TUGAS DESAIN PABRIK KIMIA – TK 184803

PRA-DESAIN PABRIK GLISEROL MONOOLEAT

Oleh:
Aidatu Rosyida
NRP. 02211640000054

Febrita Shela Utami
NRP. 02211640000091

Dosen Pembimbing:
Prof. Dr. Ir. Heru Setyawan, M.Eng.
NIP. 1967 02 03 1991 02 1001

Ni Made Intan Putri Suari S.T., M.T
NIP. 1989 01 06 2015 04 2002

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

PLANT DESIGN PROJECT – TK 184803

PRE-DESIGN OF GLYCEROL MONOOLEATE PLANT

Written by:
Aidatu Rosyida
NRP. 02211640000054

Febrita Shela Utami
NRP. 02211640000091

Advisors:
Prof. Dr. Ir. Heru Setyawan, M.Eng.
NIP. 1967 02 03 1991 02 1001

Ni Made Intan Putri Suari S.T., M.T
NIP. 1989 01 06 2015 04 2002

DEPARTEMENT OF CHEMICAL ENGINEERING
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY AND SYSTEMS ENGINEERING
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020

LEMBAR PENGESAHAN

Laporan Tugas Desain Pabrik Kimia dengan judul :

"GLISEROL MONOOLEAT"

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

Oleh :

Aidatu Rosyida	**02211640000054**
Febrita Shela Utami	**02211640000091**

Disetujui Oleh Penguji Tugas Akhir :

1. Prof. Dr. Ir. Heru Setyawan, M.Eng. (Pembimbing I)
2. Ni Made Intan Putri Suari, S.T., M.T. (Pembimbing II)
3. Dr. Tantular Nurtono, S.T., M. Eng. (Penguji I)
4. Dr. Lailatul Qadariyah, S.T., M. T. (Penguji II)

Mengetahui,
Kepala Departemen Teknik Kimia

Dr. Eng. Widiyastuti, ST.,MT
NIP. 197503062002122002

Surabaya, Agustus 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 sintetis). Padahal surfaktan sintetis 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 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 deterjen. 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 industri deterjen adalah PT Wings Surya yang terletak di Pasuruan, Jawa Timur, yang mana merupakan produsen deterjen terbesar di Indonesia.

Pabrik direncanakan beroperasi secara kontinu 24 jam selama 330 hari per tahun dengan kapasitas produksi 12.000 ton/tahun dengan kebutuhan bahan baku asam oleat sebanyak 10.126,12 ton/tahun dan gliserol sebanyak 3.262,14 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, gliserol dipanaskan terlebih dahulu dari 30^oC hingga 135^oC 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^oC hingga 135^oC 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^oC 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^oC dan

tekanan 0,13 bar. Untuk menjaga suhu 240^{o}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.

$C_{18}H_{34}O_2$	+	$C_3H_8O_3$	⇌	$C_{21}H_{40}O_4$	+	H_2O
Asam oleat		Gliserol		GMO		Air
$C_{18}H_{36}O_2$	+	$C_3H_8O_3$	⇌	$C_{21}H_{42}O_4$	+	H_2O
Asam stearate		Gliserol		GMS		Air
$C_{18}H_{32}O_2$	+	$C_3H_8O_3$	⇌	$C_{21}H_{38}O_4$	+	H_2O
Asam linoleat		Gliserol		GML		Air

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 reaktor 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_3PO4. Asam fosfat bereaksi dengan NaOH membentuk Na_3PO_4. Produk keluaran selanjutnya akan diumpankan ke dalam kolom distilasi untuk memisahkan antara produk gliserol monooleat dengan *impuritis* serperti asam lemak, gliserol, dan lain-lain. Produk yang telah melalui proses distilasi akan langsung dialrikna 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 8,61% per tahun. Berdasarkan perhitungan analisa ekonomi, diperoleh biaya

investasi total / *Total Cost Investment* sebesar Rp. 278.131.942.644 dan total biaya produksi (TPC) sebesar Rp. 343.207.855.788; *interest rate* sebesar 8,61%; laju pengembalian modal / *Internal Rate of Return* (IRR) sebesar 47,57%; laju inflasi sebesar 2,57% per tahun; waktu pengembalian modal / *Pay Out Time* (POT) sebesar 4,36 tahun; titik impas / *Break Even Period* (BEP) sebesar 24,79%; dan periode *construction* selama 24 bulan. Berdasarkan analisa BEP, POT, dan IRR, pabrik gliserol monooleat ini **layak untuk didirikan**.

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah, Tuhan seru sekalian alam dan tiada satupun yang menyamai-Nya. Shalawat serta salam semoga tetap terlimpahkan kepada jujungan kita Nabi Muhammad SAW beserta keluarganya.

Dengan rahmat, taufiq dan hidayah Allah dan juga dukungan yang kuat dari semua pihak, maka penulis dapat menyelesaikan Tugas Pra Desain Pabrik yang berjudul:

"GLISEROL MONOOLEAT"

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

Terselesaikannya Tugas Pra Desain Pabrik ini tidak lepas dari peran berbagai pihak yang turut memberikan arahan, bimbingan, dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas ini dengan baik dan tepat waktu. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr.Ir. Heru Setyawan, M.Eng, dan Ibu Ni Made Intan Putri Suari, 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, FT IRS-ITS.
3. Bapak Dr. Kusdianto, S.T., M.T., selaku Sekretaris Departemen Teknik Kimia, FT IRS-ITS.
4. Bapak Prof. Dr. Ir. Sugeng Winardi, M. Eng; Bapak Tantular Nurtono, S.T., M. Eng.; dan Ibu Lailatul Qadariyah, S.T., M.T. selaku penguji pada ujian Tugas Pra Desain Pabrik atas segala saran dan masukan yang telah diberikan.
5. Bapak dan Ibu Dosen pengajar serta seluruh karyawan Departemen Teknik Kimia yang telah memberi bimbingan selama masa perkuliahan.
6. Kedua orangtua, ayah-ibu dan keluarga yang telah memberi dukungan moril dan materiil serta doa untuk kesuksesan serta jasa-jasa lain yang terlalu sulit untuk diungkapkan.

7. Teman-teman seperjuangan di Laboratorium Elkimkor, baik teman-teman Strata-1 atau Strata-2 dan Strata-3 yang telah memberikan segala dukungan, bantuan dan kerjasamanya.
8. Teman-teman seperjuangan K-56 yang telah memberikan banyak *support* dan bantuan.
9. Seluruh kawan-kawan terdekat penulis, yang tidak dapat disebutkan satu persatu, atas waktu yang diluangkan dan motivasi yang diberikan.
10. 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.

Surabaya, 4 Juli 2020

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN ..... **i**
INTISARI…. ..... **ii**
KATA PENGANTAR ..... **vii**
DAFTAR ISI ..... **ix**
DAFTAR GAMBAR ..... **xii**
DAFTAR TABEL ..... **xiv**
BAB I PENDAHULUAN **1**
I.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik 1
I.2 Ketersediaan Bahan Baku 3
I.3 Kegunaan Produk dan Prospek Bisnis 7
BAB II BASIS DESAIN DATA **1**
II.1 Kapasitas Produksi 1
II.2 Lokasi Pabrik 2
II.3 Kualitas Bahan Baku dan Produk 4
II.3.1 Spesifikasi Bahan Baku Utama 4
II.3.2 Spesifikasi Bahan Baku Pendukung 5
II.3.3 Spesifikasi Produk 7
BAB III SELEKSI DAN URAIAN PROSES **1**
III.1 Macam-Macam Proses 1
III.1.1 Proses Esterifikasi Langsung Antara Gliserol Dan Asam-asam Lemak 1
III.1.2 Proses Transesterifikasi 3
III.1.3 Reaksi Dengan Halohidrin 5
III.2 Seleksi Proses 5
III.3 Uraian Proses Terpilih 6
BAB IV NERACA MASSA DAN ENERGI **1**

IV.1 Neraca Massa 1
IV.2.1 *Mixing Tank* (M-110) 2
IV.2.2 Reaktor Esterifikasi (R-210) 3
IV.2.3 Kolom Distilasi (D-213) 5
IV.2.4 *Condenser* (E-214) 6
IV.2.5 *Reboiler* (E-215) 8
IV.2.6 Reaktor Netralisasi (R-310) 9
IV.2.7 Kolom Distilasi (D-320) 11
IV.2.8 *Condenser* (E-321) 13
IV.2.9 *Reboiler* (E-322) 15
IV.2 Neraca Energi 17
IV.2.1 Tangki Asam Oleat (F-111) 19
IV.2.2 Tangki Gliserol (F-112) 20
IV.2.3 *Mixing Tank* (M-110) 22
IV.2.4 *Preheater* (E-118) 23
IV.2.5 Reaktor Esterifikasi (R-210) 24
IV.2.6 *Cooler* (E-212) 25
IV.2.7 Kolom Distilasi (D-213) 27
IV.2.8 *Cooler* (E-219) 28
IV.2.9 Reaktor Netralisasi (R-310) 29
IV.2.10 Kolom Distilasi (D-320) 31
BAB V DAFTAR DAN HARGA PERALATAN 1
BAB VI ANALISA EKONOMI 1
VI.1 PENGELOLAAN SUMBER DAYA MANUSIA 1
VI.1.1 Bentuk Badan Perusahaan 1

VI.1.2 Sistem Organisasi Perusahaan 1
VI.1.3 Perincian Jumlah Tenaga Kerja 8
VI.1.4 Status Karyawan dan Pengupahan 10
VI.2 UTILITAS 10
VI.2.1 *Water Treatment System* 11
VI.2.2 *Demineralized Water Plant* 12
VI.2.3 *Cooling Water System* 12
VI.2.4 Electrical Power Generation System 12
VI.2.5 Steam Generation System 13
VI.2.6 Pengolahan Limbah 14
VI.3 ANALISA EKONOMI 15
VI.3.1 Laju Pengembalian Modal (*Internal Rate of Return* / IRR) 16
VI.3.2 Waktu Pengembalian Modal (*Pay Out Time* / POT) 16
VI.3.3 Titik Impas (*Break Event Point* / BEP). 16
BAB VII KESIMPULAN 1
DAFTAR PUSTAKA 1

DAFTAR GAMBAR

Gambar I. 1	Peta Persebaran Industri Biodiesel Indonesia	6
Gambar I. 2	Produksi Biodiesel di Indonesia	7
Gambar I. 3	Pendapatan Pasar Biosurfaktan Berdasarkan Aplikasinya	9
Gambar I. 4	Pasar Sabun dan Deterjen Berdasarkan Produk	9
Gambar I. 5	Jumlah Pasar Pengemulsi Cat (Paint Emulsifier) Berdasarkan Produk	10
Gambar III. 1	Reaksi Esterifikasi Pembentukan Gliserol Monooleat	1
Gambar III. 2	Blok Diagram Produksi Gliserol Monooleat dengan Proses Esterifikasi	2
Gambar III. 3	Reaksi Transesterifikasi Pembentukan Gliserol Monooleat	3
Gambar III. 4	Blok Diagram Produksi Gliserol Monooleat dengan Proses Transesterifikasi	4
Gambar III. 5	Process Flow Diagram Produksi Gliserol Monooleat (GMO)	8
Gambar IV. 1	*Mixing Tank* (M-110)	2
Gambar IV. 2	Reaktor Esterifikasi (R-210)	3
Gambar IV. 3	Kolom Distilasi (D-213)	5
Gambar IV. 4	*Condenser* (E-214)	6
Gambar IV. 5	*Reboiler* (E-215)	8
Gambar IV. 6	Reaktor Netralisasi (R-310)	9
Gambar IV. 7	Kolom Distilasi (D-320)	11
Gambar IV. 8	*Condenser (E-321)*	13
Gambar IV. 9	*Reboiler* (E-322)	15
Gambar IV. 10	Penggambaran Sistem Peninjauan Neraca Energi	17
Gambar IV. 11	Tangki Asam Oleat (F-111)	19
Gambar IV. 12	Tangki Gliserol (F-112)	20
Gambar IV. 13	*Mixing Tank* (M-110)	22
Gambar IV. 14	*Preheater* (E-118)	23

Gambar IV. 15 Reaktor Esterifikasi (R-210).....24
Gambar IV. 16 *Cooler* (E-212).....25
Gambar IV. 17 Kolom Distilasi (D-213).....27
Gambar IV. 18 *Cooler* (E-219).....28
Gambar IV. 19 Reaktor Netralisasi (R-310).....29
Gambar IV. 20 Kolom Distilasi (D-320).....31
Gambar VI. 1 Struktur Organisasi Perusahaan.....2
Gambar VI. 2 *Break Event Point (BEP)*.....17

DAFTAR TABEL

Tabel I. 1 Pemanfaatan Kelapa Sawit di Indonesia.....4
Tabel I. 2 Aplikasi Penggunaan Gliserol Monooleat Dalam Dunia Industri.....7
Tabel II. 1 Data Import Gliserol Monooleat (Oleat, Ester, Garam, dan Turunannya) di Indonesia Tahun 2014-2018.....1
Tabel III. 1 Perbandingan Macam-Macam Proses Produksi Gliserol Monooleat.....5
Tabel IV. 1 Neraca Massa *Mixing* (R-210).....2
Tabel IV. 2 Neraca Massa Reaktor Esterifikasi (R-210).....4
Tabel IV. 3 Neraca Massa Kolom Distilasi (D-213).....5
Tabel IV. 4 Neraca Massa *Condenser* (E-214).....7
Tabel IV. 5 Neraca Massa *Reboiler* (E-215).....8
Tabel IV. 6 Neraca massa Reaktor Netralisasi (R-310).....10
Tabel IV. 7 Neraca Massa Kolom Distilasi (D-320).....12
Tabel IV. 8 Neraca Massa *Condenser (E-321)*.....14
Tabel IV. 9 Neraca Massa *Reboiler* (E-322).....16
Tabel IV. 10 Kondisi Operasi Asam Oleat (F-111).....19
Tabel IV. 11 Spesifikasi Steam pada Tangki Asam Oleat (F-111)…….....19
Tabel IV. 12 Neraca Energi Asam Oleat (F-111).....20
Tabel IV. 13 Kondisi Operasi Tangki Gliserol (F-112).....21
Tabel IV. 14 Spesifikasi Steam pada Tangki Gliserol (F-112)…….....21
Tabel IV. 15 Neraca Energi Tangki Gliserol (F-112).....21
Tabel IV. 16 Kondisi Operasi *Mixing Tank* (M-110).....22
Tabel IV. 17 Neraca Energi *Mixing Tank* (M-110).....22
Tabel IV. 18 Kondisi Operasi *Preheater* (E-118).....23
Tabel IV. 19 Spesifikasi Steam pada Tangki Gliserol (F-112)…….....23
Tabel IV. 20 Neraca Energi *Preheater* (E-118).....24
Tabel IV. 21 Kondisi Operasi Reaktor Esterifikasi (R-210)...24

Tabel IV. 22 Spesifikasi Steam pada Tangki Gliserol (F-112)…….....25
Tabel IV. 23 Neraca Energi Reaktor Esterifikasi (R-210).....25
Tabel IV. 24 Kondisi Operasi *Cooler* (E-213).....26
Tabel IV. 25 Spesifikasi *Cooling Water* pada *Cooler* (E-212)26
Tabel IV. 26 Neraca Energi *Cooler* (E-213).....26
Tabel IV. 27 Kondisi Operasi Kolom Distilasi (D-213).....27
Tabel IV. 28 Neraca Energi Kolom Distilasi (D-213).....28
Tabel IV. 29 Kondisi Operasi *Cooler* (E-219).....28
Tabel IV. 30 Spesifikasi *Cooling Water* pada *Cooler* (E-219)29
Tabel IV. 31 Neraca Energi *Cooler* (E-219).....29
Tabel IV. 32 Kondisi Operasi Reaktor Netralisasi (R-310)....30
Tabel IV. 33 Spesifikasi *Cooling Water*.....30
Tabel IV. 34 Neraca Energi Reaktor Netralisasi (R-310).....30
Tabel IV. 35 Kondisi Operasi Kolom Distilasi (D-320).....31
Tabel IV. 36 Neraca Energi Kolom Distilasi (D-320).....32
Tabel V. 1 *Mixing Tank* (M-110) 1
Tabel V. 2 Tangki Asam Oleat (F-111).....2
Tabel V. 3 Tangki Gliserol (F-112).....3
Tabel V. 4 Tangki Asam Fosfat (F-113) 4
Tabel V. 5 Pompa *Feed* Asam Oleat (L-114).....5
Tabel V. 6 Pompa *Feed* Gliserol (L-115).....6
Tabel V. 7 Pompa *Feed* Asam Fosfat (L-116) 6
Tabel V. 8 Pompa *Feed* Reaktor (L-117).....7
Tabel V. 9 *Pre-heater* (E-118) 7
Tabel V. 10 Reaktor Esterifikasi (R-210).....8
Tabel V. 11 PompaVakum (G-211) 10
Tabel V. 12 *Cooler* (E-212).....10
Tabel V. 13 Kolom Distilasi (D-213).....11
Tabel V. 14 *Condenser* (E-214) 12
Tabel V. 15 *Reboiler* (E-215).....13
Tabel V. 16 Pompa *Recycle* Gliserol (L-216) 14
Tabel V. 17 Pompa Produk Reaktor Esterifikasi (L-218) 14
Tabel V. 18 *Cooler* (E-219).....15
Tabel V. 19 Reaktor Netralisasi (R-310).....16

Tabel V. 20 Tangki NaOH (F-311) 17
Tabel V. 21 Pompa *Feed* NaOH (L-312) 18
Tabel V. 22 Pompa *Feed* Kolom Distilasi (L-313) 19
Tabel V. 23 Kolom Distilasi (D-320) 19
Tabel V. 24 *Condenser* (E-321) 20
Tabel V. 25 *Reboiler* (E-322) 21
Tabel V. 26 Pompa *Storage Tank* (L-323) 22
Tabel V. 27 Tangki Gliserol Monooleat (F-324) 22
Tabel V. 28 Daftar Harga Peralatan Proses 23
Tabel VI. 1 Daftar Kebutuhan Karyawan Pabrik GMO 8
Tabel VI. 2 Jadwal *Shift* Dengan Sistem 2-2-2 10

BAB I
PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik

Surfaktan atau zat aktif permukaan merupakan material amfifilik, yaitu suatu zat kimia yang mempunyai gugus *lyophobic* dan gugus *lyophilic*. Gugus *lyophobic* adalah komponen yang sedikit tertarik dengan sekelilingnya, sedangkan gugus *lyophilic* memiliki ketertarikan kuat dengan fase sekelilingnya. Secara terminologi, komponen dapat larut *lyophilic* disebut sebagai 'kepala' dan gugus *lyophobic* sebagai 'ekor'. Karena struktur inilah surfaktan mampu menurunkan tegangan permukaan dua bahan sehingga memungkinkan dua atau lebih material yang dalam kondisi normal tidak saling bercampur menjadi bertendensi untuk bercampur menjadi homogen. Berdasarkan gugus *lyophobic*-nya, surfaktan dibagi menjadi beberapa tipe, yaitu anionik, kationik, amfoterik, dan nonionik, tergantung pada jenis muatan yang dibawanya, jika ada.

