TUGAS DESAIN PABRIK KIMIA - TK 184703

PRA DESAIN PABRIK PROPILEN GLIKOL MELALUI PROSES HIDROGENASI GLISEROL

Eka Maulana Idzati
NRP. 02211746000002
Aldilla Bayu Yudhistira
NRP. 02211746000037

Dosen Pembimbing :
Firman Kurniawansyah, S.T., M.Eng.Sc.,Ph.D.
NIP. 1977 05 29 2003 12 1 002
Hikmatun Ni'mah, S.T., M.Sc., Ph.D.
NIP. 1984 10 10 2009 12 2 006

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

TUGAS DESAIN PABRIK KIMIA – TK 184703

PRA DESAIN PABRIK PROPILEN GLIKOL MELALUI PROSES HIDROGENASI GLISEROL

Eka Maulana Idzati
NRP. 02211746000002
Aldilla Bayu Yudhistira
NRP. 02211746000037

Dosen Pembimbing :
Firman Kurniawansyah, S.T., M.Eng.Sc.,Ph.D.
NIP. 1977 05 29 2003 12 1 002
Hikmatun Ni'mah, S.T., M.Sc., Ph.D.
NIP. 1984 10 10 2009 12 2 006

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

PLANT DESIGN PROJECT – TK 184703

PRE-DESIGN OF PROPILLEN GYLICOL FACTORY THROUGH THE GLYCEROL HYDROGENATION PROCESS

Eka Maulana Idzati
NRP. 02211746000002
Aldilla Bayu Yudhistira
NRP. 02211746000037

Advisors :
Firman Kurniawansyah, S.T., M.Eng.Sc.,Ph.D.
NIP. 1977 05 29 2003 12 1 002
Hikmatun Ni'mah, S.T., M.Sc., Ph.D.
NIP. 1984 10 10 2009 12 2 006

DEPARTMENT OF CHEMICAL ENGINEERING
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY AND SYSTEM ENGINEERING
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY SURABAYA
2020

LEMBAR PENGESAHAN

Laporan Tugas Desain Pabrik Kimia dengan Judul :

"PRA DESAIN PABRIK : PROPILEN GLIKOL MELALUI PROSES HIDROGENASI GLISEROL"

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

Oleh :

Eka Maulana Idzati	**02211746000002**
Aldilla Bayu Yudhistira	**02211746000037**

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Desain Pabrik Kimia :

1. Firman Kurniawansyah, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D. ..... (Pembimbing I)
2. Hikmatun Ni'mah, S.T., M.Sc., Ph.D. ..... (Pembimbing II)
3. Prof. Dr. Ir. Achmad Roesyadi, DEA. ..... (Penguji I)
4. Prof. Dr. Ir. Arief Widjaja, M.Eng. ..... (Penguji II)
5. Donny Satria Bhuana, S.T., M.Eng. ..... (Penguji III)

Mengetahui,
Kepala Departemen Teknik Kimia

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

Surabaya,
Agustus 2020

INTISARI

Propilen glikol (1,2-propadienol, 1,2-dihydroxypropane atau 1,2-propilen glikol) merupakan suatu senyawa organic yang banyak sekali digunakan dalam industri makanan, kosmetik dan farmasi, baik sebagai pelarut, pelembut pada kosmetik maupun sebagai absorber untuk menghilangkan *excess* air. Senyawa ini juga dapat dijadikan sebagai *wetting agent* yang sempurna untuk *natural gum* dan dapat menjadi katalis dalam proses penyederhanaan persenyawaan sitrus dan emulsi perasa lainnya. Saat ini Indonesia masih melakukan impor propilen glikol rata-rata sebesar 30 ribu ton per tahun untuk kebutuhan industri kosmetik, makanan dan lainnya.

Bahan baku yang digunakan untuk memproduksi propilen glikol adalah gliserol dari hasil produk samping industri biodiesel yang saat ini sedang dikembangkan di Indonesia. Hasil yang melimpah dari *byproduct* biodiesel ini sebagian besar di ekspor dengan rata-rata pertahun sebesar 139.752.204 kg atau sekitar 140 ribu ton per tahun. Proyeksi kenaikan kebutuhan biodiesel di Indonesia diperkirakan sekitar 5% tiap tahunnya, sedangkan pertumbuhan propilen glikol sebesat 1,2%, sehingga pada tahun produksi pabrik 2022 diperkirakan pabrik ini akan tetap mendapat *supply* yang cukup untuk memenuhi pertumbuhan produksi.

Propilen glikol (PG) dapat diproduksi melalui 2 metode yaitu acetol *pathway* dan glyceraldehyde *pathway*. Dalam pemilihan proses ini, diperlukan beberapa pertimbangan 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 relatif rendah. Berdasarkan pertimbangan tersebut proses yang dipilih adalah *acetol pathway*, karena konversi dari produk yang dihasilkan sebesar 90% – 100% dan menghasilkan produk samping berupa air, metanol, n-propanol, isopropanol.

Pabrik propilen glikol ini direncanakan akan berlokasi di Ngoro, Mojokerto, Jawa Timur dengan pertimbangan ketersediaan bahan baku yang dekat, Transportasi untuk pemasaran produk maupun bahan baku, Utilitas yang dekat dengan sungai, dan Tenaga Kerja. Pabrik ini dirancang dengan kapasitas produksi sebesar 20.000 ton/tahun dengan pertimbangan nilai data impor dan ekspor produk maupun bahan baku.

Proses pembuatan propilen glikol pada parik ini ada 3 tahapan utama, yaitu *pre-treatment*, reaksi dan pemurnian. Proses pre-treatment bertujuan untuk menghilangkan kandungan garam organik dan metanol yang terdapat pada crude gliserol. Sedangkan pada tahapan reaksi gliserol murni di hidrogenasi pada reaktor hidrogenasi hingga terbentuk propilen glikol. Untuk tahapan pemurnian, propilen glikol dipisahkan dari *waste water*, sisa acetol sebagai produk intermediet dan propanol sebagai produk samping menggunakan metode distilasi hingga kemurnian propilen glikol mencapai 97%.

Untuk dapat mendirikan pabrik propilen glikol dari gliserol berkapasitas 20.000 ton/tahun diperlukan total capital investment sebesar Rp. 267.862.525.132,79,- total production cost sebesar Rp. 169.302.685.000,- dengan estimasi hasil penjualan per tahun sebelum kena pajak yaitu sebesar Rp. 329.427.600.000,00,-. Dengan estimasi umur pabrik 10 tahun dan waktu pengembalian pinjaman selama 10 tahun, dapat diketahui *Return Of Investment* (ROI) sebesar 28,37 %, *Pay Out Time* (POT) selama 3.4 tahun dan *break even point* (BEP) sebesar 29,81%, sehingga pendirian pabrik propilen glikol dari gliserol ini layak untuk direalisasikan pembangunannya.

KATA PENGANTAR

Puji syukur Alhamdulillah kehadirat Allah SWT Yang Maha Mengetahui terhadap setiap yang ada di bumi dan di langit, hanya karena rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Pra-Desain Pabrik ini. Tugas Pra Desain Pabrik ini berjudul "**PRA DESAIN PABRIK : PROPILEN GLIKOL MELALUI PROSES HIDROGENASI GLISEROL**."

Penulisan Tugas Pra-Desain Pabrik ini tidak lepas dari dukungan dan bantuan berbagai pihak. Oleh sebab itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Orang tua serta seluruh keluarga penyusun atas doa, dukungan, bimbingan, perhatian dan kasih sayang yang selalu tercurah selama ini.
2. Ibu Dr.Eng Widiyastuti, S.T., M.T., selaku Kepala Departemen Teknik Kimia FTIRS-ITS Surabaya.
3. Bapak Dr. Kusdianto, S.T., M.Sc.Eng., selaku Sekretarsi Departemen I
4. Bapak Prof. Dr. Ir. Achmad Roesyadi, DEA selaku Kepala Laboratorium Teknik Reaksi Kimia, atas bimbingan dan saran yang telah diberikan.
5. Bapak Firman Kurniawansyah,S.T.,M.Eng.Sc.,Ph.D dan Ibu Hikmatun Ni'mah, S.T, M.Sc, Ph.D selaku dosen pembimbing kami di Laboratorium Teknik Reaksi Kimia, atas bimbingan dan saran yang telah diberikan.
6. Bapak dan Ibu Dosen Pengajar serta seluruh karyawan Departemen Teknik Kimia FTIRS-ITS.
7. Teman - teman dari Laboratorium Teknik Reaksi Kimia dan semua teman - teman Lintas Jalur Teknik Kimia FTIRS-ITS serta semua pihak yang telah banyak membantu, yang tidak dapat kami sebutkan satu-persatu.

Penyusun menyadari bahwa penulisan laporan ini masih banyak kekurangan dan jauh dari sempurna, oleh karena itu penyusun

sangat mengharapkan saran dan masukan yang konstruktif demi kesempurnaan laporan ini.

Surabaya, Januari 2020

Penyusun

DAFTAR ISI

		halaman
HALAMAN JUDUL		i
LEMBAR PENGESAHAN		iv
INTISARI		v
KATA PENGANTAR		vii
DAFTAR ISI		ix
DAFTAR GAMBAR		xi
DAFTAR TABEL		xii
BAB I	**LATAR BELAKANG**	1
	I.1 Latar Belakang	1
	I.2 Marketing Aspek	1
	I.3 Prospek Produk	2
	I.4 Kegunaan Produk	2
BAB II	**BASIS DESAIN DATA**	4
	II.1 Kapasitas Produksi	4
	II.2 Lokasi Pabrik	6
	II.2.1 Ketersediaan Bahan Baku	6
	II.2.2 Transportasi	7
	II.2.3 Utilitas	7
	II.2.4 Tenaga Kerja	8
	II.3 Kualitas Bahan Baku dan Produk	9
	II.3.1 Bahan Baku	9
	II.3.2 Produk yang dihasilkan	11
BAB III	**SELEKSI DAN URAIAN PROSES**	14
	III.1 Seleksi Proses Pembuatan Propilen Glikol	14
	III.1.1 Acetol Pathway	14
	III.1.2 Glyceraldehide Pathway	15
	III.1.3 Proses Hidrogenasi	15
	III.2 Pemilihan Proses Propilen Glikol	20
	III.3 Uraian Proses	21

halaman
BAB IV NERACA MASSA DAN ENERGI 24
IV.1 Neraca Massa 24
IV.2 Neraca Energi 31
BAB V DAFTAR DAN HARGA PERALATAN 42
V.1 Daftar Peralatan 42
BAB VI ANALISA EKONOMI 61
VI.1 Pengolahan Sumber Daya Manusia 61
VI.1.1 Bentuk Badan Perusahaan 61
VI.1.2 Sistem Organisasi Perusahaan 61
VI.1.3 Perincian Jumlah Tenaga Kerja 68
VI.1.4 Status Karyawan dan Pengupahan. 71
VI.2 Utilitas 72
VI.2.1 Unit Pengolahan Air 72
VI.2.2 Unit Penyediaan Steam 73
VI.2.3 Unit Pembangkit Tenaga Listrik ... 73
VI.2.4 Unit Pendinginan 73
VI.3 Analisa Ekonomi..... 74
VI.3.1 Analisis Keuangan..... 74
VI.3.2 Analisis IRR 74
VI.3.3 Analisis POT 75
VI.3.4 Analisis BEP..... 75
BAB VII KESIMPULAN 77
VII.1 Kesimpulan 77
DAFTAR PUSTAKA 78

DAFTAR GAMBAR

		halaman
Gambar II.1	Peta Lokasi Pendirian Pabrik Propilen Glikol	8
Gambar II.2	Sebaran Industri Biodiesel di Indonesia	9
Gambar III.1	Pembuatan Propilen Glikol Melalui Acetol Pathway.....	14
Gambar III.2	Pembuatan Propilen Glikol Melalui Glyceraldehide Pathway	15
Gambar III.3	Proses Hidrogenasi	15
Gambar III.4	Proses Produksi Propilen Glikol pada Paten US2010	17
Gambar III.5	Proses Produksi Propilen Glikol pada Paten US7943806	18
Gambar III.6	Proses Produksi Propilen Glikol pada Paten US7943805	18
Gamabr III.7	Alternatif 2 Proses pada Paten 7943805	19
Gamabr III.8	Alternatif 2 Reaksi pada Paten US 7943805 B2	19
Gambar III.8	Alternatif 3 Proses pada Paten US 7943805 B2.....	19
Gambar III.8	Alternatif 3 Proses pada Paten US 8.937.202 B2	20
Gambar VI.1	Struktur Organisasi Perusahaan	62
Gambar VI.2	Kebutuhan Pekerja Operator untuk Industri Kimia	69
Gambar VI-3	Grafik *Break Event Point*.....	76

DAFTAR TABEL

halaman

Tabel II.1 Data Impor Propilen Glikol di Indonesia tahun 2013-2018 4
Tabel II.2 Data Ekspor Propilen Glikol di Indonesia tahun 2013-2018 4
Tabel II.3 Data Perusahaan Biodiesel di Indonesia 7
Tabel II.4 Spesifikasi Bahan Baku Crude Gliserol 10
Tabel II.5 Spesifikasi Bahan Baku Gas Hidrogen 11
Tabel II.6 Spesifikasi Produk Utama Propilen Glikol 11
Tabel II.7 Spesifikasi Produk Samping Npropanol 12
Tabel II.8 Spesifikasi Produk Samping Isopropanol..... 13
Tabel II.9 Spesifikasi Produk Samping Air 13
Tabel III.1 Pemilihan Proses Pembuatan Propilen Glikol 20
Tabel IV1.1 Neraca Massa *Overall* Elektrodeionisasi (H-113) 21
Tabel IV.1.2 Neraca Massa *Overall* Flash Drum (F-110)..... 26
Tabel IV.1.3 Neraca Massa *Overall* Reaktor Hidrogenasi (R-210)..... 27
Tabel IV.1.4 Neraca Massa *Overall* kolom destilasi (D-310) 28
Tabel IV.1.5 Neraca Massa *Overall* Kondenser (E-311 B) 29
Tabel IV.I.6 Neraca Massa *Overall* Reboiler (E-315)..... 30
Tabel IV.2.1 Neraca Energi *Overall* Elektrodeionisasi (H-113) 32
Tabel IV.2.2 Neraca Energi *Overall* Heater (E-115) 33
Tabel IV.2.3 Neraca Panas *Overall* Flash Drum (F-110) 33
Tabel IV.2.5 Neraca Energi Heater (E-21..... 34
Tabel IV.2.5 Neraca Energi *Overall Hidrogenation Reactor* (R-210) 35
Tabel IV.2.6 Neraca Energi *Overall* Condenser (E-311 A) 36

halaman

Tabel IV.2.7 Neraca Energi Kolom Destilasi (D-310)..... 37
Tabel IV.2.8 Neraca Energi *Overall* Condenser (E-311 B) 37
Tabel IV.2.9 Neraca Energi *Overall* Reboiler (E-315) 38
Tabel IV.2.10 Neraca Energi *Overall* Cooler (E-311 C) ... 39
Tabel IV.2.11 Neraca Energi Condensor (E-317)..... 40
Tabel IV.2.12 Neraca Energi Mixing Point 41
Tabel V.1 Spesifikasi Tangki Penampung Crude Gliserol (F-111)..... 42
Tabel V.2 Spesifikasi Pompa (L-112)..... 43
Tabel V.3 Spesifikasi Alat Elektrodeionisasi (H-113)... 43
Tabel V.4 Spesifikasi Pompa (L-114)..... 44
Tabel V.5 Spesifikasi Heat Exchanger (E-115) 45
Tabel V.6 Spesifikasi Tangki Flash Drum (F-110)..... 45
Tabel V.7 Spesifikasi Pompa (L-116)..... 46
Tabel V.8 Spesifikasi Alat Condenser (E-117) 47
Tabel V.9 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Refined Gliserol (F-211)..... 47
Tabel V.10 Spesifikasi Pompa (L-212)..... 48
Tabel V.11 Spesifikasi Alat Heat Exchanger (E-213)..... 49
Tabel V.12 Spesifikasi Kompresor (G-214)..... 49
Tabel V.13 Spesifikasi Reaktor Hidrogenasi Katalitik (R-210) 50
Tabel V.14 Spesifikasi Alat kondenser (E-311 A)..... 51
Tabel V.15 Spesifikasi Alat Flash Drum (F-312) 51
Tabel V.16 Spesifikasi Pompa (L-313 A) 52
Tabel V.17 Spesifikasi Propilen Glikol Destillation (D-310) 53
Tabel V.18 Spesifikasi Alat Kondenser (E-311 B) 54
Tabel V.19 Spesifikasi Akumulator (F-314)..... 54
Tabel V.20 Spesifikasi Alat Reboiler (E-315) 55
Tabel V.22 Spesifikasi Pompa (L-313 C) 56
Tabel V.23 Spesifikasi Pompa (L-313 B) 57

halaman

Tabel V.24 Spesifikasi Alat Tangki Penyimpanan Effluent (F-316B) 58
Tabel V.25 Spesifikasi Alat Tangki Penyimpanan Propilen Glikol 59
Tabel V.26 Daftar Harga Peralatan 60
Tabel VI.1 Daftar kebutuhan karyawan pabrik propilen glikol..... 69
Tabel VI.2 Jadwal Shift dengan Sistem 2-2-2 71

BAB 1
LATAR BELAKANG

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan industri di Indonesia dari tahun ke tahun cenderung mengalami peningkatan. Beberapa industri yang dimaksud adalah industri makanan, farmasi, produk kimia, industri kosmetik, dan industri energi yang terbarukan. Salah satu energi terbarukan yang saat ini sedang dikembangkan adalah biodiesel. Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif yang dihasilkan melaui transesterifikasi alkohol dan minyak nabati atau lemak hewani.

