

**PRA RANCANGAN PABRIK PROPILEN GLIKOL DARI PROPILEN OKSIDA DAN
AIR DENGAN KAPASITAS 40.000 TON/TAHUN**

PRA RANCANGAN PABRIK

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia
Konsentrasi Teknik Kimia



Oleh :

Nama : Anis Tasia Sinton Oktiola

NIM : 17521131

Nama : Qisma Fauziah

NIM : 17521121

**KONSENTRASI TEKNIK KIMIA
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2021

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL
PRA RANCANGAN PABRIK PROPILEN GLIKOL DARI PROPILEN
OKSIDA DAN AIRDENGAN KAPASITAS 40.000 TON/TAHUN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Anis Tasia Sinton Oktiola

NIM : 17521131

Nama : Qisma Fauziah

NIM : 17521121

Yogyakarta, 04 November 2021

Menyatakan bahwa seluruh hasil Pra Rancangan Pabrik ini adalah hasil karya sendiri. Apabiladikemudian hari terbukti bahwa ada beberapa bagian dari karya ini bukan hasil karya sendiri, maka saya siap menanggung resiko dan konsenkuensi apapun.

Demikian surat pernyataan ini saya buat, semoga dapa dipergunakan sebagaimana mestinya.



Anis Tasia Sinton Oktiola



Qisma Fauziah

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

**PRA RANCANGAN PABRIK PROPILEN GLIKOL DARI PROPILEN OKSIDA DAN
AIR DENGAN KAPASITAS 40.000 TON/TAHUN**

PRA RANCANGAN PABRIK



Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat

Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia

Oleh:

Nama : Anis Tasia Sinton Oktiola

Nama : Qisma Fauziah

NIM : 17521131

NIM : 17521121

Yogyakarta, 04 November 2021

Pembimbing I

Pembimbing II

Dulmalik, Ir., M.M.

Fadilla Noor Rahma, S.T., M.Sc.

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI
PRA RANCANGAN PABRIK PROPILEN GLIKOL DARI PROPILEN OKSIDA DAN
AIR DENGAN KAPASITAS 40.000 TON/TAHUN

PERANCANGAN PABRIK

Oleh :

Nama : Anis Tasia Sinton Oktiola Nama : Qisma Fauziah
No. Mhs : 17521131 No. Mhs : 17521121

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

Yogyakarta, 24 November 2021

Tim Penguji

Dulmalik, Ir., M.M
Ketua Penguji



Ajeng Yulianti Dwi Lestari, S.T., M.T.
Penguji I



Venitalitya Alethea Sari A, S.T., M.Eng.
Penguji II



Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Kimia
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia



Suharno Rusdi, P.hD.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr., Wb.

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik dan karunia-Nya, sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik. Shalawat dan salam semoga selalu tercurahkan atas junjungan kita Nabi Muhammad S.A.W, sahabat serta para pengikutnya.

Tugas Akhir Pra Rancangan Pabrik yang berjudul “Pra Rancangan Pabrik Propilen Glikol dari Propilen Oksida dan Air dengan Kapasitas 40.000 Ton/Tahun”, disusun sebagai penerapan dari ilmu teknik kimia yang telah diperoleh selama dibangku kuliah dan merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

Penulisan laporan Tugas Akhir ini dapat berjalan dengan lancar atas bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penyusun ingin menyampaikan terimakasih kepada :

1. Allah SWT yang selalu melimpahkan Rahmat dan Hidayahnya yang senantiasa memberikan kemudahan dalam mengerjakan Tugas Akhir ini.
2. Orang Tua dan Keluarga yang selalu memberikan doa, semangat, dan dukungan yang tiada henti-hentinya.
3. Bapak Hari Purnomo, Prof., Dr., Ir., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Dr. Suharno Rusdi selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia
5. Bapak Dulmalik, Ir., M.M. selaku Dosen Pembimbing I dan Ibu Fadilla Noor Rahma, S.T., M. Sc. selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
6. Seluruh civitas akademika di lingkungan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
7. Teman – teman Teknik Kimia 2017 yang selalu memberikan dukungan, semangat, dan kerja samanya.

8. Semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu per satu yang telah membantu penyusunan Tugas Akhir ini.

Kami menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan, untuk itu kami mengharapkan kritik dan saran untuk menyempurnakan laporan ini. Akhir kata semoga laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak, terutama bagi para pembaca serta penyusun, Aamiin.

Wassalamu'alaikum Wr., Wb.

Yogyakarta, 04 November 2021

Penulis



DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL	i
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
ABSTRAK.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Penentuan Kapasitas Rancangan Pabrik.....	2
1.2.1 Proyeksi kebutuhan propilen glikol di Indonesia.....	2
1.2.2 Kapasitas Pabrik Propilen Glikol yang Sudah Berdiri	3
1.2.3 Kebutuhan Propilen Glikol di Dunia	4
1.2.4 Ketersediaan Bahan Baku.....	4
1.2.5 Penentuan Kapasitas Perancangan Pabrik	5
1.3 Tinjauan Pustaka	5
1.3.1 Macam-Macam Proses	5
1.3.2 Kegunaan Produk	8
BAB II PERANCANGAN PRODUK.....	9
2.1 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk	9
2.1.1 Keterangan Tingkat Bahaya Bahan Baku Propilen Oksida.....	12
2.2 Pengendalian Kualitas	16
2.2.1 Bahan Baku.....	16

2.2.2	Produk.....	17
2.2.3	Alat Proses.....	17
2.2.4	Waktu.....	18
BAB III PERANCANGAN PROSES		19
3.1	Uraian Proses.....	19
3.1.1	Tahap Persiapan Bahan Baku	19
3.1.2	Tahap Reaksi.....	20
3.1.3	Tahap Pemurnian Produk.....	21
3.2	Spesifikasi Alat.....	22
3.2.1	Reaktor.....	22
3.2.2	Netralizer.....	24
3.2.3	Filter.....	25
3.2.4	Menara Distilasi	26
3.2.5	Kondensor.....	28
3.2.6	Reboiler.....	29
3.2.7	<i>Accumulator</i>	30
3.2.8	Tangki Penyimpanan (Storage).....	31
3.2.9	Heat Exchanger.....	33
3.2.10	Pompa	37
3.3	Perencanaan Produksi.....	41
3.3.1	Analisis Kebutuhan Bahan Baku	41
2.2.5	Analisis Kebutuhan Alat Proses	41
BAB IV PERANCANGAN PABRIK		42
4.1	Penentuan Lokasi Pabrik	42
4.1.1	Sumber Bahan Baku	42
4.1.2	Pemasaran Produk.....	42

4.1.3	Penyediaan Utilitas	42
4.1.4	Jenis Transportasi.....	43
4.1.5	Keadaan Masyarakat	43
4.1.6	Karakteristik Lokasi.....	43
4.1.7	Kebijakan Pemerintah dan Kebutuhan Tenaga Kerja.....	43
4.2	Tata Letak Pabrik (Plant Layout).....	44
4.3	Tata Letak Alat Proses	47
4.4	Neraca Massa	50
4.4.1	Neraca Massa Total.....	50
4.4.2	Neraca Massa Reaktor	51
4.4.3	Neraca Massa Netralizer	51
4.4.4	Neraca Massa Filter	52
4.4.5	Neraca Massa Menara Distilasi (MD-01).....	52
4.4.6	Neraca Massa Menara Distilasi (MD-02).....	53
4.5	Neraca Panas	53
4.5.1	Neraca Panas di Reaktor	53
4.5.2	Neraca Panas di Netralizer	54
4.5.3	Neraca Panas di Filter	54
4.5.4	Neraca Panas di Menara Distilasi 1 (MD-01).....	55
4.5.5	Neraca Panas di Menara Distilasi 2 (MD-02).....	55
4.6	Utilitas	59
4.6.1	Unit Penyedia dan Pengelolaan Air	59
4.6.2	Unit Pembangkit Steam	66
4.6.3	Unit Pembangkit dan Pendistribusian Listrik.....	66
4.6.4	Unit Penyedia Udara Instrumen.....	69
4.6.5	Unit Penyedia Bahan Bakar	69

4.6.6	Unit Pengolahan Limbah	69
4.7	Laboratorium	70
4.8	Keamanan, Kesehatan dan Keselamatan Kerja	70
4.9	Manajemen Perusahaan	71
4.9.1	Bentuk Perusahaan	71
4.9.2	Struktur Organisasi	71
4.9.3	Tugas dan Wewenang	74
4.10	Evaluasi Ekonomi	77
4.10.1	Perkiraan Harga Alat	77
4.10.2	Perhitungan Biaya	80
4.10.3	Analisa Kelayakan	81
4.10.4	Hasil Perhitungan	83
4.10.5	Analisa Keuntungan	88
4.10.6	Hasil Kelayakan	88
BAB V PENUTUP		92
5.1	Kesimpulan	92
5.2	Saran	93
DAFTAR PUSTAKA		94
LAMPIRAN A		95

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Data impor propilen glikol di Indonesia	2
Tabel 1.2 Daftar Pabrik yang Memproduksi Propilen Glikol di Dunia	4
Tabel 1.3 Perbandingan Proses Pembentukan Propilen Glikol.....	7
Tabel 2.1 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk	10
Tabel 3.1 Spesifikasi Reaktor	22
Tabel 3.2 Spesifikasi Reaktor (lanjutan).....	23
Tabel 3.3 Spesifikasi Netralizer	24
Tabel 3.4 Spesifikasi Filter	25
Tabel 3.5 Spesifikasi Menara Distilasi.....	26
Tabel 3.6 Spesifikasi Menara Distilasi (lanjutan)	27
Tabel 3.7 Spesifikasi Kondensor.....	28
Tabel 3.8 Spesifikasi Reboiler	29
Tabel 3.9 Spesifikasi Accumulator	30
Tabel 3.10 Spesifikasi Tangki Penyimpanan (Storage)	31
Tabel 3.11 Spesifikasi Tangki Penyimpanan (Storage) lanjutan	31
Tabel 3.12 Spesifikasi Heat Exchanger.....	33
Tabel 3.13 Spesifikasi Heat Exchanger (lanjutan)	34
Tabel 3.14 Spesifikasi Heat Exchanger (lanjutan)	35
Tabel 3.15 Spesifikasi Tangki Penyimpanan (Storage)	37
Tabel 3.16 Spesifikasi Tangki Penyimpanan (Storage) (lanjutan)	38
Tabel 3.17 Spesifikasi Tangki Penyimpanan (Storage) (lanjutan)	39
Tabel 3.18 Kebutuhan Bahan Baku	41
Tabel 4.1 Neraca Massa Total.....	50
Tabel 4.2 Neraca Massa di Reaktor	51
Tabel 4.3 Neraca Massa di Netralizer	51
Tabel 4.4 Neraca Massa di Filter	52
Tabel 4.5 Neraca Massa di Menara Distilasi (MD-01)	52
Tabel 4.6 Neraca Massa di Menara Distilasi (MD-02)	53
Tabel 4.7 Neraca Panas di Reaktor	53
Tabel 4.8 Neraca Panas di Netralizer	54
Tabel 4.9 Neraca Panas di Filter	54

Tabel 4.10 Neraca Panas di Menara Distilasi 1	55
Tabel 4.11 Neraca Panas di Menara Distilasi 2	55
Tabel 4.12 Kebutuhan Air Proses	64
Tabel 4.13 Kebutuhan Air Pembangkit Steam	64
Tabel 4.14 Kebutuhan Air Pendingin	65
Tabel 4.15 Kebutuhan Air Domestic	65
Tabel 4.16 Kebutuhan Air Service.....	66
Tabel 4.17 Kebutuhan Listrik Proses.....	67
Tabel 4.18 Kebutuhan Listrik Utilitas	68
Tabel 4.19 Harga Index CEPCI	78
Tabel 4.20 Physical Plant Cost (PPC).....	84
Tabel 4.21 Direct Plant Cost (DPC)	84
Tabel 4.22 Fixed Capital Investment (FCI)	84
Tabel 4.23 Direct Manufacturing Cost (DMC).....	85
Tabel 4.24 Indirect Manufacturing Cost (IMC)	85
Tabel 4.25 Fixed Manufacturing Cost (FMC)	85
Tabel 4.26 Manufaring Cost (MC)	86
Tabel 4.27 Working Capital (WC).....	86
Tabel 4.28 General Expense (GE)	86
Tabel 4.29 Total Biaya Produksi.....	87
Tabel 4.30 Fixed Cost (Fa)	87
Tabel 4.31 Variable Cost (Va).....	87
Tabel 4.32 Regulated Cost (Ra).....	88

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Grafik Impor Propilen Glikol di Indonesia Tahun 2011-2019.....	3
Gambar 4.1 Lokasi Pendirian Pabrik	44
Gambar 4.2 Tata Letak Pabrik dan Alat Proses	49
Gambar 4.3 Diagram Alir Kuantitatif.....	57
Gambar 4.4 Diagram Alir Kualiatatif	58
Gambar 4.5 Struktur Organisasi.....	73
Gambar 4.6 Hubungan tahun terhadap index CEPCI	79
Gambar 4.7 Grafik BEP	90



ABSTRAK

Propilen Glikol merupakan salah satu bahan kimia yang dibutuhkan di Indonesia dan sampai saat ini masih didatangkan dari luar negeri sehingga pendirian pabrik propilen glikol sangat diperlukan mengingat besarnya peluang pasar di Indonesia. Pabrik ini direncanakan didirikan di kawasan industri Batang, Jawa Tengah. Pabrik beroperasi selama 330 hari dalam 1 tahun. Proses produksi Propilen Glikol dilakukan dengan metode reaksi hidrasi propilen oksida dengan menggunakan katalis asam sulfat pada fase cair dengan kapasitas 40.000 ton/tahun dan beroperasi selama 24 jam/hari. Reaksi terjadi pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm dalam Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) yang dilengkapi dengan jaket pendingin. Perbandingan rasio mol umpan antara Propilen Oksida dan Air yang digunakan sebesar 1:18 dan katalis asam sulfat sebesar 0,1% dari jumlah umpan air. Proses pemurnian katalis asam sulfat terjadi di Netralizer dengan menambahkan NaOH. Hasil proses tersebut menghasilkan padatan berupa Na₂SO₄. Produk hasil reaksi dipisahkan menggunakan menara distilasi untuk mendapatkan kemurnian sebesar 99,5%. Kebutuhan bahan baku untuk memproduksi propilen glikol ini terdiri dari propilen oksida sebanyak 42.697 ton/tahun, air sebanyak 246.913,85 ton/tahun dan asam sulfat sebanyak 1.344,31 ton/tahun. Berdasarkan perhitungan analisis kelayakan terhadap pabrik ini menunjukkan *Percent Return On Investment (ROI)* sebelum pajak sebesar 27 % dan setelah pajak sebesar 20 %. *Pay Out Time (POT)* sebelum pajak selama 3 tahun dan setelah pajak selama 4 tahun. Persentase nilai *Break Even Point (BEP)* pabrik sebesar 42,99 %, *Shut Down Point (SDP)* sebesar 19,57 %, serta *Discounted Cash Flow Rate (DCF)* terhitung sebesar 25,37 %. Dari hasil perhitungan evaluasi ekonomi terhadap analisis kelayakan pabrik dapat disimpulkan bahwa pendirian pabrik propilen glikol dengan kapasitas 40.000 ton/tahun menguntungkan dan layak untuk didirikan.

Kata-kata kunci : propilen glikol, propilen oksida, asam sulfat, reaksi hidrasi

ABSTRACT

Propylene Glycol is one of the chemicals needed in Indonesia and until now it is still imported from abroad so that the establishment of a propylene glycol factory is very necessary considering the large market opportunity in Indonesia. This factory is planned to be established in the industrial area of Batang, Central Java. The factory operates for 330 days in 1 year. Propylene Glycol production process is carried out by the hydration reaction of propylene oxide using sulfuric acid catalyst in the liquid phase with a capacity of 40,000 tons/year and operates 24 hours/day. The reaction occurs at a temperature of 30°C and a pressure of 1 atm in a Stirred Tank Flow Reactor (RATB) equipped with a cooling jacket. The ratio of feed mole ratio between Propylene Oxide and Water used is 1:18 and sulfuric acid catalyst is 0.1% of the total feed water. The sulfuric acid catalyst purification process occurs in the Neutralizer by adding NaOH. The result of the process produces a solid in the form of Na₂SO₄. The reaction products were separated using a distillation tower to obtain a purity of 99.5%. The raw material requirements for producing propylene glycol consist of propylene oxide as much as 42,697 tons/year, water as much as 246,913.85 tons/year and sulfuric acid as much as 1,344.31 tons/year. Based on the calculation of the feasibility analysis of this factory shows the Percent Return On Investment (ROI) before tax is 27% and after tax is 20%. Pay Out Time (POT) before tax for 3 years and after tax for 4 years. The percentage of factory Break Even Point (BEP) is 42,99 %, Shut Down Point (SDP) is 19,57 %, and Discounted Cash Flow Rate (DCF) is 25.37 %. From the results of the calculation of the economic evaluation of the feasibility analysis of the plant, it can be concluded that the establishment of a propylene glycol plant with a capacity of 40,000 tons/year is profitable and feasible to build.

Key words : propylene glycol, propylene oxide, sulfuric acid, hydration reaction

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Peran bidang industri kimia di dalam negeri sangat penting untuk meningkatkan sektor penggerak perekonomian Indonesia dan mampu menjadi kontribusi secara signifikan terhadap pendapatan devisa negara yang digunakan untuk mengimpor bahan kimia, oleh karena itu pemerintah terus mendorong tumbuhnya industri kimia di dalam negeri. Dengan mendirikan banyak industri kimia diharapkan dapat menurunkan jumlah impor bahan kimia dari negara lain. Pembangunan bidang industri kimia di Indonesia sangat penting untuk menjangkau struktur ekonomi yang lebih kuat, menurunkan jumlah impor bahan kimia dari negara lain, meningkatkan kemampuan nasional dalam memenuhi kebutuhan bahan kimia dalam negeri, serta dapat memperluas lapangan pekerjaan.

Berdasarkan proses produksinya, industri dikategorikan menjadi dua macam yaitu industri hulu dan industri hilir. Indonesia harus lebih memperhatikan industri yang berbasis di hulu. Berdasarkan data dari kementerian perindustrian target pertumbuhan industri kimia hulu belum mencapai target dikarenakan menyusutnya tingkat mobilitas barang akibat adanya PSBB. Industri hulu memiliki sifat hanya menyediakan bahan baku yang dibutuhkan oleh industri lain. Salah satu bahan industri kimia yang banyak digunakan sebagai pemasok bahan baku untuk berbagai sektor industri lainnya adalah propilen glikol.

Propilen Glikol yang mempunyai rumus kimia $C_3H_8O_2$ atau 1,2-propanadiol adalah salah satu bahan kimia yang dibutuhkan di Indonesia dan sampai saat ini masih didatangkan dari luar negeri sehingga pendirian pabrik propilen glikol sangat diperlukan mengingat besarnya pangsa pasar di Indonesia. Propilen glikol banyak digunakan pada berbagai sektor industri seperti industri makanan, industri farmasi, industri kosmetik, dan industri cat. Kegunaan propilen glikol dalam industri kimia yaitu sebagai pengawet makanan pada industri makanan, sebagai pelembab dan pelembut dalam industri kosmetik, sebagai salah satu formula obat dalam industri farmasi, dan dalam industri cat sebagai *addictive* yang berperan sebagai penstabil viscositas dan warna. Propilen glikol berwujud cairan kental yang jernih, tidak berwarna maupun berbau dan mampu larut sempurna didalam air. Senyawa ini mempunyai sifat jernih, cair, kental, sedikit berbau, sedikit pahit, dan memiliki tekanan uap rendah (Kirk Othmer, 2004).

Menurut data impor propilen glikol di Indonesia kebutuhan propilen glikol cenderung meningkat. Walaupun mempunyai fungsi yang sangat banyak, sampai saat ini belum ada satupun pabrik lokal yang memproduksi propilen glikol. Oleh karena itu pendirian pabrik propilen glikol sangat tepat untuk mengurangi jumlah impor dari negara lain.

1.2 Penentuan Kapasitas Rancangan Pabrik

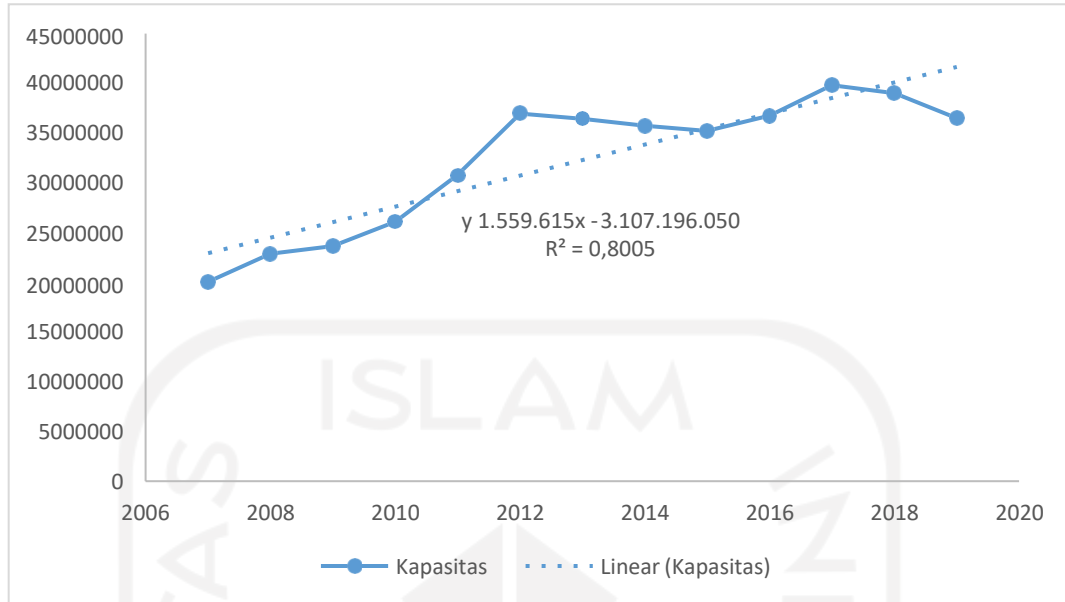
Salah satu hal yang harus diperhatikan dalam merancang suatu pabrik adalah menentukan kapasitas suatu pabrik. Kapasitas produksi merupakan tingkat yang menunjukkan batas kemampuan, penerimaan atau keluaran dari suatu unit, fasilitas atau output untuk memproduksi dalam periode waktu tertentu. Dalam menentukan kapasitas pabrik propilen glikol terdapat beberapa pertimbangan dari berbagai macam aspek, antara lain :

1.2.1 Proyeksi kebutuhan propilen glikol di Indonesia

Berdasarkan data impor propilen glikol di Indonesia, kebutuhan propilen glikol dari tahun ke tahun mengalami peningkatan, namun belum terdapat pabrik yang memproduksi propilen glikol di Indonesia sampai saat ini. Untuk memenuhi kebutuhan propilen glikol di dalam negeri dipenuhi dari impor. Akan tetapi jika terus menerus impor dari luar negeri akan memberatkan neraca perdagangan ekspor-impor Indonesia. Data kebutuhan impor propilen glikol tahun 2011-2019 diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS).

Tabel 1.1 Data impor propilen glikol di Indonesia

Tahun	Jumlah Impor (kg/Tahun)
2011	30.770.939
2012	36.983.281
2013	36.456.668
2014	35.743.138
2015	35.217.807
2016	36.748.374
2017	39.816.224
2018	39.023.767
2019	36.547.542



Gambar 1.1 Grafik impor propilen glikol di indonesia tahun 2011-2019

Dari data diatas diperoleh persamaan garis lurus $y = 1559615x - 3107196050$ dimana y adalah kebutuhan propilen glikol pada tahun tertentu dalam kg sedangkan x adalah jumlah tahun yang yang dihitung dari tahun 2011 sampai tahun yang akan dihitung. Sehingga diperoleh kebutuhan impor propilen glikol untuk tahun 2025 mencapai 51024.33 Ton/Tahun.

1.2.2 Kapasitas Pabrik Propilen Glikol yang Sudah Berdiri

Kapasitas pabrik yang memproduksi propilen glikol di dunia berkisar dari 35.000 ton/tahun sampai 410.000 ton/tahun. Data kapasitas produksi ini dapat dilihat pada Tabel 1.2. Untuk pasar di luar negeri, Lyondell Industries memiliki peran yang cukup besar dalam memenuhi kebutuhan propilen glikol dunia. Hal ini dapat dilihat dari kapasitas produksi Lyondell Industries yang cukup besar, yaitu sebesar 410.000 ton/tahun.

Tabel 1.2 Daftar pabrik yang memproduksi propilen glikol di dunia

Pabrik	Lokasi	Kapasitas (Ton/Tahun)
Arch Chemicals	Bredeburg, US	35.000
Asahi Denka	Sodegaura, Jepang	33.000
Asahi Glass	Kashima, Jepang	42.000
BASF	Ludwigshafen, Jerman	80.000
CNOOC/Shell Petrochemicals	Huizhou, Cina	60.000
Dow Chemical	Texas	435.000
Huntsman	Texas, US	65.000
Ineos Olefins	Cologne, Jerman	100.000
Lyondell	Belanda	410.000
Nihon Oxirane	Sodegaura, Jepang	90.000
Repsol YPF	Puertollano, Spanyol	87.000
SKC Chemicals	Pulau Seraya, Singapura	65.000
Seraya Chemicals	Ulsan, Korea Selatan	50.000

1.2.3 Kebutuhan Propilen Glikol di Dunia

Pertumbuhan ekonomi yang kuat di negara berkembang ditambah dengan meluasnya sektor manufaktur diperkirakan akan mendorong pertumbuhan pasar propilen glikol. Industri otomotif juga mengalami peningkatan, terutama di negara-negara seperti India, Brasil, dan Thailand. Hal ini menyebabkan kenaikan permintaan untuk pendingin dan pertumbuhan pasar propilen glikol. Meningkatnya standar hidup seiring dengan meningkatnya investasi di industri konstruksi diharapkan dapat terus menguatkan pertumbuhan pasar. Pada tahun 2013, konsumsi propilen glikol di dunia melebihi 2,12 juta ton. Pasar keseluruhan diperkirakan akan meningkat 4,5% per tahun. Pertumbuhan terkuat kemungkinan akan terjadi di Cina dan sejumlah negara lainnya. Sedangkan pada tahun 2017 kebutuhan propilen glikol global sebesar 2,56 juta ton.

