



PRA RENCANA PABRIK

**ETILBENZENA (C_8H_{10}) DARI ETILENA (C_2H_4) DAN BENZENA
(C_7H_8) DENGAN PROSES MOBIL-BADGER
KAPASITAS PRODUKSI 16.500 TON/TAHUN**

**PERANCANGAN ALAT UTAMA
DESTILASI**



**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2014**

3048
REPUBLICAN PARTY OF THE STATE OF TEXAS
COUNTY OF DALLAS
ELECTORAL COLLEGE

STATE OF TEXAS

COUNTY OF DALLAS

2024

DELLIVSI
REPUBLICAN PARTY OF THE STATE OF TEXAS

REPUBLICAN PARTY OF THE STATE OF TEXAS
COUNTY OF DALLAS
ELECTORAL COLLEGE

STATE OF TEXAS

LEMBAR PERSETUJUAN

PRA RENCANA PABRIK

**ETILBENZENA (C₈H₁₀) DARI ETILENA (C₂H₄) DAN BENZENA
(C₇H₈) DENGAN PROSES MOBIL-BADGER
KAPASITAS PRODUKSI 16.500 TON/TAHUN**

**PERANCANGAN ALAT UTAMA
DESTILASI**

SKRIPSI

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

Disusun Oleh :

NOVI AYU RAHMAWATI 10.14.009

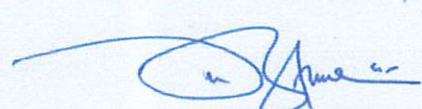
Malang, 21 Agustus 2014

**Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Kimia**


Jimmy, ST, MT
NIP Y 1039900330



**Menyetujui,
Dosen Pembimbing**


M. Istnaeny Hudha, ST, MT
NIP Y 1030400400


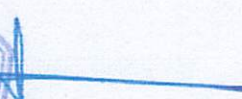
**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

Nama : NOVI AYU RAHMAWATI
NIM : 10.14.009
Jurusan/Program Studi : TEKNIK KIMIA
Judul Skripsi : ETILBENZENA (C₈H₁₀) DARI ETILENA (C₂H₄) DAN
BENZENA (C₇H₈) DENGAN PROSES MOBIL-
BADGER

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

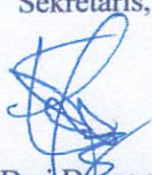
Hari : Selasa
Tanggal : 19 Agustus 2014
Nilai : B+

Ketua,



Jimmy, ST, MT
NIP Y 1039900330

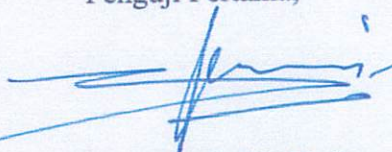
Sekretaris,



Elvianto Dwi Daryono, ST, MT
NIP Y 1030000351

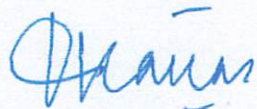
Anggota Penguji,

Penguji Pertama,



Ir. Bambang Susila Hadi
NIP Y 103900210

Penguji Kedua,



Dwi Ana .A., ST, MT
NIP 197009282005012001

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : NOVI AYU RAHMAWATI
NIM : 10.14.009
Jurusan/Program Studi : Teknik Kimia / Teknik Kimia (S-1)

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi yang berjudul :

PRA RENCANA PABRIK

ETILBENZENA(C₈H₁₀) DARI ETILENA (C₂H₄) DAN BENZEN (C₆H₆) DENGAN PROSES MOBIL-BADGER KAPASITAS 16.500 TON/TAHUN

PERANCANGAN ALAT UTAMA DESTILASI

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

Malang, 21 Agustus 2014

Yang membuat pernyataan,



Novi Ayu Rahmawati
NOVI AYU RAHMAWATI

KATA PENGANTAR

Puji syukur penyusun haturkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan karunia-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pra Rencana Pabrik Etilbenzen(C_8H_{10}) Dari Etilena (C_2H_4) dan Benzen (C_6H_6) dengan Proses Mobil-Badger Kapasitas 16.500 Ton/Tahun”** dengan baik.

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

Pada kesempatan ini, penyusun mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. Soeparno Djiwo, 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. Bapak M. Istaneny Hudha, ST, 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 belum sempurna. Oleh sebab itu saran dan kritik dari semua pihak yang membangun guna penyempurnaan skripsi ini sangat penyusun harapkan.

Malang, 21 Agustus 2014

Penyusun

INTISARI

Pra Rencana Pabrik Etilbenzena dari Etilena dan Benzena dengan Proses Mobil-Badger ini mengambil lokasi pendirian di Cilegon, Kabupaten Serang-Banten, dengan kriteria sebagai berikut:

- Kapasitas produksi : 16.500 ton/tahun
- Waktu operasi : 330 hari
- Bahan utama : Etilena (C_2H_4) dan Benzena (C_6H_6)
- Katalis : Zeolit type ZSM-5
- Utilitas : air, steam, listrik dan bahan bakar
- Organisasi Perusahaan
 - ✓ Bentuk : perseroan terbatas
 - ✓ Struktur : garis dan staff
 - ✓ Karyawan : 187 orang
- Analisa ekonomi
 - ✓ TCI : Rp. 907.499.998.548
 - ✓ ROI_{AT} : 12,5306%
 - ✓ POT : 3,66 tahun
 - ✓ BEP : 53,8798%
 - ✓ IRR : 17,6304%

Dari hasil evaluasi ekonomi, Pra Rencana Pabrik EtilBenzena dari Etilena dan Benzena layak untuk didirikan.

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	ii
BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN 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 ALAT.....	V – 1
BAB VI PERANCANGAN ALAT UTAMA	VI – 1
BAB VII INSTRUMENTASI DAN KESELAMATAN KERJA	VII – 1
BAB VIII UTILITAS	VIII – 1
BAB IX LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK	IX – 1
BAB X STRUKTUR DAN ORGANISASI PERUSAHAAN.....	X – 1
BAB XI ANALISA EKONOMI	XI – 1
BAB XII KESIMPULAN	XII – 1
DAFTAR PUSTAKA	
APPENDIKS A. PERHITUNGAN NERACA MASSA	APP A – 1
APPENDIKS B. PERHITUNGAN NERACA PANAS	APP B – 1
APPENDIKS C. PERHITUNGAN SPESIFIKASI PERALATAN.....	APP C – 1
APPENDIKS D. PERHITUNGAN UTILITAS	APP D – 1
APPENDIKS E. PERHITUNGAN ANALISIS EKONOMI	APP E – 1

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1.	Data Impor EtilBenzen tahun 2008-2012 di Indonesia	I-6
Tabel 2.1.	Seleksi Proses Pembuatan EtilBenzena	II-5
Tabel 5.1.	Ringkasan Spesifikasi Keseluruhan Peralatan	V-1
Tabel 7.1.	Instrumentasi Peralatan Pabrik	VII-3
Tabel 7.2.	Alat-Alat Keselamatan Kerja pada Pabrik.....	VII-8
Tabel 10.1.	Jadwal Kerja Shift Karyawan	X-9
Tabel 10.2.	Daftar Jumlah Karyawan Pabrik EtilBenzena	X-11
Tabel 11.1.	Cash Flow untuk NPV Selama 10 Tahun	XI-11
Tabel 11.2.	Cash Flow untuk IRR	XI-11

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1.	Blok Diagram Proses.....	II-3
Gambar 9.1.	Peta Lokasi Pabrik.....	IX-5
Gambar 9.2.	Tata Letak Bangunan Pabrik.....	IX-7
Gambar 9.3.	Tata Letak Peralatan Pabrik.....	IX-10
Gambar 10.1.	Bagan Struktur Organisasi PRP.....	X-15
Gambar 11.1.	Grafik Break Even Point.....	XI-8
Gambar 11.2.	Grafik Kapasitas pada Keadaan Shut Down Rate.....	XI-10

BAB I

PENDAHULUAN



1.1. Latar Belakang Pendirian Pabrik

Etilbenzena adalah suatu hidrokarbon dengan rumus molekul $(C_6H_5)-C_2H_5$ atau sering disebut dengan *phenylethane* merupakan suatu campuran kimia organik yang tidak berwarna, berbau khas (harum), mudah mengiritasi kulit yang mempunyai peranan penting di dalam industri petrokimia sebagai suatu campuran (*intermediate/antara*) untuk produksi stiren yang kemudian digunakan untuk membuat karet sintesis. Etil benzena didalam suatu reaksi kimia *acidally-catalyzed*. Dehidrogenasi katalitik etilbenzena kemudian menghasilkan gas hidrogen dan stiren, yang disebut sebagai vinylbenzena. ^[4]

Pada era globalisasi saat ini industrialisasi dipilih sebagai jalur utama bagi pertumbuhan ekonomi. Pemilihan ini berdasarkan alasan bahwa sektor industri mempunyai nilai tambah yang cukup besar dan dapat menyerap tenaga kerja yang tinggi.

Dalam memenuhi kebutuhan bahan baku ada kalanya bahan baku harus diimpor dan ini memerlukan biaya yang sangat besar karena indonesia mengalami krisis moneter sejak tahun 1997. Oleh karena itu pembangunan suatu pabrik yang dapat memenuhi kebutuhan bahan baku untuk sektor industri di Indonesia dan juga untuk mengekspornya adalah salah satu hal yang sangat tepat dilakukan karena selain dapat menghasilkan devisa bagi negara juga dapat menyerap tenaga kerja.

Sementara ini kebutuhan etilbenzena sebagai bahan baku industri di Indonesia masih diimpor dari Amerika, Jepang, Korea dan Jerman. Karena kebutuhan etilbenzena yang terus meningkat maka untuk mengurangi ketergantungan terhadap impor dari negara lain perlu didirikan pabrik etilbenzena dengan kapasitas yang memadai.

1.2. Sejarah Etil Bezena di Indonesia

Etilbenzena merupakan senyawa kimia organik yang merupakan hidrokarbon aromatik. Penggunaan utama adalah dalam industri petrokimia sebagai senyawa *intermediate* untuk produksi stirena, yang pada gilirannya digunakan untuk membuat

polistiren, bahan plastik yang umum digunakan. Meskipun sering hadir dalam jumlah kecil dalam minyak mentah, etil benzena diproduksi dalam jumlah massal dengan menggabungkan benzena petrokimia dan ethylene dalam asam katalis reaksi kimia. Hidrogenasi katalitik dari etil benzena kemudian diberi gas hidrogen dan stirena, yang menghasilkan vinil benzena. Etilbenzena juga merupakan bahan dalam cat.

Etilbenzena pertama kali diproduksi secara skala komersial pada tahun 1930 oleh Dow Chemical di US dan oleh BASF di Republik Federal Jerman. Hingga tahun 1980, hampir semua etil benzena diproduksi dengan katalis Alumunium Klorida menggunakan mekanisme reaksi Fridal-Crafts. Beberapa etilbenzena diproduksi dengan katalis Boron Trifluorida. Sedikitnya etilbenzena diproduksi dari campuran xylene dengan menggunakan proses distilasi sangat intensif. Pada tahun 1980, fasilitas pertama menggunakan proses berbasis zeolit yang didasarkan pada reaktor fasa uap pada suhu lebih dari 400°C, pada suhu ini reaksi seperti isomerisasi dan transfer hydrogen mencemari produk etilbenzena. Upaya mengurangi pencemaran produk dengan mengubah kondisi operasi pada temperature lebih rendah dari 270°C didapat etilbenzena kemurnian tinggi. Zeolit kemurnian tinggi pertama berbasis teknologi dikembangkan oleh UOP dan ABB Lummus Global dimulai pada tahun 1990.

Hingga saat ini di Indonesia baru terdapat satu industry yang memproduksi etilbenzena yaitu PT. Styrimdo Mono Indonesia (PT. SMI) yang sudah mulai memproduksi secara komersial sejak awal tahun 1996 dengan kapasitas produksi 110.000 ton per tahun. Pertumbuhan industry hilir yang menggunakan etilbenzena sebagai bahan baku menunjukkan permintaan akan etilbenzena semakin meningkat. ^[3]

1.3. Kegunaan Produk

Etilbenzena merupakan bahan kimia yang mempunyai peran penting dalam industri *Styrene monomer*, *Ethyl anthraquinon*, *Benzoic acid* dan industri pembuatan cat. Kegunaan dari styrene monomer adalah sebagai bahan baku pembuatan polystyrene, styrene butadiena rubber (SBR). Sedangkan ethyl anthraquinon digunakan untuk bahan pembuatan bleaching dan pelumas. Adapun benzoic acid digunakan sebagai bahan baku pembuatan parfum dan phenol.

1.4. Sifat-Sifat Fisika dan Kimia Bahan Baku dan Produk

1.4.1. Bahan Baku Utama

A. Benzena

- Sifat kimia :

- Rumus molekul : C_6H_6

- Berat molekul : 78,11

- Dapat bercampur dengan alcohol, eter, aseton, CCl_4 , carbon disulfid, asam asetat dan sedikit larut dalam air.

- Sifat fisika :

- Larutan tak berwarna

- Titik didih : $80,1\text{ }^\circ\text{C}$

- Kelarutan : $0,07\text{ mL}/100\text{ g air}$

- Spesifik gravity : 0,879

- Kemurnian : 99 % mol

B. Etilena

- Sifat kimia :

- Rumus molekul : C_2H_4

- Berat molekul : 28,05

- Sifat fisika :

- Fase cair tidak berwarna, mudah menguap, mudah terbakar dan berbau harum

- Titik didih : $9,5\text{ }^\circ\text{C}$

- Kelarutan : $25,6\text{ mL}/100\text{ g air}$

- Spesifik gravity : 0,978

- Densitas : $0,56674\text{ g}/\text{cm}^3$

- Kemurnian : 99,5 % mol

1.4.2. Bahan pembantu

A. Katalisator

Jenis : Zeolit tipe ZSM-5

Rumus Molekul : $Al_2O_3 \cdot SiO_2$

1.4.3. Produk

Etilbenzena

- Sifat kimia :

- Rumus molekul : C_8H_{10}
- Berat molekul : 106,17
- Larut dalam alkohol, eter dan karbon tetraklorida

- Sifat fisika :

- Fase cair tidak berwarna, tidak larut dalam air, mudah terbakar dan berbau harum.
- Titik didih : 136,2 °C
- Kelarutan : 0,01 mL/100 g air
- Spesifik gravity : 0,861
- Kemurnian : 99,9 % berat

1.5. Penentuan Kapasitas Pabrik

Untuk mendirikan Pabrik Etilbenzena pada tahun 2017 diperlukan data lengkap tentang nilai import etilbenzena.

Tabel 1.5.1 Data Import Etil Benzena di Indonesia

Tahun	Impor (Kg/tahun)	% kenaikan
2008	2.865	0
2009	101.626	-34,471
2010	51.965	0,488
2011	14	0,999
2012	251	-16,928
	Rata-rata	-9,982

(1. Biro Pusat Statistik, Departemen Perindustrian)

Dari tabel 1.5.1 dapat diproyeksikan untuk mendapatkan data-data yang diperlukan pada tahun 2017 dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

a. Menentukan faktor pertumbuhan

$$M = Mo (1 + i)^n$$

Dimana :

M = Jumlah yang diperkirakan (Kg/th)

Mo = Data Terakhir (Kg/th)

i = Persentase kenaikan rata-rata pertahun (%)

n = Selisih tahun 2012 dan 2017 (5 tahun)

Jadi:

$$M = 251 (1 + (-9,982)^5)$$

$$= 14.676.503,75 \text{ kg/tahun}$$

b. Menentukan Kapasitas Pabrik

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas Pabrik Baru} &= \text{Nilai Impor} + \text{Nilai Ekspor} \\ &= 14.676.503,75 + 10\% (14.676.503,75) \\ &= 16.144,154 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Jadi peluang kapasitas produksi pabrik baru tahun 2017 adalah sebesar 16.144,154 ton/tahun, sehingga dari peluang kapasitas diperoleh kapasitas produksi Pra Rencana Pabrik Etilbenzena adalah 16.500 ton/tahun.

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas produksi harian} &= 16.500 \text{ ton/tahun} \div 330 \text{ hari/tahun} \\ &= 50 \text{ ton/hari} \\ &= 50.000 \text{ kg/hari} \\ &= 2.083,333 \text{ kg/jam} \\ &= 2,083 \text{ ton/jam} \end{aligned}$$

1.6. Penentuan Kapasitas Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik adalah suatu langkah yang penting dan sangat berpengaruh terhadap kelangsungan hidup suatu pabrik di masa mendatang. Penyelidikan keadaan suatu daerah harus dilakukan sebelum pabrik didirikan sehingga pendirian pabrik dapat dipertanggungjawabkan secara teknis dan ekonomis. Berdasarkan beberapa pertimbangan di atas dipilih lokasi pabrik di daerah kawasan industri Cilegon, Kecamatan Kramatwatu Kabupaten Serang, Jawa Barat.