Gliserol adalah produk samping produksi biodisel dari reaksi transesterifikasi dan merupakan senyawa alkohol dengan gugus hidroksil berjumlah tiga buah atau lebih tepat dinamai 1,2,3-propanetriol. Aplikasi gliserol biasanya digunakan sebagai bahan aditif pada industri makanan, kosmetik, dan farmasi. Dalam pengaplikasiannya, kebutuhan gliserol sebagai bahan aditif cukup kecil. Sehingga teknologi baru untuk menghasilkan produk berharga dengan pasar yang relatif besar dari gliserol sangat dibutuhkan. Teknologi baru yang dapat dikembangkan pada gliserol yaitu mengkonversi gliserol menjadi beberapa produk atau senyawa turunan. Salah satu senyawa turunan dari gliserol yang berpotensi dalam hal tersebut adalah senyawa propilen glikol.

1.2 Marketing Aspek

Pada tahun 2018 produksi tahunan biodiesel secara global sebesar 8.7 milyar galon dan Indonesia menduduki peringkat ke 3 sebagai produsen biodiesel sebesar kurang lebih 1,05 milyar galon (T Wang, 2019). Seiring dengan keberhasilan industri biodiesel global, produksi gliserol sebagai produk sampingan dari produksi biodiesel juga akan meningkat. Peningkatan gliserol mentah sangat mempengaruhi harga pasar gliserol yang turun dari $ 0,43 / kg pada tahun 2003 menjadi $ 0,18 / kg pada tahun 2010 untuk gliserol murni, dan hanya menjadi $ 0,02 / kg untuk minyak mentah

gliserin. Meskipun berbagai produk bisa berasal dari gliserol untuk aplikasi yang berbeda, permintaan untuk produk ini masih belum cukup untuk menangani meningkatnya pasokan gliserol mentah (*Maglinao, 2011*).

Gliserol juga merupakan produk samping yang tidak digunakan dari industri biodiesel dan mudah didapatkan. Karena kemudahan untuk mendapatkannya inilah, maka gliserol banyak digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan propilen glikol. Industri biodiesel yang menghasilkan gliserol ini juga merupakan industri yang sedang berkembang di Indonesia, sehingga pasokan gliserol sebagai bahan baku pembuatan propilen glikol juga mudah didapatkan dari tahun ke tahun.

1.3 Prospek Produk

Gliserol pada pabrik produksi propilen glikol didapatkan dari industri biodiesel yang produksi biodiesel di Indonesia menduduki nomor 3 di Dunia. Sedangkan dari impor propilen glikol yang sangat banyak ini menyebabkan demand propilen glikol semakin meningkat dari tahun ke tahun. Peningkatan akan permintaan propilen glikol diproyeksikan dari tahun 2013 sampai 2018 sebesar 1,2% per tahun (UNData,2019). Namun, hingga saat ini belum ada satu pun perusahaan Indonesia yang memproduksi propilen glikol, sehingga seluruh kebutuhan untuk industri dalam negeri masih mengandalkan impor. Hal ini menyebabkan harga jual propilen glikol meningkat, sehingga pembuatan pabrik propilen glikol di Indonesia sangat diperlukan mengingat permintaan propilen glikol meningkat sebagai bahan baku pada industri farmasi, kosmetik, dan makanan di Indonesia. Oleh karena itu, pembangunan pabrik propilen glikol sangat diperlukan.

1.4 Kegunaan Produk

Propilen glikol (1,2-propadienol, 1,2-dihydroxypropane atau 1,2-propilen glikol) adalah cairan jenuh, kental, dan tidak bewarna yang memiliki sedikit bau, rasa yang pahit manis dan tekanan uap rendah. Propilen glikol merupakan suatu senyawa

organic yang aplikasinya banyak dalam industri makanan, kosmetik dan farmasi, baik sebagai pelarut, pelembut pada kosmetik maupun sebagai absorber untuk menghilangkan *excess* air. Senyawa ini juga dapat dijadikan sebagai *wetting agent* yang sempurna untuk *natural gum* dan dapat menjadi katalis dalam proses penyederhanaan persenyawaan sitrus dan emulsi perasa lainnya. Propilen glikol taraf industri merupakan perantara penting pada produksi resin alkil untuk cat dan *furnace*. Kegunaan lain dari propilen glikol adalah sebagai pendingin untuk automobile dan truk bermesin diesel. Propilen glikol memiliki sifat toksisitas yang rendah dan sifat formulasi yang baik, sehingga propilen glikol seringkali digunakan sebagai bahan baku pada produk makanan, kosmetik dan obat-obatan. Selain merupakan antimikroba dan pengawet makanan yang efektif, propilen glikol dapat dimanfaatkan secara luas sebagai pelarut bahan organic dan dapat larut dengan sempurna dalam air. Propilen glikol merupakan pelarut penting untuk senyawa aromatic pada industri konsentrat perasa

BAB II
BASIS DESAIN DATA

II.1 Kapasitas Produksi

Penentuan kapasitas produksi suatu pabrik merupakan hal yang mendasar dan sangat penting karena merupakan faktor yang sangat berpengaruh dalam perhitungan teknis dan analisis ekonomi suatu pabrik. Penentuan kapasitas perancangan pabrik didasarkan pada kebutuhan propilen glikol dari tahun ke tahun di Indonesia, di dunia, kapasitas pabrik yang sudah ada dan ketersediaan bahan baku. Dari kebutuhan impor dan ekspor propilen glikol di Indonesia dan produsen propilen glikol di dunia, ditunjukkan pada tabel dibawah ini:

Tabel II.1 Data Perkembangan Impor Propilen Glikol di Indonesia Tahun 2013-2018

Tahun	Berat (Ton/Tahun)	Pertumbuhan
2013	36457	0
2014	35743	-0,019584716
2015	35218	-0,014688191
2016	36748	0,043443694
2017	39817	0,083514749
2018	39024	-0,019916116
Pertumbuhan		0,012128237

Tabel II.2 Data Perkembangan Ekspor Propilen Glikol di Indonesia Tahun 2013-2018

Tahun	Berat (Ton/Tahun)	Pertumbuhan
2013	392	0
2014	250	-0,362244898

2015	227	-0,092
2016	235	0,035242291
2017	361	0,536170213
2018	0	-1
Pertumbuhan		-0,147138732

(Sumber: UNData, 2019)

Pabrik Propilen Glikol ini akan direncanakan mulai beroprasi pada tahun 2021 dengan mengacu pada kebutuhan nasional Propilen Glikol. Dari data perkembangan Propilen Glikol di Indonesia, dapat diprediksi perkembangan Propilen Glikol pada Tahun 2021 berdasarkan Persamaan :

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

(Sumber : Kusnarjo, 2010)

Dimana :

F : Jumlah Produk pada tahun 2021 (ton)
P : Jumlah Produk pada tahun 2018 (ton)
i : Pertumbuhan rata-rata pertahun (%)
n : Selisih tahun yang diperhitungkan

Dengan menggunakan persamaan diatas dapat dihitung proyeksi nilai ekspor dan impor dari Propilen Glikol pada tahun 2021, kemudian hasil perhitungan ditabelkan pada Tabel II.3

Ekspor = Ekspor Tahun 2018 *(1 + pertumbuhan rata-rata)$^{2021-2018}$
= 0 *(1+(-0,147138732))$^{2021-2018}$
= 0 Ton

Impor = Impor tahun 2018 *(1+pertumbuhan rata-rata)$^{2021-2018}$
= 39024*(1+0,012128237)$^{2021-2018}$
= 40461,16713 Ton

Tabel II.3 Data Hasil Perhitungan Proyeksi Propilen Glikol di Indonesia Tahun 2021

Proyeksi	Berat (Ton/Tahun)
Ekspor	0
Impor	40461,16713

Dari diatas, dapat ditentukan bahwa kebutuhan Propilen Glikol yang belum terpenuhi pada tahun 2021, Sebagaimana dalam perhitungan berikut :

Kebutuhan Propilen Glikol = [F(impor) - F(ekspor)](2022)
= 40461,16713 – 0
= **40461,16713 Ton**

Pabrik Propilen Glikol ini Kemudian Diranacang untuk menutupi nilai impor Propilen Glikol di Indonesia pada tahun 2022 dan sebagai antisipasi terjadi kenaikan permintaan pasar secara tak terduga, maka kapasitas pabrik kemudian ditetapkan sebesar **20.000 Ton/Tahun**, dimana pabrik akan beroperasi selama 24 jam sehari, 330 hari per tahun. Dari perencanaan kapasitas produksi pabrik Propilen ini, diharapkan dapat memenuhi kebutuhan Propilen Glikol di Indonesia.

II.2 Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi suatu pabrik merupakan salah satu masalah pokok yang menunjang keberhasilan suatu pabrik dan akan mempengaruhi kelangsungan dan kemajuan pabrik tersebut. Pabrik propilen glikol ini direncanakan akan berlokasi di Ngoro, Mojokerto, Jawa Timur dengan pertimbangan beberapa aspek yang berpengaruh terhadap proses operasi, antara lain:

II.2.1. Ketersediaan bahan baku

Bahan baku merupakan faktor utama dalam kelangsungan operasi suatu pabrik. Sehingga pengadaan bahan baku sangat diprioritaskan. Jika lokasi yang dipilih mendekati dengan sumber bahan baku maka akan mengurangi biaya transportasi. Bahan baku yang digunakan adalah Gliserol yang merupakan produk samping

dari Industri Biodiesel. Perusahaan yang memproduksi Gliserol dapat dilihat pada **Tabel II.4.** Seluruh perusahaan yang memproduksi Gliserol di daerah Jawa memiliki kapasitas produksi yaitu sebesar 250200 ton/tahun.

Tabel II.3 Data Perusahaan Biodiesel di Indonesia

Nama	Daerah	Kapasitas (ton/tahun)
PT.Alpha Global Cynergy	Banten	952.4
PT.Indo Biofuel Energy	Cilegon	5473.5
PT.Sinar Mas Bio Energy	Kalimantan	34961.9
PT.Darmex Biofuel	Bekasi	22806.0
PT.Sumi Asih	Bekasi	9122.6
PT.Energi Baharu Lestari	Gresik	9122.6
PT.Wilmar Nabati Indonesia	Gresik	132183.9
PT.Batara Elok Semesta Terpadu	Gresik	22806.0
PT.Anugrahinti Gemanusa	Gresik	12771.4
Total		**250200.4**

II.2.2. Transportasi

Fasilitas transportasi berupa angkutan darat, dan laut di daerah ini cukup memadai, sehingga pengiriman bahan baku ataupun pemasaran produk dapat berjalan lancar. Selain itu, Kota Surabaya khususnya Osowilangon yang memiliki letak dekat pelabuhan Teluk Lamong dimana hal tersebut sangat berperan dalam kegiatan operasional pabrik. Transportasi bahan baku maupun produk cukup mudah.

II.2.3. Utilitas

Utilitas suatu pabrik meliputi energi (listrik), *steam* dan air. Daerah Ngoro, Mojokerto yang terletak di provinsi Jawa Timur memiliki Kawasan Industri dimana lokasinya dekat dengan Sungai Brantas, sehingga utilitas tidak sulit didapatkan. Untuk energi sendiri, daerah Ngoro merupakan kawasan industri yang cukup besar sehingga energi yang dibutuhkan dapat dipenuhi oleh PLN.

II.2.4. Tenaga Kerja

Kawasan Industri Gresik dan Surabaya terletak tidak terlalu jauh dari pusat kota yang memiliki banyak lembaga pendidikan formal maupun nonformal sehingga memiliki potensi tenaga ahli baik dari segi kualitas maupun kuantitas. Dengan didirikannya pabrik ini akan mengurangi tingkat pengangguran baik dari penduduk sekitar ataupun penduduk urban. Selain itu, tenaga ahli juga dapat diambil dari luar daerah mengingat Gambar 2.1 lokasi pabrik yang tidak jauh dari pusat kota sehingga memudahkan akses.

Gambar II.1 Peta lokasi pendirian pabrik propilen glikol

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

Temperatur	: 24 – 37 ^{o}C
Kelembapan	: 82 %
Kecepatan angin	: 6 - 18 km/jam

(id.meteocast.net)

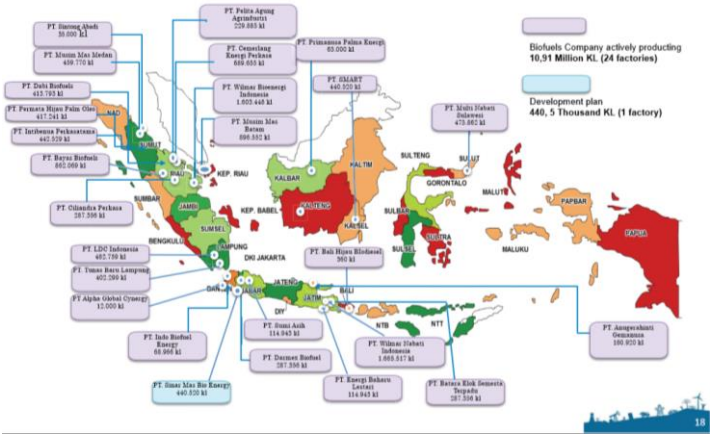
II.3 Kualitas Bahan Baku dan Produk

II.3.1 Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan untuk memproduksi propilen glikol adalah gliserol yang merupakan hasil dari produk samping industri biodiesel yang saat ini sedang dikembangkan di Indonesia untuk mengurangi penggunaan bahan bakar fosil.

Gliserol adalah produk samping produksi biodisel dari reaksi transesterifikasi dan merupakan senyawa alkohol dengan gugus hidroksil berjumalh tiga buah. Gliserol (1,2,3 propanetriol) merupakan cairan yang tidak berwarna, tidak berbau dan merupakan cairan kental yang memiliki rasa manis (Pagliaro dan Rossi., 2008). Gliserol dapat dimurnikan dengan proses destilasi agar dapat digunakan pada industri makanan, farmasi atau juga dapat digunakan untuk pengolahan air. Sebagai produk samping industri biodiesel, gliserol belum banyak diolah sehingga nilai jualnya masih rendah.