1.2.4 Ketersediaan Bahan Baku

Lokasi pabrik yang dekat dengan bahan baku akan memberikan keuntungan. Bahan baku utama propilen glikol yaitu propilen oksida. Propilen oksida bisa mengimpor dari PT. Zhangdian Petrochem yang berlokasi di China. Sedangkan untuk katalis asam sulfat diperoleh dari PT.

Petrokimia Gresik, NaOH diperoleh dari PT. Asahimas Chemical dan air diperoleh dari air laut. Dari data persediaan bahan baku yang ada dapat mencukupi kebutuhan propilen oksida yang di butuhkan.

1.2.5 Penentuan Kapasitas Perancangan Pabrik

Kapasitas produksi dari suatu pabrik dapat ditentukan dari berbagai macam faktor, salah satu yang paling mempengaruhi yaitu nilai peluang pasar. Berdasarkan data dari perhitungan impor dan kapasitas pabrik propilen glikol yang telah berdiri di dunia maka dipilih kapasitas produksi pada tahun 2025 sebesar 40.000 ton/tahun.

1.3 Tinjauan Pustaka

1.3.1 Macam-Macam Proses

Ditinjau dari proses pembuatannya, propilen glikol dapat dilakukan dengan beberapa cara, yaitu :

1. Hidrasi propilen oksida tanpa katalis

Propilen glikol diproduksi dari propilen oksida dengan menambahkan metanol sebagai pelarut propilen oksida karena propilen oksida tidak sepenuhnya larut dalam air. Reaksi ini berlangsung pada fase cair. Proses ini menghasilkan propilen glikol, dipropilen glikol dan air sisa reaksi. Air sisa reaksi dipisahkan dengan separator lalu dimurnikan dengan proses distilasi.



Reaksi berlangsung pada tingkat yang wajar dan suhu sekitar 120°C-190°C dan batas tekanan hingga 2170 kPa. Karena propilen oksida memiliki titik didih agak rendah maka perlu dijaga suhu campuran reaksinya. Katalis asam atau basa digunakan untuk meningkatkan laju reaksi atau selektivitas produk walaupun pada proses komersial umumnya hanya menggunakan panas dan tekanan tanpa katalis. Konversi dari proses ini didapatkan sebesar 90%. (Chan dan Seider, 2004).

2. Hidrasi propilen oksida dengan katalis asam

Penggunaan katalis asam adalah yang memberikan perbedaan dengan proses hidrasi propilen oksida tanpa katalis. Katalis yang digunakan yaitu asam sulfat atau metil format.

Rasio mol H₂O dan C₃H₆O sebesar 18:1. Reaksi yang berlangsung dengan fase cair-cair pada suhu operasi 77-93°F dan tekanan 1 atm. Karena propilen oksida memiliki titik didih agak rendah yaitu 34,23 °C maka perlu dijaga suhu campuran reaksinya. (Molnar, 2003).

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Chan dan Seider yaitu dengan mereaksikan 43,04 lbmol propilen oksida dengan 802,8 lbmol air dan 71,87 lbmol dan 20 lbmol asam sulfat sebagai katalis. Konversi dari proses ini didapatkan sebesar 92%. (Chan dan Seider, 2004).



3. Hidrasi propilen oksida dengan katalis basa

Proses ini menggunakan katalis basa dan mencampur dengan air sampai konsentrasi tertentu kemudian direaksikan dengan propilen oksida dalam reaktor hidrasi. (Kirk dan Othmer, 1983).



Proses ini berlangsung pada suhu 70°C dengan tekanan 1 atm dan konversi yang dihasilkan sebesar 70%. (Chan dan Seider, 2004).

Penggunaan katalis asam dan basa dapat meningkatkan kecepatan reaksi dan selektivitas produk akan tetapi harus dibersihkan terlebih dahulu sebelum proses distilasi untuk mencegah korosi pada dinding menara distilasi. (Mc. Ketta, 1990).

Tabel 1.3 Perbandingan Proses Pembentukan Propilen Glikol

Kriteria	Hidrasi propilen oksida tanpa katalis	Hidrasi propilen oksida dengan katalis asam	Hidrasi propilen oksida dengan katalis basa
Tekanan (atm)	21,42	1-13,61	1
Suhu (°C)	120-190	50-150	70
Katalis	Tanpa katalis	Asam (H ₂ SO ₄ , C ₂ H ₄ O ₂)	Basa (NaHCO ₃ , Mo)
Fase Reaksi	Cair-cair	Cair-cair	Cair-cair
Konversi (%)	90	92	70
Waktu Reaksi	>2	0,5	1-2
Kekurangan	<ul style="list-style-type: none"> • Kebutuhan air untuk proses sangat banyak • Tekanan dan temperatur tinggi • Waktu reaksi berjalan lambat 	<ul style="list-style-type: none"> • Katalis asam sebaiknya dihilangkan terlebih dahulu sebelum masuk menara distilasi untuk mencegah korosi • Suhu harus di jaga agar fase reaksi tetap cair-cair 	<ul style="list-style-type: none"> • Katalis asam sebaiknya dihilangkan terlebih dahulu sebelum masuk menara distilasi untuk mencegah korosi • Katalis basa dapat menghasilkan isomer diglikol yang tidak diinginkan • Basa kuat membutuhkan pengolahan yang signifikan • Konversi produk rendah
Kelebihan	<ul style="list-style-type: none"> • Limbah yang dihasilkan dalam proses ini sedikit • Biaya produksi rendah 	<ul style="list-style-type: none"> • Kecepatan reaksi meningkat sehingga waktu reaksi berjalan cepat • Tekanan dan temperatur operasi rendah • Konversi tinggi 	<ul style="list-style-type: none"> • Kecepatan reaksi meningkat • Waktu reaksi berjalan cepat • Tekanan dan temperatur operasi rendah

Berdasarkan Tabel 1.2 perancangan pabrik Propilen glikol ini dipilih proses hidrasi propilen oksida dengan katalis asam sulfat. Proses ini dipilih karena reaksi berlangsung dengan

cepat pada suhu dan tekanan yang rendah yaitu 30-150 °C dan 1 - 13 atm. Selain itu dihasilkan konversi yang tinggi sebesar 92%.

1.3.2 Kegunaan Produk

Kegunaan propilen glikol di industri kimia cukup luas yaitu digunakan sebagai bahan pengawet maupun pelarut dalam industri makanan, bahan pelembut/pelembab dalam industri kosmetik, minyak pelumas pada mesin, industri obat-obatan untuk formula obat, industri cat juga makanan ternak. (Kirk & Othmer,1983)



BAB II

PERANCANGAN PRODUK

Guna memenuhi kualitas produk sesuai standar dan kebutuhan pasar, maka mekanisme perancangan pembuatan Propilen Glikol ini didasarkan pada beberapa variabel yaitu spesifikasi produk, spesifikasi bahan baku, spesifikasi bahan pembantu dan pengendalian kualitas.

2.1 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk

Bahan baku yang digunakan pada perancangan pabrik propilen glikol dengan hasil samping dipropilen glikol yaitu propilen oksida, air dan asam sulfat sebagai katalis. Berikut sifat-sifat fisika dan kimia untuk bahan baku dan produk yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 2.1.



Tabel 2.1 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk

Sifat Fisika dan Sifat Kimia	Bahan Baku			Produk	
	Propilen Oksida	Air	Asam Sulfat	Propilen Glikol	Di-propilen Glikol
Rumus molekul	C ₃ H ₆ O	H ₂ O	H ₂ SO ₄	C ₃ H ₈ O ₂	C ₆ H ₁₄ O ₃
Fase	Cair	Cair	Cair	Cair	Cair
Berat molekul (g/mol)	58,08	18,02	98,08	76,1	134,18
Densitas (g/ml)	0,83	1	1,83	1,036	1,0252
Titik didih (°C)	34,23	100	337	188	231,9
Titik leleh (°C)	-112	0	10	-59	-32
Tekanan uap (mmHg)	442 ^{20°C}	17,25 ^{20°C}	1 ^{20°C}	0,08 ^{20°C}	<0,01 ^{20°C}
Viskositas (cP)	0,28 ^{25°C}	1,002	26,7 ^{25°C}	58,1 ^{20°C}	0,28 ^{25°C}
Kemurnian (%)	99,98	-	98	99,5	98,75
Temperatur kritis (°C)	209,1	374,1	655	340,23	382
Tekanan kritis (atm)	48,6	218,3	654	57,16	36
Kelarutan	- Larut dalam alkohol dan eter.	- Larut dalam asam asetat, asam sulfat, asam nitrat, asam hidroklorida, aseton, amonia, amonium klorida, etanol, gliserol, metanol, sodium hidroksida, dan propilen glikol.	- Termasuk asam kuat	- Larut dalam air, etanol, eter, aseton, dan klorofom.	- Larut dalam air.
Reaktifitas	- Bereaksi dengan air untuk menghasilkan propilen glikol, dipropilen glikol, tripropilen glikol, dan polipropilen glikol. - Bereaksi dengan gugus hidroksil alkohol dan fenol untuk menghasilkan monoeter propilen	- Mampu melarutkan zat-zat kimia, seperti garam-garam, gula, asam, beberapa jenis gas dan berbagai macam molekul organik. - Golongan logam alkali jika direaksikan dengan air dapat menghasilkan ion hidroksida. - Unsur-unsur kimia dalam golongan 13,14, dan 15 cenderung tidak bereaksi	-Mengalami penguraian bila terkena panas, mengeluarkan an gas SO ₂ . Asam encer jika bereaksi dengan logam akan menghasilkan an gas hidrogen	- Sebagian besar reaksi propilen glikol melibatkan pemindahan satu atau dua atom hidrogen dari gugus OH yang membentuk eter, ester, eter ester, atau asetal. - Reaksi esterifikasi propilen glikol dengan <i>maleic, fumaric, acyl</i>	- Bereaksi kuat dengan asam dan bahan pengoksidasi, namun tidak bereaksi dengan basa.

Sifat Fisika dan Sifat Kimia	Bahan Baku			Produk	
	Propilen Oksida	Air	Asam Sulfat	Propilen Glikol	Di-propilen Glikol
Reaktifitas	<p>glikol.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bereaksi dengan amonia untuk menghasilkan isopropanol amina. Sedangkan reaksi antara propilen oksida dan isopropanol amina atau ikatan amina yang lainnya akan menghasilkan ikatan N- dan N, N-disubtitusi isopropanolamina. - Reaksi antara propilen oksida dan karbon dioksida menghasilkan propilen karbonat. - Isomerisasi propilen oksida menjadi propionaldehida dan aseton dapat berlangsung dengan bantuan katalis seperti <i>silica gel</i>, sodium atau potasium alum, dan <i>zeolite</i>. - Hidrogenolisis propilena oksida menghasilkan alkohol primer dan sekunder serta produk isomerisasi aseton dan propionaldehida 	<p>dengan air.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Unsur-unsur kimia dalam golongan 17 memiliki perbedaan dalam bereaksi dengan air tergantung elektronegativitasnya. - Gas mulia tidak bereaksi dengan air. 	<ul style="list-style-type: none"> - Bereaksi hebat dengan air 	<p><i>halide</i>, atau asam anhidra menghasilkan mono- dan di-eter.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Reaksi transesterifikasi propilen glikol menghasilkan ester mono- dan di-propilen glikol. - Digunakan sebagai inisiator dalam katalis basa - Kondensasi propilen glikol dengan aldehid membentuk siklik asetalatau 4-metil-1,3-dioxolan (McKetta, 1993). 	

2.1.1 Keterangan Tingkat Bahaya Bahan Baku Propilen Oksida

1. Tingkat Kebahayaan Propilen Oksida

Mudah terbakar : cairan dan uap yang sangat mudah terbakar

Kesehatan : dapat menyebabkan efek genetik, dapat menyebabkan kanker

Iritasi : berbahaya jika tertelan, berbahaya jika terkena kulit, berbahaya jika terhirup, menyebabkan iritasi kulit, menyebabkan iritasi mata yang serius, dapat menyebabkan iritasi pernafasan.

Pernyataan Bahaya :

- Cairan dan uap teramat mudah menyala
- Menyebabkan luka bakar pada kulit dan kerusakan mata yang parah
- Dapat menyebabkan reaksi alergi pada kulit
- Dapat menyebabkan kerusakan genetik
- Dapat merusak fertilitas/ janin
- Diduga menyebabkan kanker

2. Penyimpanan Bahan

Pisahkan dari bahan yang tidak boleh dicampurkan. Simpan ditempat sejuk dan tahan terhadap api.

3. Mekanisme pendistribusian propilen oksida

a. Batas paparan :

100 bpj (240 mg/m³) PEL OSHA TWA

bpj ACGIH

400j IDLH NIOSH

b. Metode Pengambilan Sampel : data tidak tersedia

c. Metode/ prosedur pengukuran paparan : data tidak tersedia

d. Ventilasi : Sediakan peralatan penyedot udara atau sistem ventilasi proses tertutup. Peralatan ventilasi harus tahan terhadap guncangan jika terdapat bahan dalam konsentrasi yang dapat menyebabkan terjadinya ledakan. Pastikan sesuai dengan batas paparan yang ditetapkan.

e. Adilata pelindung diri :

- Respirator : Respirator yang digunakan sesuai ketentuan OSHA 29 CFR 1910.134. Respirator dan konsentrasi maksimum penggunaan berikut dikutip dari NIOSH dan/atau OSHA.

- Jenis respirator yang digunakan :

Pada paparan konsentrasi berapa saja yang terdeteksi :

- Respirator dengan pasokan udara jenis apa saja dengan pelindung wajah penuh yang dioperasikan sesuai dengan tekanan yang dibutuhkan atau mode tekanan-positif lainnya dikombinasikan dengan peralatan pasokan udara keselamatan yang terpisah.
- Alat pernafasan serba lengkap jenis apa saja dengan pelindung wajah penuh yang dioperasikan sesuai dengan tekanan yang dibutuhkan atau mode tekanan-positif lainnya.
- Untuk konsentrasi yang tidak diketahui atau seketika/ langsung berbahaya terhadap kehidupan atau kesehatan :
 - Respirator dengan pasokan udara jenis apa saja dengan pelindung wajah penuh yang dioperasikan sesuai dengan tekanan yang dibutuhkan atau mode tekanan-positif lainnya dikombinasikan dengan peralatan pasokan udara keselamatan yang terpisah.
 - Alat pernafasan serba lengkap jenis apa saja dengan pelindung wajah penuh.
- Tindakan penyelamatan :
 - Respirator pemurnian udara jenis apa saja dengan pelindung wajah penuh dan selongsong untuk uap organik.
 - Alat pernafasan serba lengkap jenis apa saja yang sesuai.

f. Pelindung Mata : Gunakan kacamata keselamatan yang tahan bahan kimia. Sediakan kran air pencuci mata untuk keadaan darurat dan semprotan air deras di sekitar lokasi kerja. Lihat ketentuan OSHA dalam 29 CFR 1910.133.

g. Pakaian : Gunakan pakaian pelindung tahan bahan kimia yang sesuai

h. Sarung Tangan : Gunakan sarung tangan tahan bahan kimia yang sesuai.

i. Sepatu : Data tidak tersedia

4. Mekanisme pertolongan pertama jika terpapar

- Jika Terhirup : Segera jauhkan korban dari paparan, bawa menuju tempat berudara segar. Jika korban sukar bernafas, berikan oksigen. Jangan melakukan pernafasan buatan (pernafasan keselamatan). Jika korban berhenti bernafas, gunakan masker berkatup atau peralatan sejenis untuk melakukan pernafasan buatan (pernafasan keselamatan) jika diperlukan. Segera bawa ke dokter.

Catatan untuk dokter : Individu yang mempunyai penyakit/ gangguan ginjal, penyakit pernafasan kronis, penyakit hati atau penyakit kulit memiliki risiko tinggi terhadap paparan bahan ini. Obati berdasarkan gejala dan bantuan yang diperlukan

- Jika tertelan : Jangan dirangsang untuk muntah atau memberikan minum atau apapun kepada korban yang tidak sadar. Jika korban sadar, berikan 2 – 4 cangkir susu atau air. Jika terjadi muntah, jaga posisi kepala agar lebih rendah dari pinggul untuk mencegah aspirasi. Jika korban tidak sadar, palingkan posisi kepala ke samping. Segera bawa ke dokter.
- Jika terkena mata : Basuh mata segera dengan air yang banyak atau menggunakan larutan garam fisiologis, sambil sesekali membuka kelopak mata atas dan bawah hingga tidak ada bahan kimia yang tertinggal. Lanjutkan pemberian larutan garam fisiologis hingga siap dibawa ke rumah sakit. Tutup dengan perban steril. Segera bawa ke dokter.
- Jika terkena kulit : Lepaskan segera pakaian, perhiasan dan sepatu yang terkontaminasi. Cuci bagian yang terkena dengan sabun atau deterjen lunak dengan air yang banyak hingga tidak ada bahan kimia yang tertinggal (setidaknya selama 15-20 menit). Segera bawa ke dokter.

5. Studi Ekologi Bahan

Perilaku dan Potensi Migrasi di Lingkungan : Jika terlepas ke tanah, propilen oksida diharapkan dapat mengalami pelepasan (*leaching*) dan hidrolisis secara kimiawi dalam tanah yang lembab. Diperkirakan akan menguap relatif secara cepat dari tanah kering; penguapan dari tanah basah juga dapat terjadi, namun pada laju yang berkurang akibat proses pelepasan. Jika terlepas ke air, propilen oksida akan mengalami hidrolisis. Penguapan propilen oksida dari lingkungan akuatik dapat merupakan mekanisme transportasi yang penting.

Data Ekotoksitas :

Toksitas pada ikan :

LC₅₀ 215 mg/L selama 24 jam - ikan mas

LC₅₀ 215 mg/L selama 96 jam - *Bluegill sunfish* pengujian biologis (Bioassay) statis pada 24°C.

6. Stabilitas dan Reaktivitas

- Stabilitas : Stabil pada suhu dan tekanan normal.
- Peruraian yang berbahaya : Hasil urai pada pemanasan berupa karbon monoksida, gas dan uap yang iritan dan beracun, karbon dioksida
- Polimerisasi : Dapat terjadi polimerisasi
- Kondisi untuk dihindar : Hindarkan dari suhu tinggi, panas, nyala api, percikan dan sumber api lain. Hindarkan dari bahan yang tidak boleh dicampurkan.
- Inkompatibilitas : Tidak boleh dicampurkan (*incompatible*) dengan epoksi resin, natrium hidroksida, oksigen, etilen oksida + alkohol polihidrat, amonium hidroksida, asam klorosulfonat, asam hidroklorat, asam hidrofluorat, asam nitrat, minyak, asam sulfat, bahan pengoksidasi, tembaga, campuran logam tembaga, klorida logam anhidrat, besi, amonium klorida, asam kuat, basa (misalnya amonia, amonium hidroksida, kalsium hidroksida, kalium hidroksida, natrium hidroksida), peroksida, alkali

2.2 Pengendalian Kualitas

Pengendalian merupakan suatu kegiatan yang bertujuan untuk memastikan produksi dan operasi produk yang dilaksanakan agar sesuai dengan rencana dan berhasil mencapai tujuan yang telah ditentukan dan mengambil tindakan korektif jika timbul suatu ketidaksesuaian sehingga semua tujuan akan tercapai. (Sofjan Assauri, 1998)

Kualitas adalah ciri-ciri dan karakteristik produk ataupun jasa yang dikehendaki agar membantu memuaskan kebutuhan pelanggan. Kebutuhan ini mencakup harga yang terjangkau (ekonomis), kualitasnya bagus, keamanan, daya tahan, kenyamanan pemakaian, perawatan yang tidak sulit, dapat dipercaya dan mudah untuk digunakan kegunaannya sehingga pelanggan puas akan produk atau jasa yang dihasilkan tanpa mengurangi nilai profit perusahaan. Maka produk atau jasa yang diproduksi perlu untuk dikendalikan secara terus menerus supaya sesuai dengan permintaan pelanggan. (Irvan, Zulia Hanum dan Rukmini, 2006)

Pengendalian kualitas adalah suatu usaha untuk mempertahankan kualitas atau mutu produk agar sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan dalam pasar dan produk benar-benar bisa memenuhi standar-standar yang direncanakan dan ditetapkan. Usaha ini diupayakan ekonomis dan dapat memenuhi juga memuaskan kebutuhan pelanggan.

Pengendalian kualitas dalam industri kimia mencakup keseluruhan proses produksi mulai dari persiapan bahan baku, proses reaksi sampai menghasilkan produk akhir. Pada perancangan pabrik propilen glikol terdapat parameter-parameter yang perlu dikendalikan, yaitu :

2.2.1 Bahan Baku

Bahan baku merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi proses produksi dan pada kualitas produk yang dihasilkan. Pengendalian kualitas bahan baku dilakukan pada awal proses sebelum bahan baku memasuki unit proses untuk pengolahan lebih lanjut. Sebelum memasuki unit proses maka dilakukan pengujian kualitas bahan baku yang diperoleh. Ketersediaan bahan baku juga perlu menyesuaikan dengan kebutuhan kapasitas produksi untuk menghindari kekurangan supply bahan baku ketika proses produksi. Pengendalian ini bertujuan untuk mengevaluasi kualitas bahan baku yang digunakan sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan.

Ada beberapa parameter yang harus diperhatikan yaitu :

1. Kemurnian bahan baku
2. Kandungan bahan baku
3. Kadar air
4. Kandungan zat pengotor

2.2.2 Produk

Pengendalian kualitas produk merupakan pengendalian kualitas pada proses produksi yang bertujuan untuk menjaga kualitas produk yang akan dihasilkan dari bahan baku hingga menjadi produk. Agar memperoleh mutu produk standar maka diperlukan bahan baku yang berkualitas, pengawasan dan pengendalian proses menggunakan *system control* sehingga dihasilkan produk yang berkualitas dan dapat bersaing di pasar. Diperlukan pengujian terhadap produk untuk mengetahui kualitas produk yang dihasilkan antara lain dengan melakukan uji densitas, viskositas, volatilitas, komposisi komponen dari produk dan kemurnian produk.

2.2.3 Alat Proses

Pengendalian kualitas selama proses produksi bertujuan untuk menjaga kualitas produk, dimulai dari bahan baku, proses hingga menjadi produk. Diperlukan alat kontrol untuk setiap proses yang berlangsung yaitu instrumentasi. Instrumentasi adalah peralatan yang digunakan dalam suatu proses kontrol untuk mengatur jalannya suatu proses agar diperoleh hasil yang sesuai dengan yang diharapkan. Instrumen termasuk suatu bagian penting dalam pengendalian proses produksi. Alat-alat instrumen dipasang pada setiap peralatan supaya para engineer dapat mengontrol setiap jalannya proses produksi dan dapat mengambil tindakan langsung jika terjadi kesalahan dalam proses. Tujuan dari pengendalian proses ini untuk meminimalisir error saat proses sehingga dihasilkan produk yang optimal. (Considine, 1985)

Instrumentasi memiliki tiga fungsi antara lain sebagai alat analisa, alat kendali dan alat pengukur.

Pada umumnya sistem pengendalian terdiri dari :

1. Sensing elemen (*Primary Element*)

Elemen yang menyatakan adanya perubahan dari harga variabel yang diukur.

2. Elemen pengukur (*Measurement Element*)

Suatu elemen yang sensitif terhadap adanya perubahan suhu, tinggi fluida. Perubahan ini merupakan sinyal dari proses yang disampaikan elemen pengukur ke elemen pengantar.

3. Elemen pengontrol (*Controlling Element*)

Suatu elemen yang menerima sinyal kemudian mengatur perubahan-perubahan proses tersebut sesuai dengan set point yang diinginkan.

4. Elemen pengontrol akhir (*Final Control Element*)

Suatu elemen yang akan merubah masukan yang keluar dari elemen pengontrol ke proses dan variabel yang diukur tetap berada pada batas yang diinginkan dan hasil yang dikehendaki. Secara umum instrumen yang digunakan pada pabrik yaitu :

3 Suhu

- a. *Temperature controller (TC)* adalah instrumen berfungsi untuk mengamati dan mengatur suhu suatu alat sehingga suhu tetap pada range suhu yang ditetapkan.
- b. *Temperature indicator (TI)* adalah instrumen yang berfungsi untuk mengamati suhu dari suatu alat.

4 Tinggi Permukaan Cairan

- a. *Level controller (LC)* adalah instrumen yang berfungsi untuk mengamati dan mengatur tinggi cairan dalam suatu alat.
- b. *Level indicator (LI)* adalah instrumen yang berfungsi untuk mengamati ketinggian cairan dalam suatu alat.

5 Tekanan

- a. *Pressure controller (PC)* adalah instrumen yang berfungsi untuk mengamati dan mengatur tekanan pada suatu alat.
- b. *Pressure indicator (PI)* adalah instrumen yang berfungsi untuk mengamati tekanan pada suatu alat.

6 Aliran cairan

- a. *Flow controller (FC)* adalah instrumen yang berfungsi untuk mengamati dan mengatur laju aliran fluida pada suatu alat menggunakan flow meter.
- b. *Flow indicator (FI)* adalah instrumen yang berfungsi untuk mengamati laju aliran fluida dalam suatu alat. (Considine, 1985)

2.2.4 Waktu

Pengendalian terhadap waktu diperlukan untuk mengoptimalkan proses produksi agar mencapai kualitas yang baik.