Gliserol monooleat (GMO) merupakan salah satu surfaktan nonionik, yaitu bagian hidrofilnya tidak bermuatan namun larut dalam air karena adanya gugus yang sangat polar. Karena sifat inilah dalam industri, GMO banyak diaplikasikan, misalnya pada industri makanan, kosmetik, cat, oli, plastik, dan pengeboran minyak sebagai *Enhanced Oil* Recovery (EOR).

Pada industri kosmetik dan *personal care product* yang terus mengalami peningkatan produksi seiring dengan meningkatnya gaya hidup masyarakat akan produk kecantikan, GMO sering digunakan pada formula *lipstick*, *eye shadow*, *make-up base*, dan produk *skin care* lainnya. GMO membantu membentuk emulsi dengan mengurangi tegangan permukaan zat yang akan diemulsi. Selain itu juga, pada kosmetik GMO berfungsi sebagai agen pengondisi kulit. Sama halnya dengan industri kosmetik, pada industri cat dan oli, GMO dapat berfungsi sebagai zat pengemulsi untuk menjaga kestabilan suatu emulsi.

Pada industri pengeboran minyak, suatu penelitian telah mencoba memformulasikan GMO sebagai *emulsifier* utama yang dicampurkan pada lumpur pengeboran (*drilling fluid*), didapatkan bahwa formulasi ini memberikan stabilitas emulsi yang lebih tinggi karena sifat aktivitas permukaan GMO, terkait dengan keseimbangan hidrofilik-lipofilik (HLB) yang memadai.

Sayang sekali, kebutuhan akan GMO di Indonesia yang besar ini tidak diimbangi dengan kemampuan produksinya, sehingga impor dalam jumlah cukup besar masih perlu dilakukan untuk dapat memenuhi kebutuhan GMO nasional tiap tahunnya. GMO (surfaktan) umumnya disintesis dari produk oleokimia yang berasal dari tumbuhan atau hewan yang merupakan sumber yang dapat diperbaharui. Hal ini jelas menguntungkan dibandingkan dengan jenis surfaktan lain yang biasanya dibuat dari turunan minyak bumi dan gas alam yang tidak ramah lingkungan dan tidak dapat diperbaharui.

GMO dapat disintesis dari reaksi esterifikasi antara gliserol dan asam oleat dengan dibantu katalis asam atau melalui reaksi transesterifikasi antara gliserol dan triolein. Selain bersumber dari petrokimia, gliserol dapat ditemukan pada lemak dan minyak yang berasal dari tumbuhan, begitu pula asam oleat. Salah satunya dari hasil samping pengolahan *Crude Palm Oil (CPO)* menjadi biodiesel. Hidrolisis trigliserida penyusun CPO akan menghasilkan gliserol dan asam lemak dengan jumlah karbon yang bermacam-macam. Salah satu dari asam lemak yang menyusun CPO adalah asam oleat yang mempunyai 18 rantai karbon, yaitu sekitar 40% dari total komposisi CPO. Gliserol dan asam oleat pada CPO inilah yang dapat disintesis lebih lanjut menjadi GMO.

Hingga saat ini, di Indonesia tidak banyak industri yang mengolah turunan dari CPO. Terhitung hanya lima industri besar yang telah memproses turunan CPO di area produk antara yang berupa oleokimia dasar, bukan di bagian hilir seperti produksi berbagai jenis surfaktan. Alasan rendahnya investasi di industri ini adalah 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 industri.

Karena luasnya aplikasi GMO diberbagai industri, akan menguntungkan apabila produksi GMO dapat dilakukan. Di sisi lain, Indonesia merupakan produsen CPO terbesar di dunia. Secara tidak langsung dapat dipastikan bahwa ketersediaan gliserol dan asam oleat di Indonesia memiliki jumlah yang besar namun bernilai 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.

I.2 Ketersediaan Bahan Baku

Indonesia merupakan negara penghasil *Crude Palm Oil (CPO)* terbesar di dunia. Dalam lima tahun terakhir, produksi CPO di Indonesia terus mengalami peningkatan dengan rata-rata pertumbuhan 19,65% tiap tahun. Produksi minyak kelapa sawit Indonesia pada tahun 2015 sebesar 31,1 juta ton meningkat menjadi 51,8 juta ton pada tahun 2019. Angka ini merupakan produksi gabungan dari Perusahaan Perkebunan Negara (PBN) sebesar 5,4%, Perkebunan Rakyat (PR) sebesar 36,90%, dan produksi terbesar oleh Perusahaan Perkebunan Swasta (PBS) dengan angka 57,70%.

Industri oleokimia menggunakan bahan baku *Crude Palm Oil (CPO)*. 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)

Dari data statistik yang dikeluarkan oleh BPS, diketahui bahwa Riau merupakan provinsi dengan produksi minyak kelapa sawit terbanyak di Indonesia, yaitu memenuhi sekitar 22,40%

produksi minyak kelapa sawit nasional per 2017 lalu. Produksi minyak kelapa sawit Indonesia diproyeksikan akan terus mengalami kenaikan di tahun 2020.

Pada 2011, permintaan global produk oleokimia 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, ekspor oleokimia terus mengalami peningkatan yang signifikan dari tahun 2015 hingga 2018, yaitu dari angka total 1,44 juta ton per tahun menjadi 2,75 juta ton per tahun. Hingga April 2019, tercatat 473,2 ton produk oleokimia telah di ekspor oleh Indonesia. (BPS, 2019)

Data yang diperoleh dari Gabungan Industri Minyak Nabati Indonesia (GIMNI) menunjukkan bahwa pemanfaatan kelapa sawit menjadi produk hilir, khususnya oleokimia naik dari tahun ke tahun, puncaknya pada tahun 2018 dengan konversi menjadi oleokimia mencapai 4,4 juta ton. Namun sayangnya, angka ini juga diikuti dengan angka impor produk oleokimia yang tinggi. Di tahun 2018 Indonesia mengimpor oleokimia senilai 1,74 milyar USD. Hal ini menunjukkan bahwa kebutuhan oleokimia dalam negeri semakin bertambah, namun pertumbuhan produksi belum cukup memadai. Berikut merupakan tabel data yang menunjukkan pemanfaatan kelapa sawit menjadi oleokimia di Indonesia.

Tabel I. 1 Pemanfaatan Kelapa Sawit di Indonesia
(Sumber: GIMNI, 2019)

Tahun	Produk Hulu (ribu ton)	Oleokimia (ribu ton)
2011	12.300	1.396
2012	8.495	1.922
2013	7.210	2.180
2014	7.056	2.110
2015	7.232	2.325

Tahun	Produk Hulu (ribu ton)	Oleokimia (ribu ton)
2016	5.315	2.339
2017	7.158	2.842
2018	6.561	4.445
2019	8.977	4.316

Komoditas oleokimia dari CPO berupa produk menengah, diantaranya *fatty acid*, gliserol, dan *fatty alcohol*. Secara ekonomi, komoditas ini bernilai ekonomi 2 hingga 3,5 kali lebih tinggi dibandingkan dengan CPO tanpa pengolahan apapun. Disamping itu, surfaktan memiliki nilai tambah 4,67 kali lebih besar dari CPO. Namun sayangnya, belum ada industri di Indonesia yang mengolah CPO maupun turunannya menjadi produk hilir seperti surfaktan. Selain bernilai tinggi, surfaktan juga butuhkan di berbagai industri. (Kemenperin, 2019)

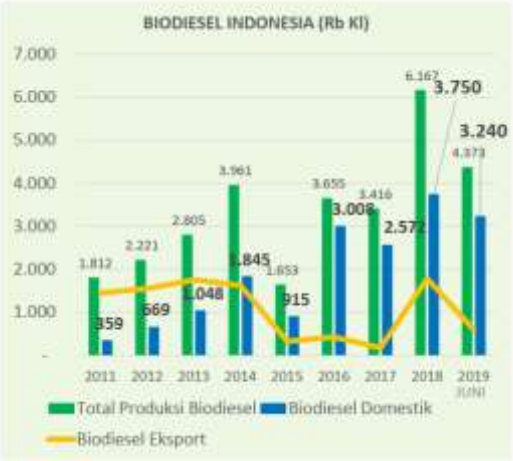
Komoditas oleokimia yang dapat diolah lebih lanjut menjadi surfaktan adalah gliserol. Gliserol tidak hanya dapat diperoleh dari hasil olahan CPO menjadi oleokimia, tetapi juga dapat diperoleh dari hasil produk samping CPO menjadi biodiesel. Pada pembuatan biodiesel, rata-rata menghasilkan produk samping gliserol sebesar 10%.

Berdasarkan data Kemenperin tahun 2019, terdapat 26 perusahaan penghasil biodiesel yang terdaftar di Indonesia dengan total produksi per tahun mencapai 12,06 juta kiloliter atau sekitar 10,6285 juta ton per tahun. Sehingga dapat dihitung produk samping gliserol pada produksi biodiesel sekitar 1,06 juta ton per

tahun (Kemenperin 2019). Berikut merupakan peta persebaran perusahaan produsen biodiesel di Indonesia beserta kapasitasnya.

Gambar I. 1 Peta Persebaran Industri Biodiesel Indonesia

Berikut ini merupakan grafik yang menunjukkan produksi biodiesel di Indonesia dari waktu ke waktu.



Gambar I. 2 Produksi Biodiesel di Indonesia

Dengan besarnya potensi CPO yang dimiliki Indonesia, serta masih minimnya yang diolah lebih lanjut di dalam negeri, maka bahan baku pembuatan *Glyserol Monooleat (GMO)* bisa didapat dari hasil pengolahan CPO. Selain itu, dengan terus meningkatnya produksi CPO menjadi biodiesel di Indonesia, dapat dipastikan kebutuhan bahan baku gliserol akan dapat terpenuhi dari dalam negeri.

I.3 Kegunaan Produk dan Prospek Bisnis

Gliserol monooleat dalam dunia industri di Indonesia digunakan pada berbagai bidang, seperti pada tabel II.2 di bawah ini:

Tabel I. 2 Aplikasi Penggunaan Gliserol Monooleat Dalam Dunia Industri

Bidang	Aplikasi
Makanan	Sebagai *emulsifier* (pelembut pada makanan)
Produk Kecantikan	Sebagai dispersan pigmen

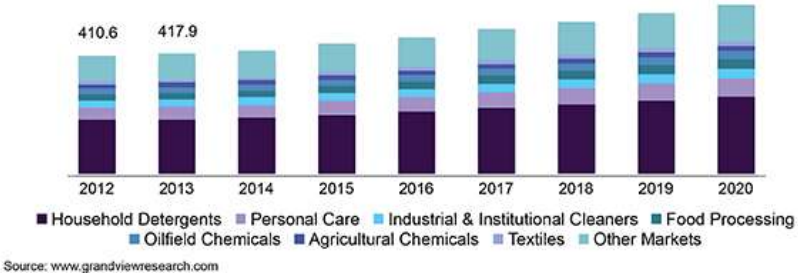
Bidang	Aplikasi
Polimer	Sebagai pelumas dan *antistatic aid*
Tekstil	Sebagai dispersan pigmen dan *delustering agent*
Cat	Sebagai dispersan pigmen
Pengeboran Minyak Bumi	Sebagai zat anti beku dan *drilling fluid*

Pabrik ini didirikan untuk memenuhi kebutuhan GMO dalam negeri, khususnya pada bidang industri cat dan deterjen. Hal ini dikarenakan GMO merupakan surfaktan anionik yang dinilai cocok digunakan sebagai agen pengaktivasi permukaan pada industri cat, *coating*, dan detergen sehubungan dengan mekanismenya yang lebih cepat dibandingkan dengan surfaktan jenis lainnya. Oleh karena itu, produk GMO akan disesuaikan dengan spesifikasi bahan baku yang dibutuhkan oleh kedua industri tersebut.

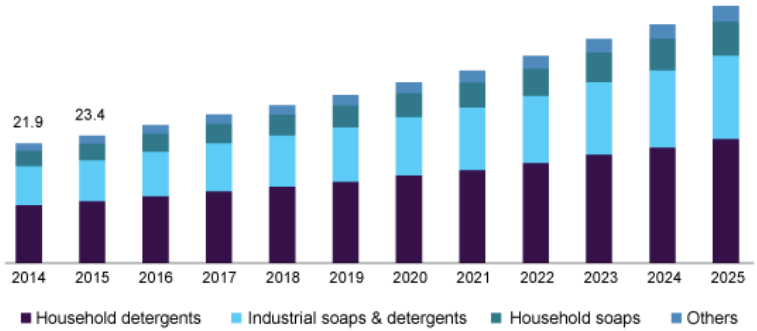
Konsumen yang dituju untuk industri cat adalah PT. Nippon Paint Indonesia yang terletak di Purwakarta, Jawa Tengah. Sedangkan konsumen industri deterjen yang dituju adalah PT Wings Surya yang terletak di Pasuruan, Jawa Timur, yang mana merupakan produsen deterjen terbesar di Indonesia.

Gambar II.3 menjelaskan analisa pasar yang dilakukan oleh *grand View Research* mengenai permintaan pasar terhadap biosurfaktan. Biosurfaktan merupakan surfaktan berbasis tumbuhan sehingga lebih ramah lingkungan karena sifatnya yang *high biodegradability* dan *low toxicity*. Dapat dilihat bahwa dalam beberapa tahun terakhir, permintaan biosurfaktan terbesar berasal dari industri deterjen rumah tangga. Penggunaan biosurfaktan di industri deterjen akan terus mengalami peningkatan, seiring dengan isu lingkungan. Gambar II.4 menunjukkan analisa yang dilakukan oleh *grand View Research* tentang pasar sabun dan deterjen hingga tahun 2025. Dapat dilihat bahwa permintaan akan

berbagai jenis sabun dan deterjen terus mengalami peningkatan dengan porsi terbesar ditempati oleh deterjen rumah tangga.