Gliserol pada pabrik produksi propilen glikol didapatkan dari industri biodiesel, yang kebutuhannya terus naik setiap tahun. Proyeksi kenaikan kebutuhan biodiesel di Indonesia diperkirakan



Gambar II.2 Sebaran Industri Biodiesel di Indonesia

Diperkirakan pabrik propilen glikol ini akan mendapatkan *supply* gliserol dari :

1. PT. Wilmar Nabati Indonesia
2. PT. Energi Baharu Lestari
3. PT. Batara Elok Semesta Terpadu
4. PT. Anugerah inti Gemanusa

Gliserol dari produksi biodiesel masih terkontaminasi berbagai kontaminan seperti air, monogliserida, digliserida, garam, sabun, residu katalis dan beberapa residu ester. Komposisi *crude* gliserol yang didapatkan dari *byproduct* biodiesel adalah sebagai berikut:

- Crude glycerol, 70 to 88 wt%
- Air 15-20 wt%
- Methanol, <1 wt%
- Garam, 1-5 wt%
- Air, <5 to 15 wt%
- Asam lemak bebas, <1 to 5 wt%
- Monoglisedia / digliserida / trigliserida / metil ester / senyawa organik lain, <1 to 5 wt%
- pH 6 hingga 8 sekitar 5% tiap tahunnya.

a. Crude Gliserol

Tabel II.4 Spesifikasi Bahan Baku Crude Gliserol

Spesifikasi	**Keterangan**
Nama	Crude Gliserol
Rumus Molekul	1,2,3-propanetriol
Rumus Empiris	C8H8O3
Berat Molekul	92,09
Bentuk Molekul	CH_2-OH | $CH-OH$ | CH_2-OH
Komposisi	
Nama Komponen	**Konsentrasi**
Gliserol	>80% wt
Air	<15% wt
Salt NaCl	<5% wt
Metanol	<1% wt
Sifat Fisik dan Kimia	

Pemerian	Cairan kental bewarna kuning kemerahan
Densitas (77°F)/(25°C)	1.22 - 1.24
Titik Lebur	18 °C
Titik Didih	>130 °C
Titik Beku	< 2 °C
Flash Point	> 120 °C
Specifik Gravity (77°F)/(25°C)	1.22 - 1.24
Kelarutan	Larut dalam air

b. Gas Hidrogen

Tabel II.5 Spesifikasi Bahan Baku Gas Hidrogen

Spesifikasi	Keterangan
Nama	Gas Hidrogen
Nama Lain	Gas Hidrogen
Rumus Empiris	H_2
Berat Molekul	2,01
Sifat Fisik dan Kimia	
Pemerian	Gas diatomik yang tidak bewarna, tidak berbau, non metalik, dan mudah terbakar
Densitas (lb/ft^3)	0.005
Titik Lebur (°C)	-259
Titik Didih (°C)	-253

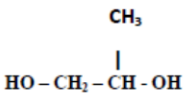
II.3.2 Produk yang Dihasilkan

II.3.2.1 Produk Utama

a. Propilen Glikol

Tabel II.6 Spesifikasi Produk Utama Propilen Glikol

Spesifikasi	**Keterangan**
Nama	Propilen Glikol
Nama Lain	1,2-propanediol
Rumus Empiris	$C_3H_6O_2$
Berat Molekul	76.09
Kemurnian	min 99.5 % wt
Bentuk Molekul	



Sifat Fisik dan Kimia	
Pemerian	Cairan jernih, tidak bewarna, tidak berbau, kekentalan rendah, dan higroskopis pada tekanan uap rendah
Densitas (20°C)	1.035 - 1.040
Titik Lebur	- 60 ^{o}C
Titik Didih	184 - 189 ^{o}C
Kelarutan	Larut dalam air, etanol 95%, aceton dan klorofom
Aplikasi	Dalam industri farmasi dan industri makanan minuman propilen glikol diaplikasikan sebagai pelarut untuk rasa, ekstrak, obat dan makanan anti-oksidan, emolien dan humektan.

(Manali Petrochemical, 2015)

II.3.2.2 Produk Samping

a. N-Propanol

Tabel II.7 Spesifikasi Produk Samping Npropanol

Nama Lain n-propil alcohol.	: propan-1-ol, 1-propil alcohol,
Formula Empiris	: $CH_3CH_2CH_2OH$
Molecular Weight (g/mol)	: 60.1
Melting Point Temp (^{o}C)	: -127
Boiling Point Temp (^{o}C)	: 97
Density (lb/ft3)	: 50.255
Standard enthalpy of formation (Btu/lbmol)	: -130079
Standard molar entropy (Btu/lbmol-R)	: -107.168

Viscosity (cP)	: 1.952
Thermal Conductivity (Btu-ft/hr-ft-R)	: 0.090
Heat Capacity, Cp (Btu/lbmol-R)	: 37.301
Pemerian	: cairan tak bewarna

b. Isopropanol

Tabel II.8 Spesifikasi Produk Samping Isopropanol

Nama Lain	: isopropyl alcohol, 2-propanol, alcohol gosok
Formula Empiris	: C_3H_8O atau C_3H_7OH
Molecular Weight (g/mol)	: 60.1
Melting Point Temp (°C)	: -89
Boiling Point Temp (°C)	: 82.5
Density (lb/ft3)	: 49.458
Standard enthalpy of formation (Btu/lbmol)	: -136421
Standard molar entropy (Btu/lbmol-R)	: -109.637
Viscosity (cP)	: 2.055
Thermal Conductivity (Btu-ft/hr-ft-R)	: 0.078
Heat Capacity, Cp (Btu/lbmol-R)	: 41.309
Pemerian	: senyawa tidak bewarna, mudah terbakar, dengan bau menyengat

c. Air

Tabel II.9 Spesifikasi Produk Samping Air

Formula Empiris	: H_2O
Molecular Weight (g/mol)	: 18
Boiling Point Temp (°C)	: 100
Density (lb/ft3)	: 62.4
Standard enthalpy of formation (Btu/lbmol)	: -229.2
Standard molar entropy (Btu/lbmol-R)	: -38.9
Viscosity (cP)	: 1
Thermal Conductivity (Btu-ft/hr-ft-R)	: 0.335
Heat Capacity, Cp (Btu/lbmol-R)	: 1.80

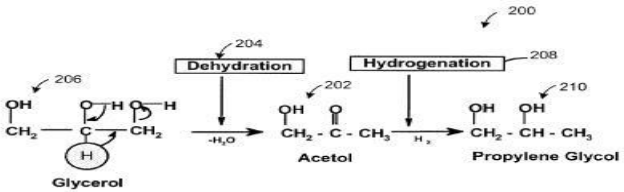
BAB III
SELEKSI DAN URAIAN PROSES

III.1 Seleksi Proses Pembuatan Propilen Glikol

Dalam memproduksi propilen glikol dengan menggunakan bahan baku gliserol dapat dilakukan dengan bermacam metode. Akan tetapi, pada prinsipnya pembuatan propilen glikol dilakukan dengan cara menghilangkan salah satu gugus utama dari gliserol dengan menggunakan proses hidrogenasi dengan bantuan katalis logam, dan ada efek samping dari reaksi hidrogenasi yaitu menghasilkan produk seperti etilen glikol yang memiliki titik didik yang mendekati propilen glikol.

Namun pada pemilihan proses tersebut, diperlukan beberapa pertimbangan 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 relatif rendah.

III.1.1 Acetol *Pathway*

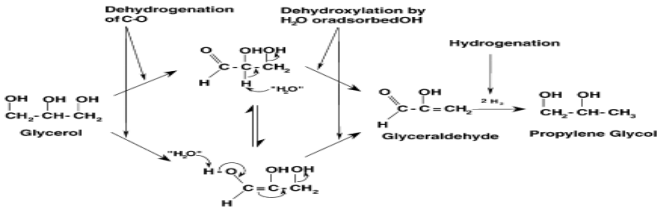


Gambar II.1 Proses Pembuatan Propilen Glikol Melalui Acetol *Pathway*

Proses pembuatan propilen glikol dari gliserol melalui acetol *pathway* merupakan proses yang paling sering diterapkan. Berdasarkan teori acetol pathway, gugus hydroxyl yang kedua didehidrasi menjadi acetol lalu diikuti oleh reaksi hidrogenasi katalitik menjadi propilen glikol. Proses dehidrasi merupakan proses awal untuk mengkonversi gliserol menjadi produk intermediet berupa acetol (hidroxyaceton) dengan cara memecah

molekul air. Penggunaan acetol sebagai feedstock dalam proses hidrogenasi bertujuan untuk menurunkan reaksi samping, contohnya pembentukan etilen glikol *(Maglinao, 2011)*. Acetol merupakan prekursor pada propilen glikol, yang dapat di hidrogenasi untuk mencapai selektivitas produk yang tinggi. Pada proses ini biasanya menghasilkan reaksi samping berupa senyawa alcohol seperti methanol, etanol, n-propanol, dan isopropanol *(Maglinao, 2012)*.

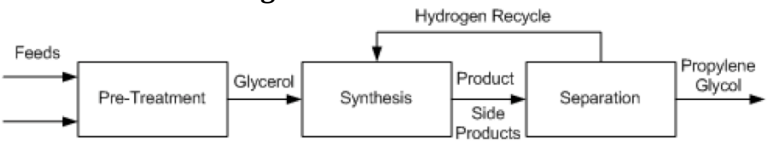
III.1.2 Glyceraldehide *Pathway*



Gambar II.2 Proses Pembuatan Propilen Glikol Melalui Glyceraldehide *Pathway (Montassier et al, 1998)*

Proses pembuatan propilen glikol dari gliserol melalui glyceraldehide *pathway* terdapat dua mekanisme yaitu dehidrogenasi dan dehidroksilasi. Dehidrogenasi gliserol dapat menyebabkan untuk aldehida gliserik dalam kesetimbangan dengan tautomer enolinya. Reaksi dehidroksilasi, reaksi nukleofilik dari air atau spesies OH yang teradsorpsi kemudian diikuti oleh hidrogenasi dari aldehida tak jenuh menengah untuk membentuk glycol (1,3 propandiol, 1,2 propandiol, etilen glikol) *(Dasari, 2004)*.

III.1.3 Proses Hidrogenasi



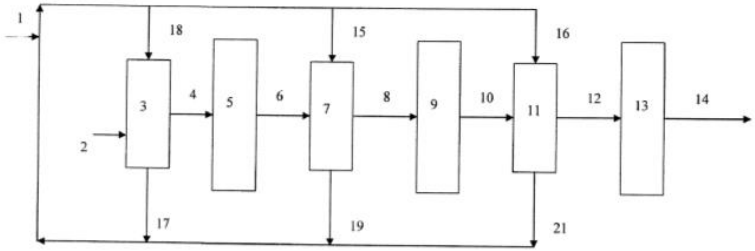
Gambar III.3 Proses Hidrogenasi

Pada dasarnya proses pembuatan propilen glikol dari gliserol melalui proses hidrogenasi. Proses hidrogenasi propilen glikol merupakan proses bereaksinya gliserol dengan gas hidrogen. Proses hidrogenasi bekerja pada kondisi operasi temperatur sekitar 150^0C-240^0C, dan tekanan sekitar 20-80 atm. Reaksi hidrogenasi bekerja didalam reaktor *fixed bed*. Dimana reaktor *fixed bed* (reaktor unggun tetap) merupakan reaktor yang paling sering digunakan pada reaksi multifase. Reaktor *fixed bed* menghasilkan reaksi dengan konversi yang tinggi. Reaktor *fixed bed* juga beroperasi pada kondisi temperature dan tekanan yang tinggi. Katalis yang digunakan misalnya Raney Nikel, tembaga kromat, Cu-ZnO/Al_2O_3 , Ru/C, dan golongan VIIIA. Waktu reaksi yang dibutuhkan untuk reaksi hidrogenasi sekitar 0,1 jam – 6 jam yang terukur sebagai *residence time.* Konversi gliserol yang dihasilkan sebesar 90% - 100% dan selektivitas propilen glikol yang dihasilkan sekitar 90% - 98% *(Godavarthy et al, 2011)*.

Untuk menentukan metode untuk mengkonversi gliserol menjadi propilen glikol juga dibutuhkan paten-paten dan lisensi yang sudah ada. Ada beberapa paten yang untuk menentukan metode konversi ini, antara lain :

a. Patent No.: US 8,227,646 B2 (*Tuck, 2012*)

Pada paten ini terdapat 3 tahap reaksi konversi gliserol menjadi propilen glikol, sehingga yield yang dihasilkan tinggi. Ketiga reaktor ini merupakan reaktor hidrogenolisis dimana reaktor tersebut langsung mengkonversi gliserol menjadi propilen glikol.



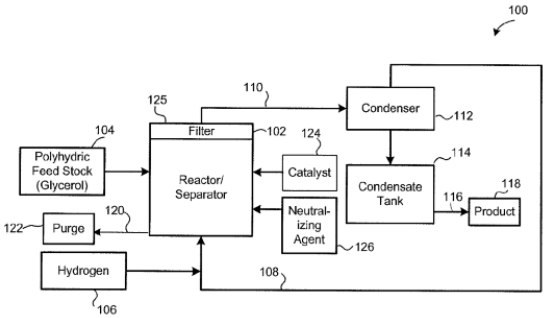
Gambar III.3 Proses Produksi Propilen Glikol pada Paten US 2010/0204527
(Sumber: Tuck, 2010)

Keterangan :

- Stream 1 : inlet gliserol
- Stream 14 : produk propilen glikol
- Unit 5, 9, dan 13 : reaktor hidrogenolisis
- Unit 3, 7, dan 11 : evaporator untuk memisahkan yang tidak bereaksi dengan produk propilen glikol

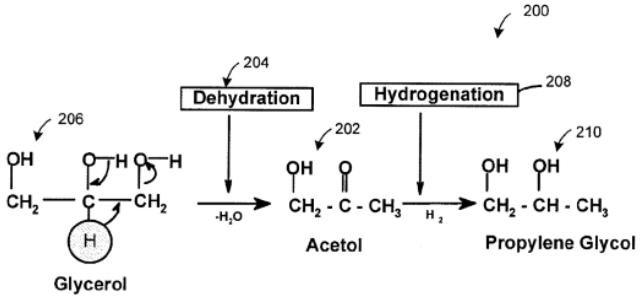
b. Patent No.: US 7943805 B2 (*Suppes et al., 2011*)
Pada paten ini, terdapat 3 alternatif dalam mengubah bahan baku gliserol menjadi produk propilen glikol.