BAB III

PERANCANGAN PROSES

3.1 Uraian Proses

Produksi propilen glikol dengan metode hidrasi propilen oksida dengan katalis asam sulfat. Proses beroperasi pada tekanan 1 atm secara keseluruhan. Proses produksi propilen glikol dibagi menjadi tiga tahap yaitu:

3.1.1 Tahap Persiapan Bahan Baku

1. Propilen Oksida

Propilen oksida (C_3H_6O) sebagai bahan baku dalam pembuatan propilen glikol dibeli dari Zhangdian Petrochem China. Propilen oksida yang dibeli harus sesuai standar produksi yaitu dengan kemurnian 99.98%. Propilen oksida disimpan di dalam tangki penyimpanan 1 (T-01) dalam fase cair dengan suhu $30\text{ }^{\circ}C$ dan tekanan 1 atm dengan kapasitas pemakaian selama 14 hari. Propilen oksida dipompa dengan pompa 1 (P-01) untuk dialirkan menuju reaktor (R-01).

2. Asam Sulfat

Asam sulfat (H_2SO_4) sebagai bahan baku didapatkan dari PT. Petrokimia Gresik sesuai standar produksi yaitu dengan kemurnian 98%. Asam sulfat disimpan di dalam tangki penyimpanan 2 (T-02) dalam fase cair dengan suhu $30\text{ }^{\circ}C$ dan tekanan 1 atm dengan kapasitas pemakaian selama 14 hari. Asam sulfat dipompa dengan pompa 3 (P-03) untuk dialirkan menuju reaktor 1 (R-01).

3. Natrium Hidroksida

Natrium hidroksida (NaOH) sebagai bahan baku untuk menetralkan katalis asam sulfat. Natrium hidroksida didapatkan dari PT. Asahimas Chemical sesuai standar produksi yaitu dengan kemurnian 48%. Natrium hidroksida disimpan di dalam tangki penyimpanan 3 (T-03) dalam fase cair dengan suhu $30\text{ }^{\circ}C$ dan tekanan 1 atm dengan kapasitas pemakaian selama 14 hari. Natrium hidroksida dipompa dengan pompa 6 (P-06) untuk dialirkan menuju netralizer 1 (N-01).

4. Air

Air yang digunakan untuk sebagai bahan baku untuk pembuatan propilen glikol dengan rasio massa propilen oksida:air yaitu 1:18. Air ini digunakan untuk proses di dalam reaktor 1 (R-01) yang dialirkan dari unit utilitas.

3.1.2 Tahap Reaksi

Propilen oksida dari tangki penyimpanan 1 (T-01), air dari unit utilitas dan katalis asam sulfat dari tangki penyimpanan 2 (T-02) sebagai bahan baku utama dialirkan masuk menuju reaktor 1 (R-01). Reaktor yang digunakan yaitu Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB).

Pemilihan tipe reaktor didasarkan pada fase reaktan dan kondisi operasi, sedangkan untuk pemilihan jumlah reaktor didasarkan pada kapasitas produksi, melalui optimasi disimpulkan bahwa akan digunakan 2 reaktor yang berjenis Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) yang dilengkapi dengan jaket pendingin. Reaksi yang terjadi bersifat eksotermis sehingga reaktor dilengkapi dengan jaket untuk menjaga suhu agar tetap konstan. Perbandingan rasio mol propilen oksida dan air yaitu 1:18 dan katalis sebanyak 0,1% dari mol total air. (Chan&Seider, 2004). Propilen oksida, air dan katalis asam sulfat akan bereaksi pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm. Suhu proses dijaga konstan pada angka 30°C agar proses tetap terus berjalan pada keadaan optimalnya dan menghasilkan konversi total sebanyak 92%. Pada reaktor 1 (R-01) konversi yang dihasilkan sebesar 72% kemudian bahan baku yang masih tersisa dialirkan menuju reaktor 2 (R-02) untuk direaksikan dengan kondisi operasi yang sama seperti di reaktor 1 (R-01) sehingga menghasilkan konversi total 92%.

Reaksi yang terjadi yaitu :



Dengan konversi reaksi sebesar 92% dan katalis asam yang dipakai sebesar 0,1% dari mol total air, maka persamaan kinetika reaksi sebagai berikut :

$$k = Ae^{-E/RT}$$

Dimana, $A = 4.711 \times 10^9 \text{ sec}^{-1}$ dan $E = 75362.724 \text{ kJ/kmol}$. Waktu tinggal selama 0,5 jam (30menit) dan volume masing masing reaktor 43.77190949 m^3 .

Hasil keluaran reaktor 1 (R-01) dialirkan menuju reaktor 2 (R-02) lalu dialirkan lagi menuju netralizer (N-01) untuk menetralkan asam sulfat hasil reaksi. Natrium hidroksida dialirkan dari tangki penyimpanan 3 (T-03) menuju netralizer 1 (N-01) untuk menetralkan asam sulfat. Suhu

dan tekanan yang digunakan pada netralizer yaitu 74 °C dan 1 atm. Hasil reaksi ini menghasilkan padatan Na₂SO₄. Reaksi yang terjadi yaitu :



Hasil keluaran netralizer 1 (N-01) dialirkan menuju Filter (F-01) untuk dipisahkan padatan Na₂SO₄ hasil dari reaksi di netralizer 1 (N-01).

3.1.3 Tahap Pemurnian Produk

Tahap ini bertujuan untuk memisahkan propilen glikol dan dipropilen glikol dari impuritis lainnya supaya dihasilkan produk utama propilen glikol dengan kemurnian 99,5% dan produk samping dipropilen glikol dengan kemurnian 98,75%.

Tahap pemurnian produk terdiri dari:

- Hasil dari netralizer 1 (N-01) dialirkan menggunakan pompa 7 (P-07) menuju filter 1 (F-01) untuk memisahkan padatan Na₂SO₄ hasil dari reaksi di netralizer 1 (N-01) yang berupa slurry. Filter yang digunakan adalah Rotary Drum Vacuum Filter yang memisahkan cake Na₂SO₄ dan sebagian kecil komponen lain sebagai hasil bawah dan filtrat sebagai hasil atas. Suhu dan tekanan yang digunakan pada filter 1 (F-01) yaitu 30 °C dan 1 atm. Sebelum masuk ke filter 1 (F-01), produk dari netralizer harus diturunkan suhunya terlebih dahulu menggunakan CL-01. Filtrat dialirkan menuju menara distilasi 1 (MD-01) sedangkan padatannya ditampung pada bak penampungan.
- Hasil dari filter dialirkan menuju menara distilasi 1 (MD-01) untuk memisahkan propilen oksida dan sebagian besar air yang terikat pada filter 1 (F-01). Didapatkan hasil atas dari menara distilasi 1 (MD-01) berupa propilen oksida dan air, sedangkan hasil bawah berupa propilen glikol, di propilen glikol dan sedikit air. Hasil bawah menara distilasi 1 (MD-01) diumpungkan menuju menara distilasi 2 (MD-02) untuk memisahkan produk utama yaitu propilen glikol dengan kemurnian 99,5% dan produk samping berupa dipropilen glikol dengan kemurnian 98,75%. Produk hasil atas menara distilasi 2 (MD-02) dialirkan menuju tangki penyimpanan 4 (T-04) dan produk hasil bawah yaitu produk samping dari proses ini dialirkan menuju tangki penyimpanan 5 (T-05).

3.2 Spesifikasi Alat

3.2.1 Reaktor

Tabel 3.1 Spesifikasi reaktor

Parameter	R-01	R-02
Fungsi	Untuk mereaksikan propilen oksida dan air dengan bantuan katalis asam sulfat	Untuk mereaksikan propilen oksida dan air dengan bantuan katalis asam sulfat
Jenis Reaktor	<i>Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR)</i>	<i>Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR)</i>
Bahan Kontruksi	Stainless Steel SA 299 Grade 3 Type 304	Stainless Steel SA 299 Grade 3 Type 304
Kapasitas	36.594,82 kg/jam	36.594,82 kg/jam
Jumlah alat	1 buah	1 buah
Kondisi Operasi :		
• Suhu	30°C	30°C
• Tekanan	1 atm	1 atm
Dimensi Reaktor		
• Diameter (m)	3.79	3.79
• Tinggi (m)	5.33	5.33
• Tebal <i>shell</i> (in)	0,4375	0,4375
<i>Head dan Bottom</i>		
• Tipe	<i>Torispherical</i>	<i>Torispherical</i>
• Tebal (in)	0,3125	0,3125

Tabel 3.2 Spesifikasi reaktor

Parameter	R-01	R-02
Pengaduk		
• Jenis	<i>Flat six blade turbin with disk</i>	<i>Flat six blade turbin with disk</i>
• Diameter (m)	1,3	1,2
• Panjang blade (m)	4,9	4,9
• Power (hP)	30	30
Jenis Pendingin: Jaket pendingin		
• Diameter (m)	166,88	166,88
• Tebal (in)	0,125	0,125
• Volume air pendingin (m ³ /jam)	248,56	69,04

3.2.2 Netralizer

Tabel 3.3 Spesifikasi netralizer

Parameter	N-01
Fungsi	Untuk menetralkan katalis asam sulfat (H_2SO_4) dengan mereaksikan NaOH 98%
Jenis Reaktor	Silinder tegak berpengaduk
Bahan Kontruksi	<i>Stainless Steel SA 299 Grade 3 Type 302</i>
Kapasitas (kg/jam)	36.882,34
Jumlah alat	1 buah
Kondisi Operasi :	
• Suhu	74°C
• Tekanan	1 atm
Dimensi Reaktor	
• Diameter (m)	1,85
• Tinggi (m)	2,78
• Tebal <i>shell</i> (in)	0,3125
<i>Head dan Bottom</i>	
• Tipe	<i>Torispherical</i>
• Tebal (in)	0,25
Pengaduk	
• Jenis	<i>Flat six blade turbin with disk</i>
• Diameter (m)	0,62
• Panjang <i>blade</i> (m)	2,41
• Lebar <i>blade</i> (m)	0,15
• Power (hP)	15
Jenis Pemanas: Jaket pemanas	
• Diameter (m)	2,78
• Tebal (in)	0,3125
• Tinggi (m)	2,67

3.2.3 Filter

Tabel 3.4 Spesifikasi filter

Parameter	F-01
Fungsi	Untuk memisahkan padatan (<i>cake</i>) dan cairan (<i>filtrat</i>)
Jenis Reaktor	<i>Rotary Vacuum Filter Drum</i>
Bahan Kontruksi	<i>Stainless Steel SA 299 Grade 3 Type 316</i>
Kapasitas (kg/jam)	36.882,34
Jumlah alat	1 buah
Kondisi Operasi :	
• Suhu	30 °C
• Tekanan	1 atm
Dimensi Filter	
• Diameter (m)	3,35
• Panjang (m)	4
• Luas Permukaan (m ²)	12,11
• Kecepatan Putar (rpm)	3,86
• Power (hP)	60

3.2.4 Menara Distilasi

Tabel 3.5 Spesifikasi menara distilasi

Parameter	MD-01	MD-02
Fungsi	Memisahkan propilen glikol & dipropilen glikol dari air dan propilen oksida	Memisahkan propilen glikol, dipropilen glikol dan air
Jenis	Plate tower	Plate tower
Bahan Kontruksi	Stainless Steel	Stainless Steel
Kapasitas	32.973,64 kg/jam	5270 kg/jam
Jumlah alat	1 buah	1 buah
Kondisi Operasi :		
• Suhu	99 °C	183,6 °C
• Tekanan	1 atm	1 atm
Dimensi		
• Diameter luar (m)	4,62	1,55
• Tinggi menara (m)	9,64	10,86
• Tebal <i>shell</i> (m)	0,3125	0,25
• Tebal <i>head</i> (m)	0,375	0,3125
• Jumlah stage	14	19
• Diameter tray (m)	4,62	1,55

Tabel 3.6 Spesifikasi menara distilasi (lanjutan)

Parameter	MD-01	MD-02
• Diameter lubang (m)	0,005	0,005
• Hole pitch (m)	14,5	14,5
• Jumlah hole (buah)	64937	7331
• Turn down ratio	70 %	70 %
• Material tray	<i>Stainless Steel</i>	<i>Stainless Steel</i>
• Material downcomer	<i>Stainless Steel</i>	<i>Stainless Steel</i>
• Tray spacing (m)	0,45	0,45
• Tray thickness (m)	0,003	0,003
• Panjang weir (m)	3,51	1,18
• Tinggi weir (m)	0,045	0,045
• Total pressure drop (atm)	0,01	0,009
Efisiensi Plat (%)	80	80

3.2.5 Kondensor

Tabel 3.7 Spesifikasi kondensor

Parameter	CD-01	CD-02
Fungsi	Mengembunkan hasil atas (distilat) pada menara distilasi 1	Mengembunkan hasil atas (distilat) pada menara distilasi 2
Jenis	<i>Shell and Tube</i>	<i>Shell and Tube</i>
Beban panas (Btu/Jam)	125.164.306,36	3.792.002,16
Luas Transfer Panas (ft ²)	8.827,88	208,35
Jumlah alat	1 buah	1 buah
Shell side		
• ID (in)	39	12
• Baffle space (in)	23,4	6
• Passes	1	1
Tube side		
• Jumlah Tube	562	67

3.2.6 Reboiler

Tabel 3.8 Spesifikasi reboiler

Parameter	RE-01	RE-02
Fungsi	Menguapkan sebagian <i>bottom</i> /hasil bawah Menara Distilasi (MD-01)	Menguapkan sebagian <i>bottom</i> /hasil bawah Menara Distilasi (MD-02)
Jenis	<i>Shell and Tube</i>	<i>Shell and Tube</i>
Beban Panas (Btu/Jam)	126.293.363.26	4.328.650,11
Luas Transfer Panas (ft ²)	15.664,74	715,60
Jumlah alat	1 buah	1 buah
Shell side		
• ID (in)	39	17,25
• Baffle space (in)	19,5	8,625
• Passes	1	1
Tube side		
• Jumlah tube	1330	224

3.2.7 Accumulator

Tabel 3.9 Spesifikasi *accumulator*

Parameter	ACC-01	ACC-02
Fungsi	Menampung keluaran condenser pada MD-01 untuk menjaga kontinuitas dan kestabilan aliran keluar	Menampung keluaran condenser pada MD-02 untuk menjaga kontinuitas dan kestabilan aliran keluar
Jenis	Silinder Horizontal	Silinder Horizontal
Bahan Konstruksi	<i>Stainless Steel SA-167 type 316</i>	<i>Stainless Steel SA-167 type 316</i>
Jumlah alat	1 buah	1 buah
Volume (m ³)	7,23	2,43
Diameter (m)	1,56	1,59
Panjang (m)	9,35	9,35
Tebal Shell (in)	0,1875	0,1875
Tebal Head (in)	0,1875	0,1875
Tinggi Head (m)	0,31	0,31
Panjang Total (m)	9,97	9,97

3.2.8 Tangki Penyimpanan (Storage)

Tabel 3.10 Spesifikasi tangki penyimpanan (storage)

Parameter	T-01	T-02	T-03
Fungsi	Menyimpan bahan baku propilen oksida	Menyimpan bahan baku katalis asam sulfat	Menyimpan bahan baku NaOH
Jenis	Silinder Tegak dengan alas datar dan tutup <i>torispherical</i> selama 14 hari	Silinder Tegak dengan alas datar dan tutup <i>conical</i> selama 14 hari	Silinder Tegak dengan alas datar dan tutup <i>conical</i> selama 14 hari
Jumlah	3 buah	1 buah	1 buah
Bahan konstruksi	Stainless Steel SA-167 type 316	Stainless Steel SA-167 type 316	Stainless Steel SA-167 type 316
Kapasitas	5.370,75 kg/jam	172,51 kg/jam	
Kondisi operasi:			
Suhu	30°C	30°C	30°C
Tekanan	1 atm	1 atm	1 atm
Dimensi:			
• Diameter	4,57 m	4,57 m	4,57 m
• Tinggi	1,83 m	4,88 m	4,88 m
• Tebal	0,19 in	0,19 in	0,19 in
• Volume	721.816 m ³	80,085 m ³	80,085 m ³
Head:			
• Tinggi	10,72 m	0,43 m	0,43 m
• Tebal	1 in	0,25 in	0,25 in

Tabel 3.11 Spesifikasi tangki penyimpanan (storage) lanjutan

Parameter	T-03	T-04
Fungsi	Menyimpan produk utama propilen glikol	Menyimpan produk samping dipropilen glikol
Jenis	Silinder Tegak dengan alas datar dan tutup <i>conical</i>	Silinder Tegak dengan alas datar dan tutup <i>conical</i>
Jumlah	2 buah	1 buah
Bahan konstruksi	Stainless Steel SA-167 type 316	Stainless Steel SA-167 type 316
Kapasitas	5.050,51 kg/jam	219,51 kg/jam
Kondisi operasi:		
Suhu	30°C	30°C
Tekanan	1 atm	1 atm
Dimensi:		
• Diameter	15,24 m	6,1 m
• Tinggi	7,32 m	4,88 m
• Tebal	0,31 in	0,19 in
• Volume	1334,75 m ³	142,3732 m ³
Head:		
• Tinggi	3,06 m	0,78 m
• Tebal	0,4375 in	0,4375 in

3.2.9 Heat Exchanger

Tabel 3.12 Spesifikasi heat exchanger

Parameter	HE-01	HE-03	CL-01	CL-02	CL-03
Fungsi	Memanaskan keluaran Reaktor (R-02) sebelum masuk ke netralizer (N-01)	Memanaskan keluaran Filter (F-01) sebelum masuk ke Menara Distilasi 1 (MD-01)	Mendinginkan keluaran Netralizer (N-01)	Mendinginkan keluaran Menara Distilasi 1 (MD-01)	Mendinginkan distilat Menara Distilasi 2 (MD-02)
Jenis	<i>Shell and tube heat exchanger</i>	<i>Shell and tube heat exchanger</i>	<i>Shell and tube heat exchanger</i>	<i>Shell and tube heat exchanger</i>	<i>Shell and tube heat exchanger</i>
Aliran fluida shell	Arus 5	Arus 8	Arus 7	Arus 10	Arus 12
Aliran fluida tube	Steam Jenuh	Steam Jenuh	Air	Air	Air
Luas transfer panas (ft ²)	695,341	1206,37	3468,33	1981,87	645,83
Shell					
• Passes	1	1	1	1	1
• ID (in)	21,25	27	39	31	21,25
• Jarak baffle (in)	12,75	16,2	23,4	18,6	12,75
• Pressure drop (atm)	0,07	0,07	0,07	2,18	0,61
• Dirt factor (Rd)	0,09	0,02	0,012	0,006	0,016

Tabel 3.13 Spesifikasi heat exchanger (lanjutan)

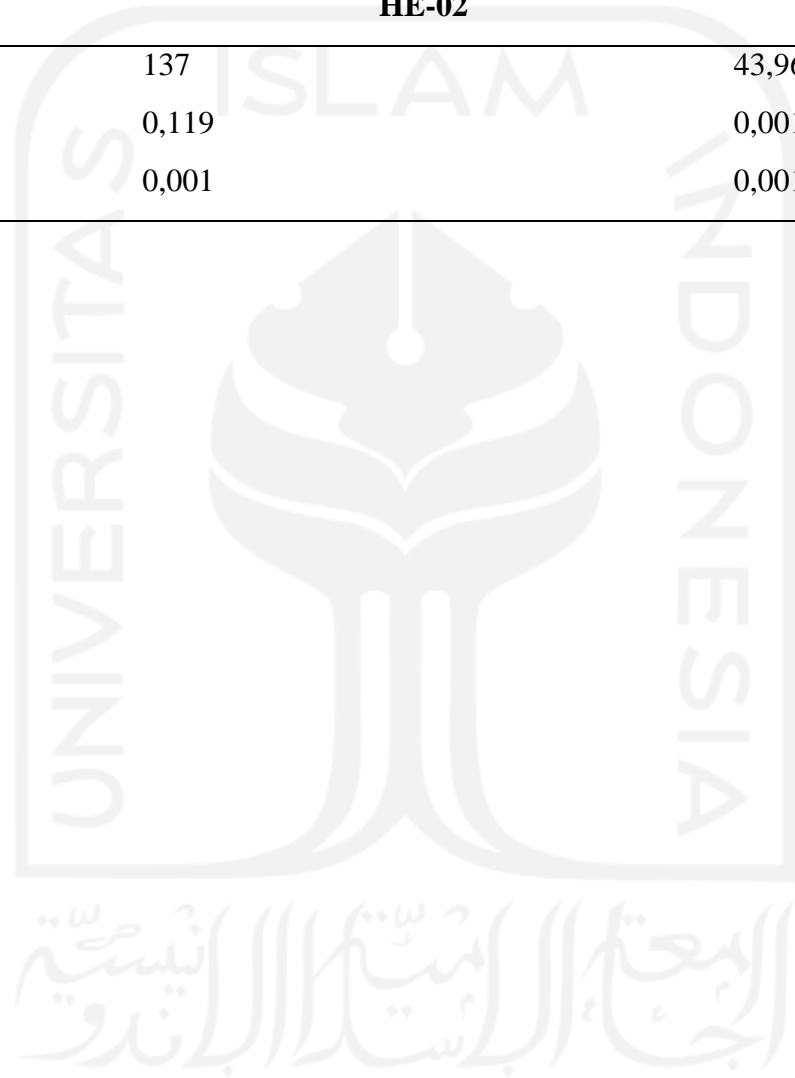
Parameter	HE-01	HE-03	CL-01	CL-02	CL-03
Tube					
• Passes	2	2	2	2	6
• ID (in)	0,87	0,87	1	1	0,86
• OD (in)	1	1	0,9	0,86	1
• Pitch (in)	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
• Jumlah tube	166	288	736	454	164
• BWG	16	16	18	15	15
• Susunan tube	square pitch	square pitch	triangular pitch	triangular pitch	triangular pitch
• Pressure drop (atm)	0,20	0,88	0,07	0,27	1,09
Bahan konstruksi	Stainless steel SA 167 type 316	Stainless steel SA 167 type 316	Stainless steel SA 167 type 316	Stainless steel SA 167 type 316	Stainless steel SA 167 type 316
Ud (Btu/jam.ft ² .°F)	49,5	29,4	70,34	105	47,4
Uc (Btu/jam.ft ² .°F)	86,25	78,43	370,52	233,43	188,

Tabel 3.14 Spesifikasi heat exchanger (lanjutan)

Parameter	HE-02	CL-04
Fungsi	Memaskan NaOH sebelum masuk meju Netralizer (N-01)	Mendinginkan bottom Menara Distilasi 2 (MD-02)
Jenis	Double Pipe	Double Pipe
Bahan Konstruksi	Stainless steel SA 167 type 316	Stainless steel SA 167 type 316
Jumlah Hairpin	1	2
Luas transfer panas (ft ²)	7,392	29,31
Annulus:		
• IPS (in)	2	4
• OD (in)	2,38	4,5
• ID (in)	2,07	4,03
• Surface Area (ft ² /ft)	0,62	1,178
• Panjang (ft)	15	15
Inner Pipe:		
• IPS (in)	1,25	3
• OD (in)	1,66	3,5
• ID (in)	1,38	3
• Surface Area (ft ² /ft)	0,44	0,92
• Panjang (ft)	15	15
Ud	7,92	41,48

Tabel 3.14 Spesifikasi heat exchanger (lanjutan)

Parameter	HE-02	CL-04
Uc	137	43,96
Rd	0,119	0,001
Rd min	0,001	0,001



3.2.10 Pompa

Tabel 3.15 Spesifikasi tangki penyimpanan (storage)

Parameter	P-01	P-02	P-03	P-04
Fungsi	Mengalirkan propilen oksida dari tangki penyimpanan 1 (T-01) menuju reaktor 1 (R-01)	Mengalirkan katalis asam sulfat dari tangki penyimpanan 2 (T-02) menuju reaktor 1 (R-01)	Mengalirkan produk dari reaktor 1 (R-01) menuju reaktor 2 (R-02)	Mengalirkan produk dari reaktor 2 (R-02) menuju netralizer 1 (N-01)
Jenis	Centrifugal Pump, Mixed flow impellers	Centrifugal Pump, Mixed flow impellers	Centrifugal Pump, Mixed flow impellers	Centrifugal Pump, Mixed flow impellers
Bahan Kontruksi	Commercial Steel	Commercial Steel	Commercial Steel	Commercial Steel
Kapasitas	205,035 gpm	0,420 gpm	204,622 gpm	171,856 gpm
Jumlah alat	1 buah	1 buah	1 buah	1 buah
Dimensi Pipa:				
• IPS (in)	2,5	0,75	6	6
• Sch. No.	40	40	40	40
• OD (in)	2,88	1,05	6,625	6,625
• ID (in)	2,469	0,824	6,065	6,065
Head pompa (ft)	11,02	7,80	7,93	7,93
Friction head (ft)	4,24	1,02	1,15	1,15
Static head (ft)	6,78	6,78	6,78	6,78
Efisiensi motor	80%	80%	80%	80%
Motor standar	0,25	0,05	1	1

Tabel 3.15 Spesifikasi tangki penyimpanan (storage) lanjutan

Parameter	P-01	P-02	P-03	P-04
Spesific speed (rpm)	3550,068	553,811	10602,973	10602,973

Tabel 3.16 Spesifikasi tangki penyimpanan (storage) (lanjutan)

Parameter	P-05	P-06	P-07	P-08
Fungsi	Mengalirkan NaOH (Sodium Hydroxide) dari tangki penyimpanan (T-03) menuju netralizer (N-01)	Mengalirkan produk dari Netralizer (N-01) menuju Filter (F-01)	Mengalirkan produk dari Filter (F-01) menuju Menara Distilasi (MD-01)	Mengalirkan produk bawah Filter (F-01) menuju Tangki Na ₂ SO ₄
Jenis	Centrifugal Pump, Mixed flow impellers	Centrifugal Pump, Mixed flow impellers	Centrifugal Pump, Mixed flow impellers	Centrifugal Pump, Mixed flow impellers
Bahan Kontruksi	Commercial Steel	Commercial Steel	Commercial Steel	Commercial Steel
Kapasitas	37,657 gpm	0,546 gpm	205,035 gpm	32,867 gpm
Jumlah alat	1 buah	1 buah	1 buah	1 buah
Dimensi Pipa:				
• IPS (in)	0,75	6	6	2,5
• Sch. No.	40	40	40	40
• OD (in)	1,05	6,625	6,625	2,88
• ID (in)	0,824	6,065	6,065	2,469

Tabel 3.16 Spesifikasi tangki penyimpanan (storage) (lanjutan)

Parameter	P-05	P-06	P-07	P-08
Head pompa (ft)	7,39	7,93	8,58	8,81
Friction head (ft)	0,61	1,15	1,79	2,03
Static head (ft)	6,78	6,78	6,78	6,78
Efisiensi motor	80%	80%	80%	80%
Motor standar	0,05	1	1	0,25
Spesific speed (rpm)	506,386	10596,926	9162,636	3923,809

Tabel 3.17 Spesifikasi Tangki Penyimpanan (Storage) (lanjutan)

Parameter	P-09	P-10	P-11	P-12
Fungsi	Mengalirkan hasil atas Menara Distilasi (MD-01) menuju Tangki UPL	Mengalirkan hasil bawah Menara Distilasi (MD-01) menuju MD-02	Mengalirkan hasil atas menara distilasi 2 (MD-02) menuju tangki penyimpanan 4 (T-04)	Mengalirkan hasil bawah menara distilasi 2 (MD-02) menuju tangki penyimpanan 4 (T-04)
Jenis	Centrifugal Pump, Mixed flow impellers	Centrifugal Pump, Mixed flow impellers	Centrifugal Pump, Mixed flow impellers	Centrifugal Pump, Mixed flow impellers
Bahan Kontruksi	Commercial Steel	Commercial Steel	Commercial Steel	Commercial Steel
Kapasitas	137,966 gpm	33,894 gpm	32,377 gpm	1,517 gpm
Jumlah alat	1 buah	1 buah	1 buah	1 buah

Tabel 3.17 Spesifikasi Tangki Penyimpanan (Storage) (lanjutan)

Parameter	P-09	P-10	P-11	P-12
Dimensi Pipa:				
• IPS (in)	4	2,5	2,5	0,75
• Sch. No.	40	40	40	40
• OD (in)	4,5	2,88	2,88	1,05
• ID (in)	4,026	2,469	2,469	0,824
Head pompa (ft)	9,36	13,16	8,4	11,32
Friction head (ft)	2,58	6,38	1,63	4,54
Static head (ft)	6,78	6,78	6,78	6,78
Efisiensi motor	80%	80%	80%	80%
Motor standar	1	0,5	0,25	0,05

3.3 Perencanaan Produksi

3.3.1 Analisis Kebutuhan Bahan Baku

Analisis kebutuhan bahan baku berkaitan dengan ketersediaan bahan baku terhadap kebutuhan kapasitas pabrik. Bahan baku propilen oksida (C_3H_6O) dapat diperoleh dengan impor dari Zhangdian Petrochem, yang berlokasi di China (mainland) yang memproduksi 2,3 juta ton/tahun dan memenuhi 24% kebutuhan propilen oksida di dunia. Sedangkan bahan baku air diperoleh dari air laut.

