

PRA RENCANA PABRIK

**PROPILEN GLIKOL DARI PROPILEN OKSIDA DAN AIR
DENGAN PROSES HIDRASI
KAPASITAS PRODUKSI 65.000 TON/TAHUN**

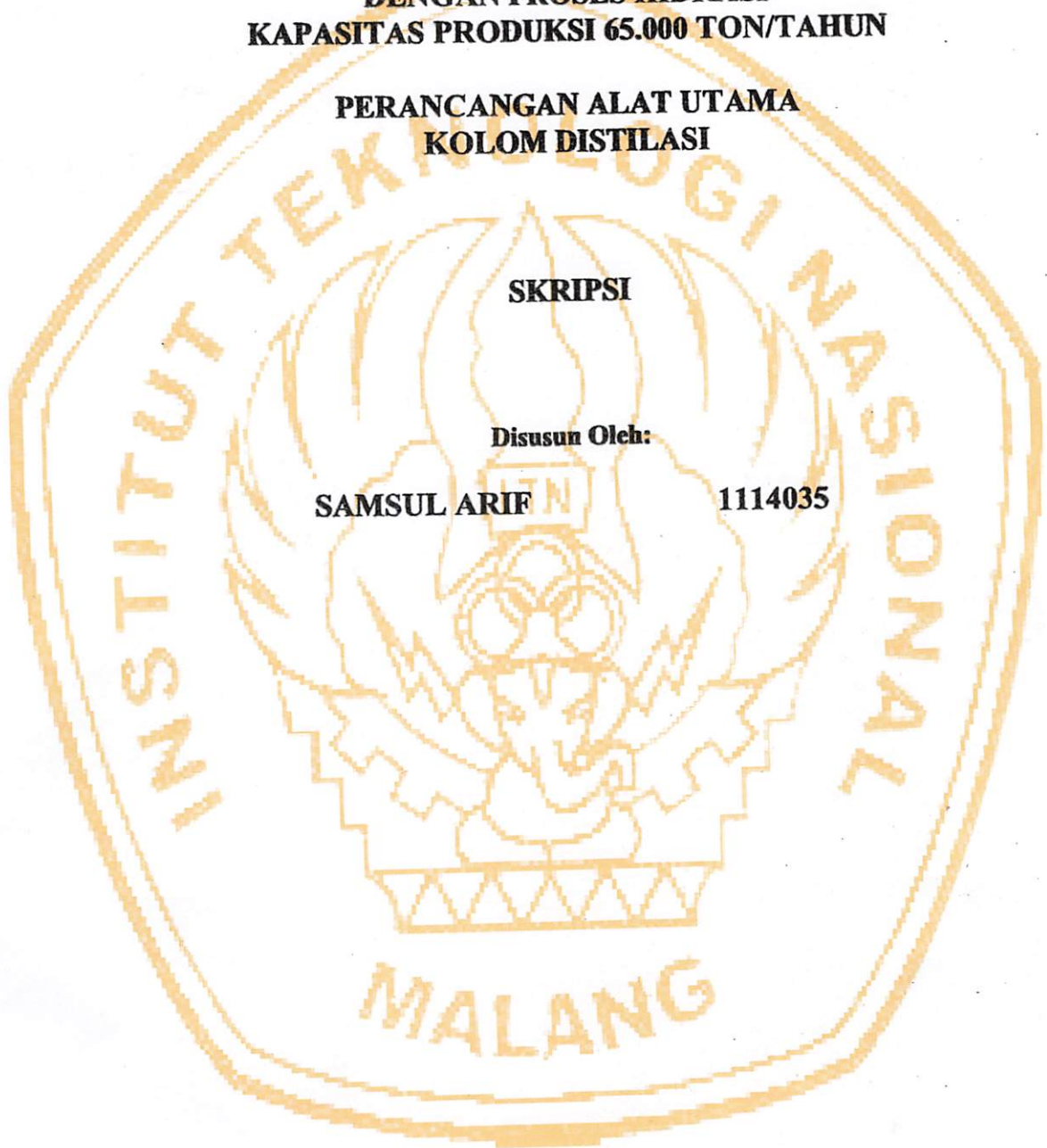
**PERANCANGAN ALAT UTAMA
KOLOM DISTILASI**

SKRIPSI

Disusun Oleh:

SAMSUL ARIF

1114035



**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2015**

LEMBAR PERSETUJUAN

PRA RENCANA PABRIK

**PROPILEN GLIKOL DARI PROPILEN OKSIDA DAN AIR
DENGAN PROSES HIDRASI
KAPASITAS PRODUKSI 65.000 TON/TAHUN**

**PERANCANGAN ALAT UTAMA
KOLOM DISTILASI**

SKRIPSI

**Diajukan Sebagai Syarat Menempuh Wisuda
Sarjana Pada Jenjang Strata Satu (S-1)
Di Institut Teknologi Nasional Malang**

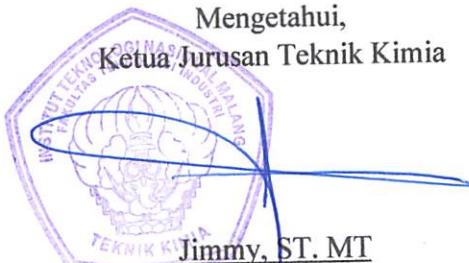
Disusun Oleh :

SAMSUL ARIF

1114035

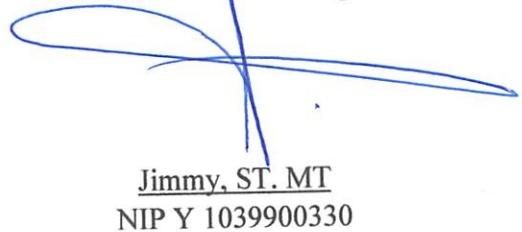
Malang, 21 Agustus 2015

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Kimia



Jimmy, ST. MT
NIP Y 1039900330

Mengetahui,
Dosen Pembimbing



Jimmy, ST. MT
NIP Y 1039900330

**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

Nama : SAMSUL ARIF
NIM : 1114035
Jurusan/Program Studi : TEKNIK KIMIA
Judul Skripsi : PRA RENCANA PABRIK PROPILEN GLIKOL DARI
PROPILEN OKSIDA DAN AIR DENGAN PROSES
HIDRASI

Dipertahankan dihadapan Tim Penguji Ujian Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1) pada:

Hari : Sabtu
Tanggal : 11 Juli 2015
Nilai : B+

Ketua,



Jimmy, ST. MT
NIP Y 1039900330

Sekretaris,



Elvianto Dwi Daryono, ST. MT
NIP P.1030000351

Anggota Penguji,

Penguji Pertama,



Ir. Isnadi, MM

Penguji Kedua,



Faidliyah Nilna Minah, ST. MT
NIP Y 1030400392

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : SAMSUL ARIF
NIM : 1114035
Jurusan/Program Studi : Teknik Kimia / Teknik Kimia (S-1)

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi yang berjudul:

PRA RENCANA PABRIK

PROPILEN GLIKOL DARI PROPILEN OKSIDA DAN AIR DENGAN PROSES HIDRASI KAPASITAS PRODUKSI 65.000 TON/TAHUN

PERANCANGAN ALAT UTAMA KOLOM DISTILASI

Adalah Skripsi hasil karya saya sendiri, bukan merupakan duplikasi serta tidak mengutip atau menyadur sebagian atau seluruhnya dari karya orang lain yang tidak disebutkan dari sumber aslinya.

Malang, Agustus 2015

Yang membuat pernyataan,



SAMSUL ARIF

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan karunia-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pra Rencana Pabrik Propilen Glikol dari Propilen Oksida dan Air dengan Proses Hidrasi Kapasitas Produksi 65.000 Ton/Tahun”** dengan baik.

Skripsi ini diajukan sebagai syarat guna mencapai gelar Sarjana Jenjang Strata 1 (S-1) di Jurusan Teknik Kimia Institut Teknologi Nasional Malang.

Pada kesempatan ini, penyusun mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Lalu Mulyadi, MT selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang
2. Bapak Ir. Anang Subardi, MT, selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang
3. Bapak Jimmy, ST, MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Institut Teknologi Nasional Malang, dan sebagai Dosen Pembimbing Skripsi
4. Kedua orang tua kami yang telah memberikan dukungan serta doa kepada kami
5. Bapak/Ibu dosen, rekan-rekan mahasiswa dan semua pihak yang turut membantu hingga terselesainya skripsi ini.

Penyusun menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh sebab itu penyusun mengharapkan saran dan kritik dari semua pihak guna menyempurnakan skripsi ini.

Malang, Agustus 2015

Penyusun

INTISARI

Pra Rencana Pabrik Propilen Glikol dari Propilen Oksida dan Air dengan Proses Hidrasi ini mengambil lokasi pendirian di Jalan Bojonegoro, Cilegon, Provinsi Banten, Indonesia, dengan kriteria sebagai berikut:

- Kapasitas produksi : 65.000 ton/tahun
- Waktu operasi : 330 hari
- Bahan utama : Propilen Oksida (C_3H_6O) dan Air (H_2O)
- Bahan pembantu : -
- Utilitas : Air kawasan, Steam, Cooling water, Listrik, Bahan bakar
- Organisasi Perusahaan:
 - o Bentuk : Perseroan Terbatas
 - o Struktur : *Line and Staf*
 - o Karyawan : 214 orang
- Analisa Ekonomi:
 - o TCI : Rp 128.137.850.831,-
 - o ROI_{at} : 31%
 - o POT_{at} : 2,4 tahun
 - o BEP : 45,24 %
 - o IRR : 33,35 %

Dari hasil evaluasi, Pra Rencana Pabrik Propilen Glikol dari Propilen Oksida dan Air dengan Proses Hidrasi layak untuk didirikan.

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Persetujuan.....	ii
Berita Acara Ujian Skripsi.....	iii
Pernyataan Keaslian Isi Skripsi	iv
Kata Pengantar.....	v
Intisari.....	vi
Daftar Isi	vii
Daftar Tabel.....	viii
Daftar Gambar	ix
BAB I PENDAHULUAN	I-1
BAB II SELEKSI DAN URAIAN PROSES.....	II-1
BAB III NERACA MASSA	III-1
BAB IV NERACA PANAS.....	IV-1
BAB V SPESIFIKASI PERALATAN	V-1
BAB VI PERANCANGAN ALAT UTAMA	VI-1
BAB VII INSTRUMENTASI DAN KESELAMATAN KERJA	VII-1
BAB VIII UTILITAS	VIII-1
BAB IX TATA LETAK.....	IX-1
BAB X STRUKTUR ORGANISASI.....	X-1
BAB XI ANALISA EKONOMI	XI-1
BAB XII KESIMPULAN.....	XII-1
Daftar Pustaka	
APPENDIKS A PERHITUNGAN NERACA MASSA	
APPENDIKS B PERHITUNGAN NERACA PANAS	
APPENDIKS C PERHITUNGAN SPESIFIKASI PERALATAN	
APPENDIKS D PERHITUNGAN UTILITAS	
APPENDIKS E PERHITUNGAN ANALISA EKONOMI	

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1.	Kegunaan Propilen Glikol.....	I-1
Table 1.2.	Data Perhitungan Ekonomi Potensial	I-5
Table 1.3.	Data Impor Propilen Glikol Tahun 2010-2014 di Indonesia	I-6
Tabel 1.4.	Data Proyeksi Pasar Propilen Glikol 10 Tahun ke depan di Indonesia	I-7
Tabel 2.1.	Jenis-jenis Proses Pembuatan Propilen Glikol	II-3
Tabel 5.1.	Ringkasan Spesifikasi Seluruh Peralatan.....	V-1
Table 7.1.	Alat-Alat Instrumentasi.....	VII-3
Tabel 7.2.	Pemasangan Alat Kontrol Pada Pra Rencana Pabrik Propilen Glikol	VII-4
Tabel 7.3.	Alat KESelamatan Kerja di Pabrik Propilen Glikol.....	VII-14
Tabel 8.1.	Kandungan Air Kawasan PT. KIEC Cilegon, Banten.....	VIII-2
Tabel 8.2.	Syarat Kimia Air Sanitasi	VIII-3
Tabel 8.4.	Persyaratan Kandungan Bahan dalam Air Boiler pada Beberapa Tekanan Boiler	VIII-4
Tabel 8.5.	Persyaratan Kandungan Bahan dalam Air Boiler pada Beberapa Tekanan Boiler	VIII-5
Tabel 8.6.	Kandungan Bahan yang Perlu di perhatikan pada Berbagai Air Industri	VIII-13
Tabel 9.1.	Perincian Luas Tanah Bangunan Pabrik Propilen Glikol	IX-3
Tabel 10.1.	Jadwal Kerja Karyawan Shift.....	X-8
Tabel 10.2.	Perincian Kebutuhan Tenaga Kerja.....	X-11
Tabel 10.3.	Daftar Upah (Gaji) Karyawan.....	X-15

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1.	Grafik Hubungan antara Tahun dan Kapasitas Data Impor.....	I-6
Gambar 1.2.	Peta Lokasi Pabrik.....	I-11
Gambar 2.1.	Blok Diagram Pembuatan Propilen Glikol dari Propilen Oksida Dan Air dengan Proses Hidrasi.....	II-1
Gambar 7.1.	Simbol Bahaya pada Bahan Kimia.....	VII-6
Gambar 7.2.	Penyediaan Sarana Kebakaran	VII-9
Gambar 7.3.	Peralatan Terjadinya Kebakaran	VII-10
Gambar 7.4.	Seragam Kereja	VII-12
Gambar 7.5.	Kotak P3K.....	VII-12
Gambar 9.1.	Tata Letak Pabrik Propilen Glikol	IX-2
Gambar 9.2.	Tata Letak Peralatan Proses Pabrik Propilen Glikol	IX-4
Gambar 10.1.	Struktur Organisasi Pra Rencana Pabrik Propilen Glikol.....	X-3

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan ekonomi global yang semakin pesat, mendorong pembangunan industri kimia yang mampu bersaing di pasaran, baik di dalam negeri maupun di luar negeri. Oleh karena itu pembangunan industri kimia harus memanfaatkan sumber daya yang ada secara maksimal, sehingga menghasilkan produk yang memiliki daya saing yang tinggi dan dapat memperkuat struktur perekonomian Indonesia.

Rencana untuk mendirikan pabrik propilen glikol merupakan langkah dalam menjawab kebutuhan dalam negeri dan dapat mengurangi ketergantungan akan impor propilen glikol, sehingga dapat meningkatkan ekspor non-migas. Dengan adanya hasil samping berupa dipropilen glikol dan tripropilen glikol diharapkan dapat memberikan nilai tambah untuk menghemat devisa negara. Berdirinya pabrik propilen glikol ini dapat merangsang pertumbuhan industri – industri lain. Selain itu mempunyai potensi yang cukup besar dan mampu mengatasi sempitnya lapangan kerja, sehingga dapat mengurangi pengangguran.

Bahan baku dalam pembuatan propilen glikol adalah propilen oksida dan air dengan menggunakan proses hidrasi, dengan produk samping yang dihasilkan dipropilen glikol dan tripropilen glikol.

Propilen glikol memiliki banyak kegunaan yang akan ditampilkan pada tabel di bawah ini:

Tabel 1.1. Kegunaan Propilen Glikol

Apikasi	Konsumsi (%)
Poliester resin	37
Kosmetik, farmasi, makanan	17
Makanan hewan peliharaan	3
Pelembab tembakau	4
<i>Fuctional fluids</i>	16
Cat dan <i>coatings</i>	5
Deterjen cair	11
Lainnya	7

Sumber: (Kirk-Othmer, 1978)

1.2. Spesifikasi Bahan Baku

a. Propilen oksida

Sifat – sifat fisika dan kimia:

- Rumus molekul : C_3H_6O
 - Berat molekul : 58,08
 - Bentuk dan warna : cairan tidak berwarna
 - Titik didih pada 101,3 kPa : $34,2\text{ }^\circ\text{C}$
 - Titik beku : $-111,93\text{ }^\circ\text{C}$
 - Temperatur kritis : $209\text{ }^\circ\text{C}$
 - Tekanan kritis : 4,92 MPa
 - Titik nyala : $-37\text{ }^\circ\text{C}$
 - Panas penguapan (101,3 kPa) : 27,8947 kJ/mol
 - Panas pembakaran : 1915,6 kJ/mol
 - Panas spesifik ($20\text{ }^\circ\text{C}$) : 122,19
- (Kirk-Othmer, 1978)*
- Kemurnian : 99,99%
 - Harga dipasaran : US \$ 1400-1800/ton

(www.alibaba.com)

b. Air

Sifat – sifat fisika :

- Rumus molekul : H_2O
 - Berat molekul : 18,02
 - Bentuk dan warna : cairan tidak berwarna
 - Viskositas pada $25\text{ }^\circ\text{C}$: 0,8949 cP
 - Densitas pada $25\text{ }^\circ\text{C}$: $0,9979751\text{ g/cm}^3$
 - Titik didih : $100,0\text{ }^\circ\text{C}$
 - Titik beku : $0,0\text{ }^\circ\text{C}$
 - Panas penguapan (101,3 kPa) : 55,71 kJ/mol
 - Panas pembakaran : 1915,6 kJ/mol
 - Panas spesifik ($25\text{ }^\circ\text{C}$) : 4,17856 J/g.K
- (Kirk-Othmer, 1978.)*
- Harga dipasaran : Rp 5000/m³

(Krakatau Tirta Indonesia, Cilegon, Banten)

1.3. Spesifikasi Produk

1.4.1. Produk utama

Propilen glikol

Sifat – sifat fisika dan kimia:

- Rumus molekul : $C_3H_8O_2$
- Berat melekul : 76,1
- Titik didih pada 101,3 kPa : 187,4 °C
- Tekanan uap pada 25 °C : 0,017 kPa
- Densitas
 - Pada 25 °C : 1,032 g/mL
 - Pada 60 °C : 1,006 g/mL
- Viskositas
 - Pada 25 °C : 48,6 cP
 - Pada 60 °C : 8,42 cP
- Panas spesifik (25 °C) : 2,51 J/g.K
- Titik nyala : 104 °C
- Panas pembentukan : -422 kJ/mol
- Panas penguapan pada 25 °C : 67 kJ/mol

(Kirk-Othmer, 1978)

- Kemurnian : 99,5 %
- Harga dipasaran : US \$ 1800-1900/ton

(www.alibaba.com)

1.4.2. Produk samping

a. Dipropilen glikol

Sifat – sifat fisika dan kimia:

- Rumus molekul : $C_6H_{14}O_3$
- Berat melekul : 134,2
- Titik didih pada 101,3 kPa : 232,2 °C
- Tekanan uap pada 25 °C : 0,0021 kPa
- Densitas
 - Pada 25 °C : 1,022 g/mL
 - Pada 60 °C : 0,0998 g/mL

- Viskositas
 - Pada 25 °C : 75 cP
 - Pada 60 °C : 10,9 cP
 - Panas spesifik (25 °C) : 2,18 J/g.K
 - Titik nyala : 124 °C
 - Panas pembentukan : -628 kJ/mol
 - Panas penguapan pada 25 °C : 45,4 kJ/mol
- (Kirk-Othmer, 1978)*
- Kemurnian : 99,5 %
 - Harga dipasaran : US \$ 2000-2800/ton
- (www.alibaba.com)*

b. Tripropilen glikol

Sifat – sifat fisika dan kimia:

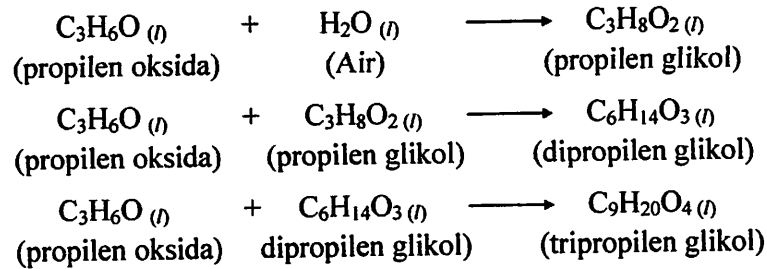
- Rumus molekul : $C_9H_{20}O_4$
 - Berat molekul : 192,3
 - Titik didih pada 101,3 kPa : 265,1 °C
 - Densitas
 - Pada 25 °C : 1,019 g/mL
 - Pada 60 °C : 0,991 g/mL
 - Viskositas
 - Pada 25 °C : 48,6 cP
 - Pada 60 °C : 57,2 cP
 - Panas spesifik (25 °C) : 1,97 J/g.K
 - Titik nyala : 143 °C
 - Panas pembentukan : -833 kJ/mol
 - Panas penguapan pada 25 °C : 35,4 kJ/mol
- (Kirk-Othmer, Vol. 21, 4th ed.)*
- Kemurnian : 99,5%
 - Harga dipasaran : US \$ 2,0-3,0/kg
- (www.alibaba.com)*

1.4. Analisis Pasar

1.4.1. Ekonomi Potensial

Pemasaran produk propilen glikol untuk memenuhi kebutuhan industri dalam negeri tersebar di seluruh Indonesia. Jika kebutuhan dalam negeri sudah dapat dipenuhi, maka pemasaran diarahkan ke wilayah Asia. Bahan Baku propilen oksida diimpor dari Cina. Berikut analisis pasar untuk mengetahui potensi produk terhadap pasar.

Reaksi:



Dimana: Ratio molar $\text{C}_3\text{H}_6\text{O} : \text{H}_2\text{O} = 1 : 15$ menghasilkan ratio molar produk $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_2$, $\text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}_3$, dan $\text{C}_9\text{H}_{20}\text{O}_4$ masing-masing = $100 : 10 : 1$

(Ulmann's, 1979)

Basis = 100 kg

Tabel 1.2. Data Perhitungan Ekonomi Potensial

Komponen	Berat Molekul	Kgmol reaktan	Kgmol produk	Harga
				(US \$/kg)
H ₂ O	18,02	1845		0,065
C ₃ H ₆ O	58,08	123		1,4
C ₃ H ₈ O ₂	76,09	10	100	1,9
C ₆ H ₁₄ O ₃	134,17	10	10	2,3
C ₉ H ₂₀ O ₄	192,25		1	2,5
EP = (BM × kgmol × harga)		US \$ 16.850,83	US \$ 18.023,64	

EP = Produk – Reaktan

$$= \text{US } \$ 18.023,64 - \text{US } \$ 16.850,83$$

$$= \text{US } \$ 1.172,81 / \text{kg C}_3\text{H}_8\text{O}_2$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas dapat disimpulkan bahwa pabrik propilen glikol untung dan dapat didirikan pada tahun 2019.

1.4.2. Proyeksi Pasar

Dari data statistik diketahui bahwa dari tahun ke tahun kebutuhan propilen glikol di Indonesia mengalami kenaikan. Sehingga untuk mencukupi kebutuhan propilen glikol tersebut harus impor dari luar negeri, terutama dari negara India, Brazil, dan Singapura. Berikut ini adalah tabel yang menunjukkan impor propilen glikol dari tahun 2010–2014 berdasarkan Badan Pusat Statistik.

Tabel 1.3. Data Impor Propilen Glikol Tahun 2010–2014 di Indonesia

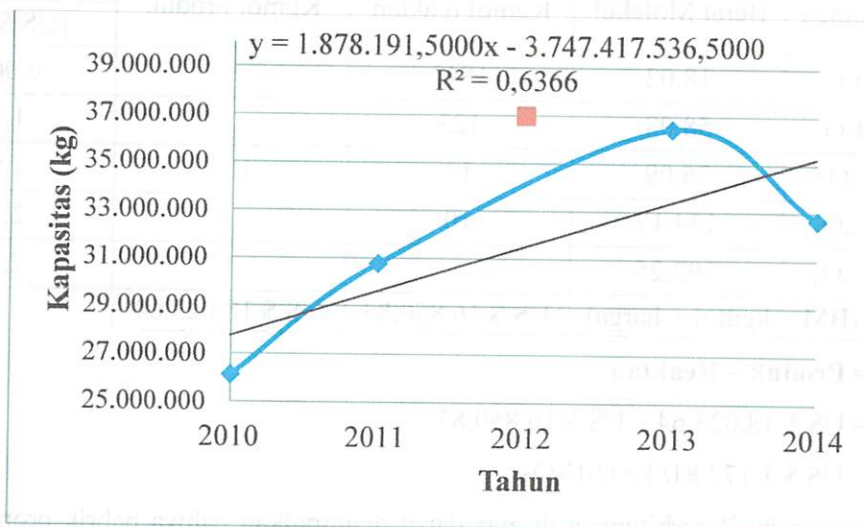
Tahun	Jumlah (kg)
2010	26.119.673
2011	30.770.939
2012	36.983.281
2013	36.456.668
2014	32.667.766

Sumber : Badan Pusat Statistik

Dalam mendirikan suatu industri diperlukan suatu perkiraan kapasitas produksi agar produk yang dihasilkan dapat sesuai dengan permintaan.

Untuk menghitung kapasitas produksi, menggunakan persamaan garis linier. Dari data pada Tabel 1.3, di dapatkan didapat persamaan garis dari Gambar 1.1 yaitu:

$$y = 1.878.191,5000x - 3.747.417.536,5000$$



Gambar 1.1. Grafik Hubungan antara Tahun dan Jumlah Data Impor

Sehingga:

$$y = 1.878.191,5000x - 3.747.417.536,5000$$

di mana:

y = Kapasitas pabrik tahun 2019 untuk kebutuhan di Indonesia

x = Tahun 2019

Jadi,

$$y = 1.878.191,5000x - 3.747.417.536,5000$$

$$y = (1.878.191,5000 \times 2019) - 3.747.417.536,5000$$

$$y = 44.651.102 \text{ kg} = 44.651,102 \text{ ton}$$

Tabel 1.4. Data Proyeksi Pasar Propilen Glikol 10 Tahun ke depan di Indonesia

No.	Tahun	Jumlah (kg)
1.	2019	44.651.102
2.	2020	46.529.293
3.	2021	48.407.485
4.	2022	50.285.676
5.	2023	52.163.868
6.	2024	54.042.060
7.	2025	55.920.251
8.	2026	57.798.443
9.	2027	59.676.634
10.	2028	61.554.826

1.5. Penentuan Kapasitas Produksi

Berdasarkan proyeksi pasar seperti di atas, pada tahun 2019 diperoleh kebutuhan dalam negeri sebesar 44.651.102 kg, sementara pada tahun 2028 diperoleh kebutuhan dalam negeri sebesar 61.554.826 kg. Setelah dikaji proyeksi pasar selama 10 tahun kedepan, maka diambil kebutuhan dalam negeri pada tahun 2022 sebesar 50.285.676 kg \approx 50.000.000 kg/tahun.

Karena kebijakan dari pemerintah sehubungan dengan ekspor produk sebesar 30%, maka kapasitas pabrik propilen glikol yang akan berdiri pada tahun 2019 sebesar:

$$\text{Kapasitas} = 50.000.000 \text{ kg} \times 1,3$$

$$= 65.000.000 \text{ kg}$$

$$= 65.000 \text{ ton/tahun}$$

1.6. Pemilihan Lokasi

Penentuan lokasi pabrik pada suatu perusahaan sangat penting, karena akan mempengaruhi kedudukan perusahaan dalam persaingan dan menentukan kelangsungan perusahaan.

Oleh karena itu perlu diadakan seleksi dan evaluasi, sehingga lokasi memenuhi persyaratan bila ditinjau dari segala segi. Faktor-faktor yang harus dipertimbangkan dalam pemilihan lokasi dibagi menjadi dua golongan, yaitu:

1.6.1. Faktor-faktor Utama

a. Penyediaan Bahan Baku

Bahan baku merupakan bahan yang penting dalam operasional pabrik, sehingga pendirian pabrik propilen glikol didirikan dekat dengan sumber bahan bakunya yaitu air. Akan tetapi ada juga pabrik yang lokasinya tidak berdekatan dengan sumber bahan baku, tetapi mendekati konsumennya.

Dalam penyediaan bahan baku beberapa hal yang perlu diperhatikan antara lain :

- Letak sumber bahan baku
- Kapasitas sumber bahan baku dan berapa lama sumber bahan baku dapat diandalkan pengadaannya
- Kualitas bahan baku yang ada serta apakah kualitas ini sesuai dengan persyaratan yang dibutuhkan
- Cara mendapatkan bahan baku dan pengangkutannya.

b. Pemasaran (Marketing)

Marketing merupakan salah satu faktor yang sangat penting untuk suatu pabrik atau industri, karena pemasaran sangat menentukan keuntungan industri tersebut. Dalam pemasaran beberapa hal yang perlu diperhatikan antara lain :

- Dimana produk akan dipasarkan (daerah marketing)
- Proyeksi kebutuhan produk pada masa sekarang dan yang akan datang
- Pengaruh persaingan dagang
- Jarak pemasaran dari lokasi dan bagaimana sarana pengangkutan untuk mencapai daerah pemasaran.

c. Utilitas

Utilitas suatu pabrik terdiri dari:

1. Air

Air merupakan hal yang sangat penting dalam pra rencana pabrik propilen glikol. Air digunakan untuk keperluan proses, pendingin, air umpan boiler, air sanitasi, serta kebutuhan lainnya. Untuk memenuhi kebutuhan ini, air dapat diambil dari air kawasan yang disesuaikan dengan jenis kebutuhan dan jumlahnya. Dalam penyediaan air beberapa hal yang perlu diperhatikan antara lain:

- Kemampuan sumber tersebut untuk memenuhi kebutuhan pabrik
- Kualitas sumber air yang digunakan
- Pengaruh musim terhadap kemampuan penyediaan air.

Air yang diambil dari air kawasan, maka air tersebut harus diolah terlebih dahulu pada unit utilitas untuk menghasilkan air yang berkualitas sesuai dengan kebutuhan.

2. Listrik Dan Bahan Bakar

Listrik dan bahan bakar mempunyai peranan yang sangat penting dalam pabrik propilen glikol, terutama untuk alat penggerak dan penerangan. Pada penyediaan listrik dan bahan bakar di daerah tersebut ada beberapa hal yang perlu diperhatikan antara lain:

- Ada atau tidaknya serta jumlah tenaga listrik
- Harga tenaga listrik
- Persediaan tenaga listrik dan bahan bakar di masa mendatang
- Mudah atau tidaknya mendapat bahan bakar.

Sumber listrik bisa diperoleh dari PLN dan sebagai cadangan digunakan tenaga generator yang harus siap setiap saat bila diperlukan karena adanya gangguan listrik PLN. Bahan bakar digunakan untuk menggerakkan generator dan alat yang menghasilkan panas misalnya boiler. Biasanya bahan bakar akan dipenuhi oleh Pertamina, sehingga kelancaran distribusinya sangat tergantung dari lembaga tersebut.

d. Pembuangan Limbah

Pembuangan limbah pabrik propilen glikol perlu diperhatikan mengingat masalah ini sangat berkaitan dengan usaha pencegahan terhadap

pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh buangan pabrik baik berupa bahan: gas, cair maupun padat. Pembuangan limbah harus memperhatikan ketentuan pemerintah atau ketentuan pemerintah daerah setempat. Dengan demikian pada buangan pabrik beberapa hal yang perlu diperhatikan antara lain : menetapkan bentuk buangan, cara pengolahan dan terutama sekali adalah memperhatikan peraturan yang dikeluarkan oleh pemerintah pusat maupun pemerintah daerah setempat.

e. Letak Dan Karakteristik Lokasi

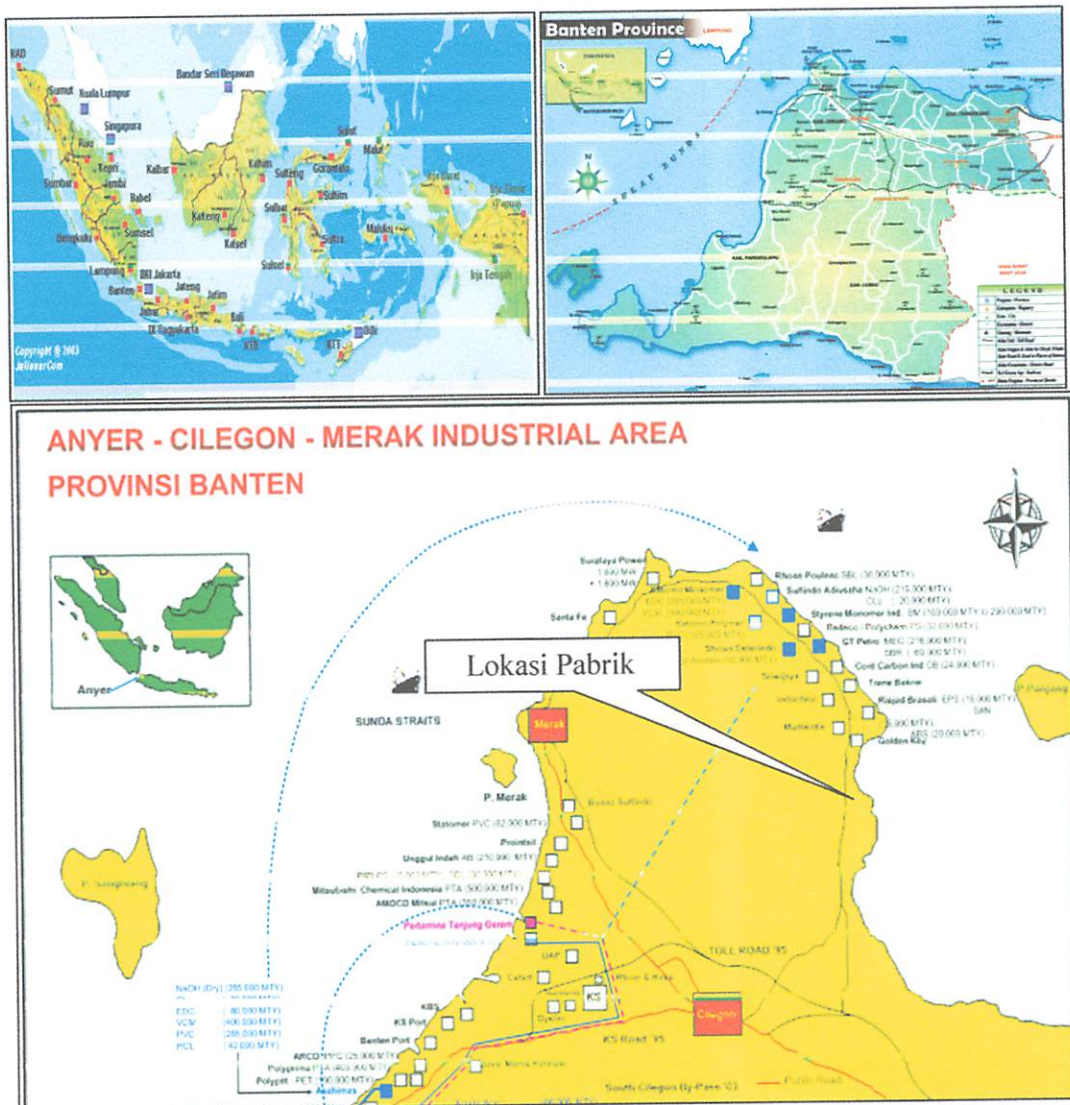
Beberapa hal yang berkaitan dengan letak dan karakteristik lokasi yang perlu diperhatikan dalam pemilihan lokasi ini, antara lain : jenis tanah tersebut apakah termasuk daerah bebas sawah, rawa, bukit dan daerah pedesaan atau perkotaan dan harga tanah, karena harga tanah yang relatif rendah memungkinkan untuk mendapatkan tanah yang luas sehingga untuk perluasan pabrik dan fasilitas pendukung lainnya akan lebih mudah dan memungkinkan.

f. Peraturan Perundang-undangan

Peraturan perundangan merupakan salah satu faktor yang perlu diperhatikan, yang berkaitan dengan : ketentuan-ketentuan mengenai daerah tersebut, ketentuan mengenai jalur untuk berdirinya industri di daerah tersebut dan peraturan perundang-undangan dari pemerintah pusat dan daerah setempat.

Berdasarkan pertimbangan tersebut maka pendirian pabrik propilen glikol di Jalan Bojonegoro, Cilegon Provinsi Banten, Indonesia.

