

PRA RENCANA PABRIK

**DIETIL ETER DARI ETANOL DAN ASAM SULFAT DENGAN
PROSES DEHIDRASI ETANOL
KAPASITAS PRODUKSI 20.000 TON/TAHUN**

**PERANCANGAN ALAT UTAMA
KOLOM DISTILASI**

SKRIPSI

Disusun Oleh:

KURNIA RAHMA FIDA

1114012



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

REPORT OF INVESTIGATION

RESEARCH AND ANALYSIS OF THE UNITED STATES DEPARTMENT OF JUSTICE
FEDERAL BUREAU OF INVESTIGATION
WASHINGTON, D. C. 20535

UNITED STATES DEPARTMENT OF JUSTICE
FEDERAL BUREAU OF INVESTIGATION

MEMORANDUM

TO: DIRECTOR

FROM: SAC, [REDACTED]

SUBJECT: [REDACTED]

ADMINISTRATIVE PAGE(S)
CONTAINING INFORMATION OF A CONFIDENTIAL NATURE
AND ARE SUBJECT TO THE PROVISIONS OF THE
FOIA

LEMBAR PERSETUJUAN

PRA RENCANA PABRIK

**DIETIL ETER DARI ETANOL DAN ASAM SULFAT DENGAN
PROSES DEHIDRASI ETANOL
KAPASITAS PRODUKSI 20.000 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 :

KURNIA RAHMA FIDA

1114012

Malang, 24 Agustus 2015

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Kimia

A blue ink signature of Jimmy, ST. MT, written over a purple circular stamp of Institut Teknologi Nasional Malang. The stamp contains the text 'INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG' and 'TEKNIK KIMIA'.

Jimmy, ST. MT
NIP Y 1039900330

Mengetahui,
Dosen Pembimbing

A blue ink signature of Prof. Dr. Ir. Tri Poespowati, MT., written in a stylized cursive script.

Prof. Dr. Ir. Tri Poespowati, MT.
NIP 195808021991032001

**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

Nama : KURNIA RAHMA FIDA
NIM : 1114012
Jurusan/Program Studi : TEKNIK KIMIA
JudulSkripsi : PRA RENCANA PABRIK DIETIL ETER DARI
ETANOL DAN ASAM SULFAT DENGAN PROSES
DEHIDRASI ETANOL

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

Hari : Sabtu
Tanggal : 15 Agustus 2015
Nilai : B+

Ketua,



Jimmy, ST. MT
NIP Y 1039900330

Sekretaris,



Elvianto Dwi Daryono, ST. MT
NIP P.1030000351

Anggota Penguji,

Penguji Pertama,



Rini Kartika Dewi, ST. MT
NIP Y 1030100370

Penguji Kedua,



Faidliyah Nilna Minah, ST. MT
NIP Y 1030400392

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : KURNIA RAHMA FIDA
NIM : 1114012
Jurusan/ Program Studi : Teknik Kimia / Teknik Kimia (S-1)

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi yang berjudul:

PRA RENCANA PABRIK

DIETIL ETER DARI ETANOL DAN ASAM SULFAT DENGAN PROSES DEHIDRASI ETANOL KAPASITAS PRODUKSI 20.000 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, 24 Agustus 2015

Yang membuat pernyataan,



KURNIA RAHMA FIDA

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadiran Allah Yang Maha Esa yang telah memberikan karunia-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pra Rencana Pabrik Dietil Eter Dari Etanol Dan Asam Sulfat Dengan Proses Dehidrasi Etanol Kapasitas Produksi 20.000 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 terimakasih 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.
4. Ibu Prof. Dr. Ir. Tri Poespowati, MT, selaku dosen pembimbing skripsi
5. Kedua Orang tua kami yang telah memberikan dukungan serta doa kepada kami.
6. 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, 24 Agustus 2015

Penyusun

INTISARI

Pra Rencana Pabrik Dietil Eter Dari Etanol Dan Asam Sulfat Dengan Proses Dehidrasi Etanol ini mengambil lokasi pendirian di Jalan Kapten Darmo Sugondo, Kec. Kebomas, Kab. Gresik Provinsi Jawa Timur, Indonesia, dengan kriteria sebagai berikut:

- Kapasitas produksi : 20.000 ton/tahun
- Waktu operasi : 330 hari
- Bahan utama : Etanol (C_2H_6O) dan Asam sulfat (H_2SO_4)
- Bahan pembantu : Natrium Hidroksida (NaOH)
- Utilitas : Air sungai, Steam, Cooling water, water proses, Listrik, Bahan bakar
- Organisasi Perusahaan:
 - Bentuk : Perseroan Terbatas
 - Struktur : *Line and Staf*
 - Karyawan : 146 orang
- AnalisaEkonomi:
 - TCI : Rp 157.929.445.009,-
 - ROI_{at} : 32%
 - POT_{at} : 2,4 tahun
 - BEP : 59,73 %
 - IRR : 24 %

Dari hasil evaluasi, Pra Rencana Pabrik Dietil Eter Dari Etanol Dan Asam Sulfat Dengan Proses Dehidrasi Etanol 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 Dietil Eter	I-1
Table 1.2.	Data analisa pasar	I-3
Table 1.3.	Data impor dietil eter tahun 2009-2014 di Indonesia	I-4
Tabel 2.1.	matrik pemilihan proses berdasarkan aspek teknis dan ekonomis ..	II-4
Tabel 5.1.	Ringkasan spesifikasi seluruh peralatan	V-1
Tabel 7.1.	Alat – alat kontrol pada Pabrik Dietil Eter	VII-2
Tabel 7.2.	Alat – alat keselamatan kerja di Pabrik Dietil Eter.....	VII-9
Tabel 8.1.	Persyaratan kandungan bahan dalam air boiler pada beberapa tekanan boiler.....	VIII-2
Tabel 8.2.	Persyaratan kandungan bahan dalam air boiler pada beberapa tekanan boiler.....	VIII-2
Tabel 8.3.	Syarat kimia air sanitasi.....	VIII-7
Tabel 8.4.	Kandungan bahan yang perlu di perhatikan pada berbagai air industri	VIII-9
Tabel 9.1.	Perincian luas Pabrik Dietil Eter.....	IX-7
Tabel 10.1.	Jadwal kerja karyawan pabrik.....	X-10
Tabel 10.2.	Daftar jumlah karyawan	X-14
Tabel 10.3.	Daftar upah (gaji) karyawan	X-17
Tabel 11.1.	Cash flow untuk NPV selama 10 tahun.....	XI-12
Tabel 11.2.	Cash flow untuk IRR	XI-12

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1.	Peta Lokasi Pabrik.....	I-8
Gambar 2.1.	Blok Diagram Detil Eter Dengan Proses Dehidrasi Etanol Dengan Asam Sulfat.....	II-2
Gambar 2.2.	Blok Diagram Dietil Eter Dengan Proses Dehidrasi Etanol Dengan Katalis Alumina	II-3
Gambar 9.1.	Tata Letak Pabrik Dietil Eter.....	IX-3
Gambar 9.2.	Tata Letak Peralatan Proses Pabrik Dietil Eter	IX-6
Gambar 10.1.	Struktur Organisasi Pabrik Dietil Eter.....	X-3

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar belakang

Dengan semakin berkembangnya ekonomi di Indonesia, maka industri kimia memberikan pengaruh yang besar, sehingga kebutuhan bahan-bahan kimia juga mengalami peningkatan. Oleh karena itu untuk memenuhi kebutuhan bahan-bahan kimia yang semakin meningkat dan memberikan pengaruh perekonomian yang baik di Indonesia perlu adanya pemanfaatan sumber daya yang ada dengan maksimal.

Dietil eter merupakan salah satu bahan kimia yang sangat dibutuhkan dalam industri dan salah satu anggota senyawa eter yang mempunyai kegunaan yang sangat penting.

Saat ini kebutuhan dietil eter di Indonesia masih import, dikarenakan produksi di dalam negeri yang belum mencukupi. Maka dari itu untuk mengatasi kebutuhan dietil eter yang tinggi dan memberikan harga yang lebih terjangkau yaitu dengan mendirikan pabrik dietil eter di Indonesia. Dengan berdirinya pabrik dietil eter dapat memberikan pengaruh yang lebih baik terhadap pertumbuhan industri di Indonesia dan dapat meningkatkan devisa negara sehingga menunjang pertumbuhan ekonomi dan penguatan struktur industri. Bahan baku dari pembuatan dietil eter adalah etanol dengan asam sulfat.

Dietil eter memiliki banyak kegunaan yaitu

Tabel 1. Kegunaan dietil eter

Aplikasi	Konsumsi (%)
Pabrik Kimia	50
Pelarut	40
Obat-obatan dan farmasi	2
Lainnya	8

(Keyes, 1975)

I.2. Bahan Baku, Bahan Pendukung dan Produk

1.2.1. Bahan baku utama

A. Etanol (C_2H_5OH)

Sifat - sifat fisika dan kimia:

- Rumus molekul : C_2H_5OH
- Berat molekul : 46,07 g/mol
- Penampakan : cairan tidak berwarna
- Titik Beku : $-114,15\text{ }^\circ\text{C}$
- Titik didih : $78,32\text{ }^\circ\text{C}$
- Densitas : $0,7893\text{ g/cm}^3$
- Viskositas $20\text{ }^\circ\text{C}$, mPa·s(=cP) : 1,17
- Panas Penguapan pada titik didih normal J/gc : 839.31
- Panas Pembakaran pada $25\text{ }^\circ\text{C}$: 29676.69 J/g
- Panas Spesifik pada $20\text{ }^\circ\text{C}$: $2,42\text{ J/(g. }^\circ\text{C)}$

(Kirk Othmer,1979)

B. Asam sulfat

Sifat-sifat fisika dan sifat kimia

- Rumus molekul : H_2SO_4
- Penampakan : cairan tidak berwarna
- Berat molekul : 98.08 g/mol
- Densitas : $1,84\text{ g/cm}^3$
- Titik lebur : $10,36\text{ }^\circ\text{C}$
- Titik didih : $340\text{ }^\circ\text{C}$

(ScienceLab.com)

1.2.2. Sifat bahan pembantu

A. Natrium Hidroksida

Sifat-sifat fisik dan sifat kimia

- Rumus molekul : NaOH
- Berat molekul : 39.998 g/mol
- Penampakan : Kristal putih
- Titik lebur : $318\text{ }^\circ\text{C}$
- Titik didih pada 101,3 kPa : $1388\text{ }^\circ\text{C}$
- Densitas pada $20\text{ }^\circ\text{C}$: 2.130 g/cm^3
- Panas spesifik pada $20\text{ }^\circ\text{C}$: $1,48\text{ J/(g. }^\circ\text{C)}$

(Kirk Othmer,1979)

1.2.3. Sifat Produk Utama

A. Dietil eter

Sifat Fisika dan sifat kimia

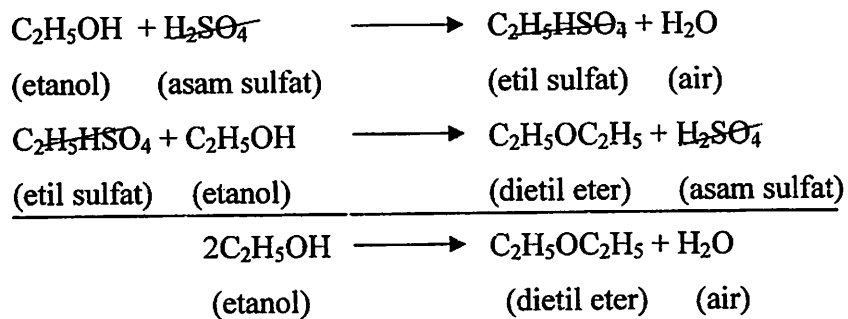
- Rumus molekul : $C_4H_{10}O$
- Berat molekul : 74,12 g/mol
- Penampakan : cairan tidak berwarna
- Titik lebur : $-116,3^{\circ}C$ ($-177,3^{\circ}F$)
- Titik didih : $34,6^{\circ}C$ ($94,3^{\circ}F$)
- Densitas : $0,7134 \text{ g/cm}^3$
- Viskositas $20^{\circ}C$, mPa·s(=cP) : 0,23

(ScienceLab.com)

1.3. Analisa pasar

Analisa Ekonomi

Reaksi Utama:



Tabel 2. Data analisa pasar

Nama Senyawa	Harga (US \$/kg)	Berat Molekul
C_2H_5OH	0,91	46
$C_2H_5OC_2H_5$	6,47	74

EP = Produk- Reaktan

$$= (1 \times 6,47 \times 74) - (2 \times 0,91 \times 46)$$

$$= 478,78 - 83,72$$

$$= \text{US } \$ 395,06 / \text{kg mol}$$

1.4. Penentuan Kapasitas Baru

Dalam menentukan kapasitas pabrik dietil eter di Indonesia maka harus dengan mengimpor dietil eter dari Negara lain, sehingga kebutuhan dietil eter di Indonesia dapat terpenuhi. Berikut data impor dietil eter di Indonesia menurut BPS Indonesia.

Tabel 3. Data impor dietil eter tahun 2009-2014 di Indonesia

Tahun	Jumlah (kg)	Jumlah (ton)	Kenaikan (%)
2009	24951	24,951	-
2010	7943	7,943	-68,17%
2011	39609	39,609	398,67%
2012	218	0,218	-99,45%
2013	2567	2,567	1077,52%

(Badan Pusat Statistik Republik Indonesia. 2015)

Dari tabel data impor diatas dapat dilihat bahwa kenaikan tiap tahunnya dari tahun 2009-2013 adalah 327,14 %, sehingga kapasitas pabrik dalam pembangunan pabrik dietil eter pada tahun 2019 dapat dihitung dengan cara :

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

Keterangan :

F : Jumlah kebutuhan Dietil Eter pada tahun 2019

P : Besarnya Impor pada tahun 2013

i : Prosentase kenaikan impor tiap tahunnya

n : Selisih tahun (2019 – 2013 = 6 tahun)

Sehingga besarnya impor diperkirakan pada tahun 2019 :

$$\begin{aligned} F &= P (1 + i)^n \\ &= 2,567 (1 + 3,2714)^6 \\ &= 15590,0435 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Asumsi nilai ekspor sebesar 40% dari perhitungan :

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas 2019} &= \text{Impor 2019} + \text{Ekspor} \\ \text{Kapasitas 2019} &= 15590,0435 + (40\% \times 15590,0435) \\ &= 15590,0435 + 5236,0174 \\ &= 21826,0609 \text{ ton/tahun} \approx 20.000 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan kapasitas tersebut maka dapat diketahui kapasitas pabrik yang akan dibangun pada tahun 2019 adalah 20.000 ton/tahun.

1.5. Lokasi Perusahaan

Penentuan lokasi dari suatu perusahaan adalah sangat penting karena akan mempengaruhi kedudukan perusahaan dalam persaingan dan menentukan kelangsungan hidup perusahaan selanjutnya.

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 pabrik dibagi menjadi dua golongan, yaitu:

1. Faktor utama
2. Faktor khusus

Faktor Utama

Faktor utama yang harus diperhatikan dalam lokasi pabrik, yaitu:

1. Bahan baku

Faktor penentu utama dalam pemilihan lokasi pabrik salah satunya adalah bahan baku, sehingga pendirian pabrik diutamakan didirikan dekat bahan baku utama yaitu etanol.

Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pemilihan bahan baku, yaitu:

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

2. Pemasaran (Marketing)

Marketing merupakan salah satu faktor yang sangat penting didalam suatu pabrik atau industri karena pemasaran sangat menentukan keuntungan industri tersebut.

Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pemilihan daerah pemasaran, yaitu:

- Dimana produk akan dipasarkan (daerah marketing)
- Proyeksi kebutuhan produk pada masa sekarang dan akan datang
- Daya serap pasar dan prospek yang akan datang
- Pengaruh saingan yang ada
- Jarak daerah pemasaran dari lokasi dan sarana pengangkutan untuk daerah pemasaran

3. Utilitas

a. Air

Air merupakan kebutuhan yang penting dalam industri kimia. Air digunakan untuk kebutuhan proses, media pendingin, air umpan boiler, air sanitasi dan kebutuhan lainnya. Untuk memenuhi kebutuhan ini, air dapat diperoleh dari dua macam sumber, yaitu: Air kawasan industri dan air sungai, maka air tersebut harus diolah terlebih dahulu pada unit utilitas untuk menghasilkan air yang sesuai dengan kebutuhan.

Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pemilihan air, yaitu:

- Kemampuan sumber untuk memenuhi kebutuhan pabrik
- Kualitas sumber air yang tersedia
- Pengaruh musim terhadap kemampuan penyediaan air
- Nilai ekonomi

b. Tenaga listrik dan bahan bakar

Tenaga listrik dan bahan bakar mempunyai peranan yang sangat penting dalam pabrik diethyl eter terutama sebagai alat penggerak, penerangan dan untuk memenuhi kebutuhan yang lainnya.

Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penyediaan listrik dan bahan bakar, yaitu:

Ada atau tidaknya listrik di daerah tersebut

- Jumlah tenaga listrik
- Sumber bahan bakar
- Harga listrik dan bahan bakar
- Mudah atau tidaknya mendapatkan bahan bakar
- Persediaan tenaga listrik di masa mendatang.

c. Iklim dan alam sekitarnya

Ada beberapa hal yang diperhatikan, yaitu:

- Keadaan alam yang akan mempengaruhi tinggi rendahnya investasi untuk konstruksi bangunan
- Kelembaban dan temperature udara
- Adanya badai, angin topan, gempa bumi dan lain-lain
- Kemungkinan perluasan di masa yang akan datang

Faktor Khusus

Faktor khusus yang harus diperhatikan dalam pemilihan lokasi pabrik, yaitu:

1. Transportasi

Ada beberapa hal yang harus diperhatikan adalah pengangkutan bahan bakar dan produk yang dihasilkan berkaitan dengan fasilitas-fasilitas yang ada, yaitu:

- Jalan raya yang dapat dilalui truk
- Sungai dan laut yang dapat dilalui kapal pengangkutan

2. Tenaga kerja

Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu:

- Mudah/sukarnya mendapatkan tenaga kerja di sekitar pabrik
- Tingkat penghasilan tenaga kerja di dalam daerah tersebut
- Perburuhan dan sekitar buruh

3. Peraturan dan undang-undang

Peraturan perundang undangan merupakan salah satu faktor yang perlu diperhatikan. Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu:

- Ketentuan-ketentuan mengenai daerah industri
- Ketentuan mengenai jalur untuk berdirinya didaerah tersebut

4. Karakteristik lokasi

Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu:

- Susunan tanah, daya dukung terhadap pondasi bangunan pabrik, kondisi jalan serta pengaruh air
- Penyediaan dan fasilitas tanah untuk perluasan atau pembangunan unit baru

5. Faktor lingkungan dan sekeliling lokasi pabrik

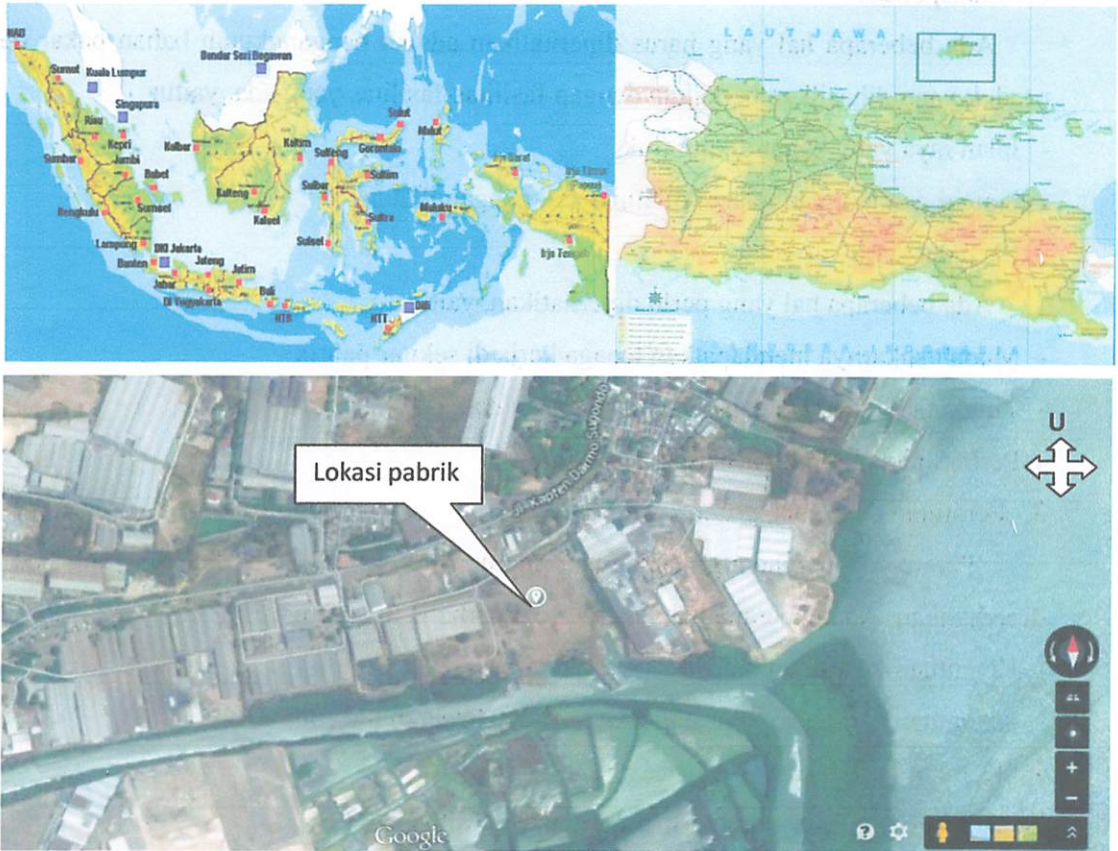
Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu:

- Adat istiadat/kebudayaan di daerah sekitar lokasi pabrik
- Fasilitas perumahan, sekolah, poliklinik dan tempat ibadah
- Fasilitas tempat hiburan dan biayanya

6. Pembuangan limbah

Hal yang berkaitan dengan usaha pencegahan terhadap pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh buangan pabrik yang berasal dari bahan bakar dan minyak pelumas dengan memperhatikan peraturan pemerintah.

Berdasarkan faktor-faktor diatas daerah yang menjadi alternatif pilihan lokasi pendirian pabrik diethyl eter terletak di Kec Kebomas, Kota Gresik Propinsi Jawa Timur.



Gambar 1.1 Peta lokasi pabrik dietil eter

BAB II

SELEKSI DAN URAIAN PROSES

2.1. Macam Proses

Pada proses pembuatan Dietil Eter di industri dapat melalui berbagai macam cara antara lain :

1. Pembuatan dietil eter dengan proses dehidrasi etanol menggunakan asam sulfat
2. Pembuatan dietil eter dengan proses dehidrasi etanol menggunakan katalis alumina

2.1.1. Proses Pembuatan Diethyl Eter Dengan Proses Dehidrasi Menggunakan Asam Sulfat

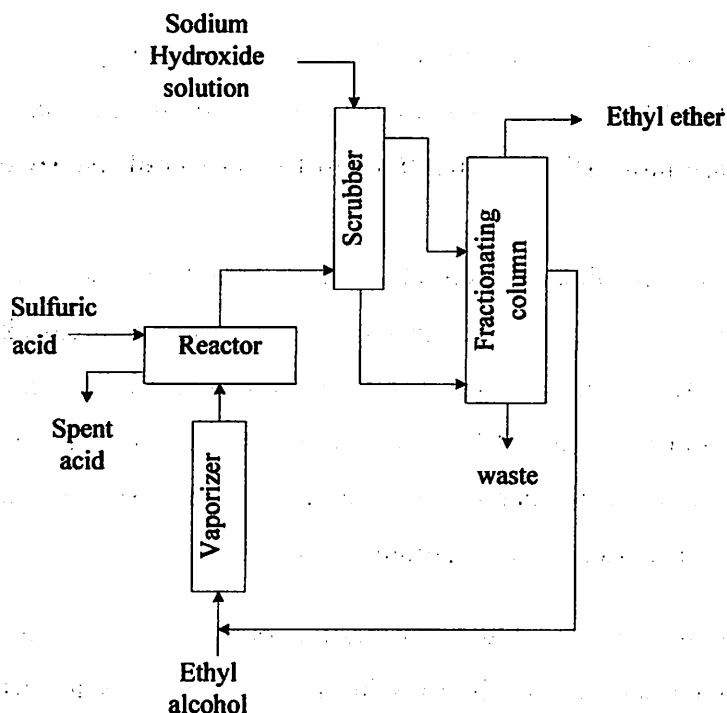
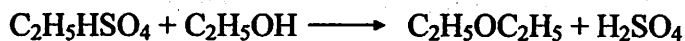
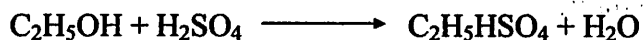
Pada proses pembuatan dietil eter dengan cara dehidrasi etil alkohol (C_2H_5OH) dan asam sulfat (H_2SO_4), pada umumnya konsentrasi alkohol direaksikan dalam reaktor dengan perbandingan 3 bagian asam per 1 bagian etanol. Campuran reaksi ini dimulai dengan pemanasan pada suhu $125^{\circ}C$ sampai $140^{\circ}C$ dengan steam jaket atau internal steam coil. Pada range temperatur ini mulai terjadi reaksi, uap alkohol dibiarkan mengalir ke dalam reaktor pada temperatur sekitar $127^{\circ}C$.

Campuran eter, etanol dan air destilat dari reaktor menuju scrubber secara counter current larutan natrium hidroksida encer mengalir secara perlahan yang akan menghasilkan natrium sulfat sebagai produk reaksi asidi. Larutan natrium sulfat yang mengandung sedikit eter dan etanol mengalir dari bawah scrubber menuju kolom, fraksinasi. Dari sini etanol dan eter di keluarkan dan air dibuang.

Uap dari atas scrubber mengandung campuran ether, etanol dan air. Uap ini kemudian di umpankan menuju kolom fraksinasi sehingga terjadi pemisahan, produk atas adalah eter sedangkan produk bawah adalah air yang akan dibuang . Etil alkohol mengandung 5% air dari produk atas kolom dikembalikan ke vaporizer untuk direcycle. Uap eter dari atas kolom melalui reflux condensor dipertahankan pada suhu $34^{\circ}C$. Fraksi yang mendidih dikembalikan ke kolom, sedangkan uap eter di kondensasi dan dialirkan menuju tangki penyimpanan. Eter ini hanya mengandung sedikit etanol, air, aldehida, peroksida dan impuritis lainnya. Eter dengan kemurnian yang lebih tinggi untuk obat bius didapat dari teknik destilasi kembali dan dehidrasi diikuti dengan

pengolahan alkali atau arang. Hasil dari proses ini mengandung ethyl eter 94 -95% berat.

Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



Gambar 2.1 Blok diagram detail eter dengan proses dehidrasi etanol dengan asam sulfat

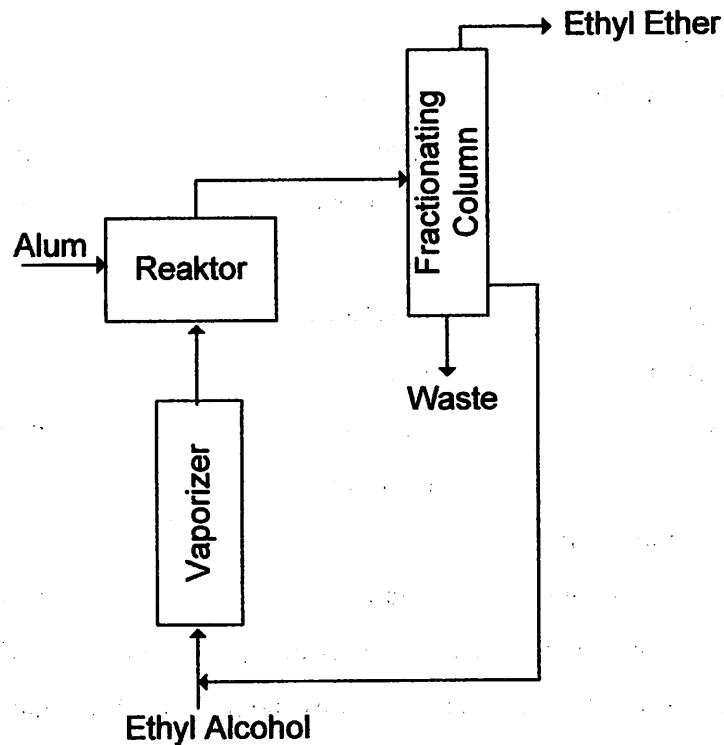
(Keyes,1975).