Produksi ini memerlukan bahan baku pembantu juga yaitu asam sulfat (H_2SO_4) dan natrium hidroksida ($NaOH$). Asam sulfat diperoleh dari PT. Petrokimia Gresik yang mempunyai kapasitas produksi asam sulfat sebesar 1.170.000 ton/tahun. Untuk $NaOH$ dapat diperoleh dari PT. Miwon Indonesia yang mempunyai kapasitas produksi natrium hidroksida sebesar 12.000 ton/tahun.

Bahan baku pembuatan propilen glikol ini terdiri dari propilen oksida (C_3H_6O) yang direaksikan dengan air (H_2O) dan katalis asam sulfat (H_2SO_4). Sedangkan untuk penetralan katalis asam sulfat yang terbawa arus hasil reaksi, menggunakan natrium hidroksida ($NaOH$).

Tabel 3.18 Kebutuhan Bahan Baku

Bahan Baku	Kebutuhan (ton/tahun)	Ketersediaan (ton/tahun)
C_3H_6O	42.697	2.300.000
H_2O	246.913,85	Tidak terbatas
H_2SO_4	1.344,31	1.170.000
$NaOH$	1097,39	700.000

Berdasarkan data yang telah dicantumkan diatas dapat disimpulkan bahwa semua bahan baku dapat memenuhi kebutuhan pabrik, sehingga proses produksi dapat berjalan lancar sesuai dengan rancangan produksi.

2.2.5 Analisis Kebutuhan Alat Proses

Analisis kebutuhan alat proses meliputi kemampuan peralatan untuk proses, umur atau jam kerja dari peralatan, dan perawatannya. Analisis kebutuhan peralatan proses berfungsi untuk mengetahui anggaran biaya yang diperlukan untuk pembelian maupun perawatan peralatan proses.

BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1 Penentuan Lokasi Pabrik

Lokasi merupakan aspek tinjauan pendirian pabrik yang sangat penting, karena berhubungan langsung terhadap kelangsungan operasi pabrik. Beberapa pertimbangan dalam memilih lokasi pabrik juga diharapkan dapat memberikan keuntungan yang optimum terhadap perusahaan dan juga pada berlangsungnya pabrik. Ditinjau secara teknis dan ekonomis, lokasi pabrik harus strategis terhadap sektor marketing (Coulson, 1883). Letak geografis suatu pabrik dapat memaksimalkan proses produksi dan kegiatan distribusi, sehingga dapat menekan keutuhan ekonomi. Selain itu, pemilihan lokasi pabrik juga harus mempertimbangkan perkembangan ekonomi dan sosial masyarakat disekitar lokasi. Dengan pertimbangan diatas perancangan pabrik propilen glikol dari propilen oksida dan air dengan kapasitas 40000 ton/tahun akan didirikan di Batang, Semarang, Jawa Tengah. Faktor-faktor penentuan lokasi antara lain :

4.1.1 Sumber Bahan Baku

Ketersediaan bahan baku sangat diperlukan untuk berdirinya suatu pabrik. Kemudahan dalam mendapatkan bahan baku juga harus diperhatikan guna meminimalisir biaya transportasi. Bahan baku utama propilen oksida di impor dari China yaitu dari pabrik Zhandian Petrochem.

. Sedangkan untuk asam sulfat diperoleh dari PT. Petrokimia Gresik. Untuk NaOH diperoleh dari PT. Asahimas Chemical yang berlokasi di Cilegon, serta air diperoleh dari air laut yang telah di proses yang lokasinya tidak jauh dari pabrik.

4.1.2 Pemasaran Produk

Propilen glikol yang dihasilkan merupakan produk intermediet yang digunakan sebagai bahan baku untuk memproduksi produk lain. Sebagian besar kawasan industri di Indonesia terdapat di daerah pulau Jawa. Dengan pemilihan lokasi di Batang, Jawa Tengah jika ditinjau dari daerah pemasarannya merupakan pilihan yang tepat.

4.1.3 Penyediaan Utilitas

Utilitas merupakan sarana yang sangat penting keberadaannya dalam menunjang kelancaran proses produksi. Penyedia utilitas ini meliputi Unit Pembangkit Listrik, Unit Penyediaan Bahan Bakar, Unit Pembangkit Steam, Unit Pengadaan dan Pengolahan Air dan Unit

Penyedia Udara Tekan. Air merupakan kebutuhan yang sangat penting dalam suatu pabrik, baik untuk proses, pendingin, atau kebutuhan lainnya. Sumber air biasanya berupa sungai, laut atau danau. Air, sebagai bahan baku dan untuk keperluan lain juga mudah diperoleh. Sumber air yang digunakan adalah air dari laut. Kebutuhan listrik di peroleh dari PLN, namun untuk menjamin kelangsungan operasi pabrik maka pabrik memiliki generator pembangkit listrik sendiri. Bahan bakar generator yaitu solar diperoleh dari Pertamina.

4.1.4 Jenis Transportasi

Pembelian bahan baku dan pendistribusian produk hasil produksi dapat melalui dua jalur, yaitu jalur darat dan jalur laut. Letak geografis daerah yang dekat laut mempermudah penggunaan fasilitas transportasi untuk mendistribusikan produk dan mengimpor bahan baku, letak pabrik juga masih terbilang dekat dengan perusahaan PT Petrokimia Gresik sebagai produsen asam sulfat yang merupakan salah satu bahan baku.

4.1.5 Keadaan Masyarakat

Sikap masyarakat diperkirakan akan mendukung pendirian pabrik ini karena akan menjamin tersedianya lapangan kerja bagi mereka. Selain itu pendirian pabrik ini diperkirakan tidak akan mengganggu keselamatan dan keamanan masyarakat di sekitarnya.

4.1.6 Karakteristik Lokasi

Lokasi pemilihan pabrik memiliki iklim rata-rata yang cukup baik. Seperti daerah lainnya di Indonesia, Batang memiliki iklim tropis. Bencana alam seperti gempa bumi, tanah longsor dan banjir sangat jarang terjadi di Batang, sehingga operasi pabrik dapat berjalan dengan baik. Batang sendiri merupakan kawasan industri, oleh karena itu untuk mendirikan pabrik baru di kawasan tersebut akan lebih mudah.

4.1.7 Kebijakan Pemerintah dan Kebutuhan Tenaga Kerja

Batang dirancang sebagai kawasan industry baru tahun 2020 oleh Pemda Tk.I Jawa Tengah. Dalam upaya menarik minat investor ke kawasan industri sehingga mewujudkan infrastruktur dasar dan penunjang konektivitas. Kebutuhan tenaga kerja sangat mudah untuk dipenuhi, karena di Indonesia khususnya pulau Jawa memiliki jumlah penduduk yang banyak. Jumlah tenaga kerja terlatih di daerah Jawa Timur juga meningkat dengan banyaknya akademi,

perguruan tinggi, maupun sekolah kejuruan. Selain itu, terbukanya lapangan kerja juga akan menarik minat tenaga kerja dari daerah lain.



Gambar 4.1 Lokasi Pendirian Pabrik

4.2 Tata Letak Pabrik (Plant Layout)

Tata letak pabrik merupakan salah satu hal penting yang harus diperhatikan, karena menyangkut keselamatan pekerja dan kelancaran proses produksi. Tata letak pabrik adalah tempat kedudukan dari bagian pabrik yang meliputi tempat kerja alat, tempat kerja karyawan, tempat penyimpanan, dan sarana-sarana lain. Secara umum tujuan perancangan tata letak pabrik ini adalah untuk memberikan kombinasi yang optimal terhadap fasilitas-fasilitas produksi dan fasilitas perkantoran di dalam pabrik tersebut. Desain tata letak pabrik harus seefisien mungkin baik dari segi fungsi maupun ekonomi agar dapat memperkirakan biaya secara akurat sebelum mendirikan pabrik dan pabrik berjalan maksimal.. Proses-proses yang berbahaya ditempatkan pada jarak yang aman serta jauh dari bangunan lain. Selain itu, dalam perancangan tata letak juga harus mempertimbangkan perluasan pabrik dimasa yang akan datang. Bangunan tambahan dan layanan yang diperlukan dalam pabrik selain unit pemrosesan antara lain (Coulson Richardson's, 2005) : Tempat penyimpanan bahan baku dan produk, laboratorium untuk kontrol proses, *fire stations* dan

pelayanan *emergency*, utilitas, kantor untuk administrasi umum, area pengolahan limbah, kantin dan bangunan penunjang, tempat parkir.

Dimana posisi dari setiap bangunan pabrik ditempatkan dengan mempertimbangkan faktor-faktor sebagai berikut:

- a. Urutan proses produksi.
- b. Pengembangan lokasi baru atau penambahan perluasan lokasi yang belum dikembangkan pada masa yang akan datang.
- c. Distribusi ekonomis pada pengadaan air, steam proses, tenaga listrik dan bahan baku.
- d. Pemeliharaan dan perbaikan.
- e. Keamanan (*safety*) terutama dari kemungkinan kebakaran dan keselamatan kerja.
- f. Bangunan yang meliputi luas bangunan, kondisi bangunan, dan konstruksinya yang memenuhi syarat.
- g. Fleksibilitas dalam perencanaan tata letak pabrik dengan mempertimbangkan kemungkinan perubahan dari proses/mesin, sehingga perubahan-perubahan yang dilakukan tidak memerlukan biaya tinggi.
- h. Masalah pembuangan limbah cair.
- i. Service area, seperti kantin, tempat parkir, ruang ibadah, dan sebagainya diatur sedemikian rupa sehingga tidak terlalu jauh dari tempat kerja.

Ketika melakukan perancangan tata letak pabrik, biasanya diawali dengan penyusunan unit proses. Hal ini bertujuan untuk mempermudah aliran material melewati berbagai tahapan proses, mulai dari bahan mentah hingga tangka penyimpanan produk. Unit proses normalnya diberi jarak 30 meter, sedangkan proses yang berbahaya diberi jarak lebih dari 30 meter. Lokasi bangunan disusun sedemikian rupa sehingga dapat meminimalkan waktu yang dibutuhkan pekerja untuk berpindah dari satu bangunan ke bangunan lain. Kantor administrasi dan laboratorium yang relatif banyak pekerja ditempatkan jauh dari area proses yang berpotensi bahaya. Ruang kontrol ditempatkan berdekatan dengan unit proses, namun untuk proses yang cukup berbahaya ruang kontrol ditempatkan pada jarak yang aman dari unit proses (Coulson Richardson's, 2005). Penempatan unit proses akan menentukan *layout* dari jalan, pipa dan saluran lainnya. Akses jalan dibutuhkan disetiap bangunan untuk operasi pengerjaan dan *maintenance*. Letak utilitas disusun sehingga memberikan aliran pipa dari dan menuju unit proses yang paling ekonomis (Coulson Richardson's, 2005).

Area penyimpanan utama ditempatkan antara *loading* dan *unloading* fasilitas serta unit proses yang tersedia. Tangki penyimpanan yang mengandung material berbahaya ditempatkan kurang lebih 70 meter (200 ft) dari batas pabrik (Coulson Richardson's, 2005). Secara garis besar *layout* pabrik terbagi atas beberapa daerah utama yaitu :

1. Daerah administrasi/perkantoran, laboratorium dan fasilitas pendukung. Area ini terdiri dari:
 - Daerah administrasi sebagai pusat kegiatan administrasi dan keuangan pabrik yang mengatur kelancaran operasi.
 - Laboratorium sebagai pusat pengendalian kualitas dan kuantitas bahan yang akan diproses serta produk yang akan dijual.
 - Fasilitas-fasilitas bagi karyawan seperti poliklinik, kantin, aula, dan masjid.

2. Daerah proses dan ruang control

Daerah proses dan ruang kontrol merupakan tempat alat-alat proses diletakkan dan proses berlangsung. Ruang kontrol sebagai pusat pengendalian berlangsungnya proses.

3. Daerah pergudangan, umum, bengkel dan garasi

4. Daerah utilitas dan pemadaman kebakaran

Daerah utilitas dan pemadaman kebakaran merupakan pusat lokasi kegiatan penyediaan air, *steam*, air pendingin dan tenaga listrik disediakan guna menunjang jalannya proses serta unit pemadam kebakaran.

Perincian luas tanah yang digunakan sebagai tempat berdirinya pabrik diuraikan dalam tabel dibawah ini.

Tabel 4. 1 Perincian Luas Tanah

No	lokasi	panjang, m	lebar, m	luas, m ²
1	Area Proses	250	140	35000
2	Area Utilitas	100	70	7000
3	Bengkel	35	30	1050
4	Gudang Peralatan	70	40	2800
5	Kantin	40	30	1200
6	Kantor Teknik dan Produksi	50	15	750
7	Kantor Utama	40	45	1800
8	Laboratorium	50	20	1000
9	Parkir Utama	60	50	3000
10	Parkir Truk	50	50	2500
11	Perpustakaan	40	20	800
12	Poliklinik	10	10	100
13	Pos Keamanan	4	5	20
14	Control Room	10	15	150
15	Control Utilitas	10	10	100
16	Area Mess	60	30	1800
17	Masjid	20	10	200
18	Unit Pemadam Kebakaran	40	20	800
19	Jalan	40	20	800
20	Daerah perluasan	120	100	12000
Luas Bangunan				60070
Luas Tanah				76870

4.3 Tata Letak Alat Proses

Konstruksi yang ekonomis dan operasi yang efisien pada unit proses tergantung pada tata letak pabrik dan spesifikasi alat. Dalam perancangan tata letak peralatan proses pada suatu pabrik ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu:

1. Aliran bahan baku dan produk

Tata letak peralatan proses yang dirancang agar sesuai dengan alur proses dapat memberikan keuntungan pada pabrik itu sendiri seperti pada aspek ekonomi, serta menunjang kelancaran dan keamanan produksi.

2. Aliran udara

Gas buangan di dalam dan sekitar area proses perlu diperhatikan alirannya. Hal ini bertujuan untuk menghindari terjadinya stagnasi udara pada suatu tempat berupa penumpukan atau akumulasi bahan kimia berbahaya yang dapat membahayakan keselamatan pekerja, selain

itu perlu memperhatikan arah hembusan angin agar gas buangan pabrik tidak mengarah ke area perumahan warga.

3. Pencahayaan

Penerangan pada area proses dalam pabrik juga harus memadai sebab proses produksi berjalan 24 jam per hari, terutama pada area berbahaya hal ini bertujuan tidak lain untuk mengurangi kemungkinan terjadinya kecelakaan dalam pabrik.

4. Lalu lintas manusia dan kendaraan

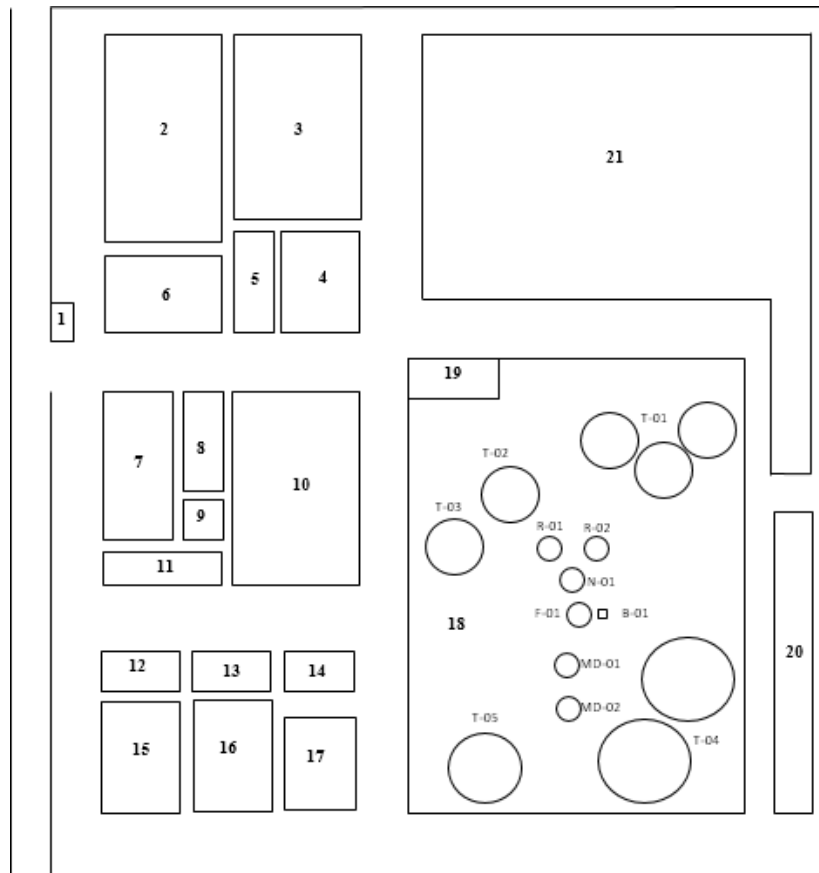
Dalam perancangan layout peralatan, perlu diperhatikan agar pekerja dapat mencapai seluruh alat proses dengan cepat dan mudah agar apabila terjadi gangguan pada alat proses dapat segera diperbaiki, selain itu keamanan pekerja selama menjalankan tugasnya perlu diprioritaskan.

5. Pertimbangan Ekonomi

Penempatan alat – alat proses pada pabrik diusahakan agar dapat menekan biaya perancangan dan biaya operasi serta menjamin kelancaran serta keamanan produksi pabrik sehingga dapat menggantungkan dari segi ekonomi tetapi tetap mengedepankan keamanan produksi.

6. Jarak antar alat proses

Jarak tiap alat dalam pabrik memiliki pertimbangannya masing masing, ada yang diletakan berdampingan ada yang diletakan agak berjauhan. Untuk alat proses yang mempunyai suhu dan tekanan operasi tinggi, sebaiknya dipisahkan dari alat proses lainnya, sehingga apabila terjadi ledakan atau kebakaran pada alat tersebut, tidak membahayakan alat-alat proses lainnya.



Gambar 4.2 Tata Letak Pabrik dan Alat Proses

Skala 1 : 1000

Keterangan :

1. Pos Keamanan
2. Kantor
3. Gedung Serbaguna
4. Pemadam Kebakaran
5. Musholla
6. Parkir Mobil
7. Poliklinik
8. Kantin
9. Control Room
10. Utilitas
11. Parkir Motor

12. Parkir Motor
13. Bengkel
14. Control Room
15. Laboratorium
16. Gudang
17. Parkir Truk
18. Area Proses
19. Utilitas
20. Utilitas
21. Area Perluasan

4.4 Neraca Massa

Basis perhitungan neraca massa : 100 kg/jam
 Kapasitas produk : 40.000 ton/tahun
 Diambil dalam satu tahun : 330 hari kerja
 1 hari kerja : 24 jam
 Basis perhitungan : 1 jam

$$= \left[\frac{40.000 \text{ ton}}{\text{tahun}} \right] \times \left[\frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ ton}} \right] \times \left[\frac{1 \text{ tahun}}{330 \text{ hari}} \right] \times \left[\frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}} \right] \times 1$$

$$= 5050,505051 \text{ kg/jam}$$

4.4.1 Neraca Massa Total

Tabel 4.2 Neraca massa total

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)
Propilen Oksida	5.369,59	892,12
Air	31.205,68	29911
Asam Sulfat	169,06	
Natrium Hidroksida	138,01	
Sodium Sulfat		244,96
Propilen Glikol		5.590,41
Dipropilen Glikol		243,87
Total	36.882,34	36.882,34

4.4.2 Neraca Massa Reaktor

Tabel 4.3 Neraca massa di reaktor

Komponen	Input (kg/jam)			Output (kg/jam)
	Arus 1	Arus 2	Arus 3	Arus 4
Propilen Oksida	5369,59			892,12
Air	1,07	31051,65	3,45	29699,37
Asam Sulfat			169,06	169,06
Propilen Glikol				5590,41
Dipropilen Glikol				243,87
Total		36595,82		36595,82

4.4.3 Neraca Massa Netralizer

Tabel 4.4 Neraca massa di netralizer

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)
	Arus 5	Arus 6	Arus 7
Propilen Oksida	892,12		892,12
Air	29699,37	1,38	29910,98
Asam Sulfat	169,06		
Natrium Hidroksida		149,51	
Sodium Sulfat			244,86

Propilen Glikol	5590,41	5590,41
Dipropilen glikol	243,82	243,87
Total	36882,34	36882,34

4.4.4 Neraca Massa Filter

Tabel 4.5 Neraca massa di filter

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)	
	Arus 7	Arus 8	Arus 8	Arus 9
Propilen Oksida	892,12	802,90	802,90	89,21
Air	29910,98	26919,89	26919,89	2991,10
Sodium Sulfat	244,96			244,96
Propilen Glikol	5590,41	5031,37	5031,37	559,04
Dipropilen glikol	243,87	219,48	219,48	24,39
Total	36882,34	36882,34	36882,34	

4.4.5 Neraca Massa Menara Distilasi (MD-01)

Tabel 4.6 Neraca massa di menara distilasi (md-01)

Komponen	Input (kg/jam)		Output (l g/jam)	
	Arus 9	Arus 10 (Distilat)	Arus 10 (Distilat)	Arus 11 (Bottom)
Propilen Oksida	802,90	798,89	798,89	4,02
Air	26919,89	26903,73	26903,73	16,15
Propilen Glikol	5031,39	1,01	1,01	5030,36
Dipropilen glikol	219,48			219,48

Total	32973,64	32973,64
--------------	-----------------	-----------------

4.4.6 Neraca Massa Menara Distilasi (MD-02)

Tabel 4.7 Neraca massa di menara distilasi (md-02)

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)	
	Arus 11	Arus 12 (Distilat)	Arus 13 (Bottom)	
Propilen Oksida	4,02	4,02		
Air	16,15	16,15		
Propilen Glikol	5030,36	5027,60		2,77
Dipropilen glikol	219,48	2,74		216,74
Total	5270,01	5270,01		

4.5 Neraca Panas

4.5.1 Neraca Panas di Reaktor

Tabel 4.8 Neraca panas di reaktor

Komponen	Panas Input (Kj/jam)	Panas Output (Kj/jam)
Propilen Oksida	26,16	4,35
Air	820,28	784,44
Asam Sulfat	0,25	0,25
Propilen Glikol		45,77
Dipropilen glikol		1,39