1.6.2. Peta Lokasi Perusahaan



Gambar 1.2. Peta Lokasi Pabrik

BAB II SELEKSI DAN URAIAN PROSES

Secara komersial propilen glikol dibuat menggunakan proses hidrasi Saat ini masih dikembangkan penemuan terbaru untuk membuat propilen glikol dengan proses yang lebih mudah dan aman serta bahan baku yang mudah didapatkan untuk diterapkan di industri.

2.1 Macam - macam Proses

Proses pembuatan propilen glikol selama ini ada dua proses menggunakan proses hidrasi propilen oksida dengan menggunakan katalisator maupun tanpa katalisator dengan menggunakan bahan baku dari propilen oksida yang direaksikan dengan air, sedangkan proses lain menggunakan bahan baku propilen yang direaksikan dengan asam asetat dan oksigen.

2.1.1 Hidrasi Propilen Oksida Dengan Air Menggunakan Tekanan Dan Temperatur Tinggi

Proses hidrasi pada pembuatan propilen glikol banyak digunakan di industri, yaitu mereaksikan propilen oksida dan air pada tekanan dan temperatur tinggi, berikut kondisi operasinya.

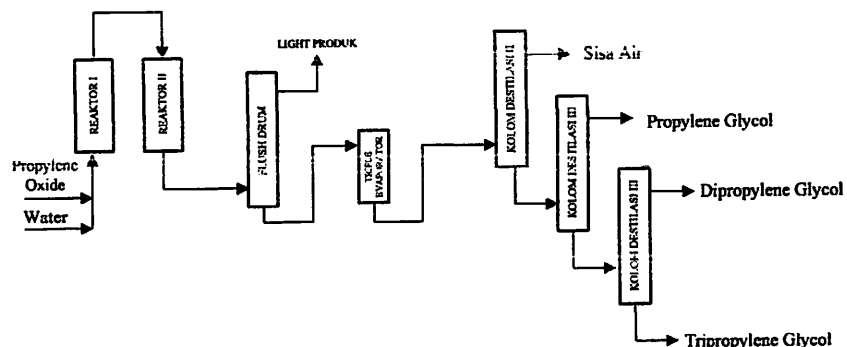
Temperatur : 125 – 190 °C

Tekanan : 21 atm

Waktu Tinggal : 30 Menit

Kemurnian propilen glikol : 99,5 %

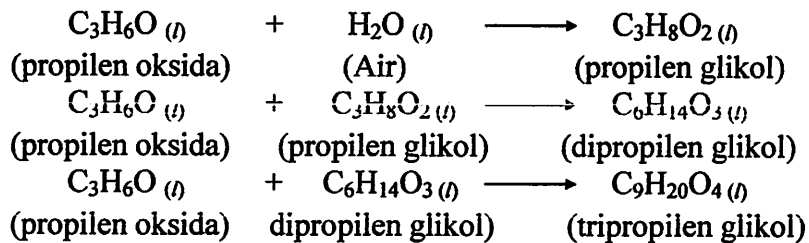
Rasio mol propilen oksida dan air adalah 1 : 15



Gambar 2.1.1 Blok diagram pembuatan propilen glikol dari propilen oksida dan air dengan proses hidrasi.

Propilen oksida dan air direaksikan didalam reaktor tower, setelah proses hidrasi selesai produk dimasukkan ke dalam evaporator untuk menghilangkan kadar air lalu dimurnikan di dalam kolom distilasi Sehingga didapatkan perbandingan ratio mol propilen glikol, dipropilen glikol dan tripropilen glikol masing-masing 100:10:1.

Reaksi yang terjadi didalam reaktor:



(Ulmann's, 7th editoin)

2.1.2 Proses Pembuatan Propilen Glikol Dari Propilen Dengan Asam Asetat Dan Oksigen Menggunakan Katalisator Tellurium Oksida Dan Lithium Karbonat

Proses hidrasi pada pembuatan propilen glikol banyak digunakan di industri, yaitu mereaksikan propilen dengan asam asetat dan oksigen dengan bantuan katalisator tellurium oksida dan lithium karbonat pada tekanan dan temperatur rendah, berikut kondisi operasinya.

Temperatur : 90 - 170 °C
 Tekanan : 0,5x10⁶ Pa (5 atm)
 Kemurnian propilen glikol : 88 %

(A.Chauvel 2nd, 1986)

2.1.3 Seleksi Proses

Dari dua macam proses pembuatan etilen glikol, dapat dilakukan perbandingan sebagai berikut:

Tabel. 2.1.3 Jenis-jenis proses pembuatan propilen glikol

No	Parameter	Proses	
		Hidrasi	Oksidasi
1	Bahan Baku	Propilen Oksida, Air	Propilen, Asam Asetat, Oksigen
2	Aspek Teknis - Reaksi Proses - Temperatur Operasi - Tekanan Operasi - Katalis - Kemurnian Propilen Glikol	Hidrasi 125 – 190 °C 20 atm - 99,5 %	Hidrasi 90 – 170 °C 5 atm Tellurium Oksida, Lithium Karbonat 88 %
3	Aspek Ekonomi	Sedang	Besar

Berdasarkan alasan yang telah dikemukakan di atas, maka dipilih proses hidrasi propilen oksida dan air, karena tidak menggunakan terlalu banyak bahan sehingga biaya produksi lebih rendah.

2.1.4 Uraian Proses

Ada 4 tahapan proses untuk menghasilkan propilen glikol dari bahan baku propilen oksida dan air. Tahapan proses tersebut adalah :

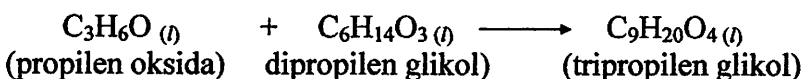
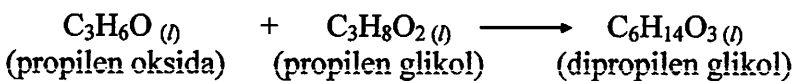
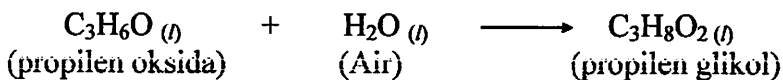
1. Tahap persiapan bahan baku

Propilen oksida dari storage (F-111) dipompa (L-112) untuk menaikkan tekanan hingga 21 atm dan mengalirkan kedalam *heater* (E-113) untuk dipanaskan pada suhu 125 °C sebelum dialirkan menuju reactor I (R-110A). Selanjutnya propilen oksida dan air yang telah disesuaikan kondisi operasinya direaksikan didalam reaktor I (R-110A) dan reaktor II (R-110B) dengan perbandingan 1:15.

2. Tahap Reaksi

Propilen oksida dan air direaksikan didalam reaktor I (R-110A) dengan kondisi operasi yang sudah di tentukan yaitu pada suhu 125 °C dan tekanan 21 atm dengan perbandingan 1:15, konversi yang dihasilkan pada reaktor I (R-110A) yaitu sebesar 64%.

Reaksi yang terjadi adalah:



Setelah reaksi berlangsung didalam reaktor I (R-110A), produk dialirkan menuju reaktor I (R-110B) untuk menyempurnakan reaksi yaitu sebesar 90%. Sehingga diperoleh perbandingan ratio mol produk propilen glikol, dipropilen glikol dan tripropilen glikol masing-masing 100:10:1.

3. Tahap pemisahan dan pemurnian

Produk yang telah direaksikan kemudian dimasukkan kedalam *flash drum* (D-122) dengan kondisi operasi 110 °C dan tekanan 1,28 atm dengan tujuan untuk memisahkan antara produk dengan *light product* setelah dipisahkan kemudian produk akan dialirkan menuju *triple effect evaporator* (V-120) yang bertujuan untuk menghilangkan sisa air yg tidak bereaksi dengan kondisi operasi pada *evaporator* I (V-120A) 1 atm dan suhu 204 °C pada evaporator pertam air akan di hilangkan sebanyak 40%, pada *evaporator* II (V-120B) menggunakan kondisi operasi 1 atm dan 151 °C pada evaporator 2 air akan di hilangkan sebesar 52% dan pada *evaporator* III (V-120C) digunakan kondisi operasi 1 atm dan 80 °C air yang di hilangkan sebesar 75%. Dari *triple effect evaporator* produk dimasukkan kedalam kolom distilasi I (D-130) dengan kondisi operasi 1 atm dan 114 °C yang bertujuan untuk memisahkan air yang masih terbawa dari *evaporator* dengan produk. Hasil atas kolom destilasi I (D-130) diperoleh air kemudian dialirkan menuju *condenser* (E-133) untuk didinginkan, kemudian di kirim ke wwt untuk diproses lagi. Sedangkan hasil bawah diperoleh produk yang akan dipisahkan menggunakan kolom

destilasi I (D-140) dengan kondisi operasi 1 atm dan 189 °C yang bertujuan untuk memisahkan produk utama dengan produk samping. Hasil atas kolom diperoleh propilen glikol kemudian dialirkan menuju *condenser* (E-142) untuk didinginkan, kemudian ditampung dalam tangki penampung (F-157A). Hasil bawah berupa dipropilen glikol dan tripropilen glikol sebagai produk samping yang kemudian akan di pisahkan dengan kolom destilasi III (D-150) dengan kondisi operasi 1 atm dan 232 °C. Hasil atas kolom destilasi diperoleh dipropilen glikol kemudian dialirkan menuju *condenser* (E-152) untuk didinginkan, kemudian di tampung dalam tangki penampung (F-157B). Sedangkan hasil bawah diperoleh tripropilen glikol yang kemudian akan di ditampung dalam tangki penampung (F-157C).

4. Tahap Penanganan Produk

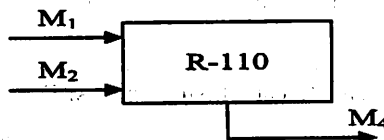
Produk propilen glikol, dipropilen glikol dan tripropilen glikol yang telah ditampung langsung di kirim ke pasar menggunakan kendaraan.

BAB III NERACA MASSA

Kapasitas Propilen Glikol direncanakan = 65.000 ton/tahun
 Jumlah hari kerja = 1 tahun = 330 hari
 Jumlah waktu kerja perhari = 1 hari = 24 jam
 Kapasitas produksi Propilen Glikol = $\frac{65.000}{\text{tahun}} \times \frac{1000}{1 \text{ ton}} \times \frac{1}{330} \times \frac{1}{24}$
 = 8.207,0707 kg/jam
 Basis produksi Propilen Glikol = 7.955,7482 kg/jam C₃H₆O

1. Reaktor (R-110)

Fungsi: Untuk mereaksikan C₃H₆O dan H₂O dengan rasio mol 1 : 15

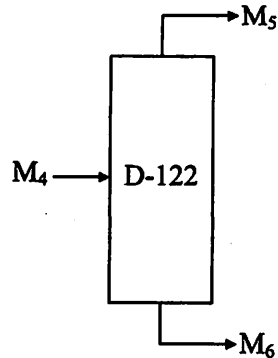


M₁ = Aliran C₃H₆O masuk reaktor
 M₂ = Aliran H₂O masuk reaktor
 M₄ = Aliran produk keluar reaktor

Neraca Massa Reaktor (R-110)			
Masuk		Keluar	
Komponen	kg/jam	Komponen	kg/jam
M ₁ dari F-111		M ₄ menuju D-120	
C ₃ H ₆ O	7955,7482	C ₃ H ₆ O	15,1159
H ₂ O	7,9637	H ₂ O	34803,2954
Jumlah	7963,7119	C ₃ H ₈ O ₂	8443,0368
M ₂ dari Utilitas		C ₆ H ₁₄ O ₃	1505,2606
H ₂ O	37016,3103	C ₉ H ₂₀ O ₄	213,3135
		Jumlah	44980,0222
Total	44980,0222	Total	44980,0222

2. Flash Destilasi (D-122)

Fungsi: Memisahkan propilen oksida yang terkandung di dalam produk



Keterangan:

M_4 : Aliran bahan masuk flash destilasi

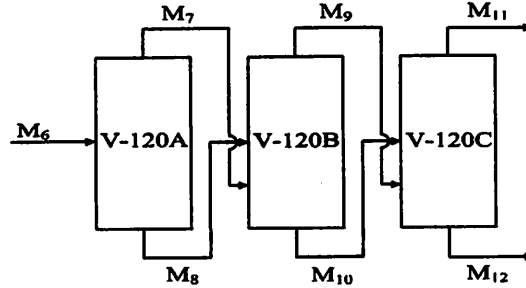
M_5 : Aliran produk uap propilen oksida keluar flash destilasi

M_6 : Aliran produk liquid keluar flash destilasi

Neraca Massa Flash Destilasi D-121			
Masuk		Keluar	
Komponen	kg/jam	Komponen	kg/jam
M_4 dari R-110		M_5 menuju L-123	
C ₃ H ₆ O	15,1159	C ₃ H ₆ O	12,2087
H ₂ O	34803,2954	H ₂ O	14926,2858
C ₃ H ₈ O ₂	8443,0368	C ₃ H ₈ O ₂	219,5273
C ₆ H ₁₄ O ₃	1505,2606	C ₆ H ₁₄ O ₃	8,4750
C ₉ H ₂₀ O ₄	213,3135	C ₉ H ₂₀ O ₄	0,3536
Jumlah	44980,0222	Jumlah	15166,8504
		M_6 menuju V-120	
		C ₃ H ₆ O	2,9072
		H ₂ O	19877,0096
		C ₃ H ₈ O ₂	8223,5095
		C ₆ H ₁₄ O ₃	1496,7856
		C ₉ H ₂₀ O ₄	212,9599
		Jumlah	29813,1718
Total	44980,0222	Total	44980,0222

3. Triple Effect Evaporator V-120

Fungsi: Untuk memisahkan kandungan air dalam produk



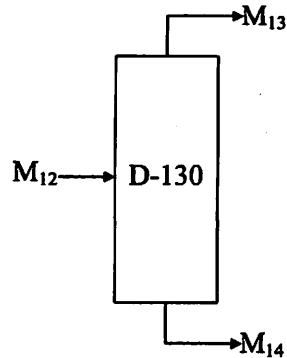
Keterangan:

- M_6 = Aliran bahan masuk evaporator
- M_{11} = Aliran uap H_2O keluar evaporator
- M_{12} = Aliran produk keluar evaporator

Neraca Massa Evaporator (V-120)			
Masuk		Keluar	
Komponen	kg/jam	Komponen	kg/jam
M_6 dari D-122		M_{11} menuju WWT	
C_3H_6O	2,9072	C_3H_6O	2,5438
H_2O	19877,0096	H_2O	16566,2880
$C_3H_8O_2$	8223,5095	Jumlah	16568,8318
$C_6H_{14}O_3$	1496,7856	M_{12} menuju D-130	
$C_9H_{20}O_4$	212,9599	C_3H_6O	0,3634
Jumlah	29813,1718	H_2O	3310,7216
		$C_3H_8O_2$	8223,5095
		$C_6H_{14}O_3$	1496,7856
		$C_9H_{20}O_4$	212,9599
		Jumlah	13244,3400
Total	29813,1718	Total	29813,1718

4. Kolom Destilasi D-130

Fungsi: Untuk memisahkan kandungan air dari produk



M_{12} = Aliran bahan masuk kolom destilasi

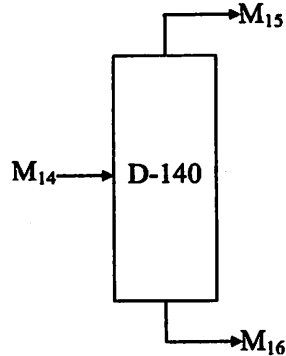
M_{13} = Aliran produk atas keluar kolom destilasi

M_{14} = Aliran produk bawah keluar kolom destilasi

Neraca Massa Kolom Destilasi D-130			
Masuk		Keluar	
Komponen	kg/jam	Komponen	kg/jam
M_{12} dari V-120		M_{13} menuju WWT	
C ₃ H ₆ O	0,3634	C ₃ H ₆ O	0,3634
H ₂ O	3310,7216	H ₂ O	3307,4109
C ₃ H ₈ O ₂	8223,5095	C ₃ H ₈ O ₂	8,2235
C ₆ H ₁₄ O ₃	1496,7856	Jumlah	3315,9978
C ₉ H ₂₀ O ₄	212,9599	M_{14} menuju D-140	
Jumlah	13244,3400	H ₂ O	3,3107
		C ₃ H ₈ O ₂	8215,2860
		C ₆ H ₁₄ O ₃	1496,7856
		C ₉ H ₂₀ O ₄	212,9599
		Jumlah	9928,3422
Total	13244,3400	Total	13244,3400

5. Kolom Destilasi D-140

Fungsi: Untuk memisahkan produk utama dengan produk samping



M_{14} = Aliran bahan masuk kolom destilasi

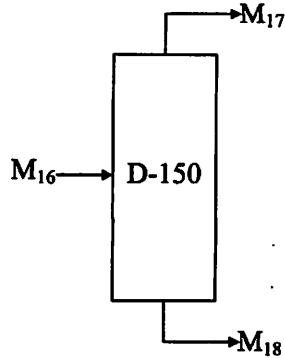
M_{15} = Aliran produk utama keluar kolom destilasi

M_{16} = Aliran produk samping keluar kolom destilasi

Neraca Massa Kolom Destilasi D-140			
Masuk		Keluar	
Komponen	kg/jam	Komponen	kg/jam
M_{14} dari D-140		M_{15} menuju E-146	
H ₂ O	3,3107	H ₂ O	3,3107
C ₃ H ₈ O ₂	8215,2860	C ₃ H ₈ O ₂	8207,0707
C ₆ H ₁₄ O ₃	1496,7856	C ₆ H ₁₄ O ₃	1,4968
C ₉ H ₂₀ O ₄	212,9599	Jumlah	8211,8782
Jumlah	9928,3422	M_{16} menuju D-150	
		C ₃ H ₈ O ₂	8,2153
		C ₆ H ₁₄ O ₃	1495,2889
		C ₉ H ₂₀ O ₄	212,9599
		Jumlah	1716,4641
Total	9928,3422	Total	9928,3422

6. Kolom Destilasi D-150

Fungsi: Untuk memisahkan produk utama dengan produk samping



M_{16} = Aliran bahan masuk kolom destilasi

M_{17} = Aliran produk utama keluar kolom destilasi

M_{18} = Aliran produk samping keluar kolom destilasi

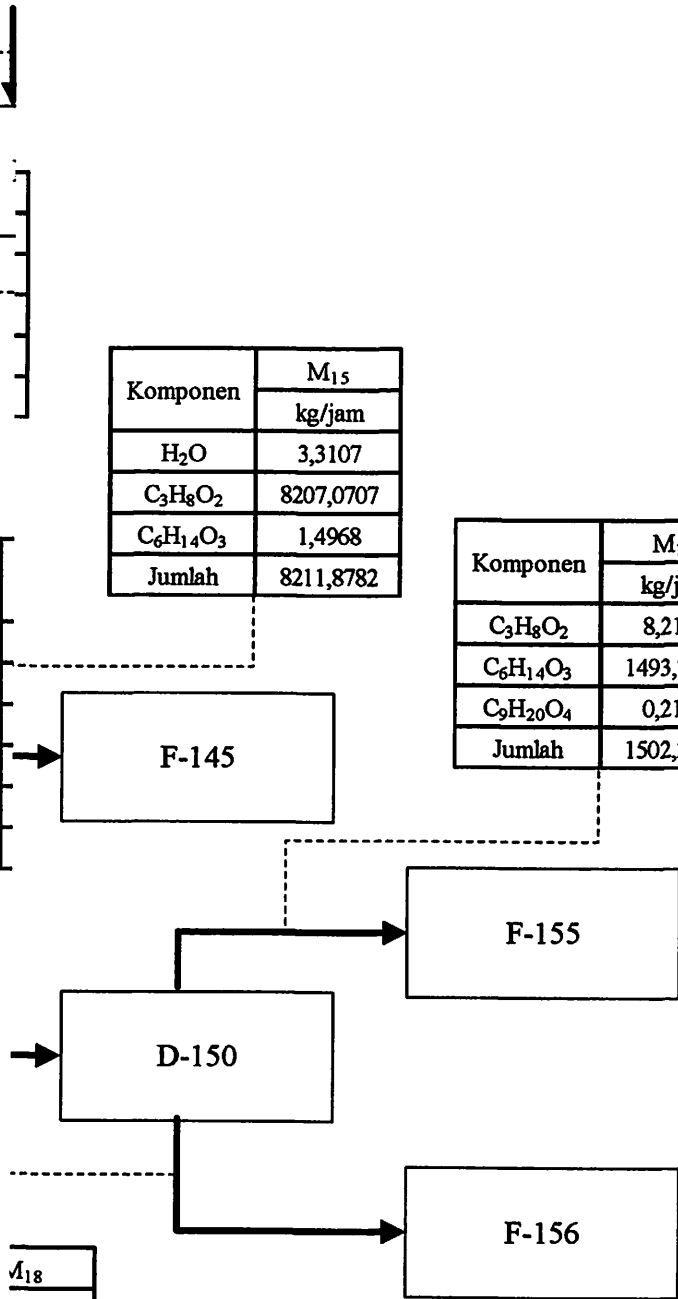
Neraca Massa Kolom Destilasi D-150			
Masuk		Keluar	
Komponen	kg/jam	Komponen	kg/jam
M_{16} dari D-140		M_{17} menuju E-156	
$C_3H_8O_2$	8,2153	$C_3H_8O_2$	8,2153
$C_6H_{14}O_3$	1495,2889	$C_6H_{14}O_3$	1493,7936
$C_9H_{20}O_4$	212,9599	$C_9H_{20}O_4$	0,2130
Jumlah	1716,4641	Jumlah	1502,2218
		M_{18} menuju E-157	
		$C_6H_{14}O_3$	1,4953
		$C_9H_{20}O_4$	212,7470
		Jumlah	214,2423
Total	1716,4641	Total	1716,4641

Komponen	M ₁	
	%berat	kg/jam
C ₃ H ₆ O	99,9%	7955,7482
H ₂ O	0,1%	7,9637
Jumlah	100%	7963,7119

Komponen	M ₄	
	kg/jam	
C ₃ H ₆ O	15,1159	
H ₂ O	34803,2954	
C ₃ H ₈ O ₂	8443,0368	
C ₆ H ₁₄ O ₃	1505,2606	
C ₉ H ₂₀ O ₄	213,3135	
Jumlah	44980,0222	

Komponen	M ₁₅	
	kg/jam	
H ₂ O	3,3107	
C ₃ H ₈ O ₂	8207,0707	
C ₆ H ₁₄ O ₃	1,4968	
Jumlah	8211,8782	

Komponen	M ₁₇	
	kg/jam	
C ₃ H ₈ O ₂	8,2153	
C ₆ H ₁₄ O ₃	1493,7936	
C ₉ H ₂₀ O ₄	0,2130	
Jumlah	1502,2219	



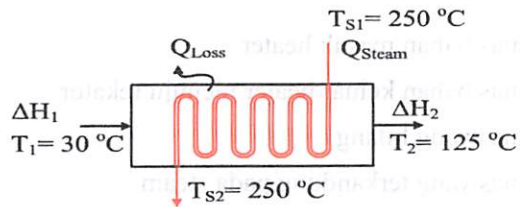
M ₁₈
/jam
4953
2,7470
1,2423

BAB IV NERACA ENERGI

Kapasitas produksi Propilen Glikol = 8.207,0707 kg/jam
 Basis perhitungan = 1 jam operasi
 Temperatur referensi = 25 °C = 298,15 K

1. Heater (E-113)

Fungsi: Untuk memanaskan propilen oksida sebelum masuk reaktor



Keterangan:

- ΔH_1 : Panas bahan masuk heater
- ΔH_2 : Panas bahan keluar heater menuju reaktor
- Q_{Loss} : Panas yang hilang
- Q_{Steam} : Panas yang terkandung pada steam

Direncanakan:

Suhu bahan masuk (T_1) = 30 °C = 303,15 K

Suhu bahan keluar (T_2) = 125 °C = 398,15 K

Neraca energi total: $\Delta H_1 + Q_{Steam} = \Delta H_2 + Q_{Loss}$

Neraca Panas Heater E-113			
Aliran Panas Masuk		Aliran Panas Keluar	
Komponen	Energi kcal/jam	Komponen	Energi kcal/jam
ΔH_1	11991,9508	ΔH_2	267388,6704
Q_{Steam}	268766,1532	Q_{Loss}	13369,4335
Total	280758,1039	Total	280758,1039

ΔH_{rxn} : Panas reaksi

Q_{Loss} : Panas yang hilang

$Q_{Pendingin}$: Panas yang diserap air pendingin

Direncanakan:

Suhu propilen oksida masuk (T_2) = 125 °C = 398,15 K

Suhu air masuk (T_4) = 125 °C = 398,15 K

Suhu produk keluar (T_5) = 125 °C = 398,15 K

Suhu air pendingin masuk = 27 °C = 300,15 K

Suhu air pendingin keluar = 95 °C = 368,15 K

Neraca energi total:

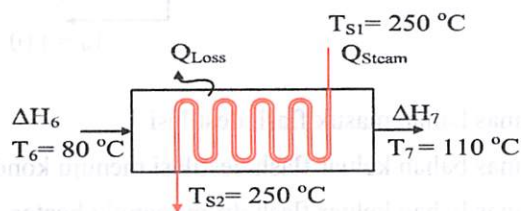
$$Q = \Delta H$$

$$Q_{pendingin} + Q_{loss} = \Delta H_{keluar} - \Delta H_{masuk} + \Delta H_{rxn}$$

Neraca Panas Reaktor			
Aliran Panas Masuk		Aliran Panas Keluar	
Komponen	Energi kcal/jam	Komponen	Energi kcal/jam
ΔH_2	267388,6704	ΔH_5	1932999,0743
ΔH_4	1666818,2635	Q_{Loss}	155365,0751
ΔH_{rxn}	3106093,643	$Q_{Pendingin}$	2951936,4272
Total	5040300,5767	Total	5040300,5767

4. Heater (E-121)

Fungsi: Memanaskan produk yang keluar dari reaktor menuju flash destilasi



Keterangan:

ΔH_6 : Panas bahan masuk heater

ΔH_7 : Panas bahan keluar heater menuju reaktor

Q_{Loss} : Panas yang hilang

Q_{Steam} : Panas yang terkandung pada steam

Direncanakan:

$$\text{Suhu bahan masuk } (T_6) = 80 \text{ } ^\circ\text{C} = 353,15 \text{ K}$$

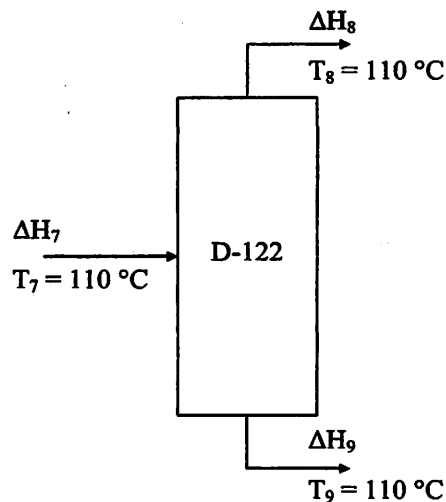
$$\text{Suhu bahan keluar } (T_7) = 110 \text{ } ^\circ\text{C} = 383,15 \text{ K}$$

$$\text{Neraca energi total: } \Delta H_6 + Q_{\text{Steam}} = \Delta H_7 + Q_{\text{Loss}}$$

Neraca Panas Heater E-121			
Aliran Panas Masuk		Aliran Panas Keluar	
Komponen	Energi kcal/jam	Komponen	Energi kcal/jam
ΔH_6	1049793,4228	ΔH_7	1636159,4412
Q_{Steam}	668173,9904	Q_{Loss}	81807,9721
Total	1717967,4133	Total	1717967,4133

5. Flash Destilasi (D-122)

Fungsi: Memisahkan propilen oksida yang terkandung di dalam produk



Keterangan:

ΔH_7 : Panas bahan masuk flash destilasi

ΔH_8 : Panas bahan keluar flash destilasi menuju kondensor

ΔH_9 : Panas bahan keluar flash drum menuju heater

Direncanakan:

$$\text{Suhu bahan masuk } (T_7) = 110 \text{ } ^\circ\text{C} = 383,15 \text{ K}$$

$$\text{Suhu bahan keluar } (T_8) = 110 \text{ } ^\circ\text{C} = 383,15 \text{ K}$$

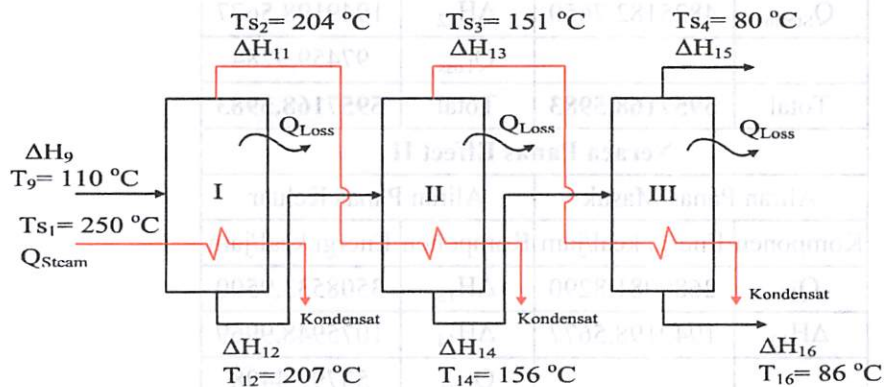
Neraca energi total:

$$\Delta H_7 = \Delta H_8 + \Delta H_9$$

Neraca Panas Flash Destilasi (F-122)			
Aliran Panas Masuk		Aliran Panas Keluar	
Komponen	Energi kcal/jam	Komponen	Energi kcal/jam
ΔH_7	1636159,4412	ΔH_8	577628,4414
		ΔH_9	1058530,9998
Total	1636159,4412	Total	1636159,4412

6. Triple Effect Evaporator V-120

Fungsi: Untuk memisahkan kandungan air dalam produk



Keterangan:

ΔH_9 : Panas bahan keluar flash destilasi

ΔH_{11} : Panas uap keluar effect I

ΔH_{12} : Panas liquid keluar effect I

ΔH_{13} : Panas uap keluar effect II

ΔH_{14} : Panas liquid keluar effect II

ΔH_{15} : Panas uap keluar effect III

ΔH_{16} : Panas liquid keluar effect III

Q_{Loss} : Panas yang hilang

Q_{Steam} : Panas yang terkandung pada steam

Direncanakan

Suhu bahan masuk (T_9) = 110 °C = 383,15 K

Saturated steam yang digunakan (T_{S1}) = 250 °C = 523,15 K

Tekanan pada saturated steam = 3977,6 kPa

Tekanan pada evaporator effect III = 47,36 kPa

Neraca Energi

$$\text{Effect I} = \Delta H_9 + Q_{\text{steam}} = \Delta H_{12} + \Delta H_{11} + Q_{\text{loss}}$$

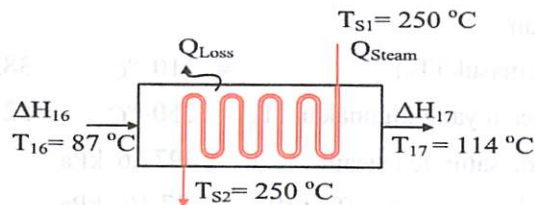
$$\text{Effect II} = \Delta H_{12} + Q_{11} = \Delta H_{14} + \Delta H_{13} + Q_{\text{loss}}$$

$$\text{Effect III} = \Delta H_{14} + Q_{13} = \Delta H_{16} + \Delta H_{15} + Q_{\text{loss}}$$

Neraca Panas Triple Effect Evaporator			
Neraca Panas Effect I			
Aliran Panas Masuk		Aliran Panas Keluar	
Komponen	Energi kcal/jam	Komponen	Energi kcal/jam
ΔH_9	1058530,9998	ΔH_{11}	3910510,1022
Q_{Steam}	4825182,7650	ΔH_{12}	1949198,5677
		Q_{Loss}	97459,9284
Total	5957168,5983	Total	5957168,5983
Neraca Panas Effect II			
Aliran Panas Masuk		Aliran Panas Keluar	
Komponen	Energi kcal/jam	Komponen	Energi kcal/jam
Q_{11}	2689081,8290	ΔH_{13}	3508533,9500
ΔH_{12}	1949198,5677	ΔH_{14}	1075948,9969
		Q_{Loss}	53797,4498
Total	4638280,3968	Total	4638280,3968
Neraca Panas Effect III			
Aliran Panas Masuk		Aliran Panas Keluar	
Komponen	Energi kcal/jam	Komponen	Energi kcal/jam
Q_{13}	2693269,7123	ΔH_{15}	3427594,7719
ΔH_{14}	1075948,9969	ΔH_{16}	304495,2999
		Q_{Loss}	16267,8065
Total	3769218,7092	Total	3769218,7092

7. Heater (E-131)

Fungsi: Memanaskan produk yang keluar dari evaporator menuju kolom destilasi



Keterangan:

ΔH_6 : Panas bahan masuk heater

ΔH_7 : Panas bahan keluar heater menuju kolom destilasi

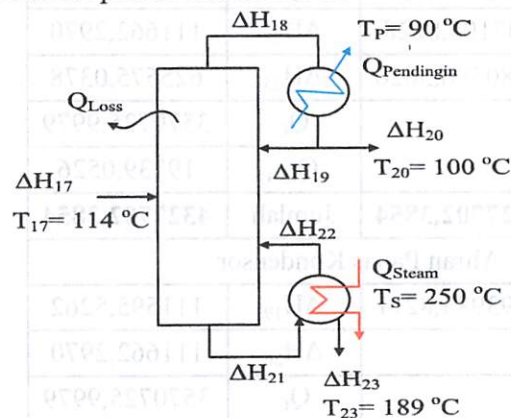
Q_{Loss} : Panas yang hilang

Neraca panas total: $\Delta H_{16} + Q_{Steam} = \Delta H_{17} + Q_{Loss}$

Neraca Panas Heater E-131			
Aliran Panas Masuk		Aliran Panas Keluar	
Komponen	Energi kcal/jam	Komponen	Energi kcal/jam
ΔH_{16}	304495,2999	ΔH_{17}	447105,8228
Q_{Steam}	164965,8140	Q_{Loss}	22355,2911
Total	469461,1139	Total	469461,1139

8. Kolom Destilasi D-130

Fungsi: Untuk memisahkan produk utama dan air



Keterangan:

ΔH_{17} : Panas bahan masuk kolom destilasi

ΔH_{18} : Panas vapor menuju kondensor

ΔH_{19} : Panas liquid keluar kondensor yang refluks

ΔH_{20} : Panas liquid keluar kondensor sebagai destilat

ΔH_{21} : Panas liquid masuk reboiler

ΔH_{22} : Panas vapor keluar reboiler

ΔH_{23} : Panas liquid keluar reboiler sebagai bottom

Q_{Loss} : Panas yang hilang

Q_{Steam} : Panas yang terkandung pada steam

$Q_{Pendingin}$: Panas yang diserap air pendingin

Direncanakan:

Suhu bahan masuk = 114,07 °C = 387,22 K

Suhu liquid keluar reboiler = 189,56 °C = 462,71 K

Suhu air pendingin masuk = 27 °C = 300,15 K

Kesetimbangan panas overall pada kolom destilasi:

$$\Delta H_{17} + Q_R = \Delta H_{20} + \Delta H_{23} + Q_C + Q_{\text{loss}}$$

Kesetimbangan panas pada kondensor:

$$\Delta H_{18} = \Delta H_{19} + \Delta H_{20} + Q_C$$

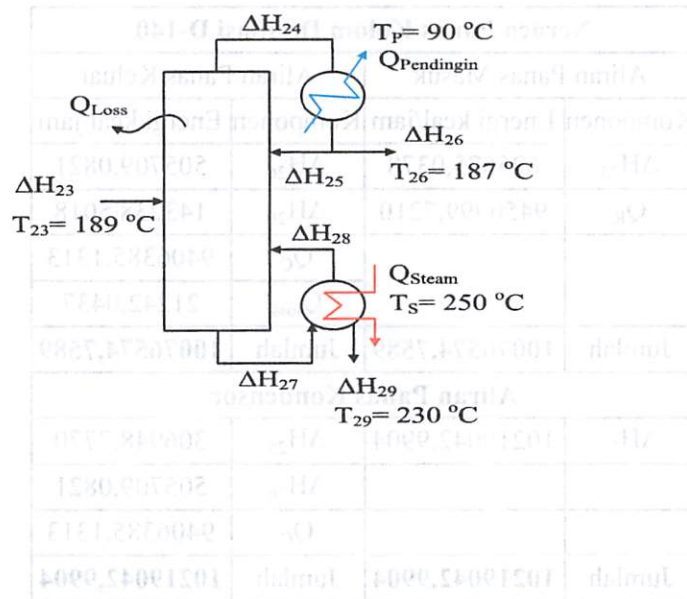
Kesetimbangan panas pada reboiler:

$$\Delta H_{21} + Q_R = \Delta H_{22} + \Delta H_{23} + Q_{\text{Loss}}$$

Neraca Panas Kolom Destilasi D-130			
Aliran Panas Masuk		Aliran Panas Keluar	
Komponen	Energi kcal/jam	Komponen	Energi kcal/jam
ΔH_{17}	447105,8228	ΔH_{20}	111662,2970
Q_R	3880596,5626	ΔH_{23}	625575,0378
		Q_C	3570725,9979
		Q_{loss}	19739,0526
Jumlah	4327702,3854	Jumlah	4327702,3854
Aliran Panas Kondensor			
ΔH_{18}	3793983,8211	ΔH_{19}	111595,5262
		ΔH_{20}	111662,2970
		Q_C	3570725,9979
Jumlah	3793983,8211	Jumlah	3793983,8211
Aliran Panas Reboiler			
ΔH_{21}	2533840,3692	ΔH_{22}	2005741,3215
Q_R	163258,8992	ΔH_{23}	625575,0378
		Q_{Loss}	65782,9090
Total	2697099,2683	Total	2697099,2683

9. Kolom Destilasi D-140

Fungsi: Untuk memisahkan produk utama dan produk samping



Keterangan:

- ΔH_{23} : Panas bahan masuk kolom destilasi
- ΔH_{24} : Panas vapor menuju kondensor
- ΔH_{25} : Panas liquid keluar kondensor yang refluks
- ΔH_{26} : Panas liquid keluar kondensor sebagai destilat
- ΔH_{27} : Panas liquid masuk reboiler
- ΔH_{28} : Panas vapor keluar reboiler
- ΔH_{29} : Panas liquid keluar reboiler sebagai bottom
- Q_{Loss} : Panas yang hilang
- Q_{Steam} : Panas yang terkandung pada steam
- $Q_{Pendingin}$: Panas yang diserap air pendingin

Direncanakan:

- Suhu bahan masuk = 189,56 °C = 462,71 K
- Suhu liquid keluar reboiler = 230,07 °C = 503,22 K
- Suhu air pendingin masuk = 27 °C = 300,15 K
- Suhu air pendingin keluar = 90 °C = 363,15 K

Kesetimbangan energi overall pada kolom destilasi:

$$\Delta H_{23} + Q_R = \Delta H_{26} + \Delta H_{29} + Q_C + Q_{loss}$$

Kesetimbangan energi pada kondensor:

$$\Delta H_{24} = \Delta H_{25} + \Delta H_{26} + Q_C$$

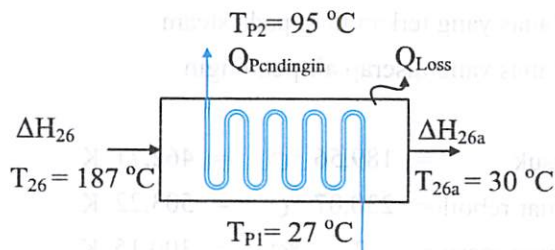
Kesetimbangan energi pada reboiler:

$$\Delta H_{27} + Q_R = \Delta H_{28} + \Delta H_{29} + Q_{Loss}$$

Neraca Panas Kolom Destilasi D-140			
Aliran Panas Masuk		Aliran Panas Keluar	
Komponen	Energi kcal/jam	Komponen	Energi kcal/jam
ΔH_{23}	625575,0378	ΔH_{26}	505709,0821
Q_R	9450999,7210	ΔH_{29}	143238,5018
		Q_C	9406385,1313
		Q_{loss}	21242,0437
Jumlah	10076574,7589	Jumlah	10076574,7589
Aliran Panas Kondensor			
ΔH_{24}	10219042,9904	ΔH_{25}	306948,7770
		ΔH_{26}	505709,0821
		Q_C	9406385,1313
Jumlah	10219042,9904	Jumlah	10219042,9904
Aliran Panas Reboiler			
ΔH_{27}	2155405,7577	ΔH_{28}	2057809,6222
Q_R	100668,5694	ΔH_{29}	143238,5018
		Q_{Loss}	55026,2031
Total	2256074,3271	Total	2256074,3271

10. Cooler (E-146)

Fungsi: Untuk mendinginkan keluaran destilat menuju tangki storage



Keterangan:

ΔH_{26} : Panas bahan masuk cooler

ΔH_{26a} : Panas bahan keluar cooler menuju storage

Q_{Loss} : Panas yang hilang

$Q_{Pendingin}$: Panas yang disrap

Direncanakan:

Suhu bahan masuk (T_{26}) = 187 °C = 460,18 K

Suhu bahan keluar (T_{26a}) = 30 °C = 303,15 K

Suhu air pendingin masuk = 27 °C = 300,15 K

Suhu air pendingin keluar = 95 °C = 368,15 K

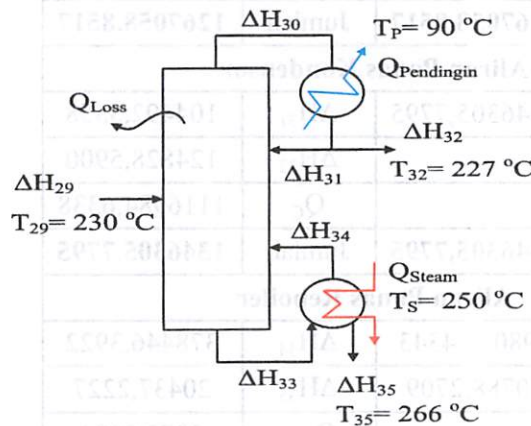
Neraca panas total:

$$\Delta H_{26} = \Delta H_{26a} + Q_{Loss} + Q_{Pendingin}$$

Neraca Panas Cooler (E-146)			
Aliran Panas Masuk		Aliran Panas Keluar	
Komponen	Energi kcal/jam	Komponen	Energi kcal/jam
ΔH_{26}	505709,0821	ΔH_{26a}	13211,9386
		$Q_{Pendingin}$	479524,1179
		Q_{Loss}	12973,0255
Total	505709,0821	Total	505709,0821

11. Kolom Destilasi (D-150)

Fungsi: Untuk memisahkan dipropilen glikol dan tripropilen glikol



Keterangan:

ΔH_{29} : Panas bahan masuk kolom destilasi

ΔH_{30} : Panas vapor menuju kondensor

ΔH_{31} : Panas liquid keluar kondensor yang refluks

ΔH_{32} : Panas liquid keluar kondensor sebagai destilat

ΔH_{33} : Panas liquid masuk reboiler

ΔH_{34} : Panas vapor keluar reboiler

ΔH_{35} : Panas liquid keluar reboiler sebagai bottom

Q_{Loss} : Panas yang hilang

Q_{Steam} : Panas yang terkandung pada steam

$Q_{Pendingin}$: Panas yang diserap

Kesetimbangan panas overall pada kolom destilasi:

$$\Delta H_{29} + Q_R = \Delta H_{32} + \Delta H_{35} + Q_C + Q_{loss}$$

Kesetimbangan panas pada kondensor:

$$\Delta H_{30} = \Delta H_{31} + \Delta H_{32} + Q_C$$

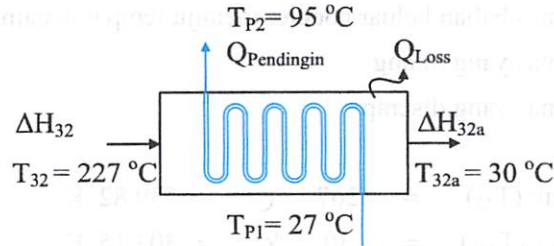
Kesetimbangan panas pada reboiler:

$$\Delta H_{33} + Q_R = \Delta H_{34} + \Delta H_{35} + Q_{Loss}$$

Neraca Panas Kolom Destilasi D-150			
Aliran Panas Masuk		Aliran Panas Keluar	
Komponen	Energi kcal/jam	Komponen	Energi kcal/jam
ΔH_{29}	143238,5018	ΔH_{32}	124828,5900
Q_R	1123820,3499	ΔH_{35}	20437,2227
		Q_C	1116984,6338
		Q_{loss}	4808,4052
Jumlah	1267058,8517	Jumlah	1267058,8517
Aliran Panas Kondensor			
ΔH_{30}	1346305,7795	ΔH_{31}	104492,5558
		ΔH_{32}	124828,5900
		Q_C	1116984,6338
Jumlah	1346305,7795	Jumlah	1346305,7795
Aliran Panas Reboiler			
ΔH_{33}	398067,4343	ΔH_{34}	378446,3922
Q_R	10788,2709	ΔH_{35}	20437,2227
		Q_{Loss}	9972,0904
Total	408855,7052	Total	408855,7052

12. Cooler (E-156)

Fungsi: Untuk mendinginkan keluaran destilat menuju storage



Keterangan:

ΔH_{32} : Panas bahan masuk cooler

ΔH_{32a} : Panas bahan keluar cooler menuju storage

Q_{Loss} : Panas yang hilang

$Q_{Pendingin}$: Panas yang diserap

Direncanakan:

Suhu bahan masuk (T_{32}) = 228 °C = 501,09 K

Suhu bahan keluar (T_{32a}) = 30 °C = 303,15 K

Suhu air pendingin masuk = 27 °C = 300,15 K

Suhu air pendingin keluar = 95 °C = 368,15 K

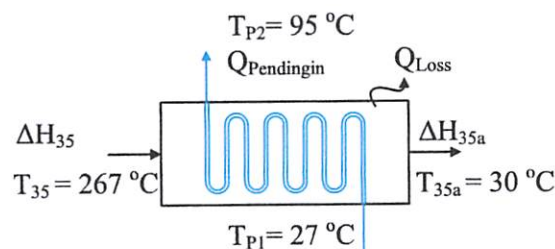
Neraca panas total:

$$\Delta H_{32} = \Delta H_{32a} + Q_{Loss} + Q_{Pendingin}$$

Neraca Panas Cooler (E-156)			
Aliran Panas Masuk		Aliran Panas Keluar	
Komponen	Energi kcal/jam	Komponen	Energi kcal/jam
ΔH_{32}	124828,5900	ΔH_{32a}	2462,8418
		$Q_{Pendingin}$	119183,4624
		Q_{Loss}	3182,2858
Total	124828,5900	Total	124828,5900

13. Cooler (E-157)

Fungsi: Untuk mendinginkan keluaran bottom dari destilasi menuju storage



Keterangan:

ΔH_{35} : Panas bahan masuk cooler

ΔH_{35a} : Panas bahan keluar cooler menuju tempat penampung

Q_{Loss} : Panas yang hilang

$Q_{Pendingin}$: Panas yang diserap

Direncanakan:

Suhu bahan masuk (T_{35}) = 267 °C = 539,82 K

Suhu bahan keluar (T_{35a}) = 30 °C = 303,15 K

Suhu air pendingin masuk = 27 °C = 300,15 K

Suhu air pendingin keluar = 95 °C = 368,15 K

Neraca panas total:

$$\Delta H_{35} = \Delta H_{35a} + Q_{Loss} + Q_{Pendingin}$$

Neraca Panas Cooler (E-157)			
Aliran Panas Masuk		Aliran Panas Keluar	
Komponen	Energi kcal/jam	Komponen	Energi kcal/jam
ΔH_{35}	20437,2227	ΔH_{35a}	334,4786
		$Q_{Pendingin}$	19583,4515
		Q_{Loss}	519,2925
Total	20437,2227	Total	20437,2227

BAB V

SPESIFIKASI PERALATAN

Tabel. 5.1 Ringkasan Spesifikasi Seluruh Peralatan

No	Nama Alat	Kode	Jenis	Ukuran Alat	Bahan	Jumlah
1	Storage C ₃ H ₆ O	F-111	Silinder Tegak	- do = 180 in - di = 179 in - Ph = 26 in - Pi = 26 in - Ts = 6/16 in - Ls = 448,125 in - H = 508,711 in - Tha = 6/16 in - Thb = 6/16 in - Ha/Hb = 30,29 in	Carbon Steel SA 240	1
2	Pompa	L-112	Sentrifugal	- P = 8 hp - Rate = 468 m ³ /h	Carbon Steel	1
3	Preheater	E-113	Double Pipe Heat Exchanger	- Do = 2,38 in - Di = 2,06 in - L = 15 ft - Kapasitas = 7963,71 kg/jam	Stanlees Stell SA 240 Grade M Type 316	1
4	Preheater	E-114	Double Pipe Heat Exchanger	- Do = 2,38 in - Di = 2,06 in - L = 15 ft - Kapasitas = 37016 kg/jam	Stanlees Stell SA 240 Grade M Type 316	1
5	Preheater	E-121	Double Pipe Heat Exchanger	- Do = 2,38 in - Di = 2,06 in - L = 20 ft	Stanlees Stell SA 240 Grade	1

				- Kapasitas = 44980,02 kg/jam	M Type 316	
6	Flash Drum	D-122	Silinder Tegak	- Do = 84 in - Di = 81,7 in - Ts = 14/16 in - Ls = 245,25 in - H = 272,88 in - Tha = 13/16 in - Thb = 13/16 in - Ha/Hb = 13,81 in	CS SA Grade C Type 347	1
7	Jet Ejector	L-123	Single Stage	- Kapasitas = 15167 kg/jam	Stanlees Stell SA 240 Grade M Type 316	1
8	Pompa	L-124	Sentrifugal	- P = 1 hp - Rate = 36 m ³ /jam	Carbon Steel	1
9	Evaporator	V-120	Triple Efect	- Do = 84 in - Di = 81,7 in - Ts = 3/16 in - Ls = 245,25 in - H = 272,88 in - Tha = 4/16 in - Thb = 4/16 in - Ha/Hb = 13,81 in	Stanlees Stell SA 240 Grade M Type 316	3
10	Pompa	L-125	Sentrifugal	- P = 1 hp - Rate = 250 m ³ /h	Carbon Steel	2
11	Jet Ejector	L-127	Single Stage	- Kapasitas = 16568,83 kg/jam	Stanlees Stell SA 240 Grade M Type 316	1

12	Pompa	L-131	Sentrifugal	- P = 1 hp - Rate = 250 m ³ /h	m ³ /jam	1
13	Preheater	E-132	Double Pipe Heat Exchanger	- Do = 2,38 in - Di = 2,06 in - L = 20 ft - Kapasitas = 29813,2 kg/jam	Stanlees Stell SA 240 Grade M Type 316	1
14	Kolom Destilasi I	D-130	Silinder Tegak	- Do = 42 in - Di = 41,6 in - Ts = 3/16 in - Tha = 3/16 in - Thb = 3/16 in - Ha/Hb = 7,03 in - Tinggi Tangki = 222,19 in	Stanlees Stell SA 240 Grade M Type 316	1
15	Kondensor	E-133	Shell and Tube	- Kapasitas = 3316,0 kg/jam Shell : - ID = 37 in - B = 16 in Tube: - L = 12 ft	Stanlees Stell SA 240 Grade M Type 316	1
16	Akumulator	F-134	Silinder Horizontal	- Do = 90 in - Di = 89,63 in - Ts = 3/16 in - Ls = 134,4 in - Tha = 3/16 in - Thb = 3/16 in - Ha/Hb = 15,15 in - Volume Tangki = 478,78 ft ³	Stanlees Stell SA 240 Grade M Type 316	1

17	Pompa	L-135	Sentrifugal	- P = 1 hp - Rate = 250 m ³ /h	Carbon Steel	1
18	Reboiler	E-136	Shell and Tube	- Kapasitas = 9928,3 kg/jam Shell : - ID = 10 in - B = 2 in Tube: - L = 20 ft	Stanlees Stell SA 240 Grade M Type 316	1
19	Pompa	L-141	Sentrifugal	- P = 1 hp - Rate = 250 m ³ /h	Carbon Steel	1
20	Kondensor	E-142	Shell and Tube	- Kapasitas = 3211,87 kg/jam Shell : - ID = 37 in - B = 16 in Tube: - L = 12 ft	Stanlees Stell SA 240 Grade M Type 316	1
21	Akumulator	F-143	Silinder Horizontal	- Do = 90 in - Di = 89,63 in - Ts = 3/16 in - Ls = 134,4 in - Tha = 3/16 in - Thb = 3/16 in - Ha/Hb = 15,15 in - Volume Tangki = 138,19 ft ³	Stanlees Stell SA 240 Grade M Type 316	1
22	Pompa	L-144	Sentrifugal	- P = 1 hp - Rate = 250 m ³ /h	Carbon Steel	1
23	Reboiler	E-145	Shell and Tube	- Kapasitas = 1716,5 kg/jam Shell :	Stanlees Stell SA 240 Grade	1

				<ul style="list-style-type: none"> - ID = 37 in - B = 7,4 in Tube: <ul style="list-style-type: none"> - L = 20 ft 	M Type 316	
24	Cooler	E-146	Double Pipe Heat Exchanger	<ul style="list-style-type: none"> - Do = 2,38 in - Di = 2,06 in - L = 15 ft - Kapasitas = 8210,38 kg/jam 	Stanlees Stell SA 240 Grade M Type 316	1
25	Pompa	L-151	Sentrifugal	<ul style="list-style-type: none"> - P = 1 hp - Rate = 250 m³/h 	Carbon Steel	1
26	Kolom Destilasi III	D-150	Silinder Tegak	<ul style="list-style-type: none"> - Do = 18 in - Di = 17,2 in - Ts = 3/16 in - Tha = 3/16 in - Thb = 3/16 in - Ha/Hb = 7,03 in - Tinggi Tangki = 412,95 in 	Stanlees Stell SA 240 Grade M Type 316	1
27	Kondensor	E-152	Shell and Tube	<ul style="list-style-type: none"> - Kapasitas = 1502,22 kg/jam Shell : <ul style="list-style-type: none"> - ID = 29 in - B = 16 in Tube: <ul style="list-style-type: none"> - L = 12 ft 	Stanlees Stell SA 240 Grade M Type 316	1
28	Akumulator	F-153	Silinder Horizontal	<ul style="list-style-type: none"> - Do = 90 in - Di = 89,63 in - Ts = 3/16 in - Ls = 134,4 in - Tha = 3/16 in - Thb = 3/16 in 	Stanlees Stell SA 240 Grade M Type 316	1

				<ul style="list-style-type: none"> - Ha/Hb = 15,15 in - Volume Tangki = 21,82 ft³ 		
29	Pompa	L-154	Sentrifugal	<ul style="list-style-type: none"> - P = 1 hp - Rate = 250 m³/h 	Carbon Steel	1
30	Reboiler	E-155	Shell and Tube	<ul style="list-style-type: none"> - Kapasitas = 214,2 kg/jam Shell : - ID = 13,25 in - B = 2,65 in Tube: - L = 20 ft 	Stanlees Stell SA 240 Grade M Type 316	1
31	Cooler	E-156	Double Pipe Heat Exchanger	<ul style="list-style-type: none"> - Do = 2,38 in - Di = 2,06 in - L = 12 ft - Kapasitas = 187,03 kg/jam 	Stanlees Stell SA 240 Grade M Type 316	1
32	Cooler	E-157	Double Pipe Heat Exchanger	<ul style="list-style-type: none"> - Do = 2,38 in - Di = 2,06 in - L = 12 ft - Kapasitas = 214,24 kg/jam 	Stanlees Stell SA 240 Grade M Type 316	1
33	Storage C ₃ H ₈ O ₂	F-158A	Silinder Tegak	<ul style="list-style-type: none"> - do = 180 in - di = 179 in - Ph = 26 in - Pi = 26 in - Ts = 6/16 in - Ls = 448,125 in - H = 508,711 in - Tha = 6/16 in - Thb = 6/16 in - Ha/Hb = 30,29 in 	Carbon Steel SA 240	1

34	Storage $C_6H_{14}O_3$	F-158B	Silinder Tegak	<ul style="list-style-type: none"> - do = 180 in - di = 179 in - Ph = 17,11 in - Pi = 17,11 in - Ts = 4/16 in - Ls = 448,125 in - H = 508,711 in - Tha = 4/16 in - Thb = 4/16 in - Ha/Hb = 30,29 in 	Carbon Steel SA 240	1
35	$C_9H_{20}O_4$	F-158C	Silinder Tegak	<ul style="list-style-type: none"> - do = 180 in - di = 179 in - Ph = 15,06 in - Pi = 15,06 in - Ts = 4/16 in - Ls = 448,125 in - H = 508,711 in - Tha = 4/16 in - Thb = 4/16 in - Ha/Hb = 30,29 in 	Carbon Steel SA 240	1

BAB VI

PERANCANGAN ALAT UTAMA

Nama Alat : Kolom Destilasi
Kode : D-140
Fungsi : Memisahkan produk utama dari produk samping
Type kolom : Silinder tgak dengan tutup atas dan bawah brbentuk standar dish
Type tray : Sieve tray

Dasar perencanaan prancangan

- Tekanan operasi : 1 atm
- Feed masuk, q : 1
- Suhu feed masuk : 190 °C
- Kolom destilasi dilengkapi kondensor parsial dan reboiler parsial

Direncanakan

- Bahan konstruksi : Stainless Steel SA 240 Grade M type 316
f = 17985 (Brownell, 1959. App D-4)
- Jenis pengelasan : Double welded butt joint
E = 0,8 (Brownell, 1959. tabel 13-2)
- Faktor korosi : 1/16 = 0,0625 in

a. Menentukan jumlah plate

Dari App. A diperoleh:

$$N_m = 11,0624 \approx 11$$

Dari perry ed 6 hal 13-38, diambil:

$$N_{\min} = 0,5 N$$

$$N = \frac{11}{0,5} \\ = 22,1 \text{ buah}$$

b. Menentukan letak umpan masuk

Dari App. A diperoleh:

$$X_{HF} = 0,0926$$

$$X_{LF} = 0,8966$$

$$X_{HD} = 0,0001$$

$$X_{LB} = 0,0087$$

$$D = 108,0487 \text{ kmol/jam}$$

$$B = 12,360108 \text{ kmol/jam}$$

$$\log \frac{N_e}{N_s} = 0,206 \log \left[\left(\frac{X_{HF}}{X_{LF}} \right) \cdot \frac{B}{D} \cdot \left(\frac{X_{LB}}{X_{HD}} \right)^2 \right]$$

$$\log \frac{N_e}{N_s} = 0,206 \log \left(\left(\frac{0,0926}{0,8966} \right) \cdot \frac{12,360108}{108,0487} \cdot \left(\frac{0,0087}{0,0001} \right)^2 \right)$$

$$\log \frac{N_e}{N_s} = 0,39704$$

$$\frac{N_e}{N_s} = 2,4948$$

Sehingga,

$$N_e + N_s = 24,6 \approx 25$$

$$N_s = 10$$

$$N_e = 15$$

Jadi feed masuk pada plate ke 15 dari bawah

c. Menentukan distribusi beban massa pada kolom

Dari App B, diperoleh:

Enriching

$$V = 173,6307 \text{ kmol/jam}$$

$$L = 65,5820 \text{ kmol/jam}$$

Exhausting

$$V' = 173,6307 \text{ kmol/jam}$$

$$L' = 185,9908 \text{ kmol/jam}$$

- Dari App A, diperoleh:

Komponen	X_F	X_D	X_B	Y_F	Y_D	Y_B	BM
H ₂ O	0,002	0,0017		0,0015	0,0017		18,01528
C ₃ H ₈ O ₂ (LK)	107,96	0,9982	0,0087	0,8966	0,9982	0,0087	76,09442
C ₆ H ₁₄ O ₃ (HK)	11,156	0,0112	0,9016	0,0926	0,0001	0,9016	134,17356
C ₉ H ₂₀ O ₄	1,1077		0,0896	0,0092		0,0896	192,2527
Jumlah	120	1	1	1	1	1	420,53596

- Perhitungan beban destilasi

Bagian	Uap			Liquid		
	kmol/jam	BM	kg//jam	kmol/jam	BM	kg/jam
Enriching						
Atas	173,6307	75,9878	13193,8109	65,5820	75,9878	4983,4307
Bawah	173,6307	82,4553	14316,7672	65,5820	9925,06	650905,32
Exhausting						
Atas	173,6307	82,4553	14316,7672	185,9908	9925,06	1845969,9
Bawah	173,6307	138,871	24112,3213	185,9908	138,871	25828,785

- Berdasarkan perhitungan, beban destilasi terletak pada enriching bagian atas dan pada exhausting bagian bawah

$$V' = 24112,3213 \text{ kg/jam}$$

$$L' = 25828,7853 \text{ kg/jam}$$

- Perhitungan densitas campuran

Densitas vapor:

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

$$T = 462,709 \text{ K}$$

$$\rho_v = \frac{BM \times T \times P}{V \times T_i \times P_0} = \frac{138,871 \times 273,15 \times 1}{359,05 \times 462,709 \times 1}$$

$$\rho_v = 0,2283 \text{ lb/ft}^3$$

$$= 0,004 \text{ g/cm}^3$$

$$= 0,00003 \text{ mol/cm}^3$$

Komponen	x_B	ρ (lb/ft ³)	$\rho_L = \rho \cdot x_B$		
			lb/ft ³	g/cm ³	mol/cm ³
H ₂ O	0,0015	58,430	0,0892	0,0014	0,00001
C ₂ H ₆ O ₂	0,8966	65,543	58,7676	0,9413	0,00678
C ₄ H ₁₀ O ₃	0,0926	75,988	7,0401	0,1128	0,00081
C ₆ H ₁₄ O ₄	0,0092	82,877	0,7624	0,0122	0,00009
Jumlah	1		66,6593	1,0677	0,00769

Dari App A, diperoleh:

$$\Sigma P \cdot X_i = 760 \text{ mmHg}$$

$$= 14,7022 \text{ psia}$$

$$= 1013682,7 \text{ dyn/cm}^2$$

$$\sigma^{1/4} = \Sigma P \cdot X_i (X_i - \rho_L)$$

$$= 1013682,7 [1 - 0,0077]$$

$$= 1005888,8 \text{ dyn/cm}$$

$$\sigma = 31,6692 \text{ dyn/cm}$$

d. Menaksir diameter tray dan tray spacing kolom destilasi

$$\text{Laju alir uap} = 24112,3213 \text{ kg/jam}$$

$$= 10937,1078 \text{ lb/jam}$$

$$V = \frac{10937,1078 \text{ lb/jam}}{0,17 \text{ lb/ft}^3} \times \frac{1 \text{ jam}}{3600 \text{ s}}$$

$$V = 17,8711 \text{ ft}^3/\text{s}$$

Dengan menggunakan persamaan 3-1 dan 3-2 (Kusnarjo, 2012)

$$d_t = 1,13 \sqrt{\frac{V}{G}} = 1,13 \sqrt{\frac{10937,1078}{G}}$$

$$G = C \sqrt{\rho_v (\rho_L - \rho_v)} = C \sqrt{0,2283 [66,6593 - 0,2283]}$$

Diasumsikan biaya untuk satu bagian tray, sebagai berikut:

- Silinder/Shell : Rp. 50.000 /ft²
- Tray/Plate : Rp. 40.000 /ft²
- Down comer : Rp. 35.000 /ft²

$$\text{Silinder} = (\pi \cdot d_i \cdot T) \cdot \text{Rp}$$

$$\text{Tray} = ((\pi/4) \cdot d_i^2 - A_d) \cdot \text{Rp}$$

$$\text{Down comer} = (W_d \cdot T) \cdot \text{Rp}$$

Dari gambar 3.6, grafik hubungan surface tension dan faktor C (Kusnarjo, 2012)

Tray spacing : 10 - 36 in

Surface tension, σ : 31,6692 dyn/cm

Untuk menaksir harga satu bagian tray, dari gambar 3.4 diasumsikan sebagai berikut :

$$L_w/d_i = 75\%$$

$$A_d = 13\%$$

$$W_d = 17\%$$

T ft	C	G lb/ft ²	d _i ft	Biaya tiap bagian tray (Rp)			Total biaya Rp.
				Silinder	Tray	Down comer	
0,83	148	576,4	4,92	643744	755594	4956,35	1404294
1	258	1004,8	3,73	585315	431224	5950,00	1022489
1,25	420	1635,7	2,92	573435	262889	7437,50	843762
1,5	510	1986,2	2,65	624461	215579	8925,00	848965
1,67	555	2161,5	2,54	665135	197678	9916,87	872731
2	645	2512,0	2,36	740371	169370	11900,00	921641

Satu bagian tray termurah terletak pada = 1,25 ft dengan harga d_i = 2,92 ft
 \approx 3 ft
 $=$ 35,1 in

e. Menentukan tipe aliran

$$\text{Laju alir liquid} = 25828,7853 \text{ kg/jam}$$

$$= 11715,6787 \text{ lb/jam}$$

$$L = \frac{11715,6787 \text{ lb/jam}}{60 \text{ menit/jam}} \times \frac{7,48 \text{ gal/ft}^3}{48,5 \text{ lb/ft}^3}$$

$$L = 30,1145 \text{ gpm}$$

$$L_{\max} = 1,3 L$$

$$= 39,149 \text{ gpm}$$

Sehingga dari Kusnarjo, 2012 gambar 3.8, didapatkan tipe aliran "cross flow"

f. Pengecekan terhadap liquid head (hd)

Syarat desain kolom yang baik, yaitu $hd < 1$

$$h_{\text{ow max}} = \left(\frac{Q_{\max}}{2,98 L_w} \right)^{2/3} \quad \text{dan} \quad h_{\text{ow min}} = \left(\frac{Q_{\min}}{2,98 L_w} \right)^{2/3}$$

$$h_{1 \max} = h_w + h_{\text{ow max}} \quad \text{dan} \quad h_{1 \min} = h_w + h_{\text{ow min}}$$

$$Q_{\max} = 1,3 \times L = 1,3 \times 30,1145 = 39,149 \text{ gpm}$$

$$Q_{\min} = 0,7 \times L = 0,7 \times 30,1145 = 21,080 \text{ gpm}$$

Tinggi weir (h_w) sebesar 1,5 - 3,5 in, dimana pada desain ini diambil:

$$\text{Tinggi weir } (h_w) = 1,5 \text{ in}$$

Maka didapatkan harga sebagai berikut:

L_w/d_t	55%	60%	65%	70%	75%	80%
L_w	19,285	21,0381	22,7913	24,5445	26,2977	28,0509
$h_{ow \max}$	0,77421	0,73057	0,69261	0,65922	0,62959	0,60308
$h_{ow \min}$	0,51242	0,48354	0,45842	0,43632	0,4167	0,39915
h_w	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
$h_l \max$	2,27421	2,23057	2,19261	2,15922	2,12959	2,10308
$h_l \min$	2,01242	1,98354	1,95842	1,93632	1,9167	1,89915

Karena h_l mempunyai harga sebesar 2,0 in - 4,0 in, maka dari tabel diatas diambil

optimasi L_w/d_t sebesar = 65%

$$h_w - h_c = \frac{1}{2}$$

Maka,

$$h_c = 1 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} A_{dc} &= L_w \times h_c \\ &= 1,89928 \times 0,08333 \\ &= 0,15827 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

Untuk $L_w/d_t = 65\%$ dari gambar 3.4 (Kusnarjo, 2012) diperoleh harga:

$$\begin{aligned} A_d &= 13\% A_t \\ &= 13\% \times \frac{\pi}{4} \cdot d_t^2 \\ &= 0,87129 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

Dari A_{dc} dan A_d diambil nilai yang terkecil, sehingga $A_p = A_t = 0,87129 \text{ ft}^2$ maka:

$$\begin{aligned} h_d &= 0,03 \left(\frac{Q_{\max}}{100 A_p} \right)^2 = 0,03 \left(\frac{21,080}{100 \times 0,87129} \right)^2 = 0,00176 \text{ ft} \\ &= 0,02107 \text{ in} \end{aligned}$$

Karena $h_d = 0,02107 \text{ in} < 1 \text{ in}$ maka tinggi liquid head memenuhi syarat

g. Pengecekan terhadap harga tray spacing (T)

Dari hasil desain $L_w/d_t = 65\%$ dan $d_t = 3 \text{ ft}$

Maka dari tabel 3.1 (Kusnarjo,2012) didapatkan lebar down comer (W_d) sebesar:

$$\begin{aligned} W_d &= 17\% d_t = 17\% \times 2,92 = 0,49673 \text{ ft} \\ &= 5,96081 \text{ in} \end{aligned}$$

Lebar calming zone (W_s) dan End wastage (W_w) diambil masing-masing sebesar 3 in maka,

$$x = \frac{d_t}{2} - \frac{W_d + W_s}{12} = \frac{3}{2} - \frac{0,5 + 3}{12} = 1,17 \text{ ft}$$

$$r = \frac{d_t}{2} - \frac{W_w}{12} = \frac{3}{2} - \frac{3}{12} = 1,21 \text{ ft}$$

$$A_d = 2 \left(x \sqrt{r^2 - x^2} + r^2 \sin^{-1} \frac{x}{r} \right)$$

$$= 2 \left(1,17 \sqrt{1,21^2 - 1,17^2} + 1,21^2 \sin^{-1} \frac{1,17}{1,21} \right) = 4,57 \text{ ft}$$

$$\text{Untuk bentuk } \Delta = \frac{A_o}{A_a} = \frac{0,785}{n^2}$$

n	2,5	3	3,5	4	4,5
A _a	4,5723	4,5723	4,5723	4,5723	4,5723
A _o	0,57428	0,39881	0,293	0,22433	0,17725

$$\text{Untuk } n = 2,5$$

$$V_{\max} = 1,3 \text{ V}$$

$$= 1,3 \times 17,8711$$

$$= 23,2324 \text{ ft}^3/\text{s}$$

$$U_{o \max} = \frac{V_{\max}}{A_o} = \frac{23,2324}{0,57428} = 40,4548 \text{ ft/s}$$

$$A_c = A_t - A_d$$

$$= 6,70223 - 0,36862$$

$$= 6,33361 \text{ ft}^2$$

$$h_p = 12 \left(\frac{\rho_v}{\rho_L} \right) 1,14 \left(\frac{U_o^2}{2 \cdot g_c} \right) \left[0,4 \left(1,25 - \frac{A_o}{A_c} \right) + \left(1 - \frac{A_o}{A_c} \right)^2 \right]$$

$$= 12 \left(\frac{0,23}{66,7} \right) 1,14 \left(\frac{40,455^2}{2 \times 32,2} \right) \left[0,4 \left(1,25 - \frac{0,4}{6,33} \right) + \left(1 - \frac{0,4}{6,33} \right)^2 \right]$$

$$= 1,61093 \text{ in}$$

$$h_r = \frac{31,2}{\rho_L} = \frac{31,2}{66,6593} = 0,47 \text{ in}$$

$$h_l = h_w + h_{ow \max} = 1,5 + 0,69261 = 2,193 \text{ in}$$

$$h_t = h_p + h_r + h_l = 1,61 + 0,47 + 2,19 = 4,272 \text{ in}$$

$$h_b = h_t + h_l + h_d = 4,27 + 2,19 + 0,02 = 6,485 \text{ in}$$

Pengecekan terhadap T

$$T \geq 2 h_b - h_w$$

$$15 \text{ in} \geq 2 \times 6,485 - 1,5$$

$$15 \text{ in} \geq 11,4706 \text{ in}$$

Kesimpulan: Tray spacing hasil rancangan memenuhi syarat

h. Pengecekan Weeping

Syarat: $h_{pm} > h_{pw}$

$$V_{\min} = 0,7 \text{ V}$$

$$= 0,7 \times 17,8711$$

$$\begin{aligned}
 &= 12,5098 \text{ ft}^3/\text{s} \\
 U_{o \min} &= \frac{V_{\min}}{A_o} = \frac{12,5098}{0,39881} = 31,368 \text{ ft/s} \\
 h_{pm} &= 12 \left(\frac{\rho_v}{\rho_L} \right) 1,14 \left(\frac{U_o^2}{2 \cdot g_c} \right) \left[0,4 \left[1,25 - \frac{A_o}{A_c} \right] + \left[1 - \frac{A_o}{A_c} \right]^2 \right] \\
 &= 12 \left(\frac{0,23}{66,7} \right) 1,14 \left(\frac{31,368^2}{2 \times 32,2} \right) \left[0,4 \left[1,25 - \frac{0,4}{6,33} \right] + \left[1 - \frac{0,4}{6,33} \right]^2 \right] \\
 &= 0,96853 \text{ in} \\
 h_{pw} &= 0,2 + 0,05 \times 2,012 \\
 &= 0,30062 \text{ in}
 \end{aligned}$$

