 Reaktor Esterifikasi (R-210)**

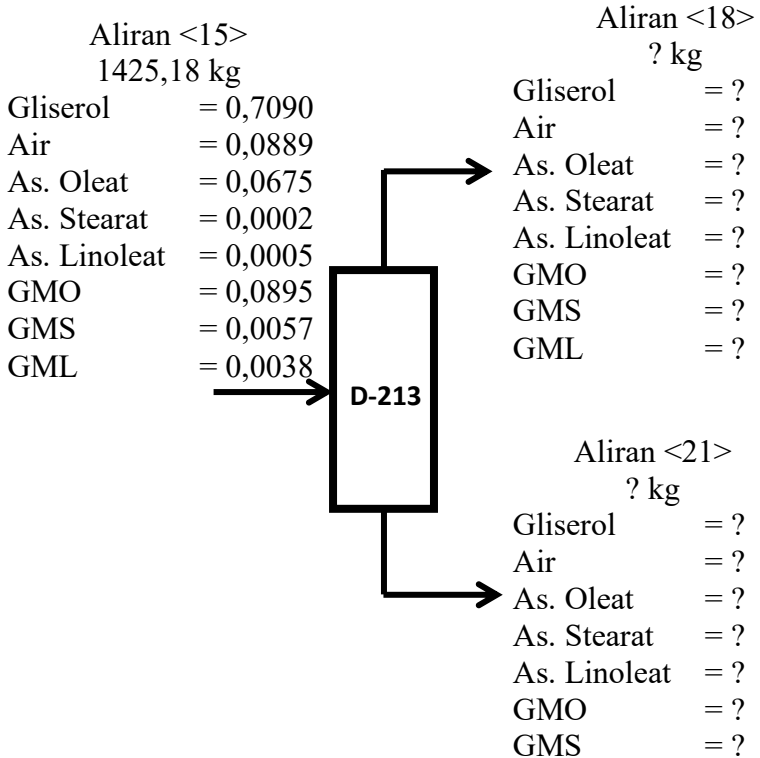


**Gambar IV.2** Reaktor Esterifikasi (R-210)

**Tabel IV.2 Neraca Massa Reaktor Esterifikasi (R-210)**

Komponen	Masuk (kg)			
	<12>		<23>	
	X12	M12	X20	M20
Gliserol	0,2403	649,05	0,7932	1007,796
Air	0,0024	6,3720	0	0
As. Oleat	0,5611	1515,75	0,0756	96,0532
As. Stearat	0,0823	222,31	0,0002	0,254109
As. Linoleat	0,1047	282,94	0,0006	0,762327
As. Fosfat	0,0093	25,04	0,0195	24,77563
GMO	0,0000	0	0,1002	127,3086
GMS	0,0000	0	0,0064	8,131488
GML	0,0000	0	0,0043	5,463344
<b>Total</b>	<b>1,00</b>	<b>2701,46</b>	<b>1,00</b>	<b>1270,55</b>
<b>3972,01</b>				
Keluar (kg)				
<13>		<24>		
X13	M13	X21	M21	
0,709	1010,45	0,0123	31,32601	
0,0889	126,699	0	0	
0,0675	96,1997	0,0521	132,6898	
0,0002	0,28504	0,0003	0,764049	
0,0005	0,71259	0,0005	1,273415	
0,0349	49,7388	0,0001	0,254683	
0,0895	127,554	0,6853	1745,343	
0,0057	8,12353	0,1096	279,1326	
0,0038	5,41568	0,1398	356,0468	
<b>1,00</b>	<b>1425,18</b>	<b>1,00</b>	<b>2546,83</b>	
<b>3972,01</b>				

### IV.1.3 Kolom Distilasi (D-213)

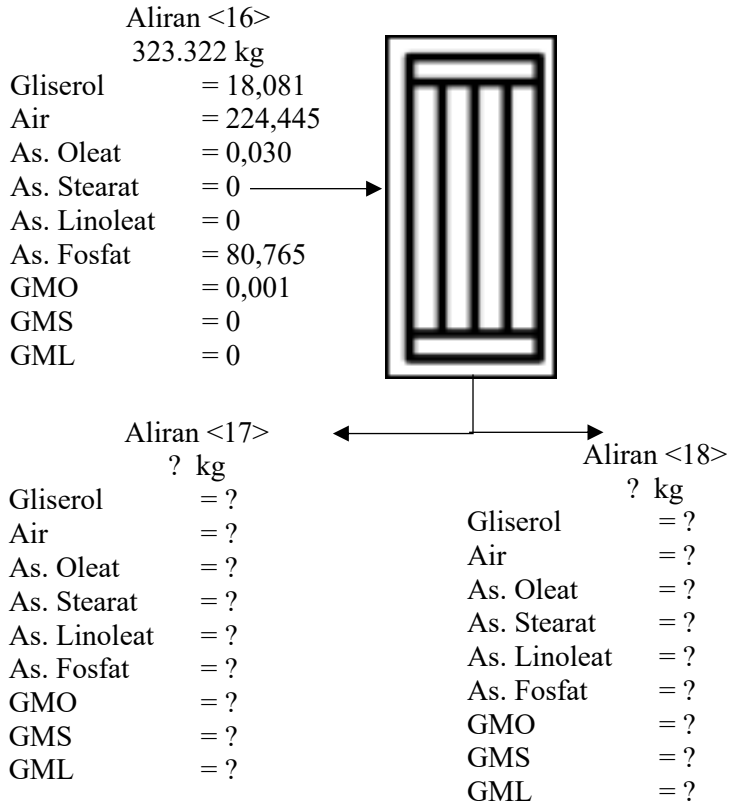


**Gambar IV.3** Kolom Distilasi (D-213)

**Tabel IV.3** Neraca Massa Kolom Distilasi (D-213)

<b>Komponen</b>	<b>Masuk (kg)</b>			
	<b>&lt;15&gt;</b>			
	<b>X<sub>15</sub></b>		<b>M<sub>15</sub></b>	
Gliserol	0,70900		1010,453	
Air	0,08890		126,699	
As. Oleat	0,06750		96,200	
As. Stearat	0,00020		0,285	
As. Linoleat	0,00050		0,713	
As. Fosfat	0,03490		49,739	
GMO	0,08950		127,554	
GMS	0,00570		8,124	
GML	0,00380		5,416	
<b>Total</b>	<b>1,00</b>		<b>1425,180</b>	
	<b>2764,93</b>			
<b>Keluar (kg)</b>				
<b>&lt;18&gt;</b>		<b>&lt;21&gt;</b>		
<b>X<sub>18</sub></b>	<b>M<sub>18</sub></b>	<b>X<sub>21</sub></b>	<b>M<sub>21</sub></b>	
0,05592	10,105	0,80382	1000,35	
0,69418	125,432	0,00102	1,27	
0,00009	0,017	0,07729	96,18	
0,00000	0,000	0,00023	0,28	
0,00000	0,000	0,00057	0,71	
0,24980	45,136	0,00370	4,60	
0,00000	0,001	0,10249	127,55	
0,00000	0,000	0,00653	8,12	
0,00000	0,000	0,00435	5,42	
<b>1,00</b>	<b>180,69</b>	<b>1,00</b>	<b>1244,49</b>	
<b>2764,93</b>				

#### IV.1.4 Condenser (E-214)



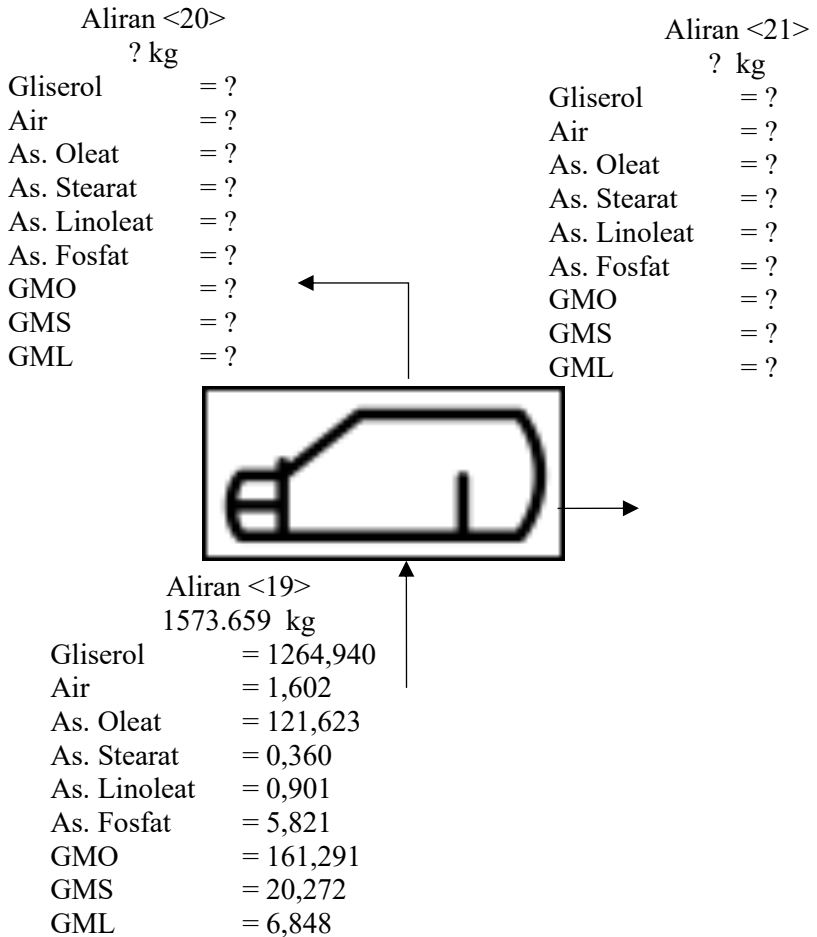
**Gambar IV.4** Condenser (E-214)



**Tabel IV.4** Neraca Massa *Condenser* (E-214)

Komponen	Masuk (kg)			
	<16>			
	X <sub>16</sub>		M <sub>16</sub>	
Gliserol	0,05592		18,081	
Air	0,69418		224,445	
As. Oleat	0,00009		0,030	
As. Stearat	0,00000		0	
As. Linoleat	0,00000		0	
As. Fosfat	0,24980		80,765	
GMO	0,00000		0,001	
GMS	0,00000		0	
GML	0,00000		0	
Total	1,0000		323,322	
	323,3			
Keluar (kg)				
<18>		<17>		
X <sub>18</sub>	M <sub>18</sub>	X <sub>17</sub>	M <sub>17</sub>	
0.0559	7.976	0.0559	10.10	
0.6942	99.013	0.6942	125.43	
0.0001	0.013	0.0001	0.02	
0.0000	0.000	0.0000	0.00	
0.0000	0.000	0.0000	0.00	
0.2498	35.629	0.2498	45.14	
0.0000	0.001	0.0000	0.00	
0.0000	0.000	0.0000	0.00	
0.0000	0.000	0.0000	0.00	
1,0000	142.63	1.0000	180.69	
323,3				

### IV.1.5 Reboiler (E-215)

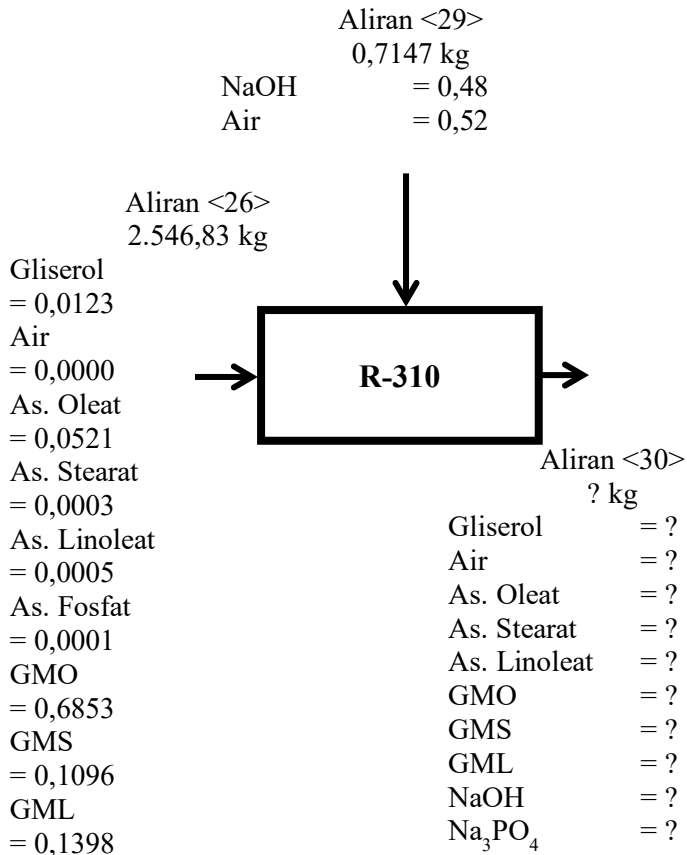


**Gambar IV.5** Reboiler (E-215)

**Tabel IV.5** Neraca Massa *Reboiler* (E-215)

Komponen	Masuk (kg)		
	<19>		
	X <sub>19</sub>	M <sub>19</sub>	
Gliserol	0,8038	1264,940	
Air	0,0010	1,602	
As. Oleat	0,0773	121,623	
As. Stearat	0,0002	0,360	
As. Linoleat	0,0006	0,901	
As. Fosfat	0,0037	5,821	
GMO	0,1025	161,291	
GMS	0,0065	10,272	
GML	0,0044	6,848	
Total	1,0000	1573,659	
	1573,659		
Keluar (kg)			
<20>		<21>	
X <sub>20</sub>	M <sub>20</sub>	X <sub>21</sub>	M <sub>21</sub>
0,8038	264,592	0,8038	1000,35
0,0010	0,335	0,0010	1,27
0,0773	25,440	0,0773	96,18
0,0002	0,075	0,0002	0,28
0,0006	0,188	0,0006	0,71
0,0037	1,218	0,0037	4,60
0,1025	33,738	0,1025	127,55
0,0065	2,149	0,0065	8,12
0,0044	1,432	0,0044	5,42
1,0000	329,17	1,0000	1244,49
1573,659			

### IV.1.6 Reaktor Netralisasi (R-310)



**Gambar IV.6** Reaktor Netralisasi (R-310)

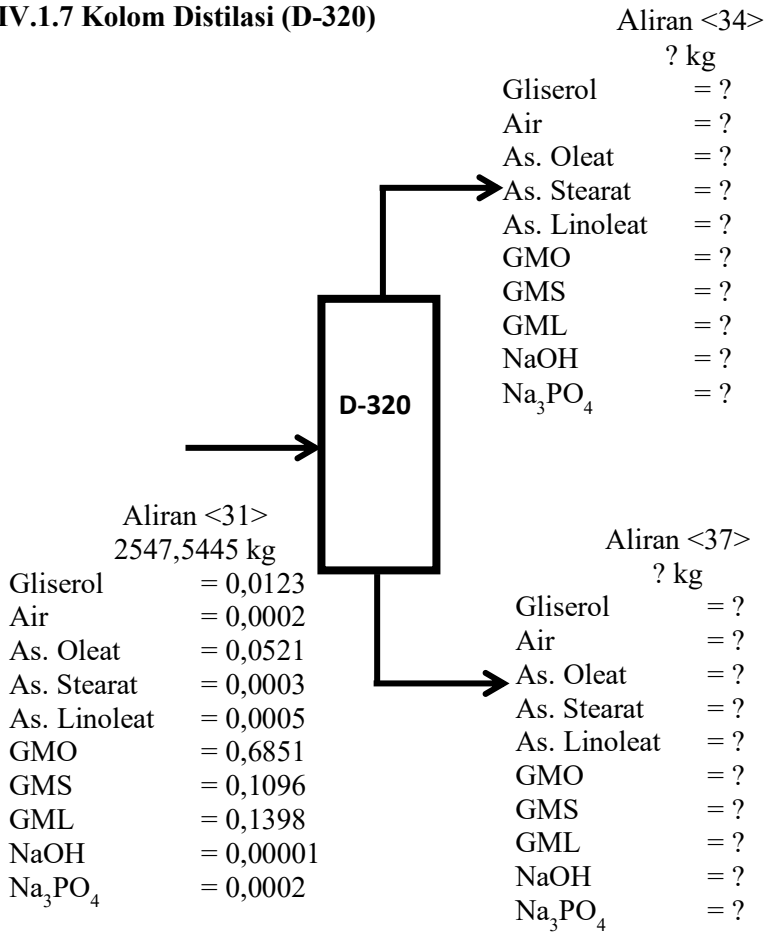
**Tabel IV.6** Neraca Massa Reaktor Netralisasi (R-310)

Komponen	Masuk (kg)			
	<26>		<29>	
	X <sub>23</sub>	M <sub>23</sub>	X <sub>26</sub>	M <sub>26</sub>
Gliserol	0,0123	31,3260	0,0000	0,0000
Air	0,0000	0,0000	0,5200	0,3717
As. Oleat	0,0521	132,6898	0,0000	0,0000
As. Stearat	0,0003	0,7640	0,0000	0,0000
As. Linoleat	0,0005	1,2734	0,0000	0,0000
As. Fosfat	0,0001	0,2547	0,0000	0,0000
GMO	0,6853	1745,343	0,0000	0,0000
GMS	0,1096	279,1326	0,0000	0,0000
GML	0,1398	356,0468	0,0000	0,0000
NaOH	0,0000	0,0000	0,4800	0,3431
Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Total	<b>1,0000</b>	<b>2546,8300</b>	<b>1,0000</b>	<b>0,7147</b>
	<b>2547,54</b>			