2.1.2. Pembuatan Ethyl Eter Dengan Proses Hidrasi Etanol Menggunakan Katalis Alumina

Proses lain dalam dehidrasi etanol adalah dengan melewati katalis alum pada suhu 200°C sampai 230°C menggunakan reaktor fixed bed. Pada range temperatur ini mulai terjadi reaksi, uap alkohol dibiarkan mengalir ke dalam reaktor pada temperatur sekitar 127°C.

Campuran eter, etanol dan air destilat dari reaktor kemudian di umpankan menuju kolom fraksinasi sehingga terjadi pemisahan, produk atas adalah eter sedangkan produk bawah adalah air yang akan dibuang . Etil alkohol mengandung 5% air dari

produk atas kolom dikembalikan ke vaporizer untuk direcycle. Uap eter dari atas kolom melalui reflux condensor dipertahankan pada suhu 34°C . Fraksi yang mendidih dikembalikan ke kolom, sedangkan uap eter di kondensasi dan dialirkan menuju tangki penyimpanan. Hasil dari proses ini mengandung ethyl eter 75% berat.



Gambar 2.2 Blok diagram dietil eter dengan proses dehidrasi etanol katalis alumina

(Keyes,1975)

2.2. Seleksi Proses

Sebelum menentukan pilihan proses yang tepat perlu adanya studi perbandingan dari beberapa proses alternatif baik dari aspek teknis maupun ekonomis.

Tabel 2.1. matrik pemilihan proses berdasarkan aspek teknis dan ekonomis

Parameter	Macam Proses	
	Dehidrasi Etanol dengan asam sulfat	Dehidrasi Etanol (katalis alumina)
1. Aspek Teknis		
a. Proses		
- Bahan Baku	C ₂ H ₅ OH H ₂ SO ₄	C ₂ H ₅ OH Al ₂ O ₃
- Yield	94 - 95%	75%
b. Teknis		
- Suhu	125-140°C	200-230 °C
- Tekanan	1 atm	1 atm
- Alat utama	Reaktor Kolom Fraksinasi	Reaktor Kolom Fraksinasi
2. Aspek Ekonomi		
Biaya produksi	Murah	Sedang

Dari tabel diatas proses yang akan digunakan pada pabrik dietil eter yang paling baik dan efisien dari segi teknis dan ekonomis adalah dengan proses dehidrasi etanol yang mereaksikan etil alkohol dengan asam sulfat karena biaya produksi murah dan yield produk tinggi.

2.3. Uraian Proses

Proses pembuatan dibagi menjadi 5 tahapan proses yaitu:

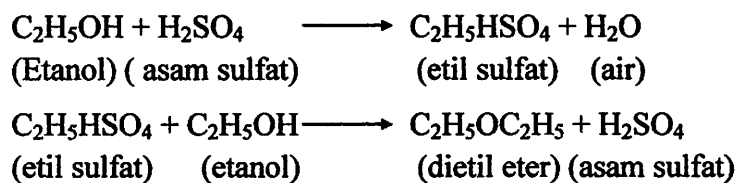
1. Tahap persiapan bahan baku

Etanol dengan kemurnian 95% dari tangki penyimpanan (F-114) pada suhu 30 °C tekanan 1 atm, masuk ke vaporizer (V-116) kemudian campuran liquid uap dipisahkan pada drum vaporizer (E-117). Liquidnya dikembalikan pada vaporizer dan uapnya dikondisikan mencapai tekanan 1 atm dan suhu 127°C. Uap ini masuk ke reaktor (R-110) melalui sparger, dimana reaktor sudah terisi dengan H₂SO₄ 96% dari storage (F-111) yang telah dipanaskan melalui heater (E-113) dari suhu 30 °C menjadi 127 °C. Untuk tahap permisahan pertama di butuhkan NaOH 99% yang di encerkan dengan 1 bagian NaOH dan 9 bagian H₂O atau sampai menjadi NaOH

10%., NaOH 99% masuk ke Mixer (M-125) dengan di lewatkan screw conveyor (J-122) kemudian lewat bucket elevator(J-123) masuk ke bin (F-124) kemudian masuk ke mixer (M-125) dan ditambahkan air dan di campur pada suhu 30 °C dan tekanan 1 atm.

2. Tahap reaksi

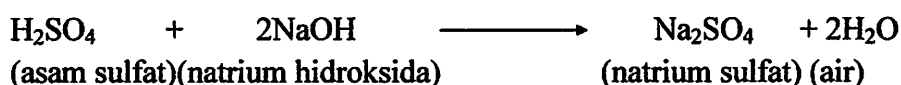
Didalam reaktor (R-110), etanol 95% direaksikan dengan H₂SO₄ 96% sehingga terjadi dehidrasi dimana setiap pasang molekul etanol akan kehilangan satu molekul air sehingga terbentuk dietil eter. Reaksi:



Reaksi ini terjadi pada suhu 127°C dan tekanan 1 atm dengan kondisi reaktor eksotermis. Konversi etanol menjadi dietil eter adalah 95%. Terdapat dua produk dari reaktor berupa liquid asam sulfat dan sedikit campuran eter yang turun ke bawah dan produk atas berupa uap dietil eter, etanol, air dan sedikit asam sulfat. Hasil reaksi yang berupa uap dialirkan menuju caustic scrubber (D-120).

3. Tahap pemisahan

Terjadi reaksi antara asam sulfat dengan larutan NaOH



NaOH 10% dari Mixer (M-125) masuk ke scrubber (D-120) dari bagian atas dan H₂SO₄ masuk lewat bagian scrubber, kondisi operasi caustic scrubber (D-120) adalah suhu 127°C, tekanan 1 atm. Konversi H₂SO₄ menjadi Na₂SO₄ adalah 95%. Hasil bagian atas caustic scrubber berupa uap eter, etanol dan air, sedangkan hasil bagian bawah adalah Na₂SO₄.

4. Tahap pemurnian

Hasil bagian atas caustic scrubber (D-120) berupa uap eter, etanol dan air. Kemudian dialirkan kedalam kolom fraksinasi (D-130). Hasil atas berupa diethyl eter dengan kemurnian 99,5 % , etanol 0,02% dan air 0,03%. Hasil bagian bawah berupa air 59%, etanol 39% dan dietil eter 2% yang nantinya akan dibuang.

5. Penanganan produk:

Dietil eter dari kolom fraksinasi (D-130) ditampung dalam tangki penampung (F-135) kemudian dilakukan pengemasan lalu dimasukkan kedalam gudang dan siap dipasarkan.

BAB III

NERACA MASSA

Hasil perhitungan neraca massa pada Pra-rencana Pabrik Dietil Eter dengan kapasitas 20.000 ton/tahun sebagai berikut:

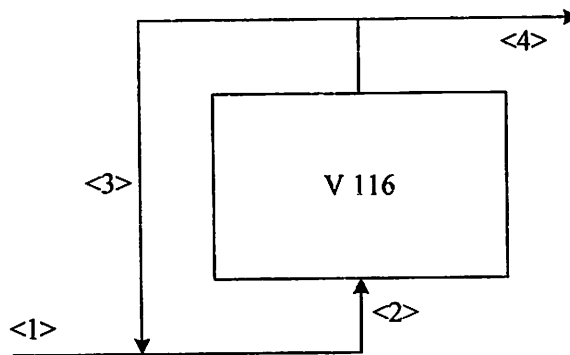
Pabrik : Dietil Eter
 Kapasitas Produksi : 20.000 ton/tahun
 Waktu Operasi : 330 hari/tahun
 : 24 jam/hari
 Basis Operasi : 4207,3654 kg/jam

1. Vaporize (V-116)

Fungsi: Untuk menguapkan etanol menjadi uap etanol

Keterangan:

- <1> : Aliran etanol masuk vaporize
- <2> : Aliran total etanol (awal + recycle) masuk vaporizer
- <3> : Aliran recycle etanol keluar vaporizer
- <4> : Aliran etanol keluar vaporizer

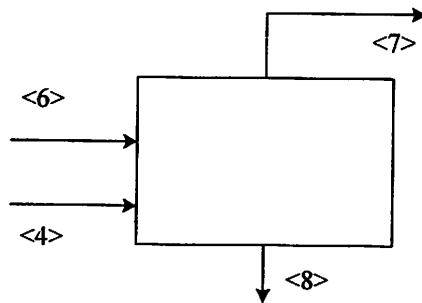


Neraca Massa Vaporizer (V 116)			
Masuk		Keluar	
Komponen	kg/jam	Komponen	kg/jam
<2>		<3> dari V-116	
C ₂ H ₅ OH	4796,397	C ₂ H ₅ OH	959,2793
H ₂ O	252,4419	H ₂ O	50,4884
Jumlah	5048,839	Jumlah	1009,7677

		<4> menuju R-110	
		C ₂ H ₅ OH	3837,1173
		H ₂ O	201,9535
		Jumlah	4039,0708
Total	5048,8385	Total	5048,8385

2. Reaktor (R-110)

Fungsi: Untuk mereaksikan etanol dan asam sulfat



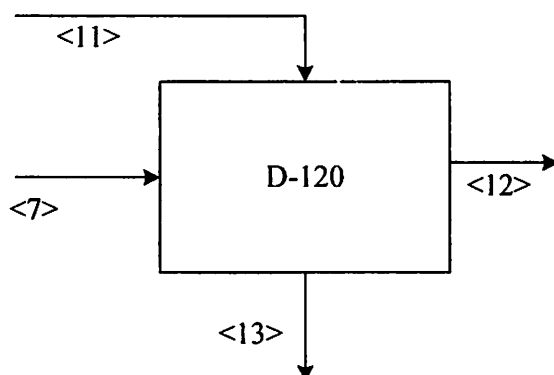
Keterangan:

- <4>: Aliran uap etanol masuk reaktor
- <6>: Aliran asam sulfat masuk reaktor
- <7>: Aliran spent acid keluar reaktor
- <8>: Aliran produk keluar reaktor

Neraca Massa Reaktor (R 110)			
Masuk		Keluar	
Komponen	kg/jam	Komponen	kg/jam
<4> dari F-114		<7> Gas dari reaktor menuju D-120	
C ₂ H ₅ OH	3837,1173	C ₂ H ₅ OH	485,8923
H ₂ O	201,9535	H ₂ SO ₄	3,7454
Jumlah	4039,0708	H ₂ O	726,6639
<6> dari F-111		C ₂ H ₅ OC ₂ H ₅	2535,8038
H ₂ SO ₄	3683,6326	Jumlah	3752,1055
H ₂ O	36,4800	<8> Liquida dari reaktor	
Jumlah	3720,1126	C ₂ H ₅ OH	63,7161
		H ₂ SO ₄	3679,8833
		H ₂ O	154,6416
		C ₂ H ₅ OC ₂ H ₅	108,8693
		Jumlah	4007,1103
Total	7759,2	Total	7759,2

3. Scrubber (D-120)

Fungsi: Untuk menghilangkan asam sulfat sisa dari reaktor



Keterangan:

<7> : Aliran uap etanol, dietil eter, asam sulfat dan air masuk scrubber

<11>: Aliran larutan natrium hidroksida masuk scrubber

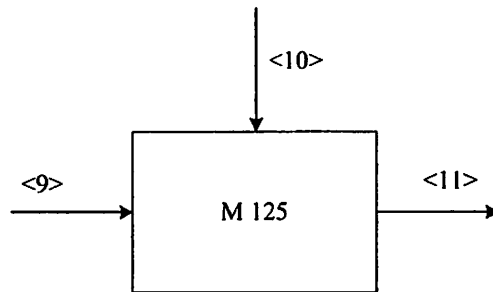
<13> : Aliran natrium sulfat keluar scrubber

<12>: Aliran produk keluar scrubber

Neraca Massa Scrubber (D 120)			
Masuk		Keluar	
Komponen	kg/jam	Komponen	kg/jam
<7> dari reaktor (R-110)		<12> menuju D-130	
C ₂ H ₆ O	485,8923	C ₂ H ₆ O	485,8923
H ₂ SO ₄	3,7454	H ₂ SO ₄	0,1873
C ₄ H ₁₀ O	2535,8038	C ₄ H ₁₀ O	2535,8038
H ₂ O	726,6639	H ₂ O	728,5484
Jumlah	3752,1055	Jumlah	3750,4318
<11> dari mixer (M-125)		<13> menuju waste	
NaOH	3,0547	Na ₂ SO ₄	4,5757
		NaOH	0,1527
Jumlah	3,0547	Jumlah	4,7285
Total	3755,1602	Total	3755,1602

4. Mixer (M-125)

Fungsi: Untuk melarutkan NaOH padat menjadi NaOH 10%



Keterangan:

<9> : Aliran natrium hidroksida masuk mixer

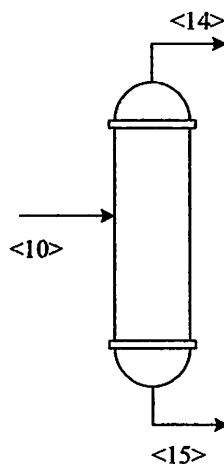
<10> : Aliran air masuk mixer

<11> : Aliran produk keluar mixer

Neraca Massa Mixer (M 125)			
Masuk		Keluar	
Komponen	kg/jam	Komponen	kg/jam
<11> dari storage NaOH (F-121)		<13> menuju D-120	
NaOH	0,3086	NaOH	0,308560
H ₂ O*	0,6171	H ₂ O*	2,7462
Jumlah	0,9257		
<12> dari utilitas		Jumlah	3,0547
H ₂ O	2,1291		
Jumlah	2,1291		
Total	3,0547	Total	3,0547

5. Destilasi (D-130)

Fungsi: Untuk memisahkan dietil eter dari etanol dan air



Keterangan:

<10> : Aliran etanol, dietil eter air masuk destilasi

<14> : Aliran produk destilat keluar destilasi

<15> : Aliran produk bottom keluar destilasi

Neraca Massa Destilasi(D-120)			
Masuk		Keluar	
Komponen	kg/jam	Komponen	kg/jam
<10> dari Scrubber (D-120)		<15> (bottom)	
Dietil eter	2535,8038	Dietil eter	25,3580
Etanol	485,8923	Etanol	481,0334
Air	728,5484	Air	721,2629
Asam sulfat	0,1873	Asam sulfat	0,1873
Jumlah	3750,4318	Jumlah	1227,842
		<14>Keluar (destilat)	
		Komponen	kg/jam
		Dietil eter	2510,4458
		Etanol	4,8589
		Air	7,2855
		Jumlah	2522,590
Total	3750,4318	Total	3750,432

g/jam

i

n

g/jam

am

< 13 >

C₂H₅OH = 4,8589 kg/jam

H₂O = 7,2855 kg/jam

C₄H₁₀O = 2510,4458 kg/jam

Total = 2522,590 kg/jam

C₂H₅

H₂O

Tot

D-130

F-135

< 14 >

C₂H₅OH = 31,0334 kg/jam

H₂O = 29 kg/jam

Total = 3580 kg/jam

173 kg/jam

842 kg/jam

E-132

C

H

1

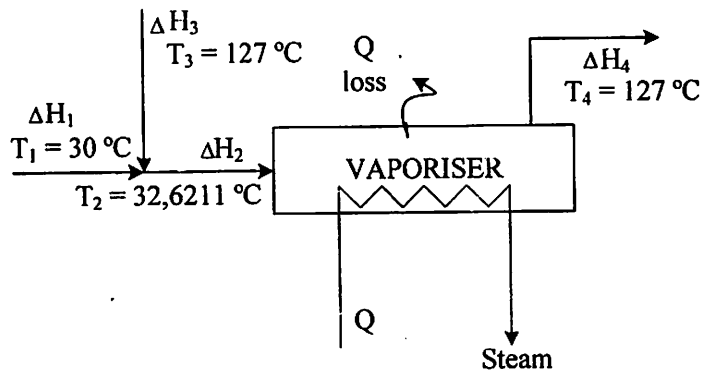
BAB IV

NERACA PANAS

Kapasitas produksi Dietil Eter = 20.000 ton/tahun
 Jumlah hari kerja = 330 hari
 Jumlah waktu kerja perhari = 24 jam
 Kapasitas produksi Dietil Eter = 2525,2525 kg/jam
 Temperatur referensi = 25 °C = 298,15 K

1. Vaporizer (V-116)

Fungsi: Untuk menguapkan ethanol sebelum masuk reaktor



Keterangan:

- ΔH_1 : Panas yang terkandung pada bahan (fresh feed)
- ΔH_2 : Panas yang terkandung pada bahan masuk vaporizer
- ΔH_3 : Panas yang terkandung pada hasil recycle vaporizer
- ΔH_4 : Panas yang terkandung dalam bahan keluar
- Q : panas yang terkandung dalam pemanas
- Q_{loss} : panas yang hilang

Di rencanakan:

Suhu bahan masuk (T_2) : 30 °C = 303,15 K

Suhu bahan keluar (T_4) : 127° C = 400,15 K

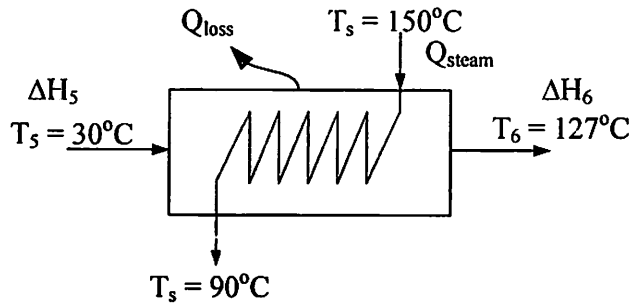
Neraca Panas Total: $\Delta H_2 + Q_{steam} = \Delta H_4 + Q_{loss}$

Neraca Panas			
Aliran Panas Masuk		Aliran Panas Kaluar	
Komponen	Energi kcal/jam	Komponen	energi kcal/jam
ΔH_2	46907.0178	ΔH_4	198801.3308

Q _{steam}	161834.3795	Q _{loss}	9940.0665
Total	208741.3973	Total	208741.3973

2. Heater (E-113)

Fungsi: untuk memanaskan H₂SO₄ sebelum masuk reaktor



Keterangan:

ΔH₅ : panas bahan asam sulfat masuk heater

ΔH₆: panas bahan keluar heater masuk reaktor

Q_{loss}: panas keluar

Q steam: Panas yang terkandung dalam steam

Direncanakan:

Suhu bahan masuk : 30 ° C = 303,15 K

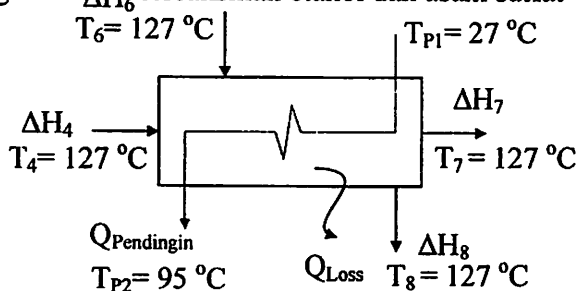
Suhu bahan keluar : 127 ° C = 400,15 K

Neraca Panas Total : ΔH₅ + Q_{steam} = ΔH₆ + Q_{loss}

Neraca Panas			
Aliran Panas Masuk		Aliran Panas Kaluar	
Komponen	Energi kcal/jam	Komponen	energi kcal/jam
ΔH ₅	3765.3849	ΔH ₆	83411.1468
Q _{steam}	83816.319	Q _{loss}	4170.5573
Total	87581.704	Total	87581.704

3. Reaktor (R-110)

Fungsi: untuk mereaksikan etanol dan asam sulfat



Keterangan :

ΔH_4 : Panas ethanol masuk reaktor dari vaporizer

ΔH_6 : Panas asam sulfat masuk reaktor dari heater

ΔH_7 : Panas yang terkandung pada hasil recycle vaporizer

ΔH_8 : panas produk bawah keluar reaktor

ΔH_{rxn} : panas reaksi

Q_{Loss} : panas yang hilang

$Q_{pendingin}$: panas yang di serap air pendingin

Direncanakan:

Suhu C_2H_5O masuk reaktor (T_4) : $127\text{ }^\circ\text{C} = 400,15\text{ K}$

Suhu H_2SO_4 masuk reaktor (T_6) : $127\text{ }^\circ\text{C} = 400,15\text{ K}$

Suhu produk atas keluar (T_7) : $127\text{ }^\circ\text{C} = 400,15\text{ K}$

Suhu produk bawah keluar (T_8) : $127\text{ }^\circ\text{C} = 400,15\text{ K}$

Suhu air pendingin masuk (T_{p1}) : $27\text{ }^\circ\text{C} = 300,15\text{ K}$

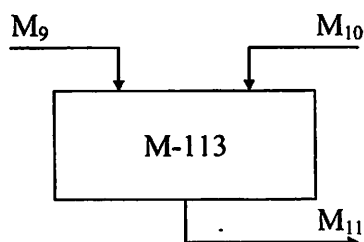
Suhu air pendingin keluar (T_{p2}) : $95\text{ }^\circ\text{C} = 368,15\text{ K}$

Neraca Panas Total : $\Delta H_4 + \Delta H_6 + \Delta H_{rxn} = \Delta H_7 + \Delta H_8 + Q_{Loss} + Q_{Pendingin}$

Neraca Panas Total			
Aliran Panas Masuk		Aliran Panas Keluar	
Komponen	Energi kcal/jam	Komponen	Energi kcal/jam
ΔH_4	198801.3308	ΔH_7	161841.3790
ΔH_6	83411.1468	ΔH_8	93466.5741
ΔH_{rxn}	235493.801	Q_{Loss}	13119.9163
		$Q_{Pendingin}$	249278.4093
Total	517706.2786	Total	517706.2786

4. Tangki Pencampur (M-125)

Fungsi: Untuk mencampur NaOH dengan H_2O



Keterangan :

ΔH_9 : panas NaOH masuk tangki pencampur

ΔH_{10} : panas H₂O masuk tangki pencampur

ΔH_{11} : Panas NaOH 10% keluar tangki pencampur

Direncanakan:

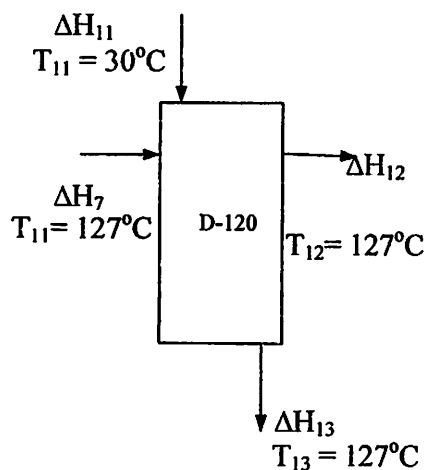
Suhu NaOH masuk reaktor (T_9) : 30 °C = 303,15 K

Suhu H₂O masuk reaktor (T_{10}) : 30 °C = 303,15 K

Neraca Panas Total : $\Delta H_9 + \Delta H_{10} = \Delta H_{11}$

Neraca Panas Mixer			
Aliran Panas Masuk		Aliran Panas Keluar	
Komponen	Energi kcal/jam	Komponen	Energi kcal/jam
ΔH_9	1.1208	ΔH_{11}	3.8908
ΔH_{10}	2.7700		
Total	3.8908	Total	3.8908

5. Kolom Scrubber (D-120)



Keterangan :

ΔH_7 : Panas ethanol masuk reaktor dari vaporizer

ΔH_{11} : Panas asam sulfat masuk reaktor dari heater

ΔH_{12} : Panas yang terkandung pada hasil recycle vaporizer

ΔH_{13} : panas produk bawah keluar reaktor

ΔH_{rxn} : panas reaksi

Q_{Loss} : panas yang hilang

Direncanakan:

Suhu $C_4H_{10}O$ masuk reaktor (T_7) : $127^\circ C = 400,15 K$

Suhu $NaOH$ masuk reaktor (T_{11}) : $127^\circ C = 400,15 K$

Suhu produk atas keluar (T_{12}) : $127^\circ C = 400,15 K$

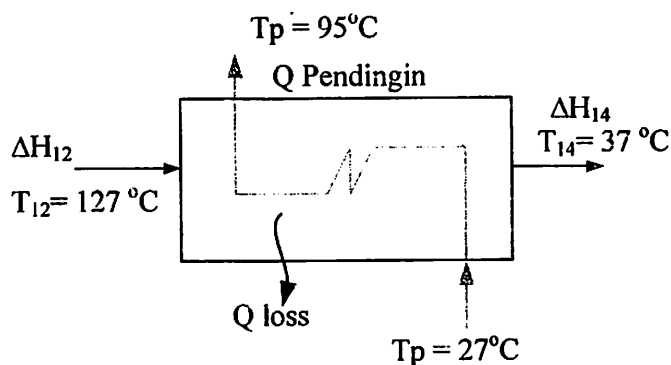
Suhu produk bawah keluar (T_{13}) : $127^\circ C = 400,15 K$

Neraca Panas Total : $\Delta H_7 + \Delta H_{11} + \Delta H_{rxn} = \Delta H_{12} + \Delta H_{13} + Q_{Loss}$

Neraca Panas Kolom Scrubber (D-120)			
Aliran Panas Masuk		Aliran Panas Keluar	
Komponen	Energi kcal/jam	Komponen	Energi kcal/jam
ΔH_7	161841.3790	ΔH_{12}	161658.7974
ΔH_{11}	3.8908	ΔH_{13}	1052.3104
ΔH_{rxn}	896.864	Q_{loss}	31.0262
Total	162742.1340	Total	162742.1340

6. Kondensator (E-131)

Fungsi: Untuk merubah fase produk sebelum masuk Destilasi



Keterangan :

ΔH_{12} : Panas ethanol masuk reaktor dari vaporizer

ΔH_{14} : Panas asam sulfat masuk reaktor dari heater

Q_{Loss} : panas yang hilang

$Q_{pendingin}$: panas yang terkandung pada air pendingin

Direncanakan:

Suhu bahan masuk (T_{12}) : $127^\circ C = 400,15 K$

Suhu produk keluar (T_{14}) : $37^\circ C = 310,15 K$

Suhu air pendingin : $27^\circ C = 300,15 K$

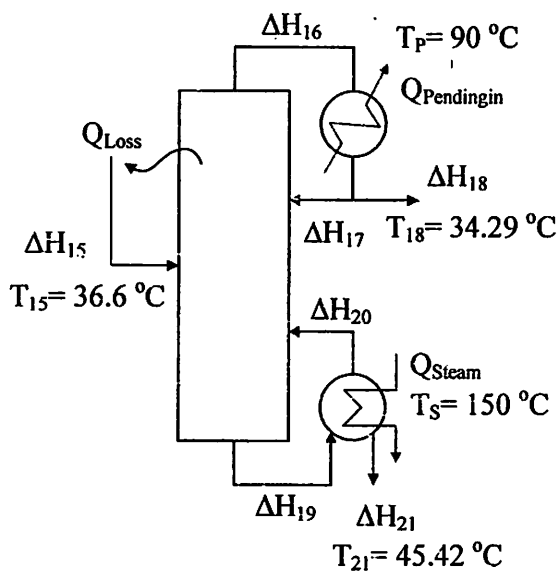
Suhu air pendingin keluar : 95 °C = 368,15 K

Neraca Panas Total : $\Delta H_{12} = \Delta H_{14} + Q_{\text{pendingin}} + Q_{\text{Loss}}$

Neraca Panas Kondensor (E-131)			
Aliran Panas Masuk		Aliran Panas Keluar	
Komponen	Energi kcal/jam	Komponen	Energi kcal/jam
ΔH_{12}	495722.4626	ΔH_{14}	12971.9147
		$Q_{\text{Pendingin}}$	457964.4247
		Q_{Loss}	24786.1231
Total	495722.4626	Total	495722.4626