$h_{pm} \geq h_{pw}$, maka stabilitas tray dan weeping memenuhi syarat

i. Pengecekan pada Entrainment

Syarat: tidak terjadi entrainment apabila $e_0/e > 1$

$$\begin{aligned}
 e &= 0,22 \left(\frac{73}{\sigma} \right) \left(\frac{U_c}{T_e} \right)^{3,2} \\
 &= 0,22 \left(\frac{73}{31,6692} \right) \left(\frac{3,66812}{9,51847} \right)^{3,2} \\
 &= 0,02398
 \end{aligned}$$

Dimana,

$$e_0 = 0,1$$

Maka,

$$\frac{e_0}{e} = \frac{0,1}{0,02398} = 4,17 \geq 1 \text{ maka disimpulkan tidak terjadi entrainment}$$

j. Pelepasan uap dalam down comer

$$\text{Syarat pelepasan uap dalam down comer cukup sempurna: } \frac{W_l}{W_d} \leq 0,6$$

Dimana,

$$\begin{aligned}
 W_l &= 0,8 \sqrt{h_{ow} (T + h_w - h_b)} \\
 &= 0,8 \sqrt{0,77421 [15 + 2 - 6,485]} \\
 &= 2,2276 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Maka,

$$\frac{W_l}{W_d} = \frac{2,2276}{5,96} = 0,37 \leq 0,6 \text{ (Pelepasan gas dalam down comer sempurna)}$$

k. Menentukan dimensi kolom

$$\text{Jumlah tray aktual} = 25 \text{ buah}$$

$$\text{Jumlah tray total} = \text{tray aktual} + 1 \text{ tray kondensor}$$

$$= 26 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak antar tray, } T = 15 \text{ in}$$

$$\text{Tinggi shell} = \text{Jumlah tray total} \times \text{Jarak antar tray}$$

$$= 26 \times 15$$

$$\begin{aligned}
 &= 390 \text{ in} \approx 32,5 \text{ ft} \\
 \text{di shell} &= 35,1 \text{ in} \approx 2,92 \text{ ft} \\
 \text{Total hl dalam shell} &= \text{Jumlah tray total} \times \text{hl} \\
 &= 26 \times 2,19 \\
 &= 57 \text{ in} \approx 4,75 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

1. Menentukan tekanan desain (pi)

$$\begin{aligned}
 \text{Ph} &= \frac{\rho (H-1)}{144} \\
 &= \frac{66,6593 [4,751 - 1]}{144} \\
 &= 1,73622 \\
 \text{P operasi} &= 1 \text{ atm} \\
 &= 14,7 \text{ psi} \\
 \text{Pi} &= \text{P operasi} + \text{Ph} \\
 &= 14,7 + 1,7362 \\
 &= 16,4362 \text{ psi} \\
 &= 1,7362 \text{ psig}
 \end{aligned}$$

m. Menghitung tebal silinder (t_s)

$$\begin{aligned}
 \text{Tebal shell } (t_s) &= \frac{P_i \cdot d_i}{2(f \cdot E - 0,6 P_i)} + C \\
 &= \frac{16,4362 \times 35}{2 [17985 \times 0,8 - 0,6 \times 16,4362]} + 0,0625 \\
 &= 0,08254 \times \frac{16}{16} \\
 &= \frac{1,3207}{16} \Leftrightarrow \frac{3}{16}
 \end{aligned}$$

Standarisasi d_o & d_i

$$\begin{aligned}
 d_o &= d_i + 2t_s \\
 &= 35,1 + 0,38 \\
 &= 35,4 \text{ in} \Leftrightarrow 36 \text{ in} \quad (\text{Brownell, 1959. tabel 5-7, hal 89}) \\
 d_i &= d_o - 2t_s \\
 &= 36 - 0,38 \\
 &= 35,6 \text{ in} \approx 2,97 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

n. Menentukan dimensi tutup atas dan bawah

- Tebal tutup atas (t_{ha})

$$\begin{aligned}
 t_{ha} &= \frac{0,885 \times P_i \times d_i}{f \cdot E - 0,1 P_i} + C \\
 &= \frac{0,885 \times 16,4362 \times 35,6250}{[17985 \times 0,8 - 0,1 \times 16,4362]} + 0,0625 \\
 &= 0,09852 \text{ in} \times \frac{16}{16} \\
 &= \frac{1,6}{16} \Leftrightarrow \frac{3}{16}
 \end{aligned}$$

- Tinggi tutup atas (h_a)

$$\begin{aligned} h_a &= 0,169 \cdot d_i \\ &= 0,169 \times 35,6 \\ &= 6,02063 \text{ in} \approx 0,502 \text{ ft} \end{aligned}$$

- Tebal tutup bawah (thb)

$$\begin{aligned} thb &= \frac{0,885 \times \pi \times d_i}{f \cdot E - 0,1 \pi} + C \\ &= \frac{0,885 \times 16,4362 \times 35,6250}{\left[17985 \times 0,8 - 0,1 \times 16,4362 \right]} + 0,0625 \\ &= 0,09852 \text{ in} \times \frac{16}{16} \\ &= \frac{1,5763}{16} \Leftrightarrow \frac{3}{16} \end{aligned}$$

- Tinggi tutup bawah (h_b)

$$\begin{aligned} h_b &= 0,169 \cdot d_i \\ &= 0,169 \times 35,6 \\ &= 6,0206 \text{ in} \approx 0,502 \text{ ft} \\ \text{Tinggi kolom} &= \text{Tinggi shell} + h_a + h_b \\ &= 390 + 6,02063 + 6,0206 \\ &= 402,041 \text{ in} \approx 33,5 \text{ ft} \end{aligned}$$

o. Perancangan Nozzle

Komposisi	BM	F, kg/jam	V, kg/jam	Lo, kg/jam	V', kg/jam	L', kg/jam
H ₂ O (LK)	18	3,311	5,3202	2,0095	57,797	29,267
C ₃ H ₈ O ₂ (LK)	76,1	8215,286	13188,5	4981,4219	25200,337	12760,868
C ₆ H ₁₄ O ₃ (HK)	134	1496,786	2,405285	0,90849964	4416,597	2236,463
C ₉ H ₂₀ O ₄	192	212,960				
Jumlah		9928,342	13196,218	4984,340	29674,730	15026,598

Nozzle untuk kolom destilasi secara umum dibagi menjadi 5

1. Nozzle feed masuk

$$\begin{aligned} \text{Rate massa} &= 21888,2219 \text{ lb/jam} \\ \rho_L &= 66,6593 \text{ lb/ft}^3 \\ Q &= \frac{m}{\rho_L} = \frac{21888,2219}{66,6593} = 328,3598 \text{ ft}^3/\text{jam} \\ &= 0,0912 \text{ ft}^3/\text{s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_{i \text{ optimal}} &= 3,9 Q^{0,45} \rho^{0,13} \quad (\text{Timmerhaus, 1991}) \\ &= 3,9 \times 0,0912^{0,45} \times 66,6593^{0,13} \\ &= 2,29186 \text{ in} \approx 3 \text{ in} \end{aligned}$$

2. Nozzle top kolom

$$\begin{aligned} \text{Rate massa} &= 29092,6463 \text{ lb/jam} \\ \rho_L &= 66,6593 \text{ lb/ft}^3 \end{aligned}$$

$$Q = \frac{m}{\rho_L} = \frac{29092,6463}{66,6593} = 436,4381 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

$$= 0,1212 \text{ ft}^3/\text{s}$$

$$\begin{aligned} di_{\text{optimal}} &= 3,9 Q^{0,45} \rho^{0,13} \\ &= 3,9 \times 0,1212^{0,45} \times 66,6593^{0,13} \\ &= 2,60493 \text{ in} \approx 3 \text{ in} \end{aligned}$$

3. Nozzle refluks

$$\text{Rate massa} = 10988,5755 \text{ lb/jam}$$

$$\rho_L = 66,6593 \text{ lb/ft}^3$$

$$Q = \frac{m}{\rho_L} = \frac{10988,5755}{66,6593} = 164,8469 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

$$= 0,0458 \text{ ft}^3/\text{s}$$

$$\begin{aligned} di_{\text{optimal}} &= 3,9 Q^{0,45} \rho^{0,13} \\ &= 3,9 \times 0,0458^{0,45} \times 66,6593^{0,13} \\ &= 1,6808 \text{ in} \approx 2 \text{ in} \end{aligned}$$

4. Nozzle bottom kolom

$$\text{Rate massa} = 33127,9389 \text{ lb/jam}$$

$$\rho_L = 66,6593 \text{ lb/ft}^3$$

$$Q = \frac{m}{\rho_L} = \frac{33127,9389}{66,6593} = 496,9742 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

$$= 0,1380 \text{ ft}^3/\text{s}$$

$$\begin{aligned} di_{\text{optimal}} &= 3,9 Q^{0,45} \rho^{0,13} \\ &= 3,9 \times 0,1380^{0,45} \times 66,6593^{0,13} \\ &= 2,76173 \text{ in} \approx 4 \text{ in} \end{aligned}$$

5. Nozzle uap reboiler

$$\text{Rate massa} = 65421,5042 \text{ lb/jam}$$

$$\rho_L = 66,6593 \text{ lb/ft}^3$$

$$Q = \frac{m}{\rho_L} = \frac{65421,5042}{66,6593} = 981,4314 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

$$= 0,2726 \text{ ft}^3/\text{s}$$

$$\begin{aligned} di_{\text{optimal}} &= 3,9 Q^{0,45} \rho^{0,13} \\ &= 3,9 \times 0,2726^{0,45} \times 66,6593^{0,13} \\ &= 3,75118 \text{ in} \approx 4 \text{ in} \end{aligned}$$

Dari *Brownell & Young, fig. 12.3* didapat dimensi flange untuk semua nozzle di pilih flange standart type slip on dengan dimensi:

Nozzle	NPS	A	T	R	E	L	B
1	3	7,5	0,94	5,00	4,25	1,19	2,59

2	3	7,5	0,94	5,00	4,25	1,19	3,59
3	2	6	0,75	3,63	3,06	1,00	2,44
4	4	9	0,94	6,19	5,31	1,31	4,56
5	4	9	0,94	6,19	5,31	1,31	4,06

Keterangan

NPS : Ukuran nominal pipa

A : Diameter luar flange, in

T : Tebal minimal flange, in

R : Diameter luar bagian yang menonjol, in

E : Diameter hubungan, in

L : Panjang hubungan, in

B : Diameter dalam flange, in

p. Sambungan antar tutup dengan shell

Untuk mempermudah pemeliharaan dan perbaikan dari kolom destilasi, maka tutup menara dihubungkan dengan bagian shell menggunakan sistem flange dan bolting.

- Flange

Bahan konstruksi : high Alloy steel SA-336 Grade F8 type 304

Allowable stress : 16500 (Brownell, 1959. App D-4)

Tensile stress min : 75000

Type Flange : Ring Flange Loose Type

- Bolting

Bahan konstruksi : High Alloy steel SA-193 Grade B8t type 321

Allowable stress : 15000

Tensile stress min : 75000

- Gasket

Bahan konstruksi : Solid Flat Metal Iron

Gasket faktor (m) : 5,5

Y : 18000

1. Menentukan lebar gasket (W_G)

$$\frac{d_o}{d_i} = \sqrt{\frac{y-p.m}{y-p(m+1)}} = \sqrt{\frac{18000 - 14,7 \times 5,5}{18000 - 14,7 \times (5,5 + 1)}}$$

$$= 1,00041$$

dimana, $d_i = 36$ in (do shell = di gasket)

maka, $d_{OG} = 36,015$ in

$$W_{G \min} = \frac{d_{OG} - d_i}{2} = \frac{36,015 - 36}{2} = \frac{0,12}{2} \approx \frac{3}{16} \text{ in}$$

$$\approx 0,1875 \text{ in}$$

$$d_{\text{rata-rata}} (G) = d_i + W_G = 36 + 0,1875 = 36,1875 \text{ in}$$

2. Menentukan jumlah dan ukuran baut

- Beban agar gasket tidak bocor H_Y

$$Wm_2 = H_Y = b.\pi.G.y \quad (\text{Brownell, 1959, pers. 12.88})$$

Dari fig. 12.12, didapatkan lebar seating gasket bawah

$$b_o = b = \frac{N}{2} = \frac{0,1875}{2} = 0,09375 \text{ in}$$

sehingga,

$$\begin{aligned} H_Y &= 0,09375 \times 3,14 \times 36,1875 \times 18000 \\ &= 191748,5156 \text{ lb} \end{aligned}$$

- Beban tanpa tekanan (H_p)

$$\begin{aligned} H_p &= 2 \cdot b \cdot \pi \cdot G \cdot m \cdot P \quad (\text{Brownell, 1959, pers. 12.90}) \\ &= 2 \times 0,09375 \times 3,14 \times 36,1875 \times 5,5 \times 14,7 \\ &= 1722,5408 \text{ lb} \end{aligned}$$

- Beban baut karena internal pressure (H)

$$\begin{aligned} H &= \frac{\pi \cdot G^2 \cdot P}{4} \quad (\text{Brownell, 1959, pers. 12.89}) \\ &= \frac{3,14 \times 36,1875^2 \times 14,7}{4} \\ &= 15111,38094 \text{ lb} \end{aligned}$$

- Total beban pada kondisi operasi

$$\begin{aligned} W_{m_1} &= H_p + H = 1722,5408 + 15111,38094 \\ &= 16833,9218 \text{ lb} \end{aligned}$$

$W_{m_1} < W_{m_2}$ (maka W_{m_2} digunakan sebagai pengontrol)

3. Menentukan luas bolting minimum area

$$A_m = \frac{W_{m_2}}{f_b} = \frac{191748,5156}{15000} = 12,7832 \text{ in}^2$$

4. Menentukan bolting minimum

Dari Brownell 1959, tabel 10.4 diperoleh:

$$\text{Ukuran baut} = 0,625$$

$$\text{Root area} = 0,202 \text{ in}^2$$

$$\text{Bolting min} = \frac{A_m}{\text{Root area}} = \frac{12,7832}{0,202} = 63,2833 \approx 63 \text{ buah}$$

$$B_s = 1,5 \text{ in}$$

$$R = 0,9375 \text{ in}$$

$$E = 0,75 \text{ in}$$

$$C = \text{di shell} + 2(1,4159 \cdot g_o + R)$$

$$g_o = t_s = \frac{3}{16} = 0,1875 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} \text{maka, } C &= 35,625 + 2 \times [1,4159 \times 0,1875 + 0,9375] \\ &= 38,031 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{do flange} &= C + 2E = 38,031 + 2 \times 0,75 \\ &= 39,531 \text{ in} \end{aligned}$$

- Cek lebar gasket

$$\begin{aligned} A_b \text{ aktual} &= \text{Jumlah bolt} \times \text{root area} \\ &= 63,2833 \times 0,202 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 12,7832 \text{ in}^2 \\
 W_{G \min} &= \frac{A_b \text{ aktual} \cdot F}{2 \cdot \pi \cdot Y \cdot G} \\
 &= \frac{12,78323438 \times 15000}{2 \times 3,14 \times 18000 \times 36,1875} \\
 &= 0,04688 \text{ in} \leq 0,0625 \text{ in (memenuhi syarat)} \\
 W_G &= 0,04688 \times \frac{16}{16} = \frac{0,75}{16} \approx \frac{3}{16} \text{ in}
 \end{aligned}$$

5. Menghitung moment

- Untuk keadaan bolting up (tanpa tekanan dalam)

$$\begin{aligned}
 W &= \frac{(A_m + A_b)F}{2} \quad (\text{Brownell, 1959, pers. 12.94}) \\
 &= \frac{[12,7832 + 12,7832] \times 15000}{2} \\
 &= 191748,5156 \text{ lb}
 \end{aligned}$$

- Jarak radial dari beban gasket terhadap bolt circle (hg)

$$\begin{aligned}
 hg &= \frac{C - G}{2} \quad (\text{Brownell, 1959, pers. 12.101}) \\
 &= \frac{38,031 - 36,1875}{2} \\
 &= 0,92173 \text{ in}
 \end{aligned}$$

- Moment flange (M_a)

$$\begin{aligned}
 M_a &= hg \cdot W = 191749 \times 0,92173 = 176741 \text{ lbin} \\
 \text{Dalam keadaan operasi maka, } W &= W_{m_2} = 191748,5156 \text{ lb}
 \end{aligned}$$

- Moment dan Force pada daerah dalam flange (H_D)

$$\begin{aligned}
 H_D &= 0,785B^2 \cdot P \quad (\text{Brownell, 1959, pers. 12.96}) \\
 &= 0,785 \times 36^2 \times 14,7 \\
 &= 14955,1920 \text{ lb}
 \end{aligned}$$

Radial bolt circle pada aksi H_D

$$\begin{aligned}
 h_D &= \frac{C - B}{2} \\
 &= \frac{38,031 - 36}{2} \\
 &= 1,01548 \text{ in}
 \end{aligned}$$

- Moment M_D

$$\begin{aligned}
 M_D &= H_D \cdot h_D \\
 &= 14955,1920 \times 1,01548 \\
 &= 15186,7171 \text{ lbin}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_G &= W - H \quad (\text{Brownell, 1959, pers. 12.98}) \\
 &= 191748,5156 - 15111,38094 \\
 &= 176637,1347 \text{ lb}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_G &= H_G \cdot h_G && \text{(Brownell, 1959, pers. 12.98)} \\
 &= 176637,1347 \times 0,92173 \\
 &= 162811,9670 \text{ lbin}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_T &= H - H_D && \text{(Brownell, 1959, pers. 12.97)} \\
 &= 15111,38094 - 14955,1920 \\
 &= 156,1889 \text{ lb}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 h_T &= \frac{h_D + h_G}{2} \\
 &= \frac{1,01548 + 0,92173}{2} \\
 &= 0,96861 \text{ in}
 \end{aligned}$$

- Moment M_T

$$\begin{aligned}
 M_T &= H_T \cdot h_T \\
 &= 156,1889 \times 0,96861 \\
 &= 151,29 \text{ lbin}
 \end{aligned}$$

Moment total pada keadaan operasi

$$\begin{aligned}
 M_O &= M_D + M_G + M_T \\
 &= 15186,7171 + 162811,9670 + 151,29 \\
 &= 178149,9696 \text{ lbin}
 \end{aligned}$$

5. Menentukan tebal flange (t_F)

$$A = 39,531 \text{ in}$$

$$B = 36 \text{ in}$$

$$K = \frac{A}{B} = 1,09808 \text{ in}$$

Dari Brownell 1959, fig. 12.22 dengan nilai $K = 1,1$ in diperoleh nilai Y

$$Y = 21$$

Sehingga tebal flange,

$$\begin{aligned}
 t_F &= \sqrt{\frac{Y \cdot M_{\max}}{f \cdot B}} = \sqrt{\frac{21 \times 178149,9696}{75000 \times 36}} \\
 &= 1,17712 \times \frac{16}{16} = \frac{18,8339}{16} \approx 1,18 \text{ in}
 \end{aligned}$$

q. Menentukan penyangga

Penyangga dirancang untuk menahan beban kolom destilasi dan perlengkapannya.

Beban-beban yang ditahan oleh kolom penyangga terdiri dari:

a. Berat bagian shell

- Berat shell
- Berat tutup

b. Berat kelengkapan bagian dalam

- Berat downcomer
- Berat tray

c. Berat kelengkapan bagian luar

- Berat pipa

- Berat attachment seperti nozzle, valve dan alat kontrol

1. Perhitungan beban yang harus ditahan kolom penyangga

a. Berat Shell

$$\text{Tebal shell} = 0,1875 \text{ in} = 0,01563 \text{ ft}$$

$$\text{Tinggi Shell} = 390 \text{ in} = 32,5 \text{ ft}$$

$$\text{Keliling Shel} = \pi \times d_o \text{ shell} = 3,14 \times 36 = 113 \text{ in} = 9,42 \text{ ft}$$

$$\text{Luas shell} = \text{Keliling} \times \text{Tebal} = 9,42 \times 0,02 = 0,15 \text{ ft}^2$$

$$\text{Volume Shel} = \text{Luas} \times \text{Tinggi} = 0,147 \times 32,5 = 4,78 \text{ ft}^3$$

$$\rho_{\text{steel}} = 487 \text{ lb/ft}^3 \quad (\text{Perry's 6th tabel 3-118})$$

$$\begin{aligned} \text{Berat shell } (W_s) &= V_{\text{shell}} \times \rho_{\text{steel}} \\ &= 4,78359 \times 487 \\ &= 2329,6102 \text{ lb} \end{aligned}$$

b. Berat tutup

$$W_{di} = A \cdot t \cdot \rho_{\text{steel}}$$

$$A = 6,28 R_c \cdot h \quad (\text{Hesse pers. 4.16})$$

Dimana,

W_d : Berat tutup standart dished

A : Luas tutup standart dished

t : Tebal tutup standar dished = 0,1875 in = 0,01563 ft

$R_c = d_i$: Jari-jari tutup = 35,625 in = 2,96875 ft

h_a : Tinggi tutup atas = 6,02063 in = 0,50172 ft

h_b : Tinggi tutup bawah = 6,0206 in = 0,50172 ft

Maka,

$$\begin{aligned} A_a &= 6,28 \times 2,96875 \times 0,50172 \\ &= 9,35392 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_b &= 6,28 \times 2,96875 \times 0,50172 \\ &= 9,35392 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{d_a} &= 9,35392 \times 0,01563 \times 487 \\ &= 71,1775 \text{ lb} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{d_b} &= 9,35392 \times 0,01563 \times 487 \\ &= 71,1775 \text{ lb} \end{aligned}$$

Berat tutup total

$$\begin{aligned} W_{tu} &= W_{d_a} + W_{d_b} \\ &= 71,1775 + 71,1775 \\ &= 142,355 \text{ lb} \end{aligned}$$

c. Berat down comer

Dipakai dasar perhitungan dengan downcomer tanpa aliran uap

$$A_{dc} = 0,15827 \text{ ft}^2$$

$$\text{Volume} = A_{dc} \cdot \text{Tebal shell}$$

$$= 0,15827 \times 0,01563 = 0,00247 \text{ ft}^3$$

$$\text{Berat 1 plate} = \text{Volume} \cdot \rho_{\text{steel}}$$

$$\begin{aligned}
 W_{dc} &= 0,00247 \times 487 = 1,20436 \text{ lb} \\
 &= \text{Berat 1 plate} \times \text{Jumlah plate} \\
 &= 1,20436 \times 26 = 31,3133 \text{ lb}
 \end{aligned}$$

d. Berat tray

$$\begin{aligned}
 A_t &= \frac{\pi}{4} d^2 \\
 &= \frac{3,14}{4} \times 2,96875^2 = 6,91858 \text{ ft}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume} &= A_t \cdot \text{Tebal shell} \\
 &= 6,91858 \times 0,01563 = 0,1081 \text{ ft}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat 1 tray} &= \text{Volume} \cdot \rho_{\text{steel}} \\
 &= 0,1081 \times 487 = 52,6461 \text{ lb}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_t &= \text{Berat 1 tray} \times \text{Jumlah plate} \\
 &= 52,6461 \times 390 = 20532 \text{ lb}
 \end{aligned}$$

e. Berat liquida

$$W_l = 48255,212 \text{ lb}$$

f. Berat pipa

Pipa yang ada mencakup untuk feed, uap, reboiler, kondensor dan bottom produk ditetapkan panjang pipa 2 kali tinggi kolom destilasi

$$\text{Panjang pipa} = 2 \times 33,503 = 67,0069 \text{ ft}$$

Diambil rata-rata pipa 1,5 in sch 40 dengan berat 2,718 lb/ft

$$W_p = 67,0069 \times 2,718 = 182,125 \text{ lb}$$

g. Berat attachment

Berat attachment meliputi nozzle, valve dan alat kontrol

$$\begin{aligned}
 W_a &= 18\% W_s \\
 &= 18\% \times 2329,6102 = 419,33 \text{ lb}
 \end{aligned}$$

Berat total yang harus ditopang penyangga

$$\begin{aligned}
 W_{\text{total}} &= W_s + W_{tu} + W_{dc} + W_t + W_l + W_p + W_a \\
 &= 71891,9091 \text{ lb}
 \end{aligned}$$

r. Perencanaan skirt support

Sistem penyangga yang digunakan adalah skirt support

$$\text{Tinggi support} = 2 \text{ ft} \approx 24 \text{ in}$$

- Menentukan tebal skirt

Stress karena angin

$$\begin{aligned}
 H &= 2 + \text{Tinggi kolom} \\
 &= 2 + 402,041 = 404,041 \text{ in}
 \end{aligned}$$

$$f_{wb} = \frac{15,89 \left(\frac{d_o + d_i}{2} \right) H^2}{d_o^2 \cdot t} \quad (\text{Brownell, 1959, pers. 9.20})$$

$$= \frac{15,89 \left(\frac{36 + 35,625}{2} \right) 404,041^2}{1296 \cdot x \cdot t}$$

$$= \frac{71681,147}{t}$$

Stress dead weight

$$f_{db} = \frac{\Sigma W}{\pi \cdot do \cdot t} \quad (\text{Brownell, 1959, pers. 9.6})$$

$$= \frac{71891,9091}{3,14 \times 36 \times t}$$

$$= \frac{635,9865}{t}$$

Stress kompresi maksimum

$$f_{c \max} = 0,125 E (t/do) \cos \alpha$$

dimana, E concrete = 2000000 psi (Brownell 1959, hal 184)

$$f_{c \max} = 0,125 \times 2000000 \left[t / 36 \right]$$

$$= 6944,4444 t$$

$$f_{c \max} = f_{wb} + f_{db} \quad (\text{Brownell, 1959, pers. 9.80})$$

$$6944,4444 t = \frac{71681,147}{t} + \frac{635,9865}{t}$$

$$t = \sqrt{\frac{72317,134}{6944,4444}}$$

$$= 3,22702 \text{ in}$$

s. Menentukan bearing plate

Dari Brownell 1959, tabel 10.1 hal 184 diperoleh

$$f_c = 3750 \text{ psi}$$

$$f_{c \max} = 1400 \text{ psi}$$

$$n = 8$$

$$fs \text{ allowable untuk strukturalsteel skirt} = 20000 \text{ psi}$$

$$di = 35,625 \text{ in}$$

Ditetapkan:

$$di \text{ bearing plate} = 36$$

$$do \text{ bearing plate} = 1,07 \times 36$$

$$= 38,52 \text{ in} \approx 3,21 \text{ ft}$$

$$\text{Jumlah chair} = 4 \quad (\text{Brownell 1959, tabel 10.5})$$

$$\text{Jumlah bolt} = 8$$

$$\text{Ukuran baut} = 1 \frac{1}{4} \text{ in}$$

$$\text{Luas bolt} = 0,89 \text{ ft}^2$$

Dari pers. 9.11, Brownell 1959

$$P_w = 0,0025 V_w^2$$

Dimana,

$$P_w : \text{tekanan angin pada permukaan alat (lb/ft}^2\text{)}$$

$$V_w^2 : \text{kecepatan angin} = 100 \text{ mph}$$

Maka,

$$P_w = 0,0025 \times 100^2$$

$$= 25 \text{ lb/ft}^2$$

$$M_w = \frac{1}{2} P_w \cdot H^2 \frac{d_i + d_o}{2}$$

M_w : bending moment pada puncak kolom (lb.ft)

$$M_w = \frac{1}{2} 25 \times 33,670^2 \frac{2,97 + 3}{2}$$

$$= 42291,426 \text{ lbft}$$

$$t_3 = \frac{(d_o - d_i) \text{ bearing}}{2}$$

$$= \frac{38,5 - 36}{2}$$

$$= 1,26 \text{ in}$$

Diperkirakan $f_c = 1400 \text{ psi}$

$K = \frac{1}{1 + \left(\frac{f_s}{n \cdot f_c} \right)}$ (Brownell, 1959, pers. 10.3)

$$= 0,35897$$

$$f_c \text{ (bolt circle)} = f_{c \max} \frac{2 \cdot K \cdot d_o}{2 \cdot K \cdot d_o \cdot t_3}$$

$$= 1400 \times \frac{2 \times 0,35897 \times 38,52}{2 \times 0,35897 \times 38,52 \times 1,26}$$

$$= 1111,11 \leq 1400 \text{ (memenuhi)}$$

Dari Brownell 1959, tabel 10.2, hal 186

Untuk harga $K = 0,35897$ maka,

$C_c = 1,049$

$C_t = 2,772$

$z = 0,469$

$j = 0,771$

$$\text{Tensile load (Ft)} = \frac{M_{dw} - M_w \cdot z \cdot d}{j \cdot d}$$

$$= \frac{71891,9091 - 42291 \times 0,469 \times 3,21}{0,771 \times 3,21}$$

$$= 3322,4 \text{ lb}$$

$$t_1 = \frac{\text{Jumlah baut} \cdot \text{Root area}}{\pi \cdot 1,25}$$

$$= \frac{8 \times 0,89}{3,14 \times 1,25}$$

$$= 1,81401 \text{ in}$$

Relation ship pada tension side

$F_t = f_s \cdot t_1 \cdot r \cdot C_t$ (Brownell, 1959, pers. 10.9)

$$\begin{aligned}
 f_s &= \frac{F_t}{t_1 \cdot r \cdot C_t} \\
 &= \frac{3322,3797}{1,81401 \times 3,21 \times 2,772} \\
 &= 205,831 \text{ psi}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_c &= F_t + W_{dw} \quad (\text{Brownell, 1959, pers. 10.27}) \\
 &= 3322,38 + 71891,9091 \\
 &= 75214,2888 \text{ lb}
 \end{aligned}$$

Kompresive stress sesungguhnya pada bolt circle (fc)

$$\begin{aligned}
 t_2 &= t_3 - t_1 \\
 &= 1,26 - 1,81401 \\
 &= -0,554 \text{ in}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_c &= \frac{F_c}{(t_2 + nt_1) \cdot r \cdot C_c} \quad (\text{Brownell, 1959, pers. 10.8}) \\
 &= \frac{75214,2888}{[-0,554 + 8 \times 1,81401] \times 3,21 \times 0,469} \\
 &= 3579,29
 \end{aligned}$$

Pengecekan harga K

$$\begin{aligned}
 K &= \frac{1}{1 + \left(\frac{f_s}{n \cdot f_c} \right)} \quad (\text{Brownell, 1959, pers. 10.3}) \\
 &= 0,99839
 \end{aligned}$$

Dari Brownell 1959, tabel 10.2, hal 186

Untuk harga K = 0,99839 maka,

$$C_c = 0,852$$

$$C_t = 2,887$$

$$z = 0,48$$

$$j = 0,776$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tensile load (Ft)} &= \frac{M_{dw} - M_w \cdot z \cdot d}{j \cdot d} \\
 &= \frac{71891,9091 - 42291 \times 0,48 \times 3,21}{0,776 \times 3,21} \\
 &= 2701,48 \text{ lb}
 \end{aligned}$$

$$t_1 = 1,81401 \text{ in}$$

Relation ship pada tension side

$$F_t = f_s \cdot t_1 \cdot r \cdot C_t \quad (\text{Brownell, 1959, pers. 10.9})$$

$$\begin{aligned}
 f_s &= \frac{F_t}{t_1 \cdot r \cdot C_t} \\
 &= \frac{2701,4807}{1,81401 \times 3,21 \times 2,887} \\
 &= 160,698 \text{ psi} \quad (\text{Brownell, 1959, pers. 10.27})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_c &= F_t + W_{dw} \\
 &= 2701,5 + 71891,9091
 \end{aligned}$$

$$= 74593,3898 \text{ lb}$$

Kompresive stress sesungguhnya pada bolt circle (fc)

$$\begin{aligned} t_2 &= t_3 - t_1 \\ &= 1,26 - 1,81401 \\ &= -0,554 \text{ in} \end{aligned} \quad (\text{Brownell, 1959, pers. 10.8})$$

$$\begin{aligned} fc &= \frac{Fc}{(t_2 + nt_1) \cdot r \cdot Cc} \\ &= \frac{74593,3898}{[-0,554 + 8 \times 1,81401] \times 3,21 \times 0,852} \\ &= 1954,02 \end{aligned}$$

Pengecekan harga K

$$\begin{aligned} K &= \frac{1}{1 + \left(\frac{fs}{n \cdot fc} \right)} \quad (\text{Brownell, 1959, pers. 10.3}) \\ &= 0,81361 \end{aligned}$$

Dari Brownell 1959, tabel 10.2, hal 186

Untuk harga K = 0,81361 maka,

$$Cc = 0,852$$

$$Ct = 2,887$$

$$z = 0,48$$

$$j = 0,776$$

$$\begin{aligned} \text{Tensile load (Ft)} &= \frac{Mdw - Mw \cdot z \cdot d}{j \cdot d} \\ &= \frac{71891,9091 - 42291 \times 0,48 \times 3,21}{0,776 \times 3,21} \\ &= 2701,4807 \text{ lb} \end{aligned}$$

$$t_1 = 1,81401 \text{ in}$$

Relation ship pada tension side

$$Ft = fs \cdot t_1 \cdot r \cdot Ct \quad (\text{Brownell, 1959, pers. 10.9})$$

$$\begin{aligned} fs &= \frac{Ft}{t_1 \cdot r \cdot Ct} \\ &= \frac{2701,4807}{1,81401 \times 3,21 \times 2,887} \\ &= 160,698 \text{ psi} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Fc &= Ft + Wdw \quad (\text{Brownell, 1959, pers. 10.27}) \\ &= 160,6977 + 71891,9091 \\ &= 72052,6069 \text{ lb} \end{aligned}$$