Keluar (kg)	
<30>	
X <sub>27</sub>	M <sub>27</sub>
0,0123	31,3260
0,0002	0,5120
0,0521	132,6898
0,0003	0,7640
0,0005	1,2734
0,0000	0,0000
0,6851	1745,3426
0,1096	279,1326
0,1398	356,0468
0,0000	0,0312
0,0002	0,4260
<b>1,0000</b>	<b>2547,5445</b>
<b>2547,54</b>	

### IV.1.7 Kolom Distilasi (D-320)

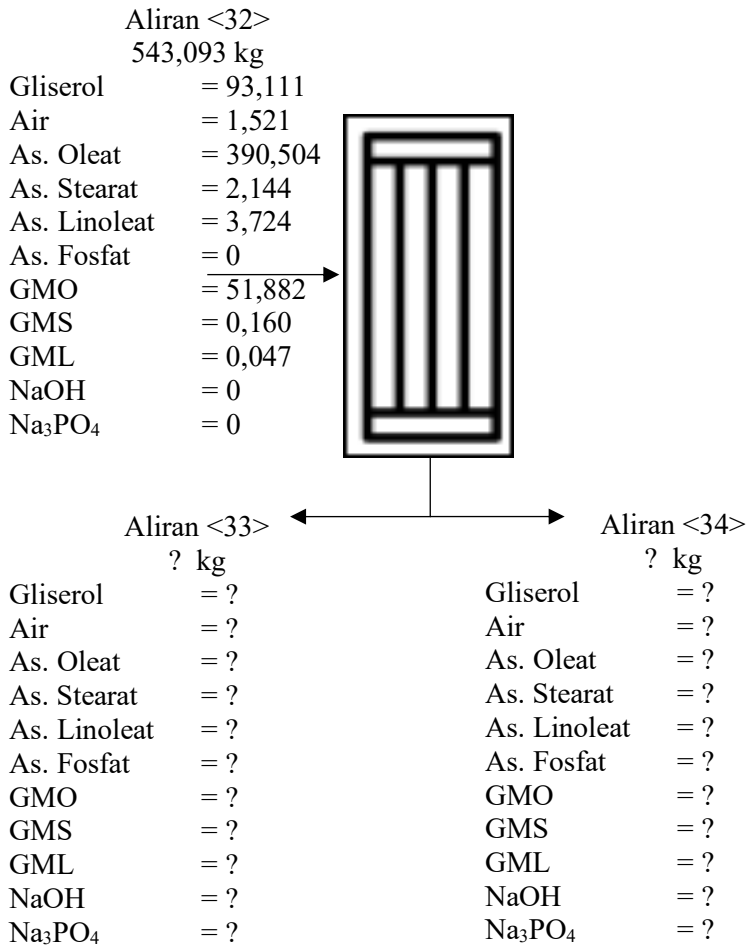


**Gambar IV.7** Kolom Distilasi (D-320)

**Tabel IV.7** Neraca Massa Kolom Distilasi (D-320)

Komponen	Masuk (kg)		
	<31>		
	X <sub>26</sub>	M <sub>26</sub>	
Gliserol	0,0128	31,99	
Air	0,0007	1,82	
As. Oleat	0,0880	220,20	
As. Stearat	0,0105	26,24	
As. Linoleat	0,0133	33,24	
GMO	0,6496	1625,13	
GMS	0,0986	246,69	
GML	0,1259	314,93	
NaOH	0,0001	0,15	
Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	0,0005	1,25	
Total	<b>1,0000</b>	<b>2501,65</b>	
	<b>2501,65</b>		
Keluar (kg)			
<34>		<37>	
X <sub>27</sub>	M <sub>27</sub>	X <sub>27</sub>	M <sub>27</sub>
0,0531	31,99	0	0
0,0030	1,82	0	0
0,3657	220,20	0	0
0	0	0,0138	26,24
0,0552	33,24	0	0
0	0	0,8556	1625,13
0	0	0,1299	246,69
0,5230	314,93	0	0
0	0	0,0001	0,15
0	0	0,0007	1,25
<b>1,0000</b>	<b>602,18</b>	<b>1,0000</b>	<b>1899,47</b>
<b>2501,65</b>			

### IV.1.8 Condenser (E-322)



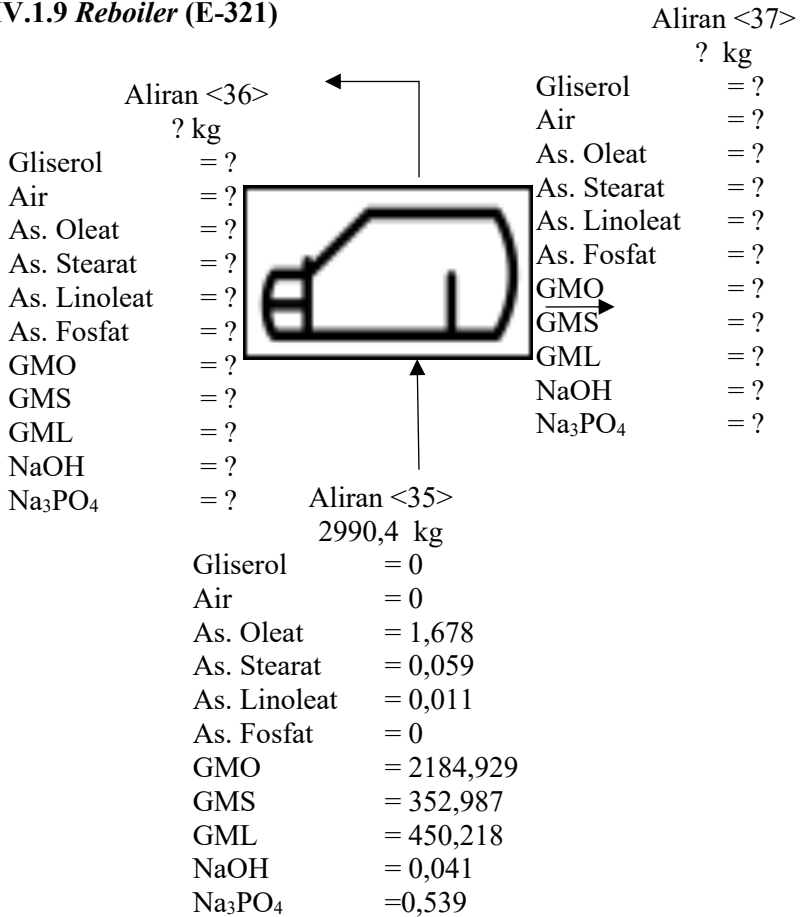
**Gambar IV.8** Condenser (E-322)



**Tabel IV.8** Neraca Massa *Condenser* (E-322)

Komponen	Masuk (kg)		
	<32>		
	X <sub>32</sub>	M <sub>32</sub>	
Gliserol	0.17145	93.111	
Air	0.00280	1.521	
As. Oleat	0.71904	390.504	
As. Stearat	0.00395	2.144	
As. Linoleat	0.00686	3.724	
As. Fosfat	0.00000	0.000	
GMO	0.09553	51.882	
GMS	0.00029	0.160	
GML	0.00009	0.047	
NaOH	0.00000	0.000	
Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	0.00000	0.000	
<b>Total</b>	<b>1.00000</b>	<b>543.093</b>	
	<b>543,1</b>		
Keluar (kg)			
<34>		<33>	
X <sub>34</sub>	M <sub>34</sub>	X <sub>33</sub>	M <sub>33</sub>
0.1714	61.788	0.1714	31.32
0.0028	1.009	0.0028	0.51
0.7190	259.136	0.7190	131.37
0.0039	1.422	0.0039	0.72
0.0069	2.472	0.0069	1.25
0.0000	0.000	0.0000	0.00
0.0955	34.429	0.0955	17.45
0.0003	0.106	0.0003	0.05
0.0001	0.031	0.0001	0.02
0.0000	0.000	0.0000	0.00
0.0000	0.000	0.0000	0.00
<b>1.0000</b>	<b>360.39</b>	<b>1.0000</b>	<b>182.70</b>
<b>543,1</b>			

**IV.1.9 Reboiler (E-321)**



**Gambar IV.9** Reboiler (E-321)

**Tabel IV.9** Neraca Massa *Reboiler* (E-321)

Komponen	Masuk (kg)		
	<35>		
	X <sub>35</sub>	M <sub>35</sub>	
Gliserol	0.0000	0.000	
Air	0.0000	0.000	
As. Oleat	0.0006	1.678	
As. Stearat	0.0000	0.059	
As. Linoleat	0.0000	0.011	
As. Fosfat	0.0000	0.000	
GMO	0.7307	2184.929	
GMS	0.1180	352.897	
GML	0.1506	450.218	
NaOH	0.0000	0.041	
Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	0.0002	0.539	
Total	<b>1,0000</b>	<b>2990,371</b>	
	<b>2990,4</b>		
Keluar (kg)			
<36>		<37>	
X <sub>36</sub>	M <sub>36</sub>	X <sub>37</sub>	M <sub>37</sub>
0.0000	0.000	0.0000	0.00
0.0000	0.000	0.0000	0.00
0.0006	0.351	0.0006	1.33
0.0000	0.012	0.0000	0.05
0.0000	0.002	0.0000	0.01
0.0000	0.000	0.0000	0.00
0.7307	457.029	0.7307	1727.90
0.1180	73.817	0.1180	279.08
0.1506	94.174	0.1506	356.04
0.0000	0.008	0.0000	0.03
0.0002	0.113	0.0002	0.43
<b>1.0000</b>	<b>625.51</b>	<b>1.0000</b>	<b>2364.86</b>
<b>2990,4</b>			

## IV.2 Neraca Energi

Kapasitas	: 15.000 ton/tahun gliserol monooleat
	: 1.900,07 kg /jam gliserol monooleat
Operasi	: 330 hari/tahun ; 24 jam/hari
Satuan energy	: kJ
Basis perhitungan	: 1 jam operasi
Suhu referensi	: 25°C = 298,15 K

Perhitungan neraca energi menggunakan *software* Aspen HYSYS V8.8. Dari perhitungan neraca energi dapat ditentukan kebutuhan energi untuk proses, utilitas dan kebutuhan energi lainnya yang terkait dalam proses. Perhitungan pada neraca energi ini berlaku hukum kekekalan energi, menurut Himmelblau (1989) bunyi dari hukum kekekalan energi adalah sebagai berikut:

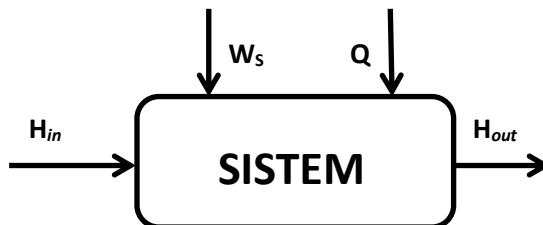
**Akumulasi = Input - Output + Generasi - Konsumsi**

$$H_{in} + \frac{1}{2}V_{in}^2 + g \cdot z_{in} + Q = H_{out} + \frac{1}{2}V_{out}^2 + g \cdot z_{out} + W$$

Asumsi yang digunakan pada perhitungan ini adalah sebagai berikut:

- Tidak ada akumulasi energi pada sistem
- Neraca energi dihitung per kapasitas alat
- Perubahan energi kinetik diabaikan
- Perubahan energi potensial diabaikan

Sehingga persamaan umum *energy balance* menjadi:



**Gambar IV.10** Penggambaran Sistem Peninjauan Neraca Energi

$$H_{out} = H_{in} + Q + W_s$$

Dalam perhitungan neraca energi ini yang digunakan sebagai dasar perhitungan adalah :

- Basis yang dipergunakan dalam perhitungan adalah 1 jam operasi
  - Kondisi referensi : T = 25 °C; P = 1 atm
- R = 8,314 kJ/kmol.K

Dasar perhitungan entalpi pada *software* Aspen HYSYS V.8.8 adalah penjumlahan dari :

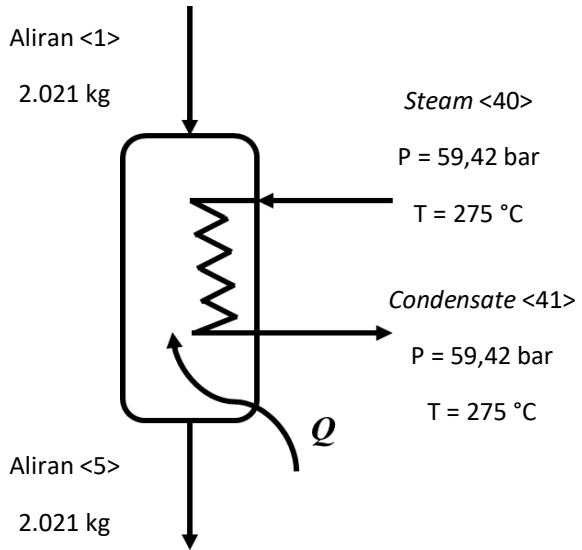
1) Perubahan entalpi senyawa dari temperature *reference* menuju temperature sistem pada kondisi gas ideal. Nilai ini dihitung dengan :

$$\int_{T_0}^T C_p^0 dT$$

2) Perubahan entalpi senyawa dari tekanan *reference* menuju tekanan sistem. Nilai ini disebut entalpi *departure*. Metode perhitungan entalpi *departure* bergantung kepada model termodinamika yang digunakan (*Fluid Package*)

Dari perhitungan pada Appendix B, diperoleh *Energy Balance* pada masing-masing alat proses sehingga dapat dibuat tabel sebagai berikut :

### IV.2.1 Tangki Asam Oleat (F-112)



**Gambar IV.11** Tangki Asam Oleat (F-111)

**Tabel IV.10** Kondisi Operasi Asam Oleat (F-111)

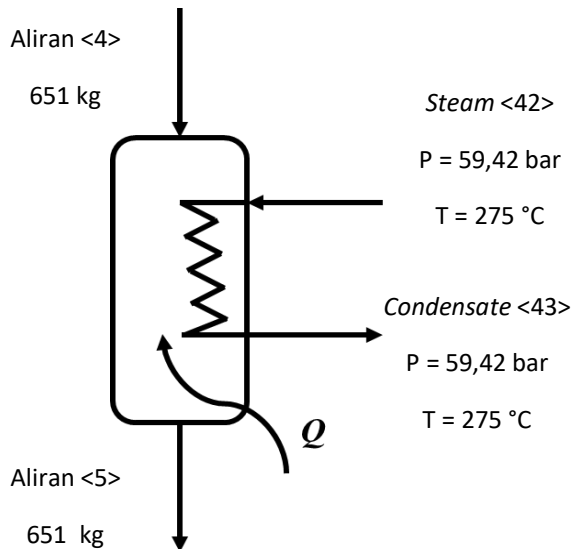
Parameter	Masuk	Keluar
	<1>	<2>
Massa (kg)	2.021,00	2.021,00
Tekanan (bar)	0,13	0,13
Suhu (°C)	30	135

**Tabel IV.11** Spesifikasi Steam pada Tangki Asam Oleat (F-111)

Aliran <40>		Aliran <41>	
<i>steam masuk</i>		<i>steam condensate</i>	
Tekanan (bar)	59.42	Tekanan (bar)	59.41
Suhu (°C)	275	Suhu (°C)	275
Hv (kJ/kg)	2785	Hliq (kJ/kg)	1210.07

**Tabel IV.12** Neraca Energi Asam Oleat (F-112)

Masuk		Keluar	
H <sub>&lt;1&gt;</sub>	5.543.603 kJ	H <sub>&lt;2&gt;</sub>	5.086.857 kJ
Q <sub>sistem</sub>	-456.746 kJ		
<b>Total</b>	<b>5.086.857 kJ</b>	<b>Total</b>	<b>5.086.857 kJ</b>

**IV.2.2 Tangki Gliserol (F-111)****Gambar IV.12** Tangki Gliserol (F-112)**Tabel IV.13** Kondisi Operasi Tangki Gliserol (F-112)

Parameter	Masuk	Keluar
	<4>	<5>
Massa (kg)	651,00	651,00
Tekanan (bar)	0,13	0,13
Suhu (°C)	30	135

**Tabel IV.14** Spesifikasi Steam pada Tangki Gliserol (F-112)

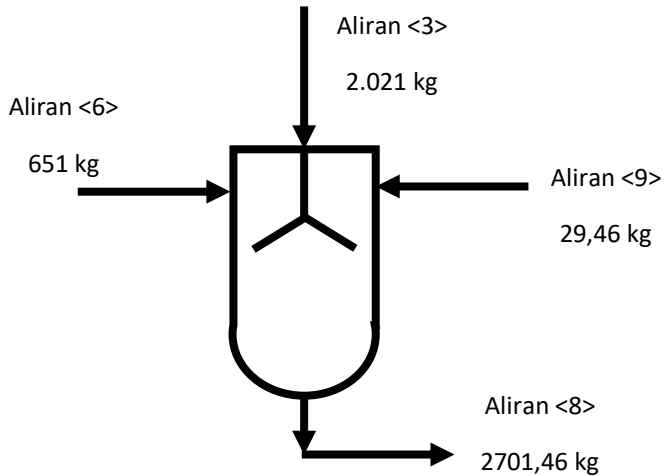
<b>Aliran &lt;42&gt;</b>		<b>Aliran &lt;43&gt;</b>	
<i>steam masuk</i>		<i>steam condensate</i>	
Tekanan (bar)	59.42	Tekanan (bar)	59.41
Suhu (°C)	275	Suhu (°C)	275
Hv (kJ/kg)	2785	Hliq (kJ/kg)	1210.07