7. Kolom Destilasi (D130)

Fungsi: Untuk memisahkan produk utama dan bahan yang lain



Keterangan :

- ΔH_{15} : Panas bahan masuk kolom destilasi
- ΔH_{16} : Panas vapor menuju kondensor
- ΔH_{17} : Panas liquid keluar kondensor yang refluks
- ΔH_{18} : Panas liquid keluar kondensor sebagai destilat
- ΔH_{19} : Panas liquid masuk reboiler
- ΔH_{20} : Panas vapor keluar reboiler
- ΔH_{21} : Panas liquid keluar reboiler sebagai bottom
- Q_{Loss} : panas yang hilang

Q_{steam} : panas yang terkandung pada steam

$Q_{\text{pendingin}}$: panas yang terkandung pada air pendingin

Direncanakan:

Suhu bahan masuk : 57,99 °C = 331,14 K

Suhu liquid keluar reboiler : 92,93 °C = 366,08 K

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

Suhu air pendingin keluar : 50 °C = 323,15 K

Kesetimbangan panas Overall pada kolom destilasi:

$$\Delta H_{15} + Q_R = \Delta H_{18} + \Delta H_{21} + Q_C + Q_{\text{Loss}}$$

Kesetimbangan panas pada kondensor:

$$\Delta H_{16} + Q_R = \Delta H_{17} + \Delta H_{18} + Q_C$$

Kesetimbangan panas pada reboiler:

$$\Delta H_{19} + Q_R = \Delta H_{20} + \Delta H_{21} + Q_{\text{Loss}}$$

Neraca Panas Kolom Destilasi D-130			
Aliran Panas Masuk		Aliran Panas Keluar	
Komponen	Energi kcal/jam	Komponen	Energi kcal/jam
ΔH_{15}	65547.7171	ΔH_{18}	14685.2667
Q_R	24145.3786	ΔH_{21}	69072.0605
		Q_C	3447.3510
		Q_{Loss}	2488.4174
Jumlah	89693.0957	Jumlah	89693.0957
Aliran Panas Kondensor			
ΔH_{16}	24476.3528	ΔH_{17}	6343.7350
		ΔH_{18}	14685.2667
		Q_C	3447.3510
Jumlah	24476.3528	Jumlah	24476.3528
Aliran Panas Reboiler			
ΔH_{19}	146431.3187	ΔH_{20}	83234.2063
Q_R	13490.2615	ΔH_{21}	69072.0605
		Q_{Loss}	7615.3133
Total	159921.5802	Total	159921.5802

BAB V

SPESIFIKASI PERALATAN

No.	Nama Alat	Kode	Tipe	Ukuran	Bahan Konstruksi	Jumlah
1.	Storage H ₂ SO ₄	F-111	Silinder tegak	<ul style="list-style-type: none"> - Volume=15180,4119 - Do =228 in - Di =227,3750 in - Pi = 65,524 psig - Ts = 9/16 in - Ls =341,06 in - H = 379,4889 in - Tha = 15/16 in 	Iron and steel	2
2.	Pompa	L-112	Sentrifugal	<ul style="list-style-type: none"> - P = 1 hp - Rate= 72,2877ft³/jam 	Iron and steel	1
3.	Heater	E-113	DPHE	<ul style="list-style-type: none"> - Do= 2,38 in - Di=2,067 in - L= 20 ft - Kapasitas=3720,1126 kg/jam 	Iron and steel	1
4.	Storage C ₂ H ₆ O	F-114	Silinder tegak	<ul style="list-style-type: none"> - Volume=56,8041 ft³ - Do = 48 in - Di = 47,5in - pH = 833,5581 psig - Pi = 848,2581 psig - Ts = 21/16 in - Ls = 71,25 in - H = 79,2775 in - Tha =40/16 in 	Iron and steel	1
5.	Pompa	L-115	Sentrifugal	<ul style="list-style-type: none"> - P=8 hp - Rate=3,096ft³/jam 	Iron and steel	1
6.	Vaporizer	V-116	Shell & Tube	<ul style="list-style-type: none"> - Do= 3/4 - Di=1,61 - L= 12 ft - Kapasitas= 5041 kg/jam 	Iron and steel	1
7.	Drum vaporize	E-117	Horizontal Drum	<ul style="list-style-type: none"> - Volume= 2,9412 ft³/jam - D= 2 ft - Panjang= 6 ft - Ts= 3/16 in 	Iron and steel	1

8.	Reaktor	R-110	BAB VI Perancangan Alat Utama			
9.	Storage NaOH	F-121	Gudang	<ul style="list-style-type: none"> - Panjang= 1,56359 ft - Lebar= 0,7818 ft - Tinggi= 32,808 ft - Luas= 2,4448 ft² 	Beton	1
10.	Screw conveyor	J-122	Rotary van feeder	<ul style="list-style-type: none"> - Panjang conveyor = 15 ft - Kapasitas bahan=5 ton/jam - Power conveyor= 1 Hp 	Iron and steel	1
11.	Bucket elevator	J-123	Centrifugal discharger	<ul style="list-style-type: none"> - Kapasitas =0,00178 ton/jam - Kecepatan Bucket elevator= 0,0325 ft/menit - Daya total = 1 Hp - Daya motor= 2Hp 	Iron and steel	1
12.	Bin NaOH	F-124	Silinder tegak	<ul style="list-style-type: none"> - Di = 287,625 in - Do = 288 in - Ts= 3/16 in - Ls= 431,438 in 	Iron and steel	1
13.	Tangki Pencampur NaOH	M-125	silinder tegak	<ul style="list-style-type: none"> - V= 0,0279 ft³ Dimensi Tangki - OD= 12 in - Tha= 3/16 in - Thb = 3/16 in - Ts= 3/16 in 	Iron and steel	1
14.	Scrubber	D-120	Silinder Vertical	<ul style="list-style-type: none"> - Ts= 3/16 in - Tha=thb= 3/16 - 	Iron and steel	1
15.	Kondensor	E-131	Shell & Tube	<ul style="list-style-type: none"> - Kapasitas= 3748,651 kg/jam SHELL: - IDs= 15 in - B=16 in TUBE - L= 20 ft 	Stainless stell	1
16.	Destilasi	D-130	BAB VI Perancangan Alat Utama			
17.	Kondensor	E-132	Shell & Tube	<ul style="list-style-type: none"> - Kapasitas= 2522,57 kg/jam SHELL: - IDS= 8 in - B=16 in TUBE 	Stainless stell	1

				L= 20 ft		
18.	Akumulator	F-133	Silinder tegak	<ul style="list-style-type: none"> - Diameter tangki = 32 in - Panjang tangki= 105,56 in - Ts= 3/16 in 	Carbon steel SA 240 Grade M type 316	1
19.	Reboiler	E-134	Shell & Tube	<ul style="list-style-type: none"> -Kapasitas= kg/jam SHELL: -ID= in - B= in TUBE - L= ft 	Stainless Steel SA 240 Grade M Type 316	1
20.	Tangki Produk	F-135	Silinder tegak	<ul style="list-style-type: none"> - Do =240 in - Di =238,1250 in - pH =36,9862in - Pi = 51,6862in - Ts = 5/16 in - Ls =357,19 in - H= 397,4306 in - Tha = 13/16in 	Iron steel	3

BAB VI

PERANCANGAN ALAT UTAMA

Nama Alat : Kolom Destilasi

Kode : D-130

Fungsi : Memisahkan produk dari impurities melalui perbedaan titik didih

Type kolom : Silinder tegak dengan tutup atas dan bawah berbentuk standar dished

Type tray : Sieve tray

Dasar perencanaan prancangan

- Tekanan operasi : 1 atm
- Feed masuk, q : 1
- Suhu feed masuk : 37,2 °C
- Kolom destilasi dilengkapi kondensor parsial dan reboiler parsial

Direncanakan

- Bahan konstruks : Stainless Steel SA 240 Grade M type 316
 $f = 18750$ (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:

$$N_m = 1,5457 \approx 2$$

Dari Perry ed 6 hal 13-38, diambil:

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

$$N = \frac{2}{0,5} \\ = 4 \text{ buah}$$

b. Menentukan letak umpan masuk

Dari App. A diperoleh:

$$X_{HF} = 0,1226$$

$$X_{LF} = 0,4025$$

$$X_{HD} = 0,0030$$

$$X_{LB} = 0,0068$$

$$D = 34,4130 \text{ kmol/jam}$$

$$B = 50,6805 \text{ kmol/jam}$$

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

$$\log \frac{N_e}{N_s} = 0,206 \log \left[\left(\frac{0,1226}{0,4025} \right) \cdot \frac{50,6805}{34,4130} \cdot \left(\frac{0,0068}{0,0030} \right)^2 \right]$$

$$\log \frac{N_e}{N_s} = 0,0747$$

$$\frac{N_e}{N_s} = 1,1877$$

Sehingga,

$$N_e + N_s = 5,19 \approx 6$$

$$N_s = 1$$

$$N_e = 5$$

Jadi feed masuk pada plate ke 5 dari bawah

c. Menentukan distribusi beban massa pada kolom

Dari App B, diperoleh:

Enriching

$$V = 56,8722 \text{ kmol/jam}$$

$$L = 22,4592 \text{ kmol/jam}$$

Exhausting

$$V' = 56,8722 \text{ kmol/jam}$$

$$L' = 107,5527 \text{ kmol/jam}$$

- Dari App A, diperoleh:

Komponen	X _F	X _D	X _B	Y _F	Y _D	Y _B	BM
C ₄ H ₁₀ O _(LK)	0,4025	0,9852	0,0068	0,8655	0,9990	0,0371	74,123
C ₂ H ₆ O _(HK)	0,1226	0,0030	0,2038	0,0517	0,0004	0,3542	46,07
H ₂ O	0,4749	0,4749	0,7894	0,0850	0,0006	0,6099	18,015
H ₂ SO ₄	0,0000		0,0000	0,0000		0,0000	98,08
Jumlah	1	1	1	1	1	1	236,288

- Perhitungan beban destilasi

Bagian	Uap			Liquid		
	kmol/jam	BM	kg/jam	kmol/jam	BM	kg/jam
Enriching						
Atas	56,8722	74,068	4212,4155	22,4592	73,168	1643,285
Bawah	56,8722	68,068	3871,1937	22,4592	44,039	989,0747
Exhausting						
Atas	56,8722	68,068	3871,1937	107,5527	44,039	4736,485
Bawah	56,8722	30,05	1709,0146	107,5527	24,116	2593,748

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

$$V' = 4212,4155 \text{ kg/jam}$$

$$L' = 4736,4846 \text{ kg/jam}$$

- Perhitungan densitas campuran

Densitas vapor:

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

$$T = 308,1 \text{ K}$$

$$\rho_v = \frac{BM \times T \times P}{V \times T_i \times P_0} = \frac{74,068 \times 273,15 \times 1}{359,05 \times 308,1 \times 1}$$

$$\rho_v = 0,1829 \text{ lb/ft}^3$$

$$= 0,003 \text{ g/cm}^3$$

$$= 0,00004 \text{ mol/cm}^3$$

Komponen	x_B	$\rho \text{ (lb/ft}^3\text{)}$	$\rho_L = \rho \cdot x_B$		
			lb/ft^3	g/cm^3	mol/cm^3
$\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}_{(\text{LK})}$	0,0068	44,538	0,3010	0,0048	0,0002
$\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_{(\text{HK})}$	0,2038	49,257	10,0409	0,1608	0,0067
H_2O	0,7894	62,305	49,1811	0,7878	0,0327
H_2SO_4	0,0000	113,966	0,0043	0,0001	0,0000
Jumlah	1		59,5273	0,9535	0,0395

Dari App A, diperoleh:

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

$$= 14,6959 \text{ psia}$$

$$= 1013249,1 \text{ dyn/cm}^2$$

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

$$= 1013249,1 [1 - 0,0395]$$

$$= 973187,1 \text{ dyn/cm}$$

$$\sigma = 31,4086 \text{ dyn/cm}$$

d. Menaksir diameter tray dan tray spacing kolom destilasi

$$\text{Laju alir uap} = 4212,4155 \text{ kg/jam}$$

$$= 1910,7096 \text{ lb/jam}$$

$$V = \frac{1910,7096 \text{ lb/jar}}{0,17 \text{ lb/ft}^3} \times \frac{1 \text{ jam}}{3600 \text{ s}}$$

$$V = 3,1221 \text{ ft}^3/\text{s}$$

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

$$d_t = 1,13 \sqrt{\frac{V}{G}} = 1,13 \sqrt{\frac{1910,7096}{G}}$$

$$G = C \sqrt{\rho_v (\rho_L - \rho_v)} = C \sqrt{0,1829 [59,527 - 0,1829]}$$

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

Silinder = $(\pi \cdot d_t \cdot T) \cdot Rp$

Tray = $((\pi/4) \cdot d_t^2 - A_d) \cdot Rp$

Down comer = $(W_d \cdot T) \cdot Rp$

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

Tray spacing : 10 - 36 in

Surface tension, σ : 31,4086 dyn/cm

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

Lw/d = 70%

A_d = 8,9%

W_d = 15%

Tray		C	G lb/ft ²	d _t ft	Biaya tiap bagian tray (Rp)			Total biaya Rp.
in	ft				Silinder	Tray	Down comer	
10	0,83	160	527,1	2,2	281477	141778	4375,00	427630,10
12	1,00	300	988,3	1,6	246674	73954	5250,00	325877,79
15	1,25	445	1466,0	1,3	253171	48696	6562,50	308430,09
18	1,50	560	1844,9	1,1	270821	37965	7875,00	316660,68
20	1,67	610	2009,6	1,1	288316	34561	8750,00	331627,07
24	2,00	700	2306,1	1	322972	29660	10500,00	363132,45
30	2,50	695	2289,6	1,0	405165	29899	13125,00	448189,14
36	3,00	700	2306,1	1	484459	29660	15750,00	529868,63

Satu bagian tray termurah terletak pada T = 1,25 ft dengan harga d_t = 1,3 ft
= 15 in

e. Menentukan tipe aliran

Laju alir liqui = 2593,7482 kg/jam

= 1176,4982 lb/jam

$$L = \frac{1176,4982 \text{ lb/jam}}{60 \text{ menit/jam}} \times \frac{7,48 \text{ gal/ft}^3}{48,5 \text{ lb/ft}^3}$$

L = 3,0241 gpm

L_{max} = 1,3 L

= 3,931 gpm

Sehingga dari tabel 3.3 dari Ludwig E. , didapatkan tipe aliran reverse

f. Pengecekan terhadap liquid head (hd)

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

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

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

$$Q_{\max} = 1,3 \times L = 1,3 \times 3,0241 = 3,931 \text{ gpm}$$

$$Q_{\min} = 0,7 \times L = 0,7 \times 3,0241 = 2,117 \text{ gpm}$$

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	8,5143	9,2883	10,062	10,8364	11,61	12,384
$h_{ow \max}$	0,2885	0,2722	0,2581	0,24564	0,2346	0,2247
$h_{ow \min}$	0,1909	0,1802	0,1708	0,16258	0,1553	0,1487
h_w	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
$h_{l \max}$	1,7885	1,7722	1,7581	1,74564	1,7346	1,7247
$h_{l \min}$	1,6909	1,6802	1,6708	1,66258	1,6553	1,6487

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

optimasi L_w/d_t sebesar = 70%

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

Maka,

$$h_c = 1 \text{ in} = 0,083 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned} A_{dc} &= L_w \times h_c \\ &= 10,836 \times 0,083 \\ &= 0,903 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

Untuk $L_w/d_t = 70\%$ dari gambar 3.4 (Kusnarjo, 2012) diperoleh harga:

$$\begin{aligned} A_d &= 5,5\% A_t \\ &= 5,5\% \times \pi/4 \cdot d_t^2 \\ &= 10,347 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

Dari A_{dc} dan A_d diambil nilai yang terkecil, sehingga $A_p = A_{dc} = 10,347 \text{ ft}^2$ maka:

$$\begin{aligned} h_d &= 0,03 \left(\frac{Q_{\max}}{100 A_p} \right)^2 = 0,03 \left(\frac{3,931}{100 \times 10,347} \right)^2 = 4,33E-07 \text{ ft} \\ &= 5,2E-06 \text{ in} \end{aligned}$$

Karena $h_d = 5,20E-06 \text{ in} < 1 \text{ in}$ maka tinggi liquid head memenuhi syarat

g. Pengecekan terhadap harga tray spacing (T)

Dari hasil desain $L_w/d_t = 70\%$ dan $d_t = 1,3 \text{ ft}$

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

$$\begin{aligned} W_d &= 15\% d_t = 15\% \times 1,3 = 0,19 \text{ ft} \\ &= 2,3221 \text{ in} \end{aligned}$$

Lebar calming zone (W_s) dan End wastage (W_w) diambil masing-masing sebesar 2 in maka,

VI-6

$$x = \frac{d_t}{2} - \frac{W_d + W}{12} = \frac{1,29}{2} - \frac{0,2 + 3}{12} = 0,38 \text{ ft}$$

$$r = \frac{d_t}{2} - \frac{W_w}{12} = \frac{1,29}{2} - \frac{3}{12} = 0,40 \text{ ft}$$

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

$$= 2 \left[0,38 \sqrt{0,40^2 - 0,38^2} + 0,38^2 \sin^{-1} \frac{0,38}{0,40} \right] = 0,5 \text{ ft}$$

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

n	2,5	3	3,5	4	4,5
A _a	0,4533	0,4533	0,4533	0,45335	0,4533
A _o	0,0569	0,0395	0,0291	0,02224	0,0176

Untuk n = 2,5

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

$$= 1,3 \times 3,1221$$

$$= 4,0587 \text{ ft}^3/\text{s}$$

$$U_{o \max} = \frac{V_{\max}}{A_o} = \frac{4,0587}{0,0569} = 71,2796 \text{ ft/s}$$

$$A_c = A_t - A_d$$

$$= 1,3064 - 0,0719$$

$$= 1,2346 \text{ ft}^2$$

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

$$= 12 \left(\frac{0,18}{59,5} \right) 1,14 \left(\frac{71,280^2}{2 \times 32,2} \right) \left[0,4 \left(1,25 - \frac{0,057}{1,2346} \right) + \left(1 - \frac{0,0569}{1,2346} \right)^2 \right]$$

$$= 4,6138 \text{ in}$$

$$h_r = \frac{31,2}{\rho_L} = \frac{31,2}{59,5273} = 0,5241 \text{ in}$$

$$h_l = h_w + h_{ow \max} = 1,5 + 0,2456 = 1,7456 \text{ in}$$

$$h_t = h_p + h_r + h_l = 4,61 + 0,5241 + 1,7456 = 6,8836 \text{ in}$$

$$h_b = h_t + h_l + h_d = 6,8836 + 1,746 + 0,000005 = 8,629 \text{ in}$$

Pengecekan terhadap T

$$T \geq 2 h_b - h_w$$

$$15 \text{ in} \geq 2 \times 8,629 - 1,5$$

$$15 \text{ in} \geq 14,982 \text{ in}$$

Kesimpulan: Tray spacing hasil rancangan memenuhi syarat

h. Pengecekan Weeping

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

$$\begin{aligned} V_{\min} &= 0,7 V \\ &= 0,7 \times 3,1221 \\ &= 2,1855 \text{ ft}^3/\text{s} \end{aligned}$$

$$U_{o \min} = \frac{V_{\min}}{A_o} = \frac{2,1855}{0,0569} = 38,3813 \text{ ft/s}$$

$$\begin{aligned} h_{pm} &= 12 \left[\frac{\rho_v}{\rho_L} \right]^{1,14} \left[\frac{U_o^2}{2 \cdot g_c} \right] \left[0,4 \left[1,25 - \frac{A_o}{A_c} \right] + \left[1 - \frac{A_o}{A_c} \right]^2 \right] \\ &= 12 \left[\frac{0,18}{59,5} \right]^{1,14} \left[\frac{38,381^2}{2 \times 32,2} \right] \left[0,4 \left[1,25 - \frac{0,057}{1,2346} \right] + \left[1 - \frac{0,057}{1,2346} \right]^2 \right] \\ &= 1,3377 \text{ in} \\ h_{pw} &= 0,2 + 0,05 \times 1,680 \\ &= 0,284 \text{ in} \end{aligned}$$

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

i. Pengecekan pada Entrainment

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

$$\begin{aligned} e &= 0,2 \left[\frac{73}{\sigma} \right] \left[\frac{U_c}{T_e} \right]^{3,2} \\ &= 0,2 \left[\frac{73}{31,409} \right] \left[\frac{3,28758}{10,6359} \right]^{3,2} \\ &= 0,0119 \end{aligned}$$

Dimana,

$$e_0 = 0,1$$

Maka,

$$\frac{e_0}{e} = \frac{0,1}{0,0119} = 8,4 \geq 1 \text{ maka disimpulkan tidak terjadi entrainment}$$

j. Pelepasan uap dalam down comer

Syarat pelepasan uap dalam down comer cukup sempurna: $\frac{W_1}{W_d} \leq 0,6$

Dimana,

$$\begin{aligned} W_1 &= 0,8 \sqrt{h_{ow} (T + h_w - h_b)} \\ &= 0,8 \sqrt{0,1626 [15 + 2 - 8,629]} \\ &= 0,905 \text{ in} \end{aligned}$$

Maka,

$$\frac{W_1}{W_d} = \frac{0,905}{2,3221} = 0,4 \leq 0,6 \quad (\text{Pelepasan gas dalam down comer sempurna})$$

k. Menentukan dimensi kolom

Jumlah tray aktual = 6 buah

Jumlah tray total = tray aktual + 1 tray kondensor

$$= 7 \text{ buah}$$

Jarak antar tray, T = 15 in

Tinggi shell = Jumlah tray total x Jarak antar tray

$$= 7 \times 15$$

$$= 105 \text{ in} = 8,75 \text{ ft}$$

di shell = 15 in = 1,29 ft

Total hl dalam shell = Jumlah tray total x hl

$$= 7 \times 1,75$$

$$= 12 \text{ in} = 1,018 \text{ ft}$$

l. Menentukan tekanan desain (pi)

$$P_h = \frac{\rho (H-1)}{144}$$

$$= \frac{59,5273 (1,0 - 1)}{144}$$

$$= 0,0076$$

P operasi = 1 atm

$$= 14,7 \text{ psi}$$

Pi = P operasi + Ph

$$= 14,7 + 0,0076$$

$$= 14,7076 \text{ psi}$$

$$= 0,0076 \text{ psig}$$

m. Menghitung tebal silinder (ts)

$$\text{Tebal shell } (t_s) = \frac{P_i \cdot d_i}{2(f \cdot E - 0,6 P_i)} + C$$

$$= \frac{14,7076 \times 15}{2[18750 \times 0,8 - 0,6 \times 14,708]} + 0,0625$$

$$= 0,0701 \times \frac{16}{16}$$

$$= \frac{1,1215}{16} \approx \frac{3}{16}$$

Standarisasi do & di

$$d_o = d_i + 2t_s$$

$$= 15 + 0,375$$

$$= 15,856 \text{ in} \approx 16 \text{ in (Brownell, 1959. tabel 5-7, hal 89)}$$

$$d_i = d_o - 2t_s$$

$$= 16 - 0,375$$

$$= 15,6 \text{ in} = 1,302 \text{ ft}$$

n. Menentukan dimensi tutup atas dan bawah

- Tebal tutup atas (tha)

$$\begin{aligned} \text{tha} &= \frac{0,885 \times \text{Pi} \times \text{di}}{f.E - 0,1 \text{ Pi}} + C \\ &= \frac{0,885 \times 14,7076 \times 15,6250}{\left[18750 \times 0,8 - 0,1 \times 14,708 \right]} + 0,0625 \\ &= 0,0761 \text{ in} \times \frac{16}{16} \\ &= \frac{1,2170}{16} \approx \frac{3}{16} \end{aligned}$$

- Tinggi tutup atas (ha)

$$\begin{aligned} \text{ha} &= 0,169 \cdot \text{di} \\ &= 0,169 \times 15,6 \\ &= 2,6406 \text{ in} = 0,22 \text{ ft} \end{aligned}$$

- Tebal tutup bawah (thb)

$$\begin{aligned} \text{thb} &= \frac{0,885 \times \text{Pi} \times \text{di}}{f.E - 0,1 \text{ Pi}} + C \\ &= \frac{0,885 \times 14,7076 \times 15,6250}{\left[18750 \times 0,8 - 0,1 \times 14,708 \right]} + 0,0625 \\ &= 0,0761 \text{ in} \times \frac{16}{16} \\ &= \frac{1,2170}{16} \approx \frac{3}{16} \end{aligned}$$

- Tinggi tutup bawah (hb)

$$\begin{aligned} \text{hb} &= 0,169 \cdot \text{di} \\ &= 0,169 \times 15,6 \\ &= 2,6406 \text{ in} = 0,22 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi kolom} &= \text{Tinggi shell} + \text{ha} + \text{hb} \\ &= 105 + 2,64063 + 2,6406 \\ &= 110,2813 \text{ in} \\ &= 9,2 \text{ ft} \end{aligned}$$

o. Perancangan Nozzle

Komposisi	BM	F, kg/jam	V, kg/jam	Lo, kg/jam	V', kg/jam	L', kg/jam
C ₄ H ₁₀ O _(LK)	74,123	2538,493	4153,254	1640,146	28,486	53,871
C ₂ H ₆ O _(HK)	46,07	480,758	7,9452	3,1376	534,098	1010,048
H ₂ O	18,015	727,971	12,030715	4,751005	14,220	1529,431
H ₂ SO ₄	98,08	0,187			0,210	0,397
Jumlah		3747,409	4173,230	1648,035	577,015	2593,747

Nozzle untuk kolom destilasi secara umum dibagi menjadi 5

1. Nozzle feed masuk

$$\text{Rate massa} = 8261,6128 \text{ lb/jam}$$

$$\rho_L = 59,5273 \text{ lb/ft}^3$$

$$Q = \frac{m}{\rho_L} = \frac{8261,6128}{59,5273} = 138,7870 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

$$= 0,0386 \text{ ft}^3/\text{s}$$

$$d_{i \text{ optimal}} = 3,9 Q^{0,45} \rho^{0,13} \quad (\text{Timmerhaus, 1991})$$

$$= 3,9 \times 0,0386^{0,45} \times 59,5273^{0,13}$$

$$= 1,5328 \text{ in} \approx 2 \text{ in}$$

2. Nozzle top kolom

$$\text{Rate massa} = 9200,3868 \text{ lb/jam}$$

$$\rho_L = 59,5273 \text{ lb/ft}^3$$

$$Q = \frac{m}{\rho_L} = \frac{9200,3868}{59,5273} = 154,5575 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

$$= 0,0429 \text{ ft}^3/\text{s}$$

$$d_{i \text{ optimal}} = 3,9 Q^{0,45} \rho^{0,13}$$

$$= 3,9 \times 0,0429^{0,45} \times 59,5273^{0,13}$$

$$= 1,6089 \text{ in} \approx 2 \text{ in}$$

3. Nozzle refluks

$$\text{Rate massa} = 3633,2905 \text{ lb/jam}$$

$$\rho_L = 59,5273 \text{ lb/ft}^3$$

$$Q = \frac{m}{\rho_L} = \frac{3633,2905}{59,5273} = 61,0357 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

$$= 0,0170 \text{ ft}^3/\text{s}$$

$$d_{i \text{ optimal}} = 3,9 Q^{0,45} \rho^{0,13}$$

$$= 3,9 \times 0,0170^{0,45} \times 59,5273^{0,13}$$

$$= 1,0591 \text{ in} \approx 1,5 \text{ in}$$

4. Nozzle bottom kolom

$$\text{Rate massa} = 5718,2273 \text{ lb/jam}$$

$$\rho_L = 59,5273 \text{ lb/ft}^3$$

$$Q = \frac{m}{\rho_L} = \frac{5718,2273}{59,5273} = 96,0606 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

$$= 0,0267 \text{ ft}^3/\text{s}$$

$$d_{i \text{ optimal}} = 3,9 Q^{0,45} \rho^{0,13}$$

$$= 3,9 \times 0,0267^{0,45} \times 59,5273^{0,13}$$

$$= 1,2989 \text{ in} \approx 1,25 \text{ in}$$

5. Nozzle uap reboiler

$$\text{Rate massa} = 1272,0977 \text{ lb/jam}$$

$$\rho_L = 59,5273 \text{ lb/ft}^3$$

$$Q = \frac{m}{\rho_L} = \frac{1272,0977}{59,5273} = 21,3700 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

$$= 0,0059 \text{ ft}^3/\text{s}$$

$$d_{i \text{ optimal}} = 3,9 Q^{0,45} \rho^{0,13}$$

$$= 3,9 \times 0,0059^{0,45} \times 59,5273^{0,13}$$

$$= 0,6605 \text{ in} \approx 1 \text{ in}$$

Dari *Brownell & Young, fig. 12.3* hal 222 didapat dimensi flange untuk semua nozzle, dipilih flange standart type slip on dengan dimensi:

Nozzle	NPS	A	T	R	E	L	B
1	2	6	3/4	3 ⁵ / ₈	3 1/16	1	2,44
2	2	6	3/4	3 ⁵ / ₈	3 1/16	1	2,44
3	1,5	5	2/3	2 7/8	2 9/16	7/8	1,97
4	1,25	6	5/8	2 1/2	2 5/16	13/16	1,72
5	1	4 1/4	9/16	2	1 15/16	1 1/16	1,38

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 : 14300

Tensile stress min : 75000

- Gasket

Bahan konstruksi : Solid Flat Metal Iron

Gasket faktor (m) : 5,5

$$Y \quad : \quad 18000$$

1. Menentukan lebar gasket (W_G)

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

$$= 1,0004$$

dimana, $d_i = 16$ in (do shell = di gasket)

maka, $d_{OG} = 16,007$ in

$$W_{G \min} = \frac{d_{OG} - d_i}{2} = \frac{16,007 - 16}{2} = \frac{0,053}{2} \approx \frac{1}{16} \text{ in}$$

$$\approx 0,0625 \text{ in}$$

$$d_{\text{rata-rata}} (G) = d_i + W_G = 16 + 0,0625 = 16,063 \text{ in}$$

2. Menentukan jumlah dan ukuran baut

- Beban agar gasket tidak bocor (H_Y)

$$W_{m_2} = H_Y = b \cdot \pi \cdot G \cdot y \quad (\text{Brownell, 1959, pers. 12.88 hal 240})$$

Dari fig. 12.12, didapatkan lebar seating gasket bawah

$$b_o = b = \frac{N}{2} = \frac{0,0625}{2} = 0,0313 \text{ in}$$

sehingga,

$$H_Y = 0,0313 \times 3,14 \times 16,063 \times 18000$$

$$= 28370,3906 \text{ lb}$$

- Beban tanpa tekanan (H_p)

$$H_p = 2 \cdot b \cdot \pi \cdot G \cdot m \cdot P \quad (\text{Brownell, 1959, pers. 12.90 hal 240})$$

$$= 2 \times 0,0313 \times 3,14 \times 16,063 \times 5,5 \times 14,7$$

$$= 254,8607 \text{ lb}$$

- Beban baut karena internal pressure (H)

$$H = \frac{\pi \cdot G^2 \cdot P}{4} \quad (\text{Brownell, 1959, pers. 12.89 hal 240})$$

$$= \frac{3,14 \times 16,063^2 \times 14,7}{4}$$

$$= 2977,23608 \text{ lb}$$

- Total beban pada kondisi operasi

$$W_{m_1} = H_p + H = 254,8607 + 2977,23608$$

$$= 3232,0968 \text{ lb}$$

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

3. Menentukan luas bolting minimum area

$$A_m = \frac{W_{m_2}}{f_b} = \frac{28370,3906}{14300} = 1,9839 \text{ in}^2$$

4. Menentukan bolting minimum

Dari Brownell 1959, tabel 10.4 hal 188 diperoleh:

Ukuran baut = 0,2

$$\text{Root area} = 0,126 \text{ in}^2$$

$$\text{Bolting min} = \frac{A_m}{\text{Root area}} = \frac{1,98394}{0,126} = 15,746 \approx 14 \text{ buah}$$

$$B_s = 1,25 \text{ in}$$

$$R = 0,8125 \text{ in}$$

$$E = 0,625 \text{ in}$$

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

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

$$\begin{aligned} \text{maka, } C &= 15,6 + 2 \times [1,4159 \times 0,1875 + 0,8125] \\ &= 17,781 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{do flange} &= C + 2E = 17,781 + 2 \times 0,625 \\ &= 19,031 \text{ in} \end{aligned}$$

- Cek lebar gasket

$$\begin{aligned} A_b \text{ aktual} &= \text{Jumlah bolt} \times \text{root area} \\ &= 14 \times 0,126 \\ &= 1,764 \text{ in}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{G \text{ min}} &= \frac{A_b \text{ aktual} \cdot F}{2 \cdot \pi \cdot Y \cdot G} \\ &= \frac{1,764 \times 14300}{2 \times 3,1 \times 18000 \times 16,063} \\ &= 0,0139 \text{ in} \leq 0,0625 \text{ in (memenuhi syarat)} \end{aligned}$$

$$W_G = 0,0139 \times \frac{16}{16} = \frac{0,2223}{16} \approx \frac{1}{16} \text{ in}$$

5. Menghitung moment

- Untuk keadaan bolting up (tanpa tekanan dalam)

$$\begin{aligned} W &= \frac{(A_m + A_b)F}{2} \quad (\text{Brownell, 1959, pers. 12.94 hal 240}) \\ &= \frac{[1,9839 + 1,764] \times 14300}{2} \\ &= 26797,7953 \text{ lb} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} hg &= \frac{C - G}{2} \quad (\text{Brownell, 1959, pers. 12.101 hal 243}) \\ &= \frac{17,781 - 16,0625}{2} \\ &= 0,8592 \text{ in} \end{aligned}$$

- Moment flange (Ma)

$$\begin{aligned} Ma &= hg \cdot W = 26797,7953 \times 0,8592 = 23025,5032 \text{ lbin} \\ \text{Dalam keadaan operasi maka } W &= W_{m_2} = 28370,3906 \text{ lb} \end{aligned}$$

- Moment dan Force pada daerah dalam flange (H_D)

$$H_D = 0,785B^2 \cdot P \quad (\text{Brownell, 1959, pers. 12.96 hal 240})$$

$$= 0,785 \times 16^2 \times 15$$

$$= 2954,1120 \text{ lb}$$

Radial bolt circle pada aksi H_D

$$h_D = \frac{C - B}{2}$$

$$= \frac{17,781 - 16}{2}$$

$$= 0,8905 \text{ in}$$

- Moment M_D

$$M_D = H_D \cdot h_D$$

$$= 2954,1120 \times 0,89048$$

$$= 2630,5813 \text{ lbin}$$

$$H_G = W - H \quad (\text{Brownell, 1959, pers. 12.98})$$

$$= 26797,7953 - 2977,236076$$

$$= 23820,5592 \text{ lb}$$

$$M_G = H_G \cdot h_G \quad (\text{Brownell, 1959, pers. 12.98})$$

$$= 23820,5592 \times 0,85923$$

$$= 20467,3689 \text{ lbin}$$

$$H_T = H - H_D \quad (\text{Brownell, 1959, pers. 12.97})$$

$$= 2977,23608 - 2954,1120$$

$$= 23,1241 \text{ lb}$$

$$h_T = \frac{h_D + h_G}{2}$$

$$= \frac{0,8905 + 0,85923}{2}$$

$$= 0,8749 \text{ in}$$

- Moment M_T

$$M_T = H_T \cdot h_T$$

$$= 23,1241 \times 0,87486$$

$$= 20,23 \text{ lbin}$$

Moment total pada keadaan operasi

$$M_O = M_D + M_G + M_T$$

$$= 2630,5813 + 20467,3689 + 20,23$$

$$= 23118,1805 \text{ lbin}$$

5. Menentukan tebal flange (t_f)

$$A = 19,031 \text{ in}$$

$$B = 16 \text{ in}$$

$$K = \frac{A}{B} = 1,18944 \text{ in}$$

Dari Brownell, fig.12.22 hal 238 dengan nilai $K = 1,1894$ in diperoleh nilai Y

$$Y = 10$$

Sehingga tebal flange,

$$t_f = \sqrt{\frac{Y \cdot M_{\max}}{f \cdot B}} = \sqrt{\frac{10 \times 23118,1805}{14300 \times 16}}$$

$$= 1,0052 \times \frac{16}{16} = \frac{16,083}{16} = 1,0052 \approx 2 \text{ in}$$

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

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

$$\text{Tinggi Shell} = 105 \text{ in} = 8,75 \text{ ft}$$

$$\text{Keliling Shell} = \pi \times d_o \text{ shell} = 3,14 \times 16 = 50 \text{ in} = 4,2 \text{ ft}$$

$$\text{Luas shell} = \text{Keliling} \times \text{Tebal} = 4,2 \times 0,0156 = 0,0654 \text{ ft}^2$$

$$\text{Volume Shell} = \text{Luas} \times \text{Tinggi} = 0,0654 \times 8,75 = 0,5724 \text{ ft}^3$$

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

$$\text{Berat shell} = V_{\text{shell}} \times \rho_{\text{steel}}$$

$$(W_s) = 0,5724 \times 487$$

$$= 278,7568 \text{ lb}$$

b. Berat tutup

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

$$A = 6,3 R_c \cdot h \quad (\text{Hesse pers. 4.16})$$

Dimana,

W_d : Berat tutup standart dished

A : Luas tutup standart dished

t : Tebal tutup standar dished = 0,1875 in = 0,0156 ft

$R_c = d_i$: Jari-jari tutup = 15,625 in = 1,3021 ft

h_a : Tinggi tutup atas = 2,6406 in = 0,2201 ft

h_b : Tinggi tutup bawah = 2,6406 in = 0,2201 ft

Maka,

$$A_a = 6,28 \times 1,30208 \times 0,2201$$

$$\begin{aligned}
 &= 1,7994 \text{ ft}^2 \\
 A_b &= 6,28 \times 1,30208 \times 0,2201 \\
 &= 1,7994 \text{ ft}^2 \\
 W_{d_a} &= 1,7994 \times 0,01563 \times 487 \\
 &= 13,692 \text{ lb} \\
 W_{d_b} &= 1,7994 \times 0,01563 \times 487 \\
 &= 13,692 \text{ lb}
 \end{aligned}$$

Berat tutup total

$$\begin{aligned}
 W_{tu} &= W_{d_a} + W_{d_b} \\
 &= 13,692 + 13,6922 \\
 &= 27,384 \text{ lb}
 \end{aligned}$$

c. Berat down comer

Dipakai dasar perhitungan dengan downcomer tanpa aliran uap

$$\begin{aligned}
 A_{dc} &= 0,903 \text{ ft}^2 \\
 \text{Volume} &= A_{dc} \cdot \text{Tebal shell} \\
 &= 0,903 \times 0,01563 = 0,0141 \text{ ft}^3 \\
 \text{Berat 1 plate} &= \text{Volume} \cdot \rho_{\text{steel}} \\
 &= 0,0141 \times 487 = 6,8715 \text{ lb} \\
 W_{dc} &= \text{Berat 1 plate} \times \text{Jumlah plate} \\
 &= 6,8715 \times 7 = 48,101 \text{ lb}
 \end{aligned}$$

d. Berat tray

$$\begin{aligned}
 A_t &= \frac{\pi}{4} d^2 \\
 &= \frac{3,14}{4} \times 1,30208 = 1,3309 \text{ ft}^2 \\
 \text{Volume} &= A_t \cdot \text{Tebal shell} \\
 &= 1,3309 \times 0,01563 = 0,0208 \text{ ft}^3 \\
 \text{Berat 1 tray} &= \text{Volume} \cdot \rho_{\text{steel}} \\
 &= 0,0208 \times 487 = 10,127 \text{ lb} \\
 W_t &= \text{Berat 1 tray} \times \text{Jumlah plate} \\
 &= 10,127 \times 7 = 70,892 \text{ lb}
 \end{aligned}$$

e. Berat liquida

$$W_l = 8261,613 \text{ lb}$$

f. Berat pipa

Pipa yang ada mencakup feed, uap, reboiler, kondensor dan bottom produk

Ditetapkan panjang pipa 2 kali tinggi kolom destilasi

$$\text{Panjang pipa} = 2 \times 9,190 = 18,38 \text{ ft}$$

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

$$W_p = 18,38 \times 2,718 = 49,957 \text{ lb}$$

g. Berat attachment

Berat attachment meliputi nozzle, valve dan alat kontrol

$$\begin{aligned} W_a &= 18\% W_s \\ &= 18\% \times 278,7568 = 50,176 \text{ lb} \end{aligned}$$

Berat total yang harus ditopang penyangga

$$\begin{aligned} W_{\text{total}} &= W_s + W_{tu} + W_{dc} + W_t + W_l + W_p + W_a \\ &= 8786,8796 \text{ lb} \end{aligned}$$

r. Perencanaan skirt support

Sistem penyangga yang digunakan adalah skirt support

Tinggi support = 2 ft \approx 24 in

- Menentukan tebal skirt

Stress karena angin

$$\begin{aligned} H &= 2 + \text{Tinggi kolom} \\ &= 2 + 110,2813 = 112,2813 \text{ in} \\ f_{wb} &= \frac{15,89 \left(\frac{d_o + d_i}{2} \right) H^2}{d_o^2 \cdot t} \quad (\text{Brownell, 1959, pers. 9.20}) \\ &= \frac{15,89 \left(\frac{16 + 15,625}{2} \right) 112,2813^2}{256 \times t} \\ &= \frac{12373,68}{t} \end{aligned}$$

Stress dead weight

$$\begin{aligned} f_{db} &= \frac{\Sigma W}{\pi \cdot d_o \cdot t} \quad (\text{Brownell, 1959, pers. 9.6 hal 157}) \\ &= \frac{8786,8796}{3,1 \times 16 \times t} \\ &= \frac{174,8981}{t} \end{aligned}$$

Stress kompresi maksimum

$$\begin{aligned} f_{c \max} &= 0,125 E (t/d_o) \cos \alpha \\ \text{dimana, } E \text{ concrete} &= 2000000 \text{ psi} \quad (\text{Brownell 1959, hal 183}) \\ f_{c \max} &= 0,125 \times 2000000 \left(\frac{t}{16} \right) \\ &= 15625 t \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{c \max} &= f_{wt} + f_{db} \quad (\text{Brownell, 1959, pers. 9.80}) \\ 15625 t &= \frac{12373,68}{t} + \frac{174,8981}{t} \\ t &= \sqrt{\frac{12548,580}{15625}} \\ &= 0,8962 \text{ in} \end{aligned}$$

s. Menentukan bearing plate

Dari Brownell 1959, tabel 10.1 hal 184 diperoleh

$$f_c = 2500 \text{ psi}$$

$$f_{c \text{ max}} = 1000 \text{ psi}$$

$$n = 12$$

$$f_s \text{ allowable untuk strukturalsteel skirt} = 45000 \text{ psi}$$

$$d_i = 15,6 \text{ in}$$

Ditetapkan:

$$d_i \text{ bearing plate} = 16$$

$$d_o \text{ bearing plate} = 1,25 \times 16 \\ = 20 \text{ in} = 1,66667 \text{ ft}$$

$$\text{Jumlah chair} = 3 \quad (\text{Brownell 1959, tabel 10.5 hal 191})$$

$$\text{Jumlah bolt} = 4$$

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

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

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)

$$M_w = \frac{1}{2} 25 \times 9,357^2 \frac{1,3021 + 1,333}{2} \\ = 1442,053 \text{ lbft}$$

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

$$= \frac{20 - 16}{2}$$

$$= 2 \text{ in}$$

$$\text{Diperkirakan } f_c = 1000 \text{ psi}$$

$$K = \frac{1}{1 + \left(\frac{f_s}{n \cdot f_c} \right)} \\ = 0,2105$$

(Brownell, 1959, pers. 10.3)

$$\begin{aligned}
 f_c \text{ (bolt circle)} &= f_{c_{\max}} \frac{2 \cdot K \cdot d_o}{2 \cdot K \cdot d_o \cdot t_3} \\
 &= 1000 \times \frac{2 \times 0,2105 \times 20}{2 \times 0,2105 \times 20 \times 2} \\
 &= 500 \leq 1000 \text{ (memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Dari Brownell 1959, tabel 10.2, hal 186

Untuk harga K = 0,2105 maka hasil interpolasi adalah,

$$C_c = 1,250$$

$$C_t = 2,638$$

$$z = 0,457$$

$$j = 0,777$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tensile load (Ft)} &= \frac{M_{dw} - M_w \cdot z \cdot d}{j \cdot d} \\
 &= \frac{8786,8796 - 1442,053 \times 0,457 \times 1,6667}{0,777 \times 1,6667}
 \end{aligned}$$

$$= 5937,0778 \text{ lb}$$

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

$$= \frac{4 \times 0,89}{3,14 \times 1,25}$$

$$= 0,907 \text{ in}$$

Relation ship pada tension side

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

$$\begin{aligned}
 f_s &= \frac{F_t}{t_1 \cdot r \cdot C_t} \\
 &= \frac{5937,0778}{0,907 \times 1,66667 \times 2,638} \\
 &= 1488,8 \text{ psi}
 \end{aligned}$$

$$F_c = F_t + W_{dw} \quad (\text{Brownell, 1959, pers. 10.27})$$

$$= 5937,078 + 8786,8796$$

$$= 14723,9574 \text{ lb}$$

Kompresive stress sesungguhnya pada bolt circle (f_c)

$$\begin{aligned}
 t_2 &= t_3 - t_1 \\
 &= 2 - 0,90701 \\
 &= 1,093 \text{ in}
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 &= \frac{14723,9574}{[1,093 + 12 \times 0,907] \times 1,6667 \times 1,25} \\
 &= 590,09
 \end{aligned}$$

Pengecekan harga K

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

$$= 0,8263$$

Dari Brownell 1959, tabel 10.2, hal 186

Untuk harga K = 0,8263 maka,

$$Cc = 2,224$$

$$Ct = 1,765$$

$$z = 0,369$$

$$j = 0,784$$

$$\begin{aligned} \text{Tensile load (Ft)} &= \frac{Mdw - Mw \cdot z \cdot d}{j \cdot d} \\ &= \frac{8786,8796 - 1442,053 \times 0,369 \times 1,6667}{0,784 \times 1,6667} \end{aligned}$$

$$= 6045,9313 \text{ lb}$$

$$t_1 = 0,907 \text{ in}$$

Relation ship pada tension side

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

$$\begin{aligned} fs &= \frac{Ft}{t_1 \cdot r \cdot Ct} \\ &= \frac{6045,9313}{0,907 \times 1,66667 \times 1,765} \\ &= 2266 \text{ psi} \end{aligned}$$

$$Fc = Ft + Wdw \quad (\text{Brownell, 1959, pers. 10.27})$$

$$= 2265,997 + 8786,8796$$

$$= 11052,8770 \text{ lb}$$

Kompresive stress sesungguhnya pada bolt circle (fc)

$$\begin{aligned} t_2 &= t_3 - t_1 \\ &= 2 - 0,90701 \\ &= 1,093 \text{ in} \end{aligned}$$

$$fc = \frac{Fc}{(t_2 + nt_1) \cdot r \cdot Cc} \quad (\text{Brownell, 1959, pers. 10.8})$$

$$\begin{aligned} &= \frac{11052,8770}{[1,093 + 12 \times 0,907] \times 1,6667 \times 2,224} \\ &= 248,97 \end{aligned}$$

Pengecekan harga K

$$K = \frac{1}{1 + \left(\frac{fs}{n \cdot fc} \right)}$$

$$= 0,5687$$

$$\begin{aligned}
 f_{c \max} &= f_c (\text{bolt circle}) \frac{2 \cdot K \cdot do \cdot t_3}{2 \cdot K \cdot do} \\
 &= 248,9667 \times \frac{2 \times 0,5687 \times 20 \times 2}{2 \times 0,5687 \times 20} \\
 &= 497,93 \leq 1000 \quad (\text{memenuhi})
 \end{aligned}$$

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

$$\text{Bolt circle} = 2 \frac{13}{16}$$

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

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

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

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

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

$$\text{Lebar gusset (A)} = 9 + 1,5 = 11$$

$$\text{Jarak antar gusset (b)} = 8 + 1,25 = 9,3$$

$$\text{Luas area bolt (Ab)} = 0,9 \text{ ft}^2$$

$$\text{Beban bolt (P)} = f_s \cdot A_b = 2265,997 \times 0,9 = 2016,7 \text{ lb}$$

$$\begin{aligned}
 L &= do \text{ bearing} - do \text{ shell} \\
 &= 20 - 16 = 4,0 \text{ in}
 \end{aligned}$$

$$\frac{b}{L} = \frac{9,25}{4,0} = 2,3125$$

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

$$e = 2 / 2 = 1$$

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

$$\gamma_1 = 0,565$$

Maksimum bending (My)

$$\begin{aligned}
 My &= \frac{P}{4\pi} \left[\left(1 + \mu \right) \ln \left(\frac{21}{\pi e} \right) + \left(1 - \gamma_1 \right) \right] \\
 My &= \frac{2017}{4 \times 3,1} \times \left[\left(1 + 0,3 \right) \ln \left(\frac{21}{3,1 \times 1} \right) + \left(1 - 0,565 \right) \right] \\
 &= 466,5134 \text{ lbin}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t_5 &= \sqrt{\frac{6 \cdot My}{f_{\max}}} = \sqrt{\frac{6 \times 466,5134}{45000}} = 0,2494 \text{ in} \\
 &= \frac{3,9904}{16} \approx \frac{5}{16}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t_4 &= \sqrt{\frac{6 \cdot My}{(t_3 - bhd) f_{\max}}} = \sqrt{\frac{6 \times 466,5134}{(2 - 1,25) \times 45000}} \\
 &= 0,288 = \frac{4,6078}{16} \approx \frac{3}{16}
 \end{aligned}$$

$$t_6 = \frac{3}{8} t_5 = \frac{3}{8} \times \frac{5}{16} = 0,1172 \text{ in} = \frac{1,875}{16} \approx \frac{3}{16}$$

t. Dimensi anchor bolt

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

u. Dimensi pondasi

Podasi ter dari beban dengan kandungan air 6 3/4 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

$$\text{Beban yang ditanggung penyangg} = 8786,8796 \text{ lb}$$

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

$$W = 9626,8796 \text{ lb}$$

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

$$\begin{aligned} \text{Luas tanah untuk atas pondasi} &= \text{Luas pondasi atas} \\ &= 30 \times 30 = 900 \text{ in}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas tanah untuk dasar pondas} &= \text{luas pondasi bawah} \\ &= 50 \times 50 = 2500 \text{ in}^2 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \text{Luas rata-rata (A)} &= 0,5 \times \left[30^2 + 50^2 \right] \\ &= 1700 \text{ in}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume pondai (V}_p) &= A \cdot t \\ &= 1700 \times 24 \\ &= 40800 \text{ in}^3 \end{aligned}$$

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

Maka,

$$\begin{aligned} \text{W pondasi} &= V \cdot \rho \\ &= 40800 \times 126 \times 0,000579 \\ &= 2974,98 \text{ lb} \end{aligned}$$

Asumsi:

Tanah atas pondasi berupa cement sand & garvel 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

$$\begin{aligned} W \text{ total} &= 9626,8796 + 2975 \\ &= 12601,8606 \text{ lb} \end{aligned}$$

Tekanan dari sistem pondasi terhadap luas tanah (P)

$$P = \frac{W \text{ total}}{A} = \frac{12601,8606}{1700} = 7,4129 \text{ lb/in}^2$$

Acuan harga safety didasarkan pada minimum bearing power yaitu:

$$6000 \text{ kg/ft}^2 = 91,862 \text{ lb/in}^2$$

Tekanan terhadap tanah = $7,4129 \leq 91,862 \text{ lb/in}^2$ (pondasi dapat digunakan)

v. Spesifikasi kolom destilasi

1. Silinder/shell

- Diameter dalam : 15,625 in
- Diameter luar : 16 in
- Tinggi : 105 in
- Tebal : 0,1875 in
- Bahan konstruksi : Stainless Steel SA 240 Grade M type 316

2. Tutup Atas dan Tutup Bawah

- Crown radius : 15,625 in
- Tinggi tutup atas : 2,64063 in
- Tinggi tutup bawah : 2,6406 in
- Tebal : 0,1875 in
- Bahan konstruksi : Stainless Steel SA 240 Grade M type 316

3. Tray

- Jumlah tray : 7 buah
- Tebal tray : 0,1875 in
- Susunan pitch : Segitiga
- Bahan konstruksi : Stainless Steel SA 240 Grade M type 316

4. Down comer

- Lebar : 2,322 in
- Luas : 0,90303 ft²
- Bahan konstruksi : Stainless Steel SA 240 Grade M type 316

5. Nozzle

- Diameter feed mast : 2 in
- Diameter top kolom : 2 in
- Diameter refluks : 2 in
- Diameter reboiler : 1,25 in
- Diameter bottom : 1 in

6. Flange dan Gasket

- Diameter Flange : 19 in
- Tebal Flange : 2 in
- Bahan konstruksi : high Alloy steel SA-336 Grade F8 type 304
- Lebar Gasket : 0,0625 in

- Diameter Gasket : 16,0625 in
- Bahan konstruksi : Solid Flat Metal Iron

7. Baut

- Ukuran Baut : 1,25 in
- Jumlah baut : 4 buah
- Bahan konstruksi : High Alloy Steel SA 193 Grade B8t type 321

8. Skirt Support

- Tinggi : 24 in
- Tebal : 0,89616 in
- Bahan konstruksi : High Alloy Steel SA 240 Grade M type 316

9. Bearing plate

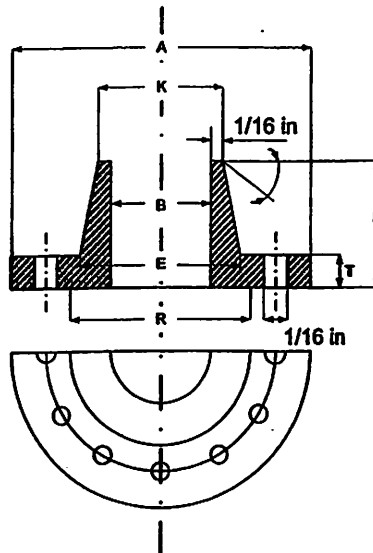
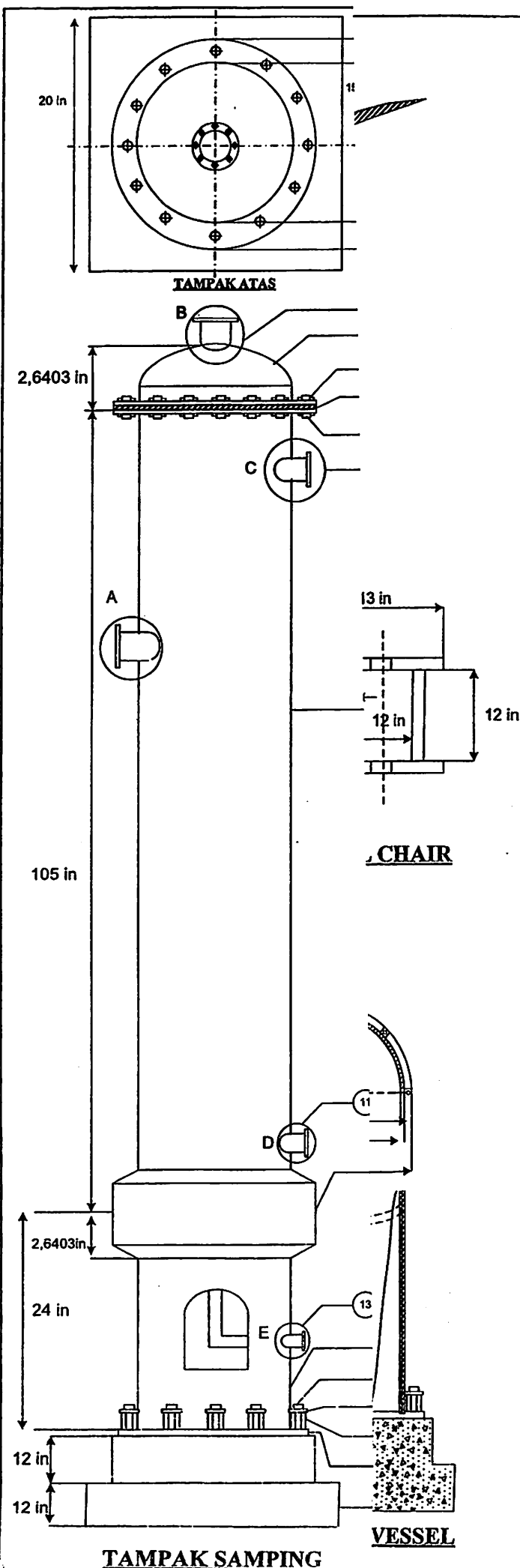
- Type : Eksternal Bolting Chair
- Diameter dalam : 16 in
- Tebal : 0,1875 in
- Jumlah : 8 buah
- Bahan konstruksi : Carbon Steel SA 135 Grade B

10 Anchor Bolt

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

11 Pondasi

- Luas pondasi atas : 900 in²
- Luas pondasi bawah : 2500 in²
- Tinggi pondasi : 24 in
- Bahan konstruksi : Cement, Sand and Gravel



DETAIL NOZZLE

NOZZLE	NPS	A	T	R	E	L	B
A	2	6	3/4	3 5/8	3 1/16	1	2,44
B	2	6	3/4	3 5/8	3 1/16	1	2,44
C	1,5	5	2/3	2 7/8	2 9/16	7/8	1,97
D	1,25	6	5/8	2 1/2	2 5/16	13/16	1,72
E	1	4 1/4	9/16	2	1 15/16	1 1/16	1,38

20	PONDASI	CEMENT, SAND AND GRAVEL
19	BEARING PLATE	CARBON STEEL SA-135 GRADE B
18	GUSSET	CARBON STEEL SA-135 GRADE B
17	COMPRESSING PLATE	CARBON STEEL SA-135 GRADE B
16	ANCHOR BOLT	HAS SA-193 GRADE B8 TYPE 321
15	SKIRT SUPPORT	HAS SA-240 GRADE M TYPE-316
14	TUTUP BAWAH	CARBON STEEL SA-135 GRADE B
13	NOZZLE BOTTOM KOLOM	HAS SA-268 GRADE TP410
12	STRAP	CARBON STEEL SA-135 GRADE B
11	NOZZLE REBOILER	HAS SA-268 GRADE TP410
10	NOZZLE FEED	HAS SA-268 GRADE TP410
9	SHELL	CARBON STEEL SA-135 GRADE B
8	DOWNCOMER	CARBON STEEL SA-135 GRADE B
7	SIEVE TRAY	CARBON STEEL SA-135 GRADE B
6	NOZZLE REFLUKSI KONDENSOR	HAS SA-268 GRADE TP 410
5	BAUT	HAS SA-193 GRADE B8 TYPE 321
4	GASKET	IRON SOLID FLAT METAL
3	FLANGE	HAS SA-366 GRADE F8 TYPE 304
2	TUTUP ATAS	CARBON STEEL SA-135 GRADE B
1	NOZZLE TOP KOLOM	HAS SA-268 GRADE TP 410
No	NAMA BAGIAN	BAHAN KONSTRUKSI

JURUSAN TEKNIK KIMIA
 FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
 INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

PERANCANGAN ALAT UTAMA
DESTILASI

DIRANCANG OLEH :

DOSEN PEMBIMBING :

KURNIA RAHMA FIDA 11.34.012

PROF. DR. IR. TRI POESPWATI, MT

BAB VII

INSTRUMENTASI DAN KESELAMATAN KERJA

Dalam suatu industri sangat perlu adanya instrumentasi dan keselamatan kerja guna meningkatkan kualitas dan kuantitas produk. Instrumentasi ini digunakan untuk mengontrol jalannya suatu proses agar dapat dikendalikan sesuai dengan yang diharapkan. Sedangkan keselamatan kerja juga menjadi fokus perhatian dalam perusahaan untuk mencapai sistem kerja yang aman sehingga dapat mengatasi bahaya-bahaya bagi pekerja maupun pihak lain.