Dalam menentukan lokasi pabrik ada faktor-faktor yang harus diperhatikan, faktor-faktor tersebut dapat dibagi menjadi dua golongan besar, yaitu :

1. Faktor utama

- Bahan baku
- Pemasaran
- Tenaga listrik dan bahan bakar
- Air

2. Faktor Khusus

- **Transportasi**
- **Tenaga kerja**
- **Karakteristik lokasi**
- **Perluasan pabrik**

BAB II

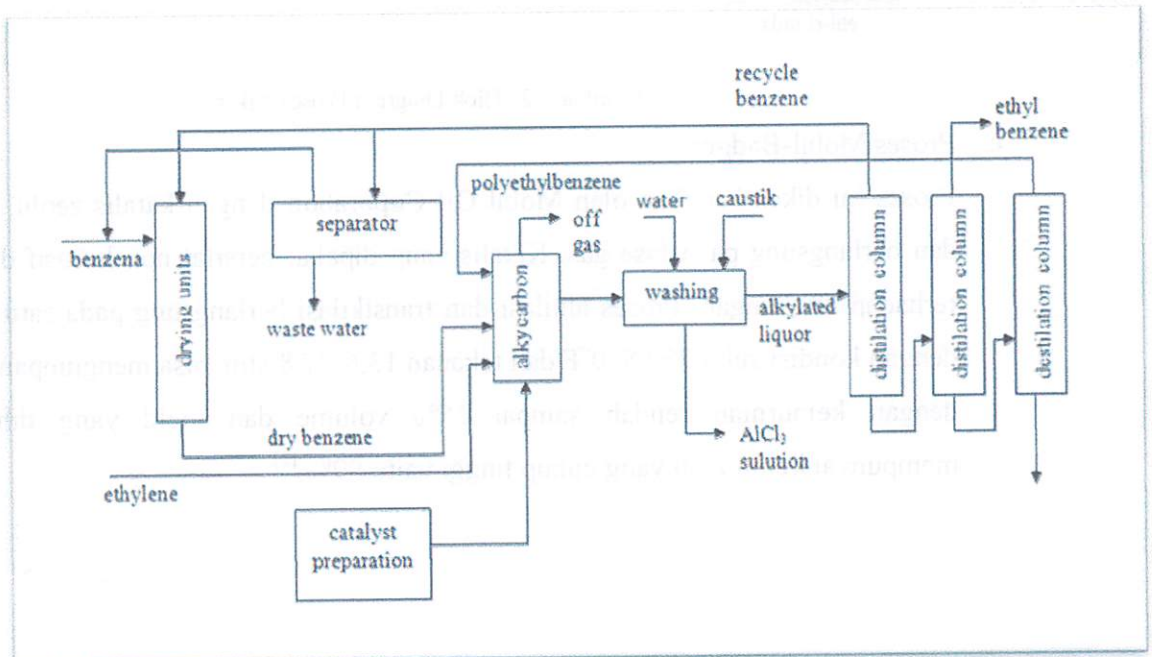
SELEKSI DAN URAIAN PROSES

2.1. Macam proses

Ada beberapa macam cara proses utama yang paling komersial digunakan dalam proses pembuatan Etilbenzena, yaitu:

a. Proses Friedel Crafts dengan katalis $AlCl_3$

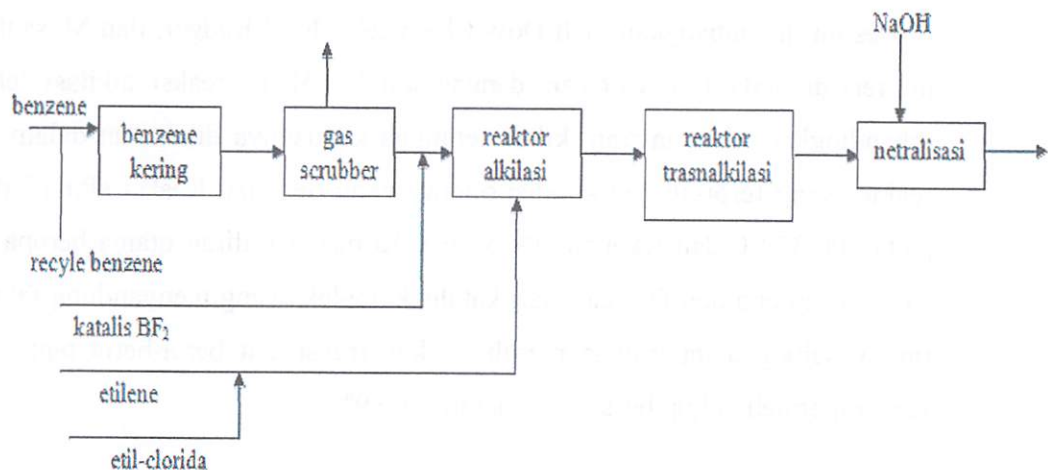
Proses ini dikembangkan oleh Dow Chemical, Mobil Badger, dan Mosanto. Proses ini terjadi pada fase cair-cair dengan katalis $AlCl_3$, reaksi alkilasi lebih cepat dibandingkan dengan translokilasi sehingga keduanya dilakukan dalam dua buah reaktor yang terpisah dan kondisi operasi yang berbeda. Reaksi alkilasi dijalankan pada $300-350^\circ C$ dan tekanan 70-150 psi. Komposisi aliran utama berupa aromatik cair, gas etilena dan fase cair dari katalis kompleks yang mengandung faktor korosi tinggi, sehingga diperlukan pemilihan konstruksi alat betul-betul tepat. Konversi yang diperoleh cukup besar yaitu antara 98-99%.^[2]



Gambar 2.1. Blok Diagram Proses $AlCl_3$

b. Proses Alkar

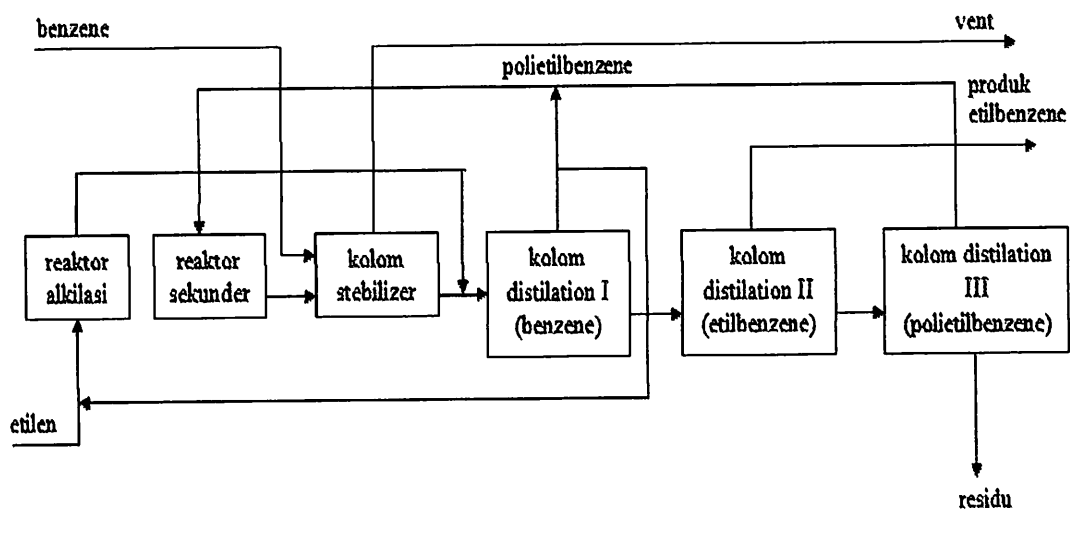
Proses ini dikenalkan oleh UOP dengan katalis BF_3 dan berlangsung pada fase cair. Proses ini sangat peka terhadap adanya air, karena akan menyebabkan adanya reaksi dengan BF_3 sehingga mengurangi aktifitas katalis. Sebagai umpan reaktor adalah benzena dan etilena yang sudah diproses sehingga bebas air dan katalis BF_3 dengan tekanan yang cukup tinggi yaitu 500 psia dan suhu 200-300 °F. Konversi yang diperoleh cukup besar yaitu sekitar 99 %.^[2]



Gambar 2.2. Blok Diagram Proses Alkar

c. Proses Mobil-Badger

Proses ini dikembangkan oleh Mobil Oil Corporation dengan katalis zeolit, ZSM-5 dan berlangsung pada fase gas. Katalis yang dipakai bersifat non korosif dan baik terhadap lingkungan. Proses alkilasi dan transalkilasi berlangsung pada satu reaktor dengan kondisi suhu 750-850°F dan tekanan 13,6-27,8 atm, bisa mengumpan etilena dengan kemurnian rendah sampai 15% volume dan yield yang dihasilkan mempunyai kemurnian yang cukup tinggi yaitu 99%.^[2]



Gambar 2.3. Blok Diagram Proses Mobil-Badger

2.2. Seleksi Proses

Tabel 2.1.1. Analisa masing-masing proses pembuatan etilbenzena

Parameter	Proses		
	AlCl ₃	Alkar	Mobil-Badger
Segi Teknik			
Bahan Baku	Benzena dan etilena yang digunakan harus kering	Benzena dan etilena yang digunakan harus kering	Benzena dan etilena yang digunakan tidak harus kering
Jenis Katalis	Katalis AlCl ₃	Katalis BF ₃	Katalis ZSM-5
Sifat Katalis	Korosif	Beracun	Tidak beracun
Konversi Reaksi	98%	99%	>99%
Aspek Teknis			
Suhu	300-350°C	200-300°C	400-450°C
Tekanan	5-24 atm	34 atm	14-27 atm

Aspek Ekonomis			
Biaya operasi	Mahal	Mahal	Murah

Berdasarkan uraian di atas, maka dipilih proses Mobil-Bedger dengan pertimbangan sebagai berikut:

1. Konversi yang dihasilkan cukup tinggi.
2. Proses lebih sederhana dengan biaya investasi yang lebih rendah dibandingkan proses lain yang ada.
3. Katalis yang tidak memerlukan sistem recovery dan aman bagi lingkungan.

2.3. Uraian Proses Pembuatan Etilbenzena

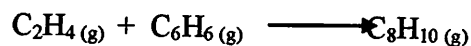
Proses pembuatan etilbenzena dari benzena dan etilena merupakan proses alkilasi benzena pada fase gas yang dilakukan didalam reaktor fixed bed multi tulbular sehingga menghasilkan produk etilbenzen dengan bantuan katalis ZSM-5. Pembuatan etilbenzen dari benzena dan etilen dengan proses Mobil-Badger ini dapat dilakukan dengan beberapa tahapan, secara umum proses pembuatan etilbenzen dari benzena dan etilena dapat dibagi menjadi beberapa tahapan yaitu:

1. Tahap persiapan bahan baku

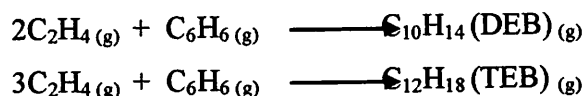
Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan etilbenzena adalah etilena dengan benzena. Etilena (gas) pada suhu 30°C dan tekanan 20 atm disimpan pada storage berbentuk spherical tank (F-111) dari storage ini etilena dipanaskan dengan heater (E-112A) sampai suhu 150C kemudian dialirkan ke dalam reaktor alkilasi (R-120). Benzena cair pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm disimpan pada storage (F-114), dari storage ini benzena dipompa (L-115) menuju vaporizer (V-116) untuk dirubah fasenya dari liquid menjadi uap dengan menggunakan steam. Dari vaporizer gas benzena masuk ke heater (E-112B) untuk dinaikkan suhunya menjadi 150°C dan kemudian dialirkan ke kompressor (E-113) untuk dinaikkan tekanannya menjadi 20 atm kemudian dialirkan ke dalam reaktor (R-120).

2. Tahap reaksi

Reaksi yang terjadi dalam reaktor berlangsung secara eksotermis pada suhu 150°C dan tekanan 20 atm, reaksi yang terjadi yaitu:



Selain itu dihasilkan produk samping berupa dietilbenzene dan terietilbenzene yang berlangsung menurut reaksi:



Produk yang dihasilkan lewat keluar lewat bagian atas reaktor transkilasi (R-121) yang kemudian diturunkan tekanannya dengan menggunakan ekspander (G-121) sampai 1 atm dan suhunya diturunkan dengan cooler (E-122) menjadi 136C. Setelah didinginkan dengan cooler kemudian dirubah fasenya dengan kondensor (E-123) menjadi liquid dan kemudian dipompa (L-124) menuju kolom destilasi (D-130).

3. Tahap pemisahan dan pemurnian

Pemisahan dilakukan dengan satu tahap, yaitu kolom destilasi (D-130) dimana tekannya 1 atm. Pada kolom destilasi (D-130) terjadi pemisahan antar etilbenzena dengan impuritisnya yaitu dietilbenzena dan trietilbenzena. Hasil atas dari kolom destilasi (D-130) berupa etilbenzena dan benzena yang kemudian masuk ke kondensor (E-133) dan ditampung dalam akumulator (F-134) dan didinginkan dengan cooler (E-136A) sampai suhu 30C dan kemudian dialirkan dengan pompa (L-135B) menuju storage produk (F-137A). Hasil bawah dari kolom destilasi (D-130) masuk ke dalam reboiler (E-131) kemudian dipompa (L-132) dan dialirkan menuju storage (F-137B) setelah didinginkan dengan cooler (E-136B) menjadi 30C.



BAB III NERACA MASSA

Kapasitas produksi = 16.500 ton/tahun
Waktu operasi = 330 hari/jam
= 24 jam/hari

Kapasitas produksi = 2,08333 ton/jam
= 2083,33333 kg/jam
Basis = 567,41020 kg/jam

BM	Komponen
16,03338	Metana
28,05488	Etilena
30,07082	Etana
78,11682	Benzena
92,14426	Toluena
106,17170	Etil Benzena
134,22658	Dietil Benzena
162,28146	Trietil Benzena

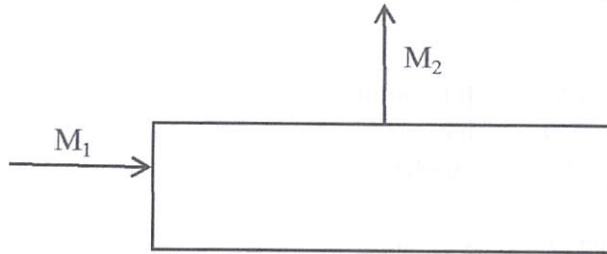
Komposisi bahan baku yang digunakan terdiri dari:

Etilena 99% = 561,73609 kg/jam
Metana 0,5% = 2,83705 kg/jam
Etana 0,5% = 2,83705 kg/jam

Benzena 99% = 561,736094 kg/jam
Toluena 1% = 5,67410196 kg/jam

1. Vaporizer (V-116)

Fungsi: mengubah fase liquid benzena menjadi uap benzena



Neraca Massa : $M_1 = M_2$

Keterangan

M_1 = aliran benzena liquid masuk dari storage bahan baku

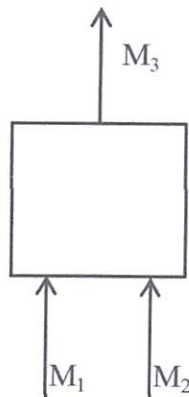
M_2 = aliran benzena uap keluar dari vaporizer

Neraca Massa Vaporizer (V-116)

Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)	
Komponen	M_1	Komponen	M_2
Benzena	561,73609	Benzena	561,73609
Toluena	5,67410	Toluena	5,67410
Total	567,41020	Total	567,41020

2. Reaktor Alkilasi (R-120)

Fungsi: mereaksikan antara etilena dan benzena menjadi etilbenzena



Neraca Massa : $M_1 = M_2 + M_3$

Keterangan

- M_1 = aliran etilena masuk dari storage bahan baku
- M_2 = aliran benzena masuk dari vaporizer
- M_3 = aliran etilbenzena keluar dari reaktor alkilasi

Diketahui:

Kondisi Operasi

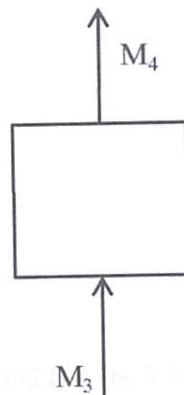
- Suhu = 150 °C
- Tekanan = 20 atm
- Konversi = 99,0%

Neraca Massa Reaktor Alkilasi (R-120)

Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)	
Komponen	M_1	Komponen	M_3
Etilena	561,73609	Etilena	5,61736
Metana	2,83705	Metana	2,83705
Etana	2,83705	Etana	2,83705
		Benzena	15,64114
Komponen	M_2	Toluena	5,67410
Benzena	1564,11424	Etilbenzena	2104,59183
Toluena	5,67410		
Total	2137,19854	Total	2137,19854

3. Reaktor Transkilasi (R-121)

Fungsi: mereaksikan antara etilena dan benzena menjadi etilbenzena



Neraca Massa : $M_3 = M_4$

Keterangan:

M_3 = aliran masuk dari reaktor alkilasi (R-120)

M_4 = aliran produk keluar dari reaktor transkilasi

Diketahui:

Kondisi Operasi

Suhu = 150 °C

Tekanan = 20 atm

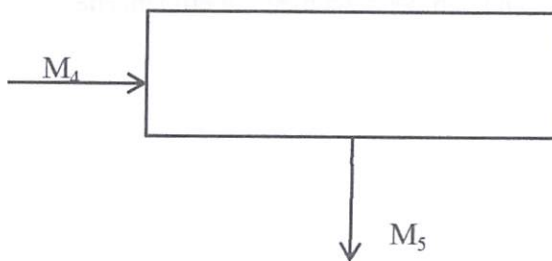
Konversi = 11%

Neraca Massa Reaktor Trankilasi (R-121)

Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)	
Komponen	M_3	Komponen	M_4
Etilena	5,61736	Etilena	0,00000
Metana	2,83705	Metana	0,00000
Etana	2,83705	Etana	0,00000
Benzena	15,64114	Benzena	13,84260
Toluena	5,67410	Toluena	5,67410
Etilbenzena	2104,59183	Etilbenzena	2083,33333
		Dietilbenzena	26,87586
		Trietilbenzena	7,47264
Total	2137,19854	Total	2137,19854

4. Kondensor (E-124)

Fungsi: merubah fase gas produk reaktor menjadi liquid



Neraca Massa : $M_4 = M_5$

Keterangan

M_4 = aliran masuk dari reaktor traskilasi (R-121)

M_5 = aliran produk liquid keluar dari kondensor

Diketahui:

Kondisi Operasi

Suhu = 70 °C

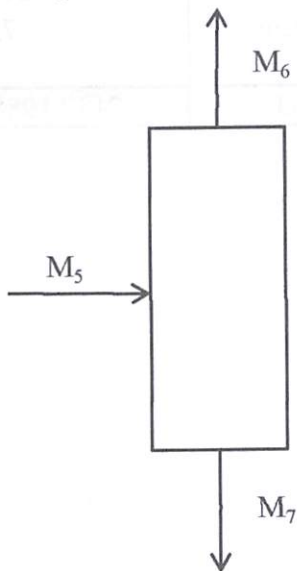
Tekanan = 1 atm

Neraca Massa Kondensor

Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)	
Komponen	M ₄	Komponen	M ₅
Benzena	13,84260	Benzena	13,84260
Toluena	5,67410	Toluena	5,67410
Etilbenzena	2083,33333	Etilbenzena	2083,33333
Dietilbenzena	26,87586	Dietilbenzena	26,87586
Trietilbenzena	7,47264	Trietilbenzena	7,47264
Total	2137,19854	Total	2137,19854

5. Destilasi (D-130)

Fungsi: memurnikan produk dari impuritisnya



Neraca Massa : $M_5 = M_6 + M_7$

Keterangan

M₅ = aliran masuk dari kondensor (E-124)

M₆ = aliran produk gas keluar dari destilasi

M₇ = aliran produk liquid keluar dari destilasi

Diketahui:

Kondisi Operasi

Suhu = 136 °C

Tekanan = 1 atm

Neraca Massa Destilasi

Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)	
Komponen	M ₅	Komponen	M ₆
Benzena	13,84260	Benzena	13,84260
Toluena	5,67410	Toluena	5,67410
Etilbenzena	2083,33333	Etilbenzena	2062,50000
Dietilbenzena	26,87586	Dietilbenzena	0,00000
Trietilbenzena	7,47264	Trietilbenzena	0,00000
		Komponen	M ₇
		Benzena	0,00000
		Toluena	0,00000
		Etilbenzena	20,83333
		Dietilbenzena	26,87586
		Trietilbenzena	7,47264
Total	2137,19854	Total	2137,19854

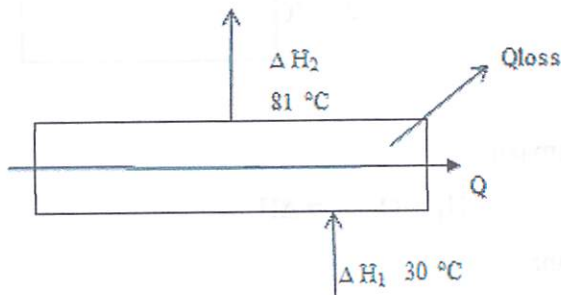
BAB IV

NERACA PANAS

Kapasitas Produksi	=	16.500	ton/tahun
Kebutuhan bahan baku	=	2.083,33333	kg/jam
Basis produksi	=	567,41020	kg/jam
Waktu operasi	=	330	hari
Satuan panas	=	kkal/jam	

1. Vaporizer (V-116)

Berfungsi merubah fase liquid benzena menjadi fase gas.