**Tabel IV.15** Neraca Energi Tangki Gliserol (F-112)

<b>Masuk</b>		<b>Keluar</b>	
H <sub>&lt;1&gt;</sub>	5.103.840 kJ	H <sub>&lt;2&gt;</sub>	4.853.856 kJ
Q <sub>sistem</sub>	-249.984 kJ		
<b>Total</b>	<b>4.853.856 kJ</b>	<b>Total</b>	<b>4.853.856 kJ</b>



### IV.2.3 Mixing Tank (M-110)



Gambar IV.13 Mixing Tank (M-110)

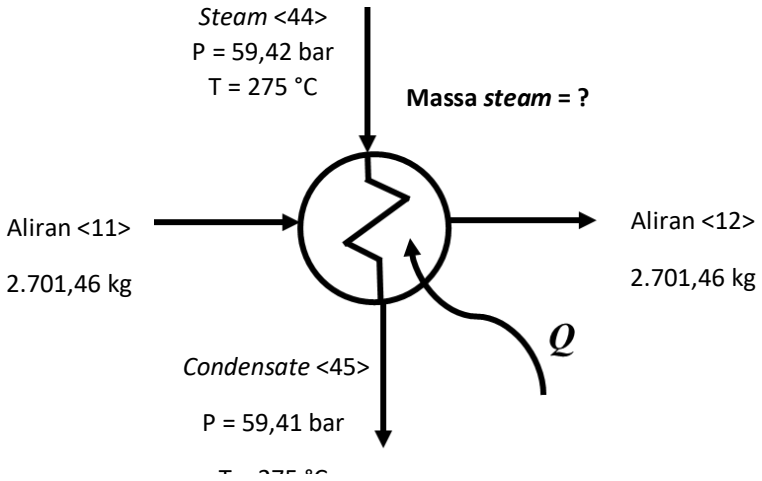
Tabel IV.16 Kondisi Operasi Mixing Tank (M-110)

Parameter	Masuk			Keluar
	<6>	<9>	<3>	<8>
Massa (kg)	651	29,46	2021	2.735,47
Tekanan (bar)	1	1	1	1
Suhu (°C)	135	30	135	121,4

Tabel IV.17 Neraca Energi Mixing Tank (M-110)

	Masuk		Keluar
H<6>	4.853.856 kJ	H<10>	314.990.236 kJ
H<3>	5.086.857 kJ	H <sub>mixing</sub>	450.677 kJ
H<9>	305.500.200 kJ		
<b>Total</b>	<b>315.440.913 kJ</b>	<b>Total</b>	<b>315.440.913 kJ</b>

**IV.2.4 Preheater (E-118)**



**Gambar IV.14** Preheater (E-118)

**Tabel IV.18** Kondisi Operasi Preheater (E-118)

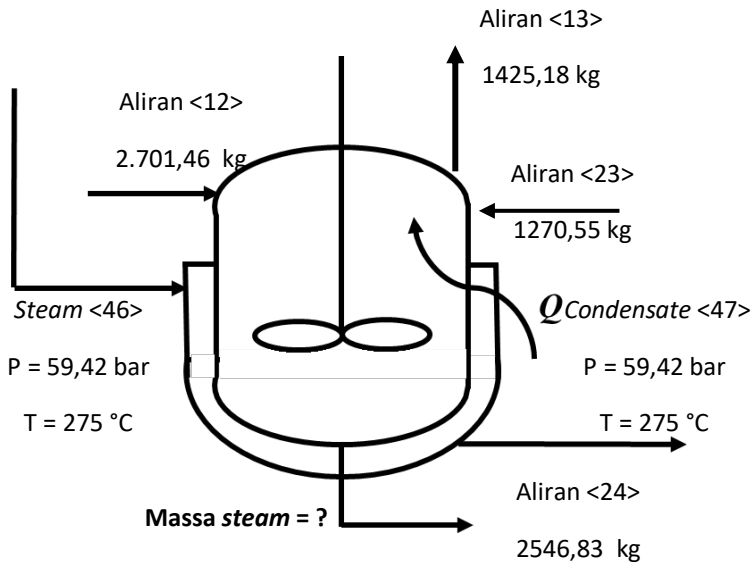
Parameter	Masuk	Keluar
	<11>	<12>
Massa (kg)	2.701,46	2.701,46
Tekanan (bar)	1	1
Suhu (°C)	121,4	240

**Tabel IV.19** Spesifikasi Steam pada Tangki Gliserol (F-112)

Aliran <44>		Aliran <45>	
steam masuk		steam condensate	
Tekanan (bar)	59.42	Tekanan (bar)	59.41
Suhu (°C)	275	Suhu (°C)	275
Hv (kJ/kg)	2785	Hliq (kJ/kg)	1210.07

**Tabel IV.20** Neraca Energi *Preheater* (E-118)

Masuk		Keluar	
$H_{<11>}$	315.800.674 kJ	$H_{<12>}$	314.179.798 kJ
$Q_{\text{sistem}}$	-1.620.876 kJ		
<b>Total</b>	<b>314.179.798 kJ</b>	<b>Total</b>	<b>314.179.798 kJ</b>

**IV.2.5 Reaktor Esterifikasi (R-210)****Gambar IV.15** Reaktor Esterifikasi (R-210)**Tabel IV.21** Kondisi Operasi Reaktor Esterifikasi (R-210)

Parameter	Masuk		Keluar	
	<12>	<23>	<13>	<24>
Massa (kg)	2.701,46	1.270,55	2.764,93	1.875,77
Tekanan (bar)	1	0,13	0,13	0,13
Suhu (°C)	240	172,3	240	240

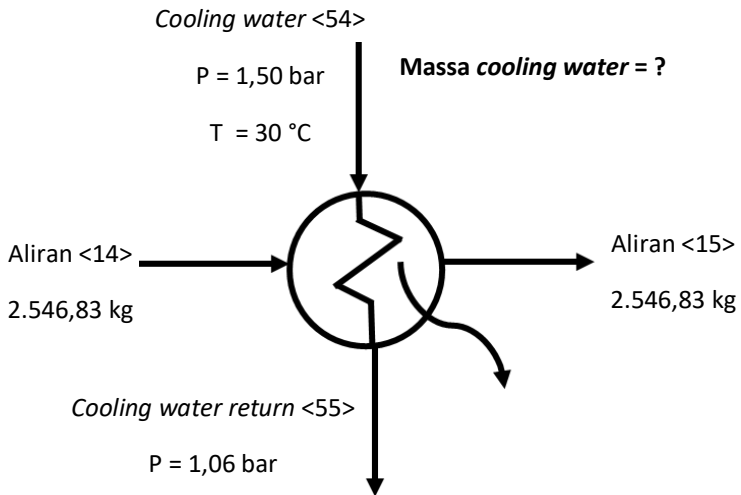
**Tabel IV.22** Spesifikasi Steam pada Tangki Gliserol (F-112)

<b>Aliran &lt;46&gt;</b>		<b>Aliran &lt;47&gt;</b>	
<i>steam masuk</i>		<i>steam condensate</i>	
Tekanan (bar)	59.42	Tekanan (bar)	59.41
Suhu (°C)	275	Suhu (°C)	275
Hv (kJ/kg)	2785	Hliq (kJ/kg)	1210.07

**Tabel IV.23** Neraca Energi Reaktor Esterifikasi (R-210)

<b>Masuk</b>		<b>Keluar</b>	
H <sub>&lt;12&gt;</sub>	314.179.798 kJ	H <sub>&lt;13&gt;</sub>	615.107.688 kJ
H <sub>formation&lt;12&gt;</sub>	-378.278.167 kJ	H <sub>formation&lt;13&gt;</sub>	-786.730.988 kJ
H <sub>&lt;23&gt;</sub>	310.014.200 kJ	H <sub>&lt;24&gt;</sub>	4.538.451,06 kJ
H <sub>formation&lt;23&gt;</sub>	-200.878.367 kJ	H <sub>formation&lt;24&gt;</sub>	-412.071.685,1 kJ
		Q <sub>sistem</sub>	624.193.998 kJ
<b>Total</b>	<b>45.037.464 kJ</b>	<b>Total</b>	<b>45.037.464 kJ</b>

### IV.2.6 Cooler (E-212)



T<sub>48 °C</sub> **Gambar IV.16** Cooler (E-212)

**Tabel IV.24** Kondisi Operasi Cooler (E-213)

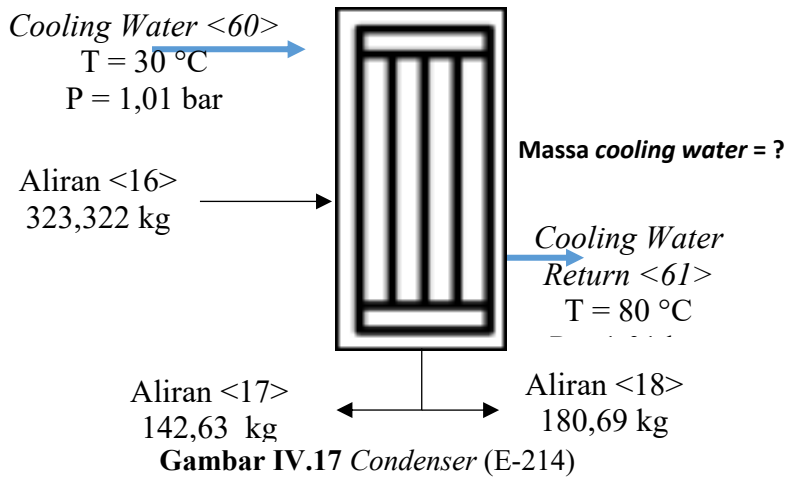
Parameter	Masuk	Keluar
	<14>	<15>
Massa (kg)	2.546,83	2.546,83
Tekanan (bar)	0,13	0,13
Suhu (°C)	240	150

**Tabel IV.25** Spesifikasi Cooling Water pada Cooler (E-212)

Aliran <54>		Aliran <55>	
Tekanan (bar)	1.5	Tekanan (bar)	1.06
Suhu (°C)	30	Suhu (°C)	48
H' <a> (kJ/kg)	125.79	H' <b> (kJ/kg)	200.976

**Tabel IV.26** Neraca Energi *Cooler* (E-213)

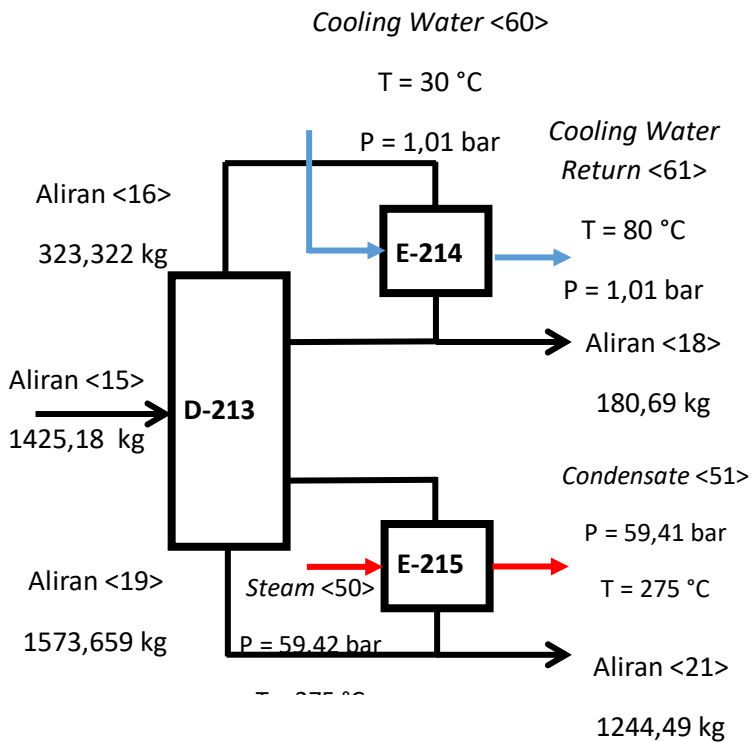
Masuk		Keluar	
H <sub>&lt;14&gt;</sub>	1.099.211.828 kJ	H <sub>&lt;15&gt;</sub>	1.102.013.341 kJ
		Q <sub>sistem</sub>	-2.801.513 kJ
<b>Total</b>	<b>1.099.211.828 kJ</b>	<b>Total</b>	<b>1.099.211.828 kJ</b>

**IV.2.7 Condenser** (E-214)**Tabel IV.27** Kondisi Operasi *Condenser* (E-214)

Parameter	Masuk	Keluar	
	<16>	<17>	<18>
Massa (kg)	323,322	142,63	180,69
Tekanan (bar)	1,25	1,25	1,25
Suhu ( $^{\circ}\text{C}$ )	150	138,1	138,1

**Tabel IV.28** Neraca Energi *Condenser* (E-214)

Masuk		Keluar	
H <sub>&lt;16&gt;</sub>	3.880.657,28 kJ	H <sub>&lt;17&gt;</sub> + H <sub>&lt;18&gt;</sub>	231.519,538 kJ
		Q <sub>condenser</sub>	3.649.137,742 kJ
<b>Total</b>	<b>3.880.657,28 kJ</b>	<b>Total</b>	<b>3.880.657,28 kJ</b>

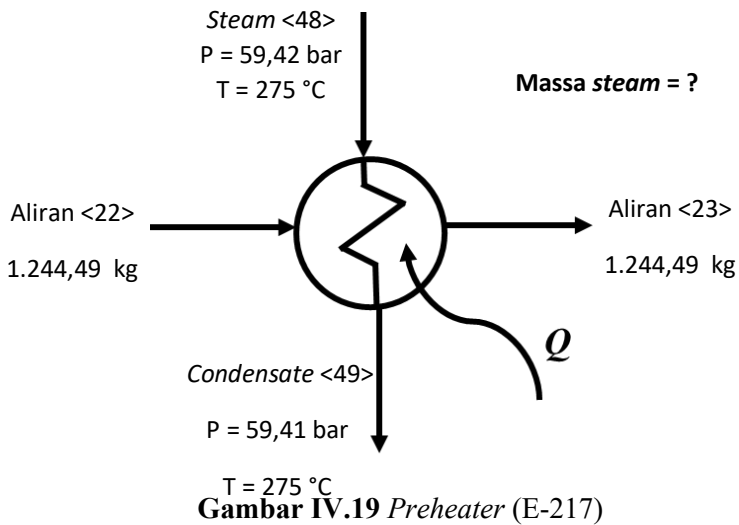
**IV.2.8 Kolom Distilasi (D-213)****Gambar IV.18** Kolom Distilasi (D-213)

**Tabel IV.29** Kondisi Operasi Kolom Distilasi (D-213)

Parameter	Masuk	Keluar	
	<15>	<16> <i>Top</i>	<19> <i>Bottom</i>
Massa (kg)	1425,18	323,322	1573,659
Tekanan (bar)	2	1,25	1,75
Suhu (°C)	100	138,1	150,2

**Tabel IV. 30** Neraca Energi Kolom Distilasi (D-213)

Masuk		Keluar	
H<15>	266.149,0671 kJ	H<16>	6262,39753 kJ
Qr	85876,00083 kJ	H<19>	462393,2696 kJ
		Qc	-116630,5992 kJ
<b>Total</b>	<b>352.025,0679 kJ</b>	<b>Total</b>	<b>352.025,0679kJ</b>

**IV.2.9 Heater (E-217)**



**Tabel IV.31** Kondisi Operasi *Heater* (E-217)

Parameter	Masuk	Keluar
	<22>	<23>
Massa (kg)	1.244,49	1.244,49
Tekanan (bar)	1,75	1,75
Suhu (°C)	150,2	240

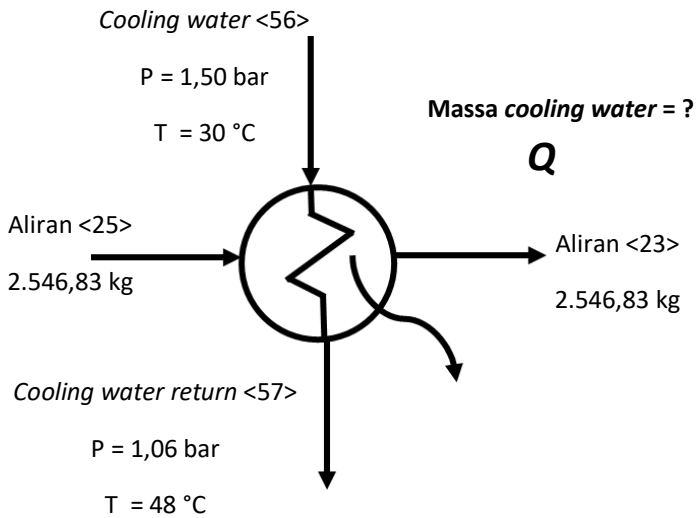
**Tabel IV.32** Spesifikasi *Steam* (E-217)