7.1. Instrumentasi

Instrumentasi ini secara otomatis maupun manual dapat berfungsi untuk memonitoring dan pengendalian kondisi operasi dalam plant. Dalam pengaturan dan pengendalian kondisi operasi dan peralatan proses sangatlah diperlukan adanya peralatan (instrumentasi) kontrol. Dimana instrumentasi ini merupakan suatu alat petunjuk atau indikator, suatu perekam, atau suatu pengontrol (*controller*). Dalam industri kimia banyak variabel yang perlu diukur dan dikontrol, seperti pH, temperatur, tekanan, kecepatan aliran dan sebagainya.

Pada perancangan pabrik, alat kontrol yang digunakan adalah alat kontrol manual dan alat kontrol otomatis. Hal ini tergantung dari sistem peralatan dan pertimbangan teknis maupun ekonomis. Tujuan penggunaan alat kontrol atau instrumentasi ini diharapkan akan tercapai hal-hal berikut:

- Menjaga variabel proses pada batas operasi aman
- Menjaga kualitas produk dalam standard yang telah ditetapkan dan lebih terjamin
- Memudahkan pengoperasian suatu alat
- Kondisi berbahaya dapat diketahui lebih awal dengan menggunakan alarm peringatan
- Efisiensi kerja akan meningkat dan menekan ongkos produksi serendah mungkin dengan tetap memperhatikan faktor-faktor yang lain.

Faktor-faktor yang perlu diperhatikan dalam instrumentasi yaitu:

- Jenis instrumentasi
- Range yang diperlukan untuk pengukuran
- Ketelitian yang dibutuhkan

- Pengaruh pemasangan instrumentasi pada kondisi proses
- Faktor ekonomi

Dengan adanya instrumentasi ini, diharapkan semua proses dapat berjalan dengan lancar sesuai dengan apa yang diharapkan. Pada pra rencana pabrik Dietil Eter ini dipasang beberapa alat kontrol, yaitu:

1. *Level Indikator (LI)*

Alat ini berfungsi untuk mengetahui ketinggian fluida yang ada dalam tangki penampung agar tidak melebihi batas yang ditentukan dan mengetahui masih ada tidaknya ketersediaan bahan dalam tangki

2. *Flow Controller (FC)*

Dipasang pada alat untuk mengendalikan laju alir fluida melalui perpipaian sehingga air yang masuk ke peralatan proses tetap konstan

3. *Pressure Controller (PC)*

Dipasang pada alat yang memerlukan penjagaan tekanan agar beroperasi pada tekanan konstan

4. *Temperature Controller (TC)*

Dipasang pada alat yang memerlukan penjagaan suhu agar beroperasi pada suhu konstan

5. *Weight Controller (WC)*

Alat ini dipasang pada aliran solid, untuk mengatur aliran padatan agar selalu sama dan seragam

Tabel 7.1. Alat-Alat Kontrol pada Pabrik Dietil Eter

No.	Nama Alat	Kode Alat	Kode Instrumentasi
1	Storage Etanol	F-114	<i>Level Indikator (LI)</i>
2	Drum vaporizer	E-117	<i>Level Indikator (LI)</i>
3	Storage Asam sulfat	F-111	<i>Level Indikator (LI)</i>
4	Vaporize	V-116	<i>Temperature Controller (TC)</i>
5	Bin Natrium hidroksida	F-124	<i>Weight Controller (WC)</i>
6	Tangki pencampur	M-125	<i>Level Indikator (LI)</i>
7	Heater	E-113	<i>Temperature Controller (TC)</i>
8	Reaktor	R-110	<i>Temperature Controller (TC)</i>

			<i>Pressure Indicator (PI)</i>
9	Scrubber	D-120	<i>Pressure Indicator (PI)</i>
			<i>Flow Controller (FC)</i>
10	Kondensor	E-126	<i>Temperature Controller (TC)</i>
11	Destilasi	D-130	<i>Pressure Indicator (PI)</i>
			<i>Flow Controller (FC)</i>
12	Kondensor	E-131	<i>Temperature Controller (TC)</i>
13	Reboiler	E-133	<i>Temperature Controller (TC)</i>
14	Storage produk	F-134	<i>Ratio Controller (RC)</i>

7.2. Keselamatan Kerja

Dalam perencanaan suatu pabrik, keselamatan kerja merupakan hal yang sangat penting yang harus diperhatikan karena menyangkut kelancaran dan keselamatan kerja karyawan, juga menyangkut lingkungan dan masyarakat di sekitar pabrik. Keselamatan kerja ini merupakan usaha untuk memberikan rasa aman dan tenang pada karyawan dalam bekerja, sehingga kontinuitas dan keefektifan kerja dapat terjamin.

Beberapa faktor yang dapat menyebabkan terjadinya keselamatan kerja, yaitu:

1. Latar belakang pekerja

Merupakan sifat atau karakter yang tidak baik dari pekerja yang merupakan sifat dasar pekerja maupun lingkungan yang dapat mempengaruhi pekerja dalam melakukan pekerjaannya, sehingga dapat menyebabkan kelalaian pekerja.

2. Kelalaian kerja

Adanya sifat gugup, tegang, mengabaikan keselamatan, dan lain-lain, akan menyebabkan pekerja akan melakukan tindakan yang tak aman.

3. Tindakan yang tidak aman dan bahaya mekanis atau fisik

Tindakan yang tidak aman dari pekerja seperti berdiri di bawah beban tersuspensi, menjalankan mesin tanpa pelindung, atau bahaya mekanis seperti gear yang tidak dilindungi, penerangan yang tidak cukup, dan sebagainya.

4. Kecelakaan

Kecelakaan ini dapat berupa jatuhnya pekerja, pekerja tertumbuk benda yang melayang, pekerja yang terbentur benda yang jatuh dari atas dan sebagainya, sehingga dapat menimbulkan luka.

Pengidentifikasi bahaya sebelum bahaya tersebut menyebabkan kecelakaan adalah inti seluruh kegiatan pencegahan kecelakaan. Akan tetapi pengidentifikasian bahaya bukanlah ilmu pasti tetapi merupakan kegiatan subjektif dimana ukuran bahaya yang teridentifikasi akan berbeda diantara orang satu dengan orang lainnya yang tergantung pada pengalaman masing-masing, sikap dalam menghadapi risiko, familieritas terhadap proses bersangkutan, dan sebagainya. Dengan mengulangi atau menjalankan sejumlah teknik pengidentifikasian, sejumlah bahaya residual akan dapat dikurangi. Kita tidak mungkin langsung menghilangkan seluruh bahaya tersebut. Temuan pada setiap inspeksi harus dicatat sehingga dapat dijadikan acuan ketika memutuskan tindakan korektif yang diperlukan dan untuk membandingkannya dengan inspeksi sebelumnya.

Banyak teknik identifikasi yang salah satunya dapat dipilih sebagai yang mungkin paling efektif di organisasi tertentu atau yang dapat menyediakan informasi yang dibutuhkan dalam proses tertentu. Teknik- teknik tersebut meliputi :

1. Survei keselamatan kerja
 - Kadang dinamakan inspeksi keselamatan kerja
 - Inspeksi umum terhadap seluruh area kerja.
 - Cenderung kurang rinci dibandingkan tehnik- teknik lainnya.
 - Memberikan gambaran yang menyeluruh tentang keadaan pencegahan kecelakaan di seluruh area kerja tertentu.
2. Patroli keselamatan kerja.
 - Inspeksi terbatas pada rute yang ditentukan terlebih dulu.
 - Perlu merencanakan rute berikutnya untuk memastikan cakupan menyeluruh atas area kerja.
 - Mempersingkat waktu setiap inspeksi
3. Pengambilan sampel keselamatan kerja
 - Melihat pada satu aspek keselamatan atau keselamatan kerja saja.
 - Fokuskanlah perhatian untuk melakukan identifikasi lebih rinci.

- Perlu merencanakan serangkaian pengambilan sampel untuk mencukupi seluruh aspek kesehatan dan keselamatan kerja.
4. Audit keselamatan kerja
 - Inspeksi tempat kerja dengan teliti
 - Lakukanlah pencarian untuk mengidentifikasi semua jenis bahaya
 - Jumlah setiap jenis bahaya yang teridentifikasi harus dicatat
 - Dapat dikembangkan menjadi sistem peringkat untuk mengukur keselamatan kerja
 - Audit ulang perlu dilakukan untuk menilai perbaikan apa saja yang telah dilakukan
 - Bisa menyita waktu
 5. Pemeriksaan lingkungan
 - Dilakukan berdasarkan pengukuran konsentrasi zat-zat kimia di atmosfer
 - Dapat mengidentifikasi kemungkinan bahaya terhadap kesehatan di tempat kerja
 - Mencatat pembacaan secara berturut-turut dapat menunjukkan peningkatan atau sebaliknya
 - Pemeriksaan dengan sampel kasar sangat tidak akurat dan bisa sangat mahal
 - Instrumen elektronik memang sangat mahal namun memberikan pembacaan cepat yang akurat
 - Instrumen elektronik dapat digunakan secara terus menerus untuk jangka panjang
 6. Laporan kecelakaan
 - Dibuat setelah kecelakaan
 - Kecelakaan kecil perlu dicatat dan juga kerugian berupa kehilangan waktu
 - Informasi yang diperoleh dari laporan kecelakaan
 - Laporan harus didapat mengindikasikan tindakan pencegahan yang diperlukan
 7. Laporan kecelakaan yang nyaris terjadi
 - Laporan insiden insiden yang dalam keadaan yang sedikit berbeda dapat menyebabkan kecelakaan
 - Memerlukan budaya keselamatan kerja yang tepat agar efektif
 8. Masukan dari para karyawan

- Secara formal dapat diperoleh melalui komite keselamatan kerja atau secara informal melalui penyedia
- Membutuhkan budaya tidak saling menyalahkan untuk memberanikan pekerja melaporkan masalah
- Para pekerja sering lebih mengetahui dan dapat menyampaikan apa yang perlu di lakukan
- Perlu umpan balik ke pekerja dalam bentuk tindakan untuk mempertahankan kredibilitas manajemen

Tipikal masalah yang di inspeksi

1. Fasilitas kenyamanan
 - Kantin
 - Toilet
 - P3K
 - Lokasi merokok
2. Tindakan pencegahan kebakaran
 - Alat pemadam api
 - Rute-rute evakuasi
 - Alarm dan latihan memadamkan api
 - Area bebas rokok
3. Permesinan
 - Pengamanan
 - Mengikuti sistem kerja yang telah disetujui
 - Status permesinan
 - Laporan hasil pemeriksaan yang diamanatkan perundang-undangan
 - Kesesuaian dengan ketentuan perundangan
4. Kondisi tempat kerja
 - Temperatur
 - Penerangan
 - Kebersihan dan kerapian
 - Asap dan debu
 - Penataan secara umum
5. Akses dan gang

- Ditandai dengan baik
- Tidak dilanggar batasan
- Kondisi permukaan lantai
- Penerangan cukup

Bahaya-bahaya tersebut dapat terjadi pada pabrik, sehingga harus diperhatikan cara untuk mengatasinya. Adapun cara untuk mengatasinya adalah sebagai berikut:

1. Keselamatan konstruksi

- Konstruksi bangunan dan peralatan produksi baik langsung maupun tak langsung harus cukup kuat serta pemilihan bahan konstruksinya harus tepat
- Pada tempat-tempat berbahaya harus diberi peringatan yang jelas
- Jarak antara peralatan, mesin-mesin serta alat proses harus diperhatikan.

2. Bahaya yang disebabkan oleh adanya api, listrik dan kebakaran

- Tangki bahan bakar jaraknya harus cukup jauh dari tempat yang dapat menyebabkan kebakaran
- Untuk mencegah dan mengurangi bahaya-bahaya yang timbul, maka digunakan isolasi panas, isolasi listrik, dan pada tempat bertekanan tinggi harus diberi penghalau atau pagar.

3. Memberikan penjelasan-penjelasan mengenai bahaya yang dapat terjadi dan memberikan cara pencegahannya

4. Memasang tanda-tanda bahaya, seperti alarm peringatan jika terjadi bahaya. Semua sistem alarm harus dipasang pada tempat strategis agar seluruh orang mengetahui dan segera siapa untuk bertindak bila terjadi bahaya.

5. Penyediaan alat-alat pencegahan kebakaran, akibat listrik maupun api

6. Ventilasi

Ruang kerja harus mendapatkan ventilasi yang cukup, sehingga pekerja dapat leluasa untuk menghirup udara segar, yang berarti ikut serta menjamin kesehatan dan keselamatan kerja.

7. Tangki-tangki

Bahaya yang paling besar adalah tangki-tangki yang bertekanan tinggi. Hal-hal yang perlu diperhatikan untuk mencegah kecelakaan adalah:

- Perencanaan tangki harus sesuai dengan aturan yang berlaku, termasuk pemilihan bahan konstruksi, memperhitungkan faktor korosi dan lain-lain

- Pemasangan alat-alat kontrol yang baik dan sesuai, yaitu *pressure control*, *level control* dan *temperature control*.

8. Reaktor

Hal-hal yang perlu dilakukan untuk mencegah kecelakaan adalah:

- Perencanaan reaktor harus sesuai dengan ketentuan-ketentuan yang berlaku mengenai bahan konstruksi, faktor korosi dan lain-lain
- Perencanaan isolasi harus baik dengan memperhatikan perpindahan panas yang terjadi
- Pemasangan alat-alat kontrol yang baik dan sesuai, yaitu *pressure control*, *level control* dan *temperature control*.

9. Perpipaan

- Jalur proses yang terletak di atas permukaan tanah lebih baik daripada diletakkan di bawah tanah, karena dapat menyebabkan timbulnya bahaya akibat kebocoran dan sulit untuk mengetahui letak kebocoran
- Pengaturan dari perpipaan dan valve penting untuk mengamankan operasi. Jika terjadi kebocoran pada *check valve*, sebaiknya diatasi dengan pemasangan *block valve* di samping *check valve* tersebut
- Sebelum pipa-pipa dipasang, sebaiknya dilakukan tes hidrostatik yang bertujuan untuk mencegah terjadinya stress yang berlebihan pada bagian-bagian tertentu atau pada bagian fondasi.

10. Karyawan

Pada karyawan terutama operator, perlu diberi bimbingan atau pengarahan agar karyawan dapat melaksanakan tugasnya dengan baik dan tidak membahayakan.

11. Listrik

Pada pengoperasian peralatan listrik perlu dipasang peralatan pengaman berupa pemutus arus untuk mencegah jika sewaktu-waktu terjadi hubungan singkat/korsleting yang dapat menyebabkan kebakaran.

Juga perlu diadakan pemeriksaan adanya kabel yang terkelupas yang dapat membahayakan pekerja jika tersentu kabel tersebut. Memberi tanda atau peringatan yang jelas di daerah – daerah listrik tegangan tinggi.

12. Pencegahan dan penanggulangan kebakaran

- Bangunan, seperti *work shop*, laboratorium dan kantor hendaknya berjauhan dengan unit operasi
- Antara unit yang satu dengan unit yang lain hendaknya dipisahkan sehingga dapat menghambat jalannya api ketika terjadi kebakaran
- Pengamanan jika terjadi kebakaran harus dilengkapi dengan baju tahan api dan alat bantu pernapasan
- Larangan merokok di lingkungan pabrik, kecuali pada tempat-tempat yang telah disediakan
- Penempatan kabel dan kawat listrik yang diatur rapi dan jauh dari tempat-tempat panas

Pemasangan alat pemadam kebakaran di setiap tempat yang paling rawan dan pemasangannya harus pada tempat yang mudah dijangkau, meliputi:

- *Dry chemical* (bubuk) dan *foam extinguish* (basah)
- *Fire house* berisi gulungan selang pemadam api

VII.2.1. Pengamanan alat

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

VII.2.2. Keselamatan kerja karyawan

Pada karyawan, terutama operator, perlu diberikan bimbingan atau pengarahan agar karyawan dapat melaksanakan tugasnya dengan baik dan tidak membahayakan keselamatan jiwa. Alat pelindung yang diperlukan pada pre rencana pabrik dapat dilihat pada table berikut:

Tabel 7.2. Alat-Alat Keselamatan Kerja pada Pabrik Dietil Eter

No.	Alat Pelindung	Lokasi Pengamanan
1.	Masker	Storage, laboratorium
2.	Topi pengaman (helm)	Storage, unit proses
3.	<i>Earplug</i> (pengaman telinga)	Storage, unit proses
4.	Sepatu karet	Storage, unit proses
5.	Sarung tangan	Storage, laboratorium
6.	Hydrant (unit pemadam kebakaran)	Semua ruangan di area pabrik
7.	Baju khusus (jas lab)	Laboratorium

BAB VIII

UTILITAS

Utilitas merupakan salah satu bagian yang sangat penting untuk sebagai penunjang pada proses produksi dalam suatu pabrik industri kimia, sehingga kapasitas produksi dapat terpenuhi. Unit utilitas yang diperlukan pada pra-rencana pabrik Dietil eter ini, yaitu :

- Unit penyediaan air, yaitu sebagai : air proses, air pendingin, air umpan boiler dan sanitasi
- Unit penyediaan steam sebagai media pemanas dalam proses produksi
- Tenaga listrik yang berfungsi untuk menjalankan alat-alat produksi, utilitas dan untuk penerangan
- Bahan bakar untuk pengoperasian boiler dan generator.

8.1. Unit Penyediaan Air

Sumber air yang digunakan pada pabrik ini adalah air sungai, yaitu Sungai Bengawan Solo karena pada pabrik Dietil eter ini dibangun dekat dengan sungai. Air sungai dipompa dan di tampung dalam bak sedimentasi yang selanjutnya akan dilakukan bisa digunakan sebagai air proses, air sanitasi, air pendingin dan air umpan boiler.

8.1.1. Air Umpan Boiler

Penyediaan air umpan boiler nantinya akan dipanaskan hingga menjadi steam. Kebutuhan steam pada Pra Rencana Pabrik Dietil Eter ini digunakan pada Vaporise (V-116), Heater (E-113) dan Reboiler (E-133) sebesar 513,0967 kg/jam. Air umpan boiler disediakan berlebih sebesar 20% untuk mengganti steam yang hilang karena adanya kebocoran transmisi.

Karena di dalam boiler terjadi pemanasan harus diwaspadai adanya kandungan-kandungan mineral seperti ion Ca dan Mg. Air yang banyak mengandung ion Ca dan Mg disebut sebagai air yang sadah (*hard water*). Ion-ion ini sangat berpengaruh pada kualitas air yang nantinya akan digunakan sebagai umpan boiler. Biasanya ion-ion ini terlarut dalam air sebagai garam karbonat, sulfat, bikarbonat dan klorida. Berbeda dengan senyawa-senyawa kimia lainnya, kelarutan dari senyawa-senyawa mengandung

unsur Ca dan Mg akan memiliki kelarutan yang makin kecil/redah apabila suhu makin tinggi. Sehingga ketika memasuki boiler, air ini merupakan masalah yang harus segera diatasi. Air yang sadah ini akan menimbulkan kerak (*scaling*) dan tentu saja akan mengurangi efisiensi dari boiler itu sendiri akibat dari hilangnya panas akibat adanya kerak tersebut. Selain itu yang dikhawatirkan bisa menyebabkan *scaling* adalah adanya deposit silika.

Persyaratan air umpan boiler sangat tergantung dari macam atau jenis boilernya. Persyaratan tersebut seperti yang terlihat pada table 8.1 dan table 8.2.

Tabel 8.1. 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>Oxygen consumed</i>	15	10	4	3
<i>Dissolved oxygen (O₂)</i>	1,5	0,1	0	0
<i>Hydrogen sulfide (H₂S)</i>	5	3	0	0
<i>Total hardness (CaCO₃)</i>	80	40	10	2
<i>Sulfite carbonate ratio (Na₂SO₄:Na₂CO₃)</i>	1:1	2:1	1:1	1:1
<i>Aluminium oxide (Al₂O₃)</i>	5	0,5	0,05	0,01
<i>Silica (SiO₂)</i>	40	20	5	0
<i>Bicarbonate (HCO₃⁻)</i>	50	30	5	0
<i>Carbonate (CO₃⁻)</i>	200	100	40	20
<i>Hydroxide (OH⁻)</i>	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 8.2. Persyaratan kandungan bahan dalam air boiler, pada beberapa tekanan boiler

Tekanan (psia)	Total Dissolved Solid (ppm)	Alkalinity (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 O_2 , CO_2 , H_2S dan NH_3
- 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:

- 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 ditempel pada 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:

- 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.

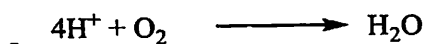
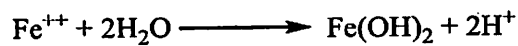
a. Keasaman atau pH

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

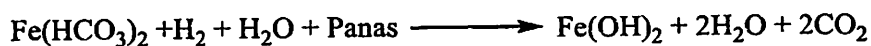
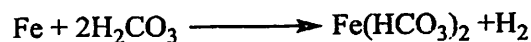
Adanya oksigen yang terlarut akan menyebabkan terjadinya korosi, dengan cara:

- 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.



c. Bikarbonat

Adanya bikarbonat didalam air umpan boiler akan menyebabkan terjadinya CO_2 karena pemanasan dan adanya tekanan. CO_2 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 CO_2 kembali. Selanjutnya CO_2 akan bereaksi kembali dengan air membentuk asam. Keadaan ini akan berjalan terus menerus sehingga bisa merupakan siklus.



d. Gas

Gas H_2S , SO_2 dan NH_3 dapat menyebabkan korosi tapi tidak separah yang disebabkan oleh gas O_2 atau CO_2 .

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 CO_2 sehingga akan menyebabkan terjadinya korosi.

Untuk mengendalikan korosi dapat dilakukan dengan cara :

- a. Pengaturan alkalinity dan pembentukan lapisan film dimana pH air umpan boiler diharapkan lebih besar dari 9,5 dan kandungan hidroksida alkalinity kecil. Alkalinity bisa diatur dengan penambahan soda ash (Na_2CO_3), caustic soda (NaOH) dan trisodium phosphate
 - b. Untuk menghilangkan kandungan O_2 dapat dilakukan dengan aerasi, sedangkan untuk menghilangkan CO_2 dapat dilakukan dengan pemanasan pendahuluanscara 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
 - d. Kalau penyebab korosi karena kondensat, bisa dicegah dengan pemberian senyawa amine atau ammonia.
5. Pengendalian caustic imbrittlement

Sala 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 hidroksida yang rendah pada air boiler, dengan cara:
 - Mengendalikan pH, dengan menggunakan phosphate, sehingga pH air boiler dapat diketahui dengan melihat endapan trisodium phosphate.
 - Menambahkan bahan kimia, pencegah imbrittlement yaitu lignin, tannin dan sodium nitrate.

8.1.2. Air Sanitasi

Pengolahan air sanitasi diperlukan dua peralatan penting, yaitu :

- a. Penyerap : bau, rasa dan warna, dengan menggunakan carbon filter
- b. Pembunuh kuman, dengan menggunakan desinfektan

Pengolahan air sanitasi untuk menghilangkan kandungan bau, rasa, warna dan kuman didalam air bersih sebagai produk dari unit filtrasi. Sehingga air sanitasi ini 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.

Air sanitasi digunakan untuk memenuhi kebutuhan karyawan, laboratorium, kantor, taman, peadam kebak 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 8.3. 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

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

8.1.3. Air Pendingin

Pengolahan air pendingin dilakukan agar kandungan bahan yang terkandung didalamnya tidak menimbulkan kerak yang dapat menghambat perpindahan panas. Air pendingin yang digunakan untuk pra rencana pabrik dietil eter ini adalah pada peralatan seperti reaktor dan kondensor karena pada peralatan ini membutuhkan air pendingin yaitu sebesar 5316,6162 kg/jam. 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.

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.

8.1.4. Air Proses

Air proses digunakan untuk keperluan pengenceran, pelarutan atau reaktan. Bahan baku air proses biasanya berasal dari air permukaan atau air tanah, sehingga 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 organik (*organic matter*). Dengan kandungan bahan tersebut maka air baku harus diolah sesuai dengan spesifikasi air proses yang akan digunakan. Karena air proses digunakan untuk keperluan pengenceran, pelarutan atau reaktan maka spesifikasi air proses perlu disesuaikan dengan peruntukannya, seperti yang terlihat pada table 8.4. 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.