Persamaan :

$$\Delta H_1 + Q = \Delta H_2 + Q_{\text{loss}}$$

Dimana :

ΔH_1 : Panas bahan yang masuk pada suhu 30 °C

ΔH_2 : Panas bahan yang keluar pada suhu 81 °C

Q : Panas yang terkandung dalam pemanas

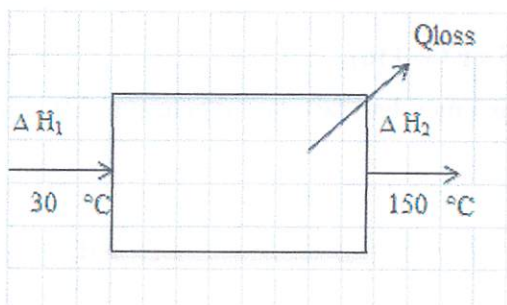
Q : Panas yang hilang selama proses

Neraca Panas di Vaporizer (V-116)

Masuk (kkal/jam)		Keluar (kkal/jam)	
ΔH_1	4919,56834	ΔH_2	15626,27803
Q_{Steam}	11270,22073	Q_{Loss}	563,51103
Total	16189,78907	Total	16189,78907

2. Heater (E-112A)

Berfungsi untuk menaikkan suhu etilena yang masuk ke reaktor alkilasi



Persamaan :

$$\Delta H_1 + Q_{\text{steam}} = \Delta H_2$$

Dimana :

ΔH_1 : Panas bahan yang masuk pada suhu 30 °C

ΔH_2 : Panas bahan yang keluar pada suhu 150 °C

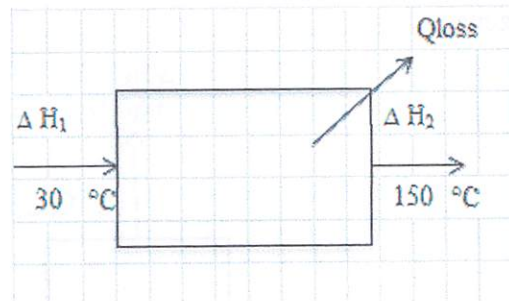
Q_{steam} : Panas saturated steam yang masuk pada 170 °C

Neraca Panas di Heater (E-112A)

Masuk (kkal/jam)		Keluar (kkal/jam)	
ΔH_1	4659,70864	ΔH_2	140489,45813
Q_{Steam}	135829,45813		
Total	140489,45813	Total	140489,45813

3. Heater (E-112B)

Berfungsi untuk menaikkan suhu benzena yang masuk ke reaktor alkilasi



Persamaan :

$$\Delta H_1 + Q_{\text{steam}} = \Delta H_2$$

Dimana :

ΔH_1 : Panas bahan yang masuk pada suhu 30 °C

ΔH_2 : Panas bahan yang keluar pada suhu 150 °C

Q_{steam} : Panas saturated steam yang masuk pada 170 °C

Q_{hilang} : Panas yang hilang selama proses

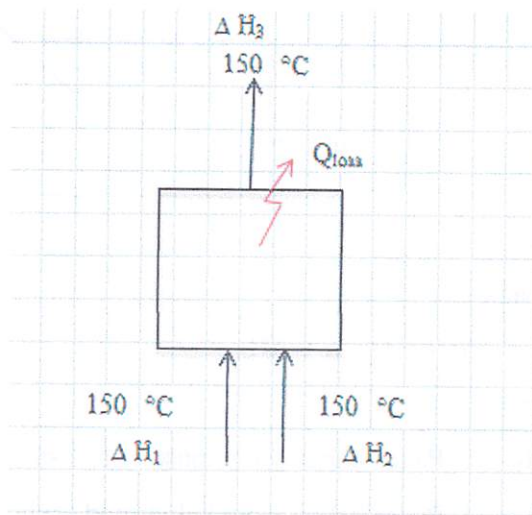
Neraca Panas di Heater (E-112B)

Masuk (kkal/jam)		Keluar (kkal/jam)	
ΔH_1	35002,86280	ΔH_2	100175,98531
Q_{Steam}	65173,12252		
Total	100175,98531	Total	100175,98531

Masuk (kkal/jam)		Keluar (kkal/jam)	
ΔH_1	35002,86280	ΔH_2	100175,98531
Q_{Steam}	65173,12252		
Total	100175,98531	Total	100175,98531

4. Reaktor Alkilasi (R-110)

- Berfungsi untuk mereaksikan gas benzena dan gas etilena menjadi etilbenzena



Persamaan :

$$\Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_R = \Delta H_3 + Q_{\text{hilang}}$$

Dimana :

ΔH_1 : Panas bahan yang masuk pada suhu 150 °C

ΔH_2 : Panas bahan yang masuk pada suhu 150 °C

ΔH_3 : Panas bahan yang keluar pada suhu 150 °C

ΔH_R : Panas reaksi yang terjadi dalam reaktor

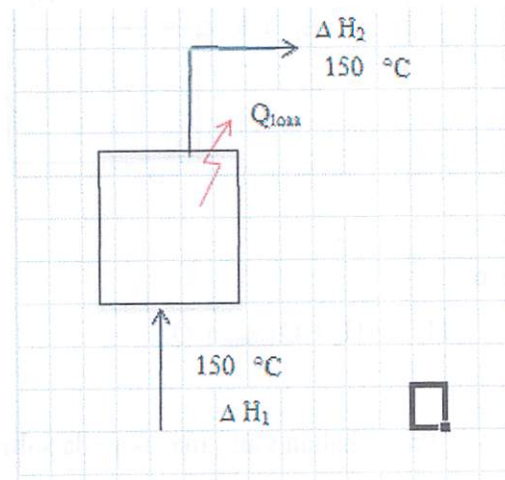
Q_{hilang} : Panas yang hilang selama proses

Neraca Panas di Reaktor Alkilasi (R-120)

Masuk (kkal/jam)		Keluar (kkal/jam)	
ΔH_1	140489,16677	ΔH_3	537432,00962
ΔH_2	277008,02070	Q_{Loss}	17161,49574
ΔH_R	74267,27267		
Q_{Steam}	211363,59056		
Total	554593,50536	Total	554593,50536

5. Reaktor Transkilasi (R-121)

Berfungsi untuk mereaksikan gas benzena dan gas etilena menjadi etilbenzena



Persamaan :

$$\Delta H_1 + \Delta H_R + Q_{\text{steam}} = \Delta H_2 + Q_{\text{hilang}}$$

Dimana :

ΔH_1 : Panas bahan yang masuk pada suhu 150 °C

ΔH_2 : Panas bahan yang keluar pada suhu 150 °C

ΔH_R : Panas reaksi yang terjadi dalam reaktor

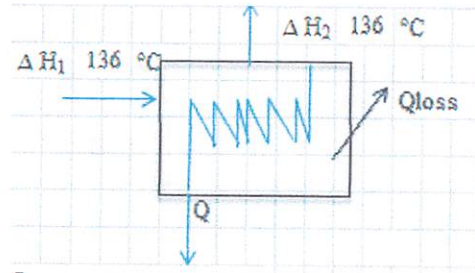
Q_{hilang} : Panas yang hilang selama proses

Neraca Panas di Reaktor Transkilasi (R-121)

Masuk (kkal/jam)		Keluar (kkal/jam)	
ΔH_1	537432,00962	ΔH_2	9556553,56585
ΔH_R	2564,13559	Q_{Loss}	26743,39370
Q_{Steam}	28362,46870		
Total	563230,34273	Total	563230,34273

6. Kondensor (E-123)

Berfungsi merubah fase gas produk reaktor menjadi liquid



Persamaan :

$$\Delta H_1 = \Delta H_2 + Q_{\text{hilang}} + Q_s$$

Dimana :

ΔH_1 : Panas bahan yang masuk pada suhu 140 °C

ΔH_2 : Panas bahan yang keluar pada suhu 140 °C

Q_s : Panas yang diserap

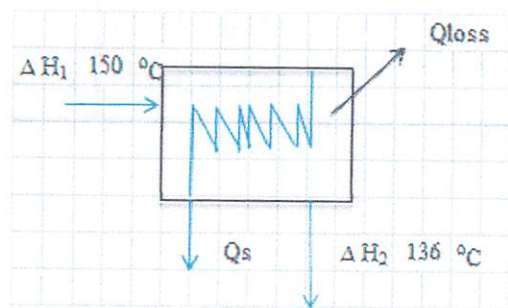
Q_{hilang} : Panas yang hilang selama proses

Neraca Panas di Kondensor (E-123)

Masuk (kkal/jam)		Keluar (kkal/jam)	
ΔH_1	484198,27246	ΔH_2	467507,02225
Q_s	7518,66341	Q_{Loss}	24209,91362
Total	491716,93588	Total	491716,93588

7. Cooler (E-122)

Berfungsi menurunkan temperatur liquid yang keluar dari reaktor



Persamaan :

$$\Delta H_1 = \Delta H_2 + Q_{\text{Pendingin}} + Q_{\text{hilang}}$$

Dimana :

ΔH_1 : Panas bahan yang masuk pada suhu 150 °C

ΔH_2 : Panas bahan yang keluar pada suhu 136 °C

$Q_{\text{pendingin}}$: Air pendingin yang digunakan

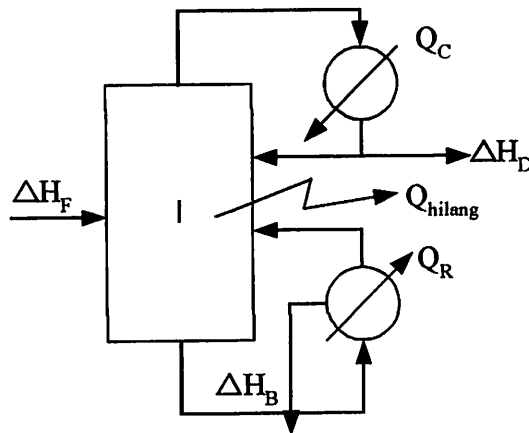
Q_{hilang} : Panas yang hilang selama proses

Neraca Panas di Pendingin (E-122)

Masuk (kkal/jam)		Keluar (kkal/jam)	
ΔH_1	536489,91892	ΔH_2	466756,94520
		Q_{Loss}	26824,49592
		$Q_{\text{pendingin}}$	42908,47778
Total	536489,91892	Total	536489,91892

8. Destilasi (D-130)

Berfungsi untuk memisahkan etilbenzena dari impuritis



Persamaan :

$$\Delta H_1 + Q_R = \Delta H_4 + \Delta H_7 + Q_C + Q_{\text{hilang}}$$

Dimana :

ΔH_1 : Panas bahan yang masuk pada suhu 136 °C

ΔH_2 : Panas uap keluar kolom destilasi menuju kondensor

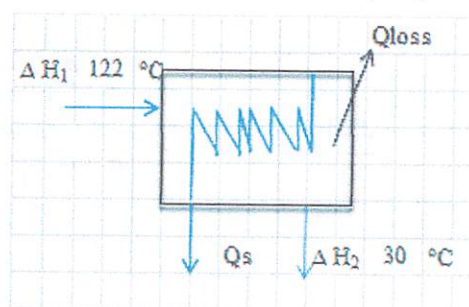
- ΔH_3 : Panas liquid sebagai refluks dari reboiler masuk kolom destilasi
 ΔH_4 : Panas produk destilat keluar kondensor
 ΔH_5 : Panas bottom keluar kolom destilasi menuju reboiler
 ΔH_6 : Panas uap sebagai refluks dari reboiler
 ΔH_7 : Panas bottom keluar reboiler
 Q_c : Panas yang terjadi disekitar kondensor
 Q_r : Panas yang terjadi pada reboiler

Neraca Panas di Kolom Destilasi (D-130)

Masuk (kkal/jam)		Keluar (kkal/jam)	
ΔH_1	461823,90172	ΔH_4	540253,96360
Q_R	190548,38298	ΔH_7	12623,61067
		Q_c	99494,71043
		Q_{loss}	0
Total	652372,28471	Total	652372,28471

9. Cooler (E-136A)

Berfungsi menurunkan temperatur produk atas yang keluar dari destilasi



Persamaan :

$$\Delta H_1 = \Delta H_2 + Q_{\text{Pendingin}} + Q_{\text{hilang}}$$

Dimana :

ΔH_1 : Panas bahan yang masuk pada suhu 122 °C

ΔH_2 : Panas bahan yang keluar pada suhu 30 °C

$Q_{\text{pendingin}}$: Air pendingin yang digunakan

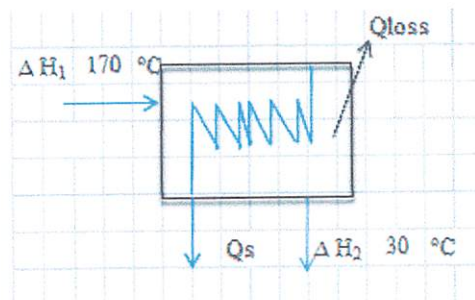
Q_{loss} : Panas yang hilang selama proses

Neraca Panas di Pendingin (E-136 A)

Masuk (kkal/jam)		Keluar (kkal/jam)	
ΔH_1	384180,62439	ΔH_2	17961,45830
		Q_{Loss}	19209,03122
		$Q_{\text{pendingin}}$	347010,13486
Total	384180,62439	Total	384180,62439

10. Cooler (E-136B)

Berfungsi menurunkan temperatur produk bawah yang keluar dari destilasi



Persamaan :

$$\Delta H_1 = \Delta H_2 + Q_{\text{pendingin}} + Q_{\text{hilang}}$$

Dimana :

ΔH_1 : Panas bahan yang masuk pada suhu 170 °C

ΔH_2 : Panas bahan yang keluar pada suhu 30 °C

$Q_{\text{pendingin}}$: Air pendingin yang digunakan

Q_{loss} : Panas yang hilang selama proses

Neraca Panas di Pendingin (E-136B)

Masuk (kkal/jam)		Keluar (kkal/jam)	
ΔH_1	15412,15112	ΔH_2	485,69043
		Q_{Loss}	770,60756
		$Q_{pendingin}$	14155,85314
Total	15412,15112	Total	15412,15112

BAB V
SPESIFIKASI ALAT

No	Nama alat	Kode	Jenis	Ukuran	Bahan konstruksi	Jumlah
1	Storage gas etilena	F-111	Sperichal tank	- Di = 155,625 in - Do = 156 in - ts = 3/16 in	Stainless steel SA 240 Grade M Type 316	1
2	Storage larutan benzena	F-114	Fixed roof	- Di = 189,348 in - Do = 190 in - ts = 4/16 in - tha = 5/16 in - ha = 4,5548 ft - tinggi shell = 226,884 in tinggi storage = 28,2233 ft	Stainless steel SA 240 Grade M Type 316	1
3	Kompresor	E-113A	Centrifugal compressor 1 stage	- n = 1 - P = 11Hp	Cast Iron	1
4	Pompa	L-115	Centrifugal pump	- Di = 2,2398 in - Do = 2,38 in - P = 1,5 Hp - kapasitas = 39,6440 gpm	Cast iron	1
5	Pompa	L-124	Centrifugal pump	- Di = 4 in - P = 2 Hp kapasitas = 1,1598 gpm	Cast Iron	1

6	Pompa	L-132	Centrifugal pump	- Di = 4 in - P = 4 Hp kapasitas = 1,9715 gpm	Cast Iron	1
7	Pompa	L-143	Centrifugal pump	- Di = 4 in - P = 4,5 Hp kapasitas = 3,1478 gpm	Cast iron	1
9	Vaporizer	V-116	Shell and Tube type HE	- kapasitas = 39,6440 gpm - Do = 2,38 in - Di = 2 in	High alloy steel	1
10	Heater I	E-122A	Shell and tube	- IDs = 13 1/4 in - OD = 1 in BWG 16 - ID = 0,87 in - L = 10 ft - Type = 1-2	Carbon steel SA 240 Grade M Type 316	1
11	Ekspander	G-121	Centrifugal	- Pin = 20 atm - Pout = 1 atm - P = 517 in - n = 1	Cast Iron	1
12	Destilasi I	D-130	Sieve tray	- Di = 41,625 in - Do = 42 in - ts = 3/16 in - tha = 3/16 in - thb = 1/16 in - jumlah tray = 32 buah - ts tray = 1/16 - pitch = segitiga	Carbon Steel SA 135 Grade B	1

13	Kondensor	E-123	Sheel and tube	<ul style="list-style-type: none"> - Tube : - OD = $\frac{3}{4}$ in 16 BWG - Panjang = 16 ft - Jumlah = 14 - Passes = 2 - Shell : - ID = 12 in - B = 12 in 	Carbon steel SA 240 grade M type 316	2
14	Reboiler	E-131	Shell and Tube	<ul style="list-style-type: none"> - Tube : - OD = $\frac{3}{4}$ in 16 BWG - Panjang = 8 ft - Jumlah = 20 - Passes = 1 - Shell : - ID = 10 in 	Carbon steel SA grade M type 316	2
15	Reaktor	R-110	Perancangan Alat Utama Margaret Nasrani Zebua NIM 10.14.001			
16	Storage produk	F-148CS	Fixed roof	<ul style="list-style-type: none"> - Di = 495 in - Do = 190 in - ts = $\frac{3}{4}$ in - tha = $\frac{3}{4}$ in - ha = 61 ft tinggi storage = 87,1456 ft 	Stainless steel SA 240 Grade M Type 316	1

BAB VI

PERANCANGAN ALAT UTAMA

Nama Alat : Kolom Distilasi

Type : *Sieve Tray*

Kode Alat : D-130

Prinsip kerja :

Kolom Distilasi berupa bejana tegak, yang berdiri pada skirt dan pondasi beton. Feed diumpankan ke dalam kolom yang memiliki plate yang tersusun secara seri. Dalam operasi normal, uap bergerak keatas melalui lubang-lubang tray yang terdispersi oleh liquida yang mengalir diatasnya.