Aliran <48>		Aliran <49>	
<i>steam masuk</i>		<i>steam condensate</i>	
Tekanan (bar)	59.42	Tekanan (bar)	59.41
Suhu (°C)	275	Suhu (°C)	275
Hv (kJ/kg)	2785	Hliq (kJ/kg)	1210.07

**Tabel IV.33** Neraca Energi *Heater* (E-217)

Masuk		Keluar	
H<22>	303.904.458 kJ	H<23>	303.655.560 kJ
Q <sub>sistem</sub>	-248.898 kJ		
<b>Total</b>	<b>303.655.560 kJ</b>	<b>Total</b>	<b>303.655.560 kJ</b>

### IV.2.10 Cooler (E-219)



**Gambar IV.20** Cooler (E-219)

**Tabel IV.34** Kondisi Operasi Cooler (E-219)

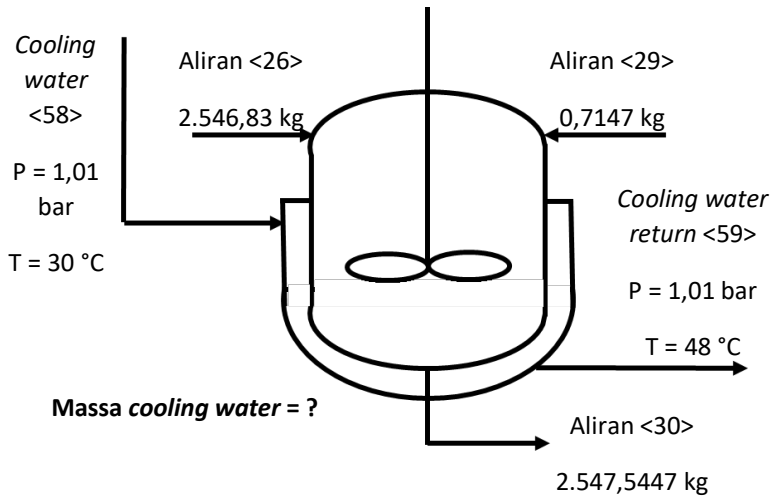
Parameter	Masuk	Keluar
	<14>	<15>
Massa (kg)	2.546,83	2.546,83
Tekanan (bar)	1,013	1,013
Suhu (°C)	240	100

**Tabel IV.35** Spesifikasi Cooling Water pada Cooler (E-219)

Aliran <a>		Aliran <b>	
Tekanan (bar)	1.5	Tekanan (bar)	1.06
Suhu (°C)	30	Suhu (°C)	48
H' <a> (kJ/kg)	125.79	H' <b> (kJ/kg)	200.976

**Tabel IV.36** Neraca Energi *Cooler* (E-219)

Masuk		Keluar	
H <sub>&lt;25&gt;</sub>	4.535.904,23 kJ	H <sub>&lt;26&gt;</sub>	5.422.201,07 kJ
		Q <sub>sistem</sub>	-886296,84 kJ
<b>Total</b>	<b>4.535.904,23 kJ</b>	<b>Total</b>	<b>4.535.904,23 kJ</b>

**IV.2.11** Reaktor Netralisasi (R-310)**Gambar IV.21** Reaktor Netralisasi (R-310)**Tabel IV.37** Kondisi Operasi Reaktor Netralisasi (R-310)

Parameter	Masuk		Keluar
	<26>	<29>	<30>
Massa (kg)	2.546,83	0,7147	2.547,5447
Tekanan (bar)	1,013	1,013	1,013
Suhu (°C)	100	30	87,59

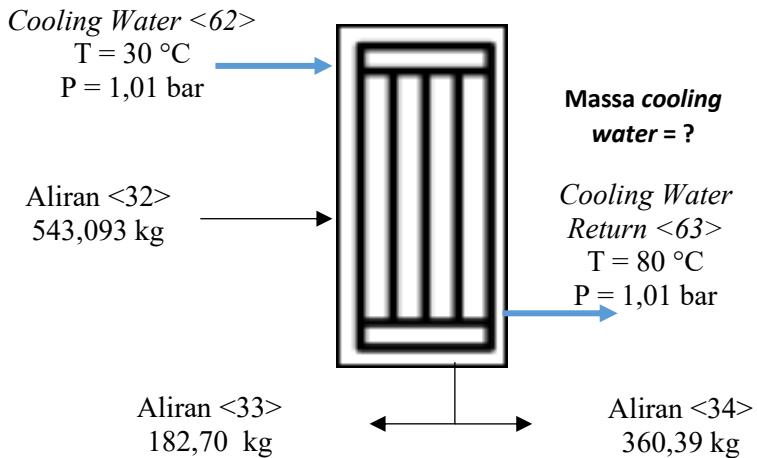
**Tabel IV.38** Spesifikasi *Cooling Water*

Aliran <58>		Aliran <59>	
Tekanan (bar)	1.5	Tekanan (bar)	1.06
Suhu (°C)	30	Suhu (°C)	48
H' <a> (kJ/kg)	125.79	H' <b> (kJ/kg)	200.976

**Tabel IV.39** Neraca Energi Reaktor Netralisasi (R-310)

Masuk		Keluar	
H<26>	5.422.201,07 kJ	H<30>	5.436.460,39 kJ
H <i>formation&lt;26&gt;</i>	-3.983.787 kJ	H <i>formation&lt;30&gt;</i>	-16.721.441,19 kJ
H<29>	7.425,733 kJ	Q <sub>sistem</sub>	5.429.626,803 kJ
H <i>formation&lt;29&gt;</i>	- 7.301.193,803 kJ		
<b>Total</b>	<b>-5.855.354 kJ</b>	<b>Total</b>	<b>-5.855.354 kJ</b>

### IV.2.12 Condenser (E-322)



**Gambar IV.22** Condenser (E-322)

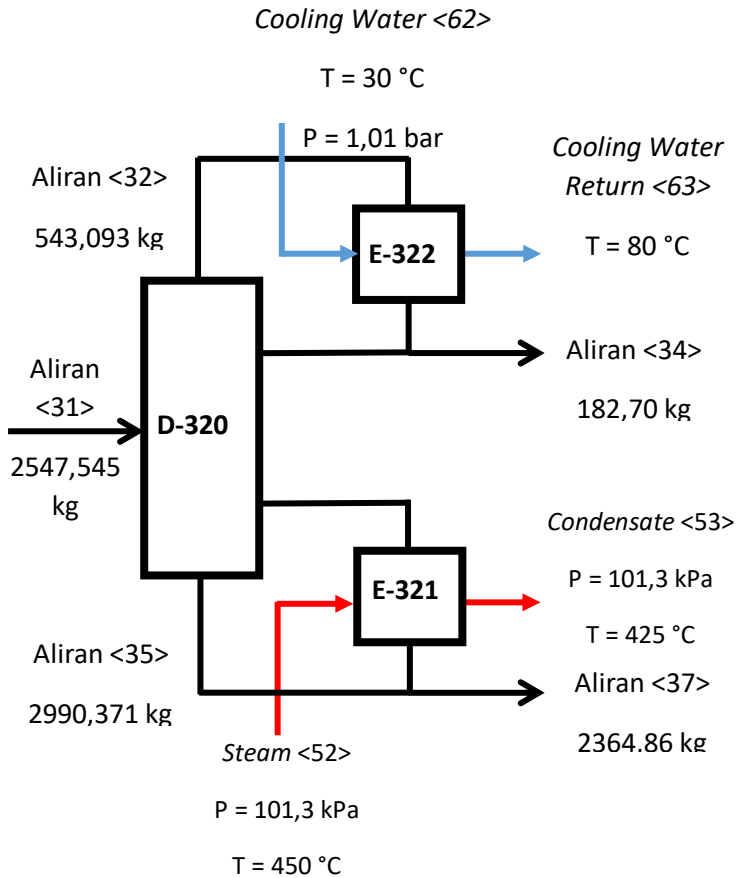
**Tabel IV.40** Kondisi Operasi Condenser (E-322)

Parameter	Masuk	Keluar	
	<32>	<33>	<34>
Massa (kg)	543,093	182,70	360,39
Tekanan (bar)	2	2	2
Suhu ( $^{\circ}\text{C}$ )	410	394	394

**Tabel IV.41** Neraca Energi Condenser (E-322)

Masuk		Keluar	
$H_{<32>}$	1.148.284 kJ	$H_{<33>} + H_{<34>}$	1.021.552 kJ
		Qcondenser	126.732 kJ
<b>Total</b>	<b>1.148.284 kJ</b>	<b>Total</b>	<b>1.148.284 kJ</b>

### IV.2.13 Kolom Distilasi (D-320)



**Gambar IV.23** Kolom Distilasi (D-320)

**Tabel IV.42** Kondisi Operasi Kolom Distilasi (D-320)

Parameter	Masuk	Keluar	
	<31>	<32> <i>Top</i>	<35> <i>Bottom</i>
Massa (kg)	2547,545	543,093	2990,371
Tekanan (bar)	1	2	3
Suhu (°C)	87,59	394	446,1

**Tabel IV. 43** Neraca Energi Kolom Distilasi (D-320)

Masuk		Keluar	
H <sub>&lt;31&gt;</sub>	340.796,324 kJ	H <sub>&lt;32&gt;</sub>	519.782,5588 kJ
Q <sub>r</sub>	3126059,252 kJ	H <sub>&lt;35&gt;</sub>	2646998,705 kJ
		Q <sub>c</sub>	126731,534 kJ
		Q <sub>loss</sub> (5%)	173342,7788 kJ
<b>Total</b>	<b>3.466.855,577 kJ</b>	<b>Total</b>	<b>3.466.855,577 kJ</b>





*Halaman ini sengaja di kosongkan*



## BAB V

### DAFTAR DAN HARGA PERALATAN

Spesifikasi peralatan yang digunakan dalam pabrik gliserol monooleat adalah sebagai berikut :

**Tabel V.1** *Mixing Tank* (M-110)

Spesifikasi	Keterangan
Kode alat	M-110
Fungsi	Mencampur bahan baku gliserol dan asam oleat
Bentuk	Silinder dengan tutup atas dan bawah berbentuk <i>standard dished head</i>
Bahan konstruksi	<i>Stainless Steel</i> , SA-240, grade M tipe 316
Jumlah	1 unit
Pengelasan	<i>Double welded butt joint</i>
Kapasitas	67,07 m <sup>3</sup>
Diameter tangki, OD	4,27 m
ID	4,24 m
Tinggi liquid	
Silinder	4,29 m
Tangki	5,18 m
Tinggi	
Silinder	6,36 m
Tutup atas	0,90 m
Tutup bawah	0,90 m
Tangki	8,15 m
Tebal	
Silinder	0,0127 m
Tutup atas	0,0064 m
Tutup bawah	0,0064 m
Pengaduk	

Tipe	<i>six flat blade turbine with disk</i>
Jumlah	1 unit
<i>Power</i>	291 kW
Diameter pengaduk	1,70 m
Panjang pengaduk	0,42 m
Lebar pengaduk	0,34 m
Jarak dari dasar	1,41 m
Kecepatan putaran	1,50 rps

**Tabel V.2** Tangki Asam Oleat (F-111)

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>
Kode alat	F-111
Fungsi	Menampung dan memanaskan bahan baku asam oleat
Bentuk	Silinder dengan tutup atas dan bawah berbentuk <i>standard dished head</i>
Bahan konstruksi	<i>Stainless Steel</i> , SA-240, grade M tipe 316
Jumlah	1 unit
Pengelasan	<i>Double welded butt joint</i>
Kapasitas	54,24 m <sup>3</sup>
Diameter tangki	
OD	3,96 m
ID	3,94 m
Tinggi liquid	
Silinder	4,03 m
Tangki	4,81 m

**Tabel V.2** Tangki Asam Oleat (F-111) *lanjutan*

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>
Tinggi	
Silinder	5,91 m
Tutup atas	0,79 m
Tutup bawah	0,79 m
Tangki	7,49 m
Tebal	
Silinder	0,0111 m
Tutup atas	0,0064 m
Tutup bawah	0,0064 m
<i>Coil</i>	
Jumlah lilitan <i>coil</i>	7 unit
Jarak setiap lingkaran <i>coil</i>	0,05 m
Kebutuhan <i>steam</i>	295,9 kg/jam
Diameter <i>coil</i>	0,07 m
Tinggi <i>coil</i>	1,18 m

**Tabel V.3** Tangki Gliserol (F-112)

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>
Kode alat	F-112
Fungsi	Menampung dan memanaskan bahan baku asam oleat
Bentuk	Silinder dengan tutup atas dan bawah berbentuk <i>standard dished head</i>
Bahan konstruksi	<i>Stainless Steel</i> , SA-240, grade M tipe 316
Jumlah	1 unit
Pengelasan	<i>Double welded butt joint</i>
Kapasitas	12,40 m <sup>3</sup>
Diameter tangki	
OD	2,44 m
ID	2,42 m

**Tabel V.3** Tangki Gliserol (F-112) *lanjutan*

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>
Tinggi liquid	
Silinder	2,43 m
Tangki	2,89 m
Tinggi	
Silinder	3,63 m
Tutup atas	0,47 m
Tutup bawah	0,47 m
Tangki	4,57 m
Tebal	
Silinder	0,0079 m
Tutup atas	0,0048 m
Tutup bawah	0,0048 m
<i>Coil</i>	
Jumlah lilitan <i>coil</i>	7 unit
Jarak setiap lingkaran <i>coil</i>	0,05 m
Kebutuhan <i>steam</i>	161,5 kg/jam
Diameter <i>coil</i>	0,06 m
Tinggi <i>coil</i>	1,03 m

**Tabel V.4** Tangki Asam Fosfat (F-113)

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>
Kode alat	F-113
Fungsi	Menampung bahan baku $H_3PO_4$
Bentuk	Silinder dengan tutup atas dan bawah berbentuk <i>standard dished head</i>
Bahan konstruksi	<i>Stainless Steel</i> , SA-240, grade S tipe 304
Jumlah	1 unit
Pengelasan	<i>Double welded butt joint</i>
Kapasitas	12,79 m <sup>3</sup>

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>
Diameter tangki	
OD	2,44 m
ID	2,42 m
Tinggi liquid	
Silinder	2,51 m
Tangki	3,00 m
Tinggi	
Silinder	3,63 m
Tutup atas	0,49 m
Tutup bawah	0,49 m
Tangki	4,62 m
Tebal	
Silinder	0,0079 m
Tutup atas	0,0064 m
Tutup bawah	0,0064 m

**Tabel V.5** Pompa *Feed* Asam Oleat (L-114)

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>
Kode alat	L-114
Fungsi	Memompa feed asam oleat ke dalam <i>mixing tank</i>
Tipe	<i>Centrifugal pump</i>
Jumlah	1 unit
Kapasitas	2,53 m <sup>3</sup> /jam
Tekanan masuk	1 atm
Tekanan keluar	2,87 atm
Bahan pipa	<i>Commercial Steel</i>
Ukuran pipa	IPS 0,03 m sch 40
<i>Power</i> pompa	0,25 kW
<i>Power</i> motor	0,22 kW

**Tabel V.6** Pompa *Feed* Gliserol (L-115)

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>
Kode alat	L-115
Fungsi	Memompa feed gliserol ke dalam <i>mixing tank</i>
Tipe	<i>Centrifugal pump</i>
Jumlah	1 unit
Kapasitas	0,60 m <sup>3</sup> /jam
Tekanan masuk	1 atm
Tekanan keluar	2,96 atm
Bahan pipa	<i>Commercial Steel</i>
Ukuran pipa	IPS 0,03 m sch 40
<i>Power</i> pompa	0,25 kW
<i>Power</i> motor	0,05 kW

**Tabel V.7** Pompa *Feed* Asam Fosfat (L-116)

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>
Kode alat	L-116
Fungsi	Memompa feed asam fosfat ke dalam <i>mixing tank</i>
Tipe	<i>Centrifugal pump</i>
Jumlah	1 unit
Kapasitas	0,02 m <sup>3</sup> /jam
Tekanan masuk	1 atm
Tekanan keluar	3,07 atm
Bahan pipa	<i>Commercial Steel</i>
Ukuran pipa	IPS 0,03 m sch 40
<i>Power</i> pompa	0,25 kW
<i>Power</i> motor	2E-03 Kw



**Tabel V.8** Pompa *Feed* Reaktor (L-117)

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>
Kode alat	L-117
Fungsi	Memompa campuran gliserol, asam oleat. Dan asam fosfat ke reaktor esterifikasi
Tipe	<i>Centrifugal pump</i>
Jumlah	1 unit
Kapasitas	3,25 m <sup>3</sup> /jam
Tekanan masuk	1 atm
Tekanan keluar	2,61 atm
Bahan pipa	<i>Commercial Steel</i>
Ukuran pipa	IPS 0,03 m sch 40
<i>Power</i> pompa	0,25 kW
<i>Power</i> motor	0,22 kW

**Tabel V.9** *Pre-heater* (E-118)

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>
Kode alat	E-118
Fungsi	Memanaskan campuran asam oleat, gliserol, dan asam fosfat
Jenis	<i>Shell and Tube (2-4 HE)</i>
Jumlah	1 unit
Bahan konstruksi	<i>Carbon steel SA 283- Grade C</i>
Luas area	24,50 m <sup>2</sup>
Temperatur	
T <sub>1</sub>	548,15 K
T <sub>2</sub>	548,15 K
t <sub>1</sub>	303,15 K
t <sub>2</sub>	513,15 K
<i>Tube</i>	
OD	0,04 m
ID	0,03 m
<i>Length</i>	3,66 m