Kompresive stress sesungguhnya pada bolt circle (fc)

$$\begin{aligned} t_2 &= t_3 - t_1 \\ &= 1,26 - 1,81401 \\ &= -0,554 \text{ in} \end{aligned}$$

$$f_c = \frac{F_c}{(t_2 + nt_1) \cdot r \cdot C_c} \quad (\text{Brownell, 1959, pers. 10.8})$$

$$= \frac{72052,6069}{[-0,554 + 8 \times 1,81401] \times 3,21 \times 0,852}$$

$$= 1887,47$$

Pengecekan harga K

$$K = \frac{1}{1 + \left(\frac{f_s}{n \cdot f_c} \right)}$$

$$= 0,98947$$

$$f_{c \max} = f_c (\text{bolt circle}) \frac{2 \cdot K \cdot d_o \cdot t_3}{2 \cdot K \cdot d_o}$$

$$= 1887,5 \times \frac{2 \times 0,98947 \times 38,52 \times 1,260}{2 \times 0,98947 \times 38,52}$$

$$= 2378,21$$

Dari Brownell, tabel 10.4 hal 188 didapatkan ukuran baut 1 ¼" dengan dimensi

$$\text{Bolt circle} = 2,8125$$

$$\text{Nut dimension} = 2$$

Bearing plate yang digunakan tipe eksternal bolting chair, pada plate dipasang compressing ring agar lebih kuat

$$\text{Ditetapkan tinggi gusset} = 12 \text{ in}$$

Bearing plate diperkuat dengan 8 buah gusset yang mempunyai spasi yang sama

Dari gambar 10.6, Brownell 1959, hal 191, diperoleh:

$$\text{Lebar gusset (A)} = 9 + 1,5 = 10,5$$

$$\text{Jarak antar gusset (b)} = 8 + 1,25 = 9,25$$

$$\text{Luas area bolt (Ab)} = 0,89 \text{ ft}^2$$

$$\text{Beban bolt (P)} = f_s \cdot A_b = 160,697722 \times 0,89 = 143,021 \text{ lb}$$

$$L = d_o \text{ bearing} - d_o \text{ shell}$$

$$= 38,52 - 36 = 2,5 \text{ in}$$

$$\frac{b}{L} = \frac{9,25}{2,5} = 3,67063$$

Dari Brownell 1959, tabel. 10.4, hal 188, didapat

$$e = 2 / 2 = 1$$

$$\mu = \text{poison rasio} = 0,3 \text{ (untuk steel)}$$

$$\gamma_1 = 0,565$$

Maksimum bending (My)

$$My = \frac{P}{4\pi} \left[\left((1 + \mu) \ln \left(\frac{21}{\pi e} \right) + (1 - \gamma_1) \right) \right]$$

$$My = \frac{143,0210}{4 \times 3,14} \times \left[\left((1 + 0,3) \ln \left(\frac{21}{3,14 \times 1} \right) + (1 - 0,565) \right) \right]$$

$$= 33,0837 \text{ lbin}$$

$$t_5 = \sqrt{\frac{6 \cdot My}{f_{\max}}} = \sqrt{\frac{6 \times 33,0837}{20000}} = 0,09962 \text{ in}$$

$$\begin{aligned}
 t_4 &= \sqrt{\frac{6 \cdot My}{(t_3 - bhd) f_{\max}}} = \frac{1,594}{16} \approx \frac{3}{16} \\
 &= 0,02441 = \frac{0,39056}{16} \approx \frac{3}{16} \\
 t_6 &= \frac{3}{16} t_5 = \frac{3}{16} \times \frac{3}{16} = 0,03516 \text{ in} = \frac{0,5625}{16} \approx \frac{3}{16}
 \end{aligned}$$

t. Dimensi anchor bolt

- Panjang = 12 in
- Diameter = 4 in
- Jumlah = 8 buah

u. Dimensi pondasi

Pondasi ter dari beban dengan kandungan air 6 US gal per 94 lb sak semen
(Brownell 1959, tabel 10.1, hal 184)

Beban total yang harus ditahan pondasi

- Berat beban bejana total
- Berat kolom penyangga
- Berat base plate

Ditentukan

- Masing-masing kolom penyangga diberi pondasi
- Spesifikasi pondasi didasarkan atas berat beban setiap kolom penyangga pada sistem pondasi
- Spesifikasi semua penyangga sama

$$\text{Beban yang ditanggung penyangga} = 71891,9091 \text{ lb}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Beban tiap penyangga} &= \text{berat} \times \text{tinggi} \\
 &= 35 \text{ lbin} \times 24 \text{ in} \\
 &= 840 \text{ lb}
 \end{aligned}$$

$$W = 72731,9091 \text{ lb}$$

Gaya yang bekerja pada pondasi dianggap sebagai gaya vertikal berat total kolom, sedangkan bidang kerja dianggap bujur sangkar dengan perencanaan ukuran:

$$\begin{aligned}
 \text{Luas tanah untuk atas pondasi} &= \text{Luas pondasi atas} \\
 &= 40 \times 40 = 1600 \text{ in}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luas tanah untuk dasar pondasi} &= \text{luas pondasi bawah} \\
 &= 60 \times 60 = 3600 \text{ in}^2
 \end{aligned}$$

$$\text{Tinggi pondasi (t)} = 24 \text{ in}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luas rata-rata (A)} &= 0,5 \times [40^2 + 60^2] \\
 &= 2600 \text{ in}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume pondai (V}_p) &= A \cdot t \\
 &= 2600 \times 24
 \end{aligned}$$

$$= 62400 \text{ in}^3$$

$$\text{Densitas untuk gravel} = 126 \text{ lb/ft}^3 \quad (\text{Perry's 6}^{\text{th}} \text{ tabel 3-118})$$

Maka,

$$\begin{aligned} W \text{ pondasi} &= V \cdot \rho \\ &= 62400 \times 126 \times 0,0005787 \\ &= 4549,97 \text{ lb} \end{aligned}$$

Asumsi:

Tanah atas pondasi berupa cement sand & gravel dengan minimum safe bearing power = 5 ton/ft³ dan maksimum safe bearing power = 10 ton/ft³

(Hesse, tabel 12.2 hal 224)

Berat total keseluruhan

$$\begin{aligned} W \text{ total} &= 72731,9091 + 4549,97 \\ &= 77281,8800 \text{ lb} \end{aligned}$$

Tekanan dari sistem pondasi terhadap luas tanah (P)

$$P = \frac{W \text{ total}}{A} = \frac{77281,8800}{2600} = 29,7238 \text{ lb/in}^2$$

Acuan harga safety didasarkan pada minimum bearing power yaitu:

$$6000 \text{ kg/ft}^2 = 91,8617 \text{ lb/in}^2$$

$$\text{Tekanan terhadap tanah} = 29,7238 \leq 91,8617 \text{ lb/in}^2$$

(pondasi dapat digunakan)

v. Spesifikasi kolom destilasi

1. Silinder/shell

- Diameter dalam : 35,625 in
- Diameter luar : 36 in
- Tinggi : 402,041 in
- Tebal : 0,1875 in
- Bahan konstruksi : Stainless Steel SA 240 Grade M type 316

2. Tutup Atas dan Tutup Bawah

- Crown radius : 35,625 in
- Tinggi tutup atas : 6,0206 in
- Tinggi tutup bawah : 6,0206 in
- Tebal : 0,1875 in
- Bahan konstruksi : Stainless Steel SA 240 Grade M type 316

3. Tray

- Jumlah tray : 26 buah
- Tebal tray : 0,1875 in
- Susunan pitch : Segitiga
- Bahan konstruksi : Stainless Steel SA 240 Grade M type 316

4. Down comer

- Lebar : 5,961 in
- Luas : 0,15827 ft²
- Bahan konstruksi : Stainless Steel SA 240 Grade M type 316

5. Nozzle

- Diameter feed masuk : 3 in
- Diameter top kolom : 3 in

- Diameter refluks : 2 in
 - Diameter reboiler : 4 in
 - Diameter bottom : 4 in
6. Flange dan Gasket
- Diameter Flange : 40 in
 - Tebal Flange : 1 in
 - Bahan konstruksi : high Alloy steel SA-336 Grade F8 type 304
 - Lebar Gasket : 0,1875 in
 - Diameter Gasket : 36,188 in
 - Bahan konstruksi : Solid Flat Metal Iron
7. Baut
- Ukuran Baut : 1,25 in
 - Jumlah baut : 8 buah
 - Bahan konstruksi : High Alloy Steel SA 193 Grade B8t type 321
8. Skirt Support
- Tinggi : 24 in
 - Tebal : 3,22702 in
 - Bahan konstruksi : High Alloy Steel SA 240 Grade M type 316
9. Bearing plate
- Type : Eksternal Bolting Chair
 - Diameter dalam : 36 in
 - Tebal : 0,1875 in
 - Jumlah : 8 buah
 - Bahan konstruksi : Carbon Steel SA 135 Grade B
10. Anchor Bolt
- Panjang : 12 in
 - Diameter : 4 in
 - Jumlah : 8 buah
11. Pondasi
- Luas pondasi atas : 1600 in²
 - Luas pondasi bawah : 3600 in²
 - Tinggi pondasi : 24 in
 - Bahan konstruksi : Cement, Sand and Gravel

BAB VII

INSTRUMENTASI DAN KESELAMATAN KERJA

Guna meningkatkan kualitas dan kuantitas produk pada pra-rencana pabrik propilen glikol, instrumentasi dan keselamatan kerja adalah faktor yang penting untuk diperhatikan. Industri yang baik sangat memperhatikan instrumentasi dan keselamatan kerja agar suatu proses dapat dijalankan secara maksimal. Perkembangan teknologi saat ini telah memberikan fasilitas pada setiap industri guna meningkatkan sistem produksi sehingga menjadi daya saing pada masing-masing industri.

Instrumentasi digunakan sebagai pendeteksi dan mengontrol jalannya suatu proses agar dapat dikendalikan sesuai dengan variabel yang diinginkan. Keakuratan sistem instrumentasi sangat diperlukan agar suatu proses berjalan dengan baik.

Keselamatan kerja pada suatu industri memegang peran yang penting untuk mencegah kerugian nyawa, materi, alat-alat, sarana, dan prasarana pabrik yang dapat timbul sewaktu-waktu. Dengan pertimbangan tersebut perlu adanya suatu bagian yang berfungsi untuk mengontrol peralatan proses dan manajemen tentang keselamatan kerja.

7.1. Instrumentasi

Dalam mengatur dan mengendalikan kondisi operasi pada alat proses diperlukan adanya alat-alat kontrol atau instrumentasi. Instrumentasi dapat berupa suatu petunjuk atau indikator, perekam atau pengendali (*controller*). Dalam industri kimia banyak variabel yang perlu diukur atau dikontrol seperti temperatur, tekanan, laju alir, ketinggian cairan pada suatu alat.

Pada umumnya instrumentasi dapat dibedakan berdasarkan proses kerjanya, yaitu :

1. Proses manual

Pada proses manual biasanya peralatan itu hanya terdiri dari instrumentasi penunjuk dan pencatat saja yang sepenuhnya ditangani oleh tenaga manusia.

2. Proses otomatis

Pengendalian secara otomatis dilakukan dengan alat kontrol yang dapat bekerja dengan sendirinya dan terhubung oleh monitor agar setiap saat kita dapat memantau *performance* alat proses.

Pengendalian proses yang dilakukan secara otomatis dilakukan dengan pertimbangan biaya yang cukup matang, karena biasanya penggunaan alat control otomatis memakan biaya yang lebih besar atau sebaliknya justru lebih murah daripada pemakaian alat kontrol manual. Pengendalian proses secara otomatis memiliki keuntungan antara lain:

- Mengurangi jumlah pegawai (man power).
- Keselamatan kerja lebih terjamin.
- Hasil proses lebih akurat dan dapat dipertanggungjawabkan.

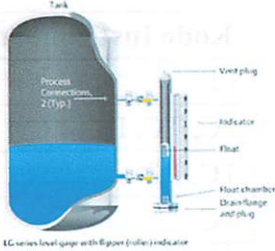
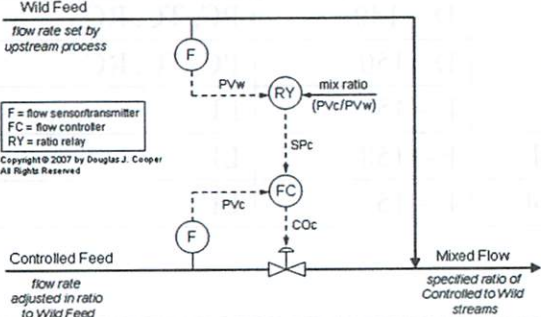
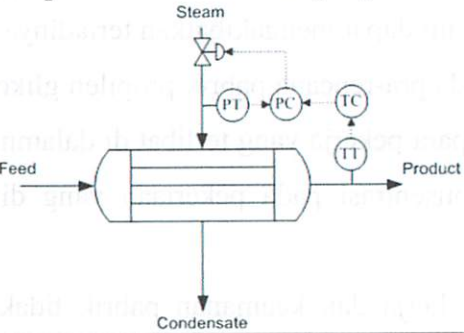
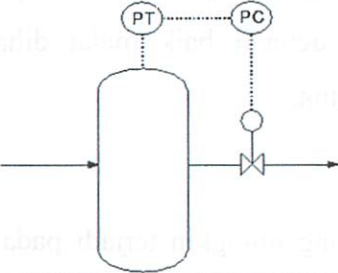
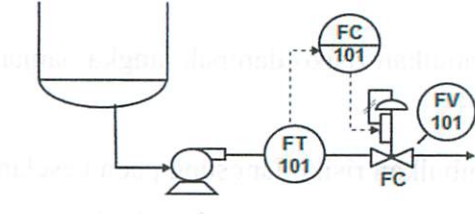
Beberapa bagian instrumen yang diperlukan proses secara otomatis, antara lain :

- Sensing element/Primary element
- Element pengukur
- Element pengontrol

Tujuan pemasangan instrumentasi adalah :

1. Menjaga kondisi operasi suatu peralatan agar tetap berada dalam kondisi operasi yang aman.
2. Mengatur laju produksi agar berada dalam batas yang direncanakan.
3. Kualitas produksi lebih terjaga dan terjamin.
4. Membantu memudahkan pengoperasian suatu alat.
5. Kondisi-kondisi berbahaya dapat diketahui secara dini melalui alarm peringatan.
6. Efisiensi kerja akan lebih meningkat.

Tabel 7.1. Alat-alat instrumentasi

No.	Nama Instrumentasi	Prinsip Kerja
1.	<p><i>Level Indicator (LI)</i></p> 	Mengetahui maksimal dan minimal ketinggian fluida yang ada dalam tangki agar tidak melebihi batas yang telah ditentukan, dan mengetahui ada tidaknya ketersediaan bahan dalam tangki.
2.	<p><i>Ratio controller (RC)</i></p> 	Mengontrol rate bahan masuk yang lebih dari satu bahan agar tetap konstan sesuai dengan rate yang dibutuhkan.
3.	<p><i>Temperature Controller (TC)</i></p> 	Mengatur temperatur agar beroperasi pada temperatur konstan.
4.	<p><i>Pressure Controller (PC)</i></p> 	menjaga tekanan agar tetap sesuai dengan yang ditetapkan.
5.	<p><i>Flow Controller (FC)</i></p> 	menjaga laju alir fluida melalui perpipaan tetap sesuai yang ditetapkan agar tidak terjadi over load bahan masuk.

Pemasangan alat instrumentasi pada masing-masing peralatan proses terlihat pada Tabel 7.2.

Tabel 7.2. Pemasangan alat kontrol pada pra rencana pabrik Propilen Glikol

No.	Nama Alat	Kode Alat	Kode Instrumentasi
1.	Storage Propilen oksida	F – 111	LI
2.	Reaktor	R – 110	PC, TC, RC, FC
3.	Evaporator I,II dan III	V – 120	TC, PC
4.	Flush Drum	D – 124	TC
5.	Kolom Destilasi I	D – 130	PC, TC, RC
6.	Kolom Destilasi II	D – 140	PC, TC, RC
7.	Kolom Destilasi III	D - 150	PC, TC, RC
8.	Penampung Propilen Glikol	F – 157	LI
9.	Penampung Dipropilen glikol	F – 158	LI
10.	Penampung Tripropilen glikol	F – 159	LI

7.2. Keselamatan Kerja

Pada suatu industri, keselamatan kerja merupakan faktor yang harus mendapat perhatian besar, sebab mengabaikan masalah ini dapat mengakibatkan terjadinya hal-hal yang tidak diinginkan. Keselamatan kerja pada pra-rencana pabrik propilen glikol dapat menjamin secara psikologis dapat membuat para pekerja yang terlibat di dalamnya agar merasa aman dan tenang serta lebih berkonsentrasi pada pekerjaan yang ditangani sehingga produktivitas juga akan meningkat.

Usaha untuk menjaga keselamatan kerja dan keamanan pabrik tidak hanya ditujukan kepada faktor manusianya saja, tetapi juga untuk menjaga peralatan yang ada di dalam pabrik. Dengan terpeliharanya peralatan dengan baik maka diharapkan peralatan dapat digunakan dalam jangka waktu yang lama.

7.2.1. Potensi Bahaya dan Penanggulangannya

Macam-macam risiko dan potensi bahaya yang mungkin terjadi pada pabrik propilen glikol yang harus diperhatikan dalam perencanaan terbagi menjadi sebagai berikut:

- a. Kategori A : Potensi bahaya yang menimbulkan risiko dampak jangka panjang pada kesehatan.
- b. Kategori B : Potensi bahaya yang menimbulkan risiko langsung pada keselamatan
- c. Kategori C : Risiko terhadap kesejahteraan atau kesehatan sehari-hari

d. Kategori D : Potensi bahaya yang menimbulkan risiko pribadi dan psikologis

7.2.1.1. Kategori A

Suatu bahaya kesehatan akan muncul bila seseorang kontak dengan sesuatu yang dapat menyebabkan gangguan/kerusakan bagi tubuh ketika berkontak secara berlebihan sehingga dapat menyebabkan suatu penyakit yang bahaya di tempat kerja. Potensi bahaya yang biasa terjadi ditempat kerja yang berasal dari lingkungan kerja yaitu:

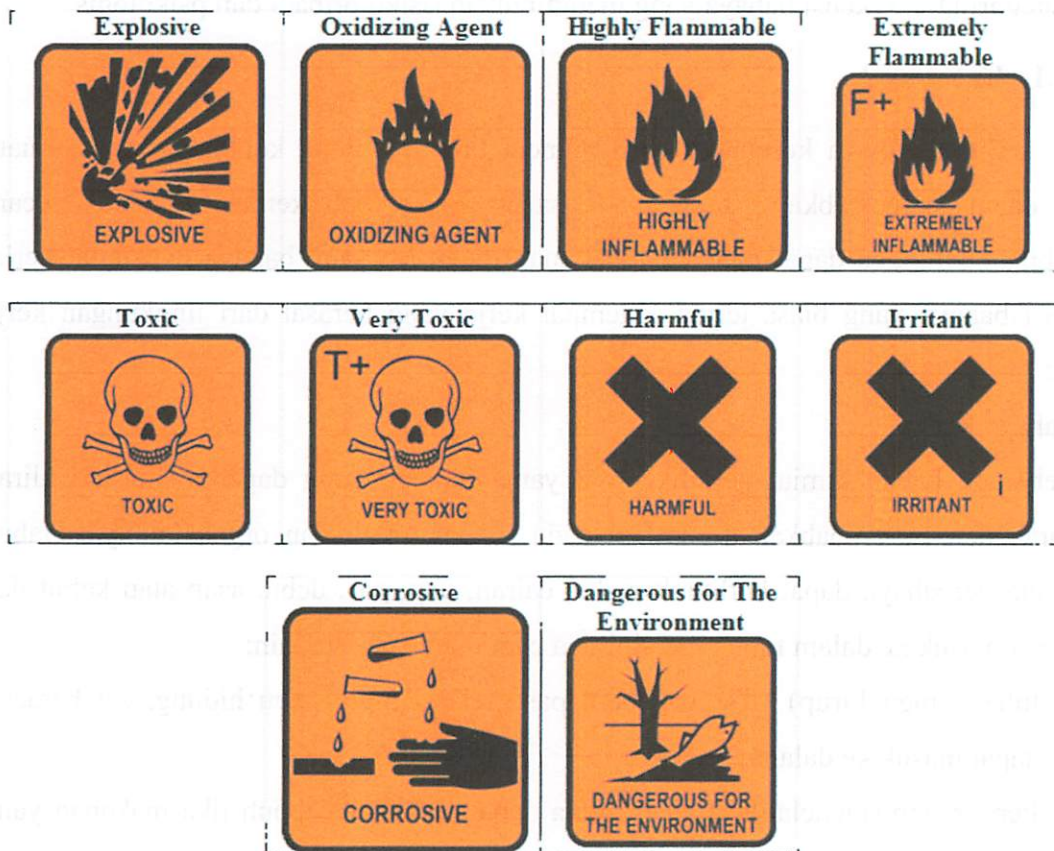
1. Bahaya Kimia

Beberapa bahan kimia memiliki sifat yang beracun yang dapat memasuki aliran darah dan menyebabkan kerusakan pada sistem tubuh dan organ lainnya. Bahan kimia berbahaya dapat berbentuk padat, cairan, uap, gas, debu, asap atau kabut dan dapat masuk ke dalam tubuh melalui tiga cara utama, antara lain:

- Inhali (menghirup) : Dengan bernapas melalui mulut atau hidung, zat beracun dapat masuk ke dalam paru-paru.
- Pencernaan (menelan) : Bahan kimia dapat memasuki tubuh jika makanan yang terkontaminasi, makan dengan tangan yang terkontaminasi, atau bahkan lingkungan yang terkontaminasi dengan bahan kimia.
- Penyerapan ke dalam kulit atau kontak invasif : Beberapa bahan kimia dapat melewati kulit dan masuk ke pembuluh darah, biasanya melalui tangan dan wajah, terkadang zat-zat ini juga masuk melalui luka atau suntikan.

Hal-hal yang perlu dilakukan untuk mencegah atau mengurangi bahaya yaitu:

- Menganggap semua bahan baku, yang terbentuk, yang menjadi produk, dan yang dibuang pada pra-rencana pabrik propilen glikol sebagai sumber potensi bahaya.
- Mengetahui wujud bahan kimia selama proses kerja agar bias mengendalikan sebelum terkena paparan.
- Mengetahui sifat bahan dari *Material safety Data Sheet* agar potensi bahaya bisa dicegah dan dikurangi.
- Menggunakan alat pelindung kerja saat berada di kawasan pabrik.
- Memasang peringatan berbahaya pada tangki, alat transportasi, atau papan peringatan tentang bahaya bahan kimia.
- Memperhatikan sifat bahan pada kode/label yang tertera pada papan peringatan.



Gambar 7.1. Simbol bahaya pada bahan kimia

2. Bahaya Fisik

Bahaya yang bersifat fisika di tempat kerja seperti kebisingan, penerangan, iklim kerja, gelombang mikro dan sinar ultra ungu. Faktor-faktor ini terjadi pada bagian tertentu yang dihasilkan dari proses produksi.

a. Kebisingan

Suara keras yang keras, berlebihan atau berkepanjangan dapat merusak jaringan saraf sensitif di telinga, menyebabkan kehilangan pendengaran sementara bahkan permanen. Batasan paparan terhadap kebisingan sebesar 85 dB selama 8 jam sehari.

Hal-hal yang perlu dilakukan untuk mencegah dan mengurangi tingkat kebisingan yaitu:

- Mengidentifikasi sumber penyebab kebisingan berdasarkan tata letak dan para pekerja juga yang mungkin terkena dampak kebisingan
- Melakukan inspeksi tempat kerja untuk paparan kebisingan

- Menerapkan '*rule of thumb*' sederhana jika sulit untuk melakukan percakapan pada tingkat kebisingan yang mungkin melebihi batas aman.
- Menggunakan alat pelindung diri selama melakukan pekerjaan yang memiliki potensi bahaya pada kebisingan
- Merotasi pekerja juga dapat membantu mengurangi tingkat paparan kebisingan pada pekerja

b. Penerangan

Penerangan yang sesuai sangat penting untuk peningkatan kualitas dan produktivitas. Hal-hal yang perlu dilakukan untuk mengurangi dan mencegah kerugian dari penerangan yang buruk yaitu:

- Memastikan pekerja mendapatkan tingkat penerangan yang sesuai pada pekerjaannya sehingga tidak bekerja dengan posisi membungkuk atau memicingkan mata
- Untuk meningkatkan visibilitas, mungkin perlu mengubah posisi dan arah penerangan.

c. Getaran

Gerakan bolak balik cepat yang terjadi secara teratur dari benda atau media akan berdampak seperti nyeri dan kram otot pada pekerja baik yang tidak memiliki kontak langsung dengan benda tersebut. Batasan yang ditetapkan saat pekerja berkontak langsung maupun tidak langsung terhadap getaran sebesar 4 m/detik^2 . Hal-hal yang dapat dilakukan untuk mencegah atau mengurangi risiko dari getaran yaitu:

- Mengendalikan getaran pada sumbernya dengan mendesain ulang peralatan untuk memasang penyerap getaran atau peredam getar.
- Bila getaran disebabkan oleh mesin besar, pasang penutup lantai yang bersifat menyerap getaran di *workstation*.
- Mengganti peralatan yang lebih tua dengan model bebas getaran yang baru.
- Membatasi tingkat getaran yang dirasakan oleh pekerja dengan memasang peredam getar atau beralih pada sistem *remote control*.
- Menggunakan alat pelindung diri dari sumber getaran yang bersifat menyerap getaran.

7.2.1.2. Kategori B

Kejadian yang memiliki potensi yang menyebabkan cedera dengan segera biasanya disebabkan oleh kecelakaan kerja yang biasanya terjadi ketika risiko yang tidak dikendalikan dengan baik. Faktor-faktor yang biasanya menjadi penyebab kecelakaan kerja yaitu:

- Faktor manusia: Tindakan yang dilakukan untuk mengontrol kerja yang kurang hati-hati.
- Faktor material: Risiko ledakan, kebakaran, dan trauma paparan tak terduga.
- Faktor peralatan: jika peralatan tidak terjaga dengan baik, rentan terhadap kegagalan yang dapat menyebabkan kecelakaan.
- Faktor lingkungan: temperatur, tingkat kelembaban, kebisingan, udara dan kualitas pencahayaan mempengaruhi terjadinya kecelakaan pada kerja yang berdampak pada pekerja.
- Faktor proses: hal ini ditimbulkan dari proses produksi dan produk samping seperti panas, kebisingan, debu, uap, dan asap.

Berikut keselamatan yang dilakukan dari penyebab potensi bahaya yang terjadi di tempat kerja:

1. Keselamatan listrik

Listrik merupakan energi yang dibangkitkan oleh sumber energi biasanya generator dan dapat mengalir dari satu titik ke titik lain melalui konduktor dalam rangkaian tertutup. Hal-hal yang dilakukan untuk mencegah dan mengurangi potensi bahaya pada listrik yaitu:

- Mengisolasi bahan bagian aktif listrik
- Menutup dengan penghalang atau selungkup pada semua instalasi yang terbuka
- Memperbaiki peralatan yang berpotensi listrik dapat mengalir
- Membuat rintangan
- Memberi jarak yang aman atau diluar jangkauan
- Menghindari lingkungan kerja yang tidak aman
- Mengurangi penggunaan yang melebihi kapasitasnya
- Memeriksa dan memelihara peralatan listrik dengan baik dan instens
- Menggunakan alat pelindung diri sebagai bentuk mencegah dan mengurangi diri dari potensi bahaya listrik.

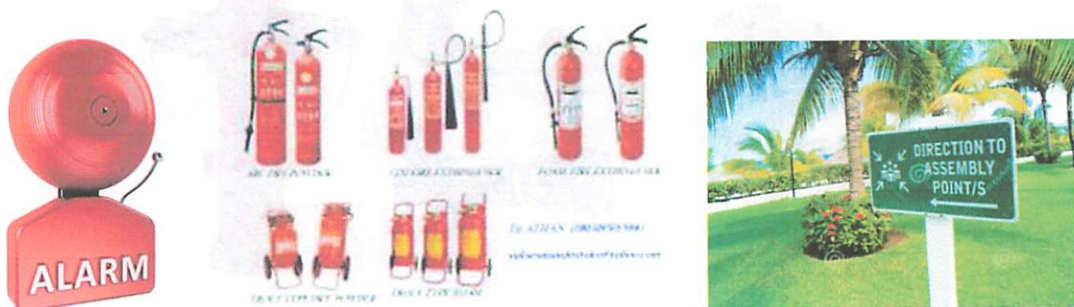
2. Penanggulangan kebakaran

Kebakaran merupakan kejadian yang dapat menimbulkan kerugian pada jiwa, peralatan produksi dan pencemaran lingkungan kerja. Oleh karena itu perlu dilakukan hal-hal yang dapat menanggulangi kebakar yaitu:

a. Pengendalian setiap bentuk energi

- Melakukan identifikasi semua sumber energi yang ada di tempat kerja/ perusahaan baik berupa peralatan, bahan, proses, cara kerja dan lingkungan yang dapat menimbulkan timbulnya proses kebakaran (pemanasan, percikan api, nyala api atau ledakan)
- Melakukan penilaian dan pengendalian resiko bahaya kebakaran berdasarkan peraturan perundangan atau standar teknis yang berlaku.

b. Penyediaan sarana deteksi, alarm, pemadam kebakaran dan sarana evakuasi



Gambar 7.2. Penyedia sarana kebakaran

- Menganalisa ruangan/tempat kerja, untuk menentukan jenis detektor, alarm, alat pemadam dan sarana evakuasi yang sesuai dengan kondisi ruangan/tempat kerja
 - Melakukan perencanaan dan pemasangan peralatan
 - Membuat prosedur pemakaian peralatan dan sarana pemadam kebakaran
 - Membuat tanda pemasangan peralatan pemadam kebakaran dan sarana evakuasi
 - Melakukan pelatihan penggunaan peralatan pemadam dan sarana evakuasi
 - Melakukan pemeriksaan dan pengujian secara berkala.
- ### c. Pengendalian penyebaran asap, panas dan gas
- Memisahkan peralatan, bahan, proses kerja yang dapat menimbulkan potensi pemanasan, percikan api, penyalan api atau peledakan
 - Membuat batas, penghalang atau penutup pada ruangan yang

menyimpan peralatan atau bahan yang mempunyai potensi bahaya kebakaran

- Memasang alat atau sarana untuk mendeteksi adanya kebocoran gas yang mudah terbakar
- Memasang atau membuat pengatur ventilasi agar penyebaran asap dan gas dapat dikendalikan.

d. Pembentukan unit penanggulangan kebakaran di tempat kerja



Gambar 7.3. Peralatan terjadinya kebakaran

e. Penyelenggaraan latihan dan gladi penanggulangan kebakaran secara berkala

- Menyusun jadwal latihan dan gladi berkala
- Melakukan koordinasi dengan pihak – pihak yang dapat membantu pelaksanaan pelatihan.
- Melaksanakan latihan dan gladi penanggulangan kebakaran
- Melakukan evaluasi dan melakukan perbaikan.

f. Memiliki buku rencana penanggulangan keadaan darurat kebakaran,

- Membentuk tim penyusunan
- Melakukan identifikasi, analisa, penilaian dan pengendalian resiko bahaya kebakaran
- Melakukan identifikasi peralatan dan sarana evakuasi penanggulangan kebakaran yang dimiliki.
- Melakukan identifikasi sumber daya manusia (ketrampilan/kesiapan petugas dan karakteristik pekerja contohnya kondisi fisik, mental atau yang

memerlukan bantuan khusus jika terjadi keadaan darurat kebakaran)

- Melakukan identifikasi lay out atau tata ruang di tempat kerja/ruangan kerja
- Menyusun prosedur rencana keadaan darurat kebakaran.
- Melakukan sosialisasi dan pembinaan kepada petugas dan semua pekerja.
- Melakukan evaluasi secara berkala.

3. Keselamatan kerja pada peralatan dan permesinan

Peralatan dan permesinan di tempat kerja sangat beragam jenisnya meskipun berukuran kecil yang bias digenggam tangan atau yang melebihi postur tubuh bias menyebabkan potensi bahaya. Hal-hal yang perlu dilakukan untuk mengurangi risiko bahaya pada peralatan dan permesinan yaitu:

- Menempatkan peralatan dan permesinan yang sesuai dan hal yang berbahaya
- Membuat prosedur kerja dan penggunaan peralatan dan permesinan secara rinci
- Menggunakan sistem *remote control* untuk mengurangi bahaya yang terjadi pada manusia.
- Menggunakan alat pelindung diri untuk menghindari bahaya terkena peralatan dan permesinan.

4. Pemeliharaan

Pemeliharaan yang baik membantu meminimalkan risiko keselamatan dan kesehatan kerja dengan menjaga kotoran, mengendalikan debu dan asap, mengurangi risiko kesalahan mesin dan kebakaran dan biasanya membuat pabrik lebih aman dan sehat.

Kebersihan yang rutin dan direncanakan dengan baik membantu untuk mengendalikan paparan terhadap potensi bahaya dengan memastikan, misalnya, tumpahan segera dibersihkan dan debu yang berbahaya tidak menumpuk atau berdifusi di udara tempat kerja.

Pemeliharaan yang baik juga dapat Sangat penting untuk menghindari timbulnya polusi lingkungan, sehingga sampah dan kontaminan harus dibuang dengan cara yang aman. Pengusaha, pekerja dan masyarakat berisiko jika polusi dari perusahaan masuk ke masyarakat. Polusi juga dapat menyebabkan *image* tidak bagus, terkena denda atau bahkan penutupan.

7.2.1.3. Kategori C

Fasilitas yang berhubungan dengan kesehatan kerja sering diabaikan karena tidak dipandang memiliki dampak langsung pada produktivitas. Fasilitas yang paling mempengaruhi kesejahteraan para pekerja yaitu:

1. Pakaian kerja



Gambar 7.4. Seragam kerja

2. Akses untuk air minum, toilet dan tempat cuci
3. Ruang kantin atau tempat makan yang bersih dan terlindungi dari cuaca
4. P3K di Tempat Kerja



Gambar 7.5. Kotak P3K

5. Ruang di mana ibu bisa menyusui dan anak-anak bisa menunggu orangtuanya menyelesaikan pekerjaan
6. Transportasi dari dan ke tempat kerja
7. Tempat rekreasi atau taman

7.2.1.4. Kategori D

Jika suatu perusahaan ingin memaksimalkan produktivitas, perlu menciptakan tempat kerja di mana pekerja merasa aman dan dihormati. Isu ini melampaui keselamatan fisik dan termasuk melindungi kesejahteraan diri, martabat dan mental pekerja. Intimidasi atau pelecehan sering mengancam rasa kesejahteraan dan keamanan pekerja di tempat kerja.

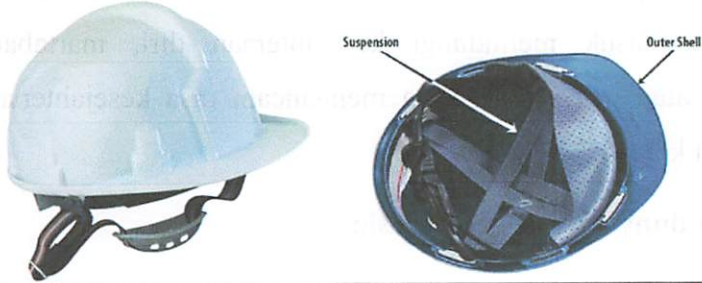



7.2.2. Perlengkapan Pelindung Diri pada Manusia

Untuk menjaga kesehatan dan keselamatan karyawan perlu adanya kesadaran dari seluruh karyawan agar dapat bekerja dengan baik sehingga tidak membahayakan keselamatan jiwanya dan orang lain. Untuk itu pengetahuan akan bahaya masing-masing alat sangatlah penting diketahui oleh semua karyawan terutama operator control. Semua karyawan harus menggunakan pelindung diri seperti topi pengaman, sepatu karet, sarung tangan, dan lain-lain.

Untuk menghindari kerusakan alat seperti peledakan atau kebakaran maka pada alat-alat tertentu perlu dipasang alat pengaman seperti *safety valve*, isolasi, dan pemadam kebakaran.

Selain itu bahaya terhadap kesehatan karyawan juga perlu diwaspadai. Umumnya berasal dari bahan baku, bahan yang diproses, dan produk. Karena itu diusahakan agar ruangan proses maupun ruangan lainnya memiliki ventilasi atau pertukaran udara yang cukup sehingga dapat memberikan kesegaran pada karyawan serta dapat menghindari gangguan terhadap pernafasan. Alat pengaman keselamatan kerja karyawan dapat dilihat pada tabel 7.2.