Data : (dari neraca massa Appendiks A dan neraca panas Appendiks B)

1. Feed masuk

Rate : 2137,1985 kg/j = 20,1072 kgmol/j

Temperatur : 135,3539 °C

2. Destilat

Rate : 2082,0167 kg/j = 19,6649 kgmol/j

Temperatur : 122,0734 °C

3. Bottom

Rate : 55,1818 kg/j = 0,44250 kmol/j

Temperatur : 157,24711 °C

Tahap Perancangan:

1. Perancangan Kolom Distilasi

- a. Jumlah plate yang dibutuhkan untuk mendapatkan hasil yang dikehendaki
- b. Ukuran diameter kolom
- c. Jarak antara tray (tray spacing)
- d. Menentukan type tray
- e. Konstruksi detail tray

2. Perencanaan nozzle

3. Perencanaan mekanis

4. Perencanaan skirt support dan pondasi

Perhitungan :

Dari perhitungan neraca panas:

$$R = 0,3588$$

$$\frac{R}{R + 1} = \frac{0,3588}{0,3588 + 1}$$

$$= 0,2641$$

$$R_{\min} = 0,2392$$

$$\frac{R_{\min}}{R_{\min} + 1} = \frac{0,2392}{0,2392 + 1}$$

$$= 0,1930$$

Dari gb. 11.11. *Erbar-Maddox Correlation (Erbar and Maddox, 1961), Coulson Vol.6, hal 419:*

$$\frac{N_m}{N_{act}} = 0,5$$

1. Menentukan jumlah plate

Penentuan jumlah plate minimum (N_m) menggunakan metode *Fenske* (pers.11.7-12, *Geankoplis 3th*, hal 683)

$$N_m = \frac{\log(x_{LD}/x_{HD})D \cdot (x_{HW}/x_{LW})W}{\log \alpha_{L,av}}$$

$$= 14,6131$$

Jumlah plate aktual ditentukan dengan *Gilliand Correlation* antara plate aktual dengan refluks minimum dan plate teoritis, sehingga :

$$N_{act} = 30$$

2. Menentukan letak umpan masuk

Penentuan letak umpan masuk menggunakan metode *Kirk-Bride's* (pers, 11-7.21, *Geankoplis 3th*, hal 687)

$$\log \frac{N_e}{N_s} = 0,206 \log \left[\left(\frac{x_{HF}}{x_{LF}} \right) x \frac{W}{D} x \left(\frac{x_{LW}}{x_{HD}} \right)^2 \right]$$

$$\frac{N_e}{N_s} = 1,5255$$

$$N_e + N_s = 30$$

$$1,5255 N_s + N_s = 30$$

$$N_s = 11,8788 \approx 12$$

$$N_e + 12 = 30$$

$$N_e = 18$$

Jadi feed masuk pada plate ke-12 dari atas dan ke-18 dari bawah.

3. Menentukan distribusi beban massa pada kolom

Aliran uap masuk kondensor (V)

$$\begin{aligned} V &= (R + 1)D \\ &= 26,7206 \text{ kgmol/j} \end{aligned}$$

Aliran liquida masuk kondensor (L)

$$\begin{aligned} L &= R \times D \\ &= 7,0558 \text{ kgmol/j} \end{aligned}$$

Aliran liquida masuk reboiler

$$\begin{aligned} L' &= L + (q \times F) \\ &= 27,1631 \text{ kgmol/j} \end{aligned}$$

Aliran uap keluar reboiler

$$\begin{aligned} V' &= V \times F (q - 1) \\ &= 26,7206 \text{ kgmol/j} \end{aligned}$$

Enriching

$$V = 26,7206 \text{ kgmol/jam} = 58,9092 \text{ lbmol/j}$$

$$L = 7,0558 \text{ kgmol/j} = 15,5554 \text{ lbmol/j}$$

Exhausting

$$V' = 26,7206 \text{ kgmol} = 58,9092 \text{ lbmol/j}$$

$$L' = 27,1631 \text{ kgmol/j} = 59,8847 \text{ lbmol/j}$$

Menentukan BM Campuran

$$X_F = 0,2676 \quad Y_F = 0,6802$$

$$X_D = 1 \quad Y_D = 1$$

$$X_B = 0,0008 \quad Y_B = 0,0023$$

Enriching

- Bagian atas :

$$\begin{aligned} \text{BM liquida} &= X_D \cdot \text{BM}_L + (1 - X_D) \text{BM}_H \\ &= 92,1443 \text{ lb/lbmol} \end{aligned}$$

$$\text{BM uap} = Y_D \cdot \text{BM}_L + (1 - Y_D) \text{BM}_H$$

$$= 92,1443 \text{ lb/lbmol}$$

- Bagian bawah :

$$\text{BM liquida} = X_F \cdot \text{BM}_L + (1 - X_F) \text{BM}_H$$

$$= 81,8706 \text{ lb/lbmol}$$

$$\text{BM uap} = Y_F \cdot \text{BM}_L + (1 - Y_F) \text{BM}_H$$

$$= 87,6576 \text{ lb/lbmol}$$

Exhausting

- Bagian atas :

$$\text{BM liquida} = X_F \cdot \text{BM}_L + (1 - X_F) \text{BM}_H$$

$$= 81,8706 \text{ lb/lbmol}$$

$$\text{BM uap} = Y_F \cdot \text{BM}_L + (1 - Y_F) \text{BM}_H$$

$$= 87,6576 \text{ lb/lbmol}$$

- Bagian bawah :

$$\text{BM liquida} = X_B \cdot \text{BM}_L + (1 - X_B) \text{BM}_H$$

$$= 78,1283 \text{ lb/lbmol}$$

$$\text{BM uap} = Y_B \cdot \text{BM}_L + (1 - Y_B) \text{BM}_H$$

$$= 78,1486 \text{ lb/lbmol}$$

Perhitungan Beban Destilasi

	Uap			Liquida		
	lbmol/j	BM	lb/j	lbmol/j	BM	lb/j
Enriching						
Atas	58,9092	92,1443	5428,1422	15,5554	92,1443	1433,3363
Bawah	58,9092	87,6576	5163,8358	15,5554	81,8706	1273,5253
Exhausting						
Atas	58,9092	87,6576	5163,8358	59,8847	81,8706	4902,7957
Bawah	58,9092	78,1486	4603,6701	59,8847	78,1283	4678,6921

Perhitungan densitas campuran :

Densitas uap pada $T = 408 \text{ K}$

$$\rho = \frac{\text{BM} \times T_o \times P_1}{V_o \times T_1 \times P_o}$$

$$= 0,1717 \text{ lb/ft}^3$$

Densitas liquida pada $T = 408 \text{ K}$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{0,9445 \text{ g/mL} \times 0,0022 \text{ lb/g}}{0,000035 \text{ ft}^3/\text{mL}} \\ &= 59,3686 \text{ lb/ft}^3\end{aligned}$$

6.1. Dasar Perancangan Kolom Distilasi

Dimana :

$$\begin{aligned}V &= 58,9092 \text{ lb/j} & \rho_v &= 0,1717 \text{ lb/ft}^3 \\ L &= 4902,7957 \text{ lb/j} & \rho_L &= 59,3686 \text{ lb/ft}^3\end{aligned}$$

1. Menentukan diameter tray dan spacing kolom destilasi

$$\begin{aligned}V &= \frac{58,9092 \text{ lb/j}}{0,1717 \text{ lb/ft}^3} \times \frac{1 \text{ jam}}{3600 \text{ s}} = 8,7796 \text{ ft}^3/\text{s} \\ L &= \frac{4902,7957 \text{ lb/j}}{59,3686 \text{ lb/ft}^3} \times \frac{7,48 \text{ gal.j}}{60 \text{ ft}^3 \cdot \text{menit}} = 10,2953 \text{ gpm}\end{aligned}$$

Trial : $T = 20$ dan $\sigma = 36,1375 \text{ dyne/cm}$, didapatkan $C = 630$ (ludwig, gbr. 8.50)

$$G = C \sqrt{\rho_v(\rho_L - \rho_v)} = 2060,5479 \text{ lb/j} \cdot \text{ft}^2$$

$$\begin{aligned}d &= 1,13 \sqrt{\frac{31.212,5776}{2060,5479}} \\ &= 2,8614 \approx 3 \text{ ft}\end{aligned}$$

Misal : $L_w/d = 60 \%$, didapat $A_d = 5,25 \%$ A_t (ludwig, gbr. 8.69 hlm. 88)

$$\text{Harga Shell} = (\pi \cdot d \cdot T/12) (\$2,8) = \$ 43,96$$

$$\text{Harga Tray} = \{(1-0,5) \cdot \pi/4 \cdot d^2\} (\$0,79) = \$ 5,3023$$

$$\text{Harga Downcomer} = (0,6 \cdot d \cdot T/12) (\$0,5) = \$ 2$$

$$\begin{aligned}\text{Harga Total} &= \text{Harga Shell} + \text{Harga Tray} + \text{harga Downcomet} \\ &= \$ 43,96 + \$ 5,3023 + \$ 2 \\ &= \$ 50,7623\end{aligned}$$

Dengan cara yang sama didapatkan harga pada tabel untuk T = 12 – 36 in :

T	C	D	Harga (\$)
10	170	5,5084 ≈ 5,5	59,6116
12	330	3,9536 ≈ 4	45,1552
15	470	3,3129 ≈ 3,5	44,1164
18	580	2,9822 ≈ 3	45,9108
20	630	2,8614 ≈ 3	48,1837
24	700	2,7146 ≈ 3	53,7032
30	700	2,7146 ≈ 3	66,0437
36	700	2,7146 ≈ 3	78,3841

Diambil T = 15 dengan d = 3, karena memiliki harga yang paling murah.

2. Menentukan type aliran :

Dari gambar 8.88 ludwig, type aliran “Cross flow”

3. Pengecekan terhadap liquid head (hd)

$$Q_{\max} = 1,3 \times L = 13,3838 \text{ gpm}$$

$$Q_{\min} = 0,7 \times L = 7,2067 \text{ gpm}$$

$$h_{ow \max} = \left[\frac{Q_{\max}}{2,98 Lw} \right]^{2/3} \quad h_{ow \min} = \left[\frac{Q_{\min}}{2,98 Lw} \right]^{2/3}$$

$$hw = 1,5 - 3,5 \text{ in (diambil} = 1,5)$$

$$h_{L \max} = hw + h_{ow \max}$$

$$h_{L \min} = hw + h_{ow \min}$$

untuk d = 4 ft = 42 in, T = 15, Sieve Tray dan Cross flow :

Lw/d (%)	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80
Lw	23,1	25,2	27,3	29,4	31,5	33,6
How max	0,3356	0,3167	0,3002	0,2858	0,2729	0,2614
How min	0,2221	0,2096	0,1987	0,1891	0,1806	0,1730
hw	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
hl max	1,8356	1,8167	1,8002	1,7858	1,7729	1,7614
hl min	1,7221	1,7096	1,6987	1,6891	1,6806	1,6730

Diambil optimalisasi diameter kolom destilasi sesuai dengan :

$$Lw/d = 60 \%$$

$$hw - hc = \frac{1}{4} \text{ in}$$

$$hc = 1,5 - \frac{1}{4} = 1,25 \text{ in}$$

$$A_{dc} = Lw \times hc = 0,2188 \text{ ft}^2$$

$$A_d = 5,25 \% A_t = 0,0525 (1/4 \pi \cdot d^2) = 0,5049 \text{ ft}^2$$

$$A_p = 0,2188 \text{ ft}^2 \text{ (harga terkecil dari } A_{dc} \text{ dan } A_d)$$

$$hd = 0,03 \left[\frac{Q_L \max}{100 \times A_p} \right]^2 = 0,0112 \text{ in}$$

4. Pengecekan harga tray spacing (T)

Untuk $Lw/d = 60 \%$, pada gbr. 8.69 Ludwig didapatkan harga $Wd = 10 \% d$

$$Wd = 10 \% d = 4,2 \text{ in}$$

$$r = \frac{1}{2} d = 1,75 \text{ in}$$

$$x = r - \frac{Wd \times Ws}{12} = 1,15 \text{ ft}$$

$$A_a = 2 \left(x \sqrt{r^2 - x^2} + r^2 \sin^{-1} \frac{x}{r} \right) = 7,4257 \text{ ft}^2$$

$$\text{Untuk bentuk } \Delta \rightarrow \frac{A_o}{A_a} = \frac{0,9065}{n^2}$$

N	2,5	3	3,5	4	4,5
Aa	7,4257	7,4257	7,4257	7,4257	7,4257
Ao	1,0770	0,7479	0,5495	0,4207	0,3324

Untuk $n = 3,5$, $U_o \max$:

$$U_o \max = \frac{V_{\max}}{A_o} = 15,2600 \text{ ft}$$

$$A_c = A_t - A_d = (1/4 \pi d^2) - (5,25 \% A_t) = 9,1114$$

$$hp = 12 \left(\frac{\rho_V}{\rho_L} \right) 1,14 \left(\frac{U_o^2}{2 \times gc} \right) \left[0,4 \left(1,25 - \frac{A_o}{A_c} \right) + \left(1 - \frac{A_o}{A_c} \right)^2 \right]$$

$$= 0,1945 \text{ in}$$

$$hr = \frac{31,2}{\rho_L} = 0,5255 \text{ in}$$

$$hl = h_{ow} + hw = 1,8356 \text{ in}$$

$$h_t = h_p + h_r + h_l = 2,5556 \text{ in}$$

$$h_b = h_t + h_l + h_d = 4,4026 \text{ in}$$

$$\text{pengecekan : } \frac{h_b}{T + h_w} \leq 0,5$$

$$T \geq 2(8,0476) - 1,5$$

$$T \geq 7,3049 \text{ (memenuhi } T = 15 \text{ in)}$$

5. Stabilitas Tray dan Weeping

Syarat $h_{pm} \geq h_{pw}$

$$U_{o_{\min}} = \frac{V_{\min}}{A_o} = 11,1842 \text{ ft}$$

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

$$= 0,1045$$

$$h_{pw} = 0,2 + 0,05 h_l = 0,2918$$

6. Pengecekan pada Entrainment

Syarat tidak terjadi entrainment : $\frac{e_o}{e} \geq 1$, dimana $e_o = 0,1$

$$U_c = \frac{V_{\max}}{A_c} = 1,2527 \text{ ft/s}$$

$$T_e = T - 2,5 h_l = 10,4110 \text{ in}$$

Sehingga :

$$e = 0,22 \left(\frac{73}{\sigma} \right) \left(\frac{U_c}{T_e} \right)^{3,2} = 0,0400$$

$$\frac{e_o}{e} = 2,4973 \geq 1 \text{ (memenuhi syarat)}$$

7. Pelepasan uap dalam Downcomer

Syarat pelepasan uap dalam downcomer : $\frac{w_l}{w_d} \leq 0,6 \text{ in}$

$$w_l = 0,8 \times \sqrt{h_{ow} (T + h_w + h_b)} = 1,5659 \text{ in}$$

$$w_d = 11 \% d \text{ (11\% dari Ludwig, fig. 8.48 hal. 77, dengan } l_w/d = 60 \% \text{)}$$

$$= 4,62 \text{ in}$$

$$\frac{w_l}{w_d} = 0,3389 < 0,6 \text{ (memadai)}$$

8. Menentukan Dimensi Kolom

Menentukan Tinggi Kolom

Jumlah tray aktual = 30 tray

Jumlah tray total = Tray aktual + 1 tray Kondensor + 1 tray Reboiler
= 32 tray

Jarak antar tray (T) = 12 in

Tinggi shell = 32 × 12 in = 384 in = 32 ft

Di kolom distilasi = 3,5 ft = 42 in

Tutup atas dan bawah berbentuk standart dished

$$V_{\text{dish}} = 0,0847 d^3 = 3,3615 \text{ ft}^3$$

Tinggi tutup (La = Lb) = 0,169 d = 7,098 in

Tinggi tangki total = La + Ls + Lb = 398,1960 in

$$V_{\text{Liquida}} = \frac{F}{\rho_L} = 19,7994 \text{ ft}^3$$

Kolom destilasi di isi 80 %, maka :

$$V_{\text{kolom}} = \frac{205,7681}{0,8} = 24,7429 \text{ ft}^3$$

$$V_{\text{liq. dlm shell}} = V_{\text{liquida}} - V_{\text{dish}} \\ = 16,1678 \text{ ft}^3$$

$$V_{LS} = \frac{1}{4} \pi d_i^2 hl$$

$$hl = \frac{V_{LS}}{\frac{1}{4} \pi d_i^2} = 1,6813 \text{ ft}$$

Tinggi larutan = hl + hb = 5,3128 ft

$$P_{\text{design}} = P_{\text{operasi}} + P_{\text{hidrostatik}}$$

$$= 14,7 + \frac{\rho_L \times hl}{144} = 15,3932 \text{ psi}$$

Menentukan tebal tangki (ts) :

Berdasarkan Brownell & Young hal 254 dan 335, maka bahan yang digunakan carbon steel SA 135 Grade B, F = 12.750, E = 0,85, C = 1/6

$$ts = \frac{\pi \times di}{2(FE - 0,6 \pi)} + C$$

$$= \frac{1,7165}{16} = \frac{3}{16} \text{ in}$$

Standarisasi : $do = di + 2ts = 42,375 \text{ in}$

Pendekatan ke $do = 42 \text{ in}$ (*Brownell & Young* tabel 5.7 hal 89)

$Di = do - 2ts = 41,625 \text{ in} = 3,4688 \text{ ft}$

Menentukan tebal tutup atas standart dished (tha)

$r = d = 3,4688 \text{ ft} = 41,625 \text{ in}$

$$tha = \frac{0,885 \times \pi \times r}{FE - 0,1\pi} + C$$

$$= \frac{3}{16} \text{ in}$$

6.2. Perancangan Nozzle

Nozzle pada kolom destilasi dibagi menjadi 5 macam :

1. Nozzle feed masuk
2. Nozzle top kolom
3. Nozzle refluks kondensor
4. Nozzle bottom kolom
5. Nozzle uap reboiler

Uraian :

1. Nozzle feed masuk

$$\begin{aligned} \text{Rate massa} &= 2137,1985 \text{ kg/j} \\ &= 1,3088 \text{ lb/s} \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{liquida}} = 59,3686 \text{ lb/ft}^3$$

$$Q = \frac{m}{\rho_L} = \frac{1,3088 \text{ lb/s}}{59,3686 \text{ lb/ft}^3} = 0,0220 \text{ ft}^3/\text{s}$$