**Tabel V.9** *Pre-heater (E-118) lanjutan*

Jumlah <i>tube</i>	56
<i>Pitch</i>	0,05 m <i>triangular</i>
$\Delta P$ <i>tube</i>	0,003 atm
<i>Shell</i>	
$\Delta P$ <i>shell</i>	0,001 atm
ID <i>shell</i>	0,44 m
<i>Fouling factor</i>	0,003 s.m <sup>2</sup> .K/J

**Tabel V.10** Reaktor Esterifikasi (R-210)

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>
Kode alat	R-210
Fungsi	Mereaksikan gliserol dan asam oleat membentuk gliserol monooleat dengan katalis H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>
Bentuk	Silinder dengan tutup atas dan bawah berbentuk <i>standard dished head</i>
Jumlah <i>stage</i>	5 <i>stage</i>
Bahan konstruksi	<i>Stainless steel</i> , SA-240 Grade M tipe 316

**Tabel V.10** Reaktor Esterifikasi (R-210) *lanjutan*

Pengelasan	<i>Double welded butt joint</i>
Kapasitas per <i>stage</i>	10,96 m <sup>3</sup> (Total = 43,84 m <sup>3</sup> )
Diameter bejana	
ID	2,41 m (per 1 <i>stage</i> )
OD	2,44 m (per 1 <i>stage</i> )
Tinggi liquid	
Silinder	2,15 m (per 1 <i>stage</i> )
Tangki	2,63 m (per 1 <i>stage</i> )
Tinggi	
Silinder	2,41 m (per 1 <i>stage</i> )
Tutup atas	0,49 m (per 1 <i>stage</i> )
Tutup bawah	0,49 m (per 1 <i>stage</i> )
Tangki	3,4 m (per 1 <i>stage</i> )
Tebal	
Silinder	0,005 m (per 1 <i>stage</i> )
Tutup atas	0,005 m (per 1 <i>stage</i> )
Tutup bawah	0,005 m (per 1 <i>stage</i> )
<i>Jacket</i> silinder	0,007 m (per 1 <i>stage</i> )
<i>Jacket</i> bagian bawah	0,008 m (per 1 <i>stage</i> )
Pengaduk (per 1 <i>stage</i> )	
Tipe	<i>Flat six blade turbine with disk</i>

**Tabel V.10** Reaktor Esterifikasi (R-210) *lanjutan*

<i>Power</i>	15,81 kW
Diameter pengaduk	0,72 m
Panjang pengaduk	0,18 m
Lebar pengaduk	0,14 m
Jarak dari dasar	0,80 m
Kecepatan putaran	2,50 rps

**Tabel V.11** Pompa Vakum (G-211)

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>
Kode alat	G-211
Fungsi	Memvakumkan reaktor esterifikasi hingga 0,128 atm
Tipe	<i>Reciprocating vacuum pump (dry vacuum pump)</i>
Bahan	<i>Carbon steel</i>
Jumlah <i>stage</i>	1
Volume produk yang dipompa	6.318,16 m <sup>3</sup> /jam
Kecepatan pompa	0,36 m/s
<i>Power</i> pompa	20,33 kW
<i>Pump down time</i>	0,014 jam

**Tabel V.12 Cooler (E-212)**

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>
Kode alat	E-212
Fungsi	Mendinginkan aliran uap reaktor esterifikasi sebelum masuk ke kolom distilasi
Jenis	<i>Shell and Tube (2-4 HE)</i>
Jumlah	1 unit
Bahan konstruksi	<i>Carbon steel SA 283-Grade C</i>
Luas area	20,43 m <sup>2</sup>
Temperatur	
T <sub>1</sub>	513,15 K
T <sub>2</sub>	423,15 K
t <sub>1</sub>	303,15 K
t <sub>2</sub>	321,15 K
<i>Tube</i>	
OD	0,03 m
ID	0,02 m
<i>Length</i>	3,66 m
Jumlah <i>tube</i>	70
<i>Pitch</i>	0,03 m <i>triangular</i>
$\Delta P$ <i>tube</i>	0,20 atm

**Tabel V.12 Cooler (E-212) lanjutan**

<i>Shell</i>	
$\Delta P$ shell	0,03 atm
ID shell	0,34 m
<i>Fouling factor</i>	0,003 s.m <sup>2</sup> .K/J

**Tabel V.13 Kolom Distilasi (D-213)**

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>
Kode	D-213
Fungsi	Memisahkan Campuran air dengan gliserol
Tipe	Full Reflux
Kapasitas	0,23 ft <sup>3</sup> /jam
Bahan	SA 283 Grade B Carbon Steel
Jumlah	1 buah
<i>Plate :</i>	
Type of tray	<i>Reverse Flow</i>
Tower diameter	6 ft
Tray spacing	12 in
Active area	20,105 ft <sup>2</sup>
Hole area	1,964 ft <sup>2</sup>
Downcomer area	3,159 ft <sup>2</sup>

**Tabel V.13** Kolom Distilasi (D-213) *lanjutan*

Active/tower area	71,143 %
Hole spacing	4 in
Weir length	5 ft
Weir height	2 in
Downcomer clearence	7,88 in
Number of tray	3
Tinggi Kolom	7,0703 ft
Tebal Shell	1 1/8 in

**Tabel V.14** *Condenser* (E-214)

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>
Kode alat	E-214
Fungsi	Mengubah fasa aliran sebelum masuk <i>flash tank</i>
Jenis	<i>Shell and Tube</i> (1-2 HE)
Jumlah	1 unit
Bahan konstruksi	<i>Carbon steel SA 129- Grade A</i>
Luas area	408,408 ft <sup>2</sup>
Temperatur	
T <sub>1</sub>	302 °F
T <sub>2</sub>	280,58 °F
t <sub>1</sub>	86 °F

**Tabel V.14 Condenser (E-214) lanjutan**

$t_2$	176 °F
<i>Tube</i>	
OD	0,5 in
ID	0,334 in
<i>Length</i>	12 ft
Jumlah <i>tube</i>	260
<i>Pitch</i>	1,25 m <i>triangular</i>
$\Delta P$ <i>tube</i>	3,43 psi
<i>Shell</i>	
$\Delta P$ <i>shell</i>	1E-05 psi
ID <i>shell</i>	25 in
<i>Fouling factor</i>	0,013 s.m <sup>2</sup> .K/J

**Tabel V.15 Reboiler (E-215)**

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>
Kode alat	E-215
Fungsi	Menguapkan kembali <i>liquid</i> ke kolom distilasi
Jenis	<i>Shell and Tube (2-4 HE)</i>
Jumlah	1 unit
Bahan konstruksi	<i>Carbon steel SA 283- Grade C</i>
Luas area	212,004 ft <sup>2</sup>



**Tabel V.15 Reboiler (E-215) lanjutan**

Temperatur	
T <sub>1</sub>	527 °F
T <sub>2</sub>	527 °F
t <sub>1</sub>	293 °F
t <sub>2</sub>	302,36 °F
<i>Tube</i>	
OD	3/4 in
ID	0,584 in
<i>Length</i>	20 ft
Jumlah tube	54
<i>Pitch</i>	15/16 m <i>triangular</i>
$\Delta P$ tube	0,04 psi
<i>Shell</i>	
ID shell	10 in
<i>Fouling factor</i>	0,0016 s.m <sup>2</sup> .K/J

**Tabel V.16** Pompa *Recycle* Gliserol (L-216)

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>
Kode alat	L-216
Fungsi	Memompa <i>recycle</i> gliserol kembali ke dalam reaktor esterifikasi
Tipe	<i>Centrifugal pump</i>
Jumlah	1 unit
Kapasitas	1,57 m <sup>3</sup> /jam
Tekanan masuk	1,75 atm
Tekanan keluar	2,34 atm
Bahan pipa	<i>Commercial Steel</i>
Ukuran pipa	IPS 0,03 m sch 40
<i>Power</i> pompa	0,25 kW
<i>Power</i> motor	0,04 kW

**Tabel V.17** *Heater* (E-217)

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>
Kode alat	E-217
Fungsi	Memanaskan campuran asam oleat, gliserol, dan asam fosfat
Jenis	<i>Shell and Tube (2-4 HE)</i>
Jumlah	1 unit
Bahan konstruksi	<i>Carbon steel SA 283- Grade C</i>

**Tabel V.17 Heater (E-217) lanjutan**

Luas area	4,09 m <sup>2</sup>
Temperatur	
T <sub>1</sub>	548,15 K
T <sub>2</sub>	548,15 K
t <sub>1</sub>	448,15 K
t <sub>2</sub>	513,15 K
<i>Tube</i>	
OD	0,03 m
ID	0,02 m
<i>Length</i>	3,66 m
Jumlah tube	14
<i>Pitch</i>	0,03 m <i>triangular</i>
$\Delta P$ tube	0,013 atm
<i>Shell</i>	
$\Delta P$ shell	0,008 atm
ID shell	0,20 m
<i>Fouling factor</i>	0,0004 s.m <sup>2</sup> .K/J

**Tabel V.18 Pompa Produk Reaktor Esterifikasi (L-218)**

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>
Kode alat	L-218
Fungsi	Memompa hasil produk reaktor esterifikasi ke dalam <i>Cooler</i> (E-219)
Tipe	<i>Centrifugal pump</i>
Jumlah	1 unit
Kapasitas	3,34 m <sup>3</sup> /jam
Tekanan masuk	0,13 atm
Tekanan keluar	1,6 atm
Bahan pipa	<i>Commercial Steel</i>
Ukuran pipa	IPS 0,03 m sch 40
<i>Power pompa</i>	0,25 kW
<i>Power motor</i>	0,21 kW

**Tabel V.19 Cooler (E-219)**

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>
Kode alat	E-219
Fungsi	Mendinginkan aliran keluar reaktor esterifikasi sebelum masuk ke dalam reactor netralisasi
Jenis	<i>Shell and Tube (2-4 HE)</i>
Jumlah	1 unit
Bahan konstruksi	<i>Carbon steel SA 283- Grade C</i>
Luas area	23,93 m <sup>2</sup>
Temperatur	
T <sub>1</sub>	267,15 K
T <sub>2</sub>	373,15 K
t <sub>1</sub>	303,15 K
t <sub>2</sub>	321,15 K
<i>Tube</i>	
OD	0,03 m
ID	0,02 m
<i>Length</i>	3,66 m
Jumlah tube	82
<i>Pitch</i>	0,03 m <i>triangular</i>
$\Delta P$ tube	0,27 atm
<i>Shell</i>	
$\Delta P$ shell	0,002 atm
ID shell	0,44 m
<i>Fouling factor</i>	0,0046 s.m <sup>2</sup> .K/J

**Tabel V.20** Reaktor Netralisasi (R-310)

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>
Kode alat	R-310
Fungsi	Menetralkan katalis $H_3PO_4$ dengan NaOH
Bentuk	Silinder dengan tutup atas dan bawah berbentuk <i>standard dished head</i>
Bahan konstruksi	<i>Stainless steel, SA-240 Grade M tipe 316</i>
Jumlah	1 unit
Pengelasan	<i>Double welded butt joint</i>
Kapasitas	13,68 m <sup>3</sup>
Diameter bejana	
ID	2,72 m
OD	2,74 m
Tinggi liquid	
Silinder	2,31 m
Tangki	2,85 m
Tinggi	
Silinder	2,72 m
Tutup atas	0,54 m
Tutup bawah	0,54 m

**Tabel V.20** Reaktor Netralisasi (R-310) *lanjutan*

Tangki	3,80 m
Tebal	
Silinder	0,005 m
Tutup atas	0,005 m
Tutup bawah	0,005 m
<i>Jacket</i> silinder	0,01 m
<i>Jacket</i> bagian bawah	0,02 m
Pengaduk	
Tipe	<i>Flat six blade turbine with disk</i>
<i>Power</i>	23,61 kW
Diameter pengaduk	0,78 m
Panjang pengaduk	0,19 m
Lebar pengaduk	0,16 m
Jarak dari dasar	0,86 m
Kecepatan putaran	2,50 rps

**Tabel V.21** Tangki NaOH (F-311)

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>
Kode alat	F-311
Fungsi	Menampung bahan baku NaOH
Bentuk	Silinder dengan tutup atas dan bawah berbentuk <i>standard dished head</i>
Bahan konstruksi	<i>Stainless Steel</i> , SA-240, grade S tipe 304
Jumlah	1 unit
Pengelasan	<i>Double welded butt joint</i>
Kapasitas	0,40 m <sup>3</sup>
Diameter tangki	
OD	0,76 m
ID	0,75 m
Tinggi liquid	
Silinder	0,83 m
Tangki	1,01 m
Tinggi	
Silinder	1,13 m
Tutup atas	0,18 m
Tutup bawah	0,18 m
Tangki	1,50 m

**Tabel V.21** Tangki NaOH (F-311) *lanjutan*

Tebal	
Silinder	0,005 m
Tutup atas	0,005 m
Tutup bawah	0,005 m

**Tabel V.22** Pompa *Feed* NaOH (L-312)

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>
Kode alat	L-312
Fungsi	Memompa <i>feed</i> NaOH ke dalam reaktor netralisasi
Tipe	<i>Centrifugal pump</i>
Jumlah	1 unit
Kapasitas	0,0006 m <sup>3</sup> /jam
Tekanan masuk	1 atm
Tekanan keluar	2,52 atm
Bahan pipa	<i>Commercial Steel</i>
Ukuran pipa	IPS 0,03 m sch 40
<i>Power</i> pompa	0,25 kW



**Tabel V.23** Pompa *Feed* Kolom Distilasi (L-312)

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>
Kode alat	L-312
Fungsi	Memompa produk reactor netralisasi ke dalam kolom distilasi
Tipe	<i>Centrifugal pump</i>
Jumlah	1 unit
Kapasitas	2,97 m <sup>3</sup> /jam
Tekanan masuk	1,27 atm
Tekanan keluar	2,54 atm
Bahan pipa	<i>Commercial Steel</i>
Ukuran pipa	IPS 0,03 m sch 40
<i>Power</i> pompa	1 kW
<i>Power</i> motor	1,05 kW

**Tabel V.24** Kolom Distilasi (D-320)

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>
Kode	D-320
Fungsi	Memisahkan Campuran air dengan gliserol
Tipe	Full Reflux
Kapasitas	1,63 ft <sup>3</sup> /jam

**Tabel V.24** Kolom Distilasi (D-320) *lanjutan*

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>
Bahan	SA 283 Grade B Carbon Steel
Jumlah	1 buah
<i>Plate :</i>	
Type of tray	<i>Reverse Flow</i>
Tower diameter	3 ft
Tray spacing	18 in
Active area	4,584 ft <sup>2</sup>
Hole area	0,489 ft <sup>2</sup>
Downcomer area	0,790 ft <sup>2</sup>
Active/tower area	64,883 %
Hole spacing	4 in
Weir length	2 ft
Weir height	2 in
Downcomer clearance	3,94 in
Number of tray	10
Tinggi Kolom	30,8297 ft
Tebal Shell	1 1/8 in

Tabel V.25 *Condenser* (E-322)

Spesifikasi	Keterangan
Kode alat	E-322
Fungsi	Mengubah fasa aliran sebelum masuk <i>flash tank</i>
Jenis	<i>Shell and Tube</i> (1-2 HE)
Jumlah	1 unit
Bahan konstruksi	<i>Carbon steel SA 129- Grade A</i>
Luas area	125,664 ft <sup>2</sup>
Temperatur	
T <sub>1</sub>	770 °F
T <sub>2</sub>	741,2 °F
t <sub>1</sub>	86 °F
t <sub>2</sub>	176 °F
<i>Tube</i>	
OD	1 in
ID	0,834 in
<i>Length</i>	6 ft
Jumlah <i>tube</i>	80
<i>Pitch</i>	1,25 in <i>triangular</i>
$\Delta P$ <i>tube</i>	0,17 psi
<i>Shell</i>	
$\Delta P$ <i>shell</i>	2E-03 psi

**Tabel V.25** *Condenser (E-322) lanjutan*

<i>ID shell</i>	15,25 in
<i>Fouling factor</i>	0,0035 s.m <sup>2</sup> .K/J

**Tabel V.26** *Reboiler (E-321)*

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>
Kode alat	E-321
Fungsi	Menguapkan kembali <i>liquid</i> ke kolom distilasi
Jenis	<i>Kettle Reboiler</i>
Jumlah	1 unit
Bahan konstruksi	<i>Carbon steel SA 283- Grade C</i>
Luas area	1255,28 ft <sup>2</sup>
Temperatur	
T <sub>1</sub>	842 °F
T <sub>2</sub>	797 °F
t <sub>1</sub>	482 °F
t <sub>2</sub>	834,98 °F
<i>Tube</i>	
OD	1 1/4 in
ID	1,08 in
<i>Length</i>	20 ft
Jumlah <i>tube</i>	68

**Tabel V.26 Reboiler (E-321) lanjutan**

<i>Pitch</i>	1,5625 m <i>triangular</i>
$\Delta P$ <i>tube</i>	6,61 psi
<i>Shell</i>	
<i>ID shell</i>	21,25 in
<i>Fouling factor</i>	0,0016 s.m <sup>2</sup> .K/J