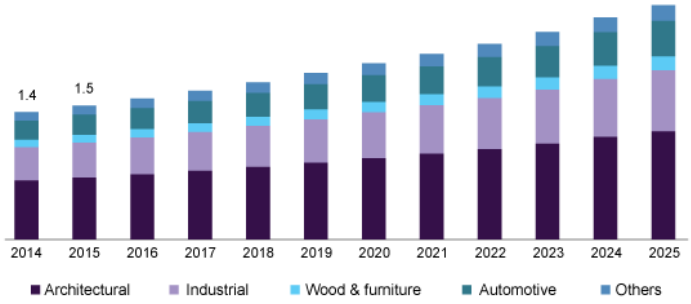
Gambar I. 3 Pendapatan Pasar Biosurfaktan Berdasarkan Aplikasinya
(*Grand View Research*, 2015)



Gambar I. 4 Pasar Sabun dan Deterjen Berdasarkan Produk
(*Grand Review Research*, 2018)

Sedangkan pada gambar II.5 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 I. 5 Jumlah Pasar Pengemulsi Cat (Paint Emulsifier) Berdasarkan Produk
(Grand View Research, 2017)

Produk hilir turunan minyak kelapa sawit berupa surfaktan perlu dikembangkan secara besar-besaran, karena akan memberi nilai tambah 4,67 kali lipat daripada harga CPO yang di pasaran dunia. Harga CPO hanya sekitar 570 USD/ton, dibandingkan dengan harga surfaktan yang mencapai 2660 USD/ton. Selama ini surfaktan masih diimpor karena tidak ada industri dalam negeri yang berusaha investasi di bidang ini. 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 industri (www.Iipi.go.id, 2017).

BAB II
BASIS DESAIN DATA

II.1 Kapasitas Produksi

Kapasitas produksi Pabrik Gliserol Monooleat (GMO) yang akan dibangun didasarkan pada kebutuhan domestik tahun 2024. Kebutuhan ini diperkirakan dari data konsumsi, ekspor, dan impor GMO yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS), Kementerian Perindustrian (Kemenperin), dan sumber lain.

Berdasarkan Kementerian Perindustrian, kebutuhan domestik GMO hingga saat ini belum dapat terpenuhi secara mandiri. Hal ini dikarenakan belum adanya pabrik yang memproduksi GMO di Indonesia. Sehingga, semua kebutuhan GMO khususnya dalam industri makanan, cat, tinta serta oli pelumas dalam negeri dipenuhi dengan cara impor. Berikut ini merupakan data impor GMO (Oleat, Ester, Garam, dan Turunannya) di Indonesia dari tahun 2014 hingga tahun 2018 yang didapat dari BPS

Tabel II. 1 Data Import Gliserol Monooleat (Oleat, Ester, Garam, dan Turunannya) di Indonesia Tahun 2014-2018

Tahun	Berat bersih (kg)
2014	9.522.566
2015	9.802.171
2016	18.700.556
2017	10.556.423
2018	10.435.879

(Sumber: BPS diolah Kemenperin)

Hingga saat ini, tidak ada pabrik GMO di Indonesia dan semua kebutuhan dipenuhi dari impor. Pabrik ini didirikan untuk memenuhi 90% dari kebutuhan impor, sehingga untuk memperkirakan peluang kapasitas produksi pabrik baru yang akan berproduksi pada tahun 2024 (5 tahun ke depan), dapat dihitung

dengan mengalikan rata-rata kebutuhan impor, yaitu 13.230.952,67 kg dengan 90%. Dari data pada Tabel II.3, maka dapat diperoleh 90% dari rata-rata impor adalah sebesar 11.907.857,4 kg atau 11.907,86 ton.

Berdasarkan perhitungan di atas, ditentukan kapasitas Pabrik GMO sebesar 12.000 ton/tahun, sehingga kapasitas per hari Pabrik GMO sebesar 36,37 ton/hari dengan 330 hari operasi pabrik dalam setahun dan basis 24 jam perhari.

II.2 Lokasi Pabrik

Pabrik Gliserol Monooleat (GMO) dirancang akan didirikan di wilayah Dumai, Riau. Adapun alasan memilih lokasi tersebut, yaitu:

1. Ketersediaan bahan baku

   Bahan baku merupakan faktor utama dalam kelangsungan oeprasi suatu pabrik. Bahan baku utama dalam pembuatan Gliserol Monooleat (GMO) adalah asam oleat dan gliserol. Keduanya diproduksi oelah PT. Wilmar yang terletak di Riau. PT Wilmar dipilih sebagai penyedia bahan baku utama karena PT. Wilmar merupakan salah satu industri oleokimia terbesar di Indonesia dengan kapasitas produksi biodiesel sebanyak 1.603.448 kiloliter/tahun dari total keseluruhan 12.059.369 KL/tahun produksi biodiesel Indonesia. Selain itu, bahan baku lainnya adalah NaOH yang diproduksi oleh PT. Asahimas Chemical, Banten dan H_3PO_4 yang diproduksi oleh PT. Brataco Chemical, Pekanbaru. Berdasarkan pertimbangan ketersediaan dan lokasi bahan baku tersebut, maka Kota Dumai, Provinsi Riau dipilih sebagai lokasi pembangunan pabrik, karena lokasi ini dekat dengan bahan baku utama, sehingga dapat mengurangi biaya transportasi.

2. Utilitas

   Utilitas suatu pabrik meliputi energi (listrik) dan air. Daerah Dumai yang terletak di Provinsi Riau memiliki kawasan industri yang berlokasi dekat dengan laut serta terdapat PDAM, sehingga utilitas untuk kebutuhan air tidak sulit didapatkan. Untuk

keperluan energi, Dumai merupakan kawasan industri yang cukup besar sehingga energi yang dibutuhkan dapat dipenuhi oleh PLN.

3. Akses transportasi

Transportasi diperlukan untuk menunjang pengiriman bahan baku maupun pemasaran produk. Fasilitas transportasi berupa akses darat, laut, dan udara di Kota Dumai sudah cukup memadai. Kota ini memiliki bandar udara Pinang Kampai dan pelabuhan Dumai dimana keduanya berperan penting dalam kegiatan operasional pabrik.

4. Tenaga kerja

Kawasan Industri Dumai yang tidak terlalu jauh dari pusat kota yang memiliki banyak lembaga pendidikan formal dan nonformal, sehingga berpotensi terpenuhinya tenaga ahli baik dari segi kualitas maupun kuantitas. Dengan didirikannya pabrik ini tingkat pengangguran baik dari penduduk sekitar maupun penduduk urban akan semakin berkurang. Selain itu, tenaga ahli juga dapat diambil dari luar daerah mengingat akses menuju lokasi pabrik yang cukup mudah karena terdapatnya bandar udara and juga dekat dengan pusat kota. Dilain sisi, UMR di Provinsi Riau terbilang tidak terlalu tinggi.

5. Lingkungan sekitar

Rencana pembangunan pabrik yaitu di daerah khusus kawasan industri, sehingga perizinan kepada masyarakat sekitar tidak terlalu rumit. Selain itu, iklim dan cuaca di daerah ini cukup stabil, serta diperkirakan tidak ada potensi bencana alam yang serius.

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

- Temperatur ambien : 30°C
- Kelembapan : 85 – 95%

- Kecepatan angin : 4 Km/jam
  (*www.bmkg.go.id*)

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 dan 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 $C_{18}H_{34}O_2$. Asam oleat merupakan zat yang stabil, kecuali dalam kondisi panas berlebih dan juga bersifat reaktif terhadap zat pengoksidasi. Asam oleat dapat terbakar pada suhu tinggi, dengan *auto-ignition temperature* 363°C dan suhu nyala pada kondisi *close cup* 188,89°C dan kondisi *open cup* 198,89 – 218,33°C. Produk pembakaran dari asam oleat adalah oksida karbon (CO, CO_2). Asam oleat bersifat iritan terhadap kulit dan mata.

Berikut sifat fisika dan kimia asam oleat:

- Sifat fisik = *liquid*, tak berwarna hingga kuning pudar
- Berat molekul = 282,467 gram/mol
- Titik lebur (^oC) = 13,5
- Titik didih (^oC) = 358,85
- Viskositas (mPa·s) = 16,81 (pada 20^oC)
- *Spesific heat* (J/g) = 2,038 (pada 50^oC)
- *Mass density* = 0,8934 gram/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 $C_3H_8O_3$. Gliserol biasa disebut sebagai 1,2,3-trihidroksipropana atau gliserin. Gliserol merupakan zat yang stabil, kecuali pada kondisi panas berlebih dan lembab karena sifatnya yang higroskopis. Gliserol juga sangat reaktif terhadap agen pengoksidasi kuat. Gliserol dapat terbakar pada suhu tinggi, adanya api terbuka dan percikan api, dengan *auto-ignition temperature* 370°C dan titik nyala pada kondisi *close cup* 160°C dan *open cup* 199°C. Produk pembakaran dari gliserol adalah oksida karbon (CO, CO_2) serta asap yang bersifat iritan dan racun.

Berikut sifat fisika dan kimia gliserol:

- Sifat fisik = cairan tidak berwarna
- Berat molekul = 92,09 gram/mol
- Titik lebur (^oC) = 19
- Titik didih (^oC) = 290
- Viskositas (cp) = 55,1 (pada 20^oC)
- *Mass density* = 1,2636 gram/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_3PO_4

Asam fosfat (H_3PO_4) atau yang memiliki nama lain *orthophosphoric acid* digunakan sebagai katalis dalam produksi Gliserol Monooleat (GMO). H_3PO_4 merupakan zat yang stabil dan bersifat *non-flamable*, namun dapat bereaksi dengan logam

membebaskan gas hidrogen yang mudah terbakar. Zat ini juga sangat korosif dengan keberadaan tembaga, *stainless steel (304)*, *stainless steel (316)*, dan aluminum.

Berikut sifat fisika dan kimia asam fosfat:

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

Pada produksi Gliserol Monooleat (GMO) digunakan H_3PO_4 dari PT. Brataco Chemical dengan kadar 85%.

II.3.2.2 NaOH

Natrium Hidroksida (NaOH) biasa disebut sebagai *caustic* soda atau sodium hidrat. NaOH merupakan zat yang stabil namun sangat reaktif dengan logam, reaktif dengan agen pengoksidasi, agen pereduksi, asam, basa, dan kelembapan. NaOH bersifat higroskopis dan dapat terbentuk banyak panas ketika zat padatnya dilarutkan ke dalam air. NaOH sangat kaustik pada aluminum dan logam lainnya dengan adanya lembap. NaOH bersidat *non-flamable*.

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 (^oC) = 323
- Titik didih (^oC) = 388,3
- Viskositas (mPa·s) = 4,521 (pada 350^oC)

- *Spesific heat* (J/g) = 8,993 (pada 50^{o}C)
- *Mass density* = 1,782 gram/cm^{3}
- 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 $C_{21}H_{40}O_4$ memiliki sifat fisik dan kimia sebagai berikut:

- Sifat fisik = *liquid*
- Berat molekul = 356,5 gram/mol
- Titik beku = 13 – 14 ^{o}C
- Titik didih = 476 ^{o}C
- Viskositas = 66,40 cp pada 40^{o}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%

Halaman ini Sengaja dikosongkan

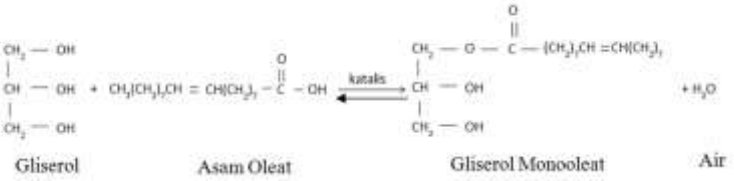
BAB III
SELEKSI DAN URAIAN PROSES

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

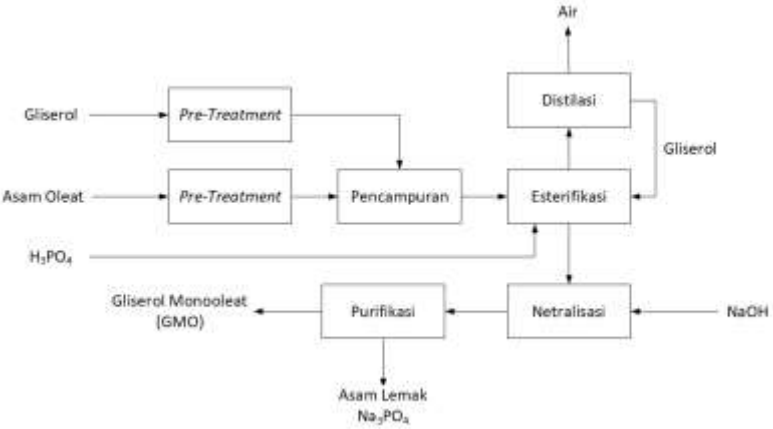
Pada proses esterifikasi, digunakan bahan baku berupa gliserol dan asam oleat dengan menggunakan katalis asam atau basa. Umumnya digunakan katalis asam seperti asam fosfat (H_3PO_4). Asam oleat akan teresterifikasi dengan gliserol ketika campuran dipanaskan pada temperatur 250^{o}C selama 3 jam. Pada 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.

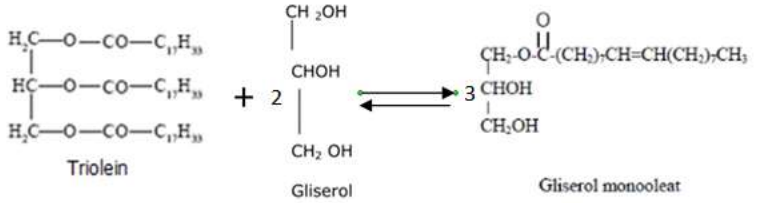


Gambar III. 2 Blok Diagram Produksi Gliserol Monooleat dengan Proses Esterifikasi

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 240^{o}C dan tekanan *vacuum* 0,136 bar. Konversi yang dapat dicapai dalam reaksi pembentukan gliserol monooleat sebesar 85-88%. Produk yang keluar dari tahapan proses esterifikasi diumpankan ke proses fraksinasi untuk menguapkan gliserol dan air yang nantinya akan diumpankan kembali ke reaktor esterifikasi sebagai *recycle* gliserol. Produk bawah dari tahapan esterifikasi berupa campuran produk dan katalis H_3PO_4. Kemudian fluida dialirkan ke proses netralisasi guna menghilangkan katalis H_3PO_4 dengan penambahan NaOH. Selanjutnya, menuju ke kolom distilasi untuk proses pemurnian. Proses ini menghasilkan endapan Na_3PO_4. Produk bawah dari proses pemurnian ini berupa produk liquid GMO yang bebas dari katalis untuk selanjutnya ditampung dalam tangki GMO.

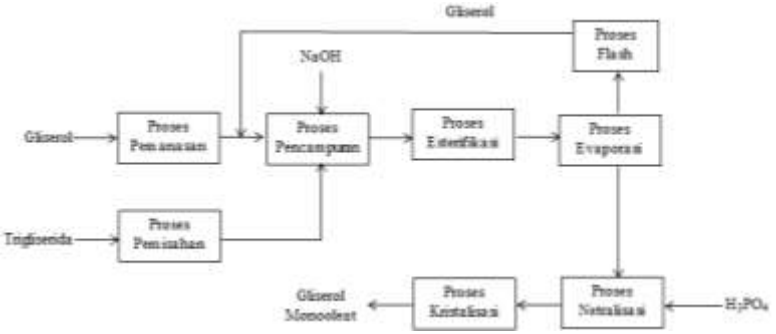
III.1.2 Proses Transesterifikasi

Pada proses transesterifikasi (gliserolisis), bahan baku yang digunakan berupa trigliserida dan gliserol. Sebelum diumpankan 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 membetuk 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 trigliserida 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 penyimpan. Reaktor pada proses ini dioperasikan pada suhu 250°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 trigliserida 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**
Aspek Teknis			
1.	Bahan baku	- Gliserol - Asam oleat - H_3PO_4 - NaOH	- Gliserol - Trigliserida - NaOH - H_3PO_4
2.	Konversi	85 – 88%	70%
3.	Kemurnian	>70%	<70%
Aspek Operasi			

4.	Temperatur (°C)	240	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°C hingga 135°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°C hingga 135°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°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^oC dan tekanan 0,136 bar. Untuk menjaga suhu 240^oC, 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.