Q Reaksi	18272140,65	
Q Pendingin		18272130,16
Total	18271293,96	18271293,96

4.5.2 Neraca Panas di Netralizer

Tabel 4.9 Neraca panas di netralizer

Komponen	Panas Input (Kj/jam)	Panas Output (Kj/jam)
Propilen Oksida	49,02	49,02
Air	7412,39	7412,39
Asam Sulfat	3,58	19,84
Natrium Hidroksida	14,91	484,99
Sodium Sulfat		15,80
Propilen Glikol	484,99	73,85
Dipropilen glikol	15,80	1,83
Q Reaksi	668017248,72	
Q Pendingin		668017265,53
Total	668009283,49	668009283,49

4.5.3 Neraca Panas di Filter

Tabel 4.10 Neraca panas di filter

Komponen	Panas Input (Kj/jam)	Panas Output (Kj/jam)
Propilen Oksida	202,90	202,90
Air	22678,63	22678,63

Sodium Sulfat	63,11	63,11
Propilen Glikol	1871,60	1871,60
Dipropilen glikol	67,49	67,49
Total	24883,72	24883,72

4.5.4 Neraca Panas di Menara Distilasi 1 (MD-01)

Tabel 4.11 Neraca panas di menara distilasi 1

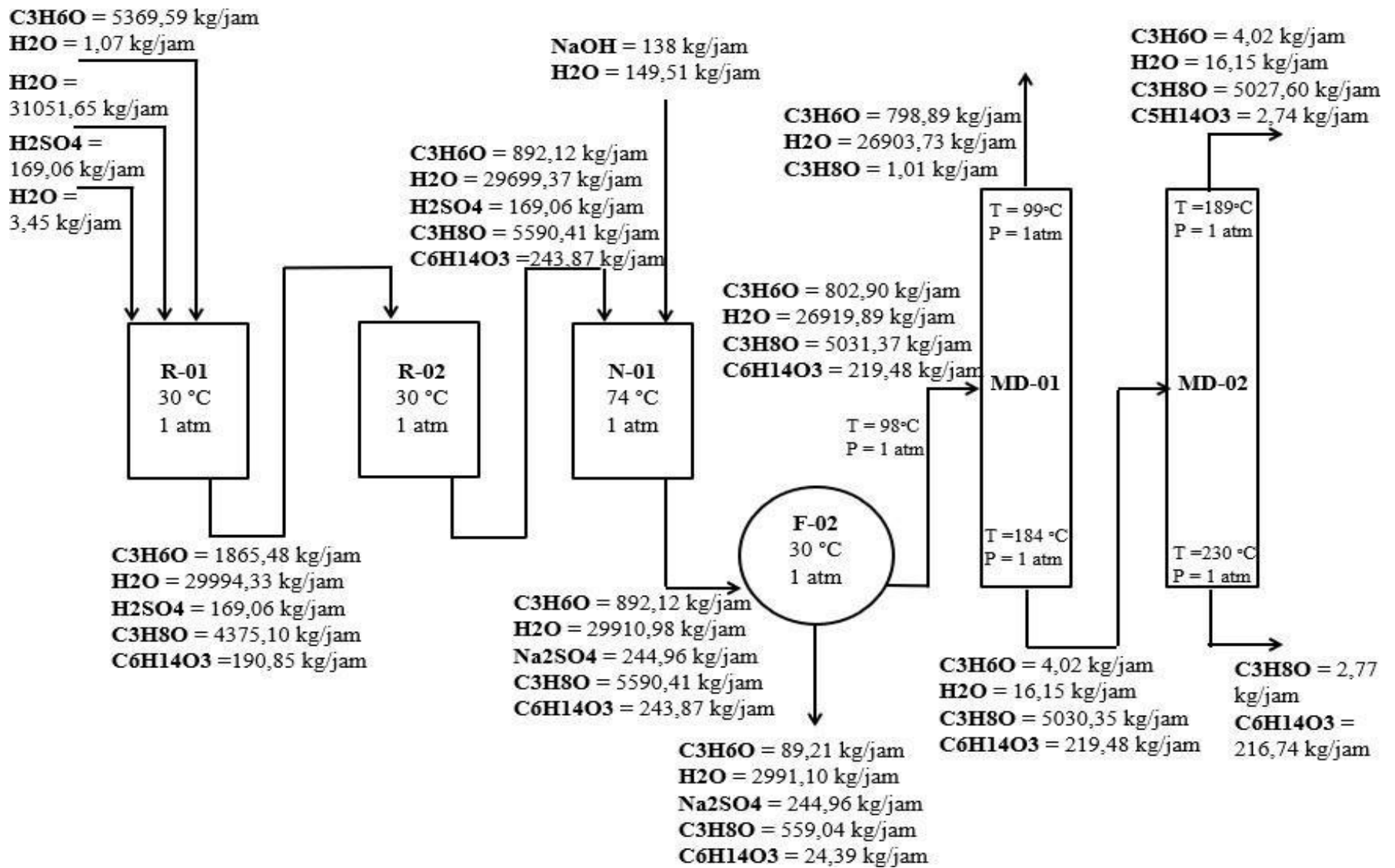
Panas Input	(kj/jam)	Panas Output	(kj/jam)
Qumpan	9667506,58	Qbottom	1195681,49
Qreboiler	133246569	Qdistilat	9663043,32
		Qcondensor	132055350,70
Total	142914075,5		142914075,5

4.5.5 Neraca Panas di Menara Distilasi 2 (MD-02)

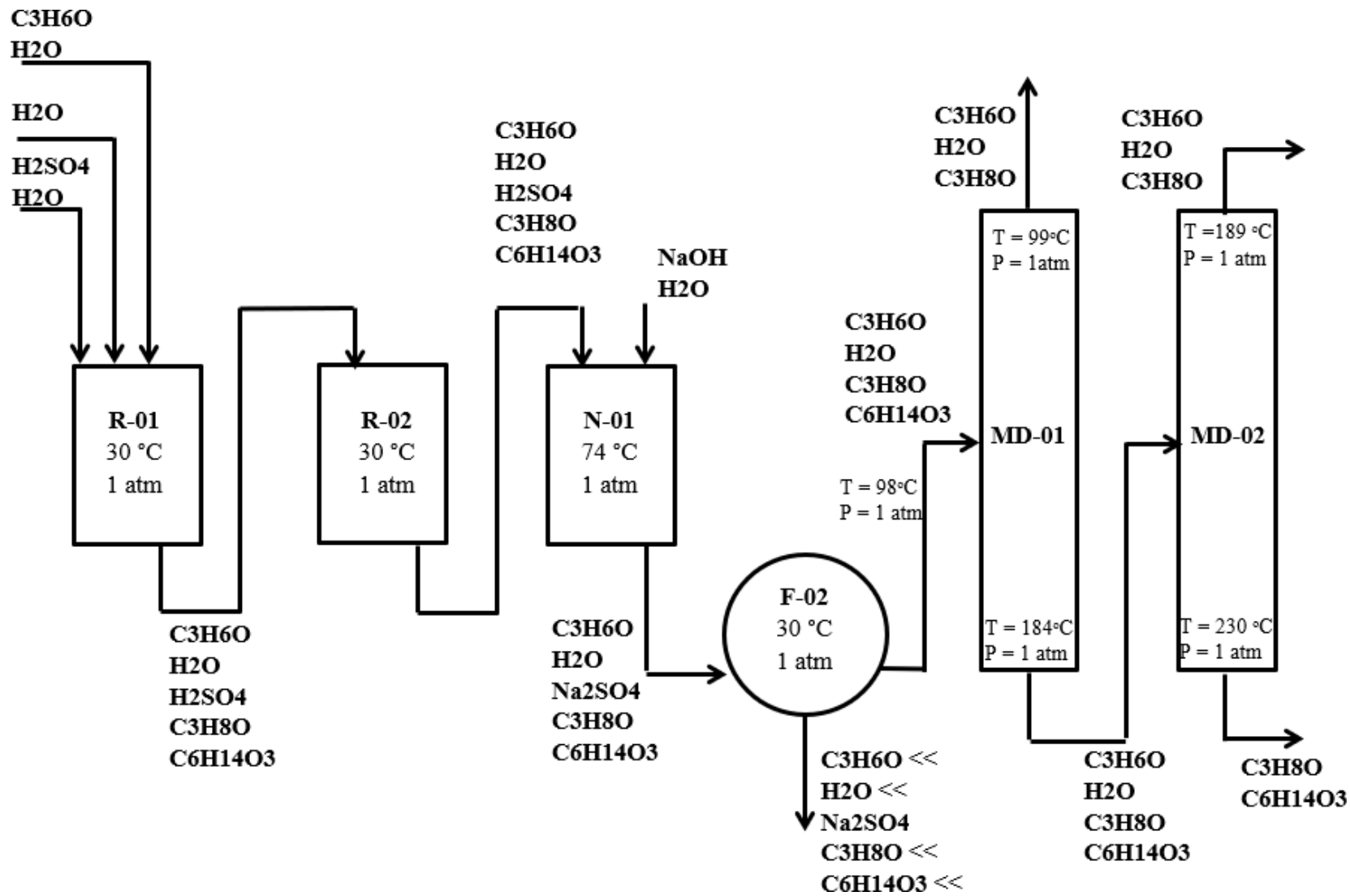
Tabel 4.12 Neraca panas di menara distilasi 2

Panas Input	(kj/jam)	Panas Output	(kj/jam)
Qumpan	2102200,13	Qbottom	108929,09
Qreboiler	4691294,45	Qdistilat	2683790,92
		Qcondensor	4000774,58
Total	6793494,58		6793494,58





Gambar 2.3 Diagram alir kuantitatif



Gambar 4.4 Diagram alir kualitatif

4.6 Utilitas

Unit utilitas merupakan bagian yang sangat penting dalam menunjang jalannya proses produksi pada suatu industri kimia. Proses produksi dalam suatu pabrik tidak akan berjalan dengan baik jika tidak terdapat utilitas. Karena itu utilitas memegang peranan penting dalam pabrik. Perancangan diperlukan agar dapat menjamin kelangsungan operasi suatu pabrik. Unit-unit utilitas yang harus ada dalam pabrik antara lain:

1. Unit penyedia dan pengolahan air (*Water System*)
2. Unit pembangkit steam (*Steam Generation System*)
3. Unit pembangkit dan pendistribusian listrik (*Power Plant and Power Distribution System*)
4. Unit penyedia udara instrumen (*Instrument Air System*)
5. Unit penyedia bahan bakar
6. Unit pengolahan limbah

4.6.1 Unit Penyedia dan Pengelolaan Air

4.6.1.1 Unit Pengelolaan Air

Air merupakan salah satu bahan baku maupun bahan penunjang yang sangat dibutuhkan dalam proses produksi. Unit pengadaan dan pengolahan air merupakan unit yang berfungsi sebagai penyedia kebutuhan air untuk seluruh kegiatan dalam pabrik. Selain sebagai penyedia kebutuhan air, unit ini juga mengolah air proses, air pendingin, air sanitasi dan air pemadam kebakaran hingga siap untuk digunakan. Dalam industri, untuk memenuhi kebutuhan air pada umumnya menggunakan air sungai, air sumur, air danau hingga air laut.

Dalam perancangan pabrik asam fosfat ini, sumber air yang digunakan adalah sumber air yang berasal dari laut di Jawa Tengah. Berikut beberapa pertimbangan dalam menggunakan air laut sebagai sumber air:

- a. Pengolahan air laut lebih rumit dan biaya pengolahan biasanya lebih tinggi karena lebih banyak kandungan garam dan mineral didalamnya yang perlu dipisahkan. Tetapi dengan *factor* letak pabrik yang dekat dengan sumber air laut
- b. Air laut merupakan sumber yang kontinuitasnya tinggi, sehingga kekurangan air dapat dihindari.

Air yang diproduksi unit utilitas digunakan antara lain sebagai :

1. Air Pendingin

Air pendingin diproduksi oleh menara pendingin (*cooling tower*). Unit air pendingin ini mengolah air dengan proses pendinginan, untuk dapat digunakan sebagai air dalam proses pendinginan pada alat pertukaran panas (*heat exchanger*) dari alat yang membutuhkan pendinginan seperti pada reaktor 1 (R-01) dan reaktor 2 (R-02).

Air pendingin yang keluar dari media-media perpindahan panas di area proses akan disirkulasikan dan didinginkan kembali seluruhnya di dalam *cooling tower*. Penguapan dan kebocoran air akan terjadi didalam *cooling tower* ini. Oleh karena itu, untuk menjaga jumlah air pendingin harus ditambah air make up yang jumlahnya sesuai dengan jumlah air yang hilang.

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

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

2. Air Umpan Boiler

Umpan atau steam dalam pabrik digunakan sebagai media pemanas. Adapun syarat air umpan boiler, yaitu:

- a. Tidak membuih (berbusa)
- b. Tidak membentuk kerak dalam reboiler
- c. Tidak menyebabkan korosi pada pipa
- d. Air Umpan *Boiler*

3. Air Sanitasi

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

- a. Syarat fisika, meliputi:
 - Suhu : dibawah suhu udara
 - Warna:jernih
 - Rasa : tidak berasa

- Bau : tidak berbau
- b. Syarat kimia, meliputi:
 - Tidak mengandung zat organik dan anorganik yang terlarut dalam air.
 - Tidak mengandung bahan beracun.
 - Tidak mengandung bakteri terutama panthogen yang dapat merubah fisik air.

Sebelum digunakan air sungai harus perlu diproses dahulu agar dapat memenuhi syarat untuk dapat digunakan menjadi air proses, air umpan boiler, air pendingin maupun air untuk kegiatan dalam pabrik.

Adapun tahapan dalam pengolahan air sungai ini antara lain:

1. Penyaringan Awal / *Screen* (WF)

Sebelum mengalami proses pengolahan, air dari sungai harus mengalami pembersihan awa dimana air sungai dilewatkan *Screen* (penyaringan awal) yang berfungsi untuk menahan kotoran-kotoran yang berukuran besar seperti kayu, ranting, daun, sampah dan sebagainya. Kemudian baru dialirkan ke bak pengendap.

2. Bak pengendap (B-01)

Air laut setelah melalui filter dialirkan ke bak pengendap awal. Untuk mengendapkan lumpur dan kotoran yang mudah mengendap karena ukurannya yg masih cukup besat tetapi lolos dari penyaring awal (*screen*). Kemudian dialirkan ke bak pengendap yang dilengkapi dengan pengaduk.

3. Bak penggumpal (B-02)

Air setelah melalui bak pengendap awal kemudian dialirkan ke bak penggumpal untuk menggumpalkan koloid-koloid tersuspensi dalam cairan (larutan) yang tidak mengendap di bak pengendap dengan cara menambahkan senyawa kimia. Umumnya flokulan yang biasa digunakan adalah tawas atau alum ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) dan Na_2CO_3 .

4. *Clarifier* (C-01)

Air setelah melewati bak penggumpal air dialirkan ke *Clarifier* untuk memisahkan/mengendapkan gumpalan gumpalan dari bak penggumpal. Air baku yang telah dialirkan kedalam *clarifier* yang alirannya telah diatur ini akan diaduk dengan agitator. Air keluar *clarifier* dari bagian pinggir secara overflow sedangkan sludge (flok) yang terbentuk akan mengendap secara gravitasi dan di blow down secara berkala dalam waktu yang telah ditentukan.

5. Bak Penyaring/*sand filter* (B-03)

Setelah keluar dari clarifier air kemudian dialirkan ke bak saringan pasir, dengan tujuan untuk menyaring partikel-partikel halus yang masih lolos atau yang masih terdapat dalam air dan belum terendapkan. penyaringan dan pengendapan secara bertahap ini bertujuan untuk memastikan bahwa air benar benar bersih dr pengotor sehingga aman digunakan untuk proses produksi maupun kegiatan pabrik lainnya. Penyaringan pada tahap ini menggunakan sand filter yang terdiri dari antrasit, pasir, dan kerikil sebagai media penyaring.

6. *Reverse Osmosis*

Air yang sudah melalui penyaringan di sand filter dialirkan ke dalam alat *reverse osmosis* untuk di desalinasi. Proses desalinasi merupakan proses untuk menghilangkan kadar garam yang ada di dalam air.

7. Bak Penampung Sementara (B-04)

Air yang sudah melalui proses sand filter kemudian dialirkan kedalam tangki penampung sementara. proses selanjutnya bergantung pada fungsi air tersebut karena setelah dari bak penampung sementara spesifikasi untuk air proses, air umpan boiler dan air pendingin berbeda dengan air yang digunakan untuk kegiatan selain proses produksi.

8. Tangki Karbon Aktif (TU-01)

Air setelah melalui bak penampung sementara (B-04) dialirkan ke Tangki Karbon Aktif (TU-01). Dalam Tangki Karbon Aktif ini Air ditambahkan dengan klor atau kaporit untuk membunuh kuman dan mikroorganisme seperti amuba, ganggang dan lain-lain yang terkandung dalam air sehingga aman untuk dikonsumsi. Klor adalah zat kimia yang sering dipakai karena harganya murah dan masih mempunyai daya desinfeksi sampai beberapa jam setelah pembubuhannya. Klorin dalam air membentuk asam hipoklorit, reaksinya adalah sebagai berikut



Asam hipoklorid pecah sesuai reaksi berikut :



Kemudian air dialirkan ke Tangki Air Bersih (TU- 02) untuk keperluan air minum dan perkantoran.

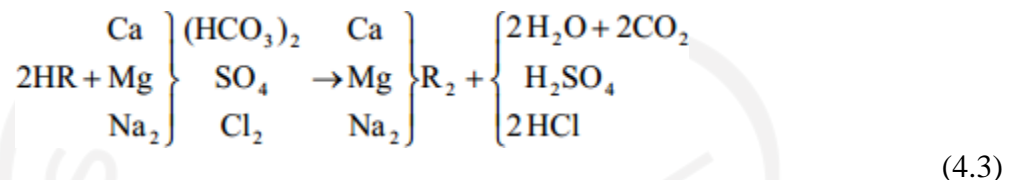
9. Tangki air bersih (TU-02)

Tangki air bersih ini fungsinya untuk menampung air bersih yang telah diproses. Dimana air bersih ini digunakan untuk keperluan air minum dan perkantoran.

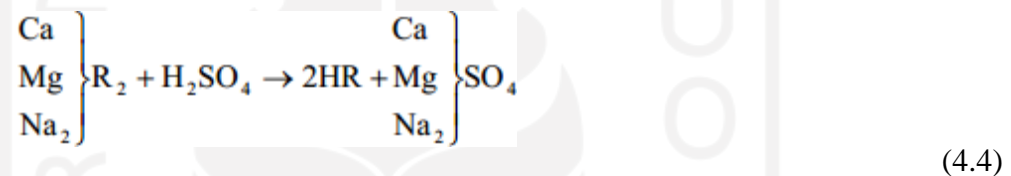
10. Tangki Kation Exchanger (TU-03)

Air dari bak penampung (B-04) berfungsi sebagai make up boiler, selanjutnya air diumpangkan ke tangki kation exchanger (TU-03). Tangki ini berisi resin pengganti kation-kation yang terkandung dalam air diganti ion H⁺ sehingga air yang akan keluar dari kation exchanger adalah air yang mengandung anion dan ion H⁺.

Reaksi:



Dalam jangka waktu tertentu, kation resin ini akan jenuh sehingga perlu regenerasi kembali dengan asam sulfat (H₂SO₄)



11. Tangki Anion Exchanger (TU-04)

Air yang keluar dari tangki kation exchanger (TU-03) kemudian diumpangkan ke tangki anion exchanger. Tangki ini berfungsi untuk mengikat ion-ion negatif (anion) yang terlarut dalam air dengan resin yang bersifat basa, sehingga anion-anion seperti CO₃²⁻, Cl⁻, dan SO₄²⁻ akan terikat dengan resin.

12. Unit Deaerator (DE)

Deaerasi adalah proses pembebasan air umpan boiler dari gas-gas yang dapat menimbulkan korosi pada boiler seperti oksigen (O₂) dan karbondioksida (CO₂). Air yang telah mengalami demineralisasi (*kation exchanger* dan *anion exchanger*) dipompakan menuju deaerator.

Pada pengolahan air untuk (terutama) boiler tidak boleh mengandung gas terlarut dan padatan terlarut, terutama yang dapat menimbulkan korosi. Unit deaerator ini berfungsi menghilangkan gas O₂ dan CO₂ yang dapat menimbulkan korosi. Di dalam deaerator diinjeksikan bahan kimia berupa hidrazin (N₂H₂) yang berfungsi untuk mengikat oksigen berdasarkan reaksi:



Sehingga dapat mencegah terjadinya korosi pada tube boiler. Air yang keluar dari deaerator dialirkan dengan pompa sebagai air umpan boiler (boiler feed water).

13. Bak Air Pendingin (B-05)

Pendingin yang digunakan dalam proses sehari-hari berasal dari air yang telah digunakan dalam pabrik kemudian didinginkan dalam *cooling tower*. Kehilangan air karena penguapan, terbawa udara maupun dilakukannya *blow down* di *cooling tower*, diganti dengan air yang disediakan di bak air bersih. Air pendingin harus mempunyai sifat-sifat yang tidak korosif, tidak menimbulkan kerak, dan tidak mengandung mikroorganisme yang bisa menimbulkan lumut. Untuk mengatasi hal tersebut, maka kedalam air pendingin diinjeksikan bahan-bahan kimia sebagai berikut:

- a. Fosfat, berguna untuk mencegah timbulnya kerak.
- b. Klorin, untuk membunuh mikroorganisme.
- c. Zat dispersant, untuk mencegah timbulnya penggumpalan.

4.6.1.2 Kebutuhan Air

1. Kebutuhan Air Proses

Tabel 4.13 Kebutuhan air proses

Nama Alat	Kode	Jumlah (kg/jam)
Reaktor	R-01	31175.99
Jumlah		31175.99

2. Kebutuhan Air Pembangkit Steam

Tabel 4.14 Kebutuhan air pembangkit steam

Nama Alat	Kode	Jumlah (kg/jam)
<i>Heat Exchanger 1</i>	HE-01	2066.16
<i>Heat Exchanger 2</i>	HE-02	4.43
<i>Heat Exchanger 3</i>	HE-03	1231.91
Jumlah		3302,50

Air pembangkit *steam* sebanyak 80% digunakan kembali, maka *make up* yang diperlukan adalah sebanyak 20%. Sehingga *make up steam* sebesar: = 20% x 13109,89 kg/jam = 1966,48 kg/jam

3. Kebutuhan Air Pendingin

Tabel 4.15 Kebutuhan air pendingin

Nama Alat	Kode	Jumlah (kg/jam)
Reaktor 1	R-01	24559,20
Reaktor 2	R-02	69044,22
Cooler 1	CL-01	100801,35
Cooler 2	CL-02	126091,34
Cooler 3	CL-03	102270,85
Cooler 4	CL-04	2120,74
Condensor 1	CD-01	1275238,36
Condensor 2	CD-02	45733,26
Reboiler 1	RE-01	53838,87
Reboiler 2	RE-02	2249,95
Jumlah		2025948,17

- Jumlah air yang menguap (We)
 $= 2431137,801 \times 0,00085 \times (318 - 303)$
 $= 30997 \text{ kg/jam}$
- Jumlah air yang terbawa aliran keluar tower (Wd)
 $= 2431137,801 \times 0,0002 = 486,23 \text{ kg/jam}$
- Blowdown
 $= 9846,11 \text{ kg/jam}$
- Jumlah air *make up*
 $= 49595,21 \text{ kg/jam}$

4. Kebutuhan Air Domestic

Tabel 4.16 Kebutuhan air domestic

Penggunaan	Jumlah (kg/hari)
Karyawan	18000
Mess	14400
Jumlah	32400

5. Kebutuhan Air Service

Tabel 4.17 Kebutuhan air service

Penggunaan	Jumlah (kg/hari)
Bengkel	1000
Poliklinik	1000
Laboratorium	1000
Pemadam Kebakaran	200
Kantin, Musholla	3000
Jumlah	6200

4.6.2 Unit Pembangkit Steam

Unit ini bertujuan untuk memenuhi kebutuhan *steam* pada produksi dengan cara menyediakan *steam* untuk *boiler*. Sebelum air dari *water treatment plant* digunakan sebagai umpan *boiler*, mula-mula diatur terlebih dahulu kadar silika, oksigen dan bahan terlarut lainnya dengan cara menambahkan bahan kimia ke dalam *boiler feed water tank*. Air kemudian dialirkan ke dalam *economizer* sebelum dialirkan masuk ke dalam boiler yaitu alat penukar panas dengan tujuan memanfaatkan panas dari gas sisa pembakaran residu boiler. Gas dari sisa pembakaran tersebut dialirkan menuju *economizer* sebelum dibuang melalui cerobong asap. Setelah uap air terkumpul kemudian dialirkan menuju *steam header* untuk didistribusikan menuju alat-alat proses.

4.6.3 Unit Pembangkit dan Pendistribusian Listrik

Kebutuhan listrik di pabrik ini dipenuhi oleh PLN, selain itu listrik cadangan dihasilkan dari generator pabrik apabila ada gangguan pasokan listrik dari PLN setempat. Hal ini bertujuan agar pasokan tenaga listrik dapat berlangsung kontinyu meskipun ada gangguan pasokan dari PLN. Generator yang digunakan adalah generator arus bolak-balik karena:

- Tenaga listrik yang dihasilkan cukup besar.
- Tegangan dapat dinaikkan atau diturunkan sesuai kebutuhan

Kebutuhan listrik di pabrik ini antara lain terdiri dari:

1. Listrik untuk AC

2. Listrik untuk laboratorium dan bengkel
3. Listrik untuk keperluan proses dan utilitas
4. Listrik untuk penerangan
5. Listrik untuk instrumentasi

Keuntungan tenaga listrik dari PLN adalah biayanya murah, sedangkan kerugiannya adalah kesinambungan penyediaan listrik kurang terjamin dan tenaganya tidak terlalu tetap. Sebaliknya jika disediakan sendiri (Genset), kesinambungan akan tetap dijaga, tetapi biaya bahan bakar dan perawatannya harus diperhatikan.