Tabel 8.4. 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	Warna	-	-	+
10	Conductivity	+	+	+
11	Cu	+	+	+
12	F ⁻	-	+	+
13	Kesadahan	+	+	+
14	Fe	+	+	+
15	Pb	-	-	+
16	Mg	+	+	+
17	Mn	-	+	+
18	Ni	+	-	+
19	NO ₃ ⁻	+	+	+
20	NO ₂ ⁻	+	+	+
21	Minyak	+	+	+
22	DO.	+	-	+
23	Phosphate	+	+	+
24	Residu	+	+	+
25	Tersaring	+	+	+
26	Terlarut	+	+	+
27	Si	+	+	+
28	Na	+	+	+
	SO ₄	+	+	+
	Sulfida	-	+	+
29	SO ₃ ⁻	+	+	+
30	Tanin dan Lignin	+	+	+
31	Kekeruhan	-	-	+
32	Zn	+	+	+

Air proses digunakan pada Tangki pencampuran (M-125) yaitu sebesar 2,7431 kg/jam.

8.2. Unit Pengolahan Steam

Bahan baku pembuatan steam adalah air umpan boiler. Direncanakan steam yang digunakan adalah saturated steam :

- Suhu (T) = 150 °C
- Tekanan (P) = 61,373 Psia.

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 liquida 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.

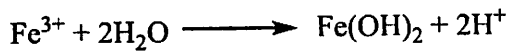
2. Tidak boleh membentuk kerak dalam boiler

Kerak dalam boiler dapat menyebabkan

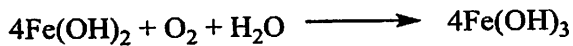
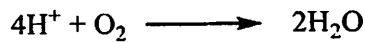
- Isolasi terhadap panas sehingga proses perpindahan panas terhambat
- Kerak yang terbentuk dapat pecah sewaktu-waktu sehingga dapat menimbulkan kebocoran karena boiler mendapat tekanan yang kuat.

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 :

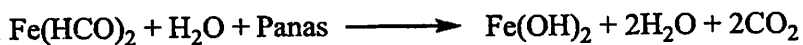
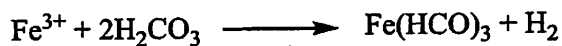


Tetapi jika terdapat oksigen dalam air, maka lapisan hidrogen yang terbentuk akan bereaksi dengan oksigen membentuk air. Akibat hilangnya lapisan pelindung tersebut terjadilah korosi menurut reaksi :



Adanya hidrokarbon dalam air akan menyebabkan terbentuknya CO_2 karena pemanasan dan adanya tekanan CO_2 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 CO_2 lagi.

Reaksi yang terjadi :



Proses Pengolahan Air Pada Unit Pengolahan Air

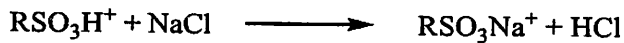
Air sungai digunakan untuk memenuhi kebutuhan air proses, air sanitasi, air pendingin dan air umpan boiler. Proses pengolahan air sungai tersebut adalah sebagai berikut:

➤ Pengolahan Air Sanitasi

Air sungai dipompa (L-211) kedalam bak sedimentasi (F-212) untuk mengendapkan kotoran, kemudian dialirkan dengan pompa (L-213) menuju bak skimmer (F-241) untuk memisahkan air dari padatan terapung. Dari bak skimmer kemudian dialirkan dengan pompa (L-215) menuju tangki clarifier (H-216), kemudian dialirkan ke tangki sand filter (H-217) untuk menghilangkan partikel-partikel yang masih terkandung yang selanjutnya dialirkan ke bak air bersih (F-218). Dari bak air bersih selanjutnya air dipompa dengan (L-219) menuju bak klorinasi (F-241) dan ditambahkan desinfektan klor (Cl_2) sebanyak 1 ppm yang diinjeksikan langsung ke dalam pipa. Dari bak klorinasi, air dialirkan menuju bak air sanitasi (F-243) dengan menggunakan pompa (L-242) dan siap untuk dipergunakan untuk air sanitasi.

➤ Pelunakan Air Umpan Boiler

Pelunakan air boiler yang dilakukan dengan pertukaran ion dalam demineralisasi yang terdiri dari dua tangki, yaitu tangki kation exchanger (D-210 A) dan anion exchanger (D-210 B). Kation exchanger yang digunakan adalah resin RSO_3H^+ dan $\text{RCH}_2\text{N}(\text{CH}_3)_3\text{OH}$. Air dari bak penampungan air bersih (F-218) dialirkan dengan pompa (L-219) menuju kation exchanger (D-210A). Dalam tangki kation exchanger terjadi reaksi sebagai 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 tangki anion exchanger (D-210B) untuk dihilangkan anion-anion yang mengganggu proses. Resin yang dipakai adalah $\text{RCH}_2\text{N}(\text{CH}_3)_3\text{OH}$. Dalam tangki anion exchanger 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.

Untuk memenuhi kebutuhan umpan boiler, air lunak ditampung dalam bak air lunak (F-221) yang selanjutnya dipompa (L-222) ke daerator (D-223) untuk menghilangkan gas-gas impurities pada air umpan boiler dengan system pemanasan. Dari daerator air ditampung pada bak air umpan boiler (F-224) selanjutnya air siap diumpankan ke boiler (Q-220) dengan pompa (L-225). Steam yang dihasilkan boiler didistribusikan ke peralatan dan kondensat yang dihasilkan di recycle.

➤ Pengolahan Air Pendingin

Untuk memenuhi kebutuhan air pendingin, dari bak air lunak (F-221) dipompa ke bak air pendingin (F-231) kemudian dialirkan ke peralatan dengan pompa (L-232). Setelah digunakan air direcycle ke cooling tower (P-230) dan selanjutnya dari cooling tower air di recycle ke bak air pendingin kembali.

8.3. Unit Penyediaan Listrik

Tenaga listrik didalam Pabrik Dietil Eter ini dipergunakan untuk menggerakkan motor, penerangan, instrumentasi dan lainnya. Kebutuhan tenaga listrik Pabrik Dietil Eter bisa dipenuhi dengan cara menggunakan generator listrik yang digerakkan oleh

turbin uap dan dibantu oleh PLN. Listrik yang dibutuhkan pada Pra Rencana Pabrik Dietil Eter adalah 2048,8691 kWh.

8.4. Pengolahan Limbah

Upaya untuk meminimalisir adanya limbah sebagai akibat dari proses produksi sehingga tidak membahayakan terhadap lingkungan sekitar pada Pra Rencana Pabrik Dietil Eter akan melakukan pengolahan limbah dengan cara menyusun rencana pengelolaan lingkungan dan rencana pemantauan lingkungan.

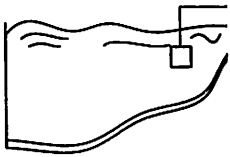
Limbah yang dihasilkan oleh Pabrik Dietil Eter adalah :

a. 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.

21

]



22	F-243	BAK AIR SANITASI
21	L-242	POMPA KE BAK AIR SANITASI
20	F-241	BAK KLOORINASI
19	F-230	COOLING TOWER
18	L-232	POMPA AIR PENDINGIN
17	F-231	BAK AIR PENDINGIN
16	Q-220	BOILER
15	L-225	POMPA KE BOILER
14	F-224	BAK AIR UMPAN BOILER
13	D-223	DEAERATOR
12	L-222	POMPA AIR LUNAK
11	F-221	BAK AIR LUNAK
10	L-219	POMPA AIR BERSIH
9	F-218	BAK AIR BERSIH
8	H-217	SAND FILTER
7	H-216	TANGKI CLARIFIER
6	L-215	POMPA KE TANGKI CLARIFIER
5	F-214	BAK SKIMMER
4	L-213	POMPA KE BAK SKIMMER
3	F-212	BAK SEDIMENTASI
2	L-211	POMPA AIR SUNGAI
1	D-210	KATION-ANION EXCHANGER
NO	KODE	NAMA ALAT

JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

UNIT PENGOLAHAN AIR PRA PRANCANGAN
PABRIK DIETIL ETHER

DIRANCANG OLEH :

DISETUJUI
DOSEN PEMBIMBING :

KURNIA RAHMA FIDA 1114012
SYAIBAH AMIRIYAH S. 1114016

PROF. DR. IR. TRI POESPOWATI, MT

BAB IX

TATA LETAK PABRIK

Tata letak pabrik merupakan hal yang tidak dapat dipisahkan dengan proses produksi dalam industri manufaktur. Tata letak yang baik dapat mendukung keberlangsungan proses produksi menjadi lebih efektif dan efisien. Sedangkan pengaturan tata letak pabrik yang kurang baik mengakibatkan adanya bottleneck, siklus produksi menjadi panjang, pengontrolan stok sulit, terjadinya keramaian di suatu area, tingkat utilitas yang rendah, backtracking, adanya operator dan peralatan yang menganggur, order tidak dapat terpenuhi atau terlambat dalam memenuhi kebutuhan konsumen.

9.1. Tata Letak Pabrik (Plant Layout)

Tata letak pabrik adalah tempat kedudukan dari bagian-bagian pabrik yang meliputi tempat bekerjanya karyawan, tempat penyimpanan bahan baku, dan produk yang saling berhubungan. Tata letak pabrik harus dirancang sedemikian rupa sehingga pembangunan area pabrik efisien dan proses produksi serta distribusi dapat berjalan dengan lancar, sehingga keamanan, keselamatan, dan kenyamanan bagi karyawan dapat dipenuhi. Selain peralatan proses, beberapa bangunan fisik seperti kantor, bengkel, klinik, laboratorium, kantin, pemadam kebakaran, tempat parkir, pos keamanan, dan sebagainya ditempatkan pada bagian yang tidak mengganggu lalu lintas barang dan proses.

Faktor-faktor yang perlu diperhatikan dalam menentukan tata letak suatu pabrik antara lain:

- a. Letak peralatan produksi ditata dengan baik, sehingga memberikan kelancaran dan keamanan bagi tenaga kerja. Selain itu, penempatan alat-alat produksi diatur secara berurutan sesuai dengan urutan proses kerja, berdasarkan pertimbangan teknik, sehingga dapat diperoleh efisiensi teknis dan ekonomis.
- b. Letak peralatan harus mempertimbangkan faktor maintenance (perawatan dan pemeliharaan) yang memberikan area yang cukup dalam pembongkaran dan penambahan alat bantu.

- c. Alat-alat yang berisiko tinggi harus diberi ruang yang cukup sehingga aman dan mudah melakukan penyelamatan jika terjadi kecelakaan, kebakaran, dan sebagainya.
- d. Jalan di dalam pabrik harus cukup lebar dan memperhatikan faktor keselamatan manusia, sehingga lalu lintas dalam pabrik dapat berjalan dengan baik. Perlu dipertimbangkan juga adanya jalan pintas jika terjadi keadaan darurat.
- e. Letak alat-alat ukur dan alat kontrol harus mudah dijangkau oleh operator.
- f. Letak kantor dan gudang sebaiknya tidak jauh dari jalan utama.

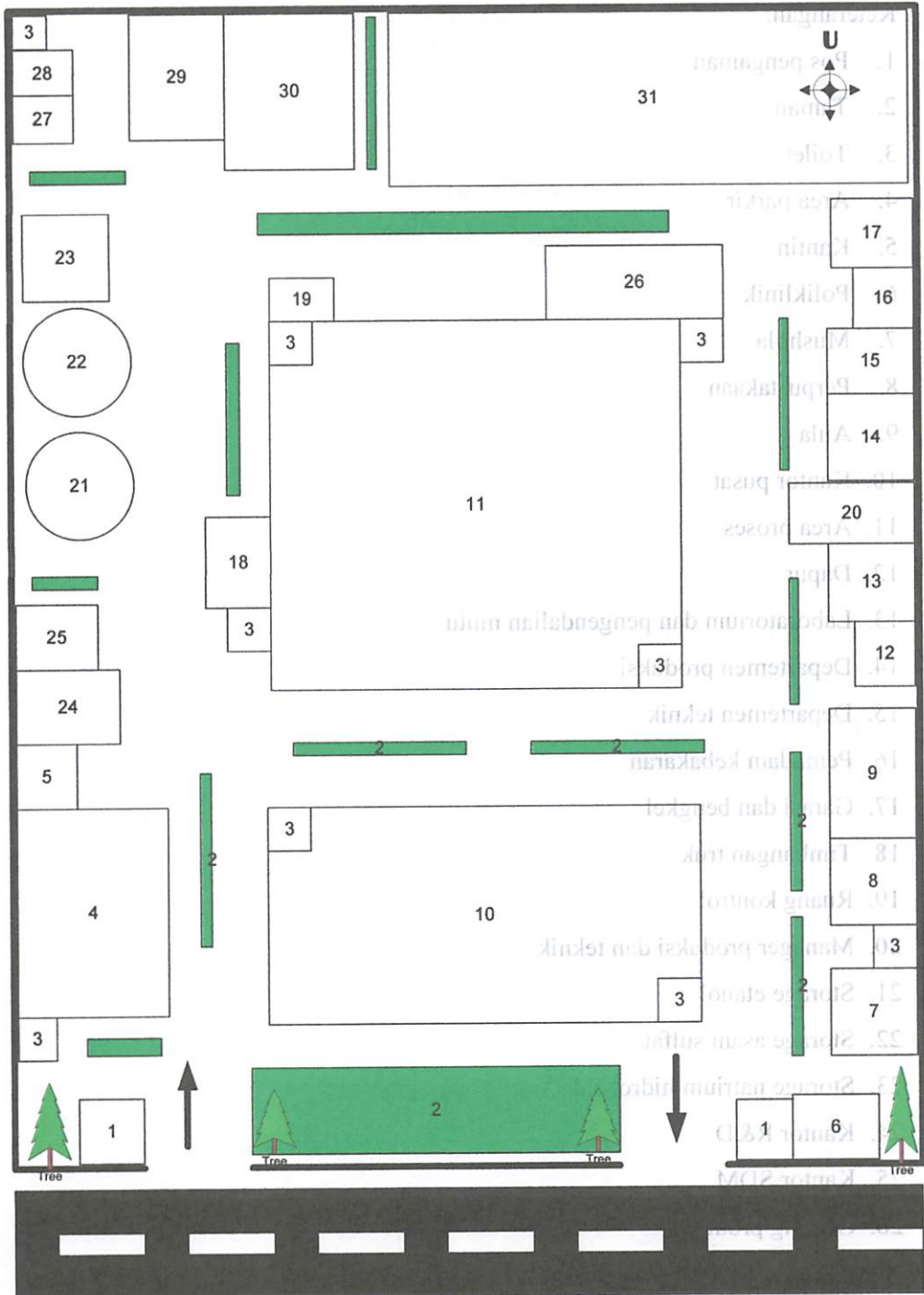
9.2. Tata Letak Bangunan Pabrik

Pengaturan tata letak bangunan diatur sesuai dengan fungsinya, sehingga areal pabrik dapat dimanfaatkan secara efisien.

Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pengaturan bangunan pabrik meliputi :

- a. Letak bangunan pabrik disesuaikan dengan urutan proses
- b. Bahan baku dan produk dapat diangkut dengan mudah
- c. Letak bangunan proses dan perkantoran terpisah
- d. Menempatkan bahan-bahan yang berbahaya di daerah terisolasi
- e. Tersedianya lahan kosong untuk perluasan.

Tata letak pabrik dietil eter dapat dilihat pada gambar 9.1.



Gambar 9.1. Tata letak bangunan pabrik dietil eter

Keterangan:

1. Pos pengaman
2. Taman
3. Toilet
4. Area parkir
5. Kantin
6. Poliklinik
7. Mushola
8. Perpustakaan
9. Aula
10. Kantor pusat
11. Area proses
12. Dapur
13. Laboratorium dan pengendalian mutu
14. Departemen produksi
15. Departemen teknik
16. Pemadam kebakaran
17. Garasi dan bengkel
18. Timbangan truk
19. Ruang kontrol
20. Manager produksi dan teknik
21. Storage etanol
22. Storage asam sulfat
23. Storage natrium hidroksida
24. Kantor R&D
25. Kantor SDM
26. Gudang produk
27. Generator
28. Bahan bakar
29. Boiler
30. Utilitas
31. Area perluasan pabrik

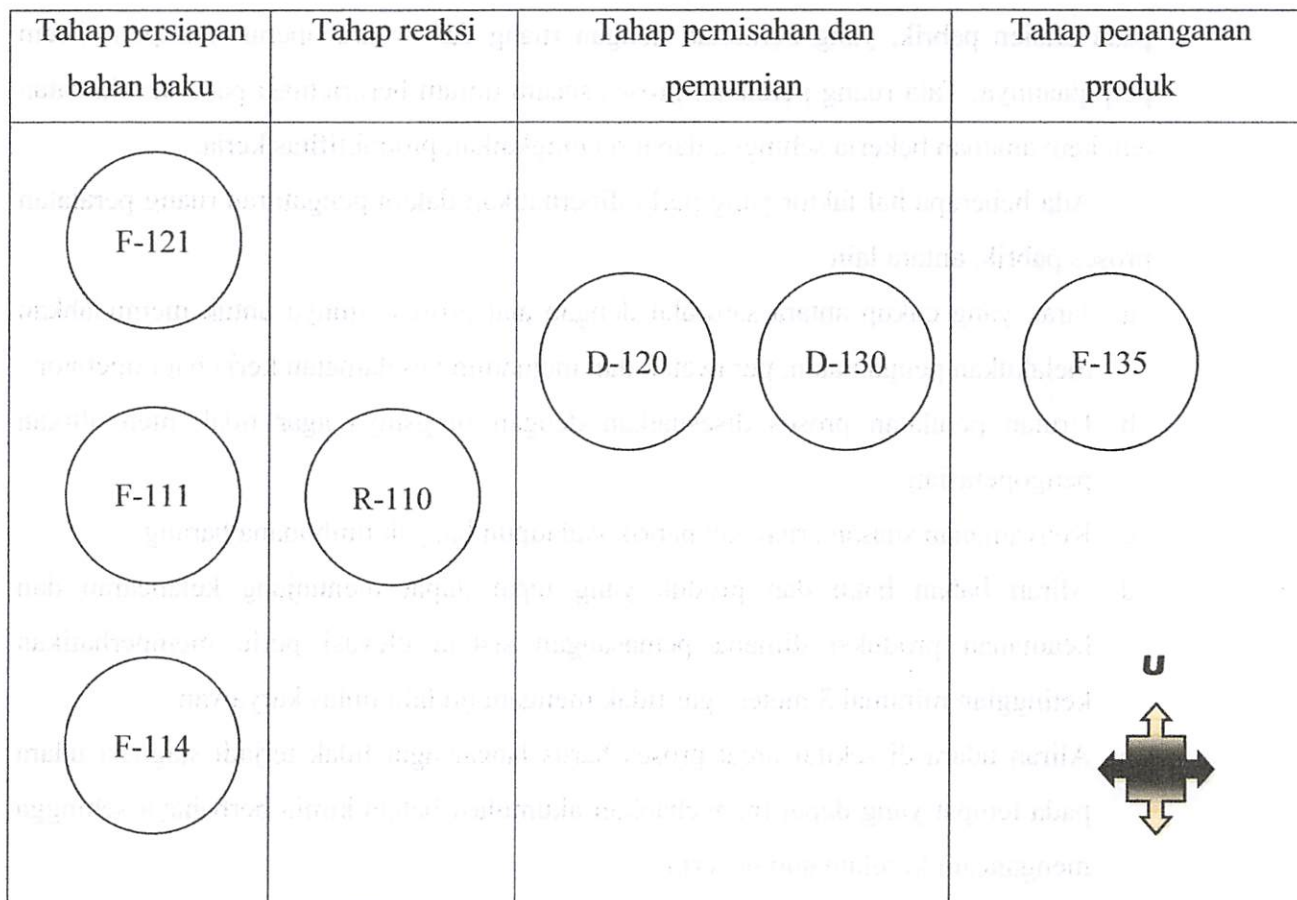
9.3. Tata Letak Peralatan Proses (Equipment layout)

Desain tata ruang peralatan pabrik menjadi sangat penting karena berpengaruh pada efisien pabrik, yang berkaitan dengan ruang dan waktu operasi maupun sistem perpipaannya. Tata ruang peralatan proses secara umum berorientasi pada keselamatan dan kenyamanan bekerja sehingga dapat meningkatkan produktifitas kerja.

Ada beberapa hal faktor yang perlu diperhatikan dalam pengaturan ruang peralatan proses pabrik, antara lain :

- a. Jarak yang cukup antara satu alat dengan alat proses lainnya untuk memudahkan melakukan pengamatan, perawatan dan menjamin keselamatan kerja bagi operator
- b. Urutan peralatan proses disesuaikan dengan fungsinya agar tidak menyulitkan pengoperasian
- c. Kenyamanan suasana ruangan pabrik walaupun banyak timbunana barang
- d. Aliran bahan baku dan produk yang tepat dapat menunjang kelancaran dan keamanan produksi dimana pemasangan sistem elevasi perlu memperhatikan ketinggian minimal 3 meter agar tidak mengganggu lalu lintas karyawan
- e. Aliran udara di sekitar areal proses harus lancar agar tidak terjadi stagnasi udara pada tempat yang dapat menyebabkan akumulasi bahan kimia berbahaya sehingga mengancam keselamatan pekerja
- f. Pencahayaan atau penerangan di seluruh areal pabrik terutama daerah proses harus memadai apalagi pada tempat-tempat yang prosesnya berbahaya sangat membutuhkan penerangan khusus
- g. Ruang gerak pekerja harus leluasa agar dapat mencapai seluruh alat proses dengan mudah dan cepat sehingga penanganan khusus seperti kerusakan dapat segera teratasi selain itu pengaturan peralatan dilakukan untuk mempertimbangkan kerusakan alat (trouble shooting)
- h. Efektifitas dan efisiensi agar dapat menekan biaya operasi tapi sekaligus menjamin kelancaran dan keamanan produksi pabrik, sehingga dapat menguntungkan dari segi ekonomi
- i. Jarak antar alat proses misalnya untuk peralatan proses bertekanan tinggi atau bersuhu tinggi sebaiknya berjauhan dari alat yang lainnya agar bila terjadi kebakaran tidak cepat merambat ke alat proses lainnya

Tata letak dari peralatan yang ada pada pabrik dietil eter dapat dilihat pada gambar 9.2.



Gambar 9.2. Tata letak peralatan pabrik dietil eter

Keterangan :

Tahap persiapan bahan baku :

1. Storage etanol (F-121)
2. Storage asam sulfat (F-111)
3. Storage natrium hidroksida (F-114)

Tahap reaksi :

1. Reaktor (R-110)

Tahap pemisahan dan pemurnian :

1. Scrubber (D-120)
2. Destilasi (D-130)

Tahap penanganan produk :

1. Bin produk (F-135)

9.4. Perkiraan Luas Pabrik

Perkiraan luas pabrik dietil eter pada tabel 9.2.

Tabel 9.2. Perincian Luas Pabrik

No.	Lokasi	Ukuran (m)		Jumlah	Luas (m ²)
		P	L		
1	Pos pengaman	3	3	2	18
2	Taman	70	80	1	5600
3	Toilet	2	3	9	54
4	Area parker	15	10	1	150
5	Kantin	5	5	1	25
6	Poliklinik	6	5	1	30
7	Mushola	6	6	1	36
8	Perpustakaan	6	6	1	36
9	Aula	8	6	1	48
10	Kantor pusat	50	40	1	2000
11	Area proses	70	60	1	4200
12	Dapur	3	5	1	15
13	Laboratorium dan pengendalian mutu	10	7	1	70
14	Departemen produksi	10	9	1	90
15	Departemen teknik	10	9	1	90
16	Pemadam kebakaran	7	5	1	35
17	Garasi dan bengkel	15	10	1	150
18	Timbangan truk	15	10	1	150
19	Ruang control	10	8	1	80
20	Manager produksi dan teknik	10	10	1	100
21	Storage etanol	15	14	1	210
22	Storage asam sulfat	15	14	1	210
23	Storage natrium hidroksida	10	9	1	90
24	Kantor R&D	10	9	1	90
25	Kantor SDM	10	9	1	90
26	Gudang produk	15	10	1	150
27	Generator	10	7	1	70
28	Bahan bakar	10	7	1	70
29	Boiler	20	15	1	300
30	Utilitas	20	16	1	320
31	Area perluasan pabrik	30	24	1	720
TOTAL				40	15297

Jadi pada pra rencana pabrik dietil eter dibutuhkan tanah seluas 15297 m².

BAB X

STRUKTUR ORGANISASI

Sebuah organisasi dapat dilihat dari sudut hubungan struktural antara fungsi atau personal dalam hubungan satu dengan lainnya di dalam melaksanakan fungsi-fungsi mereka. Struktur organisasi yang baik, dapat menimbulkan kepuasan perseorangan dan kepuasan golongan, dapat mendorong kerjasama dan menaikkan moral serta keinginan untuk melakukan sesuatu tanpa diperintah. Didalam bekerjanya, suatu organisasi menentukan batas-batas tugas masing-masing individu atau golongan serta hubungan dan kontrak antara satu dengan yang lainnya.

Dengan ditentukan kewajiban-kewajiban masing-masing orang atau segolongan orang, dan begitu juga hak-hak dari orang-orang yang bersangkutan, maka organisasi dimungkinkan dapat menghindari kejadian-kejadian yang tidak diinginkan. Dengan demikian golongan orang yang banyak itu dapat diarahkan dengan tidak usah menimbulkan pergeseran-pergeseran di antara mereka. Organisasi yang baik akan dapat memperlancar pekerjaan sejauh disiplin dipegang teguh.