$C_{18}H_{34}O_2$	+	$C_3H_8O_3$	⇌	$C_{21}H_{40}O_4$	+	H_2O
Asam oleat		*Gliserol*		*GMO*		*Air*
$C_{18}H_{36}O_2$	+	$C_3H_8O_3$	⇌	$C_{21}H_{42}O_4$	+	H_2O
Asam stearat		*Gliserol*		*GMS*		*Air*
$C_{18}H_{32}O_2$	+	$C_3H_8O_3$	⇌	$C_{21}H_{38}O_4$	+	H_2O
Asam linoleat		*Gliserol*		*GML*		*Air*

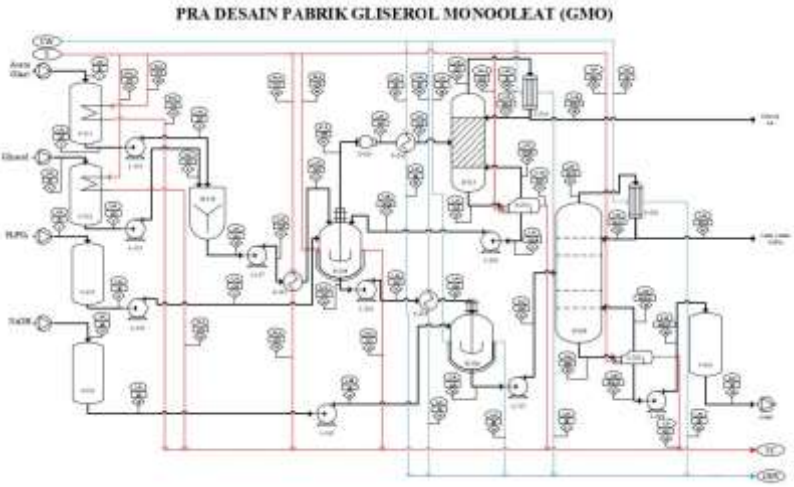
Produk yang keluar dari reaktor esterifikasi (R-210) berupa campuran gliserol monooleat, gliserol monolinoleat, gliserol monostearat, air, H_3PO_4, asam oleat, asam stearat, asam linoleat serta gliserol yang tidak habis bereaksi. Reaktor esterifikasi dilengkapi dengan system *recycle* dengan menggunakan 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, dan air akan menuju ke dalam reaktor netralisasi. Pada reaktor netralisasi produk keluaran gliserol monooleat, gliserol monostearat, gliserol

monolinoleat, dan air diumpankan NaOH untuk menetralisasi asam katalis H_3PO4. Asam fosfat bereaksi dengan NaOH membentuk Na_3PO_4. 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.

Brikut ini merupakan *Process Flow Diagram (PFD)* dari Pabrik Gliserol Monooleat dengan proses esterifikasi



Gambar III. 5 Process Flow Diagram Produksi Gliserol Monooleat (GMO)

BAB IV
NERACA MASSA DAN ENERGI

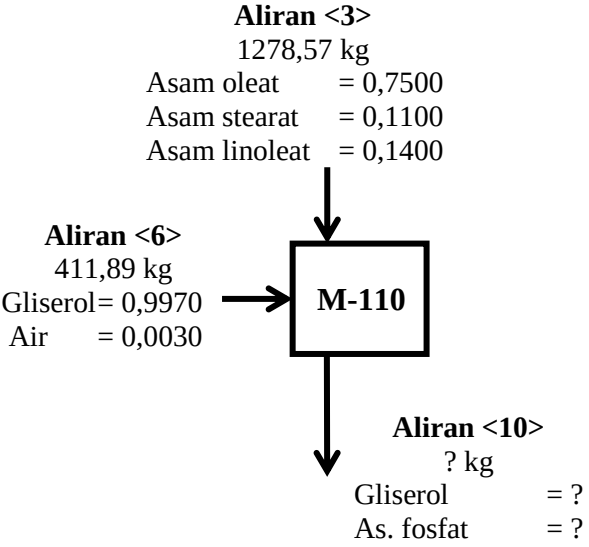
IV.1 Neraca Massa

Kapasitas	: 12.000 ton/tahun gliserol monooleat
	: 1.537,03 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:

Akumulasi massa total dalam sistem	=	Massa total masuk dalam sistem	-	Massa total keluar dari sistem	+	Generasi massa total dalam sistem	-	Konsumsi massa total dalam sistem

IV.2.1 *Mixing Tank* (M-110)

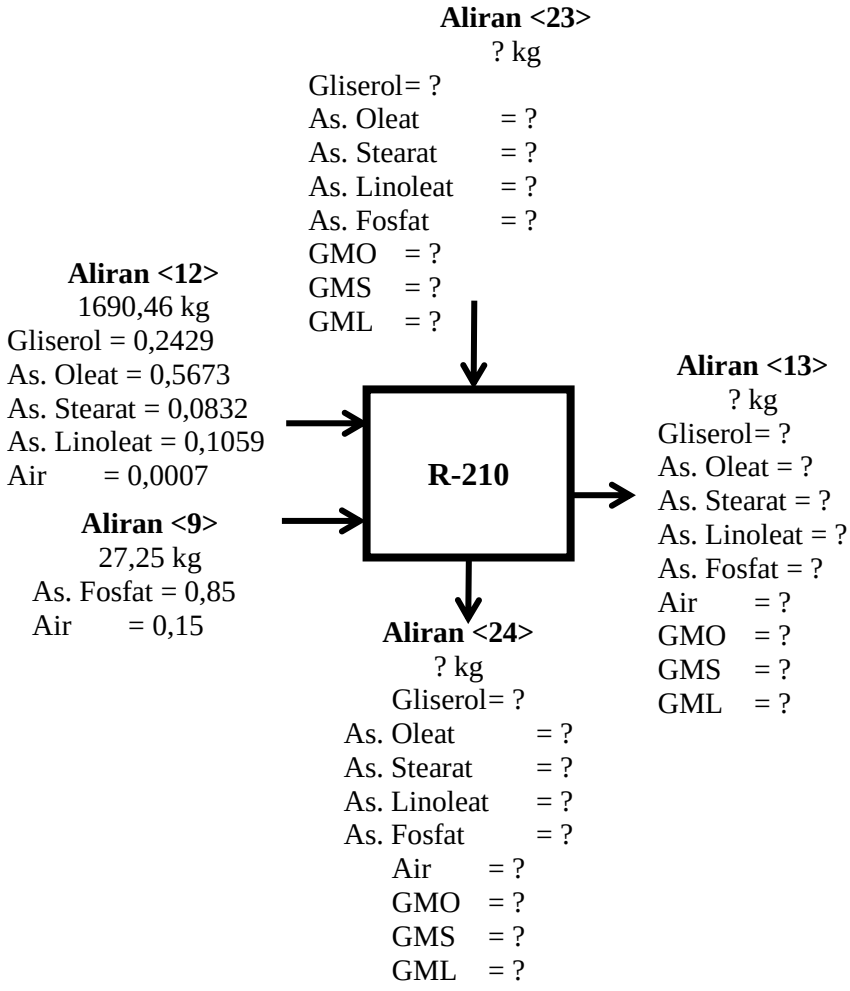


Gambar IV. 1 *Mixing Tank* (M-110)

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

Komponen	Masuk (kg)				Keluar (kg)	
	<6>		<3>		<10>	
	X6	M6	X3	M3	X10	M10
Gliserol	0,9970	410,651	0,0000	0,0000	0,2429	410,65
Asam oleat	0,0000	0,0000	0,7500	958,9128	0,5673	958,91
Asam stearat	0,0000	0,0000	0,1100	140,6405	0,0832	140,64
Asam linoleat	0,0000	0,0000	0,1400	178,9971	0,1059	179,00
Asam fosfat	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,00
Air	0,0030	1,2357	0,0000	0,0000	0,0007	1,24
Total	**1,0000**	**411,89**	**1,0000**	**1278,55**	**1,0000**	1690,44
	1690,4369				**1690,4369**	

IV.2.2 Reaktor Esterifikasi (R-210)



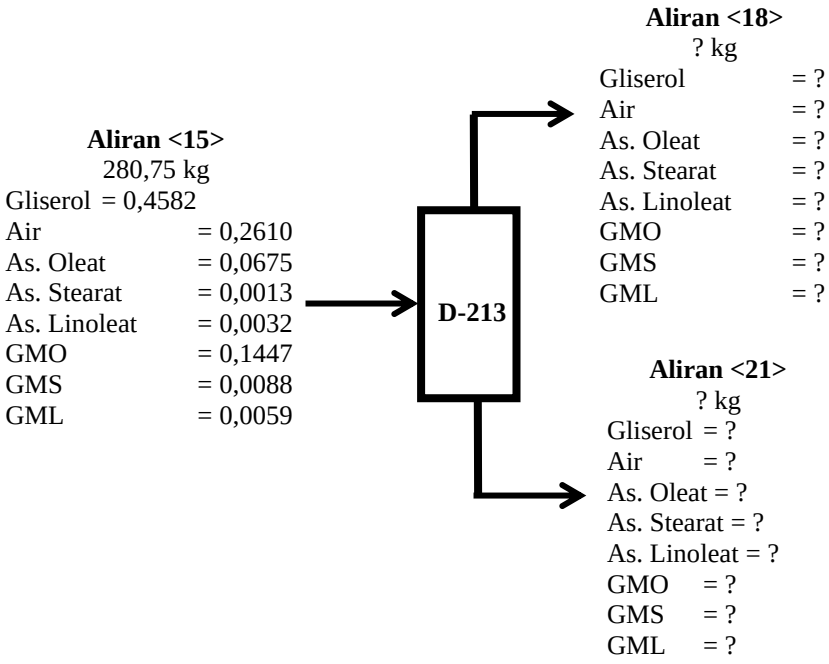
Gambar IV. 2 Reaktor Esterifikasi (R-210)

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

Komponen	Masuk (kg)					
	<12>		<23>		<9>	
	X12	M12	X23	M23	X9	M9
Gliserol	0,2429	410,65	0,6560	65,71	0,0000	0,00
Air	0,0007	1,24	0,0085	0,85	0,1500	2,80
As. Oleat	0,5673	958,91	0,0936	9,38	0,0000	0,00
As. Stearat	0,0832	140,64	0,0018	0,18	0,0000	0,00
As. Linoleat	0,1059	179,00	0,0046	0,46	0,0000	0,00
As. Fosfat	0,0000	0,00	0,0000	0,00	0,8500	15,84
GMO	0,0000	0,00	0,2137	21,41	0,0000	0,00
GMS	0,0000	0,00	0,0130	1,30	0,0000	0,00
GML	0,0000	0,00	0,0088	0,88	0,0000	0,00
Total	**1,00**	**1690,44**	**1,0000**	**100,17**	**1,00**	**18,6409**
	1809,2455					

Komponen	Keluar (kg)			
	<13>		<24>	
	X13	M13	X24	M24
Gliserol	0,4582	128,64	0,0050	7,64
Air	0,261	73,28	0,0000	0,00
As. Oleat	0,0675	18,95	0,0333	50,90
As. Stearat	0,0013	0,36	0,0011	1,68
As. Linoleat	0,0032	0,90	0,0020	3,06
As. Fosfat	0,0494	13,87	0,0001	0,15
GMO	0,1447	40,62	0,7111	1086,91
GMS	0,0088	2,47	0,1091	166,76
GML	0,0059	1,66	0,1384	211,54
Total	**1,00**	**280,7493**	**1,00**	**1528,496**
	1809,2455			

IV.2.3 Kolom Distilasi (D-213)



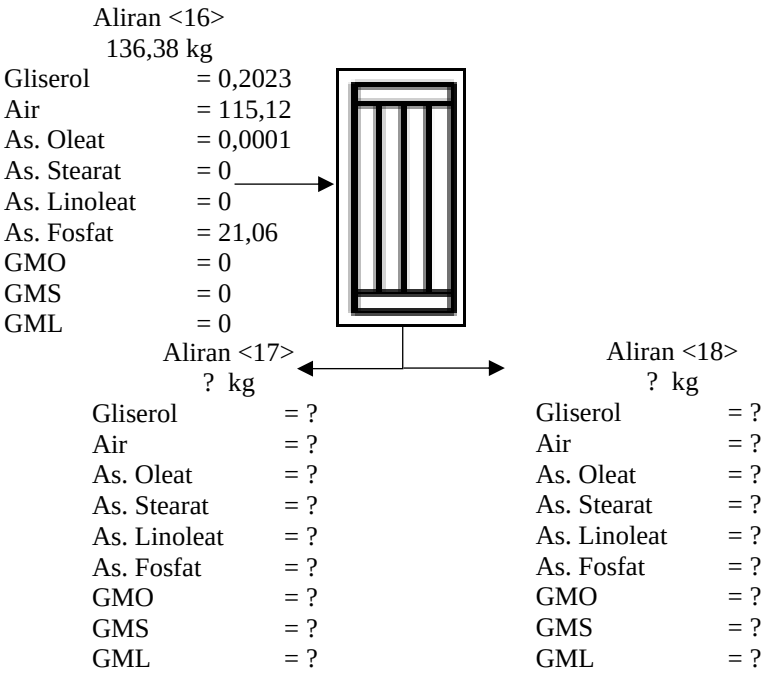
Gambar IV. 3 Kolom Distilasi (D-213)

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

Komponen	Masuk (kg)		Keluar (kg)			
	<15>		<18>		<21>	
	X15	M15	X18	M18	X21	M21
Gliserol	0,4582	128,6393	0,0015	0,1286	0,6623	128,511
Air	0,2610	73,2756	0,8441	73,2023	0,0004	0,073
As. Oleat	0,0675	18,9506	0,0000	0,0000	0,0977	18,951
As. Stearat	0,0013	0,3650	0,0000	0,0000	0,0019	0,365

As. Linoleat	0,0032	0,8984	0,0000	0,0000	0,0046	0,898
As. Fosfat	0,0494	13,8690	0,1544	13,3917	0,0025	0,477
GMO	0,1447	40,6244	0,0000	0,0000	0,2094	40,624
GMS	0,0088	2,4706	0,0000	0,0000	0,0127	2,471
GML	0,0059	1,6564	0,0000	0,0000	0,0085	1,656
Total	**1,0000**	**280,7493**	**1,0000**	**86,7226**	**1,0000**	**194,03**
	280,7493		**280,7493**			

IV.2.4 *Condenser* (E-214)

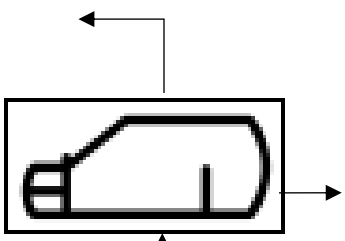


Gambar IV. 4 *Condenser* (E-214)

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

Komponen	Masuk (kg)		Keluar (kg)			
	<16>		<17>		<18>	
	X16	M16	X17	M17	X18	M18
Gliserol	0,0003	0,2023	0,0003	0,0737	0,0003	0,1286
Air	0,9671	115,12	0,9671	41,9181	0,9671	73,2023
As. Oleat	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
As. Stearat	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
As. Linoleat	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
As. Fosfat	0,0325	21,06	0,0325	7,6685	0,0325	13,3917
GMO	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
GMS	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
GML	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Total	**1,0000**	**136,38**	**1,0000**	**49,6603**	**1,0000**	**86,7226**
	136,3829		**136,3829**			

IV.2.5 *Reboiler* (E-215)



Aliran <20>
? kg
Gliserol = ?
Air = ?
As. Oleat = ?
As. Stearat = ?
As. Linoleat = ?
As. Fosfat = ?
GMO = ?
GMS = ?
GML = ?

Aliran <21>
? kg
Gliserol = ?
Air = ?
As. Oleat = ?
As. Stearat = ?
As. Linoleat = ?
As. Fosfat = ?
GMO = ?
GMS = ?
GML = ?