**Tabel V.27 Pompa Produk Kolom Distilasi (L-323)**

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>
Kode alat	L-323
Fungsi	Memompa produk kolom distilasi ke dalam <i>storage tank</i>
Tipe	<i>Centrifugal pump</i>
Jumlah	1 unit
Kapasitas	2,88 m <sup>3</sup> /jam
Tekanan masuk	1,27 atm
Tekanan keluar	6,95 atm
Bahan pipa	<i>Commercial Steel</i>
Ukuran pipa	IPS 0,03 m sch 40
<i>Power pompa</i>	2,50 kW
<i>Power motor</i>	2,61 kW

**Tabel V.28** Tangki Gliserol Monooleat (F-324)

<b>Spesifikasi</b>	<b>Keterangan</b>
Kode alat	F-324
Fungsi	Menampung produk gliserol monooleat
Bentuk	Silinder dengan tutup atas dan bawah berbentuk <i>standard dished head</i>
Bahan konstruksi	<i>Stainless Steel</i> , SA-240, grade S tipe 304
Jumlah	1 unit
Kapasitas	62,63 m <sup>3</sup>
Pengelasan	<i>Double welded butt joint</i>
Diameter tangki	
OD	3,96 m
ID	3,95 m
Tinggi liquid	
Silinder	4,69 m
Tangki	5,92 m
Tinggi	
Silinder	5,92 m
Tutup atas	0,79 m

**Tabel V.28** Tangki Gliserol Monooleat (F-324) *lanjutan*

Tutup bawah	0,79 m
Tangki	7,51 m
Tebal	
Silinder	0,0064 m
Tutup atas	0,0064 m
Tutup bawah	0,0064 m

Daftar harga peralatan yang digunakan dalam pabrik gliserol monooleat adalah sebagai berikut :

**Tabel V.29** Daftar Harga Peralatan Proses

No	Kode	Nama Alat	Total	Harga US\$, 2014		Harga US\$, 2019
				Per Unit	Total	
1	F-111	Tangki Asam Oleat	1	97000	97000	9700
2	F-112	Tangki Gliserol	1	41800	41800	41800
3	F-113	Tangki H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	1	33800	33800	33800
4	F-311	Tangki NaOH	1	9100	9100	9100
5	L-114	Pompa <i>Feed</i> Asam Oleat	1	19100	19100	19100
6	L-115	Pompa <i>Feed</i> Gliserol	1	19000	19000	19000
7	L-116	Pompa <i>Feed</i> H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	1	19000	19000	19000
8	L-117	Pompa <i>Feed</i> Reaktor	1	19000	19000	19000
9	M-110	<i>Mixing Tank</i>	1	110600	110600	110600
10	E-115	<i>Preheater</i>	1	10600	10600	10600
11	R-210	Reaktor Esterifikasi	1	585400	585400	585400
12	G-311	Pompa Vakum	1	26800	26800	26800
13	E-212	<i>Cooler</i>	1	4200	4200	4200

**Tabel V.29** Daftar Harga Peralatan Proses *lanjutan*

14	D-213	Kolom Distilasi	1	650000	650000	650000
15	E-214	<i>Condenser</i>	1	42000	42000	42000
16	E-215	<i>Reboiler</i>	1	23400	23400	23400
17	L-215	<i>Pompa Recycle</i>	1	13600	13600	13600
18	E-217	<i>Heater</i>	1	3700	3700	3700
19	L-218	<i>Pompa Feed</i> Netralisasi	1	800	800	800
20	E-219	<i>Cooler</i>	1	1600	1600	1600
21	L-312	<i>Pompa Feed</i> NaOH	1	4500	4500	4500
22	R-310	Reaktor Netralisasi	1	116100	116100	116100
23	L-313	<i>Pompa Feed</i> Distilasi	1	4500	4500	4500
24	D-320	Kolom Distilasi	1	850000	850000	850000
25	E-322	<i>Condenser</i>	1	65200	65200	65200
26	E-321	<i>Reboiler</i>	1	24500	24500	24500
27	L-323	<i>Pompa Storage Tank</i>	1	20000	20000	20000
28	F-324	Tangki GMO	1	74000	74000	74000
<b>Total</b>			<b>28</b>	<b>2802000</b>		



## **BAB VI**

### **ANALISA EKONOMI**

Analisa ekonomi merupakan salah satu parameter apakah suatu pabrik tersebut layak didirikan atau tidak. Untuk menentukan kelayakan suatu pabrik secara ekonomi, diperlukan perhitungan parameter analisa ekonomi. Parameter kelayakan tersebut antara lain IRR (*Internal Rate of Return*), POT (*Pay Out Time*) dan BEP (*Break Even Point*).

#### **VI.1 Pengelolaan Sumber Daya Manusia**

##### **VI.1.1 Bentuk Badan Perusahaan**

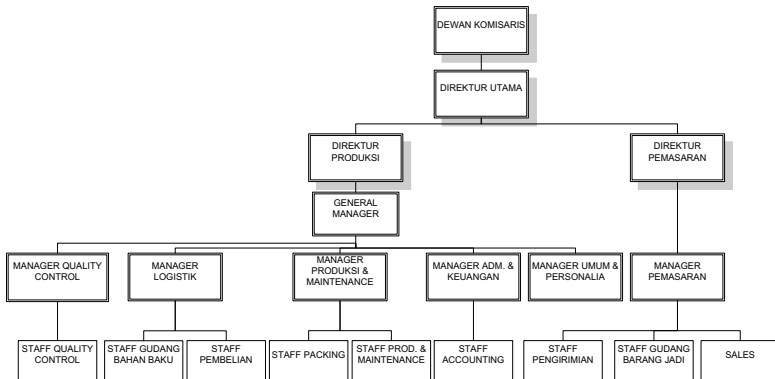
Bentuk badan perusahaan dalam Pabrik Gliserol Monooleat (GMO) ini dipilih Perseroan Terbatas (PT). Perseroan Terbatas merupakan suatu persekutuan yang menjalankan perusahaan dengan modal usaha yang terbagi beberapa saham, dimana tiap sekutu (disebut juga persero) turut mengambil bagian sebanyak satu atau lebih saham. Hal ini dipilih karena beberapa pertimbangan sebagai berikut:

1. Modal perusahaan dapat lebih mudah diperoleh yaitu dari penjualan saham maupun dari pinjaman.
2. Tanggung jawab pemegang saham terbatas, karena segala sesuatu yang menyangkut kelancaran produksi ditangani oleh pemimpin perusahaan.
3. Kekayaan pemegang saham terpisah dari kekayaan perusahaan, sehingga kekayaan pemegang saham tidak menentukan modal perusahaan.

##### **VI.1.2 Sistem Organisasi Perusahaan**

Struktur organisasi yang direncanakan pada Pabrik Gliserol Monooleat (GMO) ini adalah struktur garis dan staf. Struktur ini merupakan kombinasi dari pengawasan secara langsung dan spesialisasi pengaturan dalam perusahaan. Alasan pemilihan sistem ini adalah:

- Biasa digunakan untuk organisasi yang cukup besar dengan produksi yang terus menerus.
- Terdapat kesatuan pimpinan dan perintah, sehingga disiplin kerja lebih baik.
- Masing-masing manager secara langsung bertanggung jawab atas aktivitas yang dilakukan untuk mencapai tujuan.
- Pimpinan tertinggi dipegang oleh seorang direktur yang bertanggung jawab kepada dewan komisaris. Anggota dewan komisaris merupakan wakil-wakil dari pemegang saham dan dilengkapi dengan staf ahli yang bertugas memberikan nasihat dan saran kepada direktur seperti yang terlihat pada Gambar VI.1 berikut:



**Gambar VI.1** Struktur Organisasi Perusahaan

Pembagian kerja dalam organisasi ini adalah :

### 1. Dewan Komisaris

Dewan Komisaris bertindak sebagai pemegang saham.

Tugas Dewan Komisaris adalah:

- Menunjuk Direktur Utama.
- Mengawasi Direktur dan berusaha agar tindakan Direktur tidak merugikan perseroan.
- Menetapkan kebijaksanaan perusahaan.
- Mengadakan evaluasi/pengawasan tentang hasil yang diperoleh perusahaan.

- Memberikan nasehat kepada direktur bila direktur ingin mengadakan perubahan dalam perusahaan.

## **2. Direktur Utama**

Direktur adalah pemegang kepengurusan dalam perusahaan dan merupakan pimpinan tertinggi dan penanggungjawab utama dalam perusahaan secara keseluruhan.

Tugas Direktur Utama adalah :

- Menetapkan strategi perusahaan, merumuskan rencana-rencana dan cara melaksanakannya.
- Menetapkan sistem organisasi yang dianut dan menetapkan pembagian kerja, tugas dan tanggung jawab dalam perusahaan untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan.
- Mengevaluasi program kerja/rencana kerja yang telah ditetapkan.
- Mengadakan koordinasi yang tepat dari semua bagian.
- Memberikan instruksi kepada bawahannya untuk mengadakan tugas masing-masing.
- Mempertanggungjawabkan kepada Dewan Komisaris, segala pelaksanaan dari anggaran belanja dan pendapatan perusahaan.
- Menentukan kebijakan keuangan.
- Mengawasi jalannya perusahaan.

Selain tugas-tugas diatas, direktur berhak mewakili PT secara sah dan langsung disegala hal dan kejadian yang berhubungan dengan kepentingan perusahaan.

## **3. Direktur Produksi**

Direktur bertanggungjawab ke Direktur Utama dalam pelaksanaan tugasnya dan membawahi secara langsung *General Manager* baik yang berhubungan dengan personalia, pembelian, produksi maupun pengawasan produksi.

Tugas Direktur Produksi adalah:

- Membantu Direktur Utama dalam perencanaan produksi maupun dalam penelaahan kebijaksanaan pokok dalam bidang masing-masing.

- Mengawasi unit produksi melalui *General Manager*, dan bagian yang bersangkutan.
- Mengendalikan proses produksi, seperti mengadakan penggantian alat produksi.
- Menentukan kapasitas produksi baik menaikkan atau menurunkan kapasitas.

#### **4. Direktur Pemasaran**

Direktur Pemasaran bertugas membantu Direktur Utama dalam pelaksanaan tugasnya yang berhubungan dengan pemasaran.

Tugas Direktur Pemasaran adalah:

- Memperkenalkan jenis produk yang dibuat oleh perusahaan melalui berbagai media yang dibuat oleh perusahaan.
- Membuat rencana pemasaran.
- Melakukan kontrak penjualan dengan konsumen serta meninjau penjualan dan membatalkan penjualan jika terjadi ketidaksesuaian dengan kontrak.
- Melaporkan segala kegiatan yang bersangkutan dengan pemasaran kepada Direktur Utama.
- Mengontrol laporan *stock* guna mencapai keseimbangan jumlah dari gliserol monooleat yang disiapkan untuk dipasarkan.
- Memberikan tugas dan wewenang pada masing-masing bagian terkait.
- Mengadakan evaluasi kerja pada tiap bagian yang terkait mengenai pelaksanaan pekerja.
- Mengadakan evaluasi terhadap *skill* pekerja dalam lingkungan Departemen Pemasaran untuk meningkatkan intensitas pemasaran.
- Menetapkan harga produk.

#### **5. General Manager**

*General Manager* bertanggungjawab kepada Direktur Produksi dan membawahi secara langsung *Manager Quality Control* (QC), *Manager Logistik*, *Manager Produksi* dan

*Maintenance, Manager Umum dan Personalia, serta Manager Administrasi dan Keuangan.*

Tugas *General Manager* adalah:

- Mengadakan pengawasan terhadap semua lini kegiatan.
- Memberikan pengarahan kepada bawahan tentang tugas dan tanggung jawab masing-masing.
- Mengadakan evaluasi secara berkala terhadap semua lini.
- Mengadakan usulan kepada Direktur tentang peningkatan *skill* karyawan.
- Mengadakan penilaian terhadap penanggungjawab semua lini.

#### **6. *Manager Quality Control (QC)***

*Manager Quality Control* membawahi staff *quality control (QC)*.

Tugas *Manager Quality Control* adalah:

- Menetapkan rencana mutu sesuai dengan standar yang berlaku.
- Mengawasi pelaksanaan pengendalian mutu.
- Mengkoordinasi program kalibrasi peralatan inspeksi, ukur, dan uji.
- Memutuskan suatu produk siap untuk dikirim.
- Mencatat semua hasil inspeksi dan pengujian bahan baku dalam dokumen.

#### **7. *Manager Logistik***

*Manager Logistik* membawahi staff gudang bahan baku dan staff pembelian. *Manager Logistik* bertugas memberikan perintah kerja dan mengawasi langsung semua kegiatan yang berkaitan dengan pengadaan bahan baku tambahan sesuai standar dan penyerahannya ke bagian produksi serta kegiatan penyimpanan bahan baku tambahan tersebut.

#### **8. *Manager Produksi & Maintenance***

*Manager Produksi & Maintenance* membawahi staff *packing* dan staff *production & maintenance*.

Tugas *Manager Produksi & Maintenance* adalah:

- Mengawasi pelaksanaan proses produksi.

- Memberikan tugas dan wewenang pada masing-masing bagian yang terkait.
- Membuat laporan hasil produksi dan kesiapan mesin secara berkala.
- Mengevaluasi setiap bagian mengenai hasil pekerjaan, *skill* pekerja serta peningkatannya.
- Mengatur jadwal perbaikan / perawatan mesin produksi.
- Menyiapkan bahan yang dibutuhkan untuk proses pengemasan (plastik, lem, karton, benang jahit untuk karung, dsb).
- Mengevaluasi mutu dan jumlah hasil *packing* yang dikerjakan bawahan.

### 9. **Manager Umum & Personalia**

*Manager* Umum & Personalia berhubungan dengan karyawan-karyawan tidak tetap seperti Satuan Pengaman (Satpam).

Tugas *Manager* Umum & Personalia adalah:

- Mengadakan pengecekan rekapan gaji atau upah untuk karyawan.
- Mengadakan pengecekan absensi dan lembur untuk karyawan.
- Mengadakan koordinasi dengan bagian produksi dalam hal meningkatkan kemampuan kerja dan disiplin kerja setiap karyawan.
- Melakukan teguran atau peringatan terhadap karyawan yang melakukan pelanggaran.
- Melakukan pengecekan, pemeriksaan, atau perawatan secara periodik terhadap ruang kantor, ruang produksi, atau ruang kerja dalam hal kebersihan, kerapian, dan lain sebagainya.

### 10. **Manager Administrasi & Keuangan**

*Manager* Administrasi & Keuangan membawahi staff *accounting*.

Tugas *Manager* Administrasi & Keuangan adalah:

- Memeriksa laporan keuangan pabrik.

- Membuat laporan kas barang-barang yang ada di perusahaan secara periodik.
- Memeriksa laporan kas pabrik, apakah sudah sesuai dengan bukti-bukti yang sudah ada.
- Membukukan laporan sesuai dengan pos-pos masing-masing departemen.

### 11. **Manager Pemasaran**

*Manager* Pemasaran membawahi staff pengiriman, staff gudang barang jadi dan sales.

Tugas dari *Manager* Pemasaran adalah:

- Mengontrol laporan stok GMO supaya terjadi keseimbangan jumlah dari GMO yang disiapkan untuk dipasarkan.
- Memberikan tugas dan wewenang pada masing-masing bagian terkait.
- Mengadakan evaluasi kerja pada tiap bagian yang terkait mengenai pelaksanaan pekerja.
- Mengadakan evaluasi terhadap *skill* pekerja dalam lingkungan Departemen Pemasaran untuk meningkatkan intensitas pemasaran.

### VI.1.3 Perincian Jumlah Tenaga Kerja

Jumlah karyawan yang dibutuhkan untuk proses produksi GMO diuraikan pada Tabel VI.1 sebagai berikut :

**Tabel VI.1** Daftar Kebutuhan Karyawan Pabrik GMO

No	Jabatan	Pendidikan				Jumlah Karyawan
		SMA	D3	S1	S2	
1.	Dewan Komisaris				2	2
2.	Direktur Utama				1	1
3.	Direktur Produksi			1		1
4.	Direktur Pemasaran			1		1

5.	<i>General Manager</i>			1		1
6.	Sekretaris Direktur			3		3
7.	Manager					
	a. <i>Quality Control</i>			1		1
	b. Logistik			1		1
	c. Produksi & <i>Maintenance</i>			1		1
	d. Umum & Personalia			1		1
	e. Administrasi & Keuangan			1		1
	f. Pemasaran			1		1
8.	Dokter				2	2
9.	Perawat			4		4
10.	<i>Supervisor</i>					
	a. Produksi			6		6
	b. <i>Quality Control</i>			6		6



**Tabel VI.1** Daftar Kebutuhan Karyawan Pabrik GMO *lanjutan*

No	Jabatan	Pendidikan				Jumlah Karyawan
		SM A	D 3	S 1	S 2	
11	Staff					
.	a. <i>Quality Control</i>		3	2		5
	b. Gudang Bahan Baku		2	2		4
	c. Pembelian		2	2		4
	d. <i>Packing</i>		2	2		4
	e. <i>Produksi &amp; Maintenance</i>		12	4		16
	f. Pengiriman		3	1		4
	g. Gudang Barang Jadi		2	2		4
	h. <i>Accounting</i>		4	2		6
12	Sales	6	2	2		10
13	Supir	10				10
14	Operator		15			15
15	Karyawan tidak tetap	20				20
<b>Total</b>		<b>36</b>	<b>47</b>	<b>47</b>	<b>5</b>	<b>135</b>

Pabrik ini menggunakan basis 330 hari kerja pertahun dengan waktu 24 jam kerja perhari. Dengan pekerjaan yang membutuhkan pengawasan terus menerus selama 24 jam, maka dilakukan sistem *shift* karyawan dan sistem *day shift* karyawan.

a. Karyawan *Day Shift*

Karyawan ini tidak berhubungan langsung dengan proses produksi. Yang termasuk karyawan *day shift* adalah karyawan administrasi, sekretariat, perbekalan, gudang, dan lain-lain.