Dari *Peters & Timmerhaus 4th*, pers. 15 hal. 496, didapat :

$$\begin{aligned} Di_{\text{optimal}} &= 3,9 \times Q_L^{0,45} \times \rho^{0,13} \\ &= 1,1916 \text{ in} \approx 3 \frac{1}{2} \text{ in} \end{aligned}$$

2. Nozzle top kolom

$$\text{Rate massa} = 2082,0167 \text{ kg/j}$$

$$= 1,2750 \text{ lb/s}$$

$$\rho_{\text{liquida}} = 59,3686 \text{ lb/ft}^3$$

$$Q = \frac{m}{\rho_L} = \frac{1,2750 \text{ lb/s}}{59,3686 \text{ lb/ft}^3} = 0,0215 \text{ ft}^3/\text{s}$$

Dari *Peters & Timmerhaus 4th*, pers. 15 hal. 496, didapat :

$$\text{Di optimal} = 3,9 \times Q_L^{0,45} \times \rho^{0,13}$$

$$= 1,1776 \text{ in} \approx 2 \text{ in}$$

3. Nozzle refluks kondensor

$$\text{Rate massa} = 729,0642 \text{ kg/j}$$

$$= 0,4465 \text{ lb/s}$$

$$\rho_{\text{liquida}} = 59,3686 \text{ lb/ft}^3$$

$$Q = \frac{m}{\rho_L} = \frac{0,4465 \text{ lb/s}}{59,3686 \text{ lb/ft}^3} = 0,0075 \text{ ft}^3/\text{s}$$

Dari *Peters & Timmerhaus 4th*, pers. 15 hal. 496, didapat :

$$\text{Di optimal} = 3,9 \times Q_L^{0,45} \times \rho^{0,13}$$

$$= 0,7344 \text{ in} \approx 1 \text{ in}$$

4. Nozzle bottom kolom

$$\text{Rate massa} = 55,1818 \text{ kg/j}$$

$$= 0,0338 \text{ lb/s}$$

$$\rho_{\text{liquida}} = 59,3686 \text{ lb/ft}^3$$

$$Q = \frac{m}{\rho_L} = \frac{0,0338 \text{ lb/s}}{59,3686 \text{ lb/ft}^3} = 0,0006 \text{ ft}^3/\text{s}$$

Dari *Peters & Timmerhaus 4th*, pers. 15 hal. 496, didapat :

$$\text{Di optimal} = 3,9 \times Q_L^{0,45} \times \rho^{0,13}$$

$$= 0,2299 \text{ in} \approx 1 \text{ in}$$

5. Nozzle uap reboiler

$$\text{Rate massa} = 44,1455 \text{ kg/j}$$

$$= 0,0270 \text{ lb/s}$$

$$\rho_{\text{liquida}} = 59,3686 \text{ lb/ft}^3$$

$$Q = \frac{m}{\rho_L} = 0,0005 \text{ ft}^3/\text{s}$$

Dari *Peters & Timmerhaus 4th*, pers. 15 hal. 496, didapat :

$$\begin{aligned} \text{Di optimal} &= 3,9 \times Q_L^{0,45} \times \rho^{0,13} \\ &= 0,2079 \text{ in} \approx 1 \text{ in} \end{aligned}$$

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

Nozzle	NPS	A	T	R	E	L	B
A	3,5	8 1/2	15/16	5 1/2	4 13/16	1 1/4	4,06
B	2	6	3/4	3 5/8	3 1/16	1	2,44
C	2	6	3/4	3 5/8	3 1/16	1	2,44
D	3	7 1/2	15/16	5	4 1/4	1 3/16	3,56
E	3	7 1/2	15/16	5	4 1/4	1 3/16	3,56

Keterangan :

- Nozzle A : Nozzle feed masuk
- Nozzle B : Nozzle top kolom
- Nozzle C : Nozzle refluks kondensor
- Nozzle D : Nozzle uap reboiler
- Nozzle E : Nozzle bottom kolom
- 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

6.3. 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.

1. Flange

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

(*Brownell & Young, App.D hal 344*)

Tensile stress minimum : 75.000

Allowable stress : 17.872

Type flange : Ring Flange Loose Type

2. Bolting

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

(*Brownell & Young, App.D hal 342*)

Tensile stress minimum : 75.000

Allowable stress : 14.468

3. Gasket

Bahan : Solid Flat Metal Iron

Gasket faktor : 6,5

Minimum Design seating stress (Y) : 26.000

1. Menentukan lebar gasket

Penentuan lebar gasket dengan menggunakan rumus dari *Brownell & Young* pers.

12.2 hal. 226

$$\frac{d_o}{d_i} = \sqrt{\frac{y - p \cdot m}{y - p(m + 1)}}$$

$$\frac{d_o}{d_i} = \sqrt{\frac{26.000 - 14,7 \times 6,5}{26.000 - 14,7(6,5 + 1)}}$$

$$\frac{d_o}{d_i} = 1,0003$$

d_i gasket = OD shell = 42 in

d_o gasket = $1,0003 \times 42 = 42,0119$ in

$$\text{Lebar gasket minimum} = \frac{(d_o - d_i)}{2} = \frac{(42,0119 - 42)}{2} = \frac{0,954}{16} \approx \frac{1}{16} \text{ in}$$

$$= \frac{1}{16} \text{ in} = 0,0625 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter rata-rata gasket (G)} &= d_i + \text{lebar gasket} \\ &= 42 + 0,0625 = 42,0625 \text{ in} \end{aligned}$$

2. Perhitungan jumlah dan ukuran baut

a. Perhitungan beban baut

- Beban supaya gasket tidak bocor (H_Y)

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

Dari fig. 12.12, hal 229 didapatkan lebar seating gasket bawah :

$$b_o = \frac{N}{2} = \frac{1/6}{2} = 0,0313 \text{ in}$$

untuk $b_o < 1/4$, $b = b_o = 1/32 = 0,0313 \text{ in}$

sehingga :

$$\begin{aligned} H_Y = W_{m_2} &= 0,0313 \times 3,14 \times 42,0625 \times 26.000 \\ &= 107.311,9531 \text{ lb} \end{aligned}$$

- Beban tanpa tekanan (H_p)

$$\begin{aligned} H_p &= 2 \times b \times \pi \times G \times m \times p \quad (\text{Brownell \& Young, pers. 12.90, hal 240}) \\ &= 2 \times 0,0313 \times 3,14 \times 42,0625 \times 6,5 \times 14,7 \\ &= 788,7429 \text{ lb} \end{aligned}$$

- Beban baut karena internal pressure (H)

$$\begin{aligned} H &= \frac{\pi \times G^2 \times p}{4} \quad (\text{Brownell \& Young, pers. 12.89, hal 240}) \\ &= \frac{3,14 \times 42,0625^2 \times 14,7}{4} = 20.416,3055 \text{ lb} \end{aligned}$$

∴ Total berat pada kondisi operasi

$$W_{m_1} = H + H_p = 20.416,3055 + 788,7429 = 21.205,0483 \text{ lb}$$

Karena $W_{m_2} > W_{m_1}$, maka yang mengontrol adalah W_{m_2}

b. Perhitungan luas bolting minimum area

$$\begin{aligned} A_m &= \frac{W_{m_2}}{f_b} \\ &= \frac{107.311,9531}{14468} = 7,4172 \text{ in} \end{aligned}$$

c. Perhitungan bolt minimum

Dari *Brownell & Youn*, tabel 10.4 hal 188 dicoba :

$$\text{Ukuran baut} = 5/8$$

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

$$\text{Maka jumlah bolting minimum} = \frac{A_m}{\text{Root area}} = \frac{7,4172}{0,202} = 36,7188 \approx 37 \text{ buah}$$

Dari *Brownell & Young*, tabel 10.4, hal 188, didapat :

$$\text{Bolt spacing (Bs)} = 1 \frac{1}{2} \text{ in}$$

$$\text{Minimum radial distance (r)} = 15/16 \text{ in}$$

$$\text{Edge distance (E)} = \frac{3}{4} \text{ in}$$

$$\text{Bolting circle diameter (C)} = \text{ID shell} + 2(1,4159 \times \text{go} + \text{R})$$

$$\text{Dengan go} = \text{tebal shell} = 3/16$$

$$C = 41,625 + 2(1,4159 \times 3/16 + 15/16) = 44,031 \text{ in}$$

Diameter luar flange :

$$\text{OD} = C + 2E = 44,031 + 2(3/4) = 45,531 \text{ in}$$

Cek lebar gasket :

$$A_b \text{ actual} = \text{jumlah bolt} \times \text{root area} = 37 \times 0,202 = 7,474 \text{ in}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Lebar gasket minimum} &= \frac{A_{\text{actual}} \times F}{2 \times \pi \times Y \times G} = \frac{7,474 \times 14.468}{2 \times 3,14 \times 26.000 \times 42,0625} \\ &= 0,0157 < 0,625 \text{ in (memenuhi)} \end{aligned}$$

$$\text{Lebar gasket} = 0,0157 \text{ in} = \frac{0,2519}{16} \approx \frac{1}{16} \text{ in}$$

d. Perhitungan moment

Untuk keadaan bolting up (tanpa tekanan dalam)

$$\begin{aligned} W &= \frac{(A_b + A_m) \times F_a}{2} \quad (\text{Brownell \& Young, pers. 12.94 hal 242}) \\ &= \frac{(7,474 + 7,4172) \times 14.468}{2} = 107.722,8926 \text{ lb} \end{aligned}$$

Jarak radial dari beban gasket terhadap bolt circle (hg)

$$\begin{aligned} hg &= \frac{C - \text{ID}}{2} \quad (\text{Brownell \& Young, pers. 12.101 hal 242}) \\ &= \frac{44,031 - 42,0625}{2} = 0,9842 \text{ in} \end{aligned}$$

Moment Flange (M_a) :

$$M_a = h_g \times W = 0,9842 \times 107.722,8926 = 106.024,2372 \text{ lbin}$$

Dalam keadaan operasi :

$$W = W_{m_2} = 107.311,9531 \text{ lb}$$

Moment & force pada daerah dalam flange (H_D)

$$H_D = 0,785 \times B^2 \times p \quad (\text{Brownell \& Young, pers. 12.96 hal 242})$$

Dimana :

$$B = \text{Diameter luar shell} = 42 \text{ in}$$

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

$$H_D = 0,785 \times 42^2 \times 14,7 = 20.355,678 \text{ lb}$$

Radial bolt circle pada aksi H_D

$$h_D = \frac{C - B}{2} = \frac{44,031 - 42}{2} = 1,0155 \text{ in}$$

Moment M_D :

$$M_D = h_D \times H_D \quad (\text{Brownell \& Young, pers. 12.96 hal 242})$$

$$= 1,0155 \times 20.355,628 = 20.670,5093 \text{ lb.in}$$

$$H_G = W - H \quad (\text{Brownell \& Young, pers. 12.98 hal 242})$$

$$= 107.311,9031 - 20.416,3055 = 86.895,6477 \text{ lb}$$

$$M_G = H_G \times h_G \quad (\text{Brownell \& Young, pers. 12.98 hal 242})$$

$$= 86.895,6477 \times 0,9842 = 85.525,4119 \text{ lb.in}$$

$$H_T = H - H_D \quad (\text{Brownell \& Young, pers. 12.97 hal 242})$$

$$= 20.416,3055 - 20.355,628 = 60,6275 \text{ lb}$$

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

$$= \frac{1,0155 + 0,9842}{2} = 0,9999 \text{ lb}$$

Moment M_T

$$M_T = H_T \times h_T$$

$$= 20.355,8093 \times 0,9999 = 60,6187 \text{ lb.in}$$

Moment total pada keadaan operasi :

$$\begin{aligned} M_o &= M_D + M_G + M_T \\ &= 20.670,8093 + 85.525,4119 + 60,6187 \\ &= 106.256,84 \end{aligned}$$

M max = Mo karena Mo > Ma

e. Perhitungan tebal flange

$$K = \frac{A}{B}$$

A = diameter luar flange = 45,531 in

B = diameter luar shell = 42 in

Maka :

$$K = \frac{45,531}{42} = 1,0841$$

Dari *Brownell & Young 12.2 hal 221*

Dengan harga K = 1,0841 didapat harga y = 25

Sehingga tebal flange :

$$t = \sqrt{\frac{Y \times M \text{ max}}{f \times B}}$$

$$t = \sqrt{\frac{25 \times 106.256,84}{14.468 \times 42}} = 2,0908 \text{ in} = \frac{33,4533}{16} \approx 2 \frac{1}{16}$$

6.4. Perhitungan 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

$$\text{Tebal shell} = 3/16 \text{ in} = 0,0156 \text{ ft}$$

$$\text{Tinggi shell} = 384 \text{ in} = 32 \text{ ft}$$

$$\text{Keliling shell} = \pi \times d_o = 3,14 \times 42 \text{ in} = 131,88 \text{ in} = 10,99 \text{ ft}$$

$$\text{Luas shell} = \text{keliling} \times \text{tebal shell} = 10,99 \times 0,0156 = 0,1717 \text{ ft}^2$$

$$\text{Volume shell} = \text{luas shell} \times \text{tinggi} = 0,1717 \times 32 = 5,8384 \text{ ft}^3$$

$$\rho_{\text{steel}} = 487 \text{ lb/ft}^3 \text{ Perry's } 6^{\text{th}} \text{ tabel 3-118 hal 3-95}$$

$$\text{Berat shell (Ws)} = \text{Volume} \times \rho_{\text{steel}} = 2676,0650 \text{ lb}$$

b. Berat tutup

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

$$A = 6,28 \times R_c \times h \quad (\text{Hesse pers. 4.16 hal 192})$$

Dimana :

$$W_d = \text{berat tutup standart dish (lb)}$$

$$A = \text{luas tutup standart dish (ft}^2\text{)}$$

$$t = \text{tebal tutup standart dish} = 3/16 \text{ in} = 0,0156 \text{ ft}$$

$$\rho = \text{densitas } 487 \text{ lb/ft}^3$$

$$R_c = \text{crown radius} = 41,625 \text{ in} = 3,4688 \text{ ft}$$

$$h = \text{tinggi tutup standart dish} = 7,098 \text{ in} = 0,5915 \text{ ft}$$

Maka :

$$A = 6,28 \times 3,4688 \times 0,5915 = 12,8851 \text{ ft}^2$$

Sehingga berat satu tutup

$$W_{\text{di}} = 12,8851 \times 0,0156 \times 487 = 98,0475 \text{ lb}$$

Berat tutup total

$$W_{\text{tu}} = 2 W_{\text{di}} = 2 \times 98,0475 = 196,0949 \text{ lb}$$

c. Berat downcomer

Dipakai dasar perhitungan dengan downcomer tanpa aliran uap

$$\text{Luas downcomer} = \frac{1}{4} \times \pi \times d_i^2 = \frac{1}{4} \times 3,14 \times (41,625/12)^2 = 9,4453 \text{ ft}^2$$

$$\text{Volume} = \text{luas} \times \text{tebal} = 9,4453 \times 0,0156 = 0,1476 \text{ ft}^3$$

$$\text{Berat satu plate} = \text{volume} \times \rho = 0,1476 \times 487 = 71,8728 \text{ lb}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat downcomer (Wd)} &= \text{jumlah plate} \times \text{berat 1 plate} \\ &= 30 \times 71,8728 = 2156,1844 \text{ lb}\end{aligned}$$

d. Berat tray

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

$$\text{Luas tray} = A_c - A_o = 9,1114 - 0,5495 = 8,5619 \text{ ft}^2$$

$$\text{Jumlah tray} = 32 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat tray (Wtr)} &= n \times \text{luas tray} \times \text{berat tray} \\ &= 32 \times 8,5619 \times 25 = 6849,518 \text{ lb}\end{aligned}$$

Penyangga tray yang digunakan equal angles (*Brownell, App. G hal 358*)

$$\text{Ukuran} = 1 \frac{1}{2} \text{ "} \times 1 \frac{1}{2} \text{ "} \times \frac{1}{4} \text{ "}$$

$$\text{Berat} = 2,34 \text{ lb/ft}$$

$$\text{Wpt} = 2,34 \times 32 \times 1,5/12 = 9,36 \text{ lb}$$

e. Berat larutan

$$\text{Rumus : } Wl = m \times t$$

Dimana :

$$Wl = \text{berat larutan dalam kolom destilasi} = 22211,1949 \text{ kg/j}$$

$$t = \text{waktu tinggal dalam kolom destilasi} = 15 \text{ menit}$$

Maka :

$$Wl = 22211,1949 \times 2,2046 \times 15/60 = 12241,7 \text{ lb}$$

f. Berat pipa

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

$$\text{Ditetapkan } 2 \times \text{tinggi kolom destilasi} = 2 \times 422,196 = 844,392 \text{ in} = 70,366 \text{ ft}$$

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

$$\text{Berat pipa (Wp)} = 70,366 \times 2,718 = 19,2548 \text{ lb}$$

g. Berat attachment

Berat attachment meliputi nozzle, valve dan alat kontrol

$$\text{Rumus : } W_a = 18 \% W_s \text{ (Brownell \& Young, pers.9.8 hal 157)}$$

$$= 18 \% 2843,3191 = 511,7974 \text{ lb}$$

∴ Berat total yang harus ditopang penyangga :

$$W_{\text{total}} = W_s + W_{tu} + W_d + W_{pt} + W_l + W_p + W_a = 25142,9743 \text{ lb}$$

2. Perencanaan skirt support

- Sistem penyangga yang digunakan adalah skirt support
- Kolom secara keseluruhan terbuat dari High Alloy Steel SA-240 Grade M Type 316
- Tinggi support = 2 ft = 24 in

Menentukan tebal skirt

- Stress karena angin

$$f_{wb} = \frac{15,89 \times \left(\frac{D_o + D_i}{2} \right) \times H^2}{D_o^2 \times t} \quad (\text{Brownell \& Young, pers.9.20 hal 183})$$

H = tinggi skirt ke top kolom = 2 + 35,183 = 37,183 ft = 446,196 in

$$f_{wb} = \frac{15,89 \times \left(\frac{42 + 41,625}{2} \right) \times 446,196^2}{42^2 \times t} = \frac{74986,4505}{t}$$