Aliran <19>
213,8515 kg
Gliserol = 146,4880
Air = 0,7328
As. Oleat = 19,3437
As. Stearat = 0,3709
As. Linoleat = 0,9201
As. Fosfat = 1,1088
GMO = 40,7555
GMS = 2,4738
GML = 1,6577

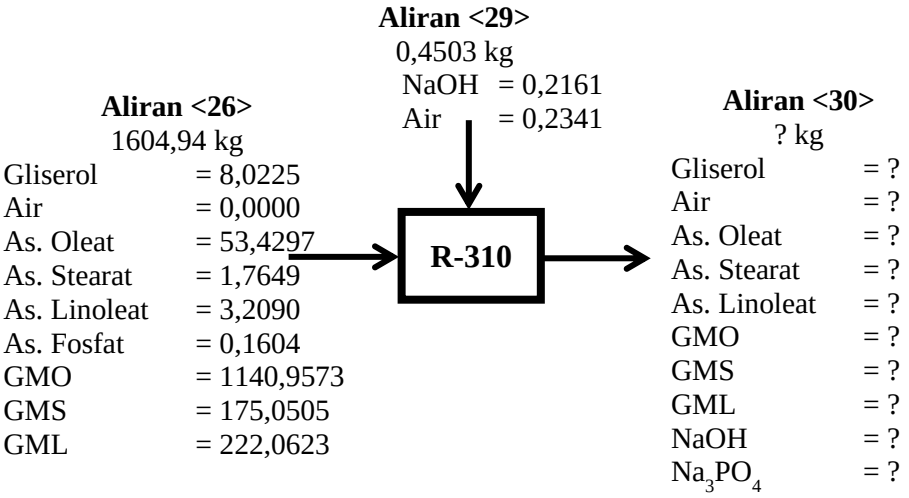
Gambar IV. 5 *Reboiler* (E-215)

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

Komponen	**Masuk (kg)**		**Keluar (kg)**			
	<19>		**<20>**		**<21>**	
	X19	**M19**	**X20**	**M20**	**X21**	**M21**
Gliserol	0,8637	146,4880	0,8129	17,9773	0,8713	128,5107
Air	0,0221	0,7328	0,1524	0,6595	0,0025	0,0733

As. Oleat	0,0372	19,3437	0,0058	0,3932	0,0419	18,9505
As. Stearat	0,0007	0,3709	0,0001	0,0059	0,0008	0,3650
As. Linoleat	0,0018	0,9201	0,0003	0,0217	0,0020	0,8984
As. Fosfat	0,0061	1,1088	0,0268	0,6315	0,0030	0,4773
GMO	0,0621	40,7555	0,0015	0,1311	0,0712	40,6244
GMS	0,0037	2,4738	0,0000	0,0033	0,0043	2,4706
GML	0,0025	1,6577	0,0000	0,0013	0,0029	1,6564
Total	**1,0000**	**213,8515**	**1,0000**	**19,8248**	**1,0000**	**194,0267**
	244,3201		**244,3201**			

IV.2.6 Reaktor Netralisasi (R-310)

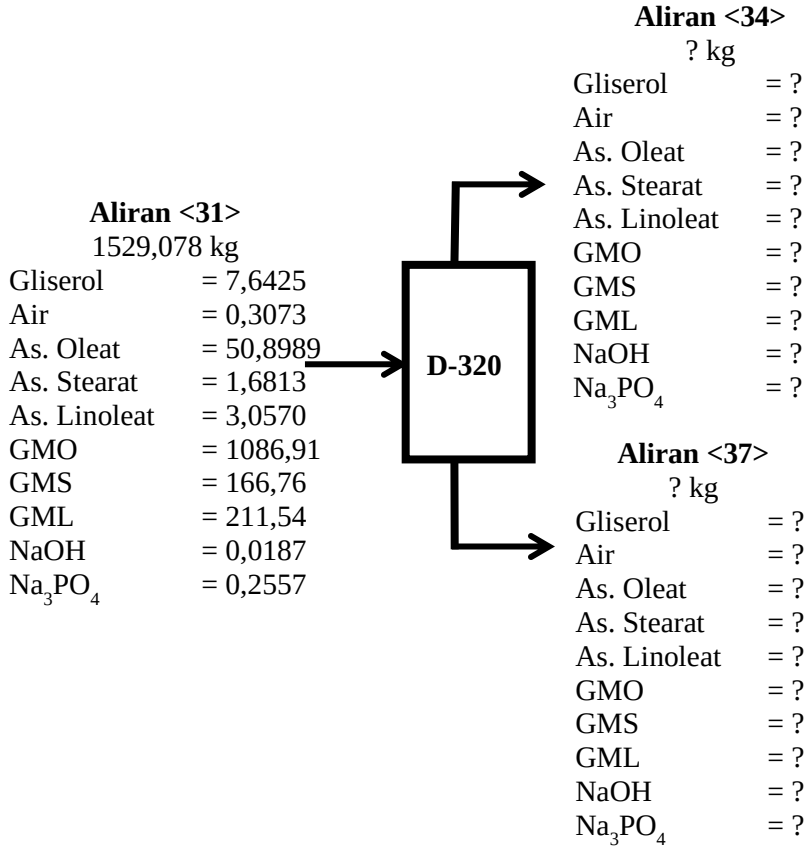


Gambar IV. 6 Reaktor Netralisasi (R-310)

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

Komponen	Masuk (kg)				Keluar (kg)	
	<26>		<29>		<30>	
	X_{26}	M_{26}	X_{29}	M_{29}	X_{30}	M_{30}
Gliserol	0,0050	7,6425	0,0000	0,0000	0,0050	7,6425
Air	0,0000	0,0000	0,5200	0,2231	0,0002	0,3073
As. Oleat	0,0333	50,8989	0,0000	0,0000	0,0333	50,8989
As. Stearat	0,0011	1,6813	0,0000	0,0000	0,0011	1,6813
As. Linoleat	0,0020	3,0570	0,0000	0,0000	0,0020	3,0570
As. Fosfat	0,0001	0,1528	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
GMO	0,7110	1086,9137	0,0000	0,0000	0,7108	1086,914
GMS	0,1091	166,7589	0,0000	0,0000	0,1091	166,7589
GML	0,1384	211,5439	0,0000	0,0000	0,1383	211,5439
NaOH	0,0000	0,0000	0,4800	0,2059	0,0000	0,0187
Na_3PO_4	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002	0,2557
Total	**1,000**	**1528,649**	**1,000**	**0,429**	**1,000**	**1529,078**
	1529,08				**1529,08**	

IV.2.7 Kolom Distilasi (D-320)



Gambar IV. 7 Kolom Distilasi (D-320)

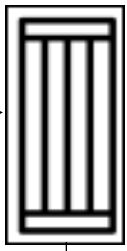
Tabel IV. 7 Neraca Massa Kolom Distilasi (D-320)

Komponen	Masuk (kg)		Keluar (kg)			
	<31>		<34>		<37>	
	X31	M31	X34	M34	X37	M37
Gliserol	0,0050	7,6425	0,10310	7,64	0,00000	0,00
Air	0,0002	0,3073	0,00415	0,31	0,00000	0,00
As. Oleat	0,0333	50,8989	0,67978	50,39	0,00035	0,51
As. Stearat	0,0011	1,6813	0,02143	1,59	0,00006	0,09
As. Linoleat	0,0020	3,0570	0,04099	3,04	0,00001	0,02
As. Fosfat	0,0000	0,0000	0,00000	0,00	0,00000	0,00
GMO	0,7108	1086,914	0,14663	10,87	0,73957	1076,04
GMS	0,1091	166,7589	0,00039	0,03	0,11459	166,73
GML	0,1383	211,5439	0,00009	0,01	0,14539	211,54
NaOH	0,0000	0,0187	0,00000	0,00	0,00001	0,02
Na3PO4	0,0002	0,2557	0,00345	0,26	0,00000	0,00
Total	**1,0000**	**1529,078**	**1,00**	**74,13**	**1,00**	**1454,95**
	1529,078		**1529,078**			

IV.2.8 *Condenser* (E-321)

Aliran <32>
230,64 kg

Gliserol	= 23,779
Air	= 0,957
As. Oleat	= 156,783
As. Stearat	= 4,943
As. Linoleat	= 9,453
As. Fosfat	= 0
GMO	= 33,818
GMS	= 0,090
GML	= 0,021
NaOH	= 0
Na_3PO_4	= 0,795



Aliran <33>
? kg

Gliserol	= ?
Air	= ?
As. Oleat	= ?
As. Stearat	= ?
As. Linoleat	= ?
As. Fosfat	= ?
GMO	= ?
GMS	= ?
GML	= ?
NaOH	= ?
Na_3PO_4	= ?

Aliran <34>
? kg

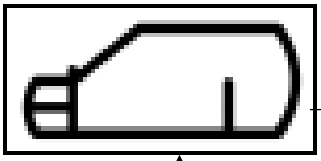
Gliserol	= ?
Air	= ?
As. Oleat	= ?
As. Stearat	= ?
As. Linoleat	= ?
As. Fosfat	= ?
GMO	= ?
GMS	= ?
GML	= ?
NaOH	= ?
Na_3PO_4	= ?

Gambar IV. 8 *Condenser (E-321)*

Tabel IV. 8 Neraca Massa *Condenser (E-321)*

Komponen	Masuk		Keluar			
	<32>		<33>		<34>	
	X32	M32	X33	M33	X34	M34
Gliserol	0,10310	23,779	0,1031	16,136	0,1031	7,64
Air	0,00415	0,957	0,0042	0,650	0,0042	0,31
As. Oleat	0,67978	156,783	0,6798	106,393	0,6798	50,39
As. Stearat	0,02143	4,943	0,0214	3,355	0,0214	1,59
As. Linoleat	0,04099	9,453	0,0410	6,415	0,0410	3,04
As. Fosfat	0,00000	0,000	0,0000	0,000	0,0000	0,00
GMO	0,14663	33,818	0,1466	22,949	0,1466	10,87
GMS	0,00039	0,090	0,0004	0,061	0,0004	0,03
GML	0,00009	0,021	0,0001	0,014	0,0001	0,01
NaOH	0,00000	0,000	0,0000	0,000	0,0000	0,00
Na3PO4	0,00345	0,795	0,0034	0,540	0,0034	0,26
Total	**1,00000**	**230,639**	**1,0000**	**156,51**	**1,0000**	**74,13**
	230,6		**230,6**			

IV.2.9 *Reboiler* (E-322)



Aliran <36>
? kg

Gliserol	= ?
Air	= ?
As. Oleat	= ?
As. Stearat	= ?
As. Linoleat	= ?
As. Fosfat	= ?
GMO	= ?
GMS	= ?
GML	= ?
NaOH	= ?
Na_3PO_4	= ?

Aliran <37>
? kg

Gliserol	= ?
Air	= ?
As. Oleat	= ?
As. Stearat	= ?
As. Linoleat	= ?
As. Fosfat	= ?
GMO	= ?
GMS	= ?
GML	= ?
NaOH	= ?
Na_3PO_4	= ?

Aliran <35>
1839,785 kg

Gliserol	= 0
Air	= 0
As. Oleat	= 0,644
As. Stearat	= 0,117
As. Linoleat	= 0,024
As. Fosfat	= 0
GMO	= 1360,658
GMS	= 210,830
GML	= 267,489
NaOH	= 0,024
Na_3PO_4	= 0

Gambar IV. 9 *Reboiler* (E-322)

Tabel IV. 9 Neraca Massa *Reboiler* (E-322)

Komponen	Masuk (kg)		Keluar (kg)			
	<35>		<36>		<37>	
	X35	M35	X36	M36	X37	M37
Gliserol	0,0000	0,000	0,0000	0,000	0,0000	0,00
Air	0,0000	0,000	0,0000	0,000	0,0000	0,00
As. Oleat	0,0003	0,644	0,0003	0,135	0,0003	0,51
As. Stearat	0,0001	0,117	0,0001	0,024	0,0001	0,09
As. Linoleat	0,0000	0,024	0,0000	0,005	0,0000	0,02
As. Fosfat	0,0000	0,000	0,0000	0,000	0,0000	0,00
GMO	0,7396	1360,658	0,7396	284,614	0,7396	1076,04
GMS	0,1146	210,830	0,1146	44,100	0,1146	166,73
GML	0,1454	267,489	0,1454	55,952	0,1454	211,54
NaOH	0,0000	0,024	0,0000	0,005	0,0000	0,02
Na_3PO_4	0,0000	0,000	0,0000	0,000	0,0000	0,00
Total	**1,0000**	**1839,785**	**1,0000**	**384,83**	**1,0000**	**1454,95**
	1839,8		**1839,8**			

IV.2Neraca Energi

Kapasitas	: 12.000 ton/tahun gliserol monooleat
	: 1537,03 kg /jam gliserol monooleat
Operasi	: 330 hari/tahun ; 24 jam/hari
Satuan energy	: kJ
Basis perhitungan	: 1 jam operasi
Suhu referensi	: 25^{o}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:

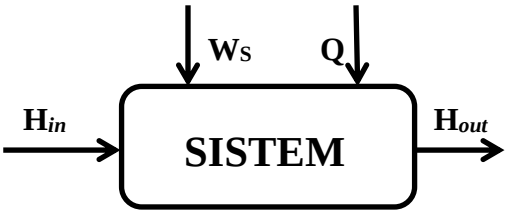
$$H_{in} + \frac{1}{2}V_{in}^2 + g.z_{in} + Q = H_{out} + \frac{1}{2}V_{out}^2 + g.z_{out} + W$$

Akumulasi = Input - Output + Generasi - Konsumsi

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

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

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

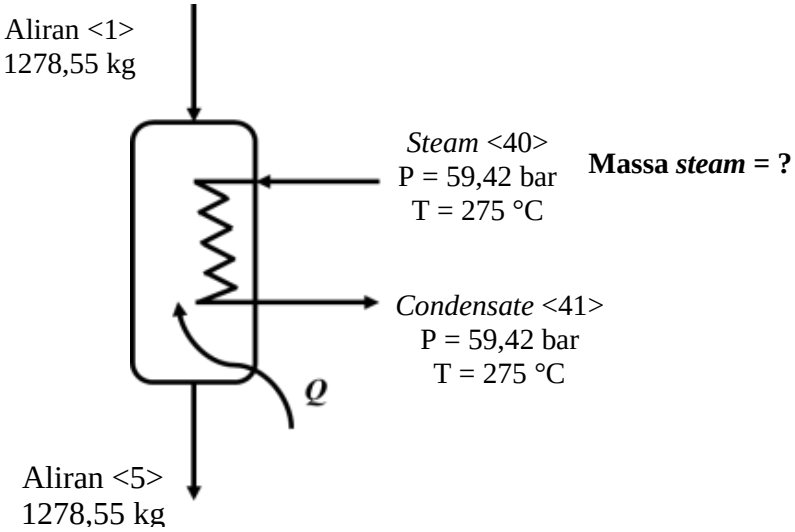
- Basis yang dipergunakan dalam perhitungan adalah 1 jam operasi
- Kondisi referensi : T = 25 ^{o}C; P = 1 atm
  R = 8,314 kJ/kmol.K

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 thermodinamika yang digunakan (*Fluid Package*)

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

IV.2.1 Tangki Asam Oleat (F-111)



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

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

Parameter	**Masuk**	**Keluar**
	<1>	**<2>**
Massa (kg)	1278,55	1278,55
Tekanan (bar)	1,13	1,13
Suhu (°C)	30	135

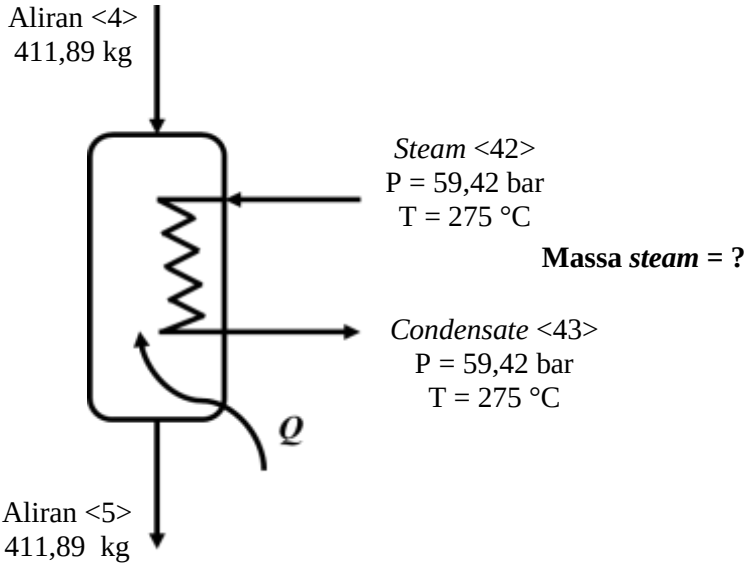
Tabel IV. 11 Spesifikasi Steam pada Tangki Asam Oleat (F-111)

Aliran <40>		**Aliran <41>**	
***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. 12 Neraca Energi Asam Oleat (F-111)

Masuk		**Keluar**	
$H_{<1>}$	11.620,30 kJ	$H_{<2>}$	255.646,73 kJ
Q_{sistem}	244.026,42 kJ		
Total	**255.646,73 kJ**	**Total**	**255.646,73 kJ**

IV.2.2 Tangki Gliserol (F-112)



Gambar IV. 12 Tangki Gliserol (F-112)

Tabel IV. 13 Kondisi Operasi Tangki Gliserol (F-112)

Parameter	**Masuk**	**Keluar**
	<4>	**<5>**
Massa (kg)	411,89	411,89
Tekanan (bar)	0,13	0,13
Suhu (°C)	30	135

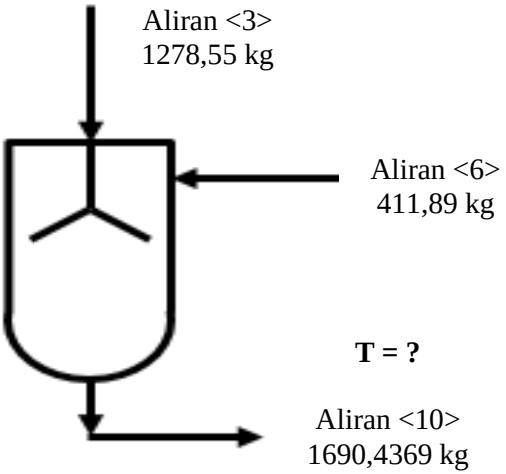
Tabel IV. 14 Spesifikasi Steam pada Tangki Gliserol (F-112)

Aliran <42>		**Aliran <43>**	
***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. 15 Neraca Energi Tangki Gliserol (F-112)