10.1. Bentuk Perusahaan

Bentuk perusahaan	: Perseroan Terbatas (PT)
Lokasi pabrik	: Kec. Kebomas Gresik Jawa Timur
Kapasitas produksi	: 20.000 ton/tahun
Modal	: Penanaman modal dalam negeri

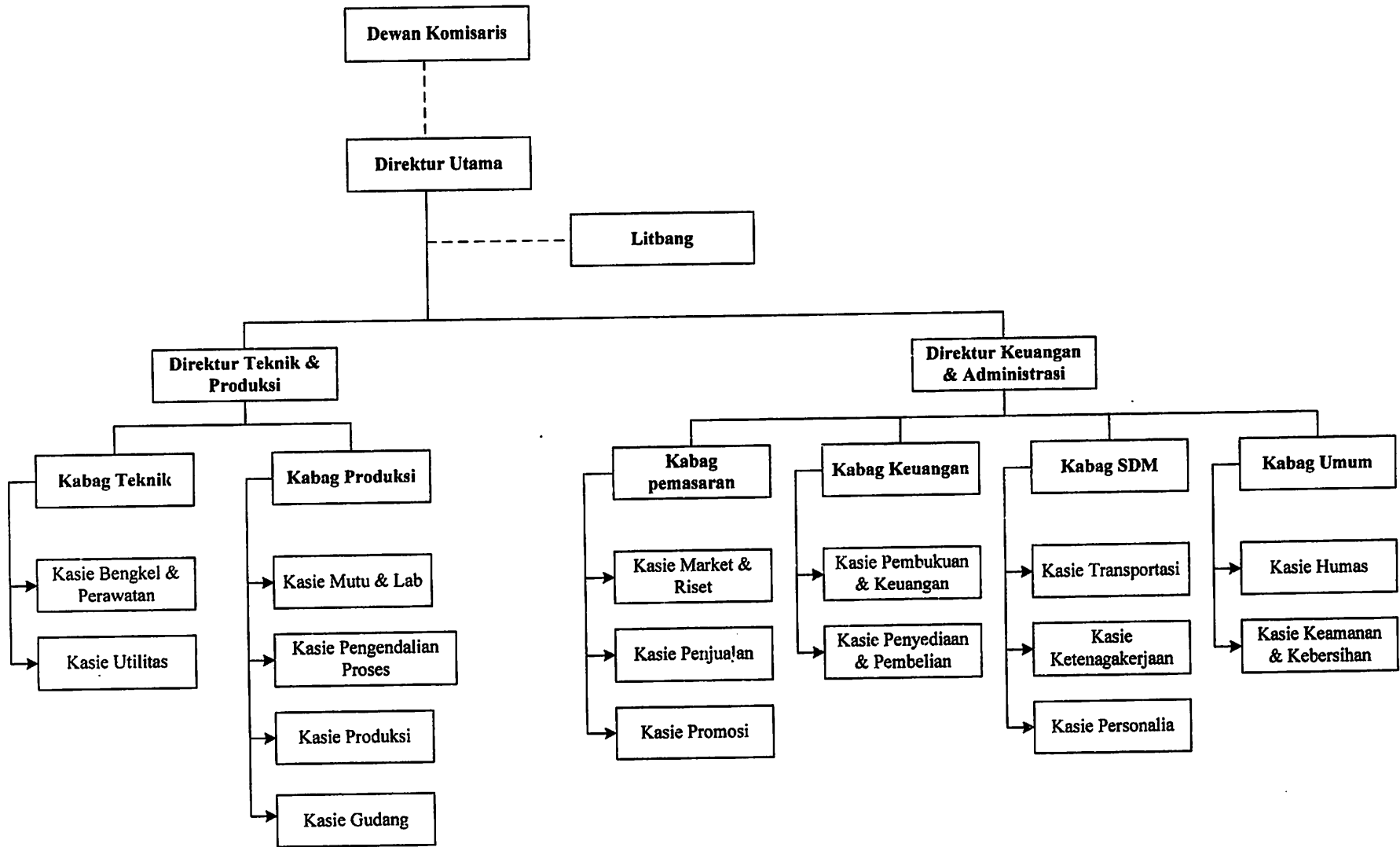
Pabrik dietil eter ini merupakan perusahaan swasta nasional yang berbentuk Perseroan Terbatas (PT). Bentuk ini digunakan dengan alasan:

1. Modal menjadi besar karena berasal dari beberapa orang dan pinjaman dari bank
2. Dari segi badan hukum mempunyai status hukum yang lebih kuat dan lebih diakui dibandingkan dengan badan hukum perusahaan lainnya sehingga mudah dalam peminjaman uang dari bank
3. Apabila terjadi kerugian maka pemegang saham hanya memepertanggungjawabkan sebesar modal awalnya saja dan tidak sampai mengambil kekayaan pribadinya
4. Konflik sebesar apapun yang terjadi dipabrik tidak akan mempengaruhi kegiatan pabrik karena masalah pribadi tidak akan mengganggu kegiatan pabrik

10.2. Struktur Organisasi Perusahaan

Struktur organisasi pada pabrik dietil eter ini adalah sistem garis dan staf karena sistem garis dan staf merupakan suatu organisasi dimana arus wewenang langsung dari wewenang tertinggi ke karyawan melalui beberapa pejabat pada bermacam-macam tingkat manajemen. Model organisasi garis tepat untuk digunakan dalam perusahaan kecil atau sedang dimana dibutuhkan sentralisasi kontrol yang tinggi untuk pengambilan keputusan yang tepat. Kebaikan tipe organisasi garis dan staf, antara lain :

1. Strukturnya sederhana dan mudah dipahami
2. Wewenang dan tanggung jawab untuk posisi jelas
3. Setiap karyawan hanya bertanggung jawab pada seorang pemimpin
4. Disiplin yang tegas
5. Keputusan dapat diberikan secepat mungkin
6. Setiap karyawan melaksanakan perintah langsung dari pimpinan dengan bebas tanpa kritik sehingga menciptakan kondisi kerja harmonis.



Gambar 10.1. Bagan struktur organisasi pabrik dietil eter

10.3. Pembagian Tugas Dan Tanggung Jawab Dalam Organisasi

1. Pemegang saham

Pemegang saham adalah pemilik perusahaan dimana jumlah modal yang dimiliki, tergantung atau sebatas besarnya saham yang dimiliki, sedangkan kekayaan pribadi pemegang saham tidak bisa dijamin atas hutang-hutang perusahaan. Kekuasaan tertinggi berada pada pemegang saham yang akan memilih direktur dan dewan komisaris dalam rapat umum pemegang saham (RUPS) serta menentukan besarnya gaji direktur tersebut. Dalam rapat umum tersebut. Dalam rapat umum tersebut, para pemegang saham mempunyai wewenang untuk :

- Mengangkat dan memperhatikan dewan komisaris
- Mengangkat dan memberhentikan dewan direksi
- Mengesahkan hasil-hasil usaha serta neraca untung rugi tahunan

2. Dewan Komisaris

Dewan komisaris merupakan badan kekuasaan tertinggi dalam perusahaan yang bertindak sebagai wakil pemegang saham yang diangkat menurut ketentuan yang ada dalam perjanjian dan dapat diberhentikan setiap waktu dalam RUPS. Apabila melakukan tindakan yang bertentangan dengan anggaran dasar perseroan tersebut. Tugas dewan komisaris antara lain :

- Menentukan kebijaksanaan perusahaan
- Mengevaluasi dan mengawasi hasil yang diperoleh perusahaan
- Memberikan nasehat kepada direktur bila direktur ingin mengadakan perubahan dalam perusahaan
- Menyetujui atau menolak rancangan yang diajukan direktur.

3. Direktur Utama

Direktur utama merupakan pimpinan eksekutif tertinggi diperusahaan diman dalam menjalankan tugas sehari-hari dibantu oleh direktur teknik dan direktur administrasi.

Tugas dan wewenang direktur utama antara lain :

- Melaksanakan policy perusahaan dan mempertanggungjawabkan kepada pemegang saham pada masa akhir jabatannya

- Menjaga kestabilan organisasi perusahaan dan membantu kontinuitas hubungan yang baik antara pemilik saham, pimpinan, konsumen dan karyawan
- Memegang dan memberhentikan kepala bagian dengan persetujuan dari RUPS
- Bekerjasama dengan direktur produksi, direktur keuangan dan umum dalam menjalankan perusahaan

Tugas direktur teknik dan produksi antara lain :

- Bertanggung jawab pada direktur utama pada bidang produksi, teknik dan pemasaran
- Mengkoordinir, mengatur serta mengawasi pelaksanaan pekerjaan kepala-kepala bagian yang menjadi bawahannya

Tugas direktur keuangan dan umum antara lain :

- Bertanggung jawab kepada direktur utama pada bidang keuangan seta pelayanan umum
- Mengkoordinir dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan kepala-kepala bagian yang menjadi bawahannya

4. Manager

Didalam pabrik biasanya ada dua manager yaitu : manager pabrik (plant manager) dan manager kantor (office manager) dimana tugas masing-masing manager adalah :

Tugas plant manager :

- Bertanggung jawab kepada direktur teknik dan produksi
- Mengkoordinir dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan kepala-kepala biro
- Melakukan tugas tugas yang diberikan oleh direktur

Tugas office manager :

- Bertanggung jawab kepada direktur administrasi
- Mengkoordinir dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan kepala-kepala biro
- Melakukan tugas tugas yang diberikan oleh direktur

5. Kepala bagian

Secara umum tugas kepala bagian adalah mengkoordinir, mengatur dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan garis-garis yang diberikan oleh pimpinan perusahaan. Kepala bagian terdiri dari:

a. Kepala bagian produksi

Bertanggung jawab kepada direktur produksi dalam bidang mutu dan kelancaran produksi. Kepala bagian produksi membawahi :

Seksi proses, yang bertugas sebagai :

- Mengawasi jalannya proses dan produksi
- Menjalankan tindakan seperlunya pada peralatan produksi yang mengalami kerusakan, sebelum diperbaiki oleh seksi yang berwenang

Seksi pengendalian, yang bertugas sebagai :

- Mengawasi hal-hal yang dapat mengancam keselamatan pekerja dan mengurangi potensi bahaya yang ada

Seksi laboratorium, yang bertugas sebagai :

- Mengawasi dan menganalisa mutu serta bahan pembuatan
- Mengawasi dan menganalisa mutu produksi
- Mengawasi hal-hal yang berhubungan dengan bagian pabrik
- Membuat laporan berkala kepada biro produksi

Seksi utilitas, yang bertugas sebagai :

- Melaksanakan dan mengatur sarana utilitas untuk memenuhi kebutuhan proses, kebutuhan air, uap air dan tenaga listrik

b. Kepala bagian pemasaran

Bertanggung jawab kepada direktur produksi dalam bidang bahan baku dan pemasaran hasil produksi. Kepala bagian pemasaran membawahi :

Seksi pembelian, yang bertugas sebagai :

- Melaksanakan pembelian barang dan peralatan yang dibutuhkan pemasaran
- Mengetahui harga pasaran dan mutu bahan baku serta mengatur keluar masuknya bahan dan alat dari gudang

Seksi pemasaran, yang bertugas sebagai :

- Merencanakan strategi hasil produksi

- Mengatur distribusi hasil produksi dan gudang

c. Kepala bagian teknik

Bertanggung jawab kepada direktur produksi dalam bidang peralatan.

Kepala bagian teknik membawahi :

Seksi pemeliharaan, yang bertugas sebagai :

- Melaksanakan pemeliharaan dan memperbaiki fasilitas gedung dan peralatan proses

Seksi perawatan, yang bertugas sebagai :

- Merawat, memelihara gedung, taman, dan peralatan proses termasuk utilitas
- Memperbaiki peralatan yang rusak dan mempersiapkan suku cadangnya, agar peralatan tersebut dapat dipergunakan lagi dalam proses produksi

Seksi K₃, yang bertugas sebagai :

- Mengatur dan mengawasi semua kegiatan yang berhubungan dengan keselamatan kerja
- Memberikan pelatihan keselamatan kerja

d. Kepala bagian keuangan

Bertanggung jawab untuk merencanakan dan mengawasi keluar masuknya arus uang dari perusahaan. Seksi-seksi yang dibawahnya meliputi :

Seksi administrasi, yang bertugas sebagai :

- Menyelenggarakan pencatatan hutang piutang, administrasi persediaan kantor dan pembukuan serta masalah perpajakan

Seksi kas, yang bertugas sebagai :

- Menghitung penggunaan uang perusahaan, mengatur uang dan membuat ramalan tentang keuangan masa depan

e. Kepala bagian umum

Bertanggung jawab kepada direktur keuangan dan umum dalam bidang personalia, hubungan masyarakat dan keamanan. Seksi-seksi yang dibawahnya meliputi :

Seksi personalia, yang bertugas sebagai :

- Membina tenaga kerja dan menciptakan suasana kerja yang sebaik mungkin antar pekerja dan lingkungannya supaya tidak terjadi pemborosan waktu dan biaya
- Mengusahakan disiplin kerja yang tinggi untuk menciptakan kondisi kerja yang tenang dan dinamis

Seksi keamanan, yang bertugas sebagai :

- Menjaga semua bagian pabrik dan fasilitas perusahaan
- Mengawasi keluar masuknya orang-orang bahkan karyawan maupun bukan karyawan dilingkungan perusahaan

Seksi humas, yang bertugas sebagai :

- Mengadakan hubungan baik dengan masyarakat sekitar perusahaan maupun dengan pemerintah

f. Litbang

Research and Development terdiri atas ahli-ahli sebagai pembantu direktur dan bertanggung jawab kepada direktur.

Research and Development membawahi dua departemen :

- Departemen pemeliharaan
- Departemen pengembangan

Tugas dan wewenang :

- Mempelajari mutu produk
- Memperbaiki proses dari pabrik atau perencanaan alat-alat pengembang produksi
- Mengadakan penelitian pemasaran produk kesuatu tempat
- Mempertinggi efisiensi kerja

g. Kepala regu

Kepala regu adalah pelaksana pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan rencana yang telah diatur para kepala seksi masing-masing agar diperoleh hasil yang maksimal dan efektif selama berlangsungnya proses produksi. Setiap kepala regu bertanggung jawab terhadap kepala seksi masing-masing sesuai dengan seksinya.

10.4. Jadwal dan Jam Kerja

Pabrik beroperasi selama 330 hari dalam setahun selama 24 jam per hari, sisa harinya digunakan untuk pembersihan serta perbaikan dan perawatan peralatan proses produksi atau yang dikenal dengan istilah *shut down*. Sesuai dengan peraturan pemerintah dalam jumlah jam kerja untuk karyawan adalah 40 jam dalam satu minggu, yang dibedakan dalam dua bagian, yaitu:

a. Pegawai non shift

Bekerja selama 6 hari dalam seminggu (total kerja 40 jam per minggu) sedangkan hari minggu dan hari besar libur. Pegawai non shift ini termasuk karyawan yang tidak langsung menangani operasi pabrik, misalnya : direktur, kepala departemen, kepala divisi, karyawan kantor administrasi dan divisi-divisi di bawah tanggung jawab non teknik atau yang bekerja di pabrik dengan jenis pekerjaan tidak kontinu.

Ketentuan jam kerja adalah sebagai berikut :

- Senin-kamis : 08.00 – 16.00 (istirahat 12.00 – 13.00)
- Jum'at : 08.00 – 16.00 (istirahat 11.00 – 13.00)
- Sabtu : 08.00 – 16.00 (istirahat 11.00 – 13.00)

b. Pegawai shift

Sehari bekerja 24 jam, yang terbagi dalam 3 shift. Karyawan shift ini termasuk karyawan yang secara langsung menangani proses operasi pabrik, misalnya : kepala shift, operator, karyawan-karyawan shift. Gudang serta keamanan dan keselamatan kerja. Ketentuan jam kerja adalah sebagai berikut :

- Shift I : 07.00 – 15.00
- Shift II : 15.00 – 23.00
- Shift III : 23.00 – 07.00

Jadwal kerja dibagi dalam empat minggu dan empat kelompok (regu). Setiap kelompok kerja mendapatkan libur satu kali dari tiga kali shift. Jadwal kerja karyawan shift dapat dilihat pada tabel 10.1

Tabel 10.1 Jadwal Kerja Karyawan Pabrik

Hari	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
I	P	P	P	M	M	M	L	S	S	S	P	P
II	P	L	M	M	M	S	S	S	L	P	P	P
III	M	M	M	L	S	S	S	P	P	P	L	M
IV	M	M	S	S	S	L	P	P	P	L	M	M

Keterangan : P= Pagi, S = Siang, M = Malam, L = Libur

10.5. Jaminan Sosial

Jaminan sosial tenaga kerja (Jamsostek) sebagaimana didasarkan pada UU No 3 Tahun 1992, pada prinsipnya merupakan sistem asuransi sosial bagi pekerja (yang mempunyai hubungan industrial) beserta keluarganya. Skema Jamsostek meliputi program-program yang terkait dengan risiko, seperti jaminan kecelakaan kerja, jaminan kematian, jaminan pemeliharaan kesehatan, dan jaminan hari tua.

Cakupan jaminan kecelakaan kerja (JKK) meliputi: biaya pengangkutan, biaya pemeriksaan, pengobatan, perawatan, biaya rehabilitasi, serta santunan uang bagi pekerja yang tidak mampu bekerja, dan cacat. Apabila pekerja meninggal dunia bukan akibat kecelakaan kerja, mereka atau keluarganya berhak atas jaminan kematian (JK) berupa biaya pemakaman dan santunan berupa uang. Apabila pekerja telah mencapai usia 55 tahun atau mengalami cacat total/seumur hidup, mereka berhak untuk memperoleh jaminan hari tua (JHT) yang dibayar sekaligus atau secara berkala. Sedangkan jaminan pemeliharaan kesehatan (JPK) bagi tenaga kerja termasuk keluarganya, meliputi: biaya rawat jalan, rawat inap, pemeriksaan kehamilan dan pertolongan persalinan, diagnostik, serta pelayanan gawat darurat.

Ada Tunjangan yang diatur ada juga yang tidak. Undang – Undang tidak mengatur mengenai tunjangan tidak tetap (tunjangan makan, transportasi, dll). Kebijakan mengenai tunjangan jenis ini, tergantung perusahaan masing-masing. Untuk Tunjangan Kesejahteraan/Kesehatan, dalam UU no 13 pasal 99 mengatur adanya Jaminan Sosial untuk para pekerja.

Adapula Tunjangan Hari Raya (THR), pemberian THR Keagamaan bagi pekerja di perusahaan diatur dalam Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi

No.PER.04/MEN/1994 tentang Tunjangan Hari Raya (THR) Keagamaan Bagi Pekerja di Perusahaan.

Tunjangan keahlian merupakan salah satu bentuk tunjangan yang diterimakan kepada pekerja berkenaan dengan posisi, kondisi atau suatu penilaian tertentu, bisa dalam bentuk uang, dan dapat berbentuk natura. Tunjangan tersebut, adalah bagian dari komponen upah disamping upah pokok dan pendapatan non-upah, seperti:

1. Fasilitas: adalah kenikmatan dalam bentuk nyata/natura yang diberikan perusahaan oleh karena hal-hal yang bersifat khusus atau untuk meningkatkan kesejahteraan pekerja, seperti fasilitas kendaraan (antar jemput pekerja atau lainnya); pemberian makan secara cuma-cuma; sarana ibadah; tempat penitipan bayi; koperasi; kantin dan lain-lain.
2. Bonus: adalah bukan merupakan bagian dari upah, melainkan pembayaran yang diterima pekerja dari hasil keuntungan perusahaan atau karena pekerja menghasilkan hasil kerja lebih besar dari target produksi yang normal atau karena peningkatan produktivitas; besarnya pembagian bonus diatur berdasarkan kesepakatan.
3. Tunjangan Hari Raya (THR), Gratifikasi dan Pembagian keuntungan lainnya.

(<http://www.gajimu.com>)

10.6. Penggolongan Dan Tingkat Pendidikan Karyawan

Penggolongan karyawan berdasarkan tingkat kedudukan dan struktur organisasi pada pra rencana pabrik dietil eter, yaitu:

1. Direktur utama
2. Direktur
3. Kepala Bagian
4. Kepala Divisi
5. Operator (tenaga pelaksana)

Sedangkan latar belakang pendidikan yang harus dimiliki oleh karyawan berdasarkan kedudukannya dan struktur organisasinya sebagai berikut:

1. Direktur utama : Magister teknik
2. Direktur
 - a. Direktur produksi dan teknik : Sarjana teknik kimia
 - b. Direktur keuangan dan umum: Sarjana administrasi
3. Litbang : Sarjana kimia (MIPA), Teknik Kimia, Ekonomi
4. Kepala bagian
 - a. Kabag produksi : Sarjana teknik kimia
 - b. Kabag teknik : Sarjana teknik mesin
 - c. Kabag keuangan & administrasi : Sarjana akuntansi & ilmu administrasi
 - d. Kabag pemasaran : Sarjana ekonomi-manajemen
 - e. Kabag SDM : Sarjana psikologi
 - f. Kabag umum : Sarjana psikologi industri
5. Kepala seksi
 - a. Seksi bengkel & perawatan : Sarjana teknik mesin
 - b. Seksi utilitas : Sarjana teknik kimia
 - c. Seksi mutu & lab : Sarjana teknik kimia, Kimia (Mipa)
 - d. Seksi pengendalian proses : Sarjana teknik kimia
 - e. Seksi produksi : Sarjana teknik kimia
 - f. Seksi gudang : Sarjana teknik kimia
 - g. Seksi market & riset : Sarjana ekonomi
 - h. Seksi penjualan : Sarjana teknik industri
 - i. Seksi promosi : Sarjana ekonomi

- j. Seksi pembukuan & keuangan : Sarjana akuntansi
- k. Seksi penyediaan & pembelian : Sarjana ekonomi
- l. Seksi transportasi : Sarjana teknik mesin
- m. Seksi ketenagakerjaan : Sarjana teknik industri
- n. Seksi personalia : Sarjana Psikologi
- o. Seksi humas : Sarjana psikologi, hukum
- p. Seksi keamanan & kebersihan : SMU/SMK
- q. Dokter : Sarjana kedokteran / Pendidikan dokter
- 6. Karyawan : Sarjana, Diploma, SMA/SMK

10.7. Perencanaan Jumlah Karyawan

Perhitungan jumlah tenaga kerja operasional didasarkan pembagian proses yang dilakukan. Pada pra rencana pabrik dietil eter, proses yang dilakukan terbagi dalam beberapa tahap, yaitu:

a. Proses utama

1. Penyiapan bahan baku
2. Tahap proses reaksi
3. Tahap pemisahan
4. Tahap pemurnian
5. Tahap penanganan produk

b. Tahap tambahan atau pembantu

1. Laboratorium
2. Utilitas, terdiri dari pengolahan air, boiler, listrik, dan pengolahan limbah
3. Pemeliharaan

Terdapat lima tahapan proses yang yang membutuhkan tenaga operasional. Dengan kapasitas pabrik 20.000 ton/tahun dan beroperasi 330 hari/jam, maka kebutuhan karyawan proses yang dapat dihitung adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitas produksi} &= \frac{20.000 \text{ ton / tahun}}{330 \text{ hari}} \\
 &= 60,6060 \text{ ton/hari} \\
 &= 60606,0606 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan Vilbrant, tabel 5.7 fig 6.35 didapatkan $M = 15,2 P^{0,25}$ diperoleh jumlah karyawan yang dibutuhkan adalah 46 kemudian dikalikan dengan proses yang terjadi pada pabrik dietil eter :

$$\begin{aligned} \text{Karyawan proses} &= 5 \times 46 \\ &= 230 \text{ orang.jam/hari} \end{aligned}$$

Dalam satu ahari terdapat 3 shift (1 shift = 8 jam), sehingga jumlah karyawan pershift adalah :

$$\begin{aligned} \text{Jumlah karyawan} &= 230 \text{ orang.jam/hari} : 3 \text{ shift/hari} \\ &= 76 \text{ orang.jam/shift} \end{aligned}$$

1 shift = 8 jam, sehingga jumlah karyawan per shift adalah :

$$\begin{aligned} \text{Jumlah karyawan} &= 76 \text{ orang.jam/shift} : 8 \text{ jam} \\ &= 9 \text{ orang/shift} \end{aligned}$$

Karena karyawan shift dibagi menjadi 4 regu, dimana 3 regu kerja dan 1 regu libur maka jumlah karyawan proses adalah :

$$\begin{aligned} \text{Jumlah karyawan} &= 9 \text{ orang/shift} \times 4 \\ &= 36 \text{ orang} \end{aligned}$$

Karyawan administrasi dan karyawan lain (selain karyawan proses) berjumlah 110

Sehingga :

$$\begin{aligned} \text{Total karyawan} &= 36 + 110 \\ &= 146 \text{ orang} \end{aligned}$$

Tabel 10.2 Daftar Jumlah Karyawan

No.	Bagian	Jumlah Karyawan
1	Dewan komisaris	3
2	Direktur Utama	1
3	Litbang	2
4	Direktur Produksi & Teknik	1
5	Direktur Keuangan dan Administrasi	1
6	Kepala Bagian Produksi	1
7	Kepala Bagian Teknik	1
8	Kepala Bagian Pemasaran	1
9	Kepala Bagian Keuangan	1
10	Kepala Bagian SDM	1
11	Kepala Bagian Umum	1
12	Kepala Seksi Bengkel & Perawatan	1

13	Kepala Seksi Utilitas	1
14	Kepala Seksi Mutu & Lab	1
15	Kepala Seksi Pengendalian Proses	1
16	Kepala Seksi Produksi	1
17	Kepala Seksi Gudang	1
18	Kepala Seksi Market & Riset	1
19	Kepala Seksi Penjualan	1
20	Kepala Seksi Promosi	1
21	Kepala Seksi Pembukuan & Keuangan	1
22	Kepala Seksi Penyediaan & Pembelian	1
23	Kepala Seksi Transportasi	1
24	Kepala Seksi Ketenagakerjaan	1
25	Kepala Seksi Personalia	1
26	Kepala Seksi Humas	1
27	Kepala Seksi Keamanan & Kebersihan	1
28	Karyawan Seksi Bengkel & Perawatan	8
29	Karyawan Seksi Utilitas	4
30	Karyawan Seksi Mutu & Lab	4
31	Karyawan Seksi Pengendalian Proses	4
32	Karyawan Seksi Produksi/Proses	36
33	Karyawan Seksi Gudang	3
34	Karyawan Seksi Market & Riset	3
35	Karyawan Seksi Penjualan	4
36	Karyawan Seksi Promosi	4
37	Karyawan Seksi Pembukuan & Keuangan	3
38	Karyawan Seksi Penyediaan & Pembelian	4
39	Karyawan Seksi Transportasi	8
40	Karyawan Seksi Ketenagakerjaan	4
41	Kepala Seksi Personalia	4
42	Kepala Seksi Humas	4
43	Kepala Seksi Keamanan & Kebersihan	10
44	Sopir	4
45	Sekretaris	2
46	Dokter	1
47	Perawat	2
Total		146

10.8. Sistem Pengupahan Karyawan

Pada pabrik ini, sistem pengupahan berbeda-beda tergantung pada status karyawan dan tingkat pendidikan, serta tinggi rendahnya kedudukan, tanggung jawab dan keahliannya.

Dalam keputusan Menteri Tenaga Kerja No. 150 Tahun 2001 dan keputusan Menteri Keuangan tentang PPh pasal 21 tahun 2003, ada dijelaskan mengenai tingkat upah yang diterima karyawan. Upah yang diterima karyawan dibagi atas beberapa golongan yaitu:

1. Upah harian lepas

Upah yang diterima bila dalam satu hari kerja jika seorang melakukan pekerjaan yang telah ditentukan. Orang yang bekerja dengan upah harian lepas biasanya tidak terikat kerja kepada majikan.

2. Upah pegawai tetap

Upah yang diperoleh seorang berdasarkan jangka waktu yang telah ditetapkan dengan jumlah yang diterimanya pun bersifat tetap seperti gaji bulanan.

3. Upah borongan

Upah yang diperoleh seseorang sesuai kesepakatan antara pekerja dengan penyuruh (penyewa) dan besarnya upah yang diterima juga tergantung kesepakatan diantara dua belah pihak, jenis pekerjaan yang telah disepakati ini harus selesai dilakukan tanpa turut campur tangan dari pihak penyewa.

4. Upah Honorarium

Upah yang diterima jika pekerjaan dilakukan dan sedangkan jumlahnya tergantung dari kesepakatan pekerja dengan majikan. Orang yang menerima upah honorium biasanya tidak terikat kerja dengan majikan.