Energi listrik diperlukan untuk penggerak alat proses, alat utilitas, instrumentasi, penerangan, dan alat-alat kontrol. Rincian kebutuhan listrik adalah sebagai berikut:

Tabel 4.18 Kebutuhan listrik proses

Alat	Kode Alat	Daya (Watt)
Reaktor	R-01	22.371
Reaktor	R-02	22.371
Netralizer	N-01	11.186
Filter	F-01	52.199
Pompa	P-01	186
Pompa	P-02	559
Pompa	P-03	37
Pompa	P-04	746
Pompa	P-05	746
Pompa	P-06	37
Pompa	P-07	746
Pompa	P-08	746
Pompa	P-09	186
Pompa	P-10	746
Pompa	P-11	373
Pompa	P-12	186
Pompa	P-13	37
Total		113.458,26

Tabel 4.19 Kebutuhan listrik utilitas

Alat	Kode Alat	Daya (Watt)
Clarifier	BU-01	1.491
Blower Cooling Tower	BL-01	14.914
Pompa Centrifugal	PU-01	11.186
Pompa Centrifugal	PU-02	11.186
Pompa Centrifugal	PU-03	11.186
Pompa Centrifugal	PU-04	11.186
Pompa Centrifugal	PU-05	7.457
Pompa Centrifugal	PU-06	7.457
Pompa Centrifugal	PU-07	7.457
Pompa Centrifugal	PU-08	11.186
Pompa Centrifugal	PU-09	11.186
Pompa Centrifugal	PU-10	1.119
Pompa Centrifugal	PU-11	3.729
Pompa Centrifugal	PU-12	2.237
Pompa Centrifugal	PU-13	20.874
Pompa Centrifugal	PU-14	20.874
Pompa Centrifugal	PU-15	302
Pompa Centrifugal	PU-16	302
Pompa Centrifugal	PU-17	302
Pompa Centrifugal	PU-18	0,0091
Pompa Centrifugal	PU-19	302
Pompa Centrifugal	PU-20	1.119
Pompa Centrifugal	PU-21	268
Total		155.822

Kebutuhan listrik untuk penerangan = 105,20 Kw

Kebutuhan listrik kantor = 20 Kw

Kebutuhan listrik laboratorium bengkel = 15 Kw

Total kebutuhan listrik

$$= 113,46 + 155,82 + 20 + 105,20 + 15 + 30 = 493,48 \text{ Kw}$$

4.6.4 Unit Penyedia Udara Instrumen

Unit ini berfungsi untuk menyediakan kebutuhan udara yang diperlukan oleh semua alat *controller*, dimana setiap alat *controller* membutuhkan sekitar 1 ft³/menit atau 28,32 L/menit dimana jumlah alat *controller* pada pabrik adalah sebanyak 30 buah.

4.6.5 Unit Penyedia Bahan Bakar

Unit penyediaan bahan bakar bertujuan untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar yang dibutuhkan boiler. Jenis bahan bakar yang dipilih adalah solar, dengan spesifikasi:

Specific gravity = 0,87

Densitas = 870 kg/m³

Heating value = 18774,94 BTU/lbm

Alasan pemilihan bahan bakar tersebut antara lain karena mudah didapat, ekonomis, dan mudah dalam penyimpanannya. Kebutuhan bahan bakar disuplai langsung dari PT.

PERTAMINA (Persero) sebanyak 1,394 m³/jam.

4.6.6 Unit Pengolahan Limbah

Unit pengolahan limbah bertujuan untuk mengolah limbah yang dihasilkan dalam pabrik, sehingga tidak mencemari lingkungan sekitar. Limbah yang dihasilkan meliputi:

1. Air buangan sanitasi yang berasal dari toilet, dapur, dan pencucian. Limbah tersebut dikumpulkan dalam unit stabilisasi kemudian diolah dengan lumpur aktif, aerasi, dan injeksi klorin. Klorin berfungsi sebagai desinfektan yang dapat membunuh mikroorganisme penyebab penyakit.

2. Air sisa pencucian peralatan biasanya masih mengandung *Total Dissolved Solid* (TDS) maupun komponen padat yang tidak terlarut. komponen-komponen tersebut berasal dari sisa bahan yang menempel pada peralatan setelah pabrik dioperasikan. Pemisahan dari TDS dan komponen yang tidak terlarut ini akan diolah lebih lanjut dan air yang sudah tidak dapat dipisahkan dari TDS akan dibuang sebagai limbah.

3. Air buangan utilitas yang berasal dari unit demineralisasi dan sisa regenerasi resin. Air ini bersifat asam atau basa sehingga diperlukan penetralan (hingga pH 7) menggunakan H₂SO₄ atau NaOH sebelum dialirkan menuju penampungan akhir dan dibuang.

4. Gas Buangan

4.7 Laboratorium

Laboratorium merupakan salah satu bagian yang sangat penting dalam menunjang kelancaran proses produksi. Laboratorium sebagai sarana untuk melakukan riset atau penelitian mengenai pengendalian bahan baku, bahan penunjang, proses maupun produk. Disamping itu berperan dalam pengendalian pencemaran lingkungan, baik udara maupun limbah cair, sehingga dapat meningkatkan dan menjaga kualitas produksi perusahaan. Laboratorium dibawah bagian produksi sistem kerjanya terbagi menjadi dua kelompok, yaitu *non-shift* dan *shift*. Tugas kelompok *non-shift* antara lain :

- Menyiapkan reagen untuk analisa laboratorium.
- Menganalisa bahan baku, bahan penunjang, dan produk.
- Menganalisa limbah yang menyebabkan pencemaran.
- Melakukan penelitian dan percobaan untuk kelancaran proses produksi.

Analisa yang dilakukan kelompok *non-shift* adalah analisa khusus yang sifatnya tidak rutin.

Sedangkan tugas kelompok *shift* antara lain :

- Menganalisa bahan baku, bahan penunjang, dan produk.
- Menganalisa limbah yang menyebabkan pencemaran.
- Melakukan pemantauan *performance* proses produksi terhadap pencemaran lingkungan.
- Melakukan pemantauan mutu air yang berkaitan langsung dengan proses produksi.

Analisa yang dilakukan kelompok *shift* bersifat rutin. Berbeda dengan kelompok *non-shift* yang bekerja seperti karyawan kantor, kelompok *shift* bekerja selama 24 jam/hari, sehingga diperlukan pembagian shift.

4.8 Keamanan, Kesehatan dan Keselamatan Kerja

Keamanan, kesehatan dan keselamatan kerja merupakan perlindungan tenaga kerja dalam menjalankan aktivitas di lingkungan kerja yang menyangkut resiko baik jasmani dan rohani para pekerja. Perlindungan bagi pekerja merupakan kewajiban perusahaan demi menjaga lingkungan dan mencegah terjadinya kecelakaan kerja. Dalam pelaksanaannya, setiap karyawan diwajibkan menggunakan *safety equipment* ketika berada di area produksi. *Safety equipment* yang dikenakan

seperti sepatu safety, kacamata, *ear plug*, masker, helm, serta alat bantu pernafasan apabila udara sekitar kotor dan beracun. Untuk mencegah terjadinya kecelakaan kerja dapat dilakukan dengan cara melengkapi semua mesindan peralatan kerja yang digunakan oleh para karyawan dengan alat yang dapat mencegah atau menghentikan kecelakaan dan gangguan keamanan kerja, seperti alat pemadam kebakaran. Pendidikan dan pelatihan kepada para pekerja juga diperlukan sehingga para karyawan dapat menerapkan kebiasaan cara bekerja yang aman.

4.9 Manajemen Perusahaan

4.9.1 Bentuk Perusahaan

Pabrik propilen glikol yang akan didirikan, mempunyai klasifikasi sebagai berikut :

- Bentuk perusahaan : Perseroan Terbatas (PT.)
- Kapasitas produksi : 40.000 ton/tahun
- Lokasi : Batang, Jawa Tengah

Alasan dipilihnya bentuk Perseroan Terbatas pada perusahaan ini dilator belakangnya atas beberapa pertimbangan-pertimbangan antara lain :

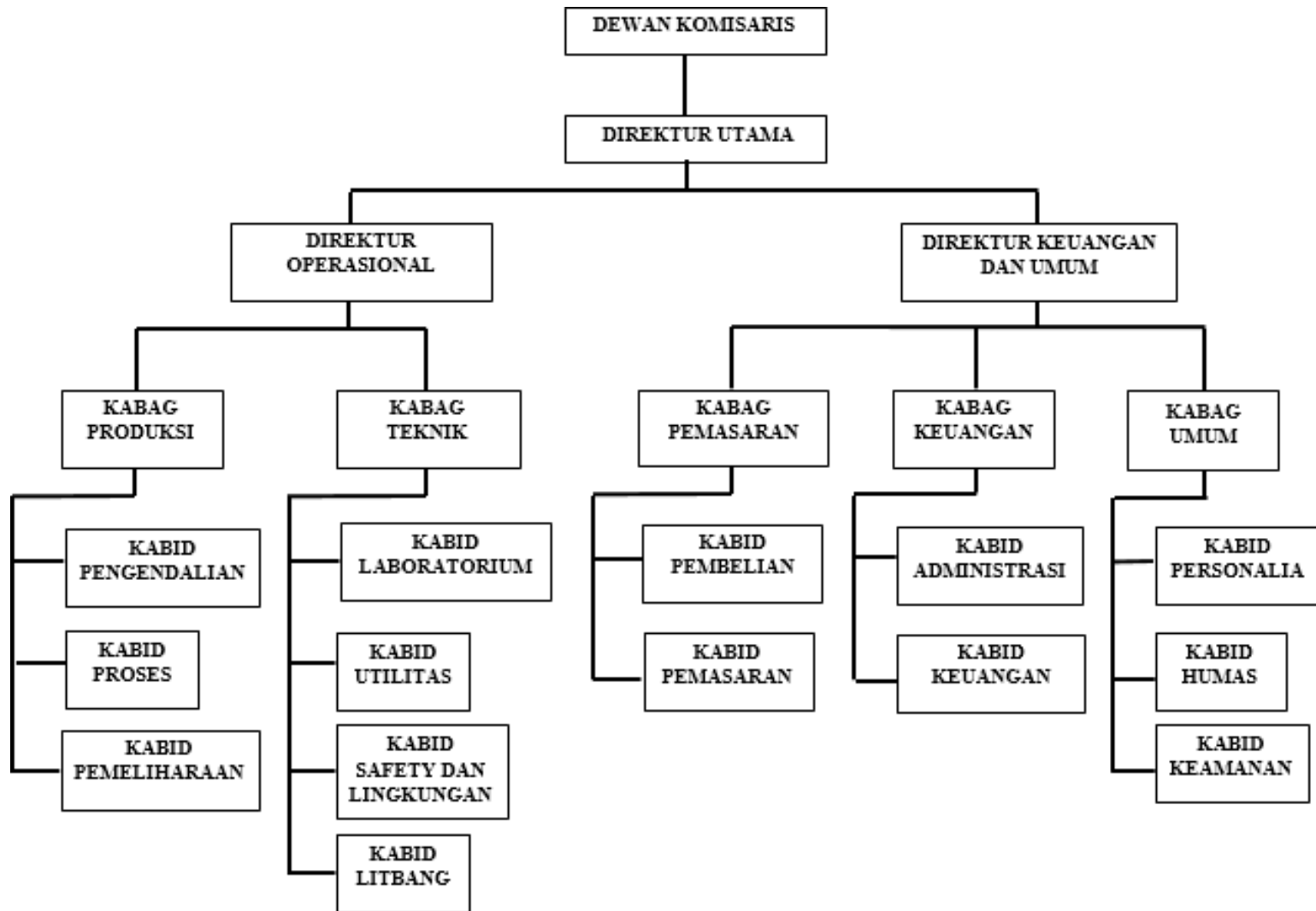
1. Mudah mendapatkan modal yaitu dengan menjual saham perusahaan.
2. Tanggung jawab pemegang saham terbatas sehingga kelancaran produksi hanya dipegang oleh pimpinan perusahaan.
3. Pemilik dan pengurus perusahaan terpisah satu sama lain. Pemilik perusahaan adalah para pemegang saham dan pengurus perusahaan adalah direksi beserta staff yang diawasi oleh dewan komisaris.
4. Kelangsungan hidup perusahaan lebih terjamin, karena tidak terpengaruh dengan berhentinya pemegang saham, direksi beserta staff dan karyawan.
5. Efisiensi dari manajemen para pemegang saham duduk dalam dewan komisaris dan dewan komisaris ini dapat memilih dewan direksi diantaranya Direktur utama yang cukup berpengalaman.
6. Lapangan usaha lebih luas.

4.9.2 Struktur Organisasi

Untuk menjalin komunikasi dan kerjasama yang baik antar karyawan, maka diperlukan suatu struktur organisasi. Struktur organisasi ini didasarkan pada bentuk dan kebutuhan perusahaan. Jenjang kepemimpinan dalam struktur organisasi meliputi :

- a. Direktur
- b. Kepala Bagian
- c. Kepala Seksi
- d. Karyawan dan Operator





Gambar 4.5 struktur organisasi

4.9.3 Tugas dan Wewenang

4.9.3.1 Dewan Komisaris

Dewan komisaris merupakan pelaksana dari para pemegang saham. Tugas dan wewenang dewan komisaris antara lain :

1. Melakukan penilaian dan persetujuan rencana direksi mengenai kebijakan umum, target laba perusahaan, alokasi sumber dana, dan arah pemasaran.
2. Mengawasi tugas-tugas direktur utama.

4.9.3.2 Direktur Utama

Direktur utama merupakan pimpinan tertinggi dalam perusahaan. Direktur utama bertanggung jawab kepada pemegang saham dan dewan komisaris terhadap segala kebijakan perusahaan yang telah diambil. Tugas dan wewenang direktur umum antara lain :

1. Menjaga kestabilan organisasi perusahaan, sehingga komunikasi antara pemilik saham, pimpinan, karyawan, dan konsumen dapat berlangsung dengan baik.
2. Mengangkat dan memberhentikan kepala bagian dengan persetujuan rapat pemegang saham.
3. Mengkoordinasi kerja sama antara bagian produksi dan bagian umum.

4.9.3.3 Kepala Bagian

Kepala bagian bertanggung jawab kepada direktur utama. Tugas umum kepala bagian adalah mengkoordinasi, mengatur, dan mengawasi pelaksanaan kerja sesuai bidangnya. Berdasarkan bidangnya, kepala bagian terdiri dari :

1. Kepala Bagian Umum

Tugas kepala bagian umum antara lain mengatur hubungan antara perusahaan dengan karyawan maupun konsumen, serta menjaga keamanan baik internal dan eksternal yang berkaitan dengan perusahaan. Dalam pelaksanaannya, kepala bagian umum membawahi seksi personalia, seksi humas, dan seksi keamanan.

2. Kepala Bagian Litbang

Kepala bagian litbang bertugas untuk mengatur kelancaran dalam penelitian-penelitian dan pengembangan yang dilakukan perusahaan. Kepala bagian ini membawahi seksi litbang.

3. Kepala Bagian Pemasaran

Kepala bagian pemasaran bertugas untuk mengatur kelancaran dalam pembelian bahan baku dan pemasaran hasil produksi. Kepala bagian ini membawahi seksi pembelian dan seksi penjualan.

4. Kepala Bagian Keuangan

Kepala bagian keuangan bertanggung jawab kepada direktur dalam bidang administrasi dan keuangan serta membawahi seksi administrasi dan seksi keuangan.

5. Kepala Bagian Produksi

Tugas kepala bagian produksi adalah mengatur kelancaran produksi termasuk pemeriksaan mutu. Kepala bagian produksi membawahi seksi proses, seksi pengendalian, dan seksi laboratorium.

6. Kepala Bagian Teknik

Tugas kepala bagian teknik adalah mengatur kegiatan yang berhubungan dengan peralatan proses, utilitas, dan fasilitas yang berhubungan dengan keselamatan kerja. Kepala bagian teknik membawahi seksi pemeliharaan, seksi utilitas, dan seksi keselamatan kerja.

4.9.3.4 Kepala Seksi

Kepala seksi bertanggung jawab kepada kepala bagian masing-masing sesuai dengan bidangnya. Tugas kepala seksi yaitu mengatur dan melakukan koordinasi secara langsung kepada karyawan setiap seksi. Berdasarkan bidangnya, kepala seksi terdiri dari :

1. Kepala Seksi Personalia
2. Kepala Seksi Humas
3. Kepala Seksi Keamanan
4. Kepala Seksi Litbang
5. Kepala Seksi Pembelian
6. Kepala Seksi Penjualan
7. Kepala Seksi Administrasi
8. Kepala Seksi Kas/Anggaran
9. Kepala Seksi Proses
10. Kepala Seksi Pengendalian
11. Kepala Seksi Laboratorium
12. Kepala Seksi Pemeliharaan
13. Kepala Seksi Utilitas
14. Kepala Seksi K3

4.9.3.5 Jam Kerja Karyawan

Pabrik propilen glikol akan beroperasi selama 330 hari dalam 1 tahun dan 24 jam dalam 1 hari. Untuk perbaikan, perawatan, dan *shutdown* dilakukan pada sisa hari diluar hari libur. Karena proses

produksi berlangsung secara *continue*, maka karyawan dibagi menjadi 2 kelompok, yaitu karyawan *shift* dan *non-shift*. Bagi karyawan *non shift* pada saat hari libur nasional tidak masuk kerja. Berbeda dengan karyawan *shift*, pada saat hari libur harus tetap bekerja dengan catatan hari tersebut dapat diperhitungkan sebagai jam lembur. Setiap karyawan mendapatkan hak cuti sebanyak 12 hari setiap tahunnya.

4951 Karyawan non-shift

Karyawan *non shift* adalah karyawan yang tidak menangani proses produksi secara langsung. Karyawan yang termasuk karyawan *non-shift* adalah direktur, staf ahli, kepala bagian, kepala seksi serta seluruh yang tugasnya berada dikantor. Dalam 1 minggu diberlakukan 5 hari kerja, dengan jadwal sebagai berikut :

- Hari Senin – Kamis
 Jam kerja : 08.00 – 16.00
 Jam Istirahat : 12.00 – 13.00
- Hari Jum'at
 Jam Kerja : 08.00 – 16.00
 Jam Istirahat : 11.30 – 13.00

4952 Karyawan shift

Karyawan *shift* adalah karyawan yang menangani proses produksi secara langsung, sehingga tidak dapat ditinggalkan. Karyawan yang termasuk dalam kelompok ini adalah operator produksi, sebagian dari bagian teknik, bagian gudang dan bagian utilitas, pengendalian, laboratorium, termasuk petugas keamanan yang menjaga keamanan selama proses produksi berlangsung. Dalam 1 hari mereka bekerja secara bergantian selama dengan jadwal sebagai berikut.

- *Shift* Pagi : Jam 07.00 – 15.00
- *Shift* Sore : Jam 15.00 – 23.00
- *Shift* Malam : Jam 23.00 – 07.00

Shift	Hari ke-														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Pagi	D	D	D	D	D	C	C	C	C	C	B	B	B	B	B
Siang	B	A	A	A	A	A	A	D	D	D	D	D	C	C	C
Malam	C	C	C	B	B	B	B	B	A	A	A	A	A	D	D
Libur	A	B	B	C	C	D	A	A	B	B	C	D	D	A	A

Shift	Hari ke-														
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Pagi	A	A	A	A	A	D	D	D	D	D	C	C	C	C	C
Siang	C	C	B	B	B	B	B	A	A	A	A	A	D	D	D
Malam	D	D	D	C	C	C	C	C	B	B	B	B	B	A	A
Libur	B	B	C	D	D	A	A	B	C	C	D	D	A	B	B

4.10 Evaluasi Ekonomi

Evaluasi ekonomi merupakan aspek yang penting dalam pendirian suatu pabrik. Dengan adanya evaluasi ekonomi dapat diperkirakan modal investasi dalam pendirian suatu pabrik. Selain itu dapat diketahui layak dan tidak layaknya pabrik untuk didirikan. Hal-hal yang perlu ditinjau dalam menghitung evaluasi ekonomi antara lain:

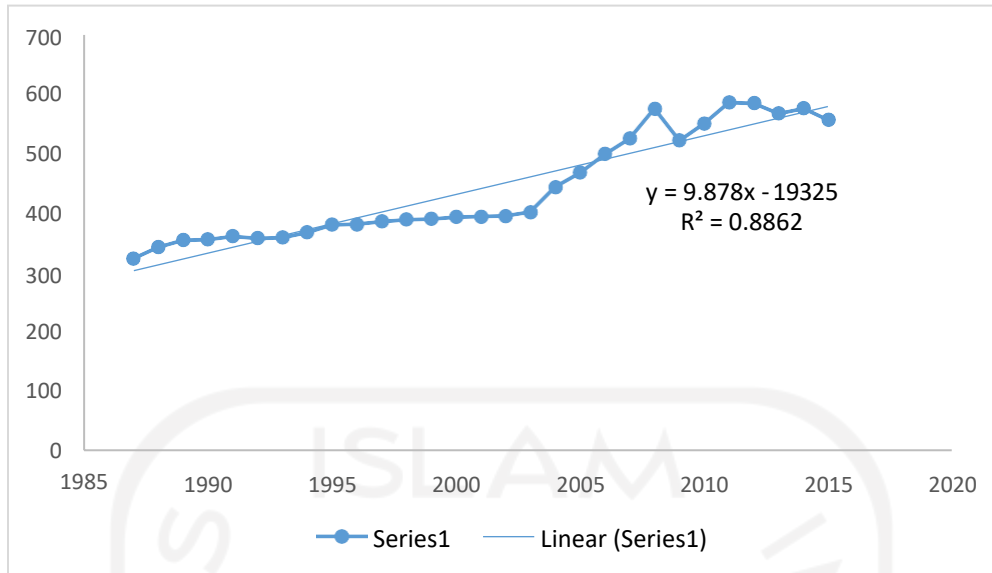
- a. Modal keseluruhan (*Total Capital Investment*)
- b. Biaya produksi (*Manufacturing Cost*)
- c. Pengeluaran umum (*General Expense*)
- d. Analisa keuntungan
- e. Analisa kelayakan

4.10.1 Perkiraan Harga Alat

Dalam evaluasi ekonomi harga alat diperhitungkan pada tahun analisa. Untuk mencari harga pada tahun analisa, maka dicari index pada tahun analisa. Dimana tahun analisa perancangan pabrik Propilen Glikol ini adalah tahun 2022.

Tabel 4.20 Harga index CEPCI

Tahun (Xi)	Indeks (Yi)
1987	324
1988	343
1989	355
1990	356
1991	361,3
1992	358,2
1993	359,2
1994	368,1
1995	381,1
1996	381,7
1997	386,5
1998	389,5
1999	390,6
2000	349,1
2001	394,3
2002	395,6
2003	402
2004	444,2
2005	468,2
2006	499,6
2007	525,4
2008	575,4
2009	521,9
2010	550,8
2011	585,7
2012	584,6
2013	567,3
2014	576,1
2015	556,8



Gambar 4.6 Hubungan tahun terhadap index CEPCI

Persamaan yang diperoleh adalah : $y = 9,878x - 19325$. Dengan menggunakan persamaan diatas dapat dicari harga indeks pada tahun perancangan, dalam hal ini pada tahun 2024 adalah 668,072.

Harga – harga alat dan lainnya diperhitungkan pada tahun evaluasi. Selain itu, harga alat dan lainnya ditentukan juga dengan referensi (Peters dan Timmerhaus, pada tahun 1990 dan Aries dan Newton, pada tahun 1955). Maka harga alat pada tahun evaluasi dapat dicari dengan persamaan:

$$Ex = Ey \frac{Nx}{Ny} \quad (\text{Aries \& Newton, 1955})$$

Dalam hubungan ini:

Ex : Harga pembelian pada tahun 2014

Ey : Harga pembelian pada tahun referensi

Nx : Index harga pada tahun 2014

Ny : Index harga pada tahun referensi

Apabila suatu alat dengan kapasitas tertentu ternyata tidak memotong kurva spesifikasi. Maka harga alat dapat diperkirakan dengan persamaan :

- Dimana :
- Ea = harga alat a
 - Eb = harga alat b
 - Ca= Kapasitas alat a
 - Cb = Kapasitas alat b

4.10.2 Perhitungan Biaya

4936 *Capital Investment*

Modal atau *capital investment* adalah sejumlah uang yang harus disediakan untuk mendirikan dan menjalankan suatu pabrik. Ada 2 macam *capital investment*, yaitu:

a. *Fixed Capital Investment*

Fixed Capital Investment adalah biaya yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas – fasilitas pabrik.

b. *Working Capital Investment*

Working Capital Investment adalah biaya yang diperlukan untuk menjalankan usaha atau modal untuk menjalankan operasi dari suatu pabrik selama waktu tertentu.

Modal biasanya didapatkan dari uang sendiri dan bisa juga berasal dari pinjaman dari bank. Perbandingan jumlah uang sendiri atau *equity* dengan jumlah pinjaman dari bank tergantung dari perbandingan antara pinjaman dan uang sendiri yaitu dapat sebesar 30:70 atau 40:60 atau kebijakan lain tentang rasio modal tersebut. Karena penanaman modal dengan harapan mendapatkan keuntungan dari modal yang ditanamkan, maka ciri-ciri investasi yang baik adalah:

- a. Investasi cepat kembali
- b. Aman, baik secara hukum, teknologi, dan lain sebagainya.
- c. Menghasilkan keuntungan yang besar (maksimum)

4937 *Manufacturing Cost*

Manufacturing Cost merupakan jumlah *Direct*, *Indirect* dan *Fixed Manufacturing Cost*, yang bersangkutan dalam pembuatan produk. Menurut Aries dan Newton (Tabel 23), *Manufacturing Cost* meliputi :

1. *Direct Cost*

Direct Cost adalah pengeluaran yang berkaitan langsung dengan pembuatan produk.