Jam kerja karyawan diatur sebagai berikut:

Senin - Jumat : 08.00 – 17.00

Sabtu : 08.00 – 15.00

Istirahat

Senin – Kamis & Sabtu : 12.00 – 13.00

Jum'at : 11.30 – 13.00

Untuk hari Minggu dan hari besar merupakan hari libur.

b. Karyawan *Shift*

Karyawan *shift* berhubungan langsung dengan proses produksi. Yang termasuk karyawan *shift* adalah pekerja *supervisor*, *operator* dan *security*. *Shift* direncanakan dilakukan tiga kali per hari setiap 8 jam. Distribusinya diatur sebagai berikut:

Shift I : 07.00 - 15.00

Shift II : 15.00 - 23.00

Shift III: 23.00 – 07.00

Penggantian shift dilakukan sesuai aturan *International Labour Organization* yaitu system *metropolitan rota* atau biasa disebut 2-2-2 (dalam 1 minggu dilakukan 2 hari *shift* malam, 2 hari *shift* pagi, 2 hari *shift* siang, 1 hari libur), sehingga untuk 3 *shift* dibutuhkan 4 regu dengan 1 regu libur. Sistem ini dapat disajikan dalam tabel VI.2 sebagai berikut:

**Tabel VI.2** Jadwal *Shift* Dengan Sistem 2-2-2

Hari	1	2	3	4	5	6	7
Shift							
I	A	D	C	B	A	D	C
II	B	A	D	C	B	A	D
III	C	B	A	D	C	B	A
Libur	D	C	B	A	D	C	B

### VI.1.4 Status Karyawan dan Pengupahan

a. Karyawan Tetap

Karyawan tetap adalah karyawan yang diangkat dan diberhentikan dengan surat keputusan (SK) direksi dan mendapat gaji bulanan berdasarkan kedudukan, keahlian dan masa kerja.

b. Karyawan Harian

Karyawan yang diangkat dan diberhentikan oleh direksi tanpa SK dari direksi dan mendapat upah harian yang dibayar setiap akhir pekan.

c. Pekerja Borongan

Pekerja borongan adalah tenaga yang diperlukan oleh pabrik bila diperlukan pada saat tertentu saja, misalnya: tenaga *shut down*, bongkar muat bahan baku. Pekerja borongan menerima upah borongan untuk suatu pekerjaan tertentu.

### VI.2 Utilitas

Utilitas merupakan sarana penunjang suatu industri, karena utilitas merupakan penunjang proses utama dan memegang peranan penting dalam pelaksanaan operasi dan proses. Sarana utilitas pada Pabrik Gliserol Monooleat ini meliputi :

1. *Water Treatment System*  
Berfungsi untuk mengolah air yang masih mengandung zat-zat pengotor menjadi air bersih (*filtered water*).
2. *Demineralized Water Plant*  
Berfungsi untuk mengolah air bersih (*filtered water*) dengan menggunakan sistem pertukaran ion agar air bebas dari garam yang terlarut didalamnya sehingga dapat digunakan untuk air umpan *boiler*.
3. *Cooling Water System*  
Berfungsi sebagai air pendingin pada *heat exchanger*.
4. *Electrical Power Generation System*  
Sumber listrik yang digunakan untuk menjalankan peralatan proses dalam *plant*.

5. *Steam Generation System*  
Untuk membangkitkan *steam* melalui proses pemanasan air hingga menjadi uap (*steam*).
6. Pengolahan Limbah  
Mengelola limbah agar air yang sudah diolah dapat dibuang ke lingkungan dengan aman dan tanpa mencemari lingkungan.

Maka untuk memenuhi kebutuhan utilitas pabrik di atas, diperlukan unit-unit sebagai penghasil sarana utilitas, yaitu :

### VI.2.1 *Water Treatment System*

*Water treatment* adalah unit yang berfungsi untuk mengolah bahan baku yang masih mengandung zat-zat pengotor tersebut menjadi air bersih yang disebut *filtered water*. *Filtered water* ini selanjutnya digunakan untuk *make-up cooling tower*, bahan baku *demineralized water* (air demin), air minum, dan *service water*. Bahan baku yang digunakan adalah air laut yang diolah dengan cara elektrolisis.

Untuk mengetahui kualitas *filtered water*, dilakukan kontrol analisis harian maupun mingguan. Parameter analisis harian adalah pH, turbiditas, dan  $Cl_2$ . Kondisi operasi *filtered water* yang direncanakan sesuai desain ditampilkan pada tabel VI.3.

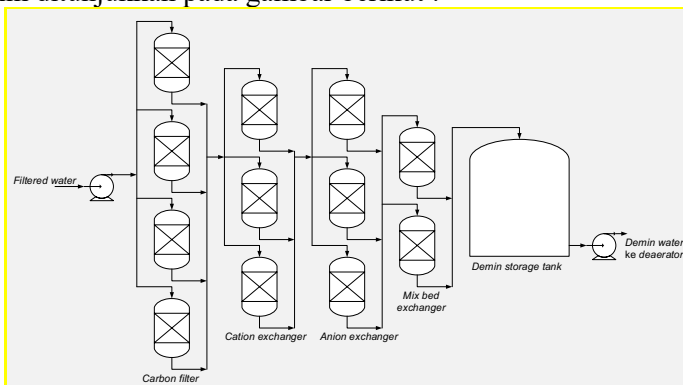
**Tabel VI.3** Karakteristik *Filtered Water*

<b>Spesifikasi</b>	<b>Kuantitas</b>	<b>Satuan</b>
Tekanan Umpan	7,7	kg/cm <sup>2</sup> .G
Temperatur Umpan	29,0	°C
Alkalinitas	15,0	ppm sebagai CaCO <sub>3</sub>
Klorida	6,0	ppm sebagai CaCO <sub>3</sub>
Sulfat	41,0	ppm sebagai CaCO <sub>3</sub>
Total Anion	62,0	ppm sebagai CaCO <sub>3</sub>
Kalsium	9,0	ppm sebagai CaCO <sub>3</sub>
Magnesium	4,0	ppm sebagai CaCO <sub>3</sub>
Na Dan K	49,0	ppm sebagai CaCO <sub>3</sub>
Total Kation	62,0	ppm sebagai CaCO <sub>3</sub>
Klorin	0,5	ppm sebagai Cl

Silika	36,0	ppm sebagai SiO <sub>2</sub>
pH	6,5 – 7,0	
Konduktivitas	100	MM ohm/cm
Besi	0,1	ppm sebagai Fe
Bahan Organik	5,0	ppm wt
Turbiditas	3,0	ppm (max)
Warna	20,0	ppm sebagai <i>hazen unit</i>

### VI.2.2 *Demineralized Water Plant*

Untuk keperluan proses, terutama untuk keperluan *steam* tidak cukup hanya menggunakan air bersih (*filtered water*) saja. Akan tetapi air bersih tersebut perlu diproses lebih lanjut untuk menghilangkan kandungan garam-garam mineral yang terlarut di dalamnya dalam bentuk ion positif dan ion negatif. Garam mineral ini jika tidak dihilangkan akan menyebabkan pengerakan di sepanjang peralatan proses pembuatan *steam*. *Demin plant* adalah sebuah unit yang berfungsi untuk mengolah air bersih (*filtered water*) dengan menggunakan sistem pertukaran ion (*cation-anion exchanger*) agar air tersebut bebas dari garam-garam yang terlarut di dalamnya sehingga didapat air yang bermutu tinggi dan memenuhi persyaratan sebagai umpan *steam*. Proses pembuatan air demin ditunjukkan pada gambar berikut :



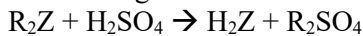
**Gambar VI.2** Proses Pembuatan Air Demin

Umpan *demineralized water plant* merupakan air filter. Campuran air filter akan masuk ke empat unit *Carbon filter* untuk proses penyerapan sisa-sisa klorin, minyak, bau, dan warna. Air keluaran unit *carbon filter* akan masuk ke tahap *Ion exchanger* yang terdiri dari *Cation Exchanger*, *Anion Exchanger*, dan *Mixed Bed Exchanger*.

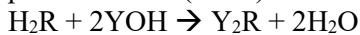
Tahap pertama pada *ion exchanger* adalah tiga unit *Cation Exchanger* yang berfungsi menghilangkan ion-ion positif ( $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Al^{3+}$ ). Contoh reaksi antara ion positif ( $R^+$ ) dengan resin penukar kation ( $H_2Z$ ) adalah sebagai berikut:

$$R_2SiO_3 + H_2Z \rightarrow R_2Z + 2H^+ + SiO_3^{2-}$$

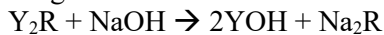
Unit *cation exchanger* akan mengalami kejenuhan dengan indikasi konduktivitas air keluaran di atas 0,25 mmhos. Apabila hal itu terjadi perlu dilakukan regenerasi dengan injeksi  $H_2SO_4$  dengan reaksi berikut:



Setelah melalui *cation exchanger*, air yang telah dihilangkan ion positifnya dialirkan masuk ke tiga unit *Anion exchanger* untuk menghilangkan ion-ion negatif ( $HCO_3^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $Cl^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $SiO_3^{2-}$ ). Contoh reaksi antara ion negatif ( $R^{2-}$ ) dengan resin penukar anion (YOH) adalah sebagai berikut:



Sama halnya seperti *cation exchanger*, *anion exchanger* juga mengalami kejenuhan dengan indikasi kadar silika mencapai 0,05 ppm sehingga resin harus diregenerasi dengan injeksi kaustik dengan reaksi di bawah:



Tahap terakhir dari *ion exchanger* adalah unit *Mixed Bed Exchanger*. Terdapat dua unit yang bekerja secara paralel. Unit ini mengandung dua jenis resin (kation dan anion) dengan prinsip kerja sama dengan dua unit sebelumnya. Fungsi dari unit ini adalah menghilangkan ion-ion yang tidak tersaring di dua unit sebelumnya sehingga menghasilkan air demin yang lebih murni. Pada kondisi normal, unit *cation exchanger* dan *anion exchanger* yang beroperasi hanya dua unit, sedangkan satu unit *standby* dan

digunakan ketika salah satu unit harus diregenerasi. Setelah melalui tahap *ion exchanger*, air akan masuk ke dalam tangki air demin.

### VI.2.3 Cooling Water System

*Cooling water system* yang digunakan bertipe *open recirculating cooling water*. Air pendingin yang telah bertukar panas di *heat exchanger* akan kembali ke *cooling tower* untuk didinginkan. Proses pada *cooling tower* adalah dengan memanfaatkan kalor penguapan dan aliran udara yang dikontakkan langsung dengan *hot water*. Air pendingin yang telah digunakan untuk proses pertukaran panas dengan temperatur 48°C akan mengalir ke bagian atas *cooling tower*.

Air akan terdistribusi merata dan mengalir ke bawah melalui sekat-sekat dan kontak langsung dengan udara dari sisi-sisi samping *cooling tower* yang dihisap dengan menggunakan lima buah *Induced Draft Fan* di bagian atas *cooling tower*. Air yang sampai di bawah akan ditampung di bak penampungan (*basin rectangular concrete*) dan temperatur air telah turun sekitar 10-20°C menjadi 30-32°C. *Make up water* ditambahkan dari tangki air filter ke dalam bak penampungan sebagai antisipasi dari air yang menguap sebanyak 2% sehingga air yang tersirkulasi jumlahnya tetap. Bahan kimia juga ditambahkan ke dalam bak penampungan untuk menjaga kualitas dari *cooling water*. Bahan kimia yang ditambahkan ditampilkan pada Tabel VI.4. Air pendingin keluaran *cooling tower* akan dialirkan dengan pompa ke pabrik utilitas dan pabrik Gliserol Monooleat dan digunakan untuk *heat exchanger*.

**Tabel VI.4** Bahan Kimia Pada *Cooling Tower*

Zat Kimia	Deskripsi
<i>Scale Dispersant</i>	Senyawa yang memiliki kandungan utama berupa poli elektrolit yang berupa cairan yang berfungsi menghindari pengendapan kalsium ortofosfat yang terlalu tinggi

<i>Biocide</i>	Senyawa dengan kandungan poli elektrolit yang berupa cairan dan berfungsi sebagai disinfektan
<i>Oxidizing Biocide</i>	Senyawa campuran klorin dan bromin yang digunakan untuk mengendalikan laju pertumbuhan mikroorganisme di dalam sistem air pendingin
<i>Bio Dispersant</i>	Senyawa yang terdiri dari poli elektrolit yang berupa cairan yang berfungsi sebagai zat disinfektan dan mendispersikan lendir pada <i>cooling tower</i>
<i>Corrosion Inhibitor</i>	Senyawa yang mengandung ortofosfat, polifosfat, dan zink yang bertujuan untuk membentuk lapisan film sehingga mencegah terjadinya korosi pada permukaan logam

## VI.2.4 Electrical Power Generation System

### 1. Gas Turbin Generator (GTG)

Sumber listrik seluruh *plant* Gliserol Monooleat dihasilkan dari *Gas Turbine Generator* (GTG) dari masing-masing pabrik. GTG dioperasikan secara paralel (*interconnection*) sebagaiantisipasi dan *back up* apabila terjadi kekurangan sumber daya listrik pada salah satu generator.

GTG dibagi menjadi empat bagian, yaitu:

1. *Control package*, terdiri dari *turbine control panel*, *generator control panel*, *motor control center (MCC)*, *station battery*, dan *charger*.
2. *Generator aux compartment (GAC)*, terdiri dari *static excitation equipment*, *grounding system*, *lighting arrestor*, *surge capacitor*, *generator circuit breaker*, dan *aux transformer*.
3. *Power package*, terdiri dari sistem pelumasan, *starting system*, *turbine accessory gear*, *speed ratio valve (SRV)* *gas control valve (GCV)*, dan *turbine gauge panel*.
4. *Generator package*, terdiri dari *main gear*, *reduction gear*, dan sistem pendingin udara.



Selain GTG, Pabrik Gliserol Monooleat memiliki *Emergency Diesel Generator*. Generator ini menggunakan bahan bakar diesel dan beroperasi apabila terjadi gangguan pada sistem pembangkit listrik utama (GTG).

## **2. *Emergency Diesel Generator***

*Emergency diesel generator* berfungsi untuk melayani beban-beban yang sangat kritis di pabrik apabila pembangkit utama mengalami gangguan. Bekerja secara otomatis, apabila sumber listrik dari sumber normal hilang, *transfer switch* dari ATS secara otomatis akan bekerja mengalihkan sumber listrik dari sumber normal ke sumber darurat. Genset akan berjalan secara otomatis dengan sinyal hilangnya tenaga listrik.

## **3. *Uninterruptible Power Supply (UPS)***

UPS berfungsi untuk melayani beban-beban listrik yang tidak boleh terputus *supply* listriknya seperti *power supply* untuk panel kendali (*control room*). Apabila *supply* utama ke UPS hilang, maka *supply* listrik langsung diambil alih oleh *battery*.

### **VI.2.5 *Steam Generation System***

*Boiler* merupakan alat yang digunakan untuk membangkitkan *steam* melalui proses pemanasan air hingga menjadi uap (*steam*). Tipe *boiler* yang digunakan adalah tipe *water tube boiler* dengan pembakaran sebagai sumber panas. Sedangkan berdasarkan sumber panas yang digunakan untuk membangkitkan *steam* dikenal dua jenis *boiler*:

#### **a. *Waste Heat Boiler (WHB)***

*Boiler* jenis ini menggunakan sumber panas utama yang berasal dari fluida proses peralatan lain (seperti di pabrik Gliserol Monooleat) dan berasal dari gas buang hasil pembakaran pada GTG.

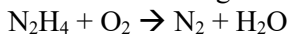
#### **b. *Package Boiler***

*Boiler* jenis ini merupakan tipe *boiler* yang berdiri sendiri dengan sumber panas utama berasal dari pembakaran bahan bakar.