Tabel 7.3. Alat Keselamatan Kerja di Pabrik Propilen Glikol

No.	Alat Pelindung	Keterangan
1.	<p>Helm</p> 	<p>Lokasi : Wilayah proses Fungsi : Melindungi kepala dari benturan</p>
2.	<p>Earplug</p> 	<p>Lokasi : Wilayah proses dan di wilayah kebisingan Fungsi : Melindungi telinga dari kebisingan</p>
3.	<p>Sepatu</p> 	<p>Lokasi : Wilayah proses, laboratorium, utilitas dan di sekitar pabrik Fungsi : Melindungi kaki dari kecelakaan di pabrik</p>
4.	<p>Kacamata</p> 	<p>Lokasi : Wilayah proses, laboratorium, utilitas dan di sekitar pabrik Fungsi : Melindungi mata dari kecelakaan di pabrik</p>
5.	<p>Pelindung wajah</p> 	<p>Lokasi : Wilayah proses dan di sekitar pabrik Fungsi : Melindungi wajah dari kecelakaan di pabrik</p>

- Petrus, Kismantoro., *Susunan Dalam Satu Naskah Undang-Undang Pajak Penghasilan*”, Kementerian Keuangan Republik Indonesia Direktorat Jenderal Pajak, 2013.
- PT PLN (Persero), “Penyesuaian Tarif Tenaga Listrik Tahun 2015”,
- Seputar Forex, “Suku Bunga Kredit Dan Pinjaman dari Beberapa Bank di Indonesia”, 2015, sumber: http://www.seputarforex.com/data/bunga_kredit_pinjaman
- Smith, J.M, and Van Ness H.C, “*Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*”, 2nd Edition, McGraw Hill Book Company, New York, 1959.
- Ullmann’s, “*Encyclopedia Of Industrial Chemistry*, 7th edition, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 2005
- Ulrich D. Gael, “*A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economic*”, John Willey and Sons Inc, New York, USA, 1984.
- Yaws, Carl L. “*Handbook Thermodynamic Diagrams*”, Organic Componen Vol. 1, Gulf Publishing Company, Houston. Texas, 1996
- Yaws, Carl L. “*Handbook Thermodynamic Diagrams*”, Organic Componen Vol. 2, Gulf Publishing Company, Houston. Texas, 1996
- Yaws, Carl L. “*Handbook Thermodynamic Diagrams*”, Organic Componen Vol. 3, Gulf Publishing Company, Houston. Texas, 1996
- Yaws, Carl L. “*Handbook Thermodynamic Diagrams*”, Inorganic Componen Vol. 4, Gulf Publishing Company, Houston. Texas, 1996

Edition McGraw-Hill Singapore 1987
 Peter Z and Himmelfarb G. "Mechanical Design and Economic in Chemical Engineering" 4th
 Edition, New York 1978
 Peter Koran H. "Mechanical Engineering Handbook" 2nd Edition McGraw-Hill
 Company, New York 1967
 Peter Koran H. "Mechanical Engineering Handbook" 4th Edition McGraw-Hill
 Company, New York, Jakarta, Indonesia 1984
 Messers Wagon, Zahiruddin, Hassan Peter. "Oseologi Teknik Kimia" IIIA II P.T.
 Oseologi Utama Pustaka Jakarta Indonesia 1984
 Messers Wagon, Zahiruddin, Hassan Peter. "Oseologi Teknik Kimia" IIIA I P.T.
 Inc New York 1984
 Peter Z and Himmelfarb G. "Chemical Reaction Engineering" 2nd edition John Wiley and Sons
 Wiley and Sons Inc New York 1984
 King K.E and Othman D.H. "Fundamentals of Chemical Technology" 2nd edition John
 Wiley and Sons Inc New York 1988
 Edition McGraw-Hill Inc Singapore 1988
 Engineering 2nd edition Prentice-Hall International: Singapore
 Himmelfarb G.W. 1988. Basic Principles and Calculation in Chemical
 New Jersey 1981
 Hesse H.C and Vetter H.H. "Process Engineering Design" D. Van Nostrand Co.
 Inc New York India 1982
 Goshwami Sridhar. "Manufacture Process and Unit Operation" 2nd Edition Prentice
 International Publication
 Fair Kelce and Clark A. 1988. Industrial Chemistry 4th edition New York: V Wiley
 Press Oxford
 Corison and Kierulff 1984. "Chemical Engineering" 4th edition Prentice
 Hall India 1984
 Bieganski E. Peter. "Process Engineering Design" John Wiley and Sons Inc New
 York 1988 and 2012
 2012 Jakarta Indonesia 2012. Data: Ekspor-impor. Menteri Komoditi 2000-

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik Indonesia. 2015. *Data: Ekspor-Impor Menurut Komoditi 2009-2014*, diakses tanggal 20 Maret 2015.
- Brownell E. Lloyd, *“Process Equipment Design”*, Jhon Willey and Sons Inc, New Delhi, India 1959.
- Coulson and Richardson, 1994. *“Chemical Engineering”*, 4th edition, Pergamon Press, Oxford.
- Faith Keyes and Clark’s. 1958. *Industrial Chemicals* 4th edition. New York: A Willey Interscience Publication.
- Geankoplis, Christie , *“Transport Process dan Unit Operation”*, 3nd Edition, Prentice Hall Inc, New Delhi, India 1997
- Hesse, H.C. and Rushton, J.H., *“Process Equipment Design”*, D. Van Nostrand Co. New Jersey, 1981.
- Himmelblau, D.M. 1989. *Basic Principles and Calculation in Chemical Engineering*, 5th edition, Prentice-Hall International:Singapore
- Kern D.Q, *“Process Heat Transfer”*, 2nd Edition, McGraw-Hill Inc, Singapore, 1988.
- Kirk R.F and Othmer D.F, *“Encyclopedya Of Chemical Technology”*, 5nd edition, John Willey and Sons Inc, New York, 1954.
- Levenspiel. Octave, *“Chemical Reaction Engineering”* 2th edition, John Willey and Sons Inc, New York, 1954.
- McCabe Warren, Smith Julian, Harriot Peter, *“Operasi Teknik Kimia”*, Jilid I, PT. Gelora Aksara Pratama, Jakarta, Indonesia, 1994.
- McCabe Warren, Smith Julian, Harriot Peter, *“Operasi Teknik Kimia”*, Jilid II, PT. Gelora Aksara Pratama, Jakarta, Indonesia, 1994.
- Perry, Robert H, *“Perry’s Chemical Engineering Handbook”*, 7th Edition, McGraw Hill Company, New York, USA, 1997.
- Perry, Robert H, *“Perry’s Chemical Engineering Handbook”*, 8th Edition, McGraw Hill Company, New York, USA, 2008.
- Peter S. and Timmerhause, *“Plant Design and Economic to Chemical Engineering”*, 4th Edition, McGraw Hill, Singapore, 1991.

BAB XII

KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan pra rencana Pabrik Propilen Glikol dapat diambil kesimpulan: bahwa rencana pendirian ini adalah cukup menguntungkan dengan memperhitungkan beberapa aspek:

1. Dari Segi Proses

Proses pembuatan Propilen Glikol dengan dengan proses hidrasi lebih menguntungkan karena bahan yang digunakan mudah didapat, sehingga dilihat dari segi perancangan alat menjadi lebih mudah dan untuk segi keamanan cukup aman.

2. Dari Segi Sosial

Pendirian pabrik ini dinilai menguntungkan, karena:

- Menciptakan lapangan kerja.
- Memberi kesempatan kepada penduduk untuk memperoleh tambahan penghasilan.

3. Dari Segi Lokasi

- Sarana penunjang untuk memperoleh bahan baku sangat memadai yaitu dekat dengan pelabuhan dan jalan raya..
- Sarana penunjang utilitas sangat memadai.

4. Menunjang program pemerintah dalam usaha mewujudkan rencana jangka panjang pemerintah yaitu menjadikan negara Indonesia sebagai negara industri baru yang didukung oleh sektor pertanian yang kuat.

5. Dari Segi Perhitungan Ekonomi

Setelah dilakukan analisa ekonomi terhadap pra rencana pabrik Propilen Glikol dengan proses hidrasi, dinilai cukup menguntungkan dengan pertimbangan sebagai berikut:

- Internal Rate of Return (IRR) = 33,35 %
- Pay Out Time (POT_{BT}) = 1,84 tahun
- Pay Out Time (POT_{AT}) = 2,4 tahun
- Break Event Point (BEP) = 45,24 %.
- Return On Invesment (ROI_{BT}) = 44 %.
- Return On Invesment (ROI_{AT}) = 31%

7. IRR (Internal Rate Of Return)

Tabel E.2. Cash Flow untuk IRR

Tahun ke -	Cash Flow (C _A) (Rp)	NPV ₁ (Rp) i ₁ = 0,33	NPV ₂ (Rp) i ₂ = 0,34
0	-123.802.474.765	-123.802.474.765	-123.802.474.765
1	24.253.983.745	18.236.078.004	18.099.987.869
2	28.824.660.934	16.295.246.161	16.052.941.041
3	43.126.912.855	18.331.307.743	17.923.960.417
4	43.126.912.855	13.782.938.153	13.376.089.863
5	43.126.912.855	10.363.111.393	9.982.156.614
6	43.126.912.855	7.791.813.078	7.449.370.608
7	43.126.912.855	5.858.506.073	5.559.231.797
8	43.126.912.855	4.404.891.784	4.148.680.445
9	43.126.912.855	3.311.948.710	3.096.030.183
10	43.126.912.855	3.821.970.197	2.310.470.286
	WCI	23.064.813.150	23.064.813.150
	Total	1.460.149.680	-2.738.742.491

$$IRR = i_1 + \frac{NPV_1}{NPV_1 - NPV_2} \times (i_2 - i_1)$$

Dimana :

i₁ = bunga pinjaman ke-1 yang ditrial

i₂ = bunga pinjaman ke-2 yang ditrial

Sehingga,

$$IRR = i_1 + \frac{NPV_1}{NPV_1 - NPV_2} \times (i_2 - i_1)$$

$$IRR = 0,33 + \frac{1.460.149.680,2}{1.460.149.680 - -2.738.742.491} \times 0,34 - 0,33$$

$$= 33,35\%$$

Dari hasil perhitungan diperoleh nilai II 33,35% per tahun. Karena harga IRR lebih besar dari bunga bank 12,3% maka Pabrik Propilen Glikol ini layak didirikan.

$$\begin{aligned}
 C_{A0} &= -C_{A-1} - C_{A-2} \\
 &= -Rp70.798.212.790 - Rp 53.004.261.975 \\
 &= -Rp123.802.474.765
 \end{aligned}$$

Menghitung NPV tiap tahun

$$\begin{aligned}
 NPV &= C_A \times F_d && \text{Dimana : } F_d &= \text{Faktor diskon} \\
 F_d &= \frac{1}{(1+i)^n} && C_A &= \text{cash flow setelah pajak} \\
 &&& i &= \text{tingkat bunga bank} \\
 &&& n &= \text{tahun ke-n}
 \end{aligned}$$

Tabel E.6. Cash Flow untuk NPV selama 10 tahun

Tahun ke -	Cash Flow (C _A) (Rp)	Fd i = 12,3%	NPV (Rp)
0	-123.802.474.765	1,00	-123.802.474.765
1	24.253.983.745	0,89	21.597.492.204
2	28.824.660.934	0,79	22.856.235.115
3	43.126.912.855	0,71	30.451.528.903
4	43.126.912.855	0,63	27.116.232.326
5	43.126.912.855	0,56	24.146.244.280
6	43.126.912.855	0,50	21.501.553.232
7	43.126.912.855	0,44	19.146.530.038
8	43.126.912.855	0,40	17.049.447.941
9	43.126.912.855	0,35	15.182.055.157
10	43.126.912.855	0,31	13.519.194.262
WCI			23.064.813.150
Total			111.828.851.842

Karena NPV = (+) maka pabrik layak untuk didirikan

5. Shut Down Point (SDP)

Shut Down Point (SDP) adalah suatu titik yang merupakan kapasitas minimal pabrik masih boleh beroperasi.

$$SDP = \frac{0,3 SVC}{S - 0,7SVC - VC} \times 100\%$$

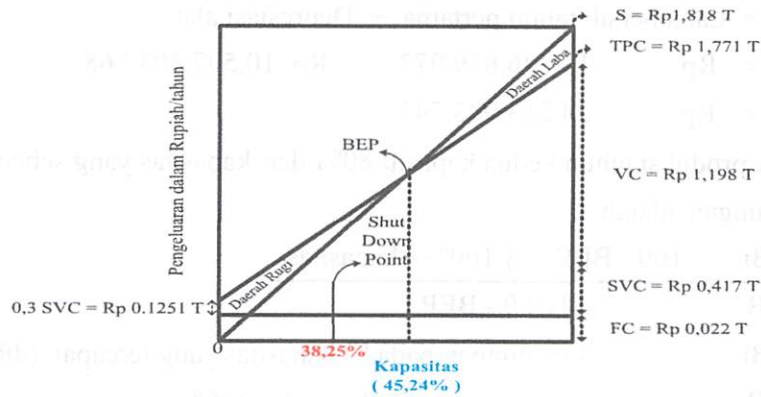
$$SDP = \frac{0,3 \times Rp\ 417.882.297.224}{Rp1.818.346.443.169 - 0,7 \times Rp417.882.297.224 - Rp1.198.077.757.057} \times 100\%$$

$$= 38,25\%$$

Titik Shut Down Point terjadi pada kapasitas penjualan,

$$= 38,25\% \times Rp1.818.346.443.169$$

$$= Rp695.516.969.763$$



Grafik E.2. Kapasitas pada Keadaan Shut Down Rate

6. Net Present Value (NPV)

Metode ini digunakan untuk menghitung selisih dari nilai penerimaan kas bersih dengan nilai investasi sekarang. Diasumsikan masa konstruksi selama 2 tahun, (tahun ke-1 = 40% & tahun ke-2 = 60%) :

$$C_{A-2} = 40\% \times FCI \times (1 + i)^2$$

$$= 40\% \times Rp105.073.037.682 \times 1,2611$$

$$= Rp\ 53.004.261.975$$

$$C_{A-1} = 60\% \times FCI \times (1 + i)^1$$

$$= 60\% \times Rp105.073.037.682 \times 1,1230$$

$$= Rp\ 70.798.212.790$$

$$\frac{PB_i}{PB} = \frac{[100 - BEP] - [100\% - \text{kapasitas}]}{[100 - BEP]}$$

Dimana :

PBi = keuntungan pada % kapasitas yang tercapai (dibawah 100%)

PB = keuntungan pada kapasitas 100%

% kapasitas = % kapasitas yang tercapai

sehingga,

$$\frac{PB_i}{PB} = \frac{[100 - BEP] - [100\% - \text{kapasitas}]}{[100 - BEP]}$$

$$\frac{PB_i}{Rp \quad 32.619.609.087} = \frac{[100 - 45,24\%] - [100\% - (60\% \times 65.000)]}{[100 - 45,24\%]}$$

$$PB_i = Rp \quad 13.746.679.977$$

Sehingga cash flow setelah pajak untuk tahun pertama :

$$C_A = \text{Laba bersih tahun pertama} + \text{Depresiasi alat}$$

$$= Rp \quad 13.746.679.977 + Rp \quad 10.507.303.768$$

$$= Rp \quad 24.253.983.745$$

Untuk produksi tahun kedua kapasitas 80% dari kapasitas yang sebenarnya, sehingga keuntungan adalah :

$$\frac{PB_i}{PB} = \frac{[100 - BEP] - [100\% - \text{kapasitas}]}{[100 - BEP]}$$

$$PB_i = \text{keuntungan pada \% kapasitas yang tercapai (dibawah 100\%)}$$

$$PB = \text{keuntungan pada kapasitas 100\%}$$

$$\% \text{ kapasitas} = \% \text{ kapasitas yang tercapai}$$

$$\frac{PB_i}{PB} = \frac{[100 - BEP] - [100\% - \text{kapasitas}]}{[100 - BEP]}$$

$$\frac{PB_i}{Rp32.619.609.087} = \frac{[100 - 45,24\%] - [100\% - (80\% \times 65.000)]}{[100 - 45,24\%]}$$

$$PB_i = Rp \quad 18.317.357.166$$

Sehingga cash flow setelah pajak untuk tahun kedua :

$$C_A = \text{Laba bersih tahun kedua} + \text{Depresiasi alat}$$

$$= Rp \quad 18.317.357.166 + Rp \quad 10.507.303.768$$

$$= Rp \quad 28.824.660.934$$

Biaya Overhead	= Rp	15.867.672.638
Penyediaan operasi	= Rp	2.101.460.754
Biaya laboratorium	= Rp	1.891.314.678
Gaji karyawan langsung	= Rp	10.134.000.000
Supervisi	= Rp	2.026.800.000
Perawatan dan Pemeliharaan	= Rp	10.507.303.768
Royalti	= Rp	106.304.820.097
Total Biaya Semi Variable (SVC)	= Rp	417.882.297.224

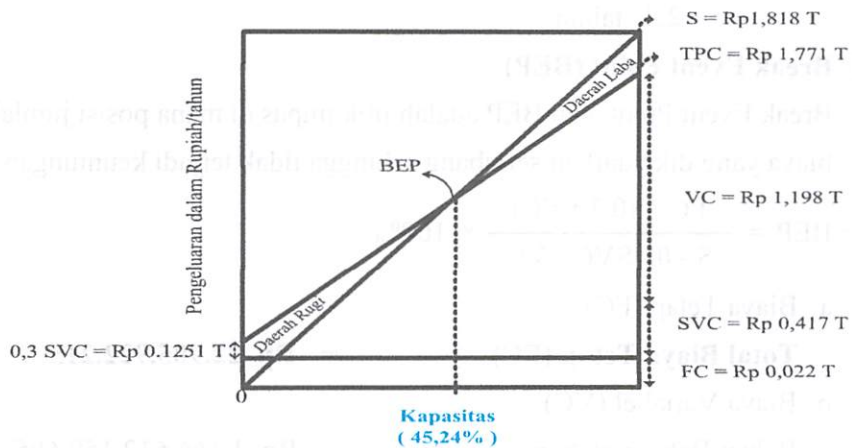
d. Harga Penjualan (S)

S = Rp 1.818.346.443.169

maka,

$$\begin{aligned}
 \text{BEP} &= \frac{\text{FC} + (0,3 \text{ SVC})}{\text{S} - 0,7\text{SVC} - \text{VC}} \times 100\% \\
 &= \frac{\text{Rp}22.905.922.215 + 0,3 \times \text{Rp} 417.882.297.224}{\text{Rp}1.818.346.443.169 - 0,7 \times \text{Rp}417.882.297.224 - \text{Rp}1.198.077.757.057} \\
 &\hspace{15em} \times 100\% \\
 &= 45,24\%
 \end{aligned}$$

Titik BEP terjadi pada kapasitas = $45,2\% \times 65.000 \text{ ton/tahun} = 29.405 \text{ ton/tahun}$
 Nilai BEP untuk Pabrik Propilen glikol berada diantara nilai 30-60% sehingga nilai BEP diatas memadai.



Grafik E.1. Break Even Point

Untuk produksi tahun pertama kapasitas 60% dari kapasitas yang sebenarnya, sehingga keuntungan adalah :

$$= \frac{\text{Rp } 46.599.441.553}{\text{Rp } 105.073.037.682} \times 100\% = 44\% \quad 28\%$$

b. ROI setelah pajak

$$\begin{aligned} \text{ROI}_{\text{AT}} &= \frac{\text{Laba bersih}}{\text{Modal tetap}} \times 100\% \\ &= \frac{\text{Rp } 32.619.609.087}{\text{Rp } 105.073.037.682} \times 100\% \\ &= 31\% \text{ dari modal investasi} \\ &= 31\% \times \text{Rp } 128.137.850.831 = \text{Rp } 39.780.011.082 \end{aligned}$$

3. Lama Pengembalian Modal (POT)

POT adalah masa tahunan pengembalian modal investasi dari laba yang dihitung dikurangi penyusutan / waktu yang diperlukan untuk pengembalian modal investasi.

$$\begin{aligned} \text{POT}_{\text{BT}} &= \frac{\text{Modal tetap}}{\text{Cash flow sebelum pajak}} \times 1 \text{ tahun} \\ &= \frac{\text{Rp } 105.073.037.682}{\text{Rp } 57.106.745.321} \times 1 \text{ tahun} \\ &= 1,84 \text{ tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{POT}_{\text{AT}} &= \frac{\text{Modal tetap}}{\text{Cash flow setelah pajak}} \times 1 \text{ tahun} \\ &= \frac{\text{Rp } 105.073.037.682}{\text{Rp } 43.126.912.855} \times 1 \text{ tahun} \\ &= 2,4 \text{ tahun} \end{aligned}$$

4. Break Event Point (BEP)

Break Event Point atau BEP adalah titik impas di mana posisi jumlah pendapatan dan biaya yang dikeluarkan seimbang sehingga tidak terjadi keuntungan atau kerugian.

$$\text{BEP} = \frac{\text{FC} + (0,3 \text{ SVC})}{\text{S} - 0,7\text{SVC} - \text{VC}} \times 100\%$$

a. Biaya Tetap (FC)

$$\text{Total Biaya Tetap (FC)} = \text{Rp } 22.905.922.215$$

b. Biaya Variabel (VC)

$$\text{Bahan Baku pertahun} = \text{Rp } 1.166.612.159.695$$

$$\text{Biaya Utilitas pertahun} = \text{Rp } 31.465.597.362$$

$$\text{Total Biaya Variabel (VC)} = \text{Rp } 1.198.077.757.057$$

c. Biaya Semi Variabel (SVC)

$$\text{Biaya Umum (GE)} = \text{Rp } 269.048.925.289$$

- 30% untuk laba > Rp. 500.000.000,-

Asumsi yang diambil adalah :

a. Bunga kredit Bank Danamon sebesar 12,3% per tahun (www.bisnis.com)

b. Pengembalian pinjaman dalam waktu 10 tahun

c. Umur pabrik 10 tahun

d. Kapasitas produksi :

Tahun I : 60% produksi total

Tahun II : 80% produksi total

Tahun III : 100% produksi total

1. Laba Perusahaan

Labanya Perusahaan, yaitu keuntungan yang diperoleh dari penjualan produk.

Total penjualan per tahun = Rp 1.818.346.443.169 (kapasitas 100%)

Labanya kotor = Harga jual - Biaya produksi
 = Rp1.818.346.443.169 - Rp 1.771.747.001.616
 = Rp 46.599.441.553

Pajak penghasilan = 30% × Labanya kotor
 = 30% × Rp 46.599.441.553
 = Rp 13.979.832.466

Labanya Bersih = Labanya kotor - Pajak penghasilan
 = Rp 46.599.441.553 - Rp 13.979.832.466
 = Rp 32.619.609.087

Nilai penerimaan Cash Flow sebelum pajak (C_{Abt}) :

C_{Abt} = Labanya kotor + Depresiasi alat
 = Rp 46.599.441.553 + Rp 10.507.303.768
 = Rp 57.106.745.321

Nilai penerimaan Cash Flow setelah pajak (C_{Aat}) :

C_{Aat} = Labanya bersih + Depresiasi alat
 = Rp 32.619.609.087 + Rp 10.507.303.768
 = Rp 43.126.912.855

2. Laju Pengembalian Modal (ROI)

ROI adalah pernyataan umum yang digunakan untuk menunjukkan laba tahunan sebagai usaha untuk mengembalikan modal.

a. ROI sebelum pajak

$$ROI_{BT} = \frac{\text{Labanya kotor}}{\text{Modal tetap}} \times 100\%$$

- Penyediaan operasi	20% PP = Rp	2.101.460.754
- Laboratorium	18% PP = Rp	1.891.314.678
- Patent dan Royalti	6% TPC =	0,06 TPC
Biaya Produksi Langsung (DPC)	= Rp	1.224.738.636.257
		+ 0,06 TPC

B. Biaya Tetap (Fixed Cost/FC)

- Depresiasi alat	10% FCI = Rp	10.507.303.768
- Depresiasi bangunan	3% FCI = Rp	2.626.825.942
- Pajak kekayaan	4% FCI = Rp	4.202.921.507
- Asuransi	1% FCI = Rp	840.584.301
- Bunga bank	12,3% MP = Rp	4.728.286.696
Biaya Tetap (Fixed Cost/FC)	= Rp	22.905.922.215

C. Biaya Overhead Pabrik

Biaya Overhead	70% TK+SP+PP = Rp	15.867.672.638
----------------	-------------------	----------------

D. Biaya pengeluaran Pengeluaran Umum (General Expences/GE)

- Biaya Administrasi	15% TK+SP+PP = Rp	3.286.875.046
- Biaya distribusi dan pemasaran	15% TPC =	0,15 TPC
- Biaya LITBANG	3% TPC =	0,03 TPC
- Financing	5% TPC =	0,05 TPC
Biaya Pengeluaran Umum (GE)	= Rp	3.286.875.046
		+ 0,23 TPC

E. Biaya Produksi Total (TPC)

$$\begin{aligned} \text{TPC} &= \text{DPC} + \text{FC} + \text{Biaya Overhead} + \text{GE} \\ &= \text{Rp } 1.266.799.106.156 + 0,29 \text{ TPC} \end{aligned}$$

$$\text{TPC} = \text{Rp } 1.771.747.001.616$$

$$\begin{aligned} \text{Maka, DPC} &= \text{Rp } 1.224.738.636.257 + 0,06 \text{ TPC} \\ &= \text{Rp } 1.331.043.456.354 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{GE} &= \text{Rp } 3.286.875.046 + 0,15 \text{ TPC} \\ &= \text{Rp } 269.048.925.289 \end{aligned}$$

ANALISA PROFITABILITAS

Sesuai dengan Undang-Undang Republik Indonesia Tentang Pajak Penghasilan Nomor 36 Tahun 2008 dengan ketentuan perpajakan:

- 5% untuk laba sampai Rp. 50.000.000,-
- 25% untuk laba sampai Rp. 250.000.000,-

13. Bangunan pabrik	60%	E	=	Rp	9.562.965.825
14. Service facilities	46%	E	=	Rp	7.331.607.132
15. Tanah	6%	E	=	Rp	956.296.582
16. Biaya langsung (DC) jumlah 10-15)			=	Rp	69.234.172.116

B. Biaya Tak Langsung (IC)

17. Engineering dan Supervisi	14%	DC	=	Rp	9.692.784.096
18. Ongkos pemborong	15%	DC	=	Rp	10.385.125.817
19. Biaya tak terduga	15%	FCI	=		15% FCI
Total Modal Tak Langsung (IC)			=	Rp	20.077.909.914

C. Fixed Capital Investment (FCI) + 10% FCI

$$FCI = DC + IC$$

$$= \text{Rp}69.234.172.116 + \text{Rp}20.077.909.914 + 15\% \text{ FCI}$$

$$= \text{Rp}105.073.037.682$$

D. Working Capital Investment (WCI)

$$WCI = 18\% \times TCI$$

E. Total Capital Investment (TCI)

$$TCI = FCI + WCI$$

$$= \text{Rp}105.073.037.682 + 18\% \times TCI$$

$$= \text{Rp}128.137.850.831$$

sehingga,

$$WCI = 18\% \times TCI$$

$$= 18\% \times \text{Rp}128.137.850.831$$

$$= \text{Rp} 23.064.813.150$$

F. Modal Perusahaan

$$\text{Modal sendiri (MS) } 70\% \text{ TCI} = \text{Rp } 89.696.495.582$$

$$\text{Modal pinjaman (MP) } 30\% \text{ TCI} = \text{Rp } 38.441.355.249$$

Penentuan Total Production Cost (TPC)

A. Biaya Produksi Langsung (Direct Production Cost/DPC)

- Bahan Baku		=	Rp	1.166.612.159.695
- Tenaga Kerja	(TK)	=	Rp	10.134.000.000
- Supervisi	(SP) 20% TK	=	Rp	2.026.800.000
- Utilitas		=	Rp	31.465.597.362
- Pemeliharaan dan perbaikan (PP)	10% FCI	=	Rp	10.507.303.768

Berdasarkan sifatnya, biaya produksi dibagi menjadi:

1. Biaya tetap yaitu biaya yang dikeluarkan secara tetap dan tidak tergantung pada kapasitas pabrik, yang termasuk biaya tetap antara lain:
 - Bunga bank
 - Asuransi
 - Depresiasi
 - Pajak, dll
2. Biaya semi variabel (SVC) yaitu biaya yang bervariasi tetapi tidak berbanding lurus dengan kapasitas pabrik, antara lain:
 - Biaya utilitas
 - Biaya bahan baku
 - Gaji karyawan
 - Supervisor
 - Pemeliharaan dan perbaikan

11.1.3. Penaksiran Harga Alat

Harga suatu alat setiap saat dapat berubah sesuai dengan perubahan kondisi ekonomi. Karena perubahan kondisi ini maka terdapat beberapa cara untuk mengkonversi harga suatu alat yang sama beberapa tahun yang lalu, sehingga diperoleh harga yang ekuivalen dengan harga sekarang.

Harga alat pada pabrik Propilen Glikol ini didasarkan pada harga alat yang diperoleh dari Ulrich, 1984.

Penentuan Total Capital Investment (TCI)

A. Biaya Langsung (DC)

1.	Harga peralatan		(E) = Rp 15.938.276.374
2.	Instrument dan alat kontrol	28%	E = Rp 4.462.717.385
3.	Isolasi	9%	E = Rp 1.434.444.874
4.	Perpipaan terpasang	60%	E = Rp 9.562.965.825
5.	Listrik terpasang	16%	E = Rp 2.550.124.220
6.	Harga FOB (jumlah 1-5)		(F) = Rp 33.948.528.678
7.	Ongkos angkutan kapal laut	11%	F = Rp 3.734.338.155
8.	Harga C dan F (jumlah 6-7)		(G) = Rp 37.682.866.832
9.	Biaya asuransi	1%	G = Rp 376.828.668
10.	Harga CIF (jumlah 8-9)		(H) = Rp 38.059.695.500
11.	Biaya angkut barang ke plant	17%	H = Rp 6.470.148.235
12.	Pemasangan alat	43%	E = Rp 6.853.458.841

- Angkutan kapal laut
 - Asuransi
 - Biaya angkut ke palnt
 - Pemasangan alat
 - Bangunan
 - *Service facities*
 - Tanah
- b. *Indirect Cost* merupakan biaya atau modal yang dikeluarkan untuk konstruksi pabrik yang tidak ada hubungan langsung dengan pengadaan peralatan proses produksi, meliputi:
- *Engineering* dan supervisi
 - Konstruksi
2. Modal Kerja (WCI) merupakan semua biaya yang dikeluarkan untuk megoperasikan pabrik , dimana biaya yang dikeluarkan dipengaruhi oleh besarnya kapasitas pabrik, meliputi:
- Penyediaan bahan baku dalam waktu tertentu
 - Pengemasan produk
 - Biaya yang harus ada setiap bulannya (uang tunai) untuk membiayai pengeluaran rutin seperti gaji, pembelian bahan baku dan lain-lain.
 - Pajak yang harus dibayar.
 - Perhitungan penerimaan dan pengeluaran
 - Utilitas.

Sehingga: $TCI = FCI + WCI$

11.1.2. Penentuan Biaya Produksi

Penentuan Biaya Produksi merupakan biaya yang dikeluarkan tiap satu-satuan produksi. Biaya produksi terdiri dari:

- a. Biaya pembuatan merupakan semua biaya untuk proses yang meliputi:
- Biaya produksi langsung (DPC)
 - Biaya produksi tetap (FPC)
 - Biaya overhead pabrik (POC)
- b. Biaya pengeluaran umum yaitu biaya yang tidak berhubungan dengan proses, meliputi:
- Biaya administrasi
 - Biaya distribusi dan pemasaran
 - Litbang

BAB XI

ANALISA EKONOMI

Analisa ekonomi merupakan suatu cara untuk mengetahui apakah pabrik tersebut layak didirikan atau tidak. Oleh karena itu di dalam Pra-Renca Pabrik Propilen Glikol ini dibuat evaluasi untuk mengetahui berapa investasi yang diperlukan untuk mendirikan pabrik Propilen Glikol tersebut. Faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan dalam penentuan untuk rugi dalam mendirikan Pabrik Propilen Glikol adalah sebagai berikut:

1. *Return of Investment* (ROI)
2. *Pay Out Time* (POT)
3. *Break Even Point* (BEP)
4. *Internal Rate of Return* (IRR)]

Untuk menghitung faktor-faktor di atas perlu diadakan penafsiran beberapa hal menyangkut administrasi perusahaan dan jalannya proses, yaitu:

1. Penaksiran modal investasi total (*Total Capital Investment*) terdiri atas:
 - a. Modal tetap (*Fixed Capital Investment*)
 - b. Modal kerja (*Work Capital Investment*)
2. Penaksiran biaya produksi total (*Total Production Cost*) terdiri atas:
 - a. Biaya pembuatan (*Manufacturing Cost*)
 - b. Biaya pengeluaran umum (*General Expensive*)
3. Penaksiran harga alat

11.1 Faktor - Faktor Penentu

11.1.1. Penaksiran Modal Investasi Total (TCI)

Penaksiran Modal Investasi Total (TCI) merupakan modal atau biaya yang dibutuhkan untuk mendirikan suatu pabrik mulai dari awal sampai pabrik selesai dibangun dan siap beroperasi.

1. Modal tetap (FCI) merupakan modal yang dibutuhkan untuk mendirikan pabrik, FCI dibagi menjadi:
 - a. *Direct Cost* merupakan modal yang dikeluarkan untuk pembelian pengadaan peralatan proses produksi, meliputi:
 - Harga peralatan
 - Instrumentasi dan alat kontrol
 - Isolasi
 - Perpipaan
 - Peralatan listrik

28.	Karyawan Devisi Laboratorium	4	3.000.000	12.000.000
29.	Kepala Devisi Proses	1	4.000.000	4.000.000
30.	Karyawan Proses	10	3.500.000	35.000.000
31.	Kepala Divisi Promosi dan Periklanan	1	4.000.000	4.000.000
32.	Staff Promosi dan Periklanan	3	3.000.000	9.000.000
33.	Kepala Divisi Research Marketing	1	4.000.000	4.000.000
34.	Staff Research Marketing	2	3.000.000	6.000.000
35.	Kepala Divisi Transportasi	1	4.000.000	4.000.000
36.	Staff Transportasi	3	3.000.000	9.000.000
37.	Kepala Divisi Kesejahteraan Pekerja	1	4.000.000	4.000.000
38.	Karyawan Kesejahteraan Pekerja	2	3.000.000	6.000.000
39.	Kepala Divisi Kesehatan	1	4.500.000	4.500.000
40.	Staff Kesehatan	3	3.000.000	9.000.000
41.	Kepala Divisi Persekutuan Tenaga Kerja	1	4.000.000	4.000.000
42.	Karyawan Persekutuan Tenaga Kerja	2	2.700.000	5.400.000
43.	Kepala Keamanan	1	3.500.000	3.500.000
44.	Staff Keamanan	8	2.700.000	21.600.000
45.	Kepala Kebersihan	1	3.500.000	3.500.000
46.	Staff Kebersihan	10	2.700.000	27.000.000
Jumlah		226	198.100.000	844.500.000

Kenaikan gaji dapat dilaksanakan dapat ditinjau dari :

- kapasitas produksi yang dihasilkan tiap tahunnya
- penjualan produk propilen glikol
- kinerja dari setiap karyawan
- kenaikan jabatan
- prestasi karyawan perusahaan

kenaikan gaji diperkirakan 15% dari total gaji pokok karyawan pada setiap divisi.

borongan untuk pekerjaan tersebut.

3. Karyawan harian adalah pekerja yang diangkat dan diberhentikan oleh manajer pabrik berdasarkan nota persetujuan manajer pabrik atas pengajuan kepala yang membawahnya dan menerima upah harian yang dibayarkan setiap akhir pekan.