2. *Indirect Cost*

Indirect Cost adalah pengeluaran–pengeluaran sebagai akibat tidak langsung karena operasi pabrik.

3. *Fixed Cost*

Fixed Cost adalah biaya – biaya tertentu yang selalu dikeluarkan baik pada saat pabrik beroperasi maupun tidak atau pengeluaran yang bersifat tetap tidak tergantung waktu dan tingkat produksi.

4938 *General Expenses*

General Expense atau pengeluaran umum meliputi pengeluaran–pengeluaran yang berkaitan dengan fungsi perusahaan yang tidak termasuk *Manufacturing Cost*. *General Expense* meliputi:

a. Administrasi

Biaya yang termasuk dalam administrasi adalah management salaries, legal fees and auditing, dan biaya peralatan kantor. Besarnya biaya administrasi diperkirakan 2-3% hasil penjualan atau 3-6% dari manufacturing cost.

b. Sales

Pengeluaran yang dilakukan berkaitan dengan penjualan produk, misalnya biaya distribusi dan iklan. Besarnya biaya sales diperkirakan 3-12% harga jual atau 5-22% dari *manufacturing cost*. Untuk produk standar kebutuhan sales expense kecil dan untuk produk baru yang perlu diperkenalkan sales expense besar.

c. Riset

Penelitian diperlukan untuk menjaga mutu dan inovasi ke depan. Untuk industri kimia, dana riset sebesar 2,8% dari hasil penjualan.

4.10.3 Analisa Kelayakan

Analisa kelayakan digunakan untuk dapat mengetahui keuntungan yang diperoleh tergolong besar atau tidak, sehingga dapat dikategorikan apakah pabrik tersebut potensial atau tidak secara ekonomi, Beberapa cara yang digunakan untuk menyatakan kelayakan adalah:

4939 Percent Return On Investment

Return On Investment adalah tingkat keuntungan yang dapat dihasilkan dari tingkat investasi yang dikeluarkan. Jumlah uang yang diperoleh atau hilang tersebut dapat disebut bunga atau laba/rugi.

$$ROI = \frac{\text{Keuntungan}}{\text{Fixed Capital}} \times 100\%$$

493.10 Pay Out Time (POT)

1. Jumlah tahun yang telah berselang, sebelum didapatkan suatu penerimaan yang melebihi investasi awal atau jumlah tahun yang diperlukan untuk kembalinya Capital Investment dengan profit sebelum dikurangi depresiasi.
2. Waktu minimum teoritis yang dibutuhkan untuk pengembalian modal tetap yang ditanamkan atas dasar keuntungan setiap tahun ditambah dengan penyusutan.
3. Waktu pengembalian modal yang dihasilkan berdasarkan keuntungan yang diperoleh. Perhitungan ini diperlukan untuk mengetahui dalam berapa tahun investasi yang telah dilakukan akan kembali.

$$POT = \frac{\text{Fixed Capital Investment}}{(\text{Keuntungan tahunan} + \text{depresiasi})}$$

493.11 Break Even Point (BEP)

Break Even Point merupakan titik impas produksi yaitu suatu kondisi dimana pabrik tidak mendapatkan keuntungan maupun kerugian. Jadi dapat dikatakan bahwa perusahaan yang mencapai titik *break even point* ialah perusahaan yang telah memiliki kesetaraan antara modal yang dikeluarkan untuk proses produksi dengan pendapatan produk yang dihasilkan.

Kapasitas produksi pada saat *sales* sama dengan total *cost*. Pabrik akan rugi jika beroperasi dibawah BEP dan akan untung jika beroperasi diatas BEP. Salah satu tujuan utama perusahaan adalah mendapatkan keuntungan atau laba secara maksimal bisa dilakukan dengan beberapa langkah sebagai berikut:

- Menekan sebisa mungkin biaya produksi atau biaya operasional sekecil-kecilnya, serendah-rendahnya tetapi tingkat harga, kualitas, maupun kuantitasnya tepat dipertahankan sebisanya.
- Penentuan harga jual sedemikian rupa menyesuaikan tingkat keuntungan yang diinginkan/dikehendaki.
- Volume kegiatan ditingkatkan dengan semaksimal mungkin.

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

Dimana :

Fa : Annual Fixed Manufacturing Cost pada produksi maksimum

Ra : Annual Regulated Expenses pada produksi maksimum

Va : Annual Variable Value pada produksi maksimum

Sa : Annual Sales Value pada produksi maksimum

493.12 Shut Down Point (SDP)

Down Point merupakan Suatu titik atau saat penentuan suatu aktivitas produksi dihentikan. Penyebabnya antara lain *variable cost* yang terlalu tinggi, atau bisa juga karena keputusan manajemen akibat tidak ekonomisnya suatu aktivitas produksi (tidak menghasilkan profit). Persen kapasitas minimal suatu pabrik dapat mencapai kapasitas produk yang diharapkan dalam setahun. Apabila tidak mampu mencapai persen minimal kapasitas tersebut dalam satu tahun maka pabrik harus berhenti beroperasi atau tutup.

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

493.13 *Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR)*

Discounted Cash Flow Rate of Return adalah salah satu metode untuk menghitung prospek pertumbuhan suatu instrument investasi dalam beberapa waktu kedepan. Konsep DCFR ini didasarkan pada pemikiran bahwa, jika anda menginvestasikan sejumlah dana, maka dana tersebut akan tumbuh sebesar sekian persen atau mungkin sekian kali lipat setelah beberapa waktu tertentu. Disebut '*discounted cash flow*' atau ' arus kas yang terdiskon', karena cara menghitungnya adalah dengan mengestimasi arus dana dimasa mendatang untuk kemudian di *cut* dan menghasilkan nilai tersebut pada masa kini.

Biasanya seorang investor ingin mengetahui bahwa jika dia menginvestasikan sejumlah dana pada suatu instrumen investasi tertentu, maka setelah kurun waktu tertentu (misalnya setahun), dana tersebut akan tumbuh menjadi berapa. Untuk menghitungnya, maka digunakan Persamaan DCFR:

$$(FC + WC)(1 + i)^N = C \sum_{n=0}^{n=N-1} (1 + i)^N + WC + FC$$

Dimana:

FC : Fixed capital

WC : Working capital

SV : Salvage value

C : Cash flow

: profit after taxes + depresiasi + finance

n : Umur pabrik = 10 tahun

I : Nilai DCFR

4.10.4 Hasil Perhitungan

Perhitungan rencana pendirian pabrik Propilen Glikol memerlukan rencana PPC, PC, MC, serta *General Expense*. Hasil rancangan masing-masing disajikan pada tabel sebagai berikut:

Tabel 4.21 *Physical Plant Cost (PPC)*

No	Tipe of Capital Investment	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Purchased Equipment cost</i>	213.166.062.225	14.751.977
2	<i>Delivered Equipment Cost</i>	53.291.515.556	3.687.994
3	Instalasi cost	91.661.406.757	6.343.350
4	Pemipaan	76.739.782.401	5.310.712
5	Instrumentasi	63.949.818.668	4.425.593
6	Insulasi	17.053.284.978	1.180.158
7	Listrik	21.316.606.223	1.475.198
8	Bangunan	150.175.000.000	10.392.734
9	<i>Land & Yard Improvement</i>	49.965.500.000	3.457.820
<i>Physical Plant Cost (PPC)</i>		737.318.976.807	51.025.535

Tabel 4.22 *Direct Plant Cost (DPC)*

No	Tipe of Capital Investment	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Teknik dan Konstruksi	147.463.795.361	10.205.107
<i>Total (DPC + PPC)</i>		884.782.772.169	61.230.642

Tabel 4.23 *Fixed Capital Investment (FCI)*

No	Tipe of Capital Investment	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Direct Plant Cost</i>	884.782.772.169	61.230.642
2	Kontraktor	70.782.621.773	4.898.451
3	Biaya tak terduga	88.478.277.217	6.123.064
<i>Fixed Capital Investment (FCI)</i>		1.044.043.671.159	72.252.157

Tabel 4.24 *Direct Manufacturing Cost (DMC)*

No	Type of Capital Investment	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw Material</i>	843.378.051.510	58.365.263
2	<i>Labor</i>	22.474.800.000	1.555.349
3	<i>Supervision</i>	2.247.480.000	155.534
4	<i>Maintenance</i>	20.880.873.423	1.445.043
5	<i>Plant Supplies</i>	2.088.087.342	144.504
6	<i>Royalty and Patents</i>	16.956.890.853	1.173.487
7	<i>Utilities</i>	36.386.623.414	2.518.105
<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>		944.412.806.542	65.357.288

Tabel 4.25 *Indirect Manufacturing Cost (IMC)*

No	Type of Capital Investment	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Payroll Overhead</i>	3.371.220.000	233.302
2	<i>Laboratory</i>	2.247.480.000	155.535
3	<i>Plant Overhead</i>	11.237.400.000	777.675
4	<i>Packaging and Shipping</i>	84.784.454.264	5.867.436
<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>		101.640.554.264	7.033.948

Tabel 4.26 *Fixed Manufacturing Cost (FMC)*

No	Type of Capital Investment	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Depreciation</i>	83.523.493.693	5.780.173
2	<i>Property taxes</i>	20.880.873.423	1.445.043
3	<i>Insurance</i>	10.440.436.712	722.522

<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	114.844.803.828	7.947.737
---------------------------------------	-----------------	-----------

Tabel 4.27 *Manuufaring Cost (MC)*

No	Type of Capital Investment	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	944.412.806.542	65.357.288
2	<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	101.640.554.264	7.033.948
3	<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	114.844.803.828	7.947.737
<i>Manufacturing Cost (MC)</i>		1.160.898.164.633	80.338.973

Tabel 4.28 *Working Capital (WC)*

No	Type of Capital Investment	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw Material Inventory</i>	230.012.195.866	15.917.799
2	<i>In Process Inventory</i>	158.304.295.177	10.955.315
3	<i>Product Inventory</i>	105.536.196.785	7.303.534
4	<i>Extended Credit</i>	462.460.659.623	32.004.198
5	<i>Available Cash</i>	316.608.590.355	21.910.629
<i>Working Capital (WC)</i>		1.272.921.937.806	88.091.484

9

Tabel 4.29 *General Expense (GE)*

No	Type of Capital Investment	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Administration</i>	58.044.908.232	4.016.949
2	<i>Sales expense</i>	92.871.853.171	6.427.118
3	<i>Research</i>	58.044.908.232	4.016.949
4	<i>Finance</i>	46.339.312.179	3.206.873
<i>General Expense (GE)</i>		255.300.981.813	17.667.888

Tabel 4.30 Total Biaya Produksi

No	Type of Capital Investment	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Manufacturing Cost (MC)</i>	1.160.898.164.633	80.338.973
2	<i>General Expense (GE)</i>	255.300.981.813	17.667.888
Total Production Cost (TPC)		1.416.199.146.447	98.006.861

Tabel 4.31 Fixed Cost (Fa)

No	Type of Capital Investment	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Depreciation</i>	83.523.493.693	5.780.173
2	<i>Property taxes</i>	20.880.873.423	1.445.043
3	<i>Insurance</i>	10.440.436.712	722.522
Fixed Cost (Fa)		114.844.803.828	7.947.737

Tabel 4.32 Variable Cost (Va)

No	Type of Capital Investment	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw material</i>	843.378.051.510	58.365.263
2	<i>Packaging & shipping</i>	84.784.454.264	5.867.436
3	<i>Utilities</i>	36.386.623.414	2.518.105
4	<i>Royalties and Patents</i>	16.956.890.853	1.173.487
Variable Cost (Va)		981.506.020.040	67.924.292

Tabel 4.33 *Regulated Cost (Ra)*

No	Tipe of Capital Investment	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Labor cost</i>	22.474.800.000	1.555.349
2	<i>Plant overhead</i>	11.237.400.000	777.675
3	<i>Payroll overhead</i>	3.371.220.000	233.302
4	<i>Supervision</i>	2.247.480.000	155.535
5	<i>Laboratory</i>	2.247.480.000	155.535
6	<i>Administration</i>	58.044.908.232	4.016.949
7	<i>Sales expense</i>	92.871.853.171	6.427.118
8	<i>Research</i>	58.044.908.232	3.206.118
9	<i>Finance</i>	46.339.312.179	4.016.949
10	<i>Maintenance</i>	20.880.873.423	1.445.043
11	<i>Plant supplies</i>	2.088.087.342	144.504
<i>Regulated Cost (Ra)</i>		319.848.322.579	22.134.832

4.10.5 Analisa Keuntungan

Annual Sales (Sa) = Rp 1.695.689.085.284

Total Cost = Rp 1.416.199.146.447

Keuntungan sebelum pajak = Rp 279.489.938.837

Pajak Pendapatan = 25 % (aries & newton P.190)

Keuntungan setelah pajak = Rp 200.617.454.128

4.10.6 Hasil Kelayakan

493.14 Percent Return On Investment (ROI)

$$ROI = \frac{\text{Keuntungan}}{\text{Fixed Capital}} \times 100\%$$

ROI sebelum pajak = 27 %

ROI sesudah pajak = 20 %

493.15 Pay Out Time (POT)

$$POT = \frac{\text{Fixed Capital Investment}}{(\text{Keuntungan tahunan} + \text{depresiasi})}$$

POT sebelum pajak = 3 tahun

POT sesudah pajak = 4 tahun

493.16 Break Even Point (BEP)

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

$$BEP = 42,99 \%$$

493.17 Shut Down Point (SDP)

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

$$SDP = 19,57 \%$$

493.18 Discounted Cash Flow Rate (DCFR)

Umur pabrik = 10 tahun

Fixed Capital Investment = Rp 73.570.832

Working Capital = Rp 1.272.921.937.806

Salvage Value (SV) = Rp 83.523.493.693

Cash flow (CF) = Annual profit+depresiasi+ finance

CF = Rp 339.480.260.000

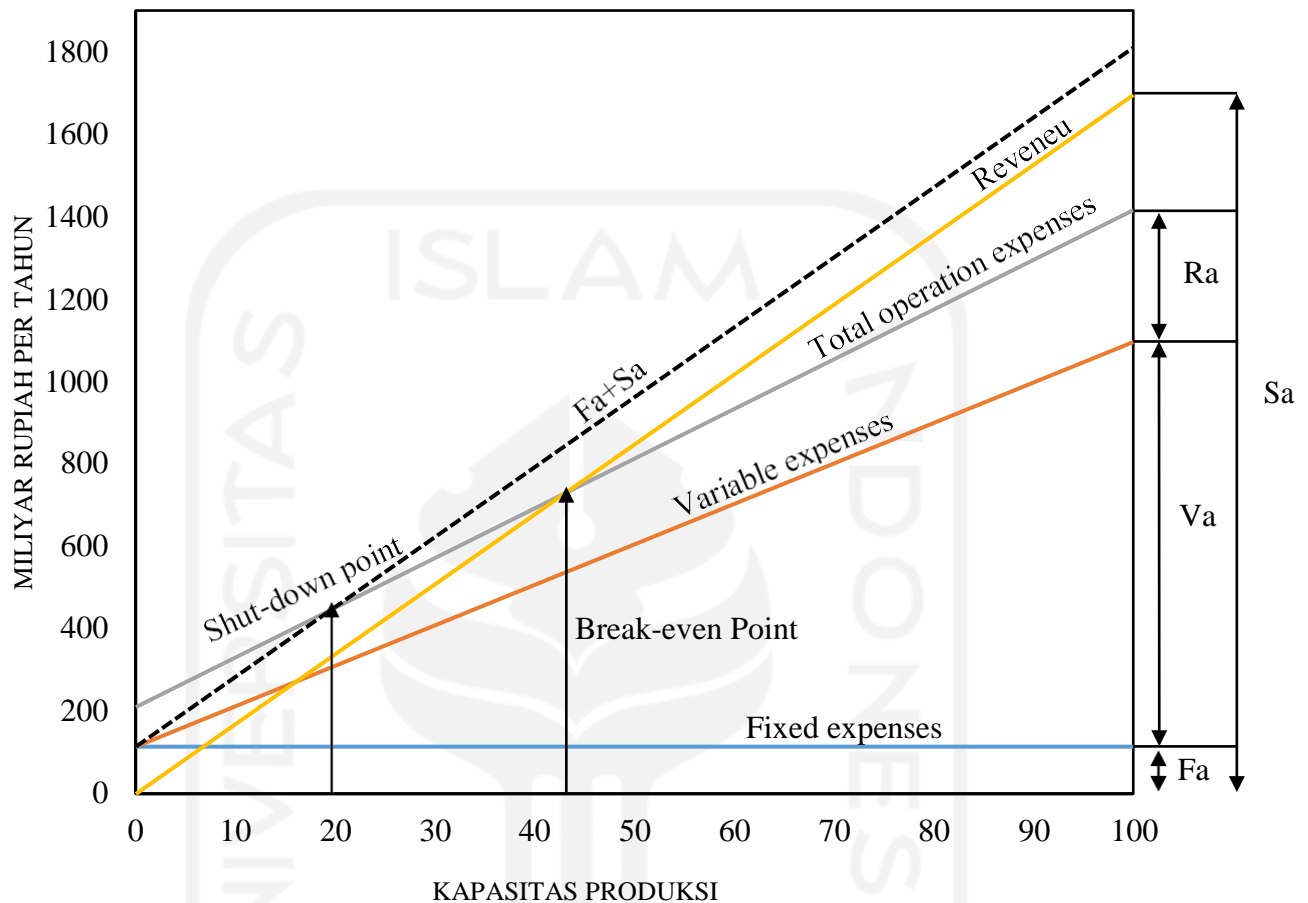
Discounted cash flow dihitung secara trial & error

$$(FC + WC)(1 + i)^N = C \sum_{n=0}^{n=N-1} (1 + i)^N + WC + FC$$

R = Rp 12.213.594.055.799

S = Rp 13.620.764.777.006

Dengan *trial & error* diperoleh nilai $i = 25.37\%$



Gambar 4.7 Kurva analisa *break even point*

Keterangan :

Fa : *Fixed cost*

Va : *Variabel cost*

Sa : *Annual sales*

Ra : *Regulated cost*

Revenue : *Garis Total Pendapatan*

Gambar 4.7 menunjukkan perolehan nilai BEP (*Break Even Point*) dan SDP (*Shut Down Point*) dimana didapat untuk nilai BEP dan SDP yang telah diketahui melalui perhitungan adalah 42,99 % dan 19,57 %. Dalam pembuatan grafik BEP diperlukan nilai-nilai seperti Ra , Va , Fa , dan Sa dimana

diketahui berdasarkan perhitungan di analisa ekonomi. Grafik BEP digunakan untuk mengetahui berapa total kapasitas yang harus di produksi dari kapasitas keseluruhan pabrik untuk mengetahui posisi dimana pabrik dalam kondisi tidak untung dan tidak rugi atau dalam kata lain kembali modal. Ketika pabrik telah beroperasi menghasilkan produk dengan kapasitas diatas titik BEP maka pabrik akan di katakan untung namun sebaliknya apabila pabrik menghasilkan kapasitas dibawah titik BEP maka dikatakan rugi. Sedangkan SDP adalah titik atau batas dimana pabrik tersebut harus di tutup karena mengalami kerugian yang besar. Dapat disimpulkan bahwa jumlah kapasitas yang harus di produksi per tahunnya adalah 17.196 ton/tahun untuk mencapai titik BEP dan untuk SDP adalah 7.828 ton/tahun.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan perancangan Pabrik Propilen Glikol dari Propilen Oksida dan Air dengan kapasitas 40.000 ton/tahun, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Pendirian pabrik Propilen Glikol dengan kapasitas 40.000 ton/tahun didasarkan atas keinginan memenuhi kebutuhan dalam negeri sehingga dapat mengurangi ketergantungan terhadap impor dari luar negeri, menciptakan lapangan kerja baru, serta dapat diekspor untuk menambah devisa negara.
2. Pabrik Propilen Glikol dengan kapasitas 40.000 ton/tahun membutuhkan bahan baku Propilen Oksida sebanyak 42.527 ton/tahun, Air sebanyak 245.929 ton/tahun dan katalis Asam Sulfat sebanyak 1.338 ton/tahun.
3. Pabrik Propilen Glikol ini berbentuk Perseroan Terbatas (PT) dan direncanakan akan didirikan di daerah kawasan industri Batang, Cilegon, Jawa Tengah. dengan luas tanah keseluruhan 76.870 m² dan luas bangunan 60.070 m². Pemilihan Lokasi Pabrik ini didasarkan pada pertimbangan mudahnya transportasi bahan baku dan produk melalui laut dan kemudahan mendapatkan air laut sebagai kebutuhan utilitas.
4. Berdasarkan hasil perhitungan analisa terhadap aspek ekonomi yang telah dilakukan pada pabrik ini didapatkan sebagai berikut:
 - Keuntungan sebelum pajak = Rp 279.489.938.837,-
 - Keuntungan setelah pajak = Rp 200.617.454.128,-
 - Return of Investment sebelum pajak (ROIb) = 27 %
 - Return of Investment setelah pajak (ROIa) = 20 %
 - Pay Out Time sebelum pajak (POTb) = 3 tahun
 - Pay Out Time setelah pajak (POTa) = 4 tahun
 - Break Even Point (BEP) = 42,99 %
 - Shut Down Point (SDP) = 19,57 %
 - Discounted Cash Flow = 25,37 %
5. Pendirian pabrik Propilen Glikol termasuk dalam pabrik berisiko rendah jika ditinjau berdasarkan ketersediaan bahan baku, peluang penjualan dari produk dan kondisi dijalankannya operasinya.
6. Dari hasil peninjauan keseluruhan mulai dari ketersediaan bahan baku, kondisi operasi proses, peluang penjualan produk, angka permintaan produk kedepannya dan hasil evaluasi ekonomi dapat disimpulkan bahwa Pabrik Propilen Glikol layak dikaji untuk didirikan.

5.2 Saran

Perancangan suatu pabrik kimia diperlukan pemahaman konsep-konsep dasar yang dapat meningkatkan kelayakan pendirian suatu pabrik kimia diantaranya sebagai berikut :

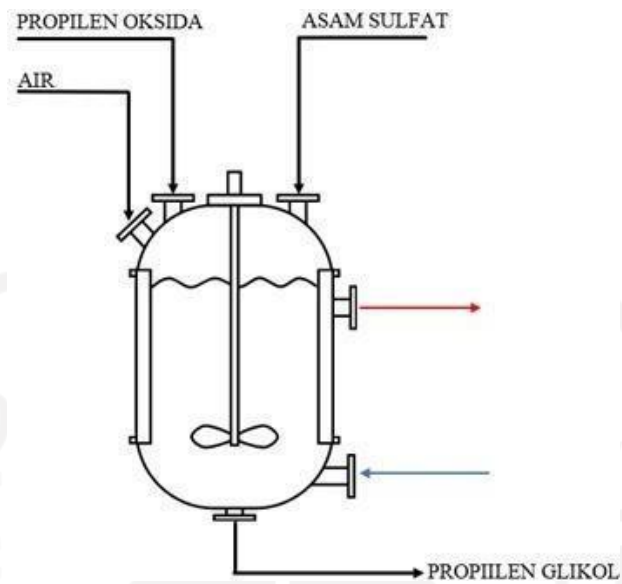
1. Optimasi pemilihan seperti alat proses atau alat penunjang dan bahan baku perlu diperhatikan sehingga akan lebih mengoptimalkan keuntungan yang diperoleh.
2. Perancangan pabrik kimia tidak lepas dari produksi limbah, sehingga diharapkan berkembangnya pabrik-pabrik kimia juga beriringan dengan berkebangnya metode pengolahan limbah sehingga limbah buangan lebih ramah lingkungan.
3. Produk Propilen Glikol dapat direalisasikan sebagai sarana untuk memenuhi kebutuhan di masa mendatang yang jumlahnya semakin meningkat.



DAFTAR PUSTAKA

- Aries, R. S. 1955. Chemical Engineering Cost Estimation. New York: McGraw Hill Book Company.
- Assauri, Sofjan. 1998. Manajemen Produksi dan Operasi. Jakarta: akultas Ekonomi Universitas Indonesia.
- Brown, G. G. (n.d.). Unit Operation. Modern Asia ed. Tokyo, japan: Tuttle Company Inc.
- Chan, A., et al. 2004, "Batch Manufacture of Propylene Glycol", Department of Chemical and Biomolecular Engineering University of Pennsylvania, Pennsylvania.
- Considine, & Douglas M. 1985. Instruments and Controls Handbook. 3rd Edition. USA: Mc.Graw-Hill, Inc
- Coulson, J.H, and Richardson, J.F., 2005, "Chemical Engineering, An Introducing to Chemical Engineering Design", vol. 6, Oxford: Pergamon Press.
- Kirk, R.E., and Othmer, D.F., 1983, "Encyclopedia of Chemical Technology", 3rd ed., New York: John Wiley and Sons, Inc.
- Kirk, R.E., and Othmer, D.F., 2004, "Encyclopedia of Chemical Technology", 5rd ed., New York: John Wiley and Sons, Inc.
- McKetta, J.J., 1990, "Encyclopedia of Chemical Processing and Design", New York: Marcel Dekker, Inc.
- McKetta, J.J., 1993, "Encyclopedia of Chemical Processing and Design", New York: Marcel Dekker, Inc.
- Molnár, A., Markos, J. & Jelemensky, L. (2003). Safety analysis of CSTR towards changes in operating conditions. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 16, pp.373–380.
- Treyball, R. 1. (1981). Mass Transfer Operation 3ed. Singapore:: Mc. Graw Hill Book Company, Inc.
- Walas, S. (1959). Reaction Kinetics for Chemical Engineer. New York: Mc Graw Hill Book Co., Inc.