- Stress dead weight

$$f_{db} = \frac{\Sigma W}{\pi \times d_o \times t} \quad (\text{Brownell \& Young, pers.9.6 hal 183})$$

$$= \frac{25142,9743}{3,14 \times 42 \times t} = \frac{190,6504}{t}$$

- Stress kompresi maksimum

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

Dimana : E concrete = $2 \cdot 10^6$ psi (Brownell & Young, hal 183)

$$f_{c \max} = 0,125 \times 2 \cdot 10^6 (t/d_o)$$

$$= 5952,381 t$$

$$f_{c \max} = f_{wb} + f_{db} \quad (\text{Brownell \& Young, pers.9.80 hal 183})$$

$$5952,381 t = \frac{74986,4505}{t} + \frac{190,6504}{t}$$

$$t = \sqrt{\frac{75177,1009}{5952,381}} = 3,5538 \text{ in}$$

jadi tebal skirt yang digunakan = 3,5538 in

3. Perhitungan bearing plate

Dari *Brownell & Young*, tabel 10.1 hal 184 diperoleh

$$f_c' = 3.000 \text{ psi}$$

$$f_{c \text{ max}} = 1.200 \text{ psi}$$

$$n = 10$$

f_s allowable untuk strukturalsteel skirt = 45.000 psi

$$\text{Diameter kolom} = 41,625$$

Ditetapkan

$$\text{ID bearing plate} = 42$$

$$\text{OD bearing plate} = 1,25 \times 42 = 52,2$$

$$\text{Jumlah chair} = 4 \quad (\text{Brownell \& Young, tabel 10.5 hal 191})$$

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

$$\text{Ukuran baut} = 1 \frac{1}{4} \text{ in} \quad (\text{Brownell \& Young, tabel 10.4 hal 188})$$

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

Dari pers. 9.11, *Brownell & Young*, hal 158

$$P_w = 0,0025 \times V_w^2 \quad (\text{Brownell \& Young, pers.9.11 hal 158})$$

Dimana :

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

$$V_w = \text{kecepatan angin} = 100 \text{ mph}$$

Maka :

$$P_w = 0,0025 \times 100^2 = 25 \text{ lb/ft}^2$$

$$M_w = \frac{1}{2} \times P_w \times H^2 \times \frac{\text{ID} + \text{OD}}{2}$$

Dimana :

$$M_w = \text{bending moment pada puncak kolom (lb.ft)}$$

$$d_{\text{eff}} = \text{diameter efektif vessel} = (d_i + d_o)/2$$

$$H = \text{tinggi dari skirt ke top kolom} = 2 + 35,183 = 37,183 \text{ ft}$$

Maka :

$$\begin{aligned} M_w &= \frac{1}{2} \times 25 \times 37,183^2 \times \frac{3,4688 + 3,5}{2} \\ &= 60.217,6434 \end{aligned}$$

$$t_3 = \frac{(OD - ID)_{BP}}{2} = \frac{(52,5 - 42)}{2} = 5,25 \text{ in}$$

Diperkirakan $f_c = 1.000 \text{ psi}$

$$K = \frac{1}{\left(1 + \frac{f_s}{n + f_c}\right)} \quad (\text{Brownell \& Young, pers.10.3 hal 184})$$

$$= 0,1818$$

$$F_c (\text{bolt circle}) = f_{c \max} \times \frac{2 \times K \times D_o}{2 \times K \times D_o \times t_3}$$

$$= 1.200 \times \frac{2 \times 0,1818 \times 52,5}{2 \times 0,1818 \times 52,5 \times 5,25}$$

$$= 228,5714 < 1.000 \text{ (memenuhi)}$$

Dari *Brownell & Young*, tabel 10.2, hal 186

Untuk harga $K = 0,1818$ maka :

$$C_c = 1,565 \quad z = 0,4626$$

$$C_t = 2,702 \quad j = 0,7742$$

Tensile Load (F) :

$$F_t = \frac{Mw - Wdw \times z \times d}{j \times d}$$

$$= \frac{60.217,6434 - 25.142,9743 \times 0,4626 \times 52/12}{0,7742 \times 52/12} = 2.754,9637 \text{ lb}$$

Dimana :

$$A = \text{root area} = 0,89 \quad (\text{Brownell \& Young, pers.10.4 hal 188})$$

$$d_{\text{bolt}} = 1 \frac{1}{4} \text{ in}$$

$$\text{jumlah baut} = 8$$

$$t_1 = \frac{8 \times 0,89}{3,14 \times 1,25} = 1,814 \text{ in}$$

Relation ship pada tension side :

$$F_t = f_s \times t_1 \times r \times C_t \quad (\text{Brownell \& Young, pers.10.9 hal 185})$$

$$f_s = \frac{F_t}{t_1 \times r \times C_t} = \frac{2.754,9637}{1,814 \times (52,5/12) \times 2,702} = 128,5 \text{ psi}$$

$$F_t + Wdw - F_c = 0 \quad (\text{Brownell \& Young, pers.10.27 hal 186})$$

$$F_c = F_t + Wdw = 2.754,9637 + 25.142,9743 = 27.897,9379 \text{ lb}$$

Kompresive stress sesungguhnya pada bolt circle (fc) :

$$F_c = (t_2 + n.t_1) \times R \times f_c \times C_c \quad (\text{Brownell \& Young, pers.10.8 hal 186})$$

$$t_2 = t_3 - t_1 = 5,25 - 1,814 = 3,436 \text{ in}$$

$$f_c = \frac{F_c}{(t_2 + n.t_1) \times r \times C_c}$$

$$= \frac{27.897,9379}{(3,436 + 10 \times 1,814) \times (52,5/12) \times 1,1565} = 188,8454$$

Pengecekan harga k

$$K = \frac{1}{\left(1 + \frac{f_s}{n + f_c}\right)} \quad (\text{Brownell \& Young, pers.10.3 hal 184})$$

$$= 0,6871$$

Untuk harga K = 0,6871 maka :

$$C_c = 2,24 \quad z = 0,369$$

$$C_t = 1,765 \quad j = 0,784$$

Tensile Load (F) :

$$F_t = \frac{M_w - Wdw \times z \times d}{j \times d}$$

$$= \frac{60.217,6434 - 25.142,9743 \times 0,369 \times 52,5/12}{0,784 \times 52,5/12} = 5.122,2899 \text{ lb}$$

$$t_1 = 1,814$$

Relation ship pada tension side :

$$f_s = \frac{F_t}{t_1 \times r \times C_t} = \frac{5.122,2899}{1,814 \times (52,5/12) \times 1,675} = 408,5138 \text{ psi}$$

$$F_c = F_t + Wdw = 5.122,2899 + 25.142,9743 = 30.865,2642 \text{ lb}$$

Kompresive stress sesungguhnya pada bolt circle (fc) :

$$t_2 = t_3 - t_1 = 5,25 - 1,814 = 3,436 \text{ in}$$

$$f_c = \frac{F_c}{(t_2 + n.t_1) \times r \times C_c}$$

$$= \frac{30.865,2642}{(3,436 + 10 \times 1,814) \times (52,5/12) \times 2,24} = 145,9724$$

Pengecekan harga k

$$K = \frac{1}{\left(1 + \frac{f_s}{n + f_c}\right)} = 0,7813$$

$$\% \text{ penyimpangan} = \frac{0,7813}{0,6871} \times 100\% = 13,71522 \%$$

$$\begin{aligned} f_{c \max} &= f_c \text{ bolt circle} \times \frac{2 \times K \times d + t_3}{2 \times K \times d} \\ &= 145,9724 \times \frac{2 \times 0,7813 \times 52,5 + 5,25}{2 \times 0,7813 \times 52,5} \\ &= 155,3136 < 1.200 \text{ psi (memenuhi)} \end{aligned}$$

Dari *Brownell & Young*, tabel 10.4 hal 188 didapatkan ukuran baut 1 ¼” dengan dimensi

$$\text{Bolt Circle (BC)} = 2 \frac{13}{16}$$

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

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

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

Bearing plate diperkuat dengan 8 buah gusset yang mempunyai spasi yang sama (gusset spacing/b)

Dari gambar 10.6, *Brownell & Young*, hal 191, didapat :

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

$$\text{Jarak antara gusset : } b = 8 + 1 \frac{1}{4} = 9 \frac{1}{4} \text{ “}$$

$$\text{Luas area bolt (} A_b) = 0,890$$

$$\text{Beban bolt (} P) = f_s \times A_b = 408,5138 \times 0,89 = 363,5773 \text{ lb}$$

$$L = (OD_{BP} - OD_{shell}) = 52,5 - 42 = 5,25 \text{ in}$$

$$\frac{b}{l} = \frac{9,25}{5,25} = 4$$

Dari *Brownell & Young*, tabel. 10.4, hal 188, didapat :

$$e = \frac{2}{2} = 1$$

$$\mu = \text{Poison Ratio} = 0,3 \text{ (untuk steel)}$$

$$\gamma_1 = 0,565$$

$$M_y = \frac{P}{4\pi} \times \left[(1 + \mu) \times \ln\left(\frac{2l}{\pi e}\right) + (1 - \gamma_1) \right]$$

M_y = Maximum bending moment

$$M_y = \frac{363,5773}{4 \times 3,14} \times \left[(1 + 0,3) \times \ln\left(\frac{2 \times 5,25}{3,14 \times 1}\right) + (1 - 0,565) \right]$$

$$= 58,0186 \text{ in.lb}$$

$$t_5 = \sqrt{\frac{6 \times M_y}{f_{\max}}} = \sqrt{\frac{6 \times 58,0186}{45.000}} = 0,088 \text{ in} = \frac{1,4073}{16} \approx \frac{1}{8} \text{ in}$$

Maka tebal compression plate adalah 1/8 “

$$t_4 = \sqrt{\frac{6 \times M_y}{(t_3 - bhd) \cdot f_{\text{allow}}}} = \sqrt{\frac{6 \times 58,0186}{(5,25 - 1,25) 45.000}} = \frac{0,7}{16} \text{ in} \approx \frac{1}{16} \text{ in}$$

Maka tebal bearing plate = $\frac{1}{16}$ in

$$t_6 = 3/8 \times t_5 = 3/8 \times 1/8 = 0,0469 \text{ in} = \frac{0,75}{16} \text{ in} = \frac{1}{16} \text{ in}$$

Maka tebal gusset = $\frac{1}{16}$ in

4. Dimensi anchor bolt

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

5. Dimensi pondasi

Podasi ter dari beban dengan kandungan air 6 US gal per 94 lb sak semen (dari *Brownell & Young*, 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

Data :

$$\text{- Beban yang ditanggung tiap kolom penyangga} = \frac{25142,97}{4} = 6.285,7436 \text{ lb}$$

$$\text{- Beban tiap penyangga} = \text{berat} \times \text{tinggi} = 35 \text{ lb/in} \times 24 \text{ in} = 840 \text{ lb}$$

$$\text{Berat total : } W = 6.285,7436 + 840 = 6.765,7436 \text{ lb}$$

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

$$\begin{aligned} \text{Luas tanah untuk atas pondasi} &= \text{Luas pondasi atas} \\ &= 40 \times 40 = 160 \text{ in}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas tanah untuk dasar pondasi} &= \text{luas pondasi bawah} \\ &= 60 \times 60 = 360 \text{ in}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Tinggi pondasi} = 24 \text{ in}$$

$$\text{Luas rata-rata (A)} = \frac{1}{2} (40^2 + 60^2) = 2.600 \text{ in}^2$$

$$\text{Volume pondai (V}_p\text{)} = A \times t = 2.600 \text{ in}^2 \times 24 \text{ in} = 62.400 \text{ in}^3$$

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

Maka :

$$W_{\text{pondasi}} = V \times \rho = 62.400 \text{ in}^3 \times 126 \text{ lb/ft}^3 \times 5,787 \cdot 10^{-4} \text{ ft}^3/\text{in}^3 = 4.550 \text{ lb}$$

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 :

$$W_{\text{total}} = 6.765,7436 + 4.550 = 11.315,7436 \text{ lb}$$

Tekanan dari sistem pondasi terhadap luas tanah (P)

$$P = \frac{W_{\text{total}}}{A} = \frac{11.315,7436 \text{ lb}}{3.600 \text{ in}^2} = 3,1433 \text{ lb/in}^2$$

Acuan harga safety didasarkan pada minimum bearing power yaitu :

$$6.000 \text{ kg/ft}^2 = 91,8617 \text{ lb/in}^2$$

Karena tekanan tanah = 3,1433 lb/in² < 91,8617 lb/in² berarti pondasi dapat digunakan.

Spesifikasi Kolom Destilasi :**1. Silinder**

- Diameter dalam : 41,625 in
- Diameter luar : 42 in
- Tinggi : 35,183 ft = 422,196 in
- Tebal : 3/16 in
- Bahan konstruksi : Carbon Steel SA 135 Grade B

2. Tutup Atas dan Tutup Bawah

- Crown radius : 41,625 in
- Tinggi : 7,098 in
- Tebal : 3/16 in
- Bahan konstruksi : Carbon Steel SA 135 Grade B

3. Tray

- Jumlah Tray : 32 tray
- Tebal Tray : 1/16 in
- Susunan Pitch : Segitiga
- Bahan konstruksi : Carbon Steel SA 135 Grade B

4. Downcomer

- Lebar : 4,62 in
- Luas : 113,3436 in
- Bahan konstruksi : Carbon Steel SA 135 Grade B

5. Nozzle

- Diameter Nozzle feed masuk : 3 ½ in
- Diameter Top Kolom : 2 in
- Diameter Refluks Kondensor : 2 in
- Diameter Uap Reboiler : 3 in
- Diameter Bottom Kolom : 3 in

6. Flange dan Gasket

- Diameter Flange : 45,531 in
- Tebal Flange : 2,0908 in
- Bahan Konstruksi : High Alloy Steel SA 366 Grade F8 type 304
- Lebar Gasket : 1/16 in

- Diameter Gasket : 42,0625 in
- Bahan konstruksi : Iron Solid Flat Metal

7. Baut

- Ukuran Baut : $\frac{3}{4}$ in
- Diameter Dalam : 37 buah
- Diameter Bolt Circle : 44,031 in
- Bahan konstruksi : High Alloy Steel SA 193 Grade B8t type 321

8. Skirt Support

- Tinggi : 24 in
- Tebal : 3,5538 in
- Bahan konstruksi : High Alloy Steel SA 240 Grade M type 316

9. Bearing Plate

- Type : Eksternal Bolting Chair
- Diameter Dalam : 42 in
- Tebal : 0,1 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

- Type : 2,651 in
- Luas Tanah Bagian Atas : 1.600 in²
- Luas Tanah Bagian Bawah : 3.600 in²
- Tinggi Pondasi : 24 in
- Bahan konstruksi : Cement Sand and Gravel

BAB VII

INSTRUMENTASI DAN KESELAMATAN KERJA

7.1. Instrumentasi

Untuk mengatur dan mengendalikan kondisi operasi peralatan sehingga didapatkan produk sesuai dengan yang diharapkan maka diperlukan adanya alat kontrol dan instrumentasi. Instrumentasi ini dapat merupakan suatu petunjuk (*indicator*), suatu perekam (*recorder*) atau suatu pengontrol (*controller*). Dalam industri kimia banyak variabel proses yang perlu di kontrol seperti temperatur, tekanan, ketinggian cairan, kecepatan alir.

Pada perancangan pabrik Etilbenzen ini instrumen yang digunakan berupa alat kontrol otomatis dan manual. Hal ini tergantung dari sistem peralatan dan faktor pertimbangan teknis dan ekonomisnya.

Dengan penggunaan alat-alat kontrol ini diharapkan tercapai hal-hal sebagai berikut :

1. Dapat menjaga variabel proses pada operasi yang dikehendaki.
2. Laju produksi dapat diatur dalam batas-batas yang aman.
3. Kualitas produksi lebih terjamin.
4. Membantu mempermudah pengoperasian suatu alat.
5. Kondisi-kondisi yang berbahaya dapat diketahui secara dini melalui alarm peringatan sehingga lebih terjamin keselamatan kerja.
6. Efisiensi akan lebih meningkat.

Instrumentasi yang umum digunakan untuk pengendalian proses dalam suatu pabrik atau industri (Sasmojo dan Robert, 2000 dan Walas, 1988) adalah

(1) Variabel Temperatur

a. Temperature Controller (TC)

Temperature controller (TC) merupakan instrumen pengatur temperatur dalam bentuk panas sebagai sinyal mekanis atau listrik. Pengaturan temperatur dilakukan dengan mengatur jumlah panas yang harus ditambahkan atau dikeluarkan dari dalam suatu unit proses yang sedang bekerja.

b. Temperature Indicator (TI)

Merupakan instrumen untuk mengetahui temperatur suatu cairan atau temperatur operasi dari suatu alat.

(2) Variabel Ketinggian Cairan

a. Level Controller (LC)

Merupakan instrumen yang dipakai untuk mengukur ketinggian permukaan cairan dalam suatu peralatan. Pengukuran tinggi permukaan cairan dilakukan dengan operasi kontrol katup (valve), yaitu dengan mengatur laju alir cairan masuk dan keluar proses.

b. Level Indicator (LI)

Level Indicator (LI) merupakan instrumen yang digunakan untuk mengetahui tinggi suatu cairan dalam tangki.

(3) Variabel Laju Alir

a. Flow Recorder Controller (FRC)

Merupakan instrumen untuk merekam dan mengontrol laju alir suatu aliran atau laju alir operasi suatu alat.

b. Flow Controller (FC)

Instrumen untuk mengukur kecepatan aliran fluida dalam pipa atau unit lainnya, biasanya diatur dengan mengubah keluaran dari alat yang menyebabkan fluida bergerak atau mengalir dalam sistem pipa.

c. Flow Indicator (FI)

Merupakan alat untuk mengetahui laju alir suatu aliran atau laju alir operasi suatu alat.

(4) Variabel Tekanan

a. Pressure Controller (PC)

Instrumen untuk mengukur tekanan atau pengubah sinyal dalam bentuk gas menjadi sinyal mekanis, dimana dapat dilakukan dengan mengatur jumlah uap atau gas yang keluar dari suatu alat yang tekanannya ingin dideteksi.

b. Pressure Indicator (PI)

Merupakan alat untuk mengetahui tekanan aliran atau temperatur operasi dari suatu alat.

Beberapa alat kontrol atau instrumen yang digunakan pada pabrik formaldehyde ini adalah sebagai berikut :

1. *Level Indikator (LI)*

Fungsi : merupakan instrumen yang digunakan untuk mengetahui tinggi suatu cairan dalam tangki.

2. *Temperature Controller (TC)*

Fungsi : untuk mengatur, mengontrol dan mengendalikan temperatur operasi.

3. *Flow Controller (FC)*

Fungsi : untuk mengontrol laju alir bahan ke dalam suatu peralatan proses.

4. *Pressure Indicator (PI)*

Fungsi : untuk mengetahui tekanan aliran atau temperatur operasi dari suatu alat.