Tabel 10.3. Daftar Upah (Gaji) Karyawan

No.	Jabatan (Tugas)	Jumlah	Gaji (Rp/orang)	Total
1.	Dewan Komisaris	5	25.000.000	125.000.000
2.	Direktur utama	1	10.000.000	10.000.000
3.	Manager produksi	1	7.000.000	7.000.000
4.	Manager administrasi	1	7.000.000	7.000.000
5.	Sekretaris	2	3.000.000	6.000.000
6.	Kepala LITBANG (R&D)	1	4.000.000	4.000.000
7.	Karyawan LITBANG (R&D)	2	3.000.000	6.000.000
8.	Kepala Bagian Teknik	1	4.000.000	4.000.000
9.	Kepala Bagian Produksi	1	4.000.000	4.000.000
10.	Kepala Bagian Pemasaran	1	4.000.000	4.000.000
11.	Kepala Bagian Hubungan Masyarakat	1	4.000.000	4.000.000
12.	Kepala Bagian Sumber Daya Manusia	1	4.000.000	4.000.000
13.	Kepala Bagian Keuangan	1	4.000.000	4.000.000
14.	Kepala Divisi Perencanaan Produksi	1	4.000.000	4.000.000
15.	Karyawan Divisi Produksi	108	3.500.000	420.000.000
16.	Kepala Divisi Bengkel dan Suku Cadang	1	4.000.000	4.000.000
17.	Staff Bengkel & Perawatan	4	3.500.000	14.000.000
18.	Karyawan Gudang	4	3.000.000	12.000.000
19.	Kepala Divisi Penyediaan Air	1	4.000.000	4.000.000
20.	Karyawan Penyediaan Air/Utilitas	4	3.000.000	12.000.000
21.	Kepala Divisi Quality Control	1	4.000.000	4.000.000
22.	Karyawan Divisi Quality Control	4	3.000.000	12.000.000
23.	Kepala Divisi Penjualan	1	4.000.000	4.000.000
24.	Staff Penjualan	4	3.000.000	12.000.000
25.	Kepala Devisi Pengendalian Mutu	1	4.000.000	4.000.000
26.	Karyawan Devisi Pengendalian Mutu	4	3.000.000	12.000.000
27.	Kepala Devisi Laboratorium	1	4.000.000	4.000.000

- Karyawan yang mengalami kecelakaan atau terganggu kesehatannya dalam menjalankan tugas perusahaan, akan mendapat penggantian ongkos pengobatan penuh.

d. Incentive atau bonus

Incentive diberikan dengan tujuan untuk meningkatkan produktivitas dan merangsang gairah kerja karyawan. Besarnya incentive ini dibagi menurut golongan dan jabatan. Pemberian incentive untuk golongan operatif (golongan kepala seksi ke bawah) diberikan setiap bulan sedangkan untuk golongan di atasnya diberikan pada akhir tahun produksi dengan melihat besarnya keuntungan dan target yang dicapai.

e. Cuti

- Cuti tahunan selama 12 hari kerja dan diatur dengan mengajukan permohonan satu minggu sebelumnya untuk dipertimbangkan ijinnya
- Cuti sakit bagi tenaga kerja yang memerlukan istirahat total berdasarkan surat keterangan dokter
- Cuti hamil selama 3 bulan bagi tenaga kerja wanita
- Cuti untuk keperluan dinas atas perintah atasan berdasarkan kondisi tertentu perusahaan

10.9. Status Karyawan dan Sistem Upah

Pabrik ftalat anhidrida ini mempunyai sistem pembagian gaji yang berbeda-beda kepada karyawan. Hal ini berdasarkan pada kriteria sebagai berikut:

1. Tingkat pendidikan
2. Pengalaman kerja
3. Tanggung jawab dan kedudukan
4. Keahlian
5. Pengabdian pada perusahaan (lamanya bekerja)

Berdasarkan kriteria di atas, karyawan akan menerima gaji sesuai dengan status kepegawaiannya. Status kepegawaiannya dibagi menjadi 3 bagian, yaitu :

1. Karyawan regular adalah karyawan yang diangkat dan diberhentikan dengan surat keputusan (SK) dan mendapat gaji bulanan berdasarkan kedudukan, keahlian dan masa kerjanya.
2. Karyawan borongan adalah pekerja yang dipergunakan oleh pabrik bila diperlukan saja, misalnya bongkar muat barang dan lain-lain. Pekerja ini menerima upah

44.	Staff Keamanan	8
45.	Kepala Kebersihan	1
46.	Staff Kebersihan	10
Jumlah		214

10.8. Jaminan Sosial

Jaminan sosial adalah jaminan yang diterima oleh pihak karyawan jika terjadi sesuatu hal yang bukan karena kesalahannya menyebabkan dia tidak dapat melakukan pekerjaan.

BPJS Ketenagakerjaan menyelenggarakan program jaminan kecelakaan kerja program jaminan kematian dan program jaminan hari tua dan program jaminan pensiun sesuai dengan ketentuan UU SJSN bagi peserta selain peserta program yang dikelola oleh PT Asabri (Persero) dan PT Taspen (Persero).

Jaminan sosial yang diberikan oleh perusahaan pada karyawan adalah:

a. Tunjangan

- Tunjangan di luar gaji pokok, diberikan kepada tenaga kerja tetap berdasarkan prestasi yang telah dilakukannya dan lama pengabdianya kepada perusahaan tersebut.
- Tunjangan lembur yang diberikan kepada tenaga kerja yang bekerja di luar jam kerja yang telah ditetapkan (khusus untuk tenaga kerja shift)

b. Fasilitas

Fasilitas yang diberikan berupa seragam kerja untuk karyawan, perlengkapan keselamatan kerja (misal helm, sarung tangan, sepatu boot, kaca mata pelindung dan lain-lain), antar jemput bagi karyawan, kendaraan dinas, tempat tinggal dan lain-lain.

c. Pengobatan

Untuk pengobatan dan perawatan pertama dapat dilakukan di poliklinik perusahaan dan diberikan secara cuma-cuma kepada karyawan yang membutuhkan dengan ketentuan sebagai berikut:

- Untuk pengobatan dan perawatan yang dilakukan pada rumah sakit yang telah ditunjuk akan diberikan secara cuma-cuma

17.	Staff Bengkel & Perawatan	4
18.	Karyawan Gudang	4
19.	Kepala Divisi Penyediaan Air	1
20.	Karyawan Penyediaan Air/Utilitas	4
21.	Kepala Divisi Quality Control	1
22.	Karyawan Divisi Quality Control	4
23.	Kepala Divisi Penjualan	1
24.	Staff Penjualan	4
25.	Kepala Devisi Pengendalian Mutu	1
26.	Karyawan Devisi Pengendalian Mutu	4
27.	Kepala Devisi Laboratorium	1
28.	Karyawan Devisi Laboratorium	4
29.	Kepala Devisi Proses	1
30.	Karyawan Proses	10
31.	Kepala Divisi Promosi dan Periklanan	1
32.	Staff Promosi dan Periklanan	3
33.	Kepala Divisi Research Marketing	1
34.	Staff Research Marketing	2
35.	Kepala Divisi Transportasi	1
36.	Staff Transportasi	3
37.	Kepala Divisi Kesejahteraan Pekerja	1
38.	Karyawan Kesejahteraan Pekerja	2
39.	Kepala Divisi Kesehatan	1
40.	Staff Kesehatan	3
41.	Kepala Divisi Persekutuan Tenaga Kerja	1
42.	Karyawan Persekutuan Tenaga Kerja	2
43.	Kepala Keamanan	1

Karena setiap karyawan shift bekerja selama 8 jam / hari, maka:

$$\text{Karyawan proses} = \frac{212,3333 \text{ orang jam/shift}}{8 \text{ jam/hari}} = 26,5416 \approx 27 \text{ orang hari/shift}$$

Karena karyawan shift terdiri atas 4 regu, yaitu 3 regu bekerja dan 1 regu libur, maka:

Jumlah karyawan proses keseluruhan = 27 orang hari/shift x 4 regu = 108 orang setiap hari (untuk 4 regu).

Jumlah karyawan staf = 102 orang

Jadi jumlah karyawan total yang diperlukan pada pabrik Propilen Glikol ini adalah 214 orang.

Perincian kebutuhan tenaga kerja dapat dilihat pada tabel 10.2.

Tabel 10.2. Perincian Kebutuhan Tenaga Kerja

No.	Jabatan (Tugas)	Jumlah
1.	Dewan Komisaris	5
2.	Direktur utama	1
3.	Manager produksi	1
4.	Manager administrasi	1
5.	Sekretaris	2
6.	Kepala LITBANG (R&D)	1
7.	Karyawan LITBANG (R&D)	2
8.	Kepala Bagian Teknik	1
9.	Kepala Bagian Produksi	1
10.	Kepala Bagian Pemasaran	1
11.	Kepala Bagian Hubungan Masyarakat	1
12.	Kepala Bagian Sumber Daya Manusia	1
13.	Kepala Bagian Keuangan	1
14.	Kepala Divisi Perencanaan Produksi	1
15.	Karyawan Divisi Produksi	108 (3 Shift)
16.	Kepala Divisi Bengkel dan Suku Cadang	1

10.7. Perincian Jumlah Tenaga Kerja

Perhitungan jumlah tenaga operasional didasarkan pada pembagian proses yang dilakukan. Pada pra rencana pabrik ftalat anhidrida, proses yang dilakukan terbagi dalam beberapa tahap, yaitu:

a. Proses Utama

1. Penyiapan Bahan Baku
2. Tahap Proses, terdiri dari:
 - Tahap Reaksi Pembentukan Produk
3. Tahap Pemisahan
4. Tahap Pemurnian Produk
5. Tahap Penanganan Produk Akhir

b. Tahap Tambahan/Pembantu

1. Laboratorium
2. Utilitas, terdiri dari:
 - Pengolahan Air
 - Boiler
 - Pengolahan limbah
 - Bengkel
 - Pemeliharaan

Sehingga proses keseluruhan yang membutuhkan tenaga operasional adalah 13 tahap. Dari *Vilbrant & Dryen*, Fig. 6.35, hal. 235, diperoleh jumlah karyawan yang dibutuhkan untuk kapasitas produksi 65.000 ton/tahun dan beroperasi 300 hari/tahun yaitu:

Jumlah Karyawan = 91 orang jam/hari/tahap

Karena jumlah proses keseluruhan terbagi dalam 7 tahap, maka:

Karyawan proses = 91 orang jam/hari/tahapan \times 7 tahap = 637 orang jam/hari

Karena satu hari terdapat 3 shift kerja, maka:

Karyawan Proses = $\frac{637 \text{ orang jam/hari}}{3 \text{ shift/hari}} = 212,3333 \text{ orang jam/shift}$

10.6. Pengolongan dan Tingkat Pendidikan Karyawan

Pengolongan karyawan dan tingkat pendidikan dalam struktur organisasi pada pra rencana pabrik ftalat anhidrida dari naftalena:

1. Direktur Utama : Sarjana Teknik Kimia
2. Manager
 - a. Manager produksi : Sarjana Teknik Kimia
 - b. Manager administrasi : Sarjana Ilmu Administrasi (FIA)
3. Kepala Bagian
 - a. Kepala bagian teknik : Sarjana Teknik Mesin
 - b. Kepala bagian produksi : Sarjana Teknik Kimia
 - c. Kepala bagian pemasaran : Sarjana Ekonomi
 - d. Kepala bagian hubungan masyarakat : Sarjana Sosiologi
 - e. Kepala Bagian Sumber Daya Manusia : Sarjana Psikologi Industri
 - f. Kepala bagian keuangan : Sarjana Ekonomi
4. Kepala divisi
 - a. Divisi penyediaan air : Sarjana Teknik Kimia
 - b. Divisi bengkel dan suku cadang : Sarjana Teknik Mesin
 - c. Divisi perencanaan produksi : Sarjana Teknik Kimia
 - d. Divisi Quality Control : Sarjana Teknik Kimia
 - e. Divisi pengendalian mutu dan lab. : Sarjana Kimia (MIPA)
 - f. Divisi proses : Sarjana Teknik Kimia
 - g. Divisi market dan riset : Sarjana Ekonomi dan Kimia (MIPA)
 - h. Divisi promosi : Sarjana Ekonomi
 - i. Divisi kesehatan : Sarjana Kedokteran
 - j. Divisi transportasi : Sarjana Sarjana / Diploma Teknik
Mesin
 - k. Divisi kesejahteraan pekerja : Sarjana Ilmu Kesejahteraan Sosial
 - l. Divisi persekutuan tenaga kerja : Sarjana Sosiologi
5. Karyawan : Diploma / SMU / SMK

Sesuai dengan peraturan pemerintah jumlah jam kerja untuk karyawan yang bekerja dikantor, total jam kerja 40 jam dalam seminggu, yang dibedakan dalam dua bagian, yaitu:

a. Untuk pegawai Non-Shift:

Senin – Kamis : 08.00-16.00 (istirahat 12.00-13.00)

Jumat : 08.00-16.00 (istirahat 11.00-13.00)

Sabtu : 08.00-14.00

Minggu & hari besar : libur

b. Untuk pegawai Shift

Untuk karyawan yang bekerja di pabrik terbagi menjadi 4 regu karyawan. Adapun jam kerja untuk masing – masing shift adalah :

Shift I : 07.00-15.00

Shift II : 15.00-23.00

Shift III : 23.00-07.00

Untuk memenuhi kebutuhan pegawai diperlukan 4 regu dimana tiga regu bekerja dan satu regu libur. Kerjanya seperti ditabelkan dibawah ini:

Tabel 10.1. Jadwal Kerja Karyawan Shift

Regu	Hari											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Pertama	Pagi	Pagi	Pagi	Siang	Siang	Siang	Malam	Malam	Malam	Libur	Libur	Libur
Kedua	Siang	Siang	Siang	Malam	Malam	Malam	Libur	Libur	Libur	Pagi	Pagi	Pagi
Ketiga	Malam	Malam	Malam	Libur	Libur	Libur	Pagi	Pagi	Pagi	Siang	Siang	Siang
Keempat	Libur	Libur	Libur	Pagi	Pagi	Pagi	Siang	Siang	Siang	Malam	Malam	Malam

e. Kepala Bagian Sumber Daya Manusia

Kepala bagian Sumber Daya Manusia mempunyai tugas untuk merencanakan, mengelola dan menyalahgunakan sumber daya manusia, baik sumber daya manusia yang sudah ada maupun merekrut sumber daya manusia yang baru. Kepala bagian ini bertanggung jawab kepada direktur administrasi. Selain itu Kepala Bagian Sumber Daya Manusia juga mempunyai tugas untuk mengatur masalah karyawan, jenjang karir, dan masalah penempatan karyawan. Divisi-divisi yang dibawahnya meliputi:

- Divisi kesehatan

Bertugas untuk memperhatikan dan menjaga kesehatan karyawan. Berbentuk klinik dengan seorang dokter untuk mengantisipasi apabila terjadi kecelakaan pada waktu kegiatan pabrik berlangsung. Divisi ini juga bertugas untuk memberikan tes kesehatan bagi karyawan baru.

- Divisi transportasi

Bertugas mengatur transportasi karyawan, khususnya bagi karyawan wanita yang bekerja pada shift malam.

- Divisi kesejahteraan pekerja

Bertugas untuk mengatur semua kegiatan yang berhubungan dengan kesejahteraan karyawan, mulai dari mengatur tunjangan, pemberian cuti, BPJS sampai mengatur pensiun karyawan.

- Divisi persekutuan tenaga kerja

Divisi ini bertugas untuk mencari tenaga kerja baru apabila perusahaan membutuhkan tenaga kerja baru. Tugasnya menilai dari penyebaran iklan lowongan, pengadaan tes, pemilihan dan pelatihan tenaga baru.

f. Kepala Bagian Keuangan

Kepala bagian Keuangan bertugas mengatur keuangan serta menangani penyediaan serta pembelian baik bahan baku maupun peralatan. Kepala bagian keuangan bertanggung jawab kepada direktur administrasi mengenai pengeluaran dan pemasukan keuangan.

10.5. Jam Kerja

Pabrik propilen glikol direncanakan bekerja atau beroperasi selama 300 hari dalam setahun dan selama 24 jam dalam sehari, sisa harinya digunakan untuk perbaikan dan perawatan serta shut down.

- Divisi Quality Control

Bertugas pada pengepakan atau pengemasan produk jadi dan menimbun atau menyimpan dalam gudang serta merencanakan pengiriman produk keluar pabrik.

- Divisi Pengendalian Mutu dan Laboratorium

Bertugas mengawasi dan mengontrol kualitas produksi, agar produk yang diterima konsumen mempunyai kualitas yang sesuai dengan keinginan konsumen dan memiliki standar yang telah ditetapkan sama seperti divisi-divisi yang lainnya. Divisi yang tergabung dalam bagian produksi mempunyai tugas masing-masing bertanggung jawab langsung terhadap kepala bagian produksi.

c. Kepala Bagian Pemasaran

Kepala bagian pemasaran mempunyai tugas menentukan daerah pemasaran dan melakukan riset market serta menangani masalah promosi. Kepala bagian pemasaran membawahi divisi-divisi sebagai berikut:

- Divisi Market dan Proses Riset

Bertugas meneliti dan mengupayakan agar hasil-hasil produksi dapat dissalurkan dengan tepat sehingga hasil produksi mempunyai harga jual yang terjangkau.

- Divisi Penjualan

Bertugas menjual hasil produksi dengan harga jual yang telah ditetapkan, dan juga memiliki tugas mengatur pembelian bahan baku dan peralatan lainnya.

- Divisi Promosi

Bertugas mengenalkan produk kepada konsumen-konsumen yang membutuhkan atau pabrik-pabrik lainnya yang menggunakan produksi sebagai bahan baku lain. Selain itu juga menarik minat konsumen untuk membeli.

d. Kepala Bagian Hubungan Masyarakat

Kepala bagian ini mempunyai tugas yang berhubungan dengan lingkungan diluar perusahaan, mulai dari keamanan, kebersihan, keindahan taman dan pengelolaan area parkir. Agar pabrik yang didirikan tidak mengganggu lingkungan sekitar. Kegiatan diluar perusahaan tetapi berkaitan dengan perusahaan merupakan tanggung jawabnya. Sebagai bagian kecil hubungan masyarakat. Tugas lainnya adalah menerima serta menyeleksi mahasiswa yang akan melakukan Praktek kerja Nyata (PKN). Divisi-divisi yng berada dibawahnya meliputi: satpam, petugas kebersihan, taman, parkir. Dan divisi ini tidak perlu diterangkan karena sudah mempunyai spesifikasi jabatan tersendiri.

Kepala Bagian

Tugas dan wewenang kepala bagian:

1. Membantu direktur teknik dan direktur administrasi dalam melaksanakan aktifitas pada bagian masing-masing.
2. Memberikan pengawasan dan pengarahan terhadap seksi-seksi dibawahnya.
3. Menyusun laporan dari hasil oleh bagian masing-masing.
4. Bertanggung jawab atas kerja bawahannya.

Kepala Bagian terdiri dari:

a. Kepala Bagian Teknik

Kepala bagian teknik adalah kepala bagian yang bertanggung jawab atas semua kegiatan yang berhubungan erat dengan produksi. Dalam hal ini bukan produksi secara langsung, tetapi sebagai penunjang dalam proses produksinya. Divisi yang dibawahinya:

- Divisi Penyediaan Air

Bertugas mensuplay aliran air yang digunakan selama proses produksi berlangsung.

- Divisi Bengkel dan Suku Cadang

Bertugas memperbaiki peralatan yang rusak dan mempersiapkan suku cadangnya, agar peralatan tersebut dapat digunakan lagi dalam proses produksi.

b. Kepala Bagian Produksi

Kepala bagian produksi adalah kepala bagian yang bertanggung jawab diatas semua kegiatan produksi, mulai dari perencanaan, pembuatan atau produksi dan pengendalian mutu produksi.

- Divisi Perencanaan Produksi

Perencanaan produksi merancang kebutuhan bahan baku, meramal hari produksi yang akan dibuat. Dengan perencanaan yang baik akan dihasilkan produk yang baik pula.

- Divisi Proses

Bertugas dalam segala hal yang berkaitan dengan kegiatan produksi secara langsung. Dalam hal ini masih terbagi atas divisi-divisi kecil yang menangani secara khusus mengenai spesialisasi prosesnya, misalnya: divisi reaktor, divisi kolom distilasi, dan sebagainya yang sesuai dengan proses produksinya.

10.4. Pembagian Tugas dan Tanggung Jawab Dalam Organisasi

a. Direktur Utama

Direktur utama adalah pemimpin perusahaan yang bertanggung jawab pada perusahaan induk, dimana direktur utama membawahi:

- Manager teknik
- Manager administrasi

Tugas dan Wewenang Direktur Utama:

- Bertanggung jawab kepada dewan komisaris.
- Menetapkan kebijaksanaan peraturan dan tata tertib baik keluar maupun ke dalam perusahaan.
- Mengkoordinasi kerja sama antara direktur teknik dengan direktur administrasi.
- Mengatur dan mengawasi keuangan perusahaan
- Bertanggung jawab atas kelancaran perusahaan.

b. Manager Teknik

Manager teknik bertanggung jawab kepada direktur utama dalam hal:

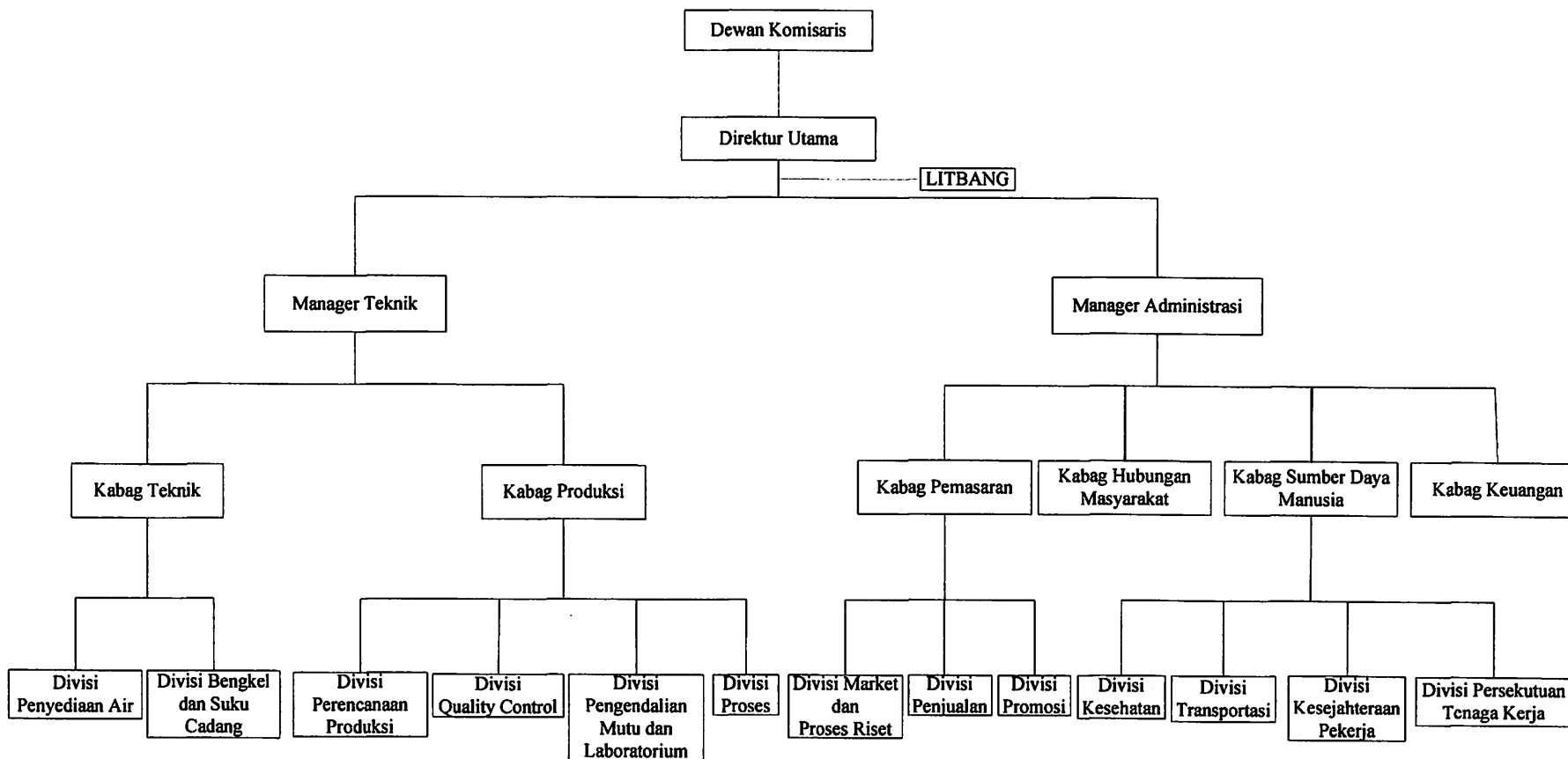
- Biaya-biaya produksi
- Laba rugi perusahaan
- Neraca keuangan

c. Manager Administrasi

Tugas Manager Administrasi berkaitan dengan kegiatan produksi tetapi sangat erat hubungannya dengan kegiatan pabrik, karena dalam perusahaan manager ini mengatur dan mengelola segala hal yang berkaitan dalam lingkungan eksternal perusahaan. Dengan membawahi:

- Pemasaran
- Hubungan Masyarakat
- Sumber Daya Manusia (SDM)
- Keuangan

Tugas utamanya adalah memajemen kegiatan perusahaan diluar kegiatan perusahaan.



Gambar 10.1. Struktur Organisasi Pra Rencana Pabrik Propilen Glikol

10.3. Struktur Organisasi Perusahaan

Sistem organisasi yang diterapkan adalah sistem organisasi garis dan staf. Beberapa hal yang menjadikan alasan pemilihan adalah:

1. Sistem organisasi garis dan staf sering digunakan dalam perusahaan yang memproduksi secara masal.
2. Biasa diterapkan pada organisasi yang cukup besar dengan produksi kontinyu.
3. Masing-masing kepala bagian atau manager secara langsung bertanggung jawab atas aktivitas yang dilakukan untuk pencapaian tujuan.
4. Terdapat kesatuan pimpinan dan perintah, sehingga disiplin kerja lebih baik.
5. Pimpinan tertinggi pabrik dipegang oleh seorang direktur yang bertanggung jawab kepada dewan komisaris. Anggota dewan komisaris merupakan wakil – wakil dari pemegang saham dan dilengkapi dengan staf ahli yang bertugas memberikan saran kepada direktur.

Bagan struktur organisasi diberikan pada gambar 10.1.

BAB X

STRUKTUR ORGANISASI PERUSAHAAN

Suatu perusahaan biasanya memiliki suatu bentuk organisasi yang berfungsi sebagai suatu bentuk hubungan yang memiliki sifat dinamis, dalam arti dapat menyesuaikan diri terhadap segala sesuatu perubahan yang pada hakekatnya merupakan suatu bentuk yang dengan sadar diciptakan manusia untuk mencapai suatu tujuan tertentu.

Pada umumnya organisasi dibuat dalam suatu struktur yang merupakan gambaran secara skematis tentang hubungan atau kerja sama antar departemen yang terdapat dalam kerangka usaha untuk mencapai suatu tujuan tersebut.

10.1. Umum

Bentuk Perusahaan : Perseroan Terbatas (PT)

Lokasi Pabrik : Jl. Raya Anyer km 121, Ciwandan Cilegon-Banten

Kapasitas Produksi : 65.000 Ton/ tahun

Modal : Penanaman modal dalam negeri

10.2. Bentuk Perusahaan

Pabrik propilen glikol merupakan perusahaan swasta nasional yang akan didirikan dengan bentuk perusahaan Perseroan Terbatas (PT). Bentuk ini dipilih dengan alasan:

1. Tanggung jawab pemegang saham terbatas karena segala sesuatu yang menyangkut perusahaan dipegang oleh pemimpin perusahaan.
2. Pemilik dan pengurus perusahaan terpisah satu dengan yang lainnya. Pemilik PT adalah para pemegang saham, sedangkan pengurus adalah direksi beserta stafnya yang diawasi oleh dewan direksi.
3. Mudah mendapatkan modal yaitu dari hasil penjualan saham setelah pabrik berjalan optimum dengan validitas yang jelas.
4. Kehidupan sebuah PT lebih terjamin, karena tidak terpengaruh dengan berhentinya pemegang saham, direksi maupun stafnya dan juga karyawan perusahaan.
5. Adanya efisiensi dalam manajemen, para pemegang saham dapat memilih orang yang ahli sebagai dewan komisaris, juga dapat memilih direktur utama yang cakap dan berpengalaman.

Keterangan :

1. (F-111) Storage C_3H_6O
2. (R-110A) Reaktor I
3. (R-110B) Reaktor II
4. (D-112) Flash Drum
5. (V-120A) Evaporator I
6. (V-120B) Evaporator II
7. (V-120C) Evaporator I
8. (D-130) Kolom Destilasi I
9. (D-140) Kolom Destilasi II
10. (D-150) Kolom Destilasi III
11. (F-158A) Storage $C_3H_8O_2$
12. (F-158B) Storage $C_6H_{14}O_3$
13. (F-158C) Storage $C_9H_{20}O_4$

- Aliran udara.

Aliran udara di sekitar area proses harus lancar agar tidak terjadi stagnasi udara pada tempat yang dapat menyebabkan akumulasi bahan kimia berbahaya sehingga mengancam keselamatan pekerja.

- Pencahayaan.

Penerangan seluruh area pabrik terutama daerah proses harus memadai apalagi pada tempat-tempat yang prosesnya berbahaya sangat membutuhkan penerangan khusus.

- Lalu lintas manusia.

Dalam perencanaan *process layout* perlu memperhatikan ruang gerak pekerja agar dapat mencapai seluruh alat proses dengan mudah dan cepat sehingga penanganan khusus seperti kerusakan alat (*trouble shooting*) dapat segera teratasi.

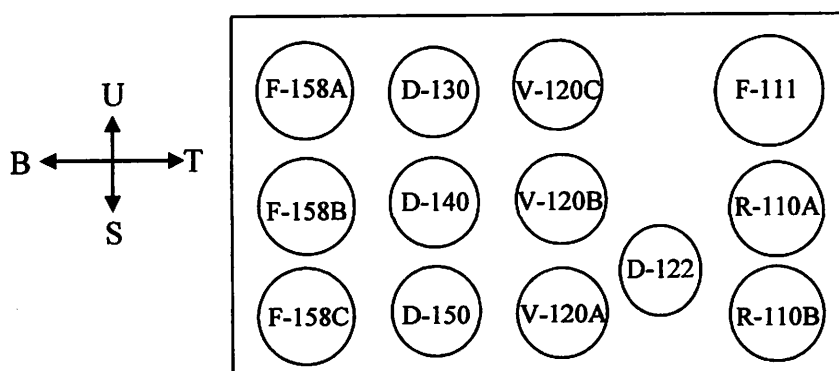
- Efektif dan efisien.

Penempatan alat-alat proses diusahakan agar dapat menekan biaya operasi tapi sekaligus menjamin kelancaran dan keamanan produksi pabrik sehingga dapat menguntungkan dari segi ekonomis.

- Jarak antar alat proses.

Untuk alat proses bertekanan tinggi atau bersuhu tinggi sebaiknya berjauhan dari alat lainnya agar bila terjadi ledakan atau kebakaran tidak cepat merambat ke alat proses lainnya.

Tata letak peralatan proses ini secara garis besar berorientasi pada keselamatan dan kenyamanan pekerja sehingga dapat meningkatkan produktifitas kerja. Tata letak peralatan proses dapat dilihat pada gambar 9.3



Skala 1 : 2500

Gambar 9.2 Tata Letak Peralatan Proses Pabrik Propilen Glikol

Tabel 9.1.1. Perincian Luas Tanah Bangunan Pabrik Propilen Glikol

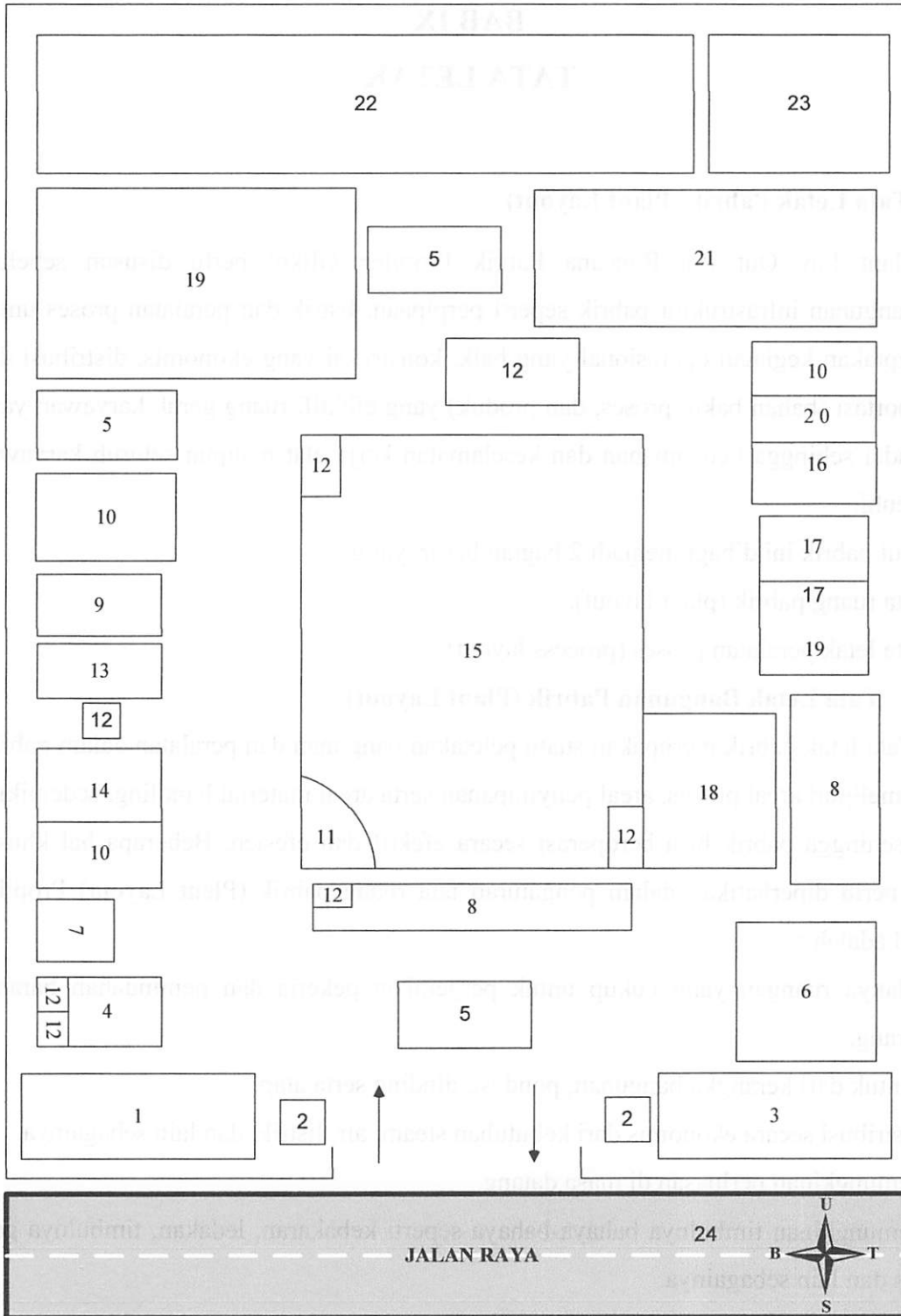
No	Keterangan	Ukuran	Luas (m ³)
1	Parkir tamu	80 x 10	800
2	Pos keamanan	20 x 25	250
3	Parkir pegawai	80 x 10	800
4	Musholla	20 x 10	200
5	Taman	40 x 12	480
6	Aula	32 x 20	640
7	Poliklinik	40 x 12	480
8	Perkantoran dan tata usaha	60 x 10	600
9	Garasi	40 x 12	480
10	Kantin	20 x 12	240
11	Ruang kepala pabrik	20 x 10	200
12	Toilet	30 x 3	90
13	Bengkel	40 x 12	480
14	Perpustakaan	20 x 12	240
15	Ruang proses produksi	100 x 30	3000
16	Area tangki bahan bakar	40 x 12	480
17	Laboratorium	20 x 12	240
18	Gudang bahan baku	28 x 20	560
19	Gudang produk	50 x 10	500
20	Pemadam kebakaran	28 x 20	560
21	Area waste treatment	60 x 20	1200
22	Perluasan pabrik	100 x 30	3000
23	Litbang	11 x 11	120
24	Jalan	20 x 10	200
Jumlah			15840

9.2. Tata Letak Peralatan Proses (Process Layout)

Dalam perencanaan *process layout* ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu :

- Aliran bahan baku dan produk.