- Alternatif 1



Gambar III.4 Proses Produksi Propilen Glikol pada Paten US 7943805 B2 (Sumber: Suppes et al., 2011)

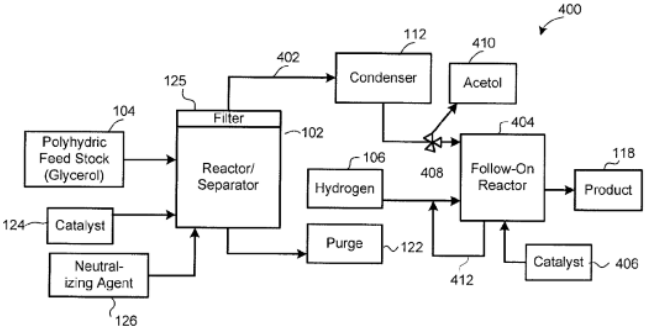
Dengan reaksi sebagai berikut :



Gambar III.5 Reaksi pada Paten US 7943805 B2 (Sumber: Suppes at al., 2011)

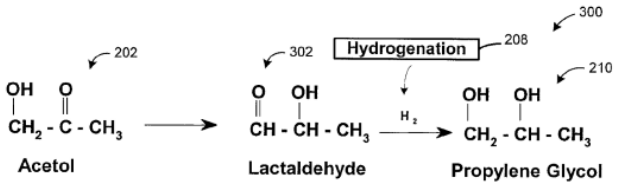
- Alternatif 2

  Pada alternatif pada paten ini, digunakan dua reaktor untuk menghasilkan produk intermediate yaitu asetol, dan gliserol yang tidak bereaksi di *purge*



Gambar III.6 Alternatif 2 Proses pada Paten US 7943805 B2 (Sumber: Suppes et al., 2011)

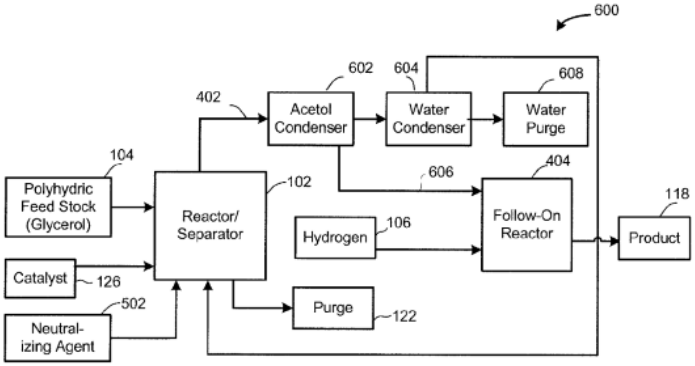
Dengan reaksi sebagai berikut :



Gambar III.7 Reaksi pada Paten US 7943805 B2 (Sumber: Suppes at al., 2011)

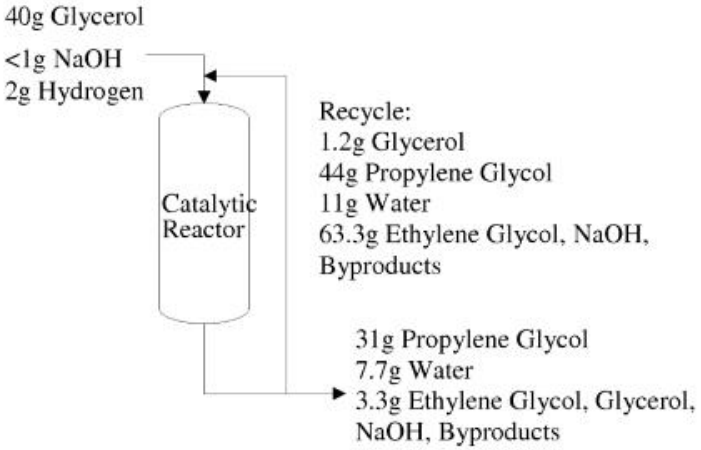
Pada paten alternatif ke dua ini, hidrogen yang tidak bereaksi di recycle kembali menjadi reaktan pada reaktor 2.

- Alternatif 3



Gambar III.8 Alternatif 3 Proses pada Paten US 7943805 B2 (Sumber: Suppes et al., 2011)
Pada alternatif 3, gliserol yang tidak bereaksi di recycle pada reaktor 1.

c. Patent No.: US 8.937.202 B2 (*Frye et al., 2015*)
Pada paten ini, digunakan 1 reaktor untuk mengkonversi gliserol menjadi propilen glikol.



Gambar III.8 Alternatif 3 Proses pada Paten US 8.937.202 B2 (*Frye et al., 2015*)

III.2 Pemilihan Proses Pembuatan Propilen Glikol

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pemilihan proses adalah pemilihan bahan baku, konversi reaksi, kuantitas produk, serta kondisi operasi mengenai temperatur dan tekanan operasi. Dari kriteria-kriteria dan uraian proses pembuatan propilen glikol di atas. Dapat dilihat keuntungan dan kerugian dari masing-masing proses seperti terlihat dalam tabel di bawah ini.

Tabel III.1 Pemilihan Proses Pembuatan Propilen Glikol

Parameter	**Proses Hidrogenasi Berdasarkan Produk Intermediete**	
	Acetol Pathway[a]	**Glyceraldehide Pathway[b]**
Bahan Baku	Gliserol Gas Hidrogen	Gliserol Gas Hidrogen
Konversi	90 % - 100%	48,9%
Yield	98,7%	33,8%
Selektivitas	90% - 98%	69,1%

Katalis Tekanan (psi) Temperatur (°C)	Copper Chromite, Raney Nikel, Cu-ZnO/Al_2O_3 200 150-240	Ru/C, Pt/C 200 180-220
Byproduct	N-propanol Isopropanol Air	1,3 propanediol Etilen glikol
Ekonomi	1. Konversi gliserol tinggi 2. Seletivitas propilen glikol tinggi 3.Biaya operasi lebih Ekonomis	1. Konversi gliserol rendah 2. Seletivitas propilen glikol rendah 3.Biaya operasi lebih Mahal

[a] Arredondo et al, 2009 ; Godavarthy et al, 2011

[b] Wang dan Liu, 2007 ; Tomohisa et al, 2006

Pada pendirian pabrik propilen glikol, dipilih *acetol pathway* yang diikuti dengan proses hidrogenasi. Beberapa pertimbangan pemilihan sebagai berikut:

1. Konversi dan selektivitas propilen glikol yang dihasilkan lebih tinggi
2. Capital cost produksi lebih rendah ketika memakai gabungan dari kondisi operasi proses hidrogenasi secara *acetol pathway* daripada hanya menggunakan *acetol pathway*

III.3 Uraian Proses

Proses produksi propilen glikol dari gliserol dan gas hidrogen dengan proses hidrogenasi terbagi menjadi tiga tahapan proses utama, yaitu:

1. Tahap *Pre-treatment*

   Tahapan *pre treatement* ini merupakan proses *refinery* dari crude gliserol. Pada tahapan ini crude gliserol dari tanki penampung Crude Gliserol (F-111) bahan baku dipompa

menuju Elektrodeionisasi (H-113) kondisi operasi P=2 atm, T=30 C, alat ini bertujuan untuk menghilangkan kandungan garam organik dalam crude gliserol. Feed yang keluar dari (H-113) terbagi menjadi 2 yaitu aliran larutan garam dan aliran crude gliserol dengan campuran air dan methanol. Aliran crude gliserol kemudian dipompa melewati Heater (E-115) untuk mendapatkan kondisi operasi T=150oC P=2,04atm untuk masuk ke Flash Drum (F-110), dimana Flash Drum (F-110) berfungsi untuk memisahkan air dan methanol yang terkandung dalam Crude Gliserol. Bottom product dari Flash Drum (F-110) yang berupa Gliserol murni T=150oC dan P=1 atm dipompakan menuju Pure Glycerol Storage Tank (F-211)

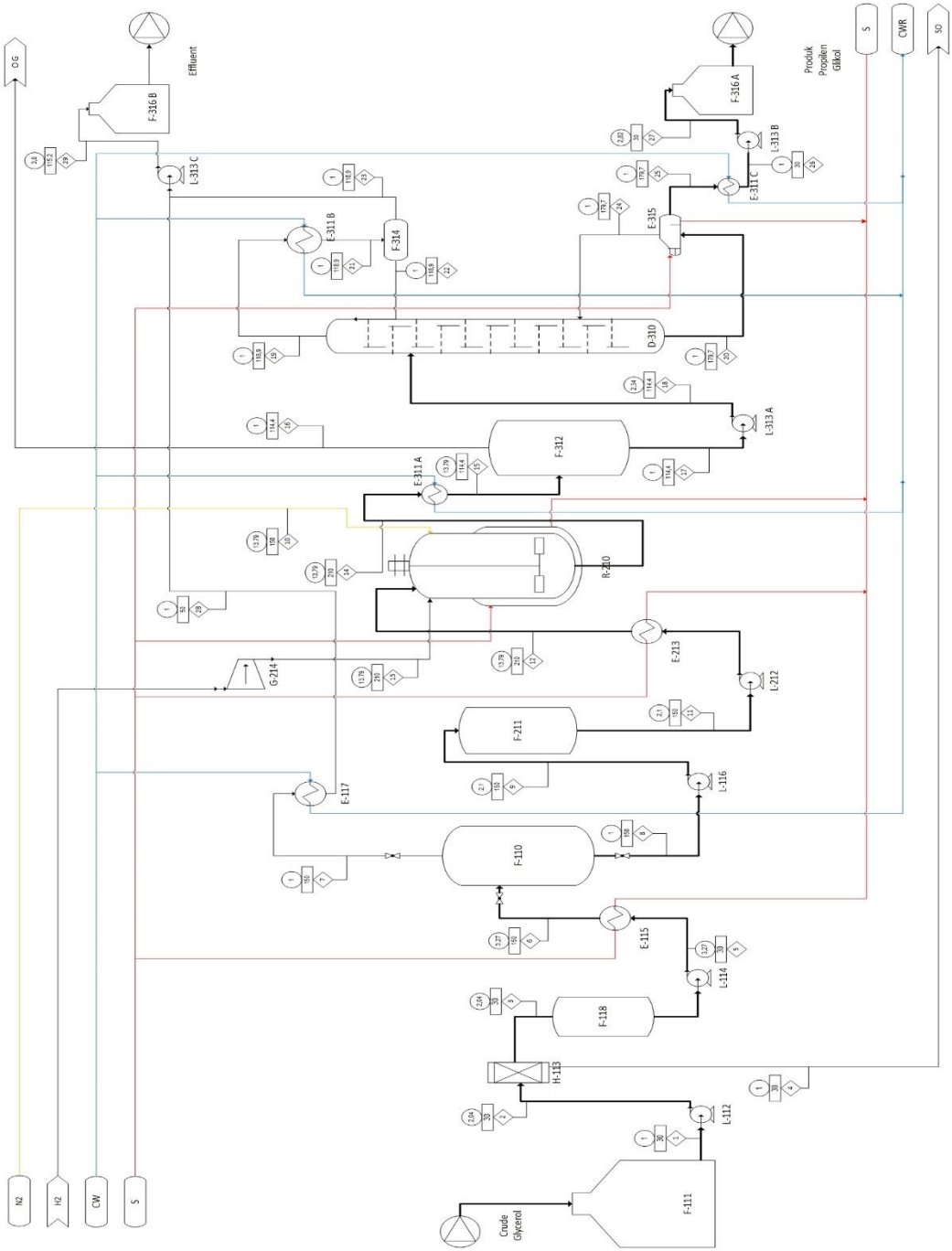
2. Tahapan Reaksi

   Sebelum Pure Gliserol Dimasukkan ke Dalam Reaktor (R-210). Nitrogen di injeksikan ke Reaktor (R-210) sebagai Purging untuk menghilangkan Gas O_2 di dalam reaktor (R-210), kemudian dari Pure Glycerol Storage Tank (F-211) T=150oC P=1atm Bahan Baku dipompakan menuju ke Reaktor (R-210) melewati Heater (E-213) agar suhu operasi T=210oC dan P=13atm, Kemudian, Hidrogen yang masuk ke reactor (R-210) yang ditekan dengan compressor (G-214) untuk terjadinya proses Reaksi Hidrogenasi di dalam Reaktor (R-210). Keluaran atas Reaktor berupa Produk dari Reaktor Hidrogenasi (R-210) T=210oC P=13atm dialarikan dan didinginkan di Condenser (E-311 A) agar suhu turun ke T=114,3oC untuk masuk ke Flash Vessel (F-312) untuk memisahkan gas dan Produk Propilen Glikol, Pada flash vessel keluaran gasnya ditampung di penampungan gas.

3. Tahapan Pemurnian

   Keluaran flash vessel yang berupa liquid dipompakan (L-312) menuju kolom distilasi (D-310) beroperasi pada T= 114,3 C dan P= 1,2 atm untuk memisahkan propilen glikol dengan campuran produk samping hasil reaksi. Distilat

dari proses ini berupa air dan campuran produk samping yang kemudian di alirkan menuju penampung waste water (F-316B), sedangkan bottom produk berupa propilen glikol dan sisa air dialirkan ke tanki penampung produk (F-316A). Sebelum ditampung produk di didinginkan terlebih dahulu sesuai dengan temperature ruang T= 30 C dan P= 1 atm


DG
Effluent
F-316 B
L-313 C
E-311 B
F-314
D-310
E-315
E-311 C
L-313 B
F-316 A
Produk
Propilen
Glikol
S
CWR
SO
L-313 A
F-312
E-311 A
R-210
E-213
L-212
G-214
F-211
L-116
E-117
F-110
E-115
L-114
F-118
H-113
L-112
F-111
Crude
Glycerol
N2
H2
CW
S

BAB IV
NERACA MASSA DAN ENERGI

IV.1 Neraca Massa

Dalam perhitungan ini berlaku teori Kekekalan Massa dengan asumsi aliran *steady state*. Maka rumus yang digunakan:

[Akumulasi] = [Aliran massa masuk] – [Aliran massa keluar]

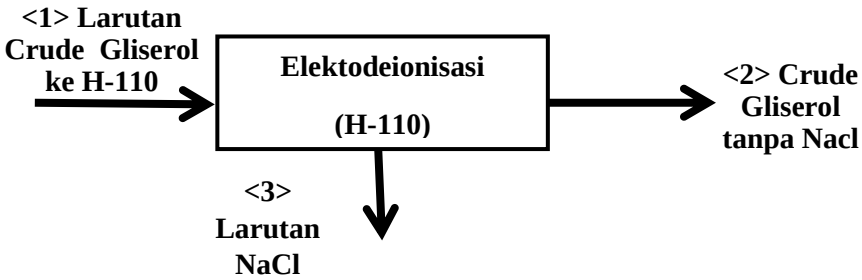
Asumsi aliran *steady state*, maka akumulasi massa sama dengsn nol, sehingga neraca massa proses pembuatan *Propylene Glycol* dari *Glycerol* dapat dihitung sebagai berikut:

Kapasitas Produksi	= 20000 ton	Propilen Glikol/tahun
Produk dari kapasitas	= 2525,2525	kg Propilen Glikol/jam
Waktu Operasi	= 330	hari/tahun
Basis Perhitungan	= 1	jam operasi

Untuk kapasitas 2525,2525 kg Propilen Glikol/jam, dibutuhkan bahan baku Gliserol sebanyak 4168,286 kg Gliserol/jam

IV.1.1 ELEKTRODEIONISASI SEPARATOR (H-113)

Fungsi : untuk memisahkan Larutan NaCl yang terkandung dalam Crude Gliserol



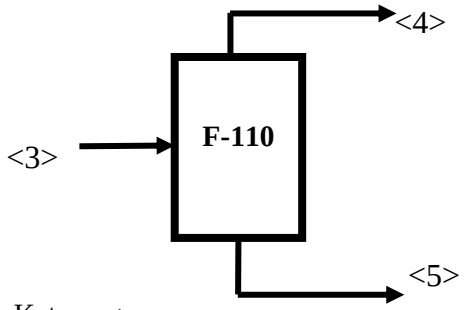
Keterangan,
<1> = Aliran massa masuk Larutan Crude Gliserol
<2> = Aliran massa keluar Larutan Crude Gliserol tanpa NaCl
<3> = Aliran massa keluar Larutan NaCl

Tabel IV.1.1 Neraca Massa *Overall* Elektrodeionisasi (H-113)

Komponen	Aliran <1>	Aliran <2>	Aliran <3>
Gliserol	3334,63	3334,63	0,00
Air	625,24	163,25	461,99
NaCl	166,73	0,00	166,73
Metanol	41,68	41,68	0,00
Sub-total	4168,29	3539,57	628,72
Total	4168,29	4168,29	

IV.1.2 FLASH DRUM (F-110)

Fungsi : untuk memisahkan air dan methanol yang terkandung dalam Crude Gliserol



Keterangan,
<3> = Aliran massa Larutan Crude Gliserol
<4> = Aliran massa keluar Uap air dan methanol
<5> = Aliran massa keluar Larutan Gliserol Murni

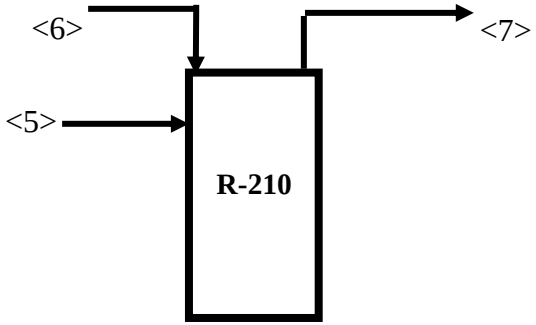
Tabel IV.1.2 Neraca Massa *Overall* Flash Drum (F-110)