LAMPIRAN A REAKTOR



Fungsi : Mereaksikan propilen oksida dan air untuk membentuk propilen glikol dengan laju umpan sebanyak 36.594,82 kg/jam

Jenis : Reaktor Alir Tangki Berpengaduk

Kondisi Operasi : Suhu = 30 °C
Tekanan = 1 atm

Tujuan :

1. Menentukan jenis reaktor
2. Menghitung konstanta kecepatan reaksi dan volume reaktor
3. Menentukan dimensi reaktor
4. Menentukan jenis pendingin

1. Menentukan jenis reaktor

Digunakan reaktor jenis Reaktor Alir Tangki Berpengaduk karena :

- Fase umpan yang akan direaksikan adalah cair
- Fase katalis yang digunakan adalah cair
- Harga alat relatif lebih murah
- Perawatan dan pembersihan alat lebih mudah
- Konstruksi lebih sederhana

2. Menghitung konstanta kecepatan reaksi dan volume reaktor

➤ Reaksi yang terjadi dalam reaktor

Reaksi utama :



Reaksi samping :



Konversi reaksi 92%

Selektivitas terhadap produk : 88,5 % membentuk propilen glikol dan 11,5 % membentuk di-propilen glikol

➤ Menentukan densitas campuran

Hubungan antara densitas sebagai fungsi suhu dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$\rho = A \cdot B^{-\left(1 - \frac{T}{T_c}\right)^n}$$

Dimana , A, B, dan n = koefisien regresi untuk komponen kimia

T = Suhu operasi (K)

T_c = Suhu kritis (K)

Tabel A.2. Data untuk menghitung densitas setiap komponen

Komponen	A	B	n	Tc
Propilen Oksida	0,3123	0,28	0,29	482,25
Air	0,3471	0,27	0,29	647,13
Asam Sulfat	0,4217	0,1936	0,29	925
Propilen Glikol	0,3184	0,26106	0,20459	626
Dipropilen Glikol	0,3334	0,265	0,2857	654

Tabel A.3. Perhitungan densitas campuran

Komponen	massa (kg/jam)	ρ , (kg/m ³)	xi	ρ , x
Propilen Oksida	5.369,59	817,06	0,147	119,89
Air	31.056,17	1.023,01	0,849	872,06
Asam sulfat	169,06	1.826,97	0,005	8,44
Total	36.594,82			1.000,39

➤ Menentukan viskositas campuran

Hubungan antara viskositas cairan sebagai fungsi suhu dapat dinyatakan dengan persamaan (Yaws, 1995) :

$$\log_{10} \mu_{liq} = A + \frac{B}{T} + CT + DT^2$$

Dimana, μ_{liq} = Viskositas cairan (centipoise)

A, B, C = Koefisien regresi untuk setiap senyawa

T = Suhu (K)

Tabel A.4. Data koefisien regresi perhitungan viskositas

Komponen	A	B (B x 10 ³)	C (C x 10 ²)	D (D x 10 ⁻⁵)
Propilen Oksida	-7,2842	97,5	1,74	-19,2
Air	-10,2158	1,79	1,77	-1,26
Asam sulfat	-18,7045	3,50	3,31	-1,70

Tabel A.5. Hasil perhitungan viskositas

Komponen	massa (kg/jam)	μ , cp	X_i	$\mu \cdot x_i$
Propilen Oksida	5.369,59	0,286	0,147	0,04
Air	31.056,17	0,818	0,849	0,69
Asam sulfat	169,06	19,72	0,005	0,09
Total	36.594,82			0,83

- Menentukan persamaan laju reaksi

Reaksi pembentukan propilen glikol dari propilen oksida dan air merupakan reaksi direct dengan laju reaksi orde 1, sehingga persamaan Anya :

$$-r_A = kC_A$$

Dimana : $-r_A$ = laju reaksi

k = Konstanta laju reaksi, (/s)

C_A = Konsentrasi komponen A, (kmol/m³)

Untuk nilai konstanta laju reaksi diperoleh dari jurnal *Safety analysis of CSTR towards changes in operating condition (A.Molnar, 2003)*. Persamaan untuk nilai konstanta laju reaksi:

$$k = A \times e^{-E/RT}$$

Dimana, $A = 4.7111 \times 10^9 \text{ sec}^{-1}$, $E = 75.362,724 \text{ kJ/kmol}$, $R = 8,314 \text{ kJ/kmol.K}$ dan $T=298,15 \text{ K}$

Sehingga nilai $k = 2,95 \times 10^{-4} \text{ sec}^{-1}$

➤ Menentukan Volume Reaktor

Asumsi : volume cairan selama reaksi adalah tetap.

Orde reaksi = 1, maka volume reaktor :

$$V = \frac{F_{v0}X}{kC_{A0}(1-X)}$$

Dimana : $V_0 = 37,17 \text{ m}^3 / \text{jam}$

$$X = 92\%$$

$$k = 1,063 \text{ jam}^{-1}$$

$$C_{A0} = 2,501$$

Maka,

$$V = 160,198 \text{ m}^3$$

Untuk menentukan jumlah reaktor digunakan optimasi, hal ini perludilakukan untuk memperoleh biaya paling minimum

Optimasi reaktor

Volume untuk 1 reaktor digunakan rumus :

$$R_{in} - R_{out} - R_{reaksi} = R_{acc}$$

$$X_1 = X_2 = X_3$$

$$-r_{A1} = -r_{A2} = -r_{A3}$$

$$F_{V0} = \frac{F_{A0}}{n}$$

$$V = \frac{F_{v0}X}{-r_A}$$

Volume untuk reaktor seri menggunakan rumus :

$$V = \frac{F_{v0}X}{-r_a}$$

$$-r_A = k_1 C_a + 2k_2 C_a$$

Dengan cara trial konversi masing-masing reactor untuk mendapatkan volume reactor seri yang sama, diperoleh menggunakan excel :

a. Menggunakan 1 RATB

$$V_1 = 160,198 \text{ m}^3$$

$$X_0 = 0$$

$$X_1 = 0,92$$

b. Menggunakan 2 RATB

$$V_1 = 35,321 \text{ m}^3$$

$$V_2 = 35,321 \text{ m}^3$$

$$X_0 = 0$$

$$X_1 = 0,72$$

$$X_2 = 0,92$$

c. Menggunakan 3 RATB

$$V_1 = 18,400 \text{ m}^3$$

$$V_2 = 18,400 \text{ m}^3$$

$$V_3 = 18,400 \text{ m}^3$$

$$X_0 = 0$$

$$X_1 = 0,569$$

$$X_2 = 0,814$$

$$X_3 = 0,92$$

Harga reaktor dengan bahan konstruksi stainless stell diperoleh dari matche.com, sehingga diperoleh harga :

Tabel A.6. Hasil perhitungan harga optimasi reaktor

n	v (gallon)	harga (\$)	harga total (\$)
1	42.320,404	618300	618300
2	9.330,771	277500	555000
3	4.8600,503	196400	589200

Berdasarkan perbandingan harga tersebut, maka dipilih 2 reaktor RATB dengan volume = 35,321 m³ (9,330,771 gallon).

Volume oversized = 20% (Petters and Timmerhause, 1980)

Volume oversized = 1,2 x 35,321 m³ = 42,385 m³

3. Menghitung Neraca Massa Reaktor

Konversi $X_{A1} = 72\%$

$X_{A2} = 92\%$

Tabel A.6. Neraca Massa di Reaktor

KOMPONEN	Input (kg/jam)	Ouput (kg/jam)
C3H6O	5.369,59	892,12
H2O	31.056,17	29.699,37
H2SO4	169,06	169,06
C3H8O2	-	5.590,41
C6H14O3	-	243,86
TOTAL	36.594,82	36.594,82

4. Menghitung Dimensi Reaktor

Perbandingan diameter dan tinggi reaktor yang optimum 1:1 (D:H = 1:1)

$$V = \frac{\pi}{4} D^2 H$$

$$V = \frac{\pi}{4} D^3$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{4V}{\pi}}$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 \times 42,572 \text{ m}}{3,14}}$$

$$\begin{aligned} D &= 3,780 \text{ m} \\ &= 148,804 \text{ in} \\ &= 12,400 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$D = H$$

$$\begin{aligned} H &= 3,780 \text{ m} \\ &= 148,804 \text{ in} \\ &= 12,400 \text{ ft} \end{aligned}$$

Dengan nilai P Operasi 1 atm dipilih bentuk torespherical dished head (brownell, hal 88)

$$V_{dish} = 0,000049D^3$$

$$V_{dish} = 0,000049 \times (12,400 \text{ ft})^3$$

$$\begin{aligned} V_{dish} &= 0,093 \text{ ft}^3 \\ &= 0,028 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$V_{sf} = \frac{\pi D^2 sf}{4 \times 144}$$

$$\begin{aligned} sf &= 2 \text{ in} \\ &= 0,051 \text{ m} \end{aligned}$$

$$V_{sf} = \frac{3,14}{4} \times 3,780^2 \times \frac{0,051}{144}$$

$$V_{sf} = 0,570 \text{ m}^3$$

$$V_{head} = V_{dish} + V_{sf}$$

$$V_{head} = 0,028 \text{ m}^3 + 0,570 \text{ m}^3$$

$$V_{head} = 0,600 \text{ m}^3$$

$$V_{reaktor} = V_{silinder} + 2V_{head}$$

$$V_{reaktor} = 2,385 \text{ m}^3 + (2 \times 0,600 \text{ m}^3)$$

$$V_{reaktor} = 43,581 \text{ m}^3$$

$$V_{bottom} = 0,5V_{head}$$

$$V_{bottom} = 0,5 \times 0,600 \text{ m}^3$$

$$V_{bottom} = 0,300 \text{ m}^3$$

$$V_{cairan} = V_{shell} - V_{bottom}$$

$$V_{cairan} = 42,572 \text{ m}^3 - 0,300 \text{ m}^3$$

$$V_{cairan} = 42,086 \text{ m}^3$$

$$h_{\text{cairan}} = \frac{4V}{\pi D^2}$$

$$h_{\text{cairan}} = \frac{4 \times 42,385 \text{ m}^3}{3,14 \times (3,780 \text{ m})^2}$$

$$H_{\text{cairan}} = 3,753 \text{ m}$$

$$V_{\text{cairan dalam shell}} = V_{\text{cairan}} - V_{\text{head}} - V_{\text{sf}}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{cairan dalam shell}} &= 42,086 \text{ m}^3 - 0,600 \text{ m}^3 - 0,570 \text{ m}^3 \\ &= 40,918 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Menghitung Tekanan Hidrostatik

$$P_{\text{Hidrostatik}} = \frac{\rho g h}{g_c}$$

Diketahui :

$$\text{Tekanan operasi} = 1 \text{ atm} = 14,696 \text{ psi}$$

$$g/g_c = 9,8$$

$$h_{\text{cairan}} = 3,753 \text{ m}$$

$$\rho_{\text{campuran}} = 1.000,392 \text{ kg/m}^3$$

$$P_{\text{Hidrostatik}} = 1.000,392 \text{ kg/m}^3 \times 9,8 \times 3,753 \text{ m}$$

$$P_{\text{Hidrostatik}} = 36793,234 \text{ N/m}^2 = 5,336 \text{ psi}$$

Menghitung Tekanan Total

$$P_{\text{Total}} = P_{\text{Hidrostatik}} + P_{\text{Operasi}}$$

$$P_{\text{Tot}} = 5,336 \text{ psi} + 14,696 \text{ psi}$$

$$P_{\text{Tot}} = 20,036 \text{ psi}$$

Karena tekanan over design 20% maka, P desain menjadi 24,044 psi

Menghitung Tebal Dinding Reaktor

Digunakan persamaan dari Pers. 13.1, Brownell & Young, 1959 hal. 254

$$t_s = \frac{Pr}{(fE - 0,6P)} \pm C$$

Reaktor terdiri atas dinding (shell), tutup atas dan tutup bawah (head). Head atas dan head bawah berbentuk *torispherical*. Bahan untuk reaktor adalah *stainless steel SA 316*.

Spesifikasi :

Max.Allowable Stress (f) = 18750 psia

Efisiensi sambungan (E) = 0,8 (tabel 13.2 brownell 1959:254)

Faktor koreksi (C) = 0,125 (tabel 6, Timmerhaus, 1991:542)

Jari-jari shell (ri) = 74,402 in

Tekanan (P) = 20,036 psi

Dari data-data diatas sehingga dapat diperoleh tebal shell (ts) = 0,224 in

Dari tabel Brownell hal 350 tentang tebal shell,dipilih Ts standart = 1/4 in

$$OD = ID \text{ Shell} + 2t_s$$

OD = 148,804 in +(2 x 0,25 in)

OD = 149,304 in

Dari Tabel 5.7 Brownell di dapat :

OD	156	in
Icr	9,3750	in
R	144	in

Menghitung Ukuran Head

Menghitung tebal head

$$th = \frac{Pr_w}{(2fE - 0.2P)} + C$$

Dimana:

th = tebal head , m

W= faktor intensifikasi tegangan untuk jenis head

f = allowable stress = 18750 psi

E= joint efisiensi = 0,8

C= corrosion allowance, = 0,125 in

$$W = \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{r}{icr}} \right)$$

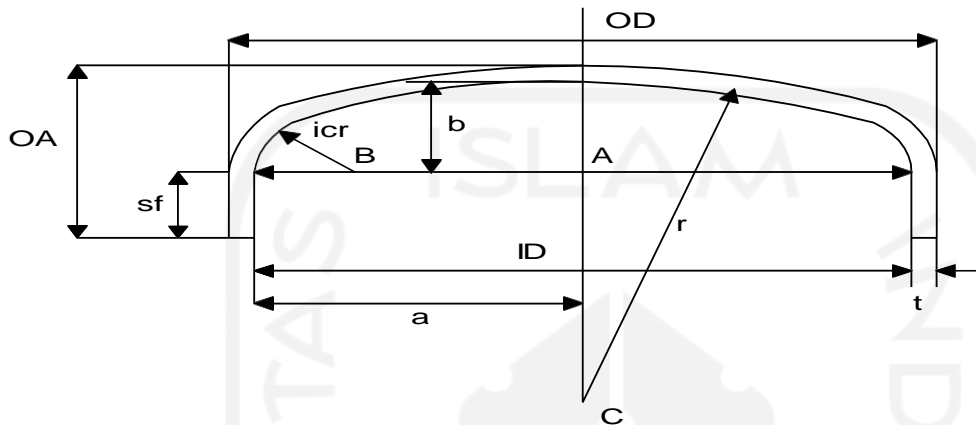
w = 1,730 in

Dari data-data diatas sehingga dapat diperoleh tebal head (th) = 0,291 in

Dari tabel Brownell hal 350 tentang tebal head dipilih

Th standart = 5/16 in

= 0,3125 in



Gambar A.1 Brownell hal 87

Dengan th sebesar 5/16 in maka nilai sf adalah 1,5 – 3, sehingga dipilih nilai sf sebesar 2 in = 0,051 m

$$ID = OD - 2t_s$$

$$ID = 156 \text{ in} - (2 \times 0,224 \text{ in})$$

$$ID = 155,898 \text{ in}$$

$$ID = 12,986 \text{ ft}$$

$$a = \frac{ID}{2}$$

$$a = 155,898 \text{ in} / 2$$

$$a = 77,950 \text{ in}$$

$$AB = a - icr$$

$$AB = 77,950 \text{ in} - 9,375 \text{ in}$$

$$AB = 68,574 \text{ in}$$

$$BC = r - icr$$

$$BC = 144 \text{ in} - 9,375 \text{ in}$$

$$BC = 134,625 \text{ in}$$

$$AC = \sqrt{BC^2 - AB^2}$$

$$AC = \sqrt{(134,625 \text{ in})^2 - (68,574 \text{ in})^2}$$

$$AC = 115,851 \text{ in}$$

$$b = r - AC$$

$$b = 144 \text{ in} - 115,851 \text{ in}$$

$$b = 28,149 \text{ in}$$

$$h_{Head} = t_h + b + sf$$

$$OA = 0,3135 \text{ in} + 28,149 \text{ in} + 2 \text{ in}$$

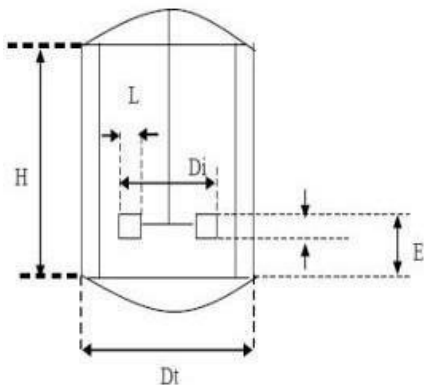
$$OA = 30,461 \text{ in} = 0,774 \text{ m}$$

$$h_{reaktor} = 2h_{Head} + h_{shell}$$

$$h \text{ Reaktor} = (2 \times 0,774 \text{ m}) + 3,780 \text{ m}$$

$$h \text{ Reaktor} = 5,327 \text{ m}$$

Menghitung Spesifikasi Pengaduk



Keterangan

- ID : diameter dalam pengaduk
- Di : diameter pengaduk
- L : panjang sudut pengaduk
- W : lebar sudut pengaduk
- E : jarak pengaduk dengan dasar tangki
- J : lebar *baffle*
- H : tinggi cairan

Data pengaduk dari Brown "Unit Operation" p.507

$$Dt/Di = 3$$

$$Zl/Di = 2,7 - 3,9 \text{ di pilih } 3,9$$

$$Zi/Di = 0,75 - 1,3 \text{ dipilih } 1,3$$

$$Wb/Di = 0,17$$

$$L/Di = 0,25$$

$$\text{Diameter pengaduk (Di)} = ID/3 = 1,260 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi pengaduk (W)} = Di \times 3,9 = 4,914 \text{ m}$$

$$\text{Lebar pengaduk (L)} = Di \times 0,25 = 0,315 \text{ m}$$

$$\text{Lebar baffle (B)} = ID \times 0,17 = 0,214 \text{ m}$$

Jarak pengaduk dengan dasar tangki (E) = Di x 1,3 = 1,638 m

Menghitung kecepatan putar pengaduk (N)

$$N = \frac{600}{\pi Di} \sqrt{\frac{WELH}{2Di}}, WELH = Z_L x Sg$$

Dimana: N = kecepatan putar pengaduk, rpm
d = diameter pengaduk, ft
Z_L = tinggi cairan dalam tangki, m
Sg = specific gravity
WELH = Water Equivalent Liquid Height, ft

Sg (Specific Gravity) = ρcairan/pair

Sg (Specific Gravity) = 1,224 kg/m³

WELH = 3,753 m x 1,224

WELH = 4,602 m = 15,075 ft

Jumlah pengaduk = WELH/ID = 0,80065 m = 1, maka dipakai 1 buah pengaduk

Maka didapat kecepatan putar pengaduk sebesar:

N = 62,428 rpm = 1,039 rps

Menghitung Power Pengaduk

$$Re = \frac{ND^2 \rho}{\mu}$$

Dengan :

ρ = 61,452 lb/ft³

μ = 0,0006 lb/ft.s

Di = 4,133 ft

N = 1,040 rps

Didapatkan nilai Re = 199.787,136

re > 2100, merupakan aliran turbulen

$$P = \frac{Po N^3 D^5 \rho}{Gc}$$

dari fig.477 G.G Brown hal 507 didapatkan :

$$P_o = 7$$

$$G_c = 32,17 \text{ lbf ft/lbf s}^2$$

$$\text{Diapatkan nilai } P = 18520,14 \text{ ftlbf/s} = 24,76$$

Efisiensi motor adalah 87% (fig. 14,48 Peters hal 521, maka :

$$P = 28,547 \text{ Hp}$$

Menurut standar power NEMA, rase and barrow 1957 hal,358, maka $P = 30 \text{ Hp}$

Neraca Panas Reaktor

a. Neraca Panas R-01

Keterangan	Q_{input} (kJ/jam)	Q_{output} (kJ/jam)
Input	707.975,218	
Output		712.881,766
Reaksi	248,578,843	
Pendingin		243.672,194
Total	956.554,061	956.554,061

Menghitung panas reaksi

$$Q_R (\Delta H_R) = \Delta H_f \text{ standar} + Q_2 - Q_1$$

Dengan nilai :

$$\Delta H_f = -253.485,392 \text{ kJ/jam}$$

$$Q_2 = 712.881,766 \text{ kJ/jam}$$

$$Q_1 = 707.975,218 \text{ kJ/jam}$$

$$\text{Maka } \Delta H_R = -248.578,843$$

Dikarenakan reaksi eksoterm maka diperlukan pendingin untuk menjaga suhu agar tetap.

Menghitung Jaket Pendingin

1) **Manghitung Volume Air Pendingin**

$$\text{Jumlah air pendingin} = 248.578,843 \text{ kg/jam}$$

$$V \text{ air pendingin} = 248,579 \text{ m}^3/\text{jam}$$

2) Menghitung Diameter Dalam Jaket (D1)

$D_1 = \text{Diameter dalam} + (2 \times \text{tebal dinding})$

$$D_1 = 156 \text{ in} + (2 \times 0,25 \text{ in})$$

$$D_1 = 156,5 \text{ in} = 3,975 \text{ m}$$

Tinggi jaket = tinggi shell

$$\text{Tinggi jaket} = 3,780 \text{ m}$$

Asumsi jarak jaket = 5 in = 0,127 m

3) Menghitung Diameter luar Jaket (D2)

$D_2 = D_1 + (2 \times \text{jarak jaket})$

$$D_2 = 156,5 \text{ in} + (2 \times 5 \text{ in})$$

$$D_2 = 166,5 \text{ in} = 4,229 \text{ m}$$

4) Luas yang dilalui air pemanas

$$A = \frac{\pi}{4} (D_2^2 - D_1^2)$$

$$A = \frac{3,14}{4} \times (166,5)^2 - (156,5)^2$$

$$A = 2535,55 \text{ in}^2 = 1,636 \text{ m}^2$$

5) Kecepatan air pendingin

$$v = \frac{248,559 \text{ m}^3/\text{jam}}{1,636 \text{ m}^2}$$

$$v = 151,946 \text{ m}/\text{jam}$$

6) Menentukan Tebal Jaket

$$H \text{ jaket} = 3,785 \text{ m} = 149,022 \text{ in}$$

$$P_{hidrostatik} = \frac{H - 1}{144} \times \rho_{air}$$
$$t_j = \frac{P_{Desain \times D_2}}{fE - (0,6 P_{desain})} + C$$

Diketahui :

$$\rho \text{ air} = 1,827 \text{ kg/m}^3$$

Didapat :

$$P \text{ hidrostatik} = 117,240 \text{ psia}$$

$$P \text{ desain} = P \text{ desain reaktor} + P \text{ hidrostatik}$$

$$P \text{ desain} = 14,7 \text{ psia} + 117,240 \text{ psia}$$

$$P \text{ desain} = 131,940 \text{ psia}$$

Sehingga dari data diatas dapat digunakan untuk mencari tebal jaket :

$$t_j = 1,509 \text{ in} = 0,038 \text{ m}$$

dipakai tebal jaket standar = 1 1/2 in (brownell&young, 1959, tabel 5.2 hal 83)

b. Neraca Panas R-02

Keterangan	Q _{input} (kJ/jam)	Q _{output} (kJ/jam)
Input	712.881,766	
Output		714.244,697
Reaksi	69.049,679	
Pendingin		67.686,748
Total	781.931,445	781.931,445

Mengitung panas reaksi

$$QR (\Delta HR) = \Delta H_f \text{ standar} + Q_2 - Q_1$$

Dengan nilai :

$$\Delta H_f = -70.412,609 \text{ kJ/jam}$$

$$Q_2 = 714.244,697 \text{ kJ/jam}$$

$$Q_1 = 712.881,766 \text{ kJ/jam}$$

$$\text{Maka } \Delta HR = -69.049,679$$

Dikarenakan reaksi eksoterm maka diperlukan pendingin untuk menjaga suhu agar tetap.

Menghitung Jaket Pendingin

1) Menghitung Volume Air Pendingin

Jumlah air pendingin = 69.049,679kg/jam

V air pendingin = 69,049m³/jam

2) Menghitung Diameter Dalam Jaket (D1)

D₁ = Diameter dalam + (2 x tebal dinding)

D₁ = 156 in + (2 x 0,25 in)

D₁ = 156,5 in = 3,975 m

Tinggi jaket = tinggi shell

Tinggi jaket = 3,781 m

Asumsi jarak jaket = 5 in = 0,127 m

3) Menghitung Diameter luar Jaket (D2)

D₂ = D₁ + (2 x jarak jaket)

D₂ = 156,5 in + (2 x 5 in)

D₂ = 166,5 in = 4,229 m

4) Luas yang dilalui air pemanas

$$A = \frac{\pi}{4} (D_2^2 - D_1^2)$$

$$A = \frac{3,14}{4} \times (166,5)^2 - (156,5)^2$$

$$A = 2535,55 \text{ in}^2 = 1,636 \text{ m}^2$$

5) Kecepatan air pendingin

$$v = \frac{69,004 \text{ m}^3/\text{jam}}{1,636 \text{ m}^2}$$

$$v = 42,120 \text{ m}/\text{jam}$$

6) Menentukan Tebal Jaket

$$H \text{ jaket} = 3,785 \text{ m} = 149,022 \text{ in}$$

$$P_{hidrostatik} = \frac{H - 1}{144} \times \rho_{air}$$

$$t_j = \frac{P_{Desain \times D_2}}{fE - (0,6 P_{desain})} + C$$

Diketahui :

$$\rho_{air} = 1,827 \text{ kg/m}^3$$

Didapat :

$$P_{hidrostatik} = 117,240 \text{ psia}$$

$$P_{desain} = P_{desain \text{ reaktor}} + P_{hidrostatik}$$

$$P_{desain} = 14,7 \text{ psia} + 117,240 \text{ psia}$$

$$P_{desain} = 131,940 \text{ psia}$$

Sehingga dari data diatas dapat digunakan untuk mencari tebal jaket :

$$t_j = 1,509 \text{ in} = 0,038 \text{ m}$$

dipakai tebal jaket standar = 1 1/2 in (brownell&young, 1959, tabel 5.2 hal 83)