Pengaturan aliran bahan baku dan produk yang tepat dapat menunjang kelancaran dan keamanan produksi. Pemasangan elevasi perlu memperhatikan ketinggian. Biasanya pipa atau elevator dipasang pada ketinggian minimal 3 meter agar tidak mengganggu allu lintas karyawan.



Gambar 9.1.1 Tata Letak Pabrik Propilen Glikol

BAB IX

TATA LETAK

9.1. Tata Letak Pabrik (Plant Layout)

Plant Lay Out Pra Rencana Pabrik Propilen Glikol perlu disusun sebelum pembangunan infrastruktur pabrik seperti perpipaan, listrik dan peralatan proses untuk menciptakan kegiatan operasional yang baik, konstruksi yang ekonomis, distribusi dan transportasi (bahan baku, proses, dan produk) yang efektif, ruang gerak karyawan yang memadai sehingga kenyamanan dan keselamatan kerja alat maupun seluruh karyawan terpenuhi.

Lay out pabrik ini dibagi menjadi 2 bagian besar, yaitu :

- Tata ruang pabrik (plant layout).
- Tata letak peralatan proses (process layout).

9.1.1 Tata Letak Bangunan Pabrik (Plant Layout)

Tata letak pabrik merupakan suatu peletakan bangunan dan peralatan dalam pabrik, yaitu meliputi areal proses, areal penyimpanan serta areal material handling, sedemikian rupa sehingga pabrik bisa beroperasi secara efektif dan efisien. Beberapa hal khusus yang perlu diperhatikan dalam pengaturan tata ruang pabrik (Plant Layout) Propilen Glikol adalah :

- Adanya ruangan yang cukup untuk pergerakan pekerja dan pemindahan barang-barang.
- Bentuk dari kerangka bangunan, pondasi, dinding serta atap.
- Distribusi secara ekonomis dari kebutuhan steam, air, listrik, dan lain sebagainya.
- Kemungkinan perluasan di masa datang.
- Kemungkinan timbulnya bahaya-bahaya seperti kebakaran, ledakan, timbulnya gas-gas dan lain sebagainya.
- Masalah penyaluran zat-zat buangan pabrik.
- Penerangan ruangan.

4. Treatment Ketiga

Treatment ketiga dilakukan dengan menambahkan desinfektan berupa gas Cl₂ pada limbah cair untuk membunuh mikroorganisme patogen yang dapat menyebabkan penyakit.

Pada setiap treatment perlu dilakukan pengawasan secara ketat dan dilakukan analisa di laboratorium agar limbah cair yang dibuang ke laut tidak akan mengganggu lingkungan di sekitar pabrik.

b. Limbah Gas

Limbah gas yang dihasilkan berasal dari pembakaran bahan bakar yang digunakan pada unit utilitas. Untuk mengatasinya, asap yang dihasilkan dilewatkan melalui sebuah cerobong yang cukup tinggi dan disemprotkan dengan air untuk menangkap abu dan gas yang berbahaya, sehingga tidak mengganggu lingkungan dan masyarakat sekitar.

8.3. Penyediaan Unit Bahan Bakar

Untuk memenuhi bahan bakar pada boiler, digunakan jenis batu bara sebanyak 1650 kg/jam. Sementara untuk memenuhi generator set digunakan bahan bakar jenis solar sebanyak 41 L/jam.

8.4. Pengolahan Limbah

Pada Pra Rencana Pabrik Propilen Glikol ini memiliki kepedulian terhadap lingkungan disekitarnya. Bentuk kepedulian tersebut antara lain diwujudkan melalui pemantauan analisa mengenai dampak lingkungan, menyusun rencana pengelolaan lingkungan dan rencana pemantauan lingkungan.

Limbah yang dihasilkan oleh Pabrik Propilen Glikol adalah :

a. Limbah Cair

Limbah cair yang dihasilkan berupa keluaran dari *flash destilasti* (D-122), evaporator (V-120C), dan destilasi (D-130). Untuk penanganannya menggunakan beberapa tahap.

1. Pre-Treatment

Hal ini dilakukan untuk menghilangkan solid yang berat dengan cara pengendapan secara gravitasi dalam bak pengendapan.

2. Treatment Pertama

Treatment pertama dilakukan dengan menggunakan proses aerasi dengan menggunakan aerator untuk meningkatkan kandungan oksigen dalam limbah cair, serta dengan menggunakan lumpur aktif. Lumpur aktif ini bertujuan untuk memperbanyak bakteri pengurai limbah organik karena banyak terdapat pada lumpur aktif tersebut. Proses aerasi ini dilakukan selama beberapa jam sampai didapatkan nilai BOD, COD dan DO yang memenuhi standar yang telah ditetapkan pemerintah.

3. Treatment Kedua

Treatment kedua dilakukan apabila pH limbah cair terlalu asam atau terlalu basa, sehingga ditambahkan bahan kimia untuk menetralkan limbah cair sampai pH 7 (netral) ataupun dapat dilakukan dengan sejumlah air agar limbah cair yang dibuang ke laut tidak terlalu asam ataupun terlalu basa.

8.1.4. Air Pendingin

Air pendingin sebelum digunakan perlu diolah terlebih dahulu. Kandungan bahan didalam air akan mempengaruhi sistem air pendingin, sebab bahan-bahan yang terkandung didalamnya kemungkinan akan menimbulkan masalah kerak yang menghambat perpindahan panas. Air pendingin tersebut akan digunakan pada reaktor (R-110A dan R-110B), kondensor (E-223), kondensor (E-142), *cooler* (E-146), kondensor (E-152), *cooler* (E-156), kondensor (E-), dan *cooler* (E-157) dengan total kebutuhan air pendingin sebesar 474313,3106 kg/jam.

Air pendingin berfungsi sebagai media pendingin pada alat perpindahan panas.

Hal ini disebabkan karena :

- Air merupakan materi yang mudah didapat
- Mudah dikendalikan dan dikerjakan
- Dapat menyerap panas
- Tidak mudah menyusut karena pendinginan
- Tidak mudah terkondensasi.

Dari total air pendingin yang diperlukan, diberikan faktor keamanan sebesar 20%. Untuk menghemat air pendingin biasanya dilakukan recycle sehingga air pendingin yang perlu disiapkan hanya berupa *make up water* yang jumlahnya diperkirakan 20% dari total kebutuhan air pendingin.

Untuk memenuhi kebutuhan air pendingin, dari bak air bersih (F-212) dipompa ke bak air pendingin (F-232) menggunakan pompa sentrifugal (L-231) kemudian dialirkan ke peralatan proses dengan pompa (L-233). Air yang telah digunakan akan didinginkan di cooling tower (P-220) dan selanjutnya dari cooling tower air di *recycle* ke bak air pendingin kembali.

8.2. Unit Penyediaan Listrik

Tenaga listrik didalam Pabrik Propilen Glikol dipergunakan untuk menggerakkan motor, penerangan, instrumentasi dan lainnya. Penggunaan listrik pada alat proses, unit utilitas dan $\frac{1}{3}$ kebutuhan penerangan akan *disupply* dengan Genset Perkins HLPER-165 tipe AC Generator 3 Phase 4 Line, sebesar 90 kW. Sementara 44 kW untuk kebutuhan penerangan akan *disupply* oleh PT. PLN.

Tabel 8.3. Kandungan bahan yang perlu diperhatikan pada berbagai air industri

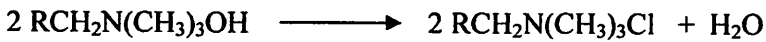
No	Parameter	Air Industri		
		Boiler	Pendingin	Proses
1.	Keasaman	+	+	+
2.	Kebasaan :			
	OH ⁻	+	-	+
	pp	+	+	+
	mo	+	+	+
3.	Amonia	+	+	+
4.	Boron	-	+	+
5.	CO ₂	+	+	+
6.	Cl ⁻	+	+	+
7.	Cl, bebas	-	+	+
8.	Cr ⁶⁺	+	+	+
9.	Conductivity	+	+	+
10.	Cu	+	+	+
11.	F ⁻	-	+	+
12.	Kesadahan	+	+	+
13.	Fe	+	+	+
14.	Pb	-	-	+
15.	Mg	+	+	+
16.	Mn	-	+	+
17.	Ni	+	-	+
18.	NO ₃ ⁻	+	+	+
19.	NO ₂ ⁻	+	+	+
20.	Minyak	+	+	+
21.	DO.	+	-	+
22.	Phosphate	+	+	+
23.	Residu	+	+	+
24.	Tersaring	+	+	+
25.	Terlarut	+	+	+
26.	Si	+	+	+
27.	Na	+	+	+
	SO ₄	+	+	+
	Sulfida	-	+	+
28.	SO ₃ ⁻	+	+	+
29.	Tanin dan Lignin	+	+	+
30.	Kekeruhan	-	-	+
31.	Zn	+	+	+

organik (*organic matter*). Dengan kandungan bahan tersebut maka air baku harus diolah sesuai dengan spesifikasi air proses yang akan digunakan. Karena air proses digunakan sebagai reaktan pada proses reaksi maka spesifikasi air proses perlu disesuaikan dengan peruntukannya, seperti yang terlihat pada tabel 8.2.

Dengan memperhatikan spesifikasi dan jumlah kebutuhannya yang cukup besar maka air proses yang harus disediakan perlu disesuaikan dengan spesifikasi air proses tersebut dan sumber air bakunya, agar dalam proses penjernihan atau pengurangan kandungan bahan terlarutnya tidak membutuhkan biaya yang besar.

Air proses digunakan sebagai reaktan dan reaksi di dalam reaktor. Oleh karena itu, air proses yang akan digunakan tidak mengandung bahan lain yang dapat bereaksi. Untuk memenuhi kebutuhan air proses yang akan digunakan pada reaktor (R-110A) sebanyak 37016,3103 kg/jam harus melewati proses demineralisasi untuk menghilangkan kesadahan dan mineral yang dapat mengganggu proses reaksi dan melewati deaerator untuk menghilangkan gas-gas yang terkandung didalam air. Persyaratan air proses terdapat pada tabel berikut.

Ion Na^+ dalam senyawa NaCl sebagai influent ditukar oleh gugus aktif resin kation (H^+) ion H^+ bertemu dengan ion Cl^- membentuk HCl sehingga air akan bersifat asam ini dialirkan ke penukar ion negatif untuk dihilangkan anion-anion yang mengganggu proses. Resin yang dipakai adalah $\text{RCH}_2\text{N}(\text{CH}_3)_3\text{OH}$. Dalam tangki penukar ion negatif terjadi reaksi sebagai berikut:



Penukaran ion di kolom penukar anion dimana ion Cl^- pada HCl akan ditukar dengan ion OH^- pada gugus aktif resin membentuk H_2O dimana proses ini disebut dengan proses penukaran dan netralisasi. (Pure Water Care, 2014)

Bahan baku pembuatan steam adalah air umpan boiler. Direncanakan steam yang digunakan adalah saturated steam dengan kondisi operasi pada suhu (T) 250°C dan tekanan (P) 576,9 psia.

Untuk memenuhi kebutuhan steam 25.346,8049 kg/jam maka dibutuhkan air umpan boiler sebanyak 18.720,8711 kg/jam. Air bersih dari bak penampung air bersih di alirkan menggunakan pompa sentrifugal (L-213B) menuju tangki penukar ion (D-210A). Pada penukar ion resin penghilang kation yang digunakan adalah RSO_3H^+ (DOWEX™ UPCORE™ Mono C-600) dengan kebutuhan resin sebanyak 213,7746 kg/jam. Setelah melewati proses penghilangan kation, air lunak dilewatkan ke daerator (D-217) untuk menghilangkan gas-gas impuritis pada air umpan boiler dengan sistem injeksi *steam*. Selanjutnya melewati anion exchanger (D-210B), resin penghilang anion yang digunakan adalah $\text{RCH}_2\text{N}(\text{CH}_3)_3\text{OH}$ (DOWEX™ UPCORE™ Mono A-625) dengan kebutuhan resin sebanyak 23,6898 kg/jam. Setelah itu air ditampung pada bak air lunak (F-218) selanjutnya dipompa menuju bak air umpan boiler (F-222) menggunakan pompa sentrifugal (L-221). Selanjutnya air siap diumpankan ke boiler tipe *water-tube* (Q-220) menggunakan pompa (L-223). Steam yang dihasilkan boiler didistribusikan ke peralatan dan kondensat yang dihasilkan di *recycle* kembali ke dalam bak air umpan boiler untuk diproses menjadi *steam* kembali.

8.1.3. Air Proses

Air proses digunakan sebagai reaktan dan reaksi di dalam reaktor. Bahan baku air proses berasal dari air kawasan, sehingga kemungkinan bahan yang terkandung dalam air baku tersebut antara lain zat terlarut (*soluble material*), *suspense* (*suspended solid*), garam-garam Ca dan Mg, silika, sulfat, asam bebas (*free acid*), oksida dan bahan

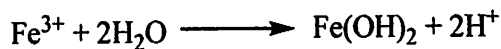
2. Tidak boleh membentuk kerak dalam boiler

Kerak dalam boiler dapat menyebabkan

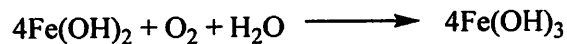
- Isolasi terhadap panas sehingga proses perpindahan panas terhambat
- Kerak yang terbentuk dapat pecah sewaktu-waktu sehingga dapat menimbulkan kebocoran karena boiler mendapat tekanan yang kuat.

3. Tidak boleh menyebabkan korosi pada pipa

Korosi pada pipa boiler disebabkan oleh keasaman (pH rendah), minyak, lemak, bikarbonat, bahan-bahan organik dan gas-gas H₂S, SO₂, NH₃, CO₂, O₂ yang terlarut dalam air. Reaksi elektrokimia antara besi dan air akan membentuk lapisan pelindung anti korosi pada permukaan baja, yaitu :

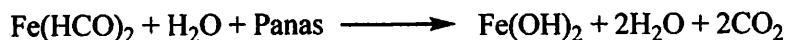
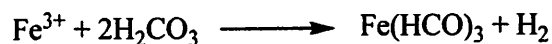


Tetapi jika terdapat oksigen dalam air, maka lapisan hidrogen yang terbentuk akan bereaksi dengan oksigen membentuk air. Akibat hilangnya lapisan pelindung tersebut terjadilah korosi menurut reaksi :

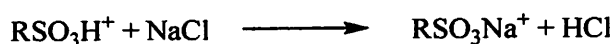


Adanya hidrokarbon dalam air akan menyebabkan terbentuknya CO₂ karena pemanasan dan adanya tekanan CO₂ yang terjadi bereaksi dengan air menjadi asam karbonat. Asam karbonat akan bereaksi dengan metal dan besi membentuk garam bikarbonat. Dengan adanya pemanasan (kalor), garam bikarbonat ini membentuk CO₂ lagi.

Reaksi yang terjadi :



Pelunakan air boiler yang dilakukan dengan pertukaran ion dalam demineralisasi yaitu tangki penukar ion (D-210). Pada tangki penukar ion ini terdapat proses penukar ion kation dan anion yang terjadi di dalam satu tangki saja. Penukar ion positif resin yang digunakan adalah RSO₃H⁺. Air dari bak penampungan air bersih (F-212) dialirkan dengan pompa (L-217) menuju tangki penukar ion (D-210). Dalam tangki penukar ion positif terjadi reaksi sebagai berikut :



d. Kalau penyebab korosi karena kondensat, bisa dicegah dengan pemberian senyawa amina atau ammonia.

5. Pengendalian *caustic imbrittlement*

Salah satu penyebab kerapuhan dinding boiler adalah kandungan NaOH bebas didalam air boiler yang terkonsentrasi pada titik kebocoran dan secara kimia akan menyerang metal tersebut. dengan serangan tersebut akan menimbulkan retakan yang tidak teratur, terutama pada metal yang terkena tekanan. Untuk mengendalikan *caustic imbrittlement*, perlu dilakukan:

- a. Mencegah kebocoran pada metal yang mengalami tekanan
- b. menambah inhibitor
- c. Mengendalikan alkalinitas hidroxida yang rendah pada air boiler, dengan cara:
- d. Mengendalikan pH, dengan menggunakan phosphate, sehingga pH air boiler dapat diketahui dengan melihat endapan *trisodium phosphate*.
- e. Menambahkan bahan kimia, pencegah *imbrittlement* yaitu lignin, tanin dan sodium nitrat.

Zat-zat yang terkandung dalam air umpan boiler yang dapat menyebabkan kerusakan pada boiler adalah :

- Kadar zat terlarut (*soluble matter*) yang tinggi
- Zat padat terlarut (*suspended solid*)
- Garam-garam kalsium dan magnesium
- Zat organik (*organik matter*)
- Silika, sulfat, asam bebas dan oksida.

Syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh air umpan :

1. Tidak boleh berbuih (busa)

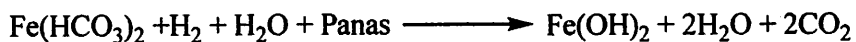
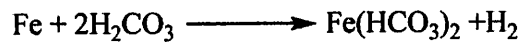
Busa disebabkan oleh adanya solid matter, suspended matter dan basa yang terlalu tinggi. Kesulitan yang dihadapi dengan adanya busa :

- Kesulitan pembacaan tinggi liquidida dalam boiler
- Buih dapat menyebabkan percikan yang kuat dan mengakibatkan adanya solid-solid yang menempel sehingga menyebabkan terjadinya korosi dengan adanya pemanasan lebih lanjut.

Untuk mengatasi hal ini perlu adanya pengontrolan terhadap adanya kandungan lumpur, kerak dan alkalinitas lebih lanjut.

c. Bikarbonat

Adanya bikarbonat didalam air umpan boiler akan menyebabkan terjadinya CO₂ karena pemanasan dan adanya tekanan. CO₂ yang terjadi bereaksi dengan air menjadi asam karbonat. Asam ini perlahan-lahan akan bereaksi dengan metal dan besi membentuk garam bikarbonat. Garam bikarbonat ini dengan pemanasan akan membentuk CO₂ kembali. Selanjutnya CO₂ akan bereaksi kembali dengan air membentuk asam. Keadaan ini akan berjalan terus menerus sehingga bisa merupakan siklus.



d. Gas

Gas H₂S, SO₂ dan NH₃ dapat menyebabkan korosi tapi tidak separah yang disebabkan oleh gas O₂ atau CO₂.

e. Bahan organik

Terdapatnya bahan organik didalam air umpan boiler yang berupa asam organik akan menyebabkan terjadinya korosi pada dinding ketel.

f. Oli dan lemak

Oli dan lemak didalam air umpan boiler yang berasal dari minyak bumi, binatang dan tumbuh-tumbuhan akan menghasilkan asam organik dan glycerine. Asam organik akan bereaksi dengan besi yang kadang-kadang bisa membentuk CO₂ sehingga akan menyebabkan terjadinya korosi.

Untuk mengendalikan korosi dapat dilakukan dengan cara :

- a. Pengaturan alkalinitas dan pembentukan lapisan film dimana pH air umpan boiler diharapkan lebih besar dari 9,5 dan kandungan hidroksida alkalinitas kecil. Alkalinitas bisa diatur dengan penambahan soda ash (Na₂CO₃), *caustic soda* (NaOH) dan *trisodium phosphate*
- b. Untuk menghilangkan kandungan O₂ dapat dilakukan dengan aerasi, sedangkan untuk menghilangkan CO₂ dapat dilakukan dengan pemanasan pendahuluansacara terbuka pada air umpan boiler. Selain itu dapat juga dengan cara penambahan bahan kimia misalnya tannin atau turunan glukosa
- c. Memberikan perlindungan dengan pembentukan film, dengan memakai tannin, turunan lignin atau turunan glukosa

- a. Isolasi panas atau panas dari bahan bakar terhalang sehingga efisiensi panas pembakaran rendah
- b. Suatu saat kerak tersebut pecah sehingga air berhubungan langsung dengan dinding boiler yang dapat menimbulkan kebocoran akibat boiler mendapat tekanan yang kuat.

Bentuk-bentuk kerak, antara lain :

- a. Sludge (lumpur), yaitu kerak yang tidak terlalu banyak mengganggu terhadap perpindahan panas, biasanya kerak ini dapat dikurangi dengan blow-down.
 - b. Kerak yang menempel kuat pada dinding boiler, yaitu kerak yang sukar dibersihkan. Ada 2 macam kerak tipe ini, yaitu :
 - Kerak porous, yaitu kerak yang berlubang-lubang atau tidak massif. Kerak ini sangat merusak boiler disebabkan didalam kerak tersebut bisa mengurung *steam*, yang dapat menyebabkan terjadinya gelembung-gelembung yang akan merusak dinding boiler karena terjadi kelewat panas.
 - Kerak padat (solid), yaitu kerak yang lebih padat dibandingkan dengan kerak porous. Dibandingkan dengan kerak porous, daya rusak kerak padat lebih kecil.
4. Pengendalian korosi

Air umpan boiler dapat menyebabkan korosi pada dinding ketel karena air umpan boiler yang masih bersifat asam atau mengandung bahan terlarut seperti gas, bikarbonat bahan organik atau minyak.

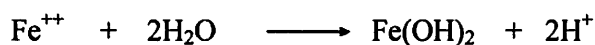
a. Keasaman atau pH

Apabila air umpan boiler masih bersifat asam, maka ion hydrogen yang cukup besar akan melapisi permukaan metal sehingga akan menimbulkan gas yang akan meninggalkan permukaan metal yang dapat menyebabkan korosi.

b. Oksigen

Adanya oksigen yang terlarut akan menyebabkan terjadinya korosi, dengan cara:

- Oksigen akan mengoksidasi ferrohidroksida ($\text{Fe}(\text{OH})_2$) menjadi ferrihidroksida ($\text{Fe}(\text{OH})_3$) yang akan larut didalam air.
- Oksigen akan bereaksi dengan hydrogen ion yang terjadi karena adanya reaksi Fe^{++} dengan air, dan akan melapisi permukaan metal sehingga terjadi korosi.



- a. Ketinggian air didalam boiler yang terlalu tinggi
- b. Konsentrasi bahan kimia didalam air boiler yang terlalu tinggi
- c. Kotoran yang dapat menaikkan tegangan muka cairan
- d. Pembukaan katup (valve) uap yang terlalu cepat.

Pencegahan terjadinya priming yang disebabkan masalah mekanis, dapat dilakukan dengan cara :

- a. Desain boiler yang tepat
- b. Menjaga ketinggian air didalam boiler
- c. Membuat metode penyalaan yang tepat
- d. Menjaga jangan sampai terjadi over loading
- e. Menjaga perubahan kondisi boiler yang terlalu mencolok
- f. Menjaga *steam* storage diatas air (water level) harus tepat
- g. Mengatur kecepatan uap air (*steam*) seaktu keluar dari boiler.

Jika priming yang terjadi disebabkan oleh kandungan bahan kimia, maka perlu dilakukan pengendalian kandungan solid yang ada didalam air boiler tersebut.

2. Pengendalian carry over

Carry over terjadi karena zat padat yang terkandung didalam air boiler terikut air atau *steam* keluar boiler dan mengendap pada pipa-pipa uap, valve, mesin atau turbin. Padatan ini akan merusak sudut-sudut turbin dan pelumas mesin. Selain itu akibat pemanasan, zat padat tadi akan timbul dan menempel pada metal dan adanya pemanasan lanjut akan menyebabkan lepas sehingga akan membawa sebagian dari besi yang ditemplei padatan tersebut. Penyebab terjadinya carry over bisa disebabkan persoalan mekanis atau kimia. Apabila persoalannya masalah mekanis, bisa disebabkan oleh *deficiency* pada *boiler design*, ketinggian air, penyalaan yang tidak benar, *over loading* dan perubahan kondisi boiler yang mencolok. Untuk mencegah hal tersebut *boiler design* harus tepat. Apabila masalahnya disebabkan oleh bahan kimia maka yang perlu diperhatikan adalah pengendalian kandungan bahan padat didalam air boiler.

3. Pengendalian kerak atau endapan

Kerak atau endapan yang melekat atau berupa lumpur didalam boiler disebabkan, karena adanya garam-garam Ca^{++} dan Mg^{++} , yang dapat menyebabkan terjadinya:

<i>Hydrogen sulfide</i> (H ₂ S)	5	3	0	0
<i>Total hardness</i> (CaCO ₃)	80	40	10	2
<i>Sulfite carbonate ratio</i> (Na ₂ SO ₄ :Na ₂ CO ₃)	1:1	2:1	1:1	1:1
<i>Aluminium oxide</i> (Al ₂ O ₃)	5	0,5	0,05	0,01
<i>Silica</i> (SiO ₂)	40	20	5	0
<i>Bicarbonate</i> (HCO ₃ ⁻)	50	30	5	0
<i>Carbonate</i> (CO ₃ ⁻)	200	100	40	20
<i>Hydroxide</i> (OH) ⁻	50	40	30	15
<i>Total solid</i>	3000-500	2500-500	1500-100	50
<i>Minimum Ph</i>	8,0	8,4	8	96

Tabel 8.5. Persyaratan kandungan bahan dalam air boiler, pada beberapa tekanan boiler

Tekanan (psia)	Total Dissolved Solid (ppm)	Alkalinitas (ppm)	Hardness (ppm)	Silika (ppm)	Turbidity (ppm)	Oil (ppm)	PO ₄ Residu (ppm)
0-300	3500	700	0	100-60	175	7	140
301-405	3000	600	0	60-45	150	7	120
451-600	2500	500	0	45-35	125	7	100
601-750	2000	400	0	35-25	100	7	80
751-900	1500	300	0	25-15	75	7	60
901-1000	1250	250	0	15-12	63	7	50
1001-1500	-	200	0	12-2	50	7	40

Selain harus memenuhi persyaratan diatas air umpan boiler harus bebas dari :

- Zat-zat yang menyebabkan korosi, yaitu gas-gas terlarut seperti O₂, CO₂, H₂S dan NH₃
- Zat-zat yang menyebabkan busa, yaitu zat organik, anorganik dan zat-zat tak larut dalam jumlah yang besar.

Untuk memenuhi persyaratan tersebut dan untuk mencegah kerusakan pada boiler, maka air umpan boiler harus dikendalikan agar tidak menimbulkan masalah melalui:

1. Pengendalian priming

Priming adalah keluarnya air dengan keras bersama-sama uap secara tiba-tiba dari boiler yang terjadi karena ketinggian air didalam boiler yang dapat merusak mesin atau turbin. Pada dasarnya priming dapat disebabkan oleh bahan kimia yang terkandung dalam air boiler dan masalah mekanis, yaitu:

3. Syarat bakterologis

- Tidak mengandung kuman maupun bakteri, terutama bakteri pathogen yang dapat merubah sifat-sifat fisik air
- Angka kuman : 100/1 mL
- Bakteri coli, tidak ada dalam 100 mL

Untuk memenuhi kebutuhan air sanitasi sebanyak 2.613,6600 kg/jam, air kawasan dialirkan dengan pompa (L-211) ke bak air bersih (F-212). Dari bak air bersih selanjutnya air dipompa (L-213A) menuju bak klorinasi (F-214) dan ditambahkan disinfektan gas klorin (Cl_2) sebanyak 0,0026 kg/jam yang diinjeksikan langsung ke dalam bak klorinasi. Dari bak klorinasi, air dialirkan menuju bak air sanitasi (F-215) dengan menggunakan pompa (L-216) dan siap untuk dipergunakan untuk air sanitasi.

8.1.2. Air Umpan Boiler

Air umpan boiler merupakan bahan baku pembuatan *steam* yang berfungsi sebagai media pemanas. Kebutuhan *steam* pada Pra Rancang Pabrik Propilen Glikol ini digunakan pada Heater (E-113), Heater (E-114), Heater (E-121), Evaporator (V-120A), Reboiler (E-136), Reboiler (E-145), dan Reboiler (E-155) sebesar 25.346,8049 kg/jam. Air umpan boiler disediakan berlebih sebesar 20% untuk mengganti *steam* yang hilang karena adanya kebocoran transmisi.

Air yang dipakai untuk membuat *steam* harus memenuhi beberapa persyaratan, yaitu tidak boleh menimbulkan buih, *priming*, *carry over*, kerak (*scale*), korosi pada pipa-pipa dan *caustic imbrittlement*. Bahan-bahayang dapat menyebabkan beberapa hal tersebut adalah kadar *soluble matter* yang tinggi, *suspended solid*, garam-garam Ca dan Mg, silica, sulfat, asam bebas (*free acid*) dan oksida serta *organic matter*.

Persyaratan air umpan boiler sangat tergantung dari macam atau jenis boilernya. Persyaratan tersebut seperti yang terlihat pada tabel 8.3 dan tabel 8.4.

Tabel 8.4. Persyaratan kandungan bahan dalam air boiler, pada beberapa tekanan boiler

Parameter	Tekanan Boiler (psig)			
	0-150	150-250	250-400	>400
<i>Turbidity</i>	20	10	5	1
<i>Color</i>	80	40	5	2
<i>Oxigen consumed</i>	15	10	4	3
<i>Dissolved oxygen (O₂)</i>	1,5	0,1	0	0

sanitasi, sebab bahan-bahan yang terkandung didalamnya akan menimbulkan masalah bagi kesehatan.

Air sanitasi digunakan untuk memenuhi kebutuhan karyawan, laboratorium, kantor, taman, pemadam kebakaran dan kebutuhan yang lain dengan persyaratan kualitas air seperti berikut:

1. Syarat fisika

- Suhu : Dibawah suhu udara
- Warna : Jernih
- Rasa : Tidak berasa
- Bau : Tidak berbau
- Kekeruhan : Lebih kecil dari 1 mg SiO₂/liter
- pH : Netral

2. Syarat kimia

Tabel 8.2. Syarat kimia air sanitasi

No	Parameter	Maksimal Konsentrasi (ppm)
1	Zat terlarut	1000
2	Zat Organik (angka KMNO ₄)	10
3	CO ₂ Agresif	Tidak ada
4	H ₂ S	Tidak ada
5	NH ₄ ⁺	Tidak ada
6	NO ₂ ⁻	Tidak ada
7	SO ₃ ⁻	20
8	Cl ⁻	250
9	SO ₄	250
10	Mg ⁺²	125
11	Fe ⁺²	0,2
12	Mn ⁺²	0,1
13	Ag ⁺²	0,05
14	Pb ⁺²	3,0
15	Cu ⁺²	3,0
16	Zn ⁺²	5,0
17	F ⁻	1-115
18	pH	6,5-9
19	Kesadahan	5-10 D ^o

Tabel 8.1. Kandungan air kawasan PT. KIEC Cilegon, Banten

No.	Komposisi	Satuan	Nilai
1.	Bau	-	Tidak berbau
2.	Rasa	-	Tidak berasa
3.	Warna	Upt-co	< 0,12
4.	pH	-	7,13
5.	Kekeruhan	Skala NTU	0,06
6.	Jumlah zat terlarut	mg/L	224
7..	Kesadahan (CaCO ₃)	mg/L	40,6
8.	Nitrat (NO ₃ – N)	mg/L	0,87
9.	Nitrit (NO ₂ – N)	mg/L	< 0,004
10.	Sulfat (SO ₄ ²⁻)	mg/L	1,84
11.	Klorida (Cl ⁻)	mg/L	< 0,40
12.	Florida (F ⁻)	mg/L	< 0,29
13.	Sianida (CN ⁻)	mg/L	< 0,002
14.	Besi (Fe ²⁺)	mg/L	< 0,003
15.	Mangan (Mn ²⁺)	mg/L	< 0,0007
16.	Kromium (Cr ⁴⁺)	mg/L	0,008
17.	Kadmium (Cd ²⁺)	mg/L	0,002
18.	Seng (Zn ²⁺)	mg/L	< 0,0003
19.	Timbal (Pb ²⁺)	mg/L	< 0,004
20.	Raksa (Hg ²⁺)	mg/L	< 0,0004
21.	Arsenik (As ²⁺)	mg/L	< 0,004
22.	Selenium (Se ²⁺)	mg/L	< 0,006
23.	Detergen	mg/L	< 0,03
24.	Zat organik	mg/L	< 0,28
25.	Mikrobiologi Total coliform pada perpipaan	APM/100mL	<1,8

8.1.1. Air Sanitasi

Air sanitasi adalah air yang sudah bebas dari *suspended solid* dan mikrobiologis. Didalam industri, air sanitasi digunakan untuk keperluan laboratorium, kantor, cuci, mandi, taman, mencuci peralatan dan lantai pabrik serta pemadam kebakaran. Sebelum digunakan air bersih perlu diolah terlebih dahulu. Kandungan mikrobiologis terutama jenis bakteri didalam air akan mempengaruhi kualitas air

BAB VIII

UTILITAS

Unit utilitas merupakan salah satu bagian yang sangat penting untuk menunjang jalannya proses produksi dalam suatu industri kimia. Unit utilitas yang diperlukan pada Pra Rancang Pabrik Propilen Glikol yaitu :

- Air yang berfungsi sebagai air umpan boiler, air sanitasi, air pendingin, air proses dan air untuk pemadam kebakaran
- *Steam* sebagai media pemanas dalam proses produksi
- Listrik yang berfungsi untuk menjalankan alat-alat produksi, utilitas dan untuk penerangan
- Bahan bakar untuk pengoperasian boiler dan generator.

Dari kebutuhan unit utilitas yang diperlukan, maka utilitas tersebut dibagi menjadi 4 unit, yaitu :



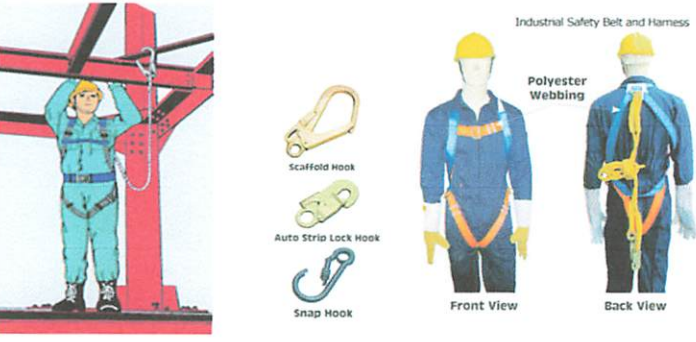
1. Unit penyediaan air & pengolahannya.
2. Unit penyediaan tenaga listrik
3. Unit penyediaan bahan bakar.
4. Unit pengolahan limbah

8.1. Unit Penyediaan Air

Di wilayah Cilegon, Banten, sumber air yang tersedia hanya dari PT. KIEC Cilegon dan air laut saja, karena di Cilegon tidak memiliki jalur aliran sehingga tidak memungkinkan untuk menggunakan air sungai sebagai pemenuhan kebutuhan utilitas. Jika menggunakan air laut sebagai pemenuhan untuk kebutuhan utilitas Pra-Rencana Pabrik Propilen Glikol, diperlukan unit proses pengolahan air laut terlebih dahulu.

Untuk memenuhi kebutuhan air direncanakan menggunakan air kawasan dari PT. KIEC Cilegon, Banten untuk meminimalisir biaya pengeluaran. Pengambilan air kawasan ditampung di bak air bersih yang selanjutnya diproses untuk keperluan air pendingin, air umpan boiler, air proses dan air sanitasi.

Tabel 7.3. Alat Keselamatan Kerja di Pabrik Propilen Glikol (*lanjutan*)

No.	Alat Pelindung	Keterangan
6.	<p data-bbox="256 323 442 351">Sarung tangan</p> 	<p data-bbox="1027 323 1399 613">Lokasi : Wilayah proses, laboratorium, utilitas dan di sekitar pabrik Fungsi : Melindungi tangan dari panas dan menghindari bahaya terluka akibat kecelakaan di pabrik</p>
7.	<p data-bbox="256 1009 350 1037">Masker</p> 	<p data-bbox="1027 1009 1428 1262">Lokasi : Wilayah proses, laboratorium, di sekitar pabrik Fungsi : Melindungi hidung dan mulut dari kontaminasi racun di pabrik</p>
8.	<p data-bbox="256 1467 350 1496">Harness</p> 	<p data-bbox="1027 1467 1428 1655">Lokasi : Wilayah proses, di sekitar pabrik Fungsi : Melindungi tubuh dari bahaya terluka akibat kecelakaan di pabrik</p>