Komponen	Aliran <3>	Aliran <4>	Aliran <5>
C3H8O3	3334,63	1,01	3333,62
CH3OH	41,68	17,98	23,71
H20	163,25	33,58	129,67
Sub-total	3539,57	52,57	3487,00
Total	3539,57	3539,57	

IV.1.3 HIDROGENATION REACTOR (R-210)

Fungsi : untuk mereaksikan Gliserol dengan hydrogen menjadi propilen glikol dengan proses hidrogenasi

Katalis : copper-chrome



Keterangan,

<5> = Aliran massa masuk larutan Gliserol Murni

<6> = Aliran massa masuk gas Hidrogen

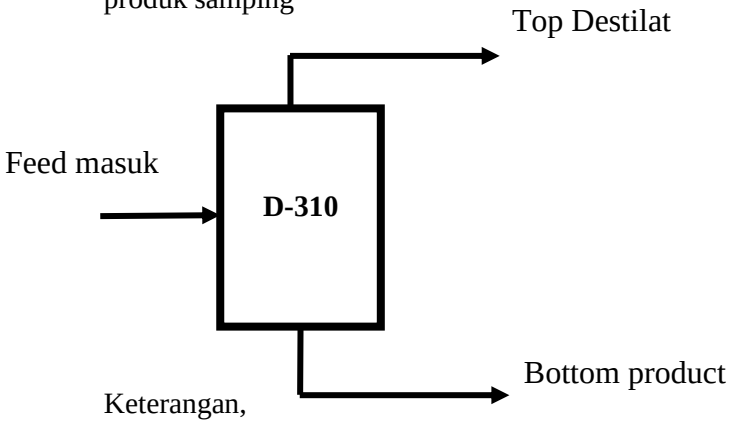
<7> = Aliran massa keluar produk Propilen Glikol

Tabel IV.1.3 Neraca Massa *Overall* Reaktor Hidrogenasi (R-210)

Komponen	Masuk (kg/h) <5> + <6>	Keluar (kg/h) <7>
C3H8O3	3333,6190	
CH3OH	23,7071	23,7071
H2O	129,6729	799,0042
C3H8O2		2624,8193
C3H6O2		55,3381
1-C3H7OH		24,3354
2-C3H7OH		32,6695
H2	72,8745	
Total	3559,8736	3559,8736

IV.1.4 DESTILLATION (D-310)

Fungsi : untuk memisahkan Propilen Glikol dari air dan produk samping



Keterangan,

Feed masuk = aliran massa masuk propilen glikol

Top Destilat = aliran massa keluar berupa acetol, dan waste water

Bottom produk = aliran massa keluar berupa produk propilen glikol 97%

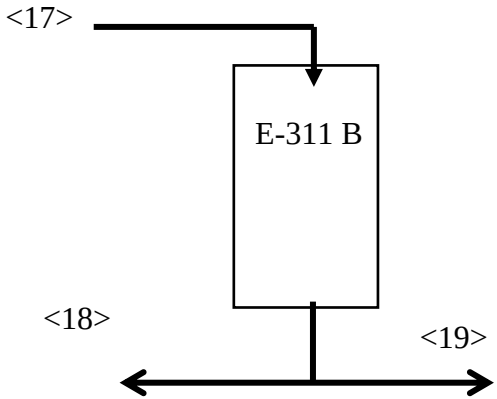
Tabel IV.1.4 Neraca Massa *Overall* kolom destilasi (D-310)

Nerca massa			
Masuk		Keluar	
Feed Masuk	Massa (Kg)	**Top Destilat**	Massa (Kg)
CH3OH	23,7071	CH3OH	23,6735
H2O	799,0042	H2O	784,9741
C3H8O2	2624,8193	C3H8O2	131,2276
C3H6O2	55,3381	C3H6O2	38,2167
1-C3H7OH	24,3354	1-C3H7OH	24,0043
2-C3H7OH	32,6695	2-C3H7OH	32,5248

Total	3559,8736	**Total**	1034,6211
		Bottom Produk	Massa (Kg)
		CH3OH	0,0336
		H2O	14,0301
		C3H8O2	2493,5917
		C3H6O2	17,1214
		1-C3H7OH	0,3311
		2-C3H7OH	0,1447
		Total	2525,2525
Total	3559,8736	3559,8736	

IV.1.5 KONDENSOR TOTAL (E-311 B)

Fungsi : mengkondensasi top produk keluaran kolom destilasi (D-310)



Keterangan,

<17> = aliran massa masuk top product menuju condenser

<18> = aliran massa keluar berupa reflux

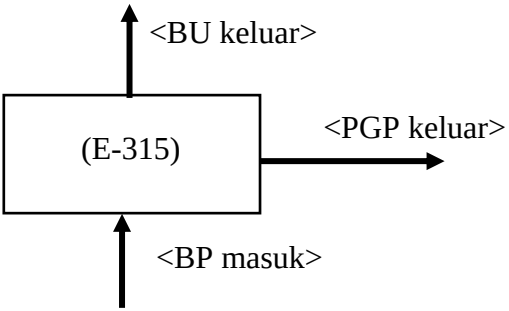
<19> = aliran massa keluar berupa destilat (acetol dan waste water)

Tabel IV.1.5 Neraca Massa *Overall* Kondenser (E-311 B)

Nerca massa			
Masuk		Keluar	
Aliran <17>	Massa (Kg)	Aliran <18>	Massa (Kg)
CH3OH	24,0640	CH3OH	0,3905
H2O	797,9208	H2O	12,9467
C3H8O2	133,3920	C3H8O2	2,1644
C3H6O2	38,8470	C3H6O2	0,6303
1-C3H7OH	24,4002	1-C3H7OH	0,3959
2-C3H7OH	33,0612	2-C3H7OH	0,5364
Total	1051,6853	**Total**	17,0642
		Aliran <19>	Massa (Kg)
		CH3OH	23,6735
		H2O	784,9741
		C3H8O2	131,2276
		C3H6O2	38,2167
		1-C3H7OH	24,0043
		2-C3H7OH	32,5248
		Total	1034,6211
Total	1051,6853	1051,6853	

IV.1.6 REBOILER (E-315)

Fungsi : menguapkan kembali sebagian liquid dari bottom produk Destilasi (D-310)



Keterangan,

<BP masuk> = aliran massa bottom produk masuk ke reboiler

<BU keluar> = aliran massa keluar Boiling Up dari reboiler dan dikembalikan ker Destilasi (D-310)

<PGP keluar> = aliran massa keluar Produk Propilen Glikol 97% dari reboiler

Tabel IV.I.6 Neraca Massa *Overall* Reboiler (E-315)

Nerca massa			
Masuk		Keluar	
<BP masuk>	Massa (Kg)	**<BU keluar>**	Massa (Kg)
CH3OH	0,0815	CH3OH	0,0479
H2O	34,0408	H2O	20,0107
C3H8O2	6050,1312	C3H8O2	3556,5395
C3H6O2	41,5411	C3H6O2	24,4197
1-C3H7OH	0,8034	1-C3H7OH	0,4723
2-C3H7OH	0,3511	2-C3H7OH	0,2064
Total	6126,9490	**Total**	3601,6965
		<PGP keluar>	Massa (Kg)
		CH3OH	0,0336
		H2O	14,0301

		C3H8O2	2493,5917
		C3H6O2	17,1214
		1-C3H7OH	0,3311
		2-C3H7OH	0,1447
		Total	2525,2525
Total	6126,9490	6126,9490	

IV.2 NERACA ENERGI

Perhitungan Neraca Energi menggunakan Neraca Energi Komponen dan Neraca Energi Total. Dalam teori ini, berlaku hokum kekalan energi dengan asumsi aliran *steady state*, dan satuan yang digunakan adalah kJ, maka rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

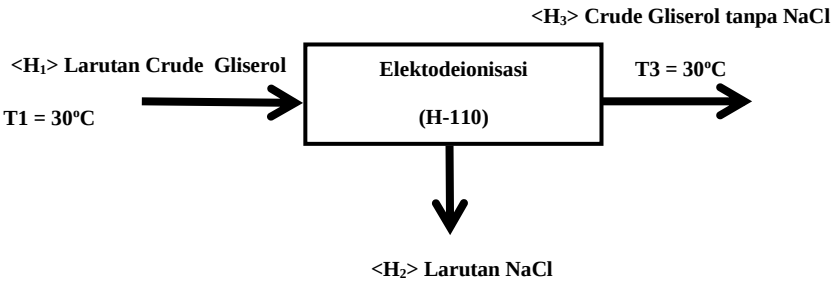
[Akumulasi] = [Aliran Energi masuk] – [Aliran Energi Keluar]

Sehingga, Neraca Energi proses Pembuatan Propilen Glikol dari Gliserol dapat dihitung sebagai berikut :

Kapasitas Produksi	= 20000 ton Propilen Glikol/tahun	
Produk dari kapasitas	= 2525,2525	kg/jam
Waktu Operasi	= 330	hari/tahun
Basis Perhitungan	= 1	jam operasi
T referensi	= 25	oC
Satuan Panas	= kJ	

IV.2.1 ELEKTRODEIONISASI (H-113)

Fungsi : Memisahkan larutan NaCl dari larutan *Crude Glycerol* yang berasal dari Penampung *Crude Glycerol* (F-111)



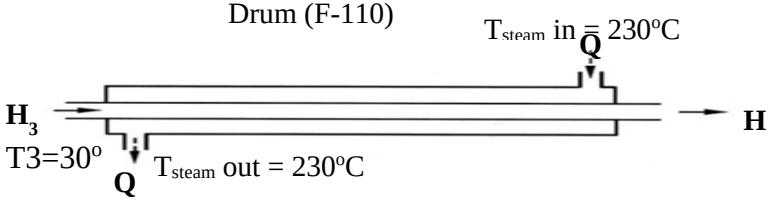
Keterangan
H1 = aliran masuk larutan crude gliserol, T1= 30oC
H2 = aliran keluar larutan NaCl T2= 30oC
H3 = aliran keluar larutan Gliserol tanpa NaCl, T3= 30oC

Tabel IV.2.1 Neraca Energi *Overall* Elektrodeionisasi (H-113)

Panas Masuk (kJ)		Panas Keluar (kJ)	
Q_{in}	62138,8822	Q_{out}	62138,8822
Total	62138,8822	Total	62138,8822

IV.2.2 HEATER (E-115)

Fungsi : Menaikkan temperature larutan gliserol menjadi 150°C sebelum masuk ke Flash Drum (F-110)



Keterangan,
H3 = aliran masuk larutan Gliserol, T3= 30oC
H4 = aliran keluar larutan Gliserol, T4= 30oC
Qin= aliran masuk Steam, Tsteam in = 230oC
Qout = aliran keluar Steam Tsteam out = 230oC

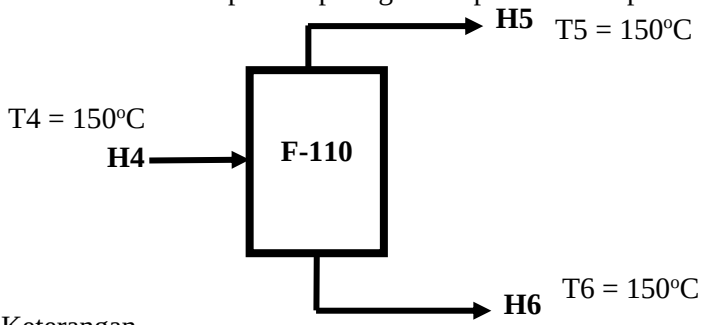
Tabel IV.2.2 Neraca Energi *Overall* Heater (E-115)

Aliran	In (kJ)		Out (kJ)		
	H_3	Qsteam	H_4	Qloss	Qv

Total	51251,6532	1290021,9630	1269589,5977	64501,0982	7182,9203
	1341273,6162		**1341273,6162**		

IV.2.3 FLASH DRUM (F-110)

Fungsi : Memisahkan uap air dan uap methanol pada larutan crude gliserol agar mendapatkan produk pure gliserol pada bottom product



Keterangan,

H4= aliran masuk larutan gliserol, T4=150oC

H5= aliran keluar uap air dan uap methanol, T5=150oC

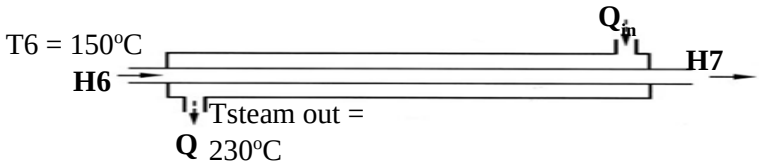
H6= aliran keluar Larutan Gliserol murni, T6=150oC

Tabel IV.2.3 Neraca Panas *Overall* Flash Drum (F-110)

Panas Masuk (kJ)		Panas Keluar (kJ)	
Q_{in}	1269589,5977	Q_{out}	1310420,1847
		$Q_{ekspansi}$	40830,5869
Total	1269589,5977	Total	1269589,5977

IV.2.4 HEATER (E-213)

Fungsi : Menaikkan temperature Larutan Pure Gliserol sebelum masuk ke Reaktor Hidrogenasi (R-210)



Keterangan,

H6= aliran masuk Larutan Gliserol murni, T6= 150oC
H7= aliran keluar Larutan Gliserol murni, T7= 210oC
Qin= aliran steam masuk ke heater, Tsteam in = 230oC
Qout= aliran steam keluar dari heater, Tsteam out = 230oC

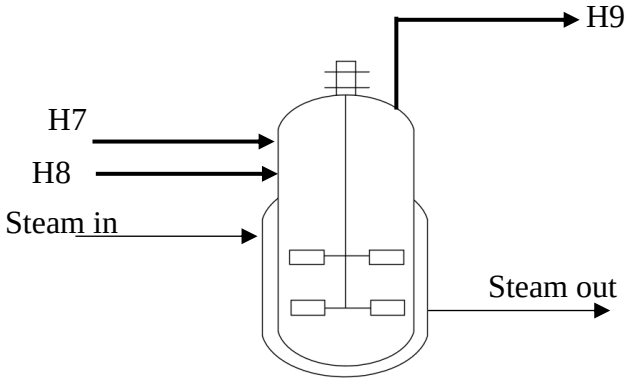
Tabel IV.2.5 Neraca Energi Heater (E-213)

Aliran	In (kJ)		Out (kJ)		
	H6	Q_{steam}	H7	Qloss	Qv
Total	1298885,8609	612727,1376	1876206,7623	30636,3569	4769,8794
	1911612,9986		**1911612,9986**		

IV.2.5 HIDROGENATION REACTOR (R-210)

Fungsi : Mereaksikan Pure Gliserol dengan Hidrogen menjadi Produk Propilen Glikol melalui proses Hidrogenasi

Katalis : *Copper-Chrome*



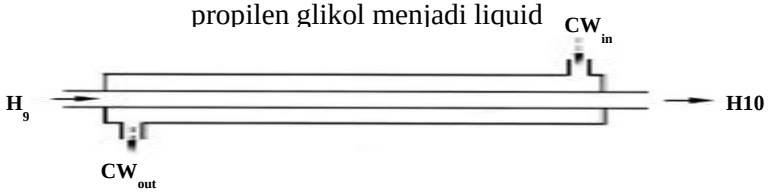
Keterangan :
H7 = aliran masuk larutan pure gliserol, T7 = 210°C
H8 = aliran masuk gas hydrogen, T8 = 210°C
H9 = aliran keluar produk T9 = 210°C
Steam in = aliran steam masuk, Tsteam in = 230°C
Steam out = aliran steam keluar, Tsteam out = 230°C

Tabel IV.2.5 Neraca Energi *Overall Hidrogenation Reactor* (R-210)

Aliran	Out (kJ)		in (kJ)		
	H9	Qloss	H7 + H8	Qsteam	$Q_{R\ reaksi}$
Total	1110609,1004	-49449,7152	2071687,9021	-988994,3030	21534,2138
	1082693,5991		1082693,5991		