Masuk		**Keluar**	
$H_{<4>}$	4.844,27 kJ	$H_{<5>}$	106.588,79 kJ
Q_{sistem}	101.744,52 kJ		
Total	**106.588,79 kJ**	**Total**	**106.588,79 kJ**

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



Gambar IV. 13 *Mixing Tank* (M-110)

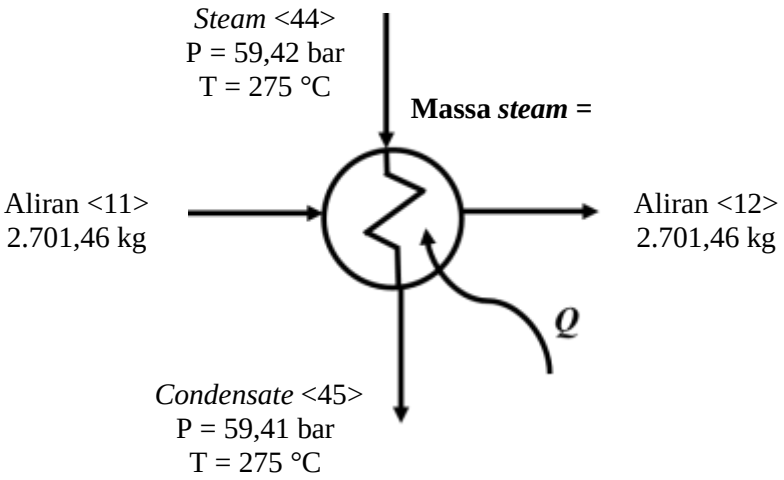
Tabel IV. 16 Kondisi Operasi *Mixing Tank* (M-110)

Parameter	Masuk		Keluar
	<6>	**<3>**	**<8>**
Massa (kg)	411,89	1278,55	1690,44
Tekanan (bar)	1	1	1
Suhu (°C)	135	135	135

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

Masuk		Keluar	
$H_{<3>}$	255.646,73 kJ	$H_{<10>}$	260.491,67 kJ
$H_{<6>}$	4.844,94 kJ		
Total	**260.491,67 kJ**	**Total**	**260.491,67 kJ**

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)	1.690,44	1.690,44
Tekanan (bar)	1	1
Suhu (°C)	135	240

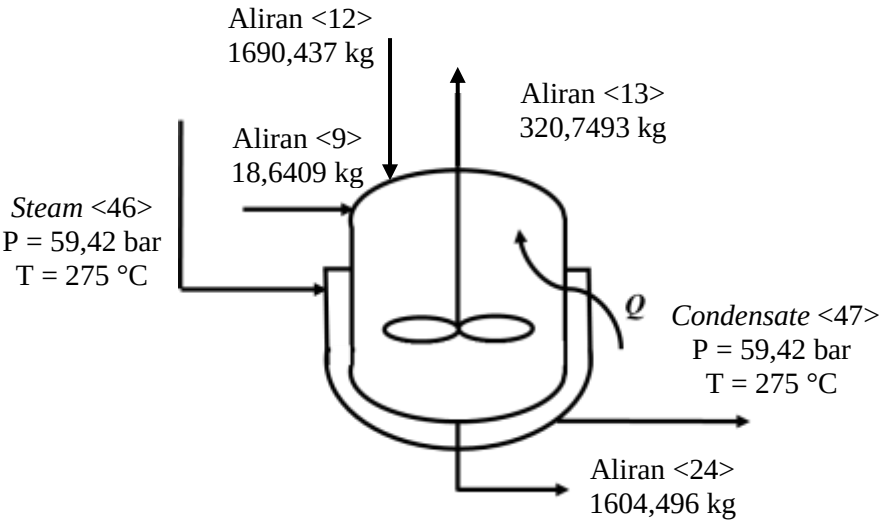
Tabel IV. 19 Spesifikasi Steam pada Tangki Gliserol (F-112)

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	
$H_{<11>}$	362.235,52 kJ	$H_{<12>}$	708.145,76 kJ
Q_{sistem}	345.910,24 kJ		
Total	**708.145,76 kJ**	**Total**	**708.145,76 kJ**

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>	**<9>**	**<23>**	**<13>**	**<24>**
Massa (kg)	1690,437	18,6409	216,1677	320,7493	1604,496
Suhu (K)	240	30	295,77	240	240
Tekanan (bar)	2,85	1	1,35	0,13	0,13

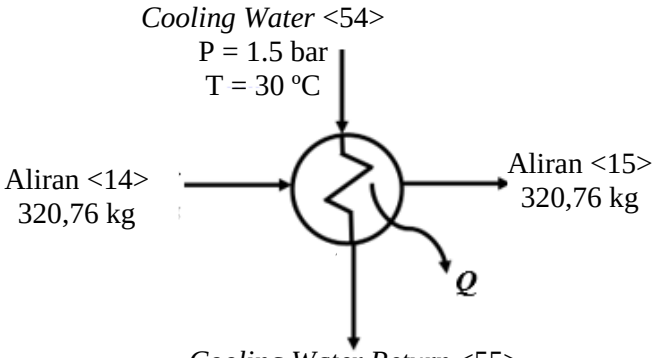
Tabel IV. 22 Spesifikasi Steam pada Tangki Gliserol (F-112)

Aliran <46>		**Aliran <47>**	
***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. 23 Neraca Energi Reaktor Esterifikasi (R-210)

Masuk		**Keluar**	
$H_{<12>}$	708.145,76 kJ	$H_{<24>}$	698.514,40 kJ
$H_{<23>}$	131.896,73 kJ	$H_{<13>}$	198.176,05 kJ
$H_{<9>}$	193,13 kJ	ΔHrxn1	1.213.698,51 kJ
Q_{steam}	1.652.077,40 kJ	ΔHrxn2	232.738,92 kJ
		ΔHrxn3	149.185,15 kJ
Total	**2.492.313,03 kJ**	**Total**	**2.492.313,03 kJ**

IV.2.6 *Cooler* (E-212)



Gambar IV. 16 *Cooler* (E-212)

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

Parameter	Masuk	Keluar
	<14>	<15>
Massa (kg)	320,76	320,76
Tekanan (bar)	0,13	0,13
Suhu (°C)	240	150

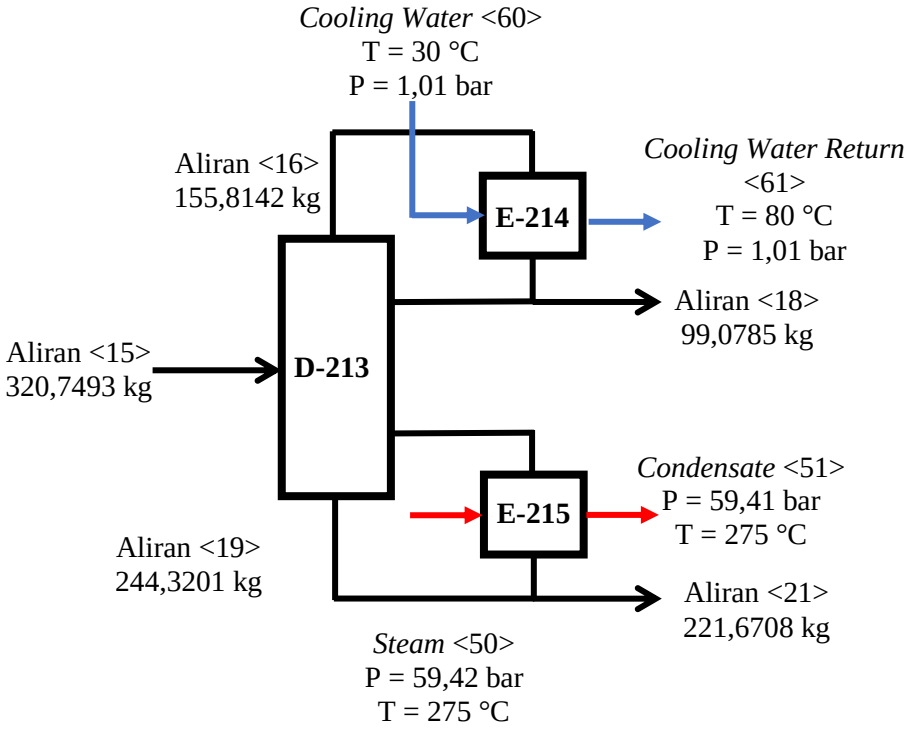
Tabel IV. 25 Spesifikasi *Cooling Water* pada *Cooler* (E-212)

Aliran <54>		Aliran <55>	
Tekanan (bar)	1.5	Tekanan (bar)	1.06
Suhu (°C)	30	Suhu (°C)	80
H' <a> (kJ/kg)	125.79	H' <b> (kJ/kg)	200.976

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

Masuk		Keluar	
$H_{<14>}$	198.176,05 kJ	$H_{<15>}$	109.982,26 kJ
		Q_{sistem}	88.193,79 kJ
Total	**198.176,05 kJ**	**Total**	**198.176,05 kJ**

IV.2.7 Kolom Distilasi (D-213)



Gambar IV. 17 Kolom Distilasi (D-213)

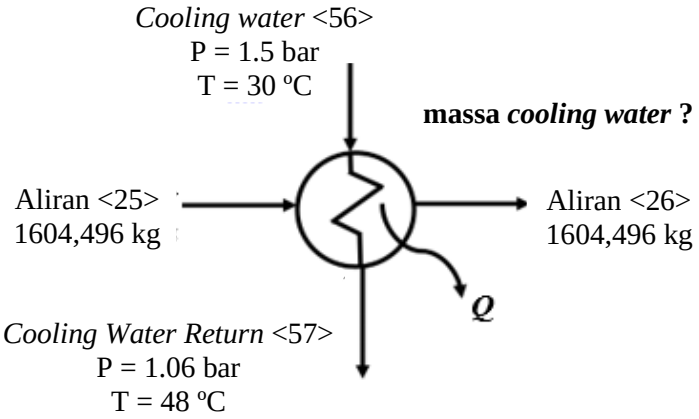
Tabel IV. 27 Kondisi Operasi Kolom Distilasi (D-213)

Parameter	**Masuk**	**Keluar**	
	<15>	**<18>** ***Top***	**<21>** ***Bottom***
Massa (kg)	320,7493	99,0786	221,6708
Tekanan (bar)	2	1,25	1,75
Suhu (°C)	100	104,33	295,77

Tabel IV. 28 Neraca Energi Kolom Distilasi (D-213)

Masuk		**Keluar**	
$H_{<15>}$	109.982,26 kJ	$H_{<18>}$	30.257,61 kJ
Qr	63.003,32 kJ	$H_{<21>}$	133.393,54 kJ
		Qc	9.334,43 kJ
Total	**172.985,58 kJ**	**Total**	**172.985,58 kJ**

IV.2.8 *Cooler* (E-219)



Gambar IV. 18 *Cooler* (E-219)

Tabel IV. 29 Kondisi Operasi *Cooler* (E-219)

Parameter	**Masuk**	**Keluar**
	<25>	**<26>**
Massa (kg)	1604,496	1604,496
Suhu (ºC)	240	100
Tekanan (bar)	1,013	1,013

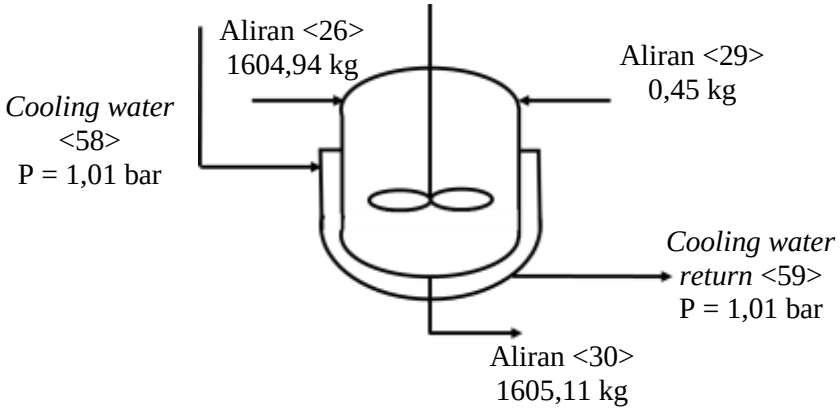
Tabel IV. 30 Spesifikasi *Cooling Water* pada *Cooler* (E-219)

Aliran <56>		**Aliran <57>**	
Tekanan (bar)	1,5	Tekanan (bar)	1,06
Suhu (ºC)	30	Suhu (ºC)	80

Tabel IV. 31 Neraca Energi *Cooler* (E-219)

Masuk (kJ)		**Keluar (kJ)**	
H<25>	698.514,40 kJ	H<26>	243.667,81 kJ
		Qsistem	454.846,58 kJ
TOTAL	**698.514,40 kJ**	**TOTAL**	**698.514,40 kJ**

IV.2.9 Reaktor Netralisasi (R-310)



Gambar IV. 19 Reaktor Netralisasi (R-310)

Tabel IV. 32 Kondisi Operasi Reaktor Netralisasi (R-310)

Parameter	Masuk		Keluar
	<26>	<29>	<30>
Massa (kg)	1604,66	0,4503	1605,1103
Tekanan (bar)	1,013	1,013	1,013
Suhu (°C)	100	30	87,59

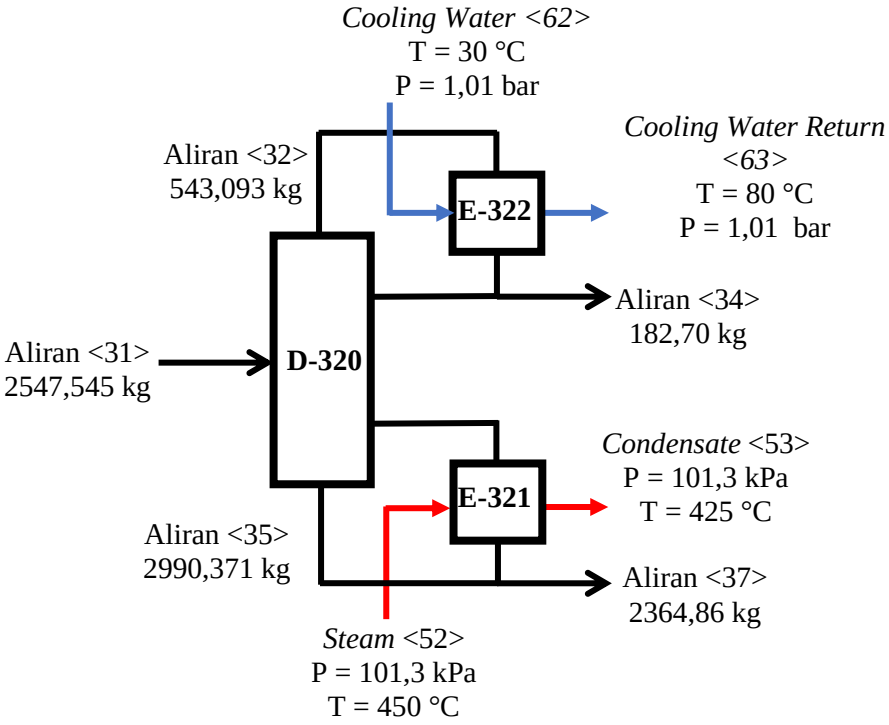
Tabel IV. 33 Spesifikasi *Cooling Water*

Aliran <58>		Aliran <59>	
Tekanan (bar)	1.5	Tekanan (bar)	1.06
Suhu (°C)	30	Suhu (°C)	80

Tabel IV. 34 Neraca Energi Reaktor Netralisasi (R-310)

Masuk		Keluar	
$H_{<26>}$	243.667,81 kJ	$H_{<30>}$	243.781,19 kJ
$H_{<29>}$	6,96 kJ	H rxn	-4.025,55 kJ
		Q_{CW}	3.919 kJ
Total	**243.674,78 kJ**	**Total**	**243.674,78 kJ**

IV.2.10 Kolom Distilasi (D-320)



Gambar IV. 20 Kolom Distilasi (D-320)

Tabel IV. 35 Kondisi Operasi Kolom Distilasi (D-320)

Parameter	**Masuk**	**Keluar**	
	<31>	**<34>** ***Top***	**<37>** ***Bottom***
Massa (kg)	1605,11	68,08	1537,03
Tekanan (bar)	1,35	1,15	1,25
Suhu (°C)	87,59	209,16	460,02

Tabel IV. 36 Neraca Energi Kolom Distilasi (D-320)

Masuk		**Keluar**	
$H_{<31>}$	243.781,19 kJ	$H_{<34>}$	50.253,11 kJ
Qr	3.997.088,02 kJ	$H_{<37>}$	1.176.285,90 kJ
		Qc	3.014.330,19 kJ
Total	**4.240.869,21 kJ**	**Total**	**4.240.869,21 kJ**