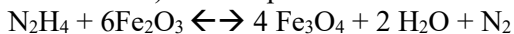
Bahan baku yang digunakan untuk membuat *steam* adalah air demin. Air demin sebelum digunakan sebagai air umpan *boiler* harus dihilangkan terlebih dahulu kandungan gas-gas yang

terlarut di dalamnya terutama oksigen dan karbondioksida melalui proses deaerasi. Adanya kandungan oksigen dan CO<sub>2</sub> pada air umpan *boiler* dapat menyebabkan korosi pada perpipaan dan *tube-tube boiler*. Proses deaerasi ini dilakukan di deaerator melalui 2 tahap:

- a. Secara mekanis, yaitu dengan proses *stripping* menggunakan *steam LS (low steam)*. Proses deaerasi secara mekanik ini dapat menghilangkan kandungan oksigen sampai 0,007 ppm.
- b. Secara kimiawi, yaitu dengan menggunakan bahan kimia yang dikenal dengan nama oksigen *scavenger*. Oksigen *scavenger* yang biasa digunakan adalah *hydrazine* (N<sub>2</sub>H<sub>4</sub>) yang dapat menghilangkan sisa oksigen yang tidak terlucuti pada proses secara mekanis di deaerator. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



*Hydrazine* dapat pula bereaksi dengan oksida besi membentuk magnetite (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) yang merupakan lapisan yang stabil dan berfungsi sebagai *corrosion inhibitor barrier* (penghambat korosi/kerak) melalui persamaan reaksi sebagai berikut:



Di deaerator ini juga diinjeksikan *Ammonia* (NH<sub>3</sub>) yang berfungsi untuk menaikkan pH air umpan *boiler* menjadi 8,9 – 9,2. Pada kondisi yang lebih basa dapat menghambat kenaikan laju korosi logam, namun demikian jika kondisinya terlalu basa akan menyebabkan terjadinya *foaming*. Oleh karena itu, pH harus dijaga pada kondisi yang optimum.

Setelah melalui deaerator, air umpan *boiler* selanjutnya siap untuk diubah menjadi *steam* melalui tahapan proses sebagai berikut:

- BFW yang masuk ke *boiler* terlebih dahulu dipanaskan di *economizer tube* dengan memanfaatkan panas gas buang *boiler*.
- Dari *economizer tube*, BFW masuk ke *steam drum* dan kemudian turun ke *evaporator tube* sehingga terjadi proses

pembentukan *steam* (jenuh) dan kemudian aliran *steam* kembali ke *steam drum*.

- *Steam* jenuh dari *steam drum* dialirkan ke *superheater tube* untuk dilewat jenuhkan dengan menaikkan temperaturnya diatas temperatur jenuh.
- Pada *steam drum* dilakukan injeksi senyawa *phosphate* ( $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ) untuk menjaga pH dan mengendapkan senyawa Ca dan  $\text{SiO}_2$ .
- Untuk menghilangkan endapan/kotoran di *boiler* dilakukan *blow down intermittent* dan *blow down* kontinyu.

## VI.2.6 Pengolahan Limbah

Proses pengolahan limbah dari produksi Pabrik Gliserol Monooleat menghasilkan tiga jenis limbah yaitu limbah padat dan limbah cair. Pengelolaan setiap jenis limbah memiliki tata kelola yang berbeda.

### VI.2.6.1 Pengolahan Limbah Cair

Pengelolaan limbah cair yaitu di Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Air limbah yang sudah melewati proses tersebut akan ditampung di kolam limbah untuk diinjeksikan alum dan deaerasi. Lumpur hasil koagulasi dengan alum dipisahkan dan air yang sudah diolah dibuang ke laut.

## VI.3 Analisa Ekonomi

Analisa ekonomi dimaksudkan untuk dapat mengetahui apakah suatu pabrik yang direncanakan layak didirikan atau tidak. Untuk itu pada pra desain Pabrik Gliserol Monooleat ini dilakukan evaluasi atau studi kelayakan dan penilaian investasi. Faktor-faktor yang perlu ditinjau untuk memutuskan hal ini adalah:

1. Laju pengembalian modal (*Internal Rate of Return, IRR*)
2. Waktu pengembalian modal minimum (*Pay Out Time, POT*)
3. Titik Impas (*Break Event Point, BEP*)

Sebelum dilakukan analisa terhadap ketiga faktor diatas perlu dilakukan peninjauan terhadap beberapa hal sebagai berikut:

1. Penaksiran modal (*Total Capital Investment, TCI*) yang meliputi:
  - a. Modal tetap (*Fixed Capital Investment, FCI*)
  - b. Modal kerja (*Working Capital Investment, WCI*)
2. Penentuan biaya produksi (*Total Production Cost, TPC*), yang terdiri:
  - a. Biaya pembuatan (*Manufacturing Cost*)
  - b. *Plant Overhead Cost*
  - c. Biaya pengeluaran umum (*General Expenses*)
3. Biaya total  
Untuk mengetahui besarnya titik impas (BEP) perlu dilakukan penaksiran terhadap:
  - a. Biaya tetap (*Fixed Cost, FC*)
  - b. Biaya semivariabel (*Semi Variable Cost, SVC*)
  - c. Biaya variabel (*Variable Cost, VC*)
  - d. Total penjualan (*Sales, S*)
4. Total pendapatan  
Analisa ekonomi dilakukan dengan menggunakan metode "*Cash Flow*"

### **VI.3.1 Laju Pengembalian Modal (*Internal Rate of Return / IRR*)**

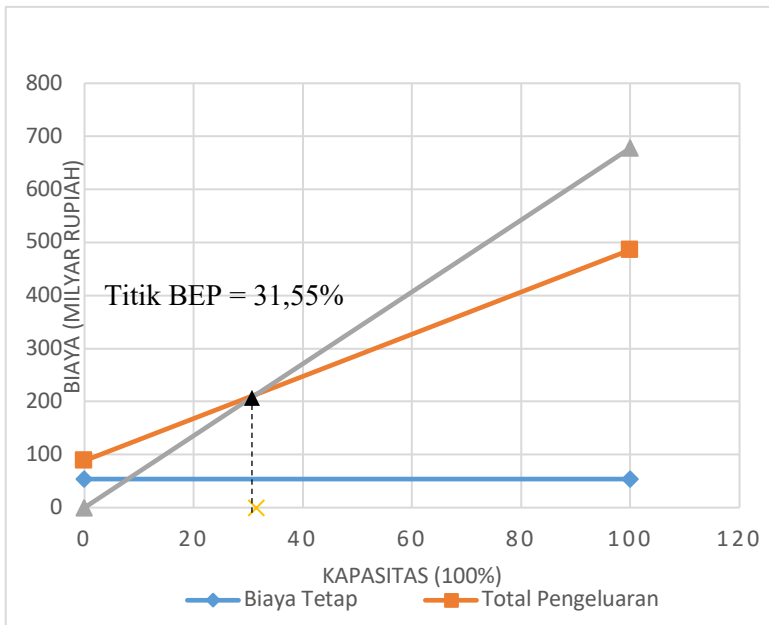
Dari hasil perhitungan dari Appendiks D didapatkan harga  $i = 40\%$ . Harga  $i$  yang diperoleh lebih besar dari harga  $i$  untuk bunga bank yaitu  $i = 12,5\%$  per tahun. Hal ini menunjukkan bahwa pabrik Gliserol Monooleat layak didirikan dengan kondisi tingkat bunga pinjaman bank  $12,5\%$  per tahun.

### **VI.3.2 Waktu Pengembalian Modal (*Pay Out Time / POT*)**

Dari perhitungan yang dilakukan pada Appendiks D didapatkan bahwa waktu pengembalian modal minimum adalah 4,24 tahun. Hal ini menunjukkan bahwa pabrik ini layak untuk didirikan karena POT yang didapatkan lebih kecil dari perkiraan usia pabrik.

### VI.3.3 Titik Impas (*Break Event Point / BEP*)

Analisa titik impas digunakan untuk mengetahui besarnya kapasitas produksi di mana biaya produksi total sama dengan hasil penjualan. Dari perhitungan yang dilakukan pada Appendix D didapatkan bahwa nilai titik impas atau BEP = 31,55% pada kapasitas produksi 4.732,5 ton/tahun.



**Gambar VI.1** *Break Even Point* Pabrik Gliserol Monooleat



*Halaman ini sengaja dikosongkan*





## **BAB VII KESIMPULAN**

Pabrik Gliserol Monooleat ini didirikan untuk memenuhi kebutuhan *emulsifier* gliserol monooleat dalam negeri sehingga dapat mengurangi beban impor. Untuk mengetahui kelayakan dari Pra Desain Pabrik Gliserol Monooleat dilakukan diskusi dari segi teknis dan ekonomis.

### **Segi Teknis**

Dalam Pra Desain Pabrik Gliserol Monooleat, proses yang digunakan adalah Proses Esterifikasi dengan bahan baku asam oleat dan gliserol. Secara teknis pabrik ini mempunyai syarat kelayakan karena mampu menghasilkan produk gliserol monooleat dengan kemurnian sesuai kebutuhan target pasar, yaitu 85,53%.

### **Segi Ekonomis**

Kelayakan Pra Desain Pabrik Gliserol Monooleat dari segi ekonomi diketahui melalui analisa ekonomi yang meliputi perhitungan *Internal Rate of Return* (IRR), *Pay Out Time* (POT), dan *Break Even Point* (BEP). *Internal Rate of Return* (IRR) pabrik ini adalah 40% Angka ini lebih besar dari bunga bank yaitu 12,5%. Modal pabrik akan kembali setelah pabrik beroperasi selama 4,24 tahun. Waktu ini relatif singkat jika dibandingkan dengan perkiraan umur pabrik 10 tahun. *Break Even Point* yang didapat sebesar 31,55%. Berdasarkan hasil analisa dari ketiga parameter tersebut, Pabrik Gliserol Monooleat ini layak untuk didirikan.

### **Kesimpulan**

Dari hasil-hasil yang telah diuraikan dalam bab-bab sebelumnya, maka disimpulkan :

1. Perencanaan Operasi : kontinyu, 24 jam/hari, 330 hari/tahun
2. Kapasitas Produksi : 15.000 ton/tahun
3. Kebutuhan Bahan Baku
  - Asam Oleat : 16.006,32 ton/tahun

- Gliserol : 5.155,92 ton/tahun
- H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> : 233,32 ton/tahun
- NaOH : 17,60 ton/tahun
- 4. Umur Pabrik : 10 tahun
- 5. Masa Konstruksi : 24 bulan
- 6. Analisa Ekonomi :
- a. Pembiayaan :
- Struktur Permodalan : 40% modal sendiri dan 60% pinjaman bank
- Bunga Ban : 12,5% per tahun
- Total Investasi (TCI) : Rp 290.074.624.700
- *Total Production Cost* (TPC) : Rp 485.986.990.700
- b. Penerimaan :
- Hasil Penjualan (kapasitas 100%) : Rp 677.941.875.000
- c. Rehabilitasi Perusahaan :
- Laju Pengembalian Modal (IRR) : 40%
- Waktu Pengembalian Modal (POT) : 4,24 tahun
- Titik Impas (BEP) : 31,55%
- 8. Bentuk Perusahaan : Perseroan Terbatas
- 9. Struktur Organisasi : Garis dan staff
- 10. Lokasi : Dumai, Riau



## DAFTAR PUSTAKA

- Aspen Technology, Inc. 2010. *Aspen Physical Properties System*. USA: Burlington.
- Atase Perdagangan KBRI. 2014. *Fatty Alcohol*. [djpen.kemendag.go.id](http://djpen.kemendag.go.id). Diakses pada 14 September 2019, pukul 11.00 WIB.
- Allen Robert R. 1981. *Bailey's Industrial Oil and Fat Products*. New York : A Wiley-Interscience Publication
- Badan Pusat Statistik, Administrator. 2017. *Komoditi Ekspor – Impor*. <http://www.bps.go.id/>. Diakses pada 14 September 2019, pukul 11.30 WIB.
- Badan Pusat Statistik, Administrator. 2017. *Upah Minimum Regional Indonesia*. <http://www.bps.go.id/>. Diakses pada 14 September 2019, pukul 13.00 WIB.
- Bank Central Asia, Administrator. 2018. *Suku Bunga Kredit Bank di Indonesia*. <http://bca.go.id>. Diakses pada 16 September 2019, pukul 12.00 WIB.
- Brownell, Lloyd E. 1979. *Equipment Design*. New Delhi: Wiley Eastern Ltd.
- Coulson & Richardson. 2001. *Chemical Engineering Volume 6 3<sup>th</sup> Edition*. Butterworth: Heinemann.
- Donald, Woods. 2007. *Rules of Thumb in Engineering Practice*. New York: John Wiley & Sons Inc.
- Geankoplis, Christie. 2003. *Transport Process and Unit Operations 4<sup>th</sup> Edition*. New Jersey: Prentice-Hall, Inc.
- Google, Administrator. 2018. *Maps of Dumai, Riau*. <http://www.google.co.id/maps>. Diakses pada 20 September 2019, pukul 10.30 WIB.
- Grand View Research, Administrator. 2017. *Food Emulsifiers Market Analysis*. <http://www.grandviewresearch.com>. Diakses pada 31 September 2019, pukul 14.20 WIB.
- GRUNDFOS, Management A/S. 2004. *Pump Handbook*. Grundfos Industry.

- Hambali, Suryani, & Rivai. 2013. *Proses Pengembangan Teknologi Surfaktan MES dari Metil Ester Minyak Sawit untuk Aplikasi EOR/IOR: dari Skala Lab ke Skala Pilot*. Bogor: IPB
- Hasenhuettl, Gerard L. 2008. *Food Emulsifiers and Their Applications*. Springer Science Business Media.
- Himmelblau, David M. 1989. *Basic Principles and Calculations in Chemical Engineering*. Texas: Prentice-Hall International, Inc.
- Hui, Y. 1996. *Bailey's Industrial Oil and Fat Products Fifth Edition Volume 4 Edible Oil and Fat Products : Processing Technology*. United States of America: John Wiley & Sons, Inc.
- KEMENPERIN RI. 2017. *Profil Industri Oleokimia Dasar dan Biodiesel*.
- Kern, Donald Q., 1965. *Process Heat Transfer*. International Edition, McGraw-Hill Book Company, Tokyo.
- Kusnarjo. 2010. *Desain Alat Penukar Panas*. Surabaya: itspress.
- Kusnarjo. 2010. *Desain Bejana Bertekanan*. Surabaya: itspress.
- Kusnarjo. 2010. *Ekonomi Teknik*. Surabaya : itspress.
- Larsson, K., & Krog, N. 1968. *Phase Behaviour and Rheological Properties of Aqueous Systems of Industrial Distilled Monoglycerides*. *Chem. Phys. Lipids*, 129-143.
- Larsson, K., & Krog, N. 1968. *Phase Behaviour and Rheological Properties of Aqueous Systems of Industrial Distilled Monoglycerides*. *Chem. Phys. Lipids*, 129-143.
- Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Administrator. 2018. *Perkembangan Surfaktan Secara Besar-besaran*. [www.lipi.go.id/](http://www.lipi.go.id/). Diakses pada 1 Oktober 2019, pukul 11.00 WIB.
- Levenspiel, Octave. 1999. *Chemical Reaction Engineering 3<sup>rd</sup> Edition*. New York: John Wiley & Sons.
- Ludwig, E. E. (1999). *Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants Vol 1 Third Edition*. United State of America: Gulf Publishing Company.
- Matches, Administrator. 2019. *Index of Process Equipment*. <http://www.matche.com>. Diakses pada 3 Januari 2020, pukul 18.00 WIB.

- McCabe, Warren L. 1993. *Unit Operations of Chemical Engineering 5<sup>th</sup> Edition*. New York: McGraw Hill, Inc.
- McKetta, J. J. 1984. *Encyclopedia of Chemical Processing and Design*. New York: Marcel Dekker Inc.
- Mordor Intelligence, Administrator. 2017. *Asia Pacific Food Emulsifiers Market-Growth, Trends and Forecast*. <http://www.mordorintelligence.com>. Diakses pada 28 September 2019, pukul 09.00 WIB.
- Perry, Robert H. 1997. *Perry's Chemical Engineers' Handbook 7<sup>th</sup> Edition*. New York: Mc Graw Hill, Inc.
- Pfeiffer-Vacuum Pump. 2018. *Basic Calculations of Vacuum Pump*. Pfeiffer Vacuum GMBH.
- PT. Nippon Indosari Corpindo Tbk. (2017, November). *Optimisme Sari Roti Dalam Industri Roti Nasional*. <http://www.sariroti.com/post/berita-pers/optimisme-sari-roti-dalam-industri-roti-nasional>. Diakses pada 25 September 2019, pukul 13.30 WIB.
- PT. Nippon Paint Indonesia. 2017. *Produksi Cat Industri*. [www.nipponpaint-indonesia.com](http://www.nipponpaint-indonesia.com). Diakses pada hari Selasa, 25 September 2019, pukul 14.00 WIB.
- Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. 2016. *Produksi Crude Palm Oil di Indonesia*. [pusdatin-setjen.ppid.pertanian.go.id](http://pusdatin-setjen.ppid.pertanian.go.id). Diakses pada 12 September 2019, pukul 11.45 WIB.
- Smith, Robin. 2001. *Chemical Process Design and Integration*. USA: John Wiley & Sons Inc.
- Timmerhaus, Klaus D. 1981. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*. Singapore: Mc Graw Hill, Inc.
- Ulrich, Gael D. 1984. *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. USA: John Wiley & Sons Inc.
- Van Ness, Smith. 2001. *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*. Singapore: Mc Graw Hill, Inc.
- Vilbrandt, Frank C. 1942. *Chemical Engineering Plant Design*. New York: Mc Graw Hill, Inc.
- Wilmar. 2015. *Wilmar Oleochemicals Brochure*. Netherlands : Wilmar Oleo B.V.

Wuryaningsih. 2008. *Kebutuhan akan Penggunaan Surfaktan di Indonesia*. Jakarta: Puslit Kimia Lembaga Ilmu Pengetahan Indonesia.