Tabel 7.1. Instrumentasi peralatan pabrik

No.	Nama Alat	Kode Alat	Instrument
1.	Vaporizer	V-116	TC,FC
2.	Heater	E-112A	TC
3.	Heater	E-112B	TC
4.	Reaktor Alkilasi	R-110	FC
5.	Cooler	E-122A	TC
6.	Kondensor Total	E-123	TC
7.	Cooler	E-122B	TC
8.	Kondensor Total	E-133	TC
9.	Reboiler Parsial	E-131	TC
10.	Kondensor Total	E-143	TC
11.	Reboiler Parsial	E-141	TC

7.2. Keselamatan Kerja

Memasuki era globalisasi, Indonesia ditantang untuk memasuki perdagangan bebas sehingga jumlah tenaga kerja yang berkiprah disektor industri akan bertambah sejalan dengan pertumbuhan industri. Dengan pertumbuhan tersebut, maka konsekuensi permasalahan industri juga semakin kompleks, termasuk masalah keselamatan dan kesehatan kerja (K₃).

Kemajuan teknologi dan perubahan struktur ekonomi akan menuntut perubahan pola pikir dan perilaku masyarakat, sikap dan disiplin kerja, lingkungan dan kondisi kerja. Demikian juga dalam menghadapi resiko kerja, perlu kerjasama yang baik antara pengusaha, karyawan dan semua pihak yang terkait dalam proses produksi.

Unsur Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K₃) merupakan salah satu aspek yang mendapat perhatian dalam pembangunan ketenagakerjaan. Dijelaskan dalam Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 23 tahun 1992, pasal 23 (ayat 1) bahwa kesehatan kerja diselenggarakan agar setiap pekerja dapat bekerja secara sehat tanpa membahayakan diri sendiri dan masyarakat sekelilingnya, agar diperoleh produktivitas kerja yang optimal sejalan dengan program perlindungan tenaga kerja.

Berkaitan dengan itu, pemerintah mendorong pelaksanaan program keselamatan dan kesehatan kerja di perusahaan-perusahaan industri serta mengusahakan agar keselamatan dan kesehatan kerja dapat menjadi naluri dan budaya masyarakat. Berbagai upaya untuk menciptakan K₃ telah dilakukan, antara lain melalui perundang-undangan seperti Undang-Undang Keselamatan Kerja Nomor 1 Tahun 1970 yang mewajibkan setiap perusahaan melaksanakan usaha-usaha keselamatan dan kesehatan kerja, juga melalui kampanye K₃ sejak bulan Januari 1993, pembentukan P₂K₃ (Panitia Pembina Keselamatan dan Kesehatan Kerja) di setiap perusahaan, penyediaan alat-alat pengaman dan peralatan K₃, pengadaan tenaga ahli K₃ dan sebagainya. Apabila keselamatan kerja diperhatikan dan dilaksanakan dengan baik maka dampaknya adalah para pekerja dapat bekerja dengan perasaan aman, sehingga meningkatkan efisiensi kerja.

Pada umumnya bahaya-bahaya yang terjadi pada suatu pabrik dapat disebabkan karena kecelakaan mesin-mesin pabrik, kebocoran bahan-bahan yang berbahaya, peledakan, kebakaran. Usaha untuk mengurangi dan mencegah terjadinya bahaya yang timbul di dalam pabrik antara lain :

1. Bangunan Pabrik

Bangunan pabrik meliputi gedung maupun unit peralatan :

- a. Konstruksi gedung harus mendapat perhatian yang cukup besar.
- b. Perlu memperhatikan kelengkapan peralatan penunjang untuk pengamanan terhadap bahaya alamiah, seperti untuk bangunan yang tinggi dipasangkan penangkal petir, bahaya alamiah lain seperti angin dan gempa. Oleh karena itu perusahaan bekerja sama dengan pemerintah setempat dalam hal ini Badan Meteorologi dan Geofisika agar dapat mengetahui lebih awal tentang bahaya alamiah tersebut.

2. Ventilasi

Pada ruang proses maupun ruang lainnya, pertukaran udara diusahakan berjalan baik sehingga dapat memberikan kesegaran kepada karyawan serta dapat menghindari gangguan pernapasan.

3. Perpipaan

Jalur proses yang terletak di atas tanah lebih baik dibandingkan yang letaknya dibawah permukaan tanah, karena hal tersebut akan mempermudah pendeteksian terjadinya kebocoran.

4. Alat-alat penggerak

Peralatan yang bergerak hendaknya ditempatkan pada tempat yang tertutup. Hal ini untuk mempermudah penanganan dan perbaikan serta menjaga keamanan dan keselamatan para pekerja.

5. Listrik

Pada pengoperasian maupun perbaikan instalasi listrik hendaknya selalu menggunakan alat pengaman yang telah disediakan. Dengan demikian para pekerja dapat terjamin keselamatannya. Hal-hal yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut :

- a. Keselamatan listrik di bawah tanah sebaiknya diberi tanda-tanda tertentu.
- b. Sebaiknya disediakan pembangkit tenaga cadangan.
- c. Semua bagian pabrik harus diberi penerangan yang cukup.
- d. Distribusi beban harus seimbang antara bagian yang satu dengan yang lain.

6. Pencegahan kebakaran dan penanggulangan bahaya kebakaran.

Penyebab kebakaran dapat berupa :

- a. Kemungkinan terjadinya nyala terbuka yang datang dari unit utilitas, workshop, laboratorium dan unit proses lainnya.
- b. Terjadinya loncatan bunga api pada sekitar workshop dan stop kontak serta pada alat lainnya.
- c. Gangguan peralatan utilitas seperti pada *combustion chamber* boiler.

Cara mengatasi bahaya kebakaran meliputi :

1. Pencegahan bahaya kebakaran.

- a. Penempatan alat-alat utilitas yang cukup jauh dari power plant tetapi praktis

dari unit proses.

- b. Bangunan seperti workshop, laboratorium, dan kantor sebaiknya diletakkan agak jauh dari unit proses.
 - c. Pemasangan isolasi yang baik pada seluruh kabel transmisi yang ada.
 - d. Diberi tanda-tanda larangan suatu tindakan yang dapat mengakibatkan kebakaran seperti tanda larangan merokok.
2. Pengamanan dan pengontrolan kebakaran.

Apabila terjadi kebakaran api harus dilokalisir, harus dapat diketahui kemungkinan apa saja yang dapat terjadi dan bagaimana cara mengatasi. Dimana letak dari pemadam kebakaran ini sesuai dengan tata letak pabrik yaitu dekat dengan bengkel, daerah bahan baku, serta daerah utilitas.

7. Karyawan

Karyawan terutama karyawan proses perlu diberikan bimbingan, pengarahan ataupun pendidikan dan latihan, studi banding serta kursus agar dapat melaksanakan tugasnya yaitu dimana karyawan tersebut ditempatkan sesuai dengan keahlian dan latar belakang pendidikan ataupun pengalaman mereka sehingga dengan pertimbangan itu karyawan bekerja dengan tidak membahayakan keselamatan jiwa maupun keselamatan orang lain.

Pemakaian alat pengaman kerja pada pabrik timbal kromat yaitu berupa Alat Pelindung Diri (APD). Perlindungan tenaga kerja melalui usaha-usaha teknis pengaman tempat, peralatan dan lingkungan kerja adalah sangat perlu diutamakan. Namun kadang-kadang keadaan bahaya masih belum dapat dikendalikan sepenuhnya sehingga perlu digunakan alat pelindung diri.

Penggunaan alat pelindung diri merupakan salah satu upaya mencegah terjadinya kecelakaan kerja sebab telah diketahui bahwa pengguna pelindung diri sangat berperan menciptakan keselamatan ditempat kerja. Bila alat-alat proteksi diri tidak memadai atau tenaga kerja tidak memakainya sama sekali karena mereka lebih senang tanpa pelindung, akibatnya mungkin terjadi kecelakaan pada kepala, mata, kaki, dan lain-lain.

Alat-alat pelindung diri yang digunakan pada pabrik Etilbenzena ini sebagai berikut

1. Pakaian kerja

Pakaian kerja merupakan alat pelindung terhadap bahaya-bahaya kecelakaan. Untuk itu, perusahaan menyediakan jenis pakaian kerja yang cocok. Pakaian kerja mungkin cepat rusak oleh karena sifat pekerjaan yang berat, keadaan udara lembab dan pekerjaan penuh kotoran. Pakaian tenaga kerja pria yang bekerja melayani mesin seharusnya berlengan pendek, pas atau longgar pada dada atau punggung, tidak berdasi dan tidak ada lipatan-lipatan yang mungkin mendatangkan bahaya.

2. Kacamata

Salah satu masalah tersulit dalam pencegahan kecelakaan adalah pencegahan yang menimpah mata. Kecelakaan mata berbeda-beda sehingga jenis kacamata pelindung yang digunakan juga beragam. Banyak pekerja yang enggan menggunakan alat pelindung tersebut dengan alasan mengganggu pelaksanaan pekerjaan dan mengurangi kenikmatan kerja. Tenaga kerja yang berpandangan bahwa resiko kecelakaan terhadap mata adalah besar akan memakainya dengan kesadaran sendiri. Sebaliknya, jika mereka merasa bahwa bahaya itu kecil, mereka tidak akan menggunakannya.

2. Sepatu pengaman

Sepatu pengaman seharusnya dapat melindungi tenaga kerja terhadap kecelakaan-kecelakaan yang disebabkan oleh bahan-bahan berat yang menimpah kaki seperti paku atau benda tajam lainnya yang mungkin terinjak. Selain itu sepatu pengaman juga harus bisa melindungi kaki dari bahaya terbakar karena logam cair dan bahan kimia korosif lainnya, juga kemungkinan tersandung atau tergelincir. Biasanya sepatu kulit yang kuat dan baik cukup memberikan perlindungan

3. Sarung tangan

Fungsinya melindungi tangan dan jari-jari dari api panas dingin, radiasi elektromagnetik dan radiasi mengion, listrik, bahan kimia, benturan dan pukulan, luka dan lecet, infeksi dan bahaya-bahaya lainnya yang bisa menimpa tangan jenis sarung tangan yang dipakai tergantung dari tingkat kecelakaan yang akan dicegah yang penting jari dan tangan harus bebas bergerak.

4. Helm pengaman

Helm pengaman harus dipakai tenaga kerja yang mungkin tertimpa benda jatuh atau melayang atau benda-benda lain yang bergerak. Di Indonesia belum ada standar/klasifikasi helm pengaman ini, namun demikian helm pengaman tersebut selayaknya cukup keras dan kokoh tetapi tetap ringan sehingga tidak mengganggu pekerjaan. Bahan plastik dengan lapisan kain cocok untuk keperluan ini.

5. Pelindung telinga

Telinga harus dilindungi dari kebisingan. Perlindungan kebisingan dilakukan dengan sumbat atau tutup telinga.

6. Masker

Paru-paru harus dilindungi dari udara tercemar atau kemungkinan kekurangan oksigen dalam udara. Bahan-bahan pencemar dapat berbentuk gas, uap logam, kabut dan debu yang bersifat racun. Sedangkan kekurangan oksigen mungkin terjadi ditempat-tempat yang pengudaraannya buruk seperti tangki atau pada areal boiler.

Alat pelindung yang diperlukan dapat terlihat pada tabel berikut ini :

Tabel 7.2. Alat-alat keselamatan kerja pada pabrik

No	Nama Alat Pengaman	Pekerja yang Dilindungi
1.	Masker	Petugas yang bekerja pada areal proses dan laboratorium, boiler dan bengkel
2.	Helm pengaman	Petugas yang bekerja pada areal proses dan bengkel.
3.	Sepatu pengaman	Petugas yang bekerja pada areal proses dan bengkel.
4.	Sarung tangan	Petugas yang bekerja pada areal proses, bengkel dan Laboratorium
5.	<i>Hydrant</i>	Petugas yang bekerja pada tempat bahan baku, daerah bahan bakar, areal proses, dan gudang.
6.	Pakaian Kerja	Petugas yang bekerja pada Laboratorium, area proses pabrik dan Bengkel
7.	Kacamata	Petugas yang bekerja pada Bengkel
8.	Pelindung telinga	Petugas yang bekerja pada areal proses
9.	<i>Safety Belt</i>	Petugas yang bekerja untuk perbaikan alat proses dan pembersihan gedung
10.	<i>Fire Extinguisher</i>	Petugas di semua unit gedung terutama di bagian proses dan bahan baku.

BAB VIII

UTILITAS

Unit utilitas merupakan salah satu bagian yang sangat penting untuk menunjang jalannya proses produksi dalam suatu industri kimia. Unit utilitas yang diperlukan pada pra-rencana Pabrik Etilbenzen ini, yaitu :

- Air yang berfungsi sebagai air pendingin, air umpan boiler dan air sanitasi
- Steam sebagai media pemanas dalam proses produksi
- Listrik yang berfungsi untuk menjalankan alat-alat produksi, utilitas dan untuk penerangan pabrik
- Bahan bakar untuk mengoperasikan boiler dan generator.
- Udara sebagai bahan baku reaksi dengan etilena dan benzen.

Dari kebutuhan unit utilitas yang diperlukan, maka utilitas tersebut dibagi menjadi 4 unit, yaitu :

1. Unit pengolahan air (*Water Treatment*)
 - Air pendingin
 - Air umpan boiler (penghasil steam)
 - Air sanitasi
2. Unit penyediaan tenaga listrik
3. Unit penyediaan bahan bakar
4. Unit penyediaan udara

8.1. Unit Pengolahan Air (*Water Treatment*)

Berfungsi untuk memenuhi kebutuhan air baik ditinjau dari segi kualitas maupun kuantitasnya. Dari segi kualitas air menyangkut syarat air yang harus dipenuhi sedangkan dari segi kuantitas air merupakan jumlah kebutuhan air yang harus dipenuhi.

8.1.1. Air Pendingin

Berfungsi sebagai media pendingin pada alat perpindahan panas. Menggunakan air sebagai media pendingin ini disebabkan karena :

- air merupakan materi yang mudah didapat
- mudah dikendalikan dan dikerjakan

- dapat menyerap panas
- tidak mudah menyusut karena pendinginan
- tidak mudah terkondensasi

Air pendingin pada pra-rencana Pabrik Etilbenzena ini sebesar Reaktor Alkilasi (R-120) sebesar 185082,62043 kg/jam, digunakan pada Cooler (E-122A) sebanyak 42908,47778 kg/jam, Cooler (E-136A) sebanyak 384180,602439 kg/jam, Cooler (E-135B) 15412,15112 kg/jam.

8.1.2. Air umpan boiler

Air umpan boiler merupakan bahan baku pembuatan steam yang berfungsi sebagai media pemanas. Kebutuhan steam pada Pabrik Etilbenzena sebesar 21499,06673 kg/jam, dengan temperatur 170°C dan tekanan 114,826 psia. Air umpan boiler disediakan dengan excess 10% sebagai pengganti steam yang hilang, yang diperkirakan adanya kebocoran akibat dari transmisi sebesar 5% dan faktor keamanan 5%. Kebutuhan air umpan boiler sebanyak 62564,8010 kg/jam.

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 (*organic matter*)
- Silica, sulfat, asam bebas dan oksida

Syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh air umpan boiler :

a. Tidak boleh berbuih (berbusa)

Busa disebabkan oleh adanya *solid matter*, *suspended matter* dan kebasaaan yang tinggi. Kesulitan yang dihadapi dengan adanya busa :

- Kesulitan pembacaan tinggi liquid dalam boiler
- Buih dapat menyebabkan percikan yang kuat yang mengakibatkan adanya solid-solid yang menempel dan mengakibatkan terjadinya korosi dengan adanya pemanasan lebih lanjut.

Untuk mengatasi hal ini perlu adanya pengontrolan terhadap adanya kandungan lumpur, kerak, dan alkalinitas air umpan boiler.

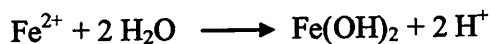
b. Tidak boleh membentuk kerak pada boiler

Kerak dalam boiler akan menyebabkan :

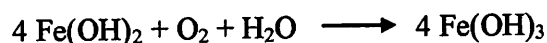
- Isolasi terhadap panas sehingga proses perpindahan panas terhambat
- Kerak yang terbentuk dapat pecah sewaktu-waktu, sehingga dapat menimbulkan kebocoran karena boiler mendapat tekanan yang kuat.

c. Tidak boleh menyebabkan korosi pada pipa

Korosi pada pipa boiler disebabkan oleh keasaman (pH rendah), minyak dan lemak, bikarbonat dan bahan organik, serta gas H_2S , SO_2 , NH_3 , CO_2 , O_2 , 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 hydrogen yang terbentuk akan bereaksi membentuk air. Akibat hilangnya lapisan pelindung tersebut terjadilah korosi menurut reaksi :



Adanya bikarbonat 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 menjadi CO_2 lagi. Reaksi yang terjadi :



Air untuk keperluan ini harus memenuhi spesifikasi tertentu agar air tidak merusak boiler (ketel). Dari *Perry's 6th ed, hal. 976*, didapatkan bahwa air umpan boiler harus memenuhi spesifikasi sebagai berikut :

- Total padatan (total dissolved solid) \leq 3500 ppm
- Alkanitas \leq 700 ppm
- Padatan terlarut \leq 300 ppm
- Silika = 60 – 100 ppm
- Besi \leq 0,1 ppm
- Tembaga \leq 0,5 ppm

- Oksigen $\leq 0,007$ ppm
- Kesadahan ≤ 0
- Kekeruhan ≤ 175 ppm
- Minyak ≤ 7 ppm
- Residu fosfat ≤ 140 ppm

Untuk memenuhi persyaratan dan spesifikasi diatas, serta untuk mencegah kerusakan pada boiler, sebelum digunakan air umpan boiler harus diolah lagi terlebih dahulu melalui :

1. Demineralisasi, untuk menghilangkan ion-ion pengganggu
2. Deaerator, untuk menghilangkan gas-gas terlarut.

8.1.3. Air Sanitasi

Air sanitasi digunakan untuk memenuhi kebutuhan karyawan, laboratorium, taman dan kebutuhan yang lain. Air sanitasi yang dipergunakan harus memenuhi syarat kualitas air sebagai berikut :

a. Syarat fisik

- Berada di bawah suhu udara
- Warnanya jernih
- pH netral
- Tidak berbusa
- Kekeruhan kurang dari 1 ppm SiO_2
- Tidak berasa
- Tidak berbau

b. Syarat kimia

- Tidak mengandung logam berat seperti Pb, As, Cr, Cd, Hg
- Tidak mengandung zat-zat kimia beracun

c. Syarat mikrobiologis

Tidak mengandung kuman maupun bakteri, terutama bakteri patogen yang dapat merubah sifat fisik air

Kebutuhan air sanitasi pada Pra Rencana Pabrik Etilbenzena ini adalah :

1. Untuk kebutuhan karyawan

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum, Nomor : 14/PRT/M/2010, kebutuhan air untuk tiap orang = 60 L/hari/orang

2. Untuk laboratorium dan taman.

Direncanakan kebutuhan air untuk taman dan laboratorium adalah sebesar 50% dari kebutuhan karyawan.