IV.2.6 CONDENSER (E-311 A)

Fungsi : Mengkondensasikan vapor dari campuran propilen glikol menjadi liquid



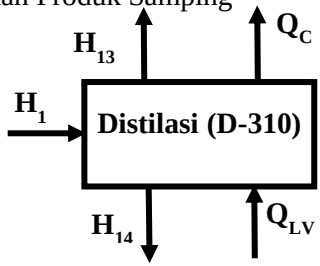
Keterangan,
H9= aliran masuk vapor campuran propilen glikol,
T9=210oC
H10= aliran keluar berupa liquid campuran propilen glikol
T10=114,37oC
CWin= aliran *Cooling Water* masuk ke *Condenser*
TCw in = 30oC
CWout= aliran *Cooling Water* keluar dari *Condenser*
TCw out = 40oC

Tabel IV.2.6 Neraca Energi *Overall* Condenser (E-311 A)

Aliran	In (kJ)		Out (kJ)		
	H_{9in}	$Q_{cw\ in}$	H_{10out}	$Q_{cw\ out}$	Qc
Total	1110609,1004	236638,9832	832061,5828	709916,9497	-194730,4489
	1347248,0836		**1347248,0836**		

IV.2.7 DESTILLATION (D-310)

Fungsi : Memisahkan Produk Propilen Glikol dari Air dan Produk Samping



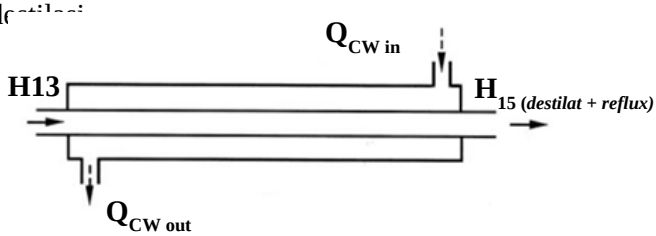
Keterangan,
H12 = Aliran umpan masuk Larutan Campuran Propilen Glikol ke kolom destilasi,
T12 = 114,37oC
H13 = Aliran keluar dari Top Produk destilasi,
T13=118,94oC
H14 = Aliran keluar dari bottom produk destilasi menghasilkan produk propilen glikol,
T13= 179,73oC
Qc = Panas Laten Pengembunan
Qlv= Panas Laten Penguapan

Tabel IV.2.7 Neraca Energi Kolom Destilasi (D-310)

Aliran	In (kJ)		Out (kJ)		
	H_{12}	Q_{LV}	H_{13}	H_{14}	Q_C
Total	832061,5828	1902419,5153	152094,4797	2586871,1134	-4484,4949
	2734481,0981		**2734481,0981**		

IV.2.8 KONDENSER (E-311 B)

Fungsi : mengkondensasi produk atas dari kolom destilasi



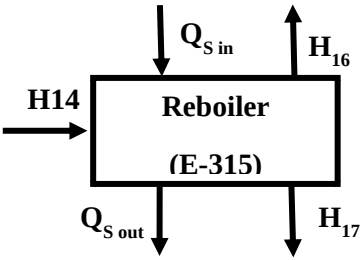
Keterangan,
H13= aliran fase vapor masuk ke kondensor
T13=118,94oC
H15= aliran fase liquid keluar dari kondensor, (destilat + reflux)
T15=118,04oC
Qcw in = aliran *Cooling Water* masuk ke kondensor
Tcw in = 30oC
Qcw out = aliran *Cooling Water* keluar dari kondensor,
Tcw out = 40oC

Tabel IV.2.8 Neraca Energi *Overall* Condenser (E-311 B)

Komponen	In (kJ)		Out (kJ)		
	H_{13}	Q_{CW}	$H_{15\ destilat}$	$H_{15reflux}$	Qc
	152094,4797	176967,9238	324790,8289	6316,9980	-2045,4234
Total	329062,4035		329062,4035		

IV.2.9 REBOILER (E-315)

Fungsi : menguapkan kembali *bottom product* dari destilasi



Keterangan,

H14 = aliran masuk bottom product menuju ke reboiler

T14=179,73oC

H16 = aliran *boiling up* untuk dikembalikan ke kolom destilasi

T16=179,73oC

H17= aliran keluar dari reboiler berupa produk propilen glikol

T17=179,73oC

Qs in= aliran steam masuk ke Reboiler

$T_{Qs\ in}$ = 230oC

Qs out = aliran steam keluar dari Reboiler

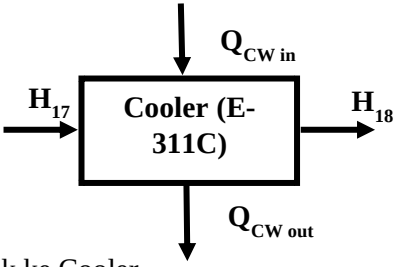
$T_{Qs\ out}$= 230oC

Tabel IV.2.9 Neraca Energi *Overall* Reboiler (E-315)

Aliran	In (kJ)		Out (kJ)		
	H_{14}	$Q_{S\ IN}$	H_{16}	H17	$Q_{S\ OUT}$
Total	2586871,1134	1813516,8989	2666010,0007	1152161,3890	582216,6226
	4400388,0123		4400388,0123		

IV.2.10 COOLER (E-311 C)

Fungsi : menurunkan temperature produk propilen glikol sebelum masuk ke Storage Tank Propilen Glikol



Keterangan,

H17 = aliran produk masuk ke Cooler
T17=179,73oC

H18 = aliran produk keluar dari Cooler
T18=30oC

Qcwin = aliran *Cooling Water* masuk ke Cooler
Tcw in = 30oC

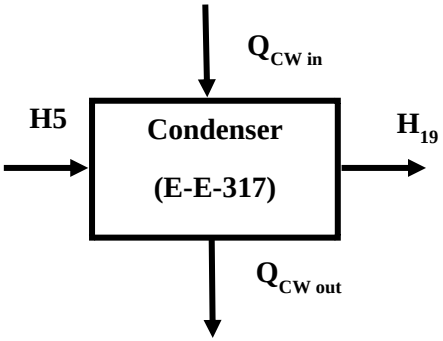
Qcwout= aliran *Cooling Water* keluar dari Cooler
Tcw out = 40oC

Tabel IV.2.10 Neraca Energi *Overall* Cooler (E-311 C)

Komponen	in (kJ)		out (kJ)	
	Hin	Qcw in	Hout	Qcw out
Total	1152161,3890	558567,5533	35026,2824	1675702,66
	1710728,9423		1710728,9423	

IV.2.11 CONDENSER (E-317)

Fungsi : menurunkan temperature top product Flash Drum (F-110) dari vapor menjadi Liquid



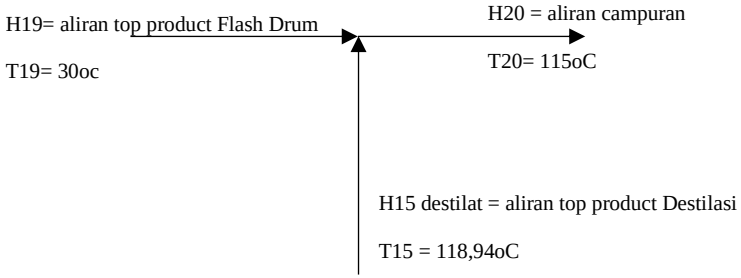
Keterangan,
H5= aliran masuk ke condenser berupa vapor air dan methanol
T5=150oC
H19= aliran keluar dari condenser berupa liquid air dan methanol
T19=30oC
Qcwin = aliran masuk Cooling water
Tcwin = 30oC
Qcwout = aliran keluar Cooling Water
Tcwout = 40oC

Tabel IV.2.11 Neraca Energi Condensor (E-317)

Komponen	in (kJ)		out (kJ)		
	Hin	Qcw in	Hout	Qcw out	Qc
Total	11534,3237	4341,272745	4712,4298	13023,81824	-1860,6516
	15875,5965		15875,5965		

IV.2.12 MIXING POINT

Fungsi : terjadi pencampuran antara top product flash drum denga top product Destilasi



Tabel IV.2.12 Neraca Energi Mixing Point

ΔH masuk (kJ)		**ΔH keluar (kJ)**	
ΔH_{19}	4.712,430	ΔH_{20}	329.503,259
$\Delta H_{15destilat}$	324.790,829		
Total	329.503,259	**Total**	329.503,259

BAB V
DAFTAR DAN HARGA PERALATAN

V.1 Daftar Peralatan

1. Tangki Penampung Crude Gliserol (F-111)

Tabel V.1 Spesifikasi Tangki Penampung Crude Gliserol (F-111)

Spesifikasi	Keterangan	
No. Kode	F-110	
Fungsi	Menyimpan larutan Gliserol sebagai bahan baku utama	
Tipe	Silinder tegak dengan tutup atas berbentuk *standard dishead* *head* dan tutup bawah berbentuk datar (*flat*)	
Bahan Konstruksi	*Carbon Steel* SA 283 *Grade* C	
Jumlah	1	unit
Kapasitas	2,900.75	m^3
Tinggi	502.879	in
Diameter	628.599	in
Tebal *Shell*	0.750	in
Tebal H*ead*	0.750	in
Tinggi H*ead*	108.999	in
Tinggi Total	611.877	in

2. Pompa (L-112)

Tabel V.2 Spesifikasi Pompa (L-112)

Spesifikasi	Keterangan	
No. Kode	L-112	
Fungsi	Memompa bahan dari tangki Crude Gliserol menuju ke Elektrodeionisasi	
Tipe	*Centrifugal pump*	
Bahan Konstruksi	*Commercial steel*	
Jumlah	2	unit
Kapasitas	14.004	gpm
Power	0.273	hp
Ukuran Pipa		
D Nominal	1	in
Schedule No.	40	
OD	1.660	in
ID	1.380	in
Flow Area	1.500	in^2
Power Motor	0.341	hp

3. Elektrodeionisasi (H-113)

Tabel V.3 Spesifikasi Alat Elektrodeionisasi (H-113)

Spesifikasi	Keterangan
Nomor Alat	Elektrodeionisasi (H-110)
Tipe	Silinder dengan tutup atas dan bawah berbentuk standard

Fungsi	Memisahkan komposisi garam dari larutan gliserol		
Kapasitas	9.355 m3		
Bahan	carbon steel SA 280 grade C		
Tegangan (f)	12650 psi		
OD	3.658 m		
ID	3.639 m		
Tebal		**Tinggi**	
Silinder (ts)	½ in	Silinder	216 in
Tutup atas (tha)	½ in	Tutup atas	24.3 in
Tutup bawah (thb)	8/16 in	Tutup bawah	24.3 in
jumlah	1 buah		

4. Pompa (L-114)

Tabel V.4 Spesifikasi Pompa (L-114)

Spesifikasi	**Keterangan**	
No. Kode	L-114	
Fungsi	Memompa bahan dari Elektrodeionisasi menuju	
	ke Flash Drum (F-110)	
Tipe	*Centrifugal pump*	
Bahan Konstruksi	*Commercial steel*	
Jumlah	2	unit
Kapasitas	10.853	gpm
Power	0.258	hp
Ukuran Pipa		
D Nominal	1	in
Schedule No.	40	
OD	1.660	in
ID	1.380	in

Flow Area	1.500	in^2
Power Motor	0.323	Hp

5. Heat Exchanger (E-115)

Tabel V.5 Spesifikasi Heat Exchanger (E-115)		
Spesifikasi	**Keterangan**	
Nama Alat	Heater (E-122)	
Fungsi	Memanaskan gliserol yang menuju D-120	
Tipe	DPHE	
Bahan	Carbon steel SA 280 Grade C	
Ukuran pipa	2 by 1 1/4	in
Panjang hairpin	168	ft
Annulus		
OD	0.138	in
ID	0.172	in
Inner pipe		
D	1.380	in
a"	0.435	ft^2/ft
Jumlah hairpin	7	
Luas permukaan	69.2	ft^2

6. Flash Drum (F-110)

Tabel V.6 Spesifikasi Alat Tangki Flash Drum (F-110)

Spesifikasi	**Keterangan**	
Tipe	Silinder dengan tutup atas dan bawah standard dished head	
Kapasitas	5.6 ft3	0.16 m3

Bahan Konstruksi	Carbon steel SA-283 grade C	
Jumlah Tangki	1 unit	
Spek. Tangki		
- Diameter tangki (OD)	6.5 ft	1.98 m
- Diameter (ID)	6.46 ft	1.97 m
- Tinggi : shell	9.7 ft	3.0 m
tutup atas	0.03 ft	0.01 m
tutup bawah	0.03 ft	0.01 m
Tebal : shell	¼ in	
Tebal : tutup atas	¼ in	
Tebal : tutup bawah	¼ in	

7. Pompa (L-116)

Tabel V.7 Spesifikasi Pompa (L-116)

Spesifikasi	**Keterangan**	
No. Kode	L-116	
Fungsi	Memompa bahan dari Bottom product Flash	
	Drum ke Tangki Penampung (F-211)	
Tipe	*Centrifugal pump*	
Bahan Konstruksi	*Commercial steel*	
Jumlah	2	unit
Kapasitas	11.006	gpm
Power	0.272	hp
Ukuran Pipa		
D Nominal	1	in
Schedule No.	40	
OD	1.320	in

ID	1.049	in
Flow Area	0.864	in^2
Power Motor	0.341	hp

8. Condenser (E-117)

Tabel V.8 Spesifikasi Alat Condenser (E-117)

Spesifikasi	Keterangan	
Nama Alat	Heater (E-122)	
Fungsi	Memanaskan gliserol yang menuju D-120	
Tipe	DPHE	
Bahan	Carbon steel SA 280 Grade C	
Ukuran pipa	2 by 1 1/4	in
Panjang hairpin	24	ft
Annulus		
OD	0.138	in
ID	0.172	in
Inner pipe		
D	1.380	in
a"	0.435	ft^2/ft
Jumlah hairpin	1	
Luas permukaan	0.6	ft^2

9. Tanki Penampung Refined Gliserol (F-211)

Tabel V.9 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Refined Gliserol (F-211)

Spesifikasi	Keterangan
No. Kode	F-211
Fungsi	Menampung sementara produk Refined Gliserol sebelum diumpankan ke Reaktor Hidrogenasi (R-310)

Tipe	Silinder horisontal dengan bentuk *torispherical dishead head*	
Bahan Konstruksi	*Carbon Steel* SA 283 *Grade* C	
Jumlah	1	unit
Kapasitas	21.204	ft^3
Panjang	86.277	in
Diameter	24.500	in
Tebal *Shell*	0.250	in
Tebal *Head*	0.250	in
Tinggi *Head*	6.559	in
Panjang Total	86.277	in

10. Pompa (L-212)

Tabel V.10 Spesifikasi Pompa (L-212)

Spesifikasi	**Keterangan**	
No. Kode	L-212	
Fungsi	Memompa bahan dari tangki penampung menuju	
	ke Reaktor (R-210)	
Tipe	*Centrifugal pump*	
Bahan Konstruksi	*Commercial steel*	
Jumlah	2	unit
Kapasitas	11.006	gpm
Power	2.121	hp
Ukuran Pipa		

D Nominal	2	in
Schedule No.	40	
OD	1.900	in
ID	1.610	in
Flow Area	2.040	in^2
Power Motor	2.651	hp

11. Heat Exchanger (E-213)

Tabel V.11 Spesifikasi Alat Heat Exchanger (E-213)

Spesifikasi	Keterangan
Nama Alat	Heater (E-122)
Fungsi	Memanaskan gliserol yang menuju D-120
Tipe	DPHE
Bahan	Stainless steel 304
Ukuran pipa	2 by 1 1/4 in
Panjang hairpin	144 ft
Annulus	
OD	0.138 in
ID	0.172 in
Inner pipe	
D	1.380 in
a"	0.435 ft^2/ft
Jumlah hairpin	6
Luas permukaan	59.7 ft^2