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 *standard dished head*
Bahan konstruksi	*Stainless Steel*, SA-240, grade M tipe 316
Jumlah	1 unit
Pengelasan	*Double welded butt joint*
Kapasitas	42,16 m^3
Diameter tangki, OD	3,66 m
ID	3,64 m
Tinggi liquid	
Silinder	3,67 m
Tangki	4,41 m
Tinggi	
Silinder	5,45 m
Tutup atas	0,74 m
Tutup bawah	0,74 m
Tangki	6,94 m
Tebal	
Silinder	0,0111 m
Tutup atas	0,0064 m

Spesifikasi	Keterangan
Tutup bawah	0,0064 m
Pengaduk	
Tipe	*six flat blade turbine with disk*
Jumlah	1 unit
Power	119 kW
Diameter pengaduk	1,45 m
Panjang pengaduk	0,36 m
Lebar pengaduk	0,29 m
Jarak dari dasar	1,21 m
Kecepatan putaran	1,50 rps

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

Spesifikasi	Keterangan
Kode alat	F-111
Fungsi	Menampung dan memanaskan bahan baku asam oleat
Bentuk	Silinder dengan tutup atas dan bawah berbentuk *standard dished head*
Bahan konstruksi	*Stainless Steel* , SA-240, grade M tipe 316
Jumlah	1 unit
Pengelasan	*Double welded butt joint*
Kapasitas	34,32 m^3
Diameter tangki	
OD	3,35 m
ID	3,33 m
Tinggi liquid	
Silinder	3,58 m

Spesifikasi	Keterangan
Tangki	4,23 m
Tinggi	
Silinder	5,00 m
Tutup atas	0,65 m
Tutup bawah	0,65 m
Tangki	6,30 m
Tebal	
Silinder	0,0111 m
Tutup atas	0,0064 m
Tutup bawah	0,0064 m
Coil	
Jumlah lilitan *coil*	5 unit
Jarak setiap lingkaran *coil*	0,05 m
Kebutuhan *steam*	154,9 kg/jam
Diameter *coil*	0,06 m
Tinggi *coil*	0,69 m

Tabel V. 3 Tangki Gliserol (F-112)

Spesifikasi	Keterangan
Kode alat	F-112
Fungsi	Menampung dan memanaskan bahan baku asam oleat
Bentuk	Silinder dengan tutup atas dan bawah berbentuk *standard dished head*
Bahan konstruksi	*Stainless Steel* , SA-240, grade M tipe 316
Jumlah	1 unit

Spesifikasi	Keterangan
Pengelasan	*Double welded butt joint*
Kapasitas	7,85 m^3
Diameter tangki	
OD	2,13 m
ID	2,12 m
Tinggi liquid	
Silinder	2,00 m
Tangki	2,41 m
Tinggi	
Silinder	3,18 m
Tutup atas	0,41 m
Tutup bawah	0,41 m
Tangki	4,00 m
Tebal	
Silinder	0,0079 m
Tutup atas	0,0048 m
Tutup bawah	0,0048 m
Coil	
Jumlah lilitan *coil*	7 unit
Jarak setiap lingkaran *coil*	0,05 m
Kebutuhan *steam*	64,6 kg/jam
Diameter *coil*	0,05 m
Tinggi *coil*	0,88 m

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

Spesifikasi	Keterangan
Kode alat	F-113
Fungsi	Menampung bahan baku H_3PO_4
Bentuk	Silinder dengan tutup atas dan bawah

Spesifikasi	Keterangan
	berbentuk *standard dished head*
Bahan konstruksi	*Stainless Steel* , SA-240, grade S tipe 304
Jumlah	1 unit
Pengelasan	*Double welded butt joint*
Kapasitas	8,09 m^3
Diameter tangki	
OD	2,13 m
ID	2,12 m
Tinggi liquid	
Silinder	2,07 m
Tangki	2,48 m
Tinggi	
Silinder	3,18 m
Tutup atas	0,41 m
Tutup bawah	0,41 m
Tangki	4,00 m
Tebal	
Silinder	0,0079 m
Tutup atas	0,0048 m
Tutup bawah	0,0048 m

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

Spesifikasi	Keterangan
Kode alat	L-114
Fungsi	Memompa feed asam oleat ke dalam *mixing tank*
Tipe	*Centrifugal pump*
Jumlah	1 unit
Kapasitas	1,59 m^3/jam

Spesifikasi	Keterangan
Tekanan masuk	1 atm
Tekanan keluar	2,38 atm
Bahan pipa	*Commercial Steel*
Ukuran pipa	IPS 0,03 m sch 40
Power pompa	0,25 kW
Power motor	0,10 kW

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

Spesifikasi	Keterangan
Kode alat	L-115
Fungsi	Memompa feed gliserol ke dalam *mixing tank*
Tipe	*Centrifugal pump*
Jumlah	1 unit
Kapasitas	0,38 m^3/jam
Tekanan masuk	1 atm
Tekanan keluar	2,58 atm
Bahan pipa	*Commercial Steel*
Ukuran pipa	IPS 0,03 m sch 40
Power pompa	0,25 kW
Power motor	0,02 kW

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

Spesifikasi	Keterangan
Kode alat	L-116
Fungsi	Memompa feed asam fosfat ke dalam *mixing tank*
Tipe	*Centrifugal pump*
Jumlah	1 unit

Spesifikasi	Keterangan
Kapasitas	0,02 m^3/jam
Tekanan masuk	1 atm
Tekanan keluar	2,13 atm
Bahan pipa	*Commercial Steel*
Ukuran pipa	IPS 0,03 m sch 40
Power pompa	0,25 kW
Power motor	1E-03 KW

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

Spesifikasi	Keterangan
Kode alat	L-117
Fungsi	Memompa campuran gliserol, asam oleat. Dan asam fosfat ke reaktor esterifikasi
Tipe	*Centrifugal pump*
Jumlah	1 unit
Kapasitas	3,25 m^3/jam
Tekanan masuk	1 atm
Tekanan keluar	2,21 atm
Bahan pipa	*Commercial Steel*
Ukuran pipa	IPS 0,03 m sch 40
Power pompa	0,25 kW
Power motor	0,21 kW

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

Spesifikasi	Keterangan
Kode alat	E-118
Fungsi	Memanaskan campuran asam oleat, gliserol, dan asam fosfat

Spesifikasi	Keterangan
Jenis	*Shell and Tube* (2-4 HE)
Jumlah	1 unit
Bahan konstruksi	*Carbon steel SA 283-Grade C*
Luas area	24,50 m^2
Temperatur	
T_1	548,15 K
T_2	548,15 K
t_1	303,15 K
t_2	513,15 K
Tube	
OD	0,03 m
ID	0,02 m
Length	3,66 m
Jumlah *tube*	26
Pitch	0,03 m *triangular*
ΔP *tube*	0,002 atm
Shell	
ΔP *shell*	0,006 atm
ID *shell*	0,25 m
Fouling factor	0,0053 $s.m^2.K/J$

Tabel V. 10 Reaktor Esterifikasi (R-210)

Spesifikasi	Keterangan
Kode alat	R-210
Fungsi	Mereaksikan gliserol dan asam oleat membentuk gliserol monooleat dengan katalis H_3PO_4
Bentuk	Silinder dengan tutup atas dan bawah

Spesifikasi	Keterangan
	berbentuk *standard dished head*
Jumlah *stage*	5 *stage*
Bahan konstruksi	*Stainless steel*, SA-240 Grade M tipe 316
Pengelasan	*Double welded butt joint*
Kapasitas per *stage*	2,63 m^3 (Total = 13,15 m^3)
Diameter bejana	
ID	1,90 m (per 1 *stage*)
OD	1,98 m (per 1 *stage*)
Tinggi liquid	
Silinder	1,33 m (per 1 *stage*)
Tangki	1,64 m (per 1 *stage*)
Tinggi	
Silinder	1,50 m (per 1 *stage*)
Tutup atas	0,31 m (per 1 *stage*)
Tutup bawah	0,31 m (per 1 *stage*)
Tangki	2,60 m (per 1 *stage*)
Tebal	
Silinder	0,006 m (per 1 *stage*)
Tutup atas	0,005 m (per 1 *stage*)
Tutup bawah	0,005 m (per 1 *stage*)
Jacket silinder	0,007 m (per 1 *stage*)
Jacket bagian bawah	0,008 m (per 1 *stage*)
Pengaduk (per 1 *stage*)	
Tipe	*Flat six blade turbine with disk*
Power	4,88 kW
Diameter pengaduk	0,45 m

Spesifikasi	Keterangan
Panjang pengaduk	0,11 m
Lebar pengaduk	0,09 m
Jarak dari dasar	0,50 m
Kecepatan putaran	2,50 rps

Tabel V. 11 PompaVakum (G-211)

Spesifikasi	Keterangan
Kode alat	G-211
Fungsi	Memvakumkan reactor esterifikasi hingga 0,128 atm
Tipe	*Reciprocating vacuum pump (dry vacuum pump)*
Bahan	*Carbon steel*
Jumlah *stage*	1
Volume produk yang dipompa	1.421,96 m^3/jam
Kecepatan pompa	0,13 m/s
Power pompa	4,01 kW
Pump down time	0,031 jam

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

Spesifikasi	Keterangan
Kode alat	E-212
Fungsi	Mendinginkan aliran uap reaktor esterifikasi sebelum masuk ke kolom distilasi
Jenis	*Shell and Tube* (2-4 HE)
Jumlah	1 unit

Spesifikasi	Keterangan
Bahan konstruksi	*Carbon steel SA 283-Grade C*
Luas area	20,43 m^2
Temperatur	
T_1	513,15 K
T_2	423,15 K
t_1	303,15 K
t_2	353,15 K
Tube	
OD	0,03 m
ID	0,02 m
Length	3,66 m
Jumlah *tube*	16
Pitch	0,03 m *triangular*
ΔP *tube*	0,098 atm
Shell	
ΔP *shell*	0,001 atm
ID *shell*	0,20 m
Fouling factor	0,018 $s.m^2.K/J$

Tabel V. 13 Kolom Distilasi (D-213)

Spesifikasi	Keterangan
Kode	D-213
Fungsi	Memisahkan Campuran air dengan gliserol
Tipe	Full Reflux
Kapasitas	0,19 ft^3/jam
Bahan	SA 283 Grade B Carbon Steel
Jumlah	1 buah

Spesifikasi	Keterangan
Plate:	
Type of tray	*Reverse Flow*
Tower diameter	3 ft
Tray spacing	16 in
Active area	20,105 ft^2
Hole area	1,964 ft^2
Downcomer area	0,37 ft^2
Active/tower area	61,52 %
Hole spacing	6 in
Weir length	1,8 ft
Weir height	2 in
Downcomer clearence	0,28 in
Number of tray	11
Tinggi Kolom	16,12 ft
Tebal Shell	3/16 in

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

Spesifikasi	Keterangan
Kode alat	E-214
Fungsi	Mengubah fasa aliran sebelum masuk *flash tank*
Jenis	*Shell and Tube* (1-2 HE)
Jumlah	1 unit
Bahan konstruksi	*Carbon steel SA 129-Grade A*
Luas area	50,27 ft^2
Temperatur	
T_1	377,48 K
T_2	377,48 K
t_1	303,15 K
t_2	353,15 K

Spesifikasi	Keterangan
Tube	
OD	0,03 in
ID	0,02 in
Length	12 ft
Jumlah *tube*	16
Pitch	1,25 in *triangular*
ΔP *tube*	0,0162 psi
Shell	
ΔP *shell*	0,096 psi
ID *shell*	8 in
Fouling factor	0,022 $s.m^2.K/J$

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

Spesifikasi	Keterangan
Kode alat	E-215
Fungsi	Menguapkan kembali *liquid* ke kolom distilasi
Jenis	*Shell and Tube* (2-4 HE)
Jumlah	1 unit
Bahan konstruksi	*Carbon steel SA 283-Grade C*
Luas area	44,02 ft^2
Temperatur	
T_1	593,15 K
T_2	593,15 K
t_1	562,15 K
t_2	568,92 K
Tube	
OD	1 in
ID	0,834 in
Length	12 ft
Jumlah *tube*	14

Spesifikasi	Keterangan
Pitch	1 1/4 m *triangular*
ΔP *tube*	0,0445 psi
Shell	
Fouling factor	0,001 $s.m^2.K/J$

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

Spesifikasi	Keterangan
Kode alat	L-216
Fungsi	Memompa *recycle* gliserol kembali ke dalam reactor esterifikasi
Tipe	*Centrifugal pump*
Jumlah	1 unit
Kapasitas	0,28 m^3/jam
Tekanan masuk	1,35 atm
Tekanan keluar	2,33 atm
Bahan pipa	*Commercial Steel*
Ukuran pipa	IPS 0,03 m sch 40
Power pompa	0,25 kW
Power motor	0,01 kW

Tabel V. 17 Pompa Produk Reaktor Esterifikasi (L-218)

Spesifikasi	Keterangan
Kode alat	L-218
Fungsi	Memompa hasil produk reaktor esterifikasi ke dalam *Cooler* (E-219)
Tipe	*Centrifugal pump*
Jumlah	1 unit
Kapasitas	2,10 m^3/jam
Tekanan masuk	0,13 atm

Spesifikasi	Keterangan
Tekanan keluar	1,47 atm
Bahan pipa	*Commercial Steel*
Ukuran pipa	IPS 0,03 m sch 40
Power pompa	0,25 kW
Power motor	0,12 kW

Tabel V. 18 *Cooler* (E-219)

Spesifikasi	Keterangan
Kode alat	E-219
Fungsi	Mendinginkan aliran keluar reaktor esterifikasi sebelum masuk ke dalam reactor netralisasi
Jenis	*Shell and Tube* (2-4 HE)
Jumlah	1 unit
Bahan konstruksi	*Carbon steel SA 283-Grade C*
Luas area	4,67 m^2
Temperatur	
T_1	267,15 K
T_2	373,15 K
t_1	303,15 K
t_2	321,15 K
Tube	
OD	0,03 m
ID	0,02 m
Length	3,66 m
Jumlah *tube*	16
Pitch	0,03 m *triangular*
ΔP *tube*	0,16 atm
Shell	

Spesifikasi	Keterangan
ΔP *shell*	0,02 atm
ID *shell*	0,2 m
Fouling factor	0,0022 $s.m^2.K/J$

Tabel V. 19 Reaktor Netralisasi (R-310)

Spesifikasi	Keterangan
Kode alat	R-310
Fungsi	Menetralkan katalis H_3PO_4 dengan NaOH
Bentuk	Silinder dengan tutup atas dan bawah berbentuk *standard dished head*
Bahan konstruksi	*Stainless steel*, SA-240 Grade M tipe 316
Jumlah	1 unit
Pengelasan	*Double welded butt joint*
Kapasitas	8,58 m^3
Diameter bejana	
ID	2,27 m
OD	2,29 m
Tinggi liquid	
Silinder	1,98 m
Tangki	2,43 m
Tinggi	
Silinder	2,27 m
Tutup atas	0,46 m
Tutup bawah	0,46 m
Tangki	3,18 m
Tebal	

Spesifikasi	Keterangan
Silinder	0,010 m
Tutup atas	0,008 m
Tutup bawah	0,008 m
Jacket silinder	0,01 m
Jacket bagian bawah	0,02 m
Pengaduk	
Tipe	*Flat six blade turbine with disk*
Power	10,85 kW
Diameter pengaduk	0,67 m
Panjang pengaduk	0,17 m
Lebar pengaduk	0,13 m
Jarak dari dasar	0,74 m
Kecepatan putaran	2,50 rps

Tabel V. 20 Tangki NaOH (F-311)

Spesifikasi	Keterangan
Kode alat	F-311
Fungsi	Menampung bahan baku NaOH
Bentuk	Silinder dengan tutup atas dan bawah berbentuk *standard dished head*
Bahan konstruksi	*Stainless Steel* , SA-240, grade S tipe 304
Jumlah	1 unit
Pengelasan	*Double welded butt joint*
Kapasitas	0,26 m^3
Diameter tangki	
OD	0,61 m

Spesifikasi	Keterangan
ID	0,60 m
Tinggi liquid	
Silinder	0,84 m
Tangki	1,00 m
Tinggi	
Silinder	0,90 m
Tutup atas	0,16 m
Tutup bawah	0,16 m
Tangki	1,21 m
Tebal	
Silinder	0,005 m
Tutup atas	0,005 m
Tutup bawah	0,005 m

Tabel V. 21 Pompa *Feed* NaOH (L-312)

Spesifikasi	Keterangan
Kode alat	L-312
Fungsi	Memompa *feed* NaOH ke dalam reaktor netralisasi
Tipe	*Centrifugal pump*
Jumlah	1 unit
Kapasitas	0,0004 m^3/jam
Tekanan masuk	1 atm
Tekanan keluar	2,35 atm
Bahan pipa	*Commercial Steel*
Ukuran pipa	IPS 0,03 m sch 40
Power pompa	0,25 kW