(kajianpustaka.com)

10.9. Gaji Karyawan

Tabel 10.2 Daftar Gaji Karyawan

No.	Bagian	Jumlah Karyawan	Gaji (Rp)	
			Per Orang	Total
1	Dewan komisaris	3	30.000.000	90.000.000
2	Direktur Utama	1	25.000.000	25.000.000
3	Litbang	2	8.000.000	16.000.000
4	Direktur Produksi & Teknik	1	20.000.000	20.000.000
5	Direktur Keuangan dan Administrasi	1	20.000.000	20.000.000
6	Kepala Bagian Produksi	1	9.000.000	9.000.000
7	Kepala Bagian Teknik	1	9.000.000	9.000.000
8	Kepala Bagian Pemasaran	1	9.000.000	9.000.000
9	Kepala Bagian Keuangan	1	9.000.000	9.000.000
10	Kepala Bagian SDM	1	9.000.000	9.000.000
11	Kepala Bagian Umum	1	9.000.000	9.000.000
12	Kepala Seksi Bengkel & Perawatan	1	7.000.000	7.000.000
13	Kepala Seksi Utilitas	1	7.000.000	7.000.000
14	Kepala Seksi Mutu & Lab	1	7.000.000	7.000.000
15	Kepala Seksi Pengendalian Proses	1	7.000.000	7.000.000
16	Kepala Seksi Produksi	1	7.000.000	7.000.000
17	Kepala Seksi Gudang	1	7.000.000	7.000.000
18	Kepala Seksi Market & Riset	1	7.000.000	7.000.000
19	Kepala Seksi Penjualan	1	7.000.000	7.000.000
20	Kepala Seksi Promosi	1	7.000.000	7.000.000
21	Kepala Seksi Pembukuan & Keuangan	1	7.000.000	7.000.000
22	Kepala Seksi Penyediaan & Pembelian	1	7.000.000	7.000.000
23	Kepala Seksi Transportasi	1	6.000.000	6.000.000
24	Kepala Seksi Ketenagakerjaan	1	6.000.000	6.000.000
25	Kepala Seksi Personalia	1	6.000.000	6.000.000
26	Kepala Seksi Humas	1	6.000.000	6.000.000
27	Kepala Seksi Keamanan & Kebersihan	1	5.000.000	5.000.000
28	Karyawan Seksi Bengkel & Perawatan	8	2.700.000	21.600.000
29	Karyawan Seksi Utilitas	4	2.700.000	10.800.000
30	Karyawan Seksi Mutu & Lab	4	2.700.000	10.800.000
31	Karyawan Seksi Pengendalian Proses	4	2.700.000	10.800.000
32	Karyawan Seksi Produksi	36	2.700.000	97.200.000
33	Karyawan Seksi Gudang	3	2.700.000	8.100.000
34	Karyawan Seksi Market & Riset	3	2.700.000	8.100.000
35	Karyawan Seksi Penjualan	4	2.700.000	10.800.000

36	Karyawan Seksi Promosi	4	2.700.000	10.800.000
37	Karyawan Seksi Pembukuan & Keuangan	3	2.700.000	8.100.000
38	Karyawan Seksi Penyediaan & Pembelian	4	2.700.000	10.800.000
39	Karyawan Seksi Transportasi	8	2.700.000	21.600.000
40	Karyawan Seksi Ketenagakerjaan	4	2.700.000	10.800.000
41	Karyawan Seksi Personalia	4	2.700.000	10.800.000
42	Karyawan Seksi Humas	4	2.700.000	10.800.000
43	Karyawan Seksi Keamanan & Kebersihan	10	2.700.000	27.000.000
44	Sopir	4	2.700.000	10.800.000
45	Sekretaris	2	2.700.000	5.400.000
46	Dokter	1	5.000.000	5.000.000
47	Perawat	2	2.700.000	5.400.000
Total				646.500.000

BAB XI

ANALISA EKONOMI

Analisa ekonomi merupakan suatu cara untuk mengetahui apakah pabrik tersebut layak didirikan atau tidak. Oleh karena itu di dalam pra rencana Pabrik Dietil Eter ini dibuat evaluasi untuk mengetahui berapa investasi yang diperlukan untuk mendirikan pabrik Dietil Eter tersebut. Faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan dalam penentuan untung rugi dalam mendirikan Pabrik Dietil Eter 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 diatas perlu diadakan pnafsiran 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. Penentuan biaya produksi total (*Total Production Cost*), terdiri atas :
 - a. Biaya pembuatan (*Manufacturing Cost*)
 - b. Biaya pengeluaran umum (*General Expenses*)
3. Penaksiran Harga Alat

11.1. Faktor - Faktor Penentu

11.1.1. Penaksiran Modal Investasi Total (TCI)

Yaitu modal atau biaya yang dibutuhkan untuk mendirikan suatu pabrik mulai dari awal sampai pabrik selesai dibangun dan siap beroperasi.

a. Modal Tetap (**Fixed Capital Investment = FCI**)

Yaitu modal yang dibutuhkan untuk mendirikan pabrik, FCI dibagi menjadi :

- a. Biaya Langsung (**Direct Cost**)

Yaitu modal yang dikeluarkan untuk pembelian atau pengadaan peralatan proses produksi, meliputi :

- Harga peralatan
- Instrumentasi dan alat kontrol

- Isolasi
- Perpipaan
- Peralatan listrik
- Angkutan kapal laut
- Asuransi
- Biaya angkut ke plant
- Pemasangan alat
- Bangunan
- Fasilitas Pelayanan
- Tanah

b. Biaya tak langsung (Indirect cost)

Yaitu biaya atau modal yang dikeluarkan untuk konstruksi pabrik dan bagian-bagian pabrik yang tidak berhubungan langsung dengan pengadaan peralatan proses produksi, meliputi :

- Engineering dan supervisi
- Konstruksi
- Kontraktor
- Biaya tak terduga

b. Modal Kerja (Working Capital Investment = WCI)

Yaitu semua biaya yang dikeluarkan untuk mengoperasikan 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 (Manufacturing Cost Estimation)

Adalah biaya yang dikeluarkan tiap satu-satuan produksi. Biaya produksi terdiri dari :

a. Biaya Pembuatan (manufacturing cost)

Yaitu semua biaya untuk proses yang meliputi :

- Biaya produksi langsung (DPC)
- Biaya produksi tetap (FPC)
- Biaya overhead pabrik (POC).

b. Biaya Pengeluaran Umum (general expenses)

Yaitu biaya yang tidak berhubungan dengan proses, meliputi :

- Biaya administrasi
- Biaya distribusi dan pemasaran
- Litbang.

Berdasarkan sifatnya, biaya produksi dibagi menjadi :

Biaya variabel (*variable cost*= VC)

Yaitu segala biaya yang pengeluarannya berbanding lurus dengan laju produksi atau biaya yang tergantung dengan kapasitas pabrik. Biaya variabel terdiri dari

- Biaya bahan baku
- Biaya utilitas
- Biaya pengepakan

Biaya semi variabel (SVC)

Yaitu biaya yang bervariasi tetapi tidak berbanding lurus dengan laju produksi atau yang tergantung dengan kapasitas pabrik secara tidak langsung, antara lain :

- Gaji karyawan
- *Plant Overhead*
- Pemeliharaan dan perbaikan
- Biaya umum
- Supervisor

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

11.1.3. Penaksiran Harga Alat

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

Harga alat pada pabrik Dietil Eter ini didasarkan pada data harga alat yang diperoleh dari (Ulrich, 1984).

Penentuan Total Capital Investment (TCI)

a. Biaya Langsung (DC)

1. Harga peralatan		(E) =	Rp. 37.405.371.662
2. Instrument dan alat kontrol	10%	E =	Rp. 3.740.537.166
3. Isolasi	8%	E =	Rp. 2.992.429.733
4. Perpipaan terpasang	30%	E =	Rp. 11.221.611.499
5. Listrik terpasang	10%	E =	Rp. 3.740.537.166
6. Harga FOB	(jumlah 1-5)	(F) =	Rp. 59.100.487.226
7. Ongkos angkutan kapal laut	7%	F =	Rp. 4.137.034.106
8. Harga C dan F	(jumlah 6-7)	(G) =	Rp. 63.237.521.332
9. Biaya asuransi	0,6%	G =	Rp. 379.425.128
10. Harga CIF	(jumlah 8-9)	(H) =	Rp. 63.616.946.460
11. Biaya angkut barang ke plant	12%	H =	Rp. 7.634.033.575
12. Pemasangan alat	38%	E =	Rp. 14.214.041.232
13. Bangunan pabrik	25%	E =	Rp. 9.351.342.915
14. Service facilities	42%	E =	Rp. 15.710.256.098
15. Tanah	4%	E =	Rp. 1.496.214.866
16. Biaya langsung (DC)	(jumlah 10-15)	=	Rp. 112.022.835.146

b. Biaya Tak Langsung (IC)

17. Engineering dan Supervisi	8%	DC =	Rp. 8.961.826.812
18. Konstruksi	10%	DC =	Rp. 11.202.283.515
Total Modal Tak Langsung (IC)			= Rp. 20.164.110.326

c. Fixed Capital Investment (FCI)

$$\begin{aligned}
 \text{FCI} &= \text{DC} + \text{IC} \\
 &= \text{Rp}112.022.835.146 + \text{Rp}20.164.110.326 \\
 &= \text{Rp}142.136.500.508
 \end{aligned}$$

d. Working Capital Investment (WCI)

$$\begin{aligned} \text{WCI} &= 10\% \times \text{TCI} \\ &= 10\% \times \text{Rp}157.929.445.009 \\ &= \text{Rp}15.792.944.501 \end{aligned}$$

e. Total Capital Investment (TCI)

$$\begin{aligned} \text{TCI} &= \text{FCI} + \text{WCI} \\ &= \text{Rp}142.136.500.508 + \text{Rp}15.792.944.501 \\ &= \text{Rp}157.929.445.009 \end{aligned}$$

f. Modal Perusahaan

$$\begin{aligned} \text{Modal sendiri (MS)} & \quad 60\% \quad \text{TCI} = \text{Rp}94.757.667.005 \\ \text{Modal pinjaman (MP)} & \quad 40\% \quad \text{TCI} = \text{Rp}63.171.778.004 \end{aligned}$$

E.8. Penentuan Total Production Cost (TPC)

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

- Bahan Baku		= Rp.	1.207.189.660.549
- Tenaga Kerja	(TK)	= Rp.	7.758.000.000
- Pengawasan langsung	13% TK	= Rp.	1.008.540.000
- Utilitas		= Rp.	160.387.920.000
- Pemeliharaan dan perbaikan (PP)	5% FCI	= Rp.	7.106.825.025
- Operating supplies	13% PP	= Rp.	923.887.253
- Laboratorium	13% PP	= Rp.	1.008.540.000
- Patent dan Royalti	1% TPC	= Rp.	0,01 TPC
Biaya Produksi Langsung		= Rp.	1.385.383.372.828
			+ 0,01 TPC

b. Biaya Tetap (Fixed Cost/FC)

- Depresiasi alat	10% FCI	= Rp.	14.213.650.051
- Depresiasi bangunan	3% FCI	= Rp.	4.264.095.015
- Pajak kekayaan	4% FCI	= Rp.	5.685.460.020
- Asuransi	1% FCI	= Rp.	1.421.365.005
- Bunga bank	12,5% MP	= Rp.	7.896.472.250
Biaya Tetap (Fixed Cost/FC)		= Rp.	33.481.042.342

c. Biaya Overhead Pabrik

$$\text{Biaya Overhead} \quad 70\% \quad \text{TK} + \text{PP} = \text{Rp.} \quad 11.111.355.518$$

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

- Biaya Administrasi	15% PP =	Rp.	2.381.004.754
- Biaya distribusi dan pemasaran	5% TPC =	Rp.	0,05 TPC
- Biaya LITBANG	5% TPC =	Rp.	0,05 TPC
Biaya Pengeluaran Umum (GE)	=	Rp.	2.381.004.754 + 0,1 TPC

e. Biaya Produksi Total (TPC)

$$\begin{aligned} \text{TPC} &= \text{DPC} + \text{FC} + \text{Biaya Overhead} + \text{GE} \\ &= \text{Rp}1.432.356.775.441 + 0,11 \text{ TPC} \\ \text{TPC} &= \text{Rp}1.609.389.635.327 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka, DPC} &= \text{Rp}1.385.383.372.828 + 0,01 \text{ TPC} \\ &= \text{Rp}1.401.477.269.181 \\ \text{GE} &= \text{Rp}2.381.004.754 + 0,1 \text{ TPC} \\ &= \text{Rp}163.319.968.287 \end{aligned}$$

ANALISA PROFITABILITAS

Sesuai dengan Undang-Undang Pajak Penghasilan tahun 1984 (UU no. 7/1983) dan Undang-undang ketentuan umum dan tata cara perpajakan (UU no.6/1983) :

- 15% untuk laba sampai Rp. 25.000.000,-
- 25% untuk laba sampai Rp. 50.000.000,-
- 30% untuk laba > Rp. 50.000.000,-

Asumsi yang diambil adalah :

- a. Bunga kredit sebesar 13% per tahun
- 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

Lab a Perusahaan, yaitu keuntungan yang diperoleh dari penjualan produk.

Total penjualan per tahun = Rp1.674.109.976.545 (kapasitas 100%)

$$\begin{aligned} \text{Lab a kotor} &= \text{Harga Jual} - \text{Biaya Produksi} \\ &= \text{Rp}1.674.109.976.545 - \text{Rp}1.609.389.635.327 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \text{Rp}64.720.341.218 \\
 \text{Pajak penghasilan} &= 30\% \times \text{Laba kotor} \\
 &= 30\% \times \text{Rp}64.720.341.218 \\
 &= \text{Rp}19.416.102.365 \\
 \text{Laba Bersih} &= \text{Laba kotor} - \text{Pajak penghasilan} \\
 &= \text{Rp}64.720.341.218 - \text{Rp}19.416.102.365 \\
 &= \text{Rp}45.304.238.852
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 C_{Abt} &= \text{Laba kotor} + \text{Depresiasi alat} \\
 &= \text{Rp}64.720.341.218 + \text{Rp}14.213.650.051 \\
 &= \text{Rp}78.933.991.268
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 C_{Aat} &= \text{Laba bersih} + \text{Depresiasi alat} \\
 &= \text{Rp}45.304.238.852 + \text{Rp}14.213.650.051 \\
 &= \text{Rp}59.517.888.903
 \end{aligned}$$

2. Laju Pengembalian Modal (ROI)

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

a. ROI sebelum pajak

$$\begin{aligned}
 ROI_{BT} &= \frac{\text{Laba kotor}}{\text{Modal tetap}} \times 100\% \\
 &= \frac{\text{Rp}64.720.341.218}{\text{Rp}142.136.500.508} \times 100\% = 46\%
 \end{aligned}$$

b. ROI setelah pajak

$$\begin{aligned}
 ROI_{AT} &= \frac{\text{Laba bersih}}{\text{Modal tetap}} \times 100\% \\
 &= \frac{\text{Rp}45.304.238.852}{\text{Rp}142.136.500.508} \times 100\% \\
 &= 32\% \text{ dari modal investasi} \\
 &= 32\% \times \text{Rp}157.929.445.009 = \text{Rp}50.338.043.169
 \end{aligned}$$

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.

$$\begin{aligned}
 POT_{BT} &= \frac{\text{Modal tetap}}{\text{Cash flow sebelum pajak}} \times 1 \text{ tahun} \\
 &= \frac{\text{Rp}142.136.500.508}{\text{Rp}78.933.991.268} \times 1 \text{ tahun} \\
 &= 1,80 \text{ tahun}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 POT_{AT} &= \frac{\text{Modal tetap}}{\text{Cash flow setelah pajak}} \times 1 \text{ tahun} \\
 &= \frac{\text{Rp}142.136.500.508}{\text{Rp}59.517.888.903} \times 1 \text{ tahun} \\
 &= 2,4 \text{ tahun}
 \end{aligned}$$

4. Break Event Point (BEP)

BEP adalah titik dimana jika tingkat kapasitas pabrik berada pada titik tersebut maka pabrik tidak untung dan tidak rugi atau harga penjualan sama dengan biaya produksi.

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

a Biaya Tetap (FC) = Rp33.481.042.342

b Biaya Variabel (VC)

Bahan Baku pertahun = Rp1.207.189.660.549

Biaya Utilitas pertahun = Rp160.387.920.000

Total Biaya Variabel (VC) = Rp1.367.577.580.549

c Biaya Semi Variabel (SVC)

Biaya Umum (GE) = Rp163.319.968.287

Biaya Overhead = Rp11.111.355.518

Plant supplies = Rp923.887.253

Biaya laboratorium dan kontrol = Rp1.008.540.000

Buruh pabrik langsung = Rp7.758.000.000

Pengawasan pabrik = Rp1.008.540.000

Perawatan dan Pemeliharaan = Rp7.106.825.025

Royalti = Rp16.093.896.353

Total Biaya Semi Variable (SVC) = Rp208.331.012.436

d Harga Penjualan (S)

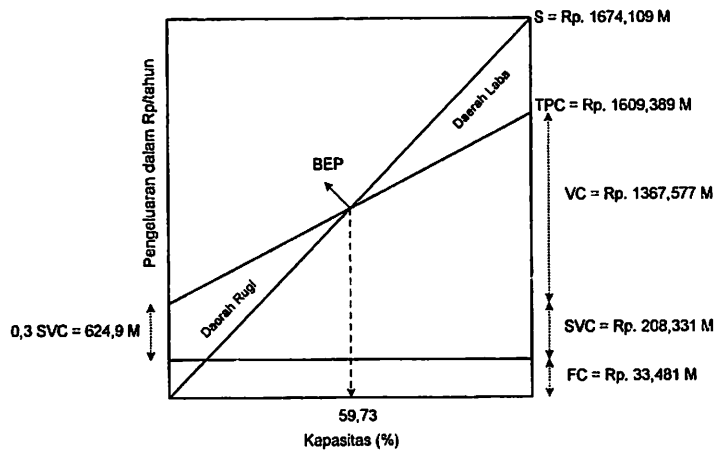
S = Rp1.674.109.976.545

maka,

$$\begin{aligned} \text{BEP} &= \frac{\text{FC} + (0,3 \text{ SVC})}{\text{S} - 0,7\text{SVC} - \text{VC}} \times 100\% \\ &= 59,73\% \end{aligned}$$

Titik BEP terjadi pada kapasitas = 59,73% × 20.000 ton/tahun
 = 11.945 ton/tahun

Nilai BEP untuk Pabrik Dietil Eter berada diantara nilai 30-60% sehingga nilai BEP diatas memadai.



Grafik 11.1. Break Even Point

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

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

Dimana :

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

PB = keuntungan pada kapasitas 100%

% kapasitas = % kapasitas yang tercapai

$$\frac{\text{PBi}}{\text{Rp45.304.238.852}} = \frac{[100 - 59,73\%] - [100 - 60\%]}{[100 - 59,73\%]}$$

$$\text{PBi} = \text{Rp1.248.076}$$

Sehingga cash flow setelah pajak untuk tahun pertama :

$$\begin{aligned} C_A &= \text{Laba bersih tahun pertama} + \text{Depresiasi alat} \\ &= \text{Rp1.248.076} + \text{Rp14.213.650.051} \end{aligned}$$

$$= \text{Rp}14.214.898.126$$

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

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

Dimana :

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

PB = keuntungan pada kapasitas 100%

% kapasitas = % kapasitas yang tercapai

$$\frac{\text{PBi}}{\text{Rp}45.304.238.852} = \frac{[100 - 59,73\%] - [100 - 80\%]}{[100 - 59,73\%]}$$

$$\text{PBi} = \text{Rp}92.400.974$$

Sehingga cash flow setelah pajak untuk tahun kedua :

$$\begin{aligned} C_A &= \text{Laba bersih tahun kedua} + \text{Depresiasi alat} \\ &= \text{Rp}92.400.974 + \text{Rp}14.213.650.051 \\ &= \text{Rp}14.306.051.025 \end{aligned}$$

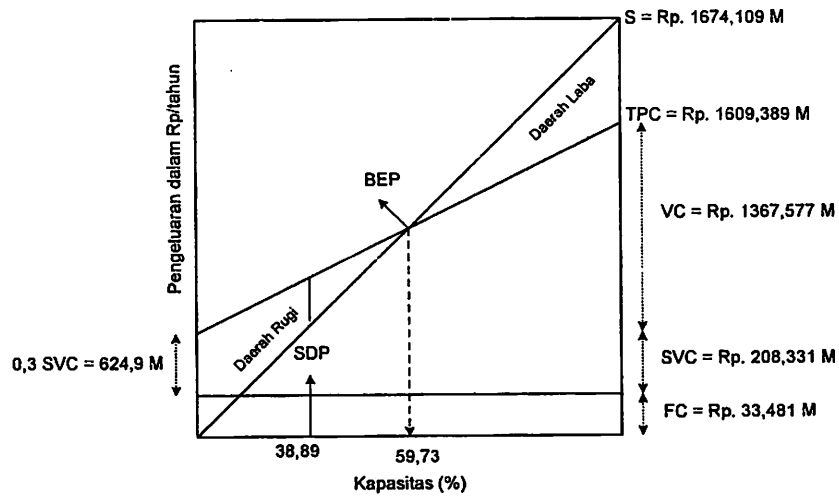
5. Shut Down Point (SDP)

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

$$\begin{aligned} \text{SDP} &= \frac{0,3 \text{ SVC}}{S - 0,7\text{SVC} - \text{VC}} \times 100\% \\ &= 38,89\% \end{aligned}$$

Titik Shut Down Point terjadi pada kapasitas penjualan,

$$\begin{aligned} &= 38,89\% \times \text{Rp}1.674.109.976.545 \\ &= \text{Rp}651.090.606.189 \end{aligned}$$



Grafik 11.2. Kapasitas pada Keadaan Shut Down Rate

6. Net Present Value (NPV)

Motode ini digunakan untuk menghitung selisih dari nilai penerimaan kas bersih dengan nilai investasi sekarang.

Diasumsikan masa kontruksi selama 2 tahun,

(tahun ke-1 = 40% & tahun ke-2 = 60%) :

$$\begin{aligned}
 C_{A-2} &= 40\% \times FCI \times (1 + i)^2 \\
 &= 40\% \times Rp142.136.500.508 \times 1,2769 \\
 &= Rp72.597.639.000
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_{A-1} &= 60\% \times FCI \times (1 + i)^1 \\
 &= 60\% \times Rp142.136.500.508 \times 1,1300 \\
 &= Rp96.368.547.345
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_{A0} &= -C_{A-1} - C_{A-2} \\
 &= -Rp96.368.547.345 - Rp72.597.639.000 \\
 &= -Rp168.966.186.344
 \end{aligned}$$

Menghitung NPV tiap tahun

$$NPV = C_A \times F_d$$

$$F_d = \frac{1}{(1 + i)^n}$$

Dimana :

F_d = Faktor diskon

C_A = cash flow setelah pajak

i = tingkat bunga bank

n = tahun ke-n

Tabel E.1. Cash Flow untuk NPV selama 10 tahun

Tahun ke -	Cash Flow (C _A) (Rp)	Fd i = 13%	NPV (Rp)
0	-168.966.186.344	1	-168.966.186.344
1	14.214.898.126	0,8850	12.579.555.864
2	14.306.051.025	0,7831	11.203.736.413
3	59.517.888.903	0,6931	41.248.882.563
4	59.517.888.903	0,6133	36.503.435.896
5	59.517.888.903	0,5428	32.303.925.572
6	59.517.888.903	0,4803	28.587.544.754
7	59.517.888.903	0,4251	25.298.712.172
8	59.517.888.903	0,3762	22.388.240.860
9	59.517.888.903	0,3329	19.812.602.531
10	59.517.888.903	0,2946	17.533.276.576
WCI			15.792.944.501
Total			94.286.671.356

Karena NPV = (+) maka pabrik layak untuk didirikan

7. IRR (Internal Rate Of Return)

Tabel E.2. Cash Flow untuk IRR

Tahun ke -	Cash Flow (C _A) (Rp)	NPV ₁ (Rp) i = 0,23	NPV ₂ (Rp) i = 0,24
0	-168.966.186.344	-168.966.186.344	-168.966.186.344
1	14.214.898.126	11.463.627.521	11.371.918.501
2	14.306.051.025	9.304.143.487	9.155.872.656
3	59.517.888.903	31.216.374.546	30.473.159.118
4	59.517.888.903	25.174.495.602	24.378.527.295
5	59.517.888.903	20.302.012.582	19.502.821.836
6	59.517.888.903	16.372.590.792	15.602.257.469
7	59.517.888.903	13.203.702.252	12.481.805.975
8	59.517.888.903	10.648.146.977	9.985.444.780
9	59.517.888.903	8.587.215.304	7.988.355.824
10	59.517.888.903	6.925.173.632	6.390.684.659
WCI		15.792.944.501	15.792.944.501
Total		24.240.853	-5.842.393.730

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

Dimana :

i_1 = bunga pinjaman ke-1 yang ditrial

i_2 = bunga pinjaman ke-2 yang ditrial

Sehingga,

$$IRR = 24\% + \frac{24.240.853}{24.240.853 - -5.842.393.730} \times (0,25 - 0,24)$$

$$= 24,00\%$$

Dari hasil perhitungan diperoleh nilai IRR 24,00% per tahun

Karena harga IRR lebih besar dari bunga bank (13 %), maka Pabrik Dietil Eter ini layak didirikan.

BAB XII

KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan Pra Rencana Pabrik Dietil Eter dari Etanol dan Asam Sulfat dengan Proses Dehidrasi Etanol dapat disimpulkan bahwa rencana pendirian pabrik ini layak didirikan dan cukup menguntungkan dengan memperhitungkan beberapa aspek :

1. Dari Segi Proses

Proses dehidrasi etanol dengan asam sulfat lebih menguntungkan karena dilakukan dalam kondisi suhu dan tekanan yang cukup rendah sehingga dilihat dari segi keamanan akan terjamin dan dari segi perancangan alat menjadi lebih mudah.

2. Dari Segi Sosial

Pendirian pabrik ini dinilai menguntungkan, karena:

- Menciptakan lapangan kerja. baru
- Mengurangi pengangguran

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. Ikut menunjang program pemerintah dalam usaha mewujudkan rencana jangka panjang pemerintah yaitu menjadikan negara Indonesia sebagai negara industri baru yang didukung oleh sektor kelautan yang kuat.

5. Dari Segi Perhitungan Ekonomi

Setelah dilakukan analisa ekonomi terhadap pra rencana pabrik Dietil Eter, dinilai cukup menguntungkan dengan berdasarkan data-data sebagai berikut:

XII-2

- a. ROI_{BT} = 46 %
- b. ROI_{AT} = 32 %
- c. Pay Out Time (POT) = 2,4 tahun
- d. Break Event Point (BEP) = 59,73 %
- e. Internal Rate of Return (IRR) = 24 %.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik Republik Indonesia. 2015. www.bps.go.id, diakses tanggal 16 Februari 2015
- Brownell E. Lloyd, "*Process Equipment Design*", John Willey and Sons Inc, New Delhi, India, 1959.
- Gajimu.com, diakses 3 April 2015
- Geankoplis, Christie, "*Transport Processes and Unit Operations*", 3rd 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.
- Hugot, E, Handbook of Cane Sugar Engineering, Elsevier Publishing Co., Amsterdam, 1960.
- Kajiapustaka/gajidanupah.com, diakses 5 April 2015
- Kern D.Q, "*Process Heat Transfer*", 2nd Edition, McGraw-Hill Inc, Singapore, 1988.
- Keyes, "*Industrial Chemicals*", 2th edition, John Wiley and Sons Inc, New York, 1975.
- Kusnarjo, "*Desain Alat Pemindah Panas*", Surabaya, 2010
- Kusnarjo, "*Desain Kolom Pemisah*", Surabaya, 2010
- Kusnarjo, "*Ekonomi Teknik*", Surabaya, 2010
- Kusnarjo, "*Utilitas Pabrik Kimia*", Surabaya, 2012
- 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 for Chemical Engineering*", 4th edition, McGraw-Hill, Singapore, 1991.
- ScienceLab.com, di akses tanggal 4 Maret 2015
- Smith, J.M, and Van Ness H.C, "*Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*", 2nd Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, 1959.
- Ulrich D. Gael, "*A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economic*", John Willey and Sons Inc, New York, USA, 1984.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik Indonesia. 2015. *Data: Ekspor-Impor Menurut Komoditi 2009-2013*, diakses tanggal 24 Maret 2015.
- Faith, Keyes, Clarks. "*Industrial chemicals*", 4th. John Willey and Sons Inc, New York, 1975
- Brownell E. Lloyd "*Process Equipment Design*", John Willey and Sons Inc, New Delhi India, 1959
- Coulson and Richardson, 1994. "Chemical Engineering vol 6", 1th edition, Pergamon Press, Oxford.
- Chemical Engineering Essential for the CPI Professional, Maret 2015, vol 122 no 3 <http://www.chemengonline.com>., diakses tanggal 10 Juli 2015
- Gajimu.com, diakses tanggal 20 April 2015
- Geankoplis, Christie , "*Transport Process dan Unit Operation*", 3rd 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.
- Kusnarjo, "*Ekonomi Teknik*", Surabaya, 2010
- Kusnarjo, "*Utilitas Pabrik Kimia*", Surabaya, 2012
- Kusnarjo, "*Desain Kolom Destilasi*", Surabaya, 2012
- Levenspiel. Octave, "Chemical Reaction Engineering" 3th edition, John Willey and Sons Inc, New York, 1954.
- Othmer, D.F., Kirk, R.E. 1979. *Encyclopedia of Chemical Tecnologi*, vol 15, 5th edition, Jhon Willey and Sons Ibc, New York.
- 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.
- PT PLN (Persero), "Penyesuaian Tarif Tenaga Listrik Tahun 2015",
- 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. 2, Gulf Publishing Company, Houston. Texas, 1996