12. Kompresor (G-214)

Tabel V.12 Spesifikasi Kompresor (G-214)

Nama	Spesifikasi
Kode	G-214
Tipe	*Centrifugal compressor*

Fungsi	Menaikkan tekanan gas alam dari 2 bar hingga 13,79 bar agar
	sesuai dengan Kondisi Operasi Reaktor Hidrogenasi (R-210)
Jumlah	1 buah 2 *stages*
Bahan	*Cast iron*
Kondisi operasi	P*suction* = 2 bar, T*suction*= 30 °C
	P*discharge* = 21 bar, T*discharge* = 210.0 °C
Kapasitas	72.9 kg/jam
Efisiensi	68%
Power	230 Hp

13. Reaktor (R-210)

Tabel V.13 Spesifikasi Reaktor Hidrogenasi Katalitik (R-210)

Spesifikasi	**Keterangan**			
Nama dan Nomor Alat	Reaktor Hidrogenasi Katalitik (R-210)			
Fungsi	Mengkonversi larutan glukosa menjadi larutan sorbitol melalui reaksi hidrogenasi dan bantuan katalis raney nickel			
Bentuk / Tipe	silinder tegak dengan tutup atas dan bawah standard dished head dilengkapi dengan pengaduk, koil pemanas dan kontaktor gas			
Bahan	Stainless steel SA-182 tipe 310 grade F310			
Kapasitas	12.061	m^3	= 425.9	ft^3
Jumlah	1	buah		
Tinggi tangki	3.922	m	= 12.87	ft
OD	84	in		
ID	83.375	in		
Dimensi				
Tebal silinder (t_s)	5/16	in	Tinggi silinder (Hs)	126 in
Tebal tutup atas (t_{ha})	5/16	in	Tinggi tutup atas (Hd)	14.20 in
Tebal tutup bawah (t_{hb})	5/16	in	Tinggi tutup bawah (Hc)	14.20 in
Jenis Pengaduk	*flat six-blade turbine with disk*			
Daya Pengaduk	0	hp		
Jumlah lilitan coil	62	buah		
Diameter coil	99	in		
Jarak tiap lingkaran coil	1	in		

14. Kondenser (E-311 A)

Tabel V.14 Spesifikasi Alat kondenser (E-311 A)

Spesifikasi	Keterangan	
Nama Alat	Heater (E-122)	
Fungsi	Memanaskan gliserol yang menuju D-120	
Tipe	DPHE	
Bahan	Carbon steel SA 280 Grade C	
Ukuran pipa	2 by 1 1/4	in
Panjang hairpin	48	ft
Annulus		
OD	0.138	in
ID	0.172	in
Inner pipe		
D	1.380	in
a"	0.435	ft^2/ft
Jumlah hairpin	2	
Luas permukaan	14.3	ft^2

15. Flash Drum (F-312)

Tabel V.15 Spesifikasi Alat Flash Drum (F-312)

Spesifikasi	Keterangan	
Tipe	Silinder dengan tutup atas dan bawah standard dished head	
Kapasitas	6.0 ft3	0.17 m3
Bahan Konstruksi	Carbon steel SA-283 grade C	
Jumlah Tangki	1 unit	
Spek. Tangki		
- Diameter tangki (OD)	5.0 ft	1.52 m
- Diameter (ID)	4.96 ft	1.51 m
- Tinggi : shell	7.4 ft	2.3 m
tutup atas	0.03 ft	0.01 m
tutup bawah	0.03 ft	0.01 m

Tebal : shell	¼ in	
Tebal : tutup atas	¼ in	
Tebal : tutup bawah	¼ in	

16. Pompa (L-313 A)

Tabel V.16 Spesifikasi Pompa (L-313 A)

Spesifikasi	Keterangan	
No. Kode	L-313 A	
Fungsi	Memompa produk dari bottom flash drum	
	menuju ke kolom distilasi	
Tipe	*Centrifugal pump*	
Bahan Konstruksi	*Commercial steel*	
Jumlah	2	unit
Kapasitas	13.853	gpm
Power	0.292	hp
Ukuran Pipa		
D Nominal	2	in
Schedule No.	40	
OD	1.380	in
ID	2.067	in
Flow Area	3.350	in^2
Power Motor	0.366	hp

17. Distilsi (D-310)

Tabel V.17 Spesifikasi *Propylene Glycol Distillation* (D-310)

Spesifikasi	Keterangan
No. Kode	D-310

Fungsi	Memisahkan Propilen Glikol sebagai produk utama dari campuran acetol dan air	
Tipe	*Sieve Tray*	
Bahan Konstruksi	*Carbon Steel* SA 283 *Grade* C	
Jumlah	1	unit
Jumlah *Plate*	7	*plate*
Plate Spacing	2	ft
Jenis Aliran	*Cross flow*	
Diameter Kolom	3.000	ft
Area of Coloumn	7.071	ft^2
Active Area	5.657	ft^2
Active of Holes	0.566	ft^2
Area of Downcomer	0.707	ft^2
A_h/A	0.080	
A_d/A	0.100	
A_h/A_A	0.100	
Hole Size	0.250	in
Tinggi *Weir*	1.500	in
Panjang *Weir*	2.180	in
Vessel		
Tipe *Vessel*	*Vertical tall vessel*	
Tinggi *Vessel*	14.000	ft
Tebal *Shell*	0.250	in

Tipe *Head*	*Torispherical dishead head*	
Tinggi *Head*	0.685	ft
Tebal *Head*	0.250	in
Tinggi Total	15.371	ft

18. Kondenser (E-311 B)

Tabel V.18 Spesifikasi Alat Kondenser (E-311 B)

Spesifikasi	Keterangan	
Nama Alat	Heater (E-122)	
Fungsi	Memanaskan gliserol yang menuju D-120	
Tipe	DPHE	
Bahan	Carbon steel SA 280 Grade C	
Ukuran pipa	2 by 1 1/4	in
Panjang hairpin	24	ft
Annulus		
OD	0.138	in
ID	0.172	in
Inner pipe		
D	1.380	in
a"	0.435	ft^2/ft
Jumlah hairpin	1	
Luas permukaan	0.041	ft^2

19. Akumulator (F-314)

Tabel V.19 Spesifikasi Akumulator (F-314)

Spesifikasi	Keterangan
No. Kode	F-314
Fungsi	Menyimpan sementara distillate larutan acetol campuran sebelum di umpankan ke Acetol Storage Tank

Tipe	Silinder horisontal dengan bentuk *torispherical dishead head*	
Bahan Konstruksi	*Carbon Steel* SA 283 *Grade* C	
Jumlah	1	unit
Kapasitas	7.887	ft^3
Panjang	62.912	in
Diameter	17.563	in
Tebal *Shell*	0.188	in
Tebal *Head*	0.188	in
Tinggi *Head*	5.149	in
Tinggi Total	62.912	in

20. Reboiler (E-315)

Tabel V.20 Spesifikasi Alat Reboiler (E-315)

Spesifikasi	Keterangan	
No. Kode	E-424	
Fungsi	Memanaskan *liquida dari kolom distilasi*	
Tipe	1-2 Shell and Tube	
Bahan Konstruksi	*Shell : Carbon Steel SA 283 Grade C*	
	Tube : Carbon Steel SA 283 Grade C	
Jumlah	1	unit
Ukuran		
Shell		
ID	8	in

Buffle Spacing	6	in
Tube		
OD	0.750	in
ID	0.532	in
P_T *(Triangular)*	0.938	in
Panjang	6	ft
Jumlah Tube (Nt)	18	
BWG	12	
ΔP (allowed)	5	psia
Dirt factor (Rd)	0.0051	

22. Pompa (L-313 C)

Tabel V.22 Spesifikasi Pompa (L-313 C)

Spesifikasi	**Keterangan**	
No. Kode	L-313 C	
Fungsi	Memompa bahan dari Mixing Point menuju ke	
	Acetol Storage Tank	
Tipe	*Centrifugal pump*	
Bahan Konstruksi	*Commercial steel*	
Jumlah	2	unit
Kapasitas	3.833	gpm
Power	0.151	hp
Ukuran Pipa		
D Nominal	1.00	in
Schedule No.	40	

OD	1.320	in
ID	1.049	in
Flow Area	0.864	in^2
Power Motor	0.188	hp

23. Pompa (L-313 B)

Tabel V.23 Spesifikasi Pompa (L-313 B)

Spesifikasi	**Keterangan**	
No. Kode	L-313 B	
Fungsi	Memompa produk dari bottom flash drum	
	menuju ke kolom distilasi	
Tipe	*Centrifugal pump*	
Bahan Konstruksi	*Commercial steel*	
Jumlah	2	unit
Kapasitas	9.672	gpm
Power	0.143	hp
Ukuran Pipa		
D Nominal	2	in
Schedule No.	40	
OD	1.380	in
ID	2.067	in
Flow Area	3.350	in^2
Power Motor	0.179	hp

24. Tangki Penampung (F-316 B)

Tabel V.24 Spesifikasi Alat Tangki Penyimpanan Effluent (F-316 B)

Spesifikasi	Keterangan	
No. Kode	F-316 B	
Fungsi	Menyimpan Top Product Destilat	
Tipe	Silinder tegak dengan tutup atas berbentuk *standard dishead head dan tutup bawah berbentuk datar (flat)*	
Bahan Konstruksi	*Carbon Steel* SA 283 *Grade* C	
Jumlah	2	unit
Kapasitas	413.965	m^3
Tinggi	262.793	In
Diameter	328.492	In
Tebal *Shell*	1.000	In
Tebal *Head*	1.000	In
Tinggi *Head*	59.437	In
Tinggi Total	381.668	in

25. Tangki Penampung (F-316 A)

Tabel V.25 Spesifikasi Alat Tangki Penyimpanan Propilen Glikol (F-316 A)

Spesifikasi	Keterangan
No. Kode	F-316 A
Fungsi	Menyimpan produk larutan propilen glikol 97%

Tipe	Silinder tegak dengan tutup atas berbentuk *standard dishead head dan tutup bawah berbentuk datar (flat)*	
Bahan Konstruksi	*Carbon Steel* SA 283 *Grade* C	
Jumlah	2	unit
Kapasitas	1,061.38	m^3
Tinggi	359.681	in
Diameter	449.601	in
Tebal *Shell*	1.250	in
Tebal *Head*	1.250	in
Tinggi *Head*	80.148	in
Tinggi Total	519.977	in

Tabel V.26 Daftar Harga Peralatan

No	Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	Harga ($)		Total Harga ($)
				2014	2021	
25	Storage Tank Effluent	F-316 B	2	111.300,00	126.393,12	252.786,25
24	Storage Tank Propylen Glycol	F-316 A	2	179.900,00	204.295,80	408.591,61
23	Reboiler	E-315	1	20.700,00	23.507,08	23.507,08
22	Accumulator	F-314	1	7.100,00	8.062,81	8.062,81
21	Centrifuge Pump	L-313 C	2	2.500,00	2.839,02	5.678,04
20	Centrifuge Pump	L-313 B	2	4.100,00	4.655,99	9.311,98
19	Centrifuge Pump	L-313 A	2	4.100,00	4.655,99	9.311,98
18	Flash Drum	F-312	1	1.100,00	1.249,17	1.249,17
17	Cooler (Double Pipe Heat Exch	E-311 C	1	1.400,00	1.589,85	1.589,85
16	Condenser (Double Pipe Heat E	E-311 B	1	800,00	908,49	908,49
15	Condenser (Double Pipe Heat E	E-311 A	1	1.100,00	1.249,17	1.249,17
14	Distillation	D-310	1	162.400,00	184.422,67	184.422,67
13	Compressor	G-214	1	77.200,00	126.393,12	126.393,12
12	Heater (Double Pipe Heat Exch	E-213	1	1.600,00	1.816,97	1.816,97
11	Centrifuge Pump	L-212	2	4.100,00	4.655,99	9.311,98
10	Storage Tank Pure Glycerol	F-211	1	2.200,00	2.498,34	2.498,34
9	Hidrogenation Reactor	R-210	1	138.800,00	157.622,33	157.622,33
8	Condenser (Double Pipe Heat E	E-117	1	800,00	908,49	908,49
7	Centrifuge Pump	L-116	2	2.500,00	2.839,02	5.678,04
6	Heater (Double Pipe Heat Exch	E-115	1	1.600,00	1.816,97	1.816,97
5	Centrifuge Pump	L-114	2	2.500,00	2.839,02	5.678,04
4	Elektrodeionisasi	H-113	1	54.700,00	62.117,73	62.117,73
3	Centrifuge Pump	L-112	2	2.500,00	2.839,02	5.678,04
2	Crude Gliserol Tank	F-111	2	541.800,00	615.272,19	1.230.544,38
1	Flash Drum	F-110	1	3.600,00	4.088,19	4.088,19
	Total					**2.520.821,72**

Total harga peralatan = **$** **2.520.821,72**

= **Rp** **34.601.176.997,08**

BAB VI
ANALISIS EKONOMI

Analisis ekonomi merupakan salah satu parameter apakah suatu pabrik tersebut layak didirikan atau tidak. Untuk menentukan kelayakan suatu pabrik secara ekonomi, diperlukan perhitungan parameter analisa ekonomi. Parameter kelayakan tersebut antara lain POT (*Pay Out Time*), BEP (*Break Even Point*). Selain yang tersebut diatas, juga diperlukan analisa biaya yang diperlukan untuk beroperasi dan utilitas, jumlah dan gaji karyawan serta pengadaan lahan untuk pabrik.

VI.1 PENGELOLAAN SUMBER DAYA MANUSIA

VI.1.1 Bentuk Badan Perusahaan

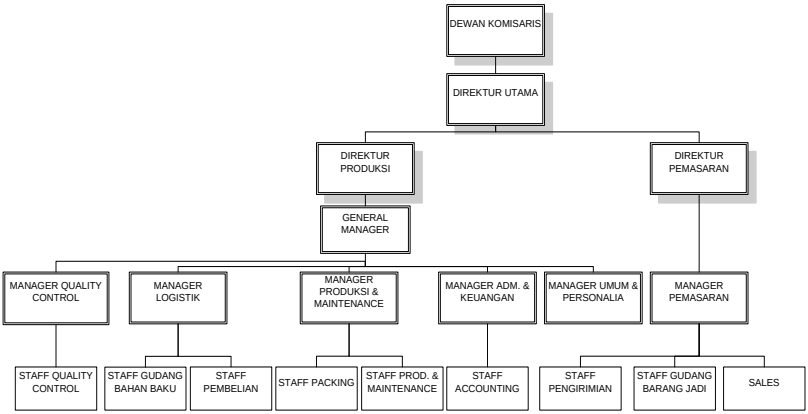
Bentuk badan perusahaan dalam Pabrik Propilen Glikol ini dipilih Perseroan Terbatas (PT). Perseroan Terbatas merupakan suatu persekutuan yang menjalankan perusahaan dengan modal usaha yang terbagi beberapa saham, dimana tiap sekutu (disebut juga persero) turut mengambil bagian sebanyak satu atau lebih 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 dalam pra desain pabrik ini adalah garis dan staf, yang merupakan kombinasi dari pengawasan secara langsung dan spesialisasi pengaturan dalam perusahaan. Alasan pemakaian 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.



Gambar VI.1 Struktur Organisasi

Pembagian kerja dalam organisasi ini adalah :

1. Dewan Komisaris

   Dewan Komisaris bertindak sebagai pemegang saham.Tugas Dewan Komisaris:

   - 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 penanggung jawab 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 dan 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 bertanggung jawab 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 :

- 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 bertanggung jawab kepada Direktur Utama. 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 jenis LLDPE jadi yang disiapkan untuk dipasarkan.
   - Memberikan tugas dan wewenang pada masing-masing bagian terkait.
   - Mengadakan evaluasi kerja pada tiap bagian yang terkait mengenai pelaksanaan pekerja.
   - Mengadakan evaluasi terhadap skill pekerja dalam lingkungan Departemen Pemasaran untuk meningkatkan intensitas pemasaran.
   - Menetapkan harga produk.