Tabel V. 22 Pompa *Feed* Kolom Distilasi (L-313)

Spesifikasi	Keterangan
Kode alat	L-313
Fungsi	Memompa produk reactor netralisasi ke dalam kolom distilasi
Tipe	*Centrifugal pump*
Jumlah	1 unit
Kapasitas	1,87 m^3/jam
Tekanan masuk	1,27 atm
Tekanan keluar	2,39 atm
Bahan pipa	*Commercial Steel*
Ukuran pipa	IPS 0,03 m sch 40
Power pompa	1 kW
Power motor	0,59 kW

Tabel V. 23 Kolom Distilasi (D-320)

Spesifikasi	Keterangan
Kode	D-320
Fungsi	Memisahkan Campuran air dengan gliserol
Tipe	Full Reflux
Kapasitas	1,33 ft^3/jam
Bahan	SA 283 Grade B Carbon Steel
Jumlah	1 buah
Plate:	
Type of tray	*Reverse Flow*
Tower diameter	3 ft
Tray spacing	16 in
Active area	4,584 ft^2

Spesifikasi	Keterangan
Hole area	0,489 ft^2
Downcomer area	0,370 ft^2
Active/tower area	61,52 %
Hole spacing	4 in
Weir length	1,8 ft
Weir height	2 in
Downcomer clearence	0,28 in
Number of tray	9
Tinggi Kolom	18,32ft
Tebal Shell	3/16 in

Tabel V. 24 *Condenser* (E-321)

Spesifikasi	Keterangan
Kode alat	E-321
Fungsi	Mendinginkan aliran *top product* kolom distilasi
Jenis	*Shell and Tube* (1-2 HE)
Jumlah	1 unit
Bahan konstruksi	*Carbon steel SA 129-Grade A*
Luas area	65,98 ft^2
Temperatur	
T_1	630,68 K
T_2	630,69 K
t_1	303,15 K
t_2	353,15 K
Tube	
OD	1 in
ID	0,834 in
Length	12 ft
Jumlah *tube*	21
Pitch	1,25 in *triangular*

Spesifikasi	Keterangan
ΔP *tube*	5,28 psi
Shell	
ΔP *shell*	0,39 psi
ID *shell*	8 in
Fouling factor	0,001 s.m^2.K/J

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

Spesifikasi	Keterangan
Kode alat	E-322
Fungsi	Menguapkan kembali *liquid* ke kolom distilasi
Jenis	*Kettle Reboiler*
Jumlah	1 unit
Bahan konstruksi	*Carbon steel SA 283-Grade C*
Luas area	326,68 ft^2
Temperatur	
T_1	723,15 K
T_2	698,15 K
t_1	673,15 K
t_2	677,29 K
Tube	
OD	1 in
ID	0,834 in
Length	12 ft
Jumlah *tube*	104
Pitch	1,25 in *triangular*
ΔP *tube*	0,87 psi
Shell	
ID *shell*	17,25 in
Fouling factor	0,0004 s.m^2.K/J

Tabel V. 26 Pompa *Storage Tank* (L-323)

Spesifikasi	Keterangan
Kode alat	L-323
Fungsi	Memompa produk kolom distilasi ke dalam *storage tank GMO*
Tipe	*Centrifugal pump*
Jumlah	1 unit
Kapasitas	2,43 m^3/jam
Tekanan masuk	2 atm
Tekanan keluar	2,99 atm
Bahan pipa	*Commercial Steel*
Ukuran pipa	IPS 0,03 m sch 40
Power pompa	2,50 kW
Power motor	0,11 kW

Tabel V. 27 Tangki Gliserol Monooleat (F-324)

Spesifikasi	Keterangan
Kode alat	F-324
Fungsi	Menampung produk gliserol monooleat
Bentuk	Silinder dengan tutup atas dan bawah berbentuk *standard dished head*
Bahan konstruksi	*Stainless Steel* , SA-240, grade S tipe 304
Jumlah	1 unit
Kapasitas	51,89 m^3
Pengelasan	*Double welded butt joint*
Diameter tangki	
OD	3,66 m
ID	3,64 m

Spesifikasi	Keterangan
Tinggi liquid	
Silinder	4,61 m
Tangki	5,34 m
Tinggi	
Silinder	5,45 m
Tutup atas	0,74 m
Tutup bawah	0,74 m
Tangki	6,93 m
Tebal	
Silinder	0,0111 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. 28 Daftar Harga Peralatan Proses

No	Kode	Nama Alat	Total	Harga US$, 2014		Harga US$, 2021
				Per Unit	Total	
1	F-111	Tangki Asam Oleat	1	85.000	85.000	85.295
2	F-112	Tangki Gliserol	1	36.600	36.600	36.727
3	F-113	Tangki H_3PO_4	1	37.200	37.200	37.329
4	F-114	Tangki NaOH	1	5.200	5.200	5.218
5	L-114	Pompa *Feed* Asam Oleat	1	4.400	4.400	4.415
6	L-115	Pompa *Feed* Gliserol	1	4.400	4.400	4.415
7	L-116	Pompa *Feed* H3PO4	1	4.400	4.400	4.415
8	L-117	Pompa *Feed* Reaktor	1	4.400	4.400	4.415

No	Kode	Nama Alat	Total	Harga US$, 2014		Harga US$, 2021
				Per Unit	Total	
9	M-110	*Mixing Tank*	1	47.200	47.200	47.364
10	E-115	*Preheater*	1	3.100	3.100	3.111
11	R-210	Reaktor Esterifikasi	1	603.300	603.300	605.393
12	G-311	Pompa Vakum	1	32.800	32.800	32.914
13	E-213	*Cooler*	1	1.500	1.500	1.505
14	D-213	Kolom Distilasi	1	550.000	550.000	551.908
15	E-214	*Condenser*	1	14.800	14.800	14.851
16	E-312	*Reboiler*	1	15.400	15.400	15.453
17	L-215	Pompa *Recycle*	1	4.400	4.400	4.415
18	L-314	Pompa *Feed* Netralisasi	1	4.400	4.400	4.415
19	E-315	*Cooler*	1	1.600	1.600	1.606
20	L-312	Pompa *Feed* NaOH	1	4.400	4.400	4.415
21	R-310	Reaktor Netralisasi	1	246.200	246.200	247.054
22	L-313	Pompa *Feed*Distilasi	1	4.400	4.400	4.415
23	D-320	Kolom Distilasi	1	750.000	750.000	752.602
24	E-322	*Condenser*	1	16.900	16.900	16.959
25	E-321	*Reboiler*	1	29.600	29.600	29.703
26	L-323	Pompa *Storage Tank*	1	4.400	4.400	4.415
27	F-324	Tangki GMO	1	43.600	43.600	43.751
Total			**27**	**2.568.479**		

BAB VI
ANALISA EKONOMI

Analisa ekonomi merupakan salah satu parameter apakah suatu pabrik 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

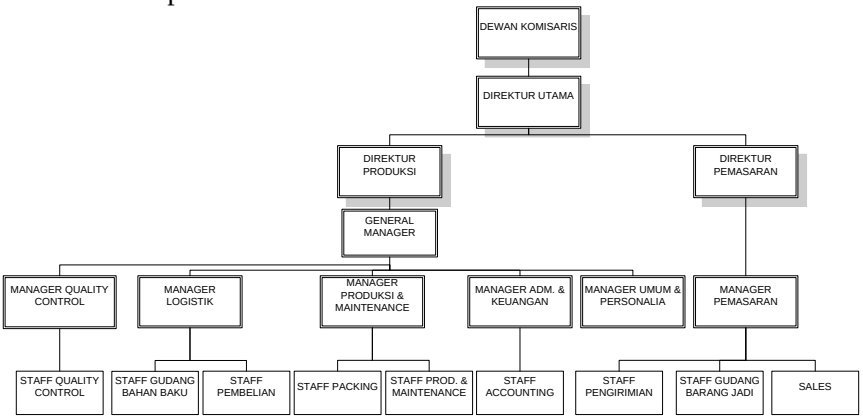
Bentuk badan perusahaan dalam Pabrik Gliserol Monooleat (GMO) ini dipilih Perseroan Terbatas (PT). Perseroan Terbatas merupakan suatu persekutuan yang menjalankan perusahaan dengan modal usaha yang terbagi beberapa saham, dimana tiap sekutu (disebut juga persero) turut mengambil bagian sebanyak satu 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 bertanggung jawab 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.	*General Manager*			1		1
6.	Sekretaris Direktur			3		3
7.	*Manager*					
	a. *Quality Control*			1		1
	b. Logistik			1		1
	c. Produksi & *Maintenance*			1		1
	d. Umum &Personalia			1		1
	e. Administrasi & Keuangan			1		1
	f. Pemasaran			1		1
8.	Dokter				2	2
9.	Perawat			2		2
10.	*Supervisor*					
	a. Produksi			6		6
	b. *Quality Control*			6		6
11.	Staff					
	a. *Quality Control*		3	2		5
	b. Gudang Bahan Baku		2	2		4
	c. Pembelian		2	2		4
	d. *Packing*		2	2		4
	e. Produksi & *Maintenance*		12	4		16
	f. Pengiriman		3	1		4

No	Jabatan	Pendidikan				Jumlah Karyawan
		SMA	D3	S1	S2	
	g. Gudang Barang Jadi		2	2		4
	h. *Accounting*		4	2		6
12.	Sales	6	2	2		10
13.	Supir	10				10
14.	Operator		15			15
15.	Karyawan tidak tetap	20				20
Total		**36**	**47**	**45**	**5**	**133**

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.

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*.

VI.2.3 *Cooling Water System*

Cooling water system yang digunkanan 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^{o}C akan mengalir ke bagian atas *cooling tower*.

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*) sebagai antisipasi dan *back up* apabila terjadi kekurangan sumber daya listrik pada salah satu generator.

GTG dibagi menjadi empat bagian, yaitu:

a. *Control package,* terdiri dari *turbine control panel, generator control panel, motor control center (MCC), station battery,* dan *charger.*

b. *Generator aux compartment (GAC),* terdiri dari *static excitation equipment, grounding system, lighting arrestor, surge capacitor, generator circuit breaker,* dan *aux transformer*.
c. *Power package,* terdiri dari sistem lubrikasi, *starting system, turbine accesory gear, speed ratio valve (SRV) gas control valve (GCV),* dan *turbine gauge panel*.
d. *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. *Uniterruptible 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_2 pada air umpan *boiler* dapat menyebabkan korosi pada perpipaan dan *tube-tube boiler*.

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 Padat

Pengelolaan limbah padat terbagi menjadi dua bagian yaitu limbah B3 (katalis bekas, oli bekas, elektronik) dan non-B3 (daun, ranting, plastik, kaleng, kaca). Pengelolaan limbah B3 diserahkan kepada pihak ketiga dan pengelolaan limbah non-B3 terbagi menjadi limbah organik dan anorganik.

VI.2.6.2 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 (*Sale*s, S)
4. Total pendapatan
   Analisa ekonomi dilakukan dengan menggunakan metode ”*Cash Flow”*

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

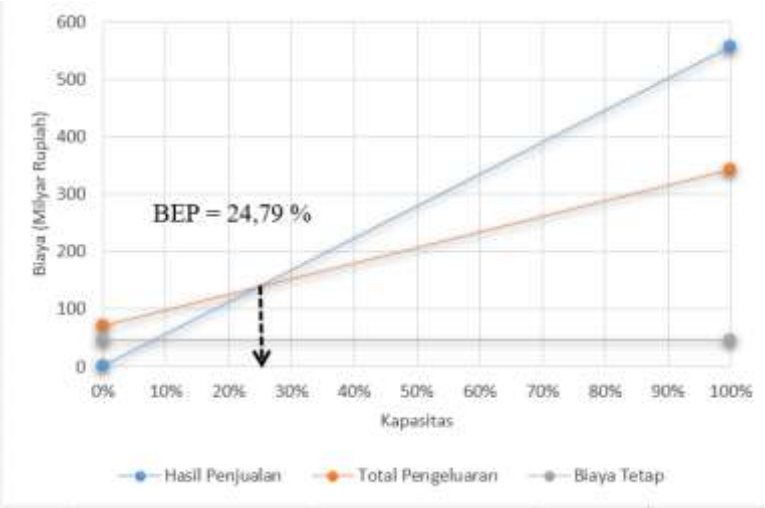
Dari hasil perhitungan dari Appendiks D didapatkan harga i = 47,57%. Harga i yang diperoleh lebih besar dari harga i untuk bunga bank yaitu i = 8,61% per tahun. Hal ini menunjukkan bahwa pabrik Gliserol Monooleat layak didirikan dengan kondisi tingkat bunga pinjaman bank 8,61 % per tahun.

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

Dari perhitungan yang dilakukan pada Appendiks D didapatkan bahwa waktu pengembalian modal minimum adalah 4,36 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 Appendiks D didapatkan bahwa nilai titik impas atau BEP = 24,79% pada kapasitas produksi 12.000 ton/tahun.



Gambar VI. 2 *Break Event Point (BEP)*

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 47,57% Angka ini lebih besar dari bunga bank yaitu 8,61%. Modal pabrik akan kembali setelah pabrik beroperasi selama 4,36 tahun. Waktu ini relatif singkat jika dibandingkan dengan perkiraan umur pabrik 10 tahun. *Break Even Point* yang didapat sebesar 24,79%. 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 : 12.000 ton/tahun

3. Kebutuhan Bahan Baku
   - Asam Oleat : 10.126,12 ton/tahun
   - Gliserol : 3.262,14 ton/tahun
   - H_3PO_4 : 147,64 ton/tahun
   - NaOH : 3,57 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 Bank : 8,61% per tahun
      - Total Investasi (TCI) : Rp278.131.942.644
      - *Total Production Cost* (TPC) : Rp343.207.855.788

   b. Penerimaan :
      - Hasil Penjualan (kapasitas 100%) : Rp556.921.950.000

   c. Rehabilitasi Perusahaan :
      - Laju Pengembalian Modal (IRR) : 47,57%
      - Waktu Pengembalian Modal (POT) : 4,36 tahun
      - Titik Impas (BEP) : 24,79%

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. Diakses pada 3 Maret 2020, 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 3 Maret 2020, pukul 11.30 WIB.

Bank Central Asia, Administrator. 2020. *Suku Bunga Kredit Bank di Indonesia*. http://bca.go.id. Diakses pada 15 Juni 2020, pukul 08.00 WIB.

Brownell, Lloyd E. 1979. *Equipment Design*. New Delhi: Wiley Eastern Ltd.

Coulson & Richardson. 2001. *Chemical Engineering Volume 6 3th Edition*. Butterworth: Heinneman.

Donald, Woods. 2007. *Rules of Thumb in Engineering Practice.* New York: John Wiley & Sons Inc.

Geankoplis, Christie. 2003. *Transport Process and Unit Operations 4th Edition.* New Jersey: Prentice-Hall, Inc.

Google, Administrator. 2020. *Maps of Dumai, Riau.* http://www.google.co.id/maps. Diakses pada 20 Maret 2020, pukul 05.30 WIB.

Grand View Research, Administrator. 2017. *Food Emulsifiers Market Analysys.* http://www.grandviewresearch.com. Diakses pada 20 Maret 2020, pukul 05.00 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 Princples 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.

Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Administrator. 2018. *Perkembangan Surfaktan Secara Besar-besaran.* www.lipi.go.id/. Diakses pada 3 Maret 2020, pukul 11.00 WIB.

Levenspiel, Octave. 1999. *Chemical Reaction Engineering 3rd 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.

Ludwig, E. E. 1997. *Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants Vol 2 Third Edition.* United State of America: Gulf Publishing Company.

Matches, Administrator. 2019. *Index of Process Equipment*. http://www.matche.com. Diakses pada 15 Juni 2020, pukul 10.00 WIB.

Winkle, Matthew Van. 1967. *Distillation*. New York: McGraw-Hill Book Company.

McCabe, Warren L. 1993. *Unit Operations of Chemical Engineering 5th Edition*. New York: McGraw Hill, Inc.

McKetta, J. J. 1984. *Encyclopedia of Chemical Processing and Design.* New York: Marcel Dekker Inc.

Perry, Robert H. 1997. *Perry's Chemical Engineers' Handbook 7th Edition*. New York: Mc Graw Hill, Inc.

Pfeiffer-Vacuum Pump. 2018. Basic Calculations of Vacuum Pump. Pfeiffer Vacuum GMBH.

PT. Nippon Paint Indonesia. 2017. Produksi Cat Industri. www.nipponpaint-indonesia.com. Diakses pada hari Selasa, 4 Maret 2020, pukul 14.00 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 Giude 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.