5. General Manager

General Manager bertanggungjawab kepada Direktur Produksi dan membawahi secara langsung Manager Quality Control (QC), Manager Logistik, Manager Produksi dan Maintenance, Manager Umum dan Personalia, serta Manager Administrasi dan Keuangan.TugasGeneral 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 penanggung jawab 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 dalamdokumen.

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 yangterkait.
   - Membuat laporan hasil produksi dan kesiapan mesin secara berkala.
   - Mengevaluasisetiap bagian mengenai hasil pekerjaan, skill pekerja serta peningkatannya.
   - Mengatur jadwal perbaikan / perawatan mesin produksi.
   - Menyiapkan bahan yang dibutuhkan untuk proses pengemasan (plastic,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 yangmelakukan pelanggaran.
- Melakukan pengecekan, pemeriksaan, atau perawatan secara periodikterhadap ruang kantor, ruang produksi, atau ruang kerja dalam halkebersihan, 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 kasbarang-barang yang ada di perusahaan secara periodik.
    - Memeriksa laporan kas pabrik, apakah sudah sesuai dengan buktibukti 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 LLDPE jadi supaya terjadi keseimbangan jumlah dari jenis LLDPE jadi yang disiapkan untuk dipasarkan.
    - Memberikan tugas dan wewenang pada masing-masing bagian terkait.
    - Mengadakan evaluasi kerja pada tiap bagian yang terkait mengenaipelaksanaan 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 LLDPE Bittern diuraikan sebagai berikut :

1. Penentuan Jumlah Karyawan Operasional

   Jumlah karyawan operasional yang dibutuhkan untuk proses produksi LLDPE sebagai berikut :

   Kapasitas = 37.000 ton/tahun
   = 112, 121 ton / hari

   Berdasarkan *Gambar 6-8 Peters & Timmerhaus 5th Edition* halaman 198 untuk kondisi *fluid processing only* dengan kapasitas pabrik 37.000 ton/tahun, maka diperoleh jumlah karyawan operasi:

$$M = 15{,}2\ P^{0{,}25}$$

dimana:

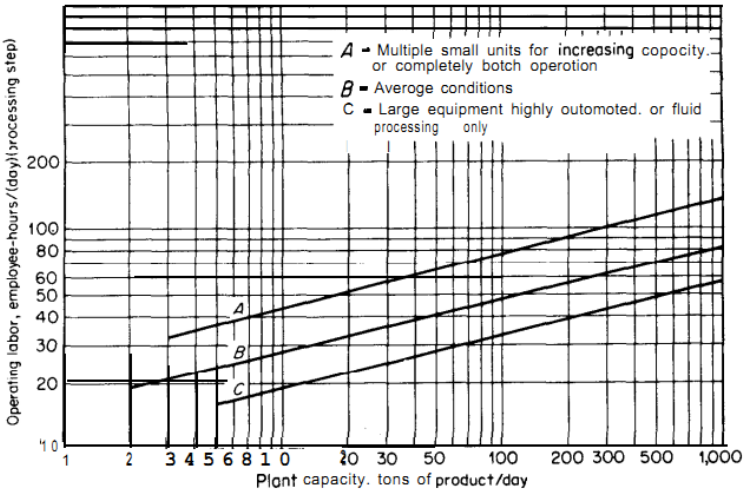
M = Karyawan operasi (pekerja-jam/(hari)(tahapan proses))

P = Kapasitas produk (ton/hari)

Maka,

$M = 15{,}2 \times (112{,}121)^{0{,}25} = 50$ pekerja-jam/(hari)(tahapan proses)

Karena ada 3 tahapan proses (persiapan bahan baku, sintesis Propilen Glikol, dan pemurnian Propilen Glikol), maka jumlah karyawan proses yang dibutuhkan adalah: karyawan = 50 orang-jam/(hari).(tahapan proses) x 3 tahapan proses = 150 orang-jam/hari.



Gambar VI.2 Kebutuhan Pekerja Operator untuk Industri Kimia

Tabel VI.1 Daftar Kebutuhan Karyawan Pabrik Propilen Glikol

No.	Jabatan	Jumlah Karyawan
1	Dewan Komisaris	2
2	Direktur Utama	1
3.	Direktur	2
4	General Manager	1
5	Manager	6
6	Supervisor	9
7	Karyawan:	
	a. Lulusan S-1	32
	b. Lulusan D-3	64

	b.Lulusan SMU	44
8	Dokter	4
9	Perawat	8
10	Sekuriti	12
11	Office Boy	10
12	Karyawan Kebersihan	10
13	Supir	11
Total		214

Pabrik Propilen Glikol 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 : 07.00 – 17.00
Senin – Kamis : 12.00 – 13.00
Jum'at : 11.0 – 13.00

Untuk hari Sabtu, 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 perhari 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 sistem *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 ditabelkan 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 Propilen Glikol 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 Unit Pengolahan Air

Unit prngolahan air 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

Air pada Pabrik Propilen Glikol ini digunakan untuk kepentingan :

- Air sanitasi, meliputi laboratorium dan karyawan.
- Air proses, meliputi : air proses, air pendingin dan air umpan boiler

  Pada unit pengolahan air ini, peralatan yang digunakan meliputi : pompa air boiler, bak pendingin, kation-anion exchange.

VI.2.2 Unit Penyediaan Steam

Steam yang dibutuhkan untuk proses dihasilkan dari boiler, pendingin dari reactor, dan dari *waste heat boiler*. Kebutuhan steam digunakan sebagai pemanas di reboiler, pemanas di heater, pemanas di *vaporizer*, dan sebagian besar dipakai untuk menggerakkan turbin untuk menghasilkan listrik, karena kebutuhan *back-up* jika sewaktu-waktu *supply* listrik dari PLN terhamba. Peralatan yang dibutuhkan untuk pembangkit steam yaitu Boiler.

VI.2.3 Unit Pembangkit Tenaga Listrik

Kebutuhan listrik yang diperlukan untuk pabrik Propilen Glikol ini diambil dari PLN dan generator sebagai penghasil tenaga listrik, dengan distribusi sebagai berikut :

- Untuk proses produksi diambil dari PLN dan generator jika sewaktu-waktu ada gangguan listrik dari PLN
- Untuk penerangan pabrik dan kantor, diambil dari generator

VI.2.4 Unit Pendingin

Unit penyediaan air bertugas untuk memenuhi kebutuhan air ditinjau dari segi panas. Penggunaan air sebagai media pendingin pada alat perpindahan panas dikarenakan faktor berikut :

- Air dapat menyerap jumlah panas yang tinggi per satuan volume
- Air merupakan materi yang mudah didapat dan relatif murah
- Tidak mudah mengembang atau menyusut dengan adanya perubahan suhu
- Mudah dikendalikan dan dikerjakan

- Tidak mudah terdekomposisi

Syarat air pendingin adalah tidak boleh mengandung :

a. *hardness* : yang memberikan efek pada pembentukan kerak
b. besi : penyebab korosi
c. silika : penyebab kerak
d. minyak : dapat menyebabkan turunnya heat transfer

Pada air pendingin ditambahkan zat kimia yang bersifat menghilangkan kerak, lumut, jamur, dan korosi.

VI.3 ANALISIS EKONOMI

Analisis ekonomi dimaksudkan untuk dapat mengetahui apakah suatu pabrik yang direncanakaan layak didirikan atau tidak. Oleh karena itu pada Pra Desain Pabrik propilen glikol dari Etanol 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 Even Point* / BEP)

VI.3.1 Analisis Keuangan

Analisis keuangan yang digunakan pada pabrik Propilen Glikol ini adalah dengan menggunakan metode *discounted cash flow*. Analisa keuangan untuk pabrik Propilen Glikol terdiri dari perhitungan biaya produksi dan aliran kas /kinerja keuangan. Detail perhitungan dapat dilihat pada appendiks D. Berikut ini adalah ketentuan maupun parameter yang digunakan untuk perhitungan ekonomi.

VI.3.2 Analisis Laju Pengembalian Modal (*Internal Rate of Return / IRR*)

Dari hasil perhitungan pada Appendiks D, didapatkan harga i = 28,37%. Harga i yang diperoleh lebih besar dari harga i

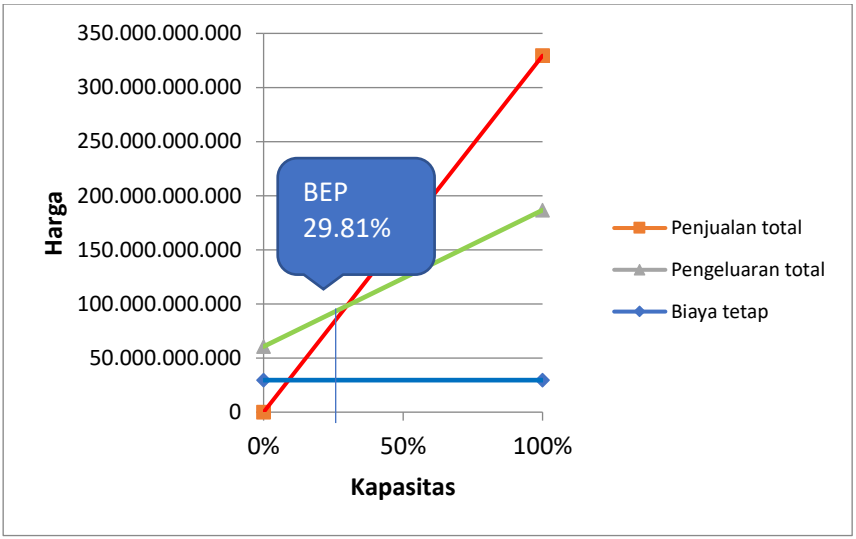
untuk bunga pinjaman yaitu 10,50% per tahun. Dengan harga i = 28,37% yang didapatkan dari perhitungan menunjukkan bahwa pabrik ini layak didirikan dengan kondisi tingkat bunga pinjaman 10,50% per tahun.

VI.3.3 Analisis Waktu Pengembalian Modal *(Payout Time / POT)*

Dari perhitungan yang dilakukan pada Appendiks D didapatkan bahwa waktu pengembalian modal minimum adalah 3,4 tahun dengan perkiraan usia pabrik 10 tahun. Hal ini menunjukkan bahwa pabrik ini layak untuk didirikan karena POT yang didapatkan lebih kecil dari perkiraan usia pabrik.

VI.3.4 Analisis Titik Impas (*Break Even Point / BEP*)

Analisa titik impas digunakan untuk mengetahui besarnya kapasitas produksi dimana biaya produksi total sama dengan hasil penjualan. Biaya tetap (FC) dan Biaya variabel (VC), Biaya semi variabel (SVC) dan biaya tetap tidak dipengaruhi oleh kapasitas produksi. Dari perhitungan yang dilakukan pada Appendiks D didapatkan bahwa Titik Impas (BEP) = 29,81%.



Gambar VI.3 Grafik *Break Even Point*

BAB VII
KESIMPULAN

Dari hasil yang telah diuraikan pada bab-bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Proses Terpilih : Proses Hidrogenasi
2. Perencanaan operasi : Kontinyu, 24 jam/hari, selama 330 hari
3. Kapasitas Produksi : 20.000 ton Propilen Glikol/tahun
4. Bahan baku : 1.375.534,26 ton Crude Gliserol/tahun
5. Lokasi Pabrik : Ngoro, Mojokerto, Jawa Timur
6. Masa konstruksi : 2 tahun
7. Analisis Ekonomi :

IRR (Internal Rate of Return)	28,37%
POT (Pay Out Time)	3,4 tahun
BEP(Break Even Point)	29,81 %

Dari hasil uraian diatas, segi teknis dan ekonomis Pabrik Propilen Glikol dari Crude Gliserol dengan Proses Hidrogenasi katalitik layak untuk didirikan.

DAFTAR PUSTAKA

Suppes, Galen. (2006, September). *Improved Process for Converting Glycerine to Propylene Glycol.*Annual Report.

Kelsey Hall, dkk. (2011, April). *Glycerine to Propylene Glycol*. Senior Design Report (CBE).

Arredondo et all. (2009, November). *Process for conversion the glycerol to propylene glycol and amino alchohol.*United State Patent..

Pei San Kong, Muhamed Kheireddine Aruoa, Wan Mohd Ashri Wan Daud. (2016). *Conversion of crude and pure glycerol into derivatives:feasibility evaluation*. Kuala Lumpur.Science Direct.

Hanif Muhammad, dkk. (2014). *A review acetol application and production*, Sengon.Amerivan Journl of applied science.

Perry, R. H. (1997). *Perry's Chemical Engineers' Handbook* (7th ed.). (J. O. Don W. Green, Ed.) United States of America: Mc. Graw-Hill.

Yaws, Carl L. (1999). *Chemical Propertise Handbook*. Texas. United States of America: Mc. Graw-Hill.

Maglinao, Randy L. (2012). *Verification of Propylene Glycol Preparation from Glycerol via the Acetol Pathway by in situ Hydrogenolysis*. Moscow, Rusia. Research Article : Future Science.

Aznira dan Roila Awang. (2010). *A Review on the Production of Glycol from Glycerol*. Kuala Lumpur. Oil Palm Bulletin.

Maglinao, Randy L dan He, B.Brian. (2011). *Catalytic Thermochemical Conversion of Glycerol to Simple and Polyhydric Alcohols Using Raney Nickel Catalyst*. Moscow, Rusia. Industry &Engineering Chemistry Research.

Dasari, Mohanprasad A. (2005). *Low Hydrogenolysis of Glycerol to Propylenene Glycol*. Columbia, USA. Elsevier : Science Direct.

Kern, D.Q. (1983). *Process Heat Transfer*. New York, USA. United States of America: Mc. Graw-Hill.

Young, Brownell. (1959). *Process Equipment Design*. Michigan, USA. Wiley.

Halaman sengaja dikosongkan

BIODATA PENULIS

PENULIS I

Penulis bernama Aldilla Bayu Yudhistira dilahirkan di Sragen, 23 November 1995, merupakan anak ke dua dari tiga bersaudara dari Bapak Sumarno dan Ibu Sri Kadaryanti. Penulis telah menempuh Pendidikan, yaitu : TK Aisiyah Kuniran Ngawi, SDN Kuniran 1 Ngawi, SMPN 1 Sine Ngawi, SMAN 1 Sragen, DIII Teknik Kimia Universitas Sebelas Maret Surakarta. Penulis mengikuti ujian masuk Lintas Jalur S1 FTIRS-ITS dan diterima di Jurusan Lintas Jalur S1 Teknik Kimia pada semester genap tahun ajaran 2017 dan terdaftar dengan NRP. 02211746000037.

Semasa kuliah, penulis dipanggil dengan sapaan Dilla/Bay, aktif dalam beberapa Kegiatan Organisasi kampus ketika menempuh kuliah di DIII Teknik Kimia UNS sebagai: Staff Kominfo BKI FT UNS, Staff Kominfo KADIKA FT UNS, Staff Kominfo FSLDK Puskomda Solo Raya.

Email: aldillabayu@gmail.com

PENULIS II

Penulis bernama Eka Maulana Idzati dilahirkan di Jakarta, tanggal 08 September 1996, merupakan anak pertama dari 2 bersaudara dari Bapak Sopandi dan Ibu Tyas Susanti. Penulis telah menempuh pendidikan, yaitu: TK Pertiwi Bogor, SDN Balowerti 1, SMPN 8 Kediri, SMAN 7 Kediri, DIII Teknik Kimia Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Penulis mengikuti ujian masuk Lintas Jalur S1 FTIRS-ITS dan diterima di Jurusan Lintas Jalur S1 Teknik Kimia pada semester genap tahun ajaran 2017 dan terdaftar dengan NRP. 02211746000002.

Semasa kuliah, penulis yang akrab disapa Eka ini juga aktif dalam beberapa kegiatan organisasi kampus sebagai staff Bidang Hubungan Masyarakat (HUMAS) HIMA D3KKIM dan menjadi Kepala Departement SYIAR FUKI-Al IKROM D3KKIM FTIITS.

Email : eka.idzati@gmail.com