3. Untuk pemadam kebakaran dan cadangan air.

Air sanitasi untuk pemadam kebakaran dan air cadangan direncanakan sebesar 40% dari kebutuhan air untuk karyawan, laboratorium dan taman.

Total kebutuhan air sanitasi untuk pra-rencana Pabrik Etilbenzena ini sebesar 978,3351 kg/jam.

Proses Pengolahan Air Pada Unit Pengolahan Air

Air kawasan digunakan untuk memenuhi kebutuhan air proses, air pendingin, air umpan boiler dan air sanitasi.

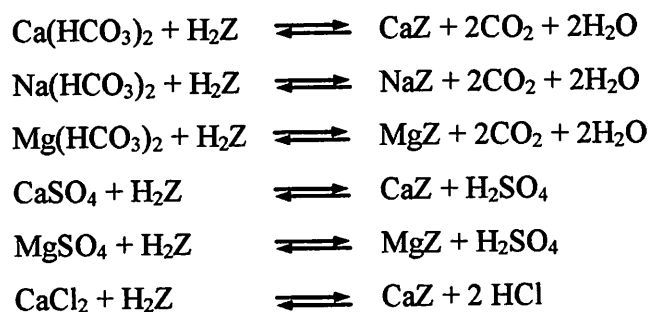
Proses pengolahan air kawasan tersebut adalah sebagai berikut:

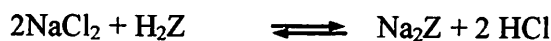
Air kawasan dengan kapasitas 735991,92823 kg/jam dipompa dengan pompa (L-211) menuju bak air bersih (F-212) dan selanjutnya akan dipompa (L-213) menuju tempat pengolahan sesuai dengan fungsinya masing-masing, yaitu :

a. Pengolahan air proses

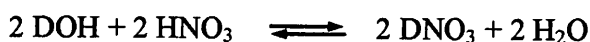
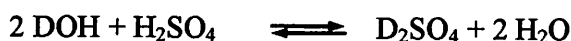
Pelunakan air proses yang dilakukan dengan pertukaran ion dalam demineralisasi yang terdiri dari dua tangki, yaitu tangki kation exchanger (D-210A) dan anion exchanger (D-210B). Kation exchanger yang digunakan adalah resin zeolit (H_2Z) dan anion yang digunakan adalah deacidite (DOH).

Pompa air bersih (L-213) memompakan air dari bak air bersih (F-212) dan dialirkan menuju tiga aliran yaitu; kation exchanger (D-210A), bak air pendingin (F-231) dan bak klorinasi (F-233). Dalam tangki kation exchanger terjadi reaksi-reaksi sebagai berikut :

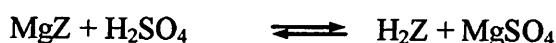
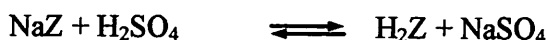
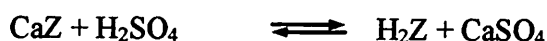




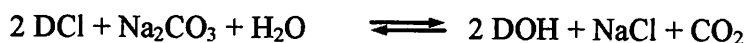
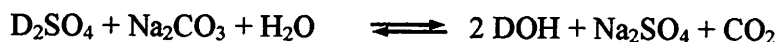
Ion-ion bikarbonat, sulfat dan klor diikat dengan ion Z membentuk CO_2 dan air, H_2SO_4 dan HCl . Selanjutnya air yang bersifat asam ini dialirkan ke tangki anion exchanger (D-210B) untuk dihilangkan anion-anion yang mengganggu proses. Resin yang dipakai dalam anion exchanger adalah Deacidite (DOH). Dalam tangki anion exchanger terjadi reaksi sebagai berikut :



Pemakaian resin yang terus menerus menyebabkan resin tidak aktif lagi. Hal ini dapat diketahui dengan pemeriksaan kesadahan air proses dan umpan boiler. Resin yang sudah tidak aktif menunjukkan bahwa resin sudah tidak jenuh dan perlu diregenerasi. Regenerasi kation exchanger dilakukan dengan menggunakan asam sulfat atau asam klorida. Dengan reaksi sebagai berikut :



Sedangkan regenerasi anion exchanger dengan menggunakan larutan Na_2CO_3 atau NaOH . Reaksi yang terjadi sebagai berikut :



Setelah keluar dari demineralisasi, air proses dan umpan boiler telah terbebas dari ion-ion pengganggu. Untuk memenuhi kebutuhan air proses dan umpan boiler, air lunak ditampung dalam bak air lunak (F-221). Pompa air lunak (L-222) memompakan air dari bak air lunak dan dipisahkan menjadi 2 aliran (air proses, air umpan boiler), aliran yang pertama (air proses) langsung dialirkan ke peralatan

proses. Untuk aliran yang kedua (air umpan boiler) harus dilakukan treatment lanjutan.

b. Pengolahan air pendingin

Untuk memenuhi kebutuhan air pendingin, aliran air dari bak air bersih (F-212) dipompa (L-213) menuju bak air pendingin (F-231) kemudian didistribusikan ke peralatan dengan pompa (L-232). Setelah digunakan, air direcycle ke cooling tower (P-230) dan selanjutnya dari cooling tower, air direcycle ke bak air pendingin (F-231) kembali.

c. Pengolahan air umpan boiler

Untuk kebutuhan air umpan boiler dipakai air dari bak air lunak (F-221) yang melalui treatment lanjutan. Air lunak tersebut dipompakan oleh pompa air lunak (L-222) ke deaerator (D-223) untuk menghilangkan gas impurities pada air umpan boiler dengan sistem pemanasan. Dari deaerator air ditampung dalam bak Boiler Feed Water (F-224), kemudian diumpankan ke boiler (Q-220) dengan pompa ke boiler (L-225). Steam yang dihasilkan boiler didistribusikan ke peralatan dan kondensat yang dihasilkan direcycle ke bak air lunak (F-221)

d. Pengolahan air sanitasi

Air dari bak air bersih (F-212) dialirkan oleh pompa air bersih (L-213) menuju bak klorinasi (F-233) 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-235) dengan menggunakan pompa (L-234) dan siap digunakan sebagai air sanitasi.

8.2. Unit Penyediaan Tenaga Listrik

Listrik yang dibutuhkan pada pra-rencana Pabrik Etilbenzen ini adalah meliputi:

- Peralatan proses = 9629,05 kW
- Listrik untuk penerangan = 257,78117 kW

Kebutuhan listrik untuk proses, penerangan, instrumen dan lain-lain dipenuhi oleh PLN. Sedangkan apabila suplai listrik PLN mati, maka digunakan satu generator AC bertenaga diesel dengan power 13185 kV.A, satu buah generator tambahan digunakan sebagai cadangan.

8.3. Unit Penyediaan Bahan Bakar

Bahan bakar yang digunakan pada pabrik, yaitu pada boiler dan generator sebesar 36338,8264 L/hari. Bahan bakar yang digunakan adalah diesel oil. Pemilihan jenis bahan bakar yang digunakan berdasarkan pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut :

- Harganya relatif murah
- Mudah didapat
- Viscositasnya relatif lebih rendah sehingga mudah mengalami pengabutan
- Heating valuenya relatif tinggi
- Tidak menyebabkan kerusakan pada alat-alat

Dari *tabel 9.9 dan fig. 9-9, Perry 6th ed*, spesifikasi bahan bakar didapat :

- Flash point = 38°C (100 °F)
- Pour point = -6°C (21,2 °F)
- Densitas = 55 lb/ft³
- Heating value = 19000 Btu/lb

8.4. Unit Penyediaan Udara

Udara digunakan untuk keperluan reaksi pada reaktor (R-110). Udara yang digunakan adalah udara yang dihisap dari atmosfer dengan menggunakan blower. Udara yang dibutuhkan adalah sebanyak 5075,7903 kg/jam.

Pengolahan Limbah

Pada pra-rencana Pabrik Etilbenzen ini memiliki kepedulian terhadap lingkungan disekitarnya. Bentuk kepedulian tersebut antara lain diwujudkan melalui pemantauan analisa mengenai dampak lingkungan, menyusun rencana pengelolaan lingkungan dan rencana pemantauan lingkungan.

Limbah yang dihasilkan dari pabrik Etilbenzen adalah:

Limbah Gas.

Limbah gas yang dihasilkan adalah air (H₂O), karbon dioksida (CO₂), dimetil eter [(CH₃)₂O], nitrogen (N₂), karbon monoksida (CO) dan oksigen (O₂) yang berasal dari Reaktor Alkilasi (R-110). Limbah ini dapat dijual dan memiliki nilai ekonomi,

sehingga untuk mengatasinya, limbah ini ditampung dalam tangki penampung (F-148C).

Selain itu, limbah gas juga berasal dari pembakaran bahan bakar yang digunakan pada unit utilitas. Untuk mengatasinya, asap yang dihasilkan dilewatkan melalui sebuah cerobong yang cukup tinggi dan disemprot dengan air untuk menangkap abu dan gas yang berbahaya, sehingga tidak mengganggu lingkungan dan masyarakat sekitarnya.

Limbah Cair

Limbah cair yang dihasilkan berupa cairan. Untuk penanganannya menggunakan beberapa tahap :

a. Pengolahan Pendahuluan (Pre Treatment)

Pada proses ini dilakukan pengambilan benda-benda terapung.

b. Pengolahan Pertama (Primary Treatment)

Pada tahap pengolahan ini bertujuan untuk mengendapkan padatan-padatan dan zat-zat yang terlarut yang tidak dapat mengendap secara grafitasi, dengan menambahkan zat kimia tertentu sebagai flokulan dan koagulan.

c. Pengolahan Kedua (Secondary Treatment)

Pengolahan kedua menggunakan proses biologis untuk mengurangi bahan-bahan organik melalui mikroorganisme yang ada didalamnya. Pada tahap ini juga dilakukan aerasi yang bertujuan untuk meningkatkan kandungan oksigen dalam limbah cair tersebut. Proses aerasi ini dilakukan hingga didapatkan nilai BOD, COD, dan DO yang memenuhi standard yang telah ditetapkan pemerintah.

d. Pengolahan Ketiga (Tertiary Treatment)

Pengolahan ketiga dilakukan untuk menetralkan pH limbah cair dan membunuh bakteri dengan cara menambahkan zat penetral dan desinfektan ke dalamnya.

BAB IX

LOKASI DAN TATA LETAK PERUSAHAAN

9.1. Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik adalah suatu langkah yang penting dan sangat berpengaruh terhadap kelangsungan hidup suatu pabrik di masa mendatang. Penyelidikan keadaan suatu daerah harus dilakukan sebelum pabrik didirikan sehingga pendirian pabrik dapat dipertanggungjawabkan secara teknis dan ekonomis.

Dalam menentukan lokasi pabrik ada faktor-faktor yang harus diperhatikan, faktor-faktor tersebut dapat dibagi menjadi dua golongan besar, yaitu :

1. Faktor utama
 - Bahan baku
 - Pemasaran
 - Tenaga listrik dan bahan bakar
 - Air
2. Faktor Khusus
 - Transportasi
 - Tenaga kerja
 - Karakteristik lokasi
 - Perluasan pabrik

Berdasarkan beberapa pertimbangan di atas dipilih lokasi pabrik di daerah kawasan industri Cilegon, Kecamatan Kramatwatu Kabupaten Serang, Jawa Barat. Hal ini karena beberapa faktor antara lain:

1. Bahan baku

Bahan baku utama pabrik etilbenzena adalah benzena dan etilena. Benzena diperoleh dari Pertamina UP IV Cilacap (kapasitas produksi 120.000 ton/tahun) dan Etilena diperoleh dari PT. Candra Asri Petrochemical Cilegon (kapasitas produksi 510.000 ton/tahun). Kebutuhan etilena lebih banyak dibandingkan dengan benzena karena kebutuhan benzena selain diperoleh dari bahan baku juga dari hasil recycle.

2. Pemasaran

Kawasan industri Cilegon banyak terdapat perusahaan industri yang mengonsumsi etilbenzena sehingga letak pabrik di Cilegon akan dapat memenuhi kebutuhan pabrik disekitarnya.

3. Persediaan tenaga listrik dan bahan bakar

Tenaga listrik diperoleh dari PLTU Suralaya

4. Persediaan air

Persediaan air diperoleh dari air kawasan

5. Fasilitas transportasi

Sebagai daerah industri, Cilegon memiliki sarana transportasi baik darat maupun laut sehingga mempermudah distribusi bahan baku maupun produk yang dihasilkan.

6. Tenaga kerja

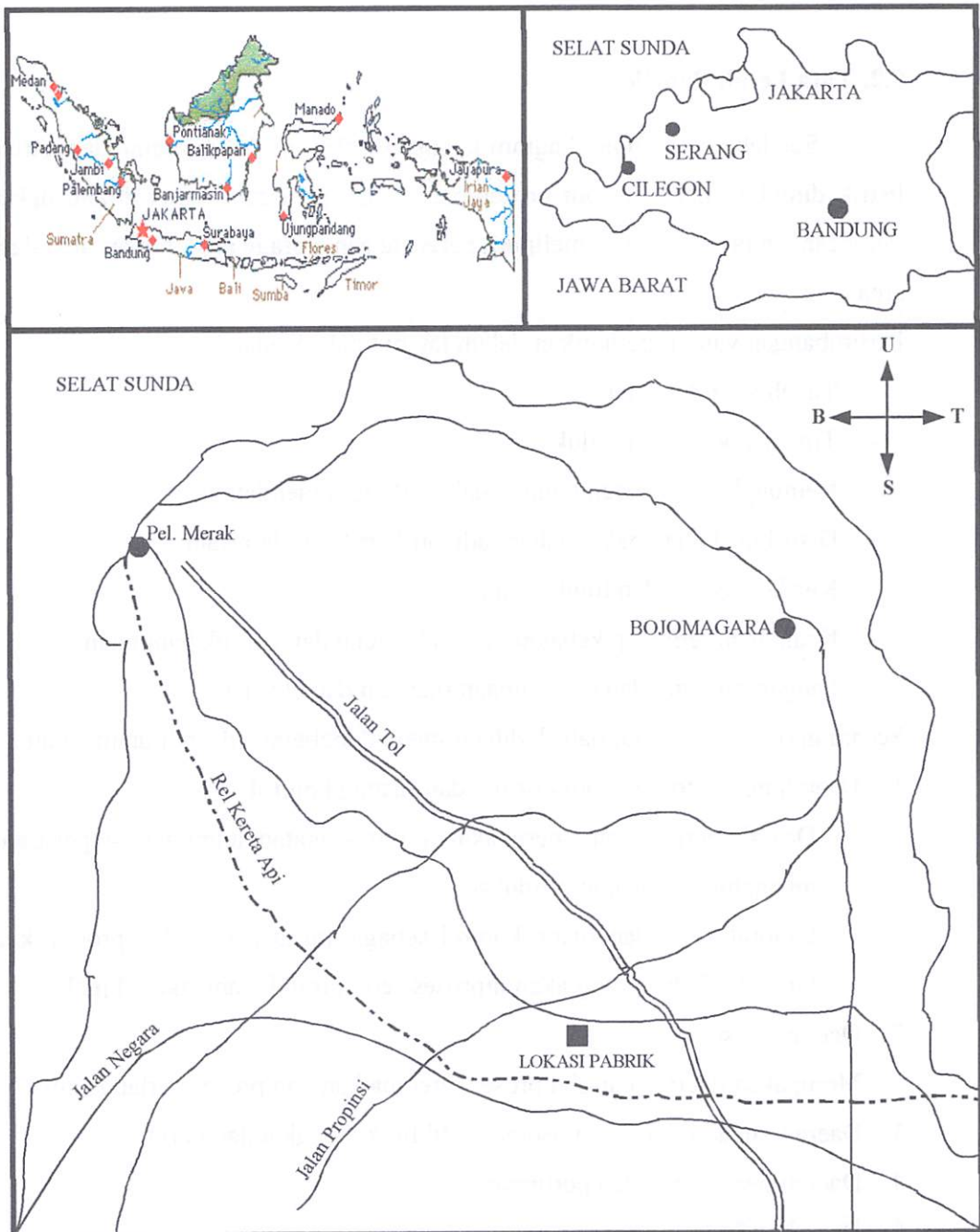
Kebutuhan tenaga kerja baik tenaga buruh maupun tenaga ahli mudah diperoleh di daerah industri dan sekitarnya karena selain merupakan kawasan industri daerah Cilegon juga relatif dekat dengan bahan baku.

7. Karakteristik lokasi

Karakteristik lokasi ini menyangkut iklim serta kondisi sosial masyarakat di Cilegon memiliki kelayakan. Disamping itu secara hukum Cilegon adalah daerah industri sehingga pemerintah memberikan izin untuk pendirian suatu pabrik.

8. Perluasan pabrik

Cilegon memiliki kemungkinan untuk perluasan pabrik karena masih mempunyai areal yang cukup luas. Hal ini perlu diperhatikan karena dengan semakin meningkatnya permintaan produk akan menuntut adanya peningkatan kapasitas produk.



Gambar 9.1. Lokasi pra rencana Pabrik Etilbenzena

9.2. Tata Letak Pabrik

Setelah proses *flow* diagram tersusun, sebelum design pemipaan, struktural dan listrik dimulai, maka lay out proses pabrik dan peralatan harus direncanakan dahulu. Perencanaan lay out pabrik meliputi, perencanaan storage area, proses area dan handling area.

Pertimbangan yang diperhatikan dalam lay out pabrik adalah:

- Tanah yang tersedia
- Tipe dan kualitas produk
- Kemungkinan pengembangan pabrik dimasa mendatang
- Distribusi bahan baku, bahan jadi, air listrik dan lain-lain
- Keadaan cuaca dan lingkungan
- Keamanan terhadap kebakaran, gas beracun dan bentuk bangunan
- Pengaturan terhadap penggunaan ruangan dan elevasi

Secara garis besar lay out pabrik dibagi menjadi beberapa daerah utama, yaitu :

1. Daerah perkantoran, laboratorium dan ruanag kontrol
 - Daerah perkantoran merupakan pusat kegiatan administrasi perusahaan yang mengatur kelancaran produksi
 - Laboratorium dan ruang kontrol sebagai pusat pengendali proses, kualitas dan kuantitas bahan yang akan diproses serta produk yang akan dijual.
2. Daerah proses
Merupakan daerah alat-alat proses ditempatkan dan proses berlangsung.
3. Daerah gudang, kantin, musolah, poliklinik, bengkel dan parkir
4. Daerah perumahan dan perluasan
5. Daerah utilitas

Tata letak pabrik dapat dibagi menjadi 2 bagian :

1. Tata letak bangunan
2. Tata letak peralatan

Adapun perincian luas tanah sebagai tempat dibangunnya pabrik dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 9.1. Perincian luas tanah dan bangunan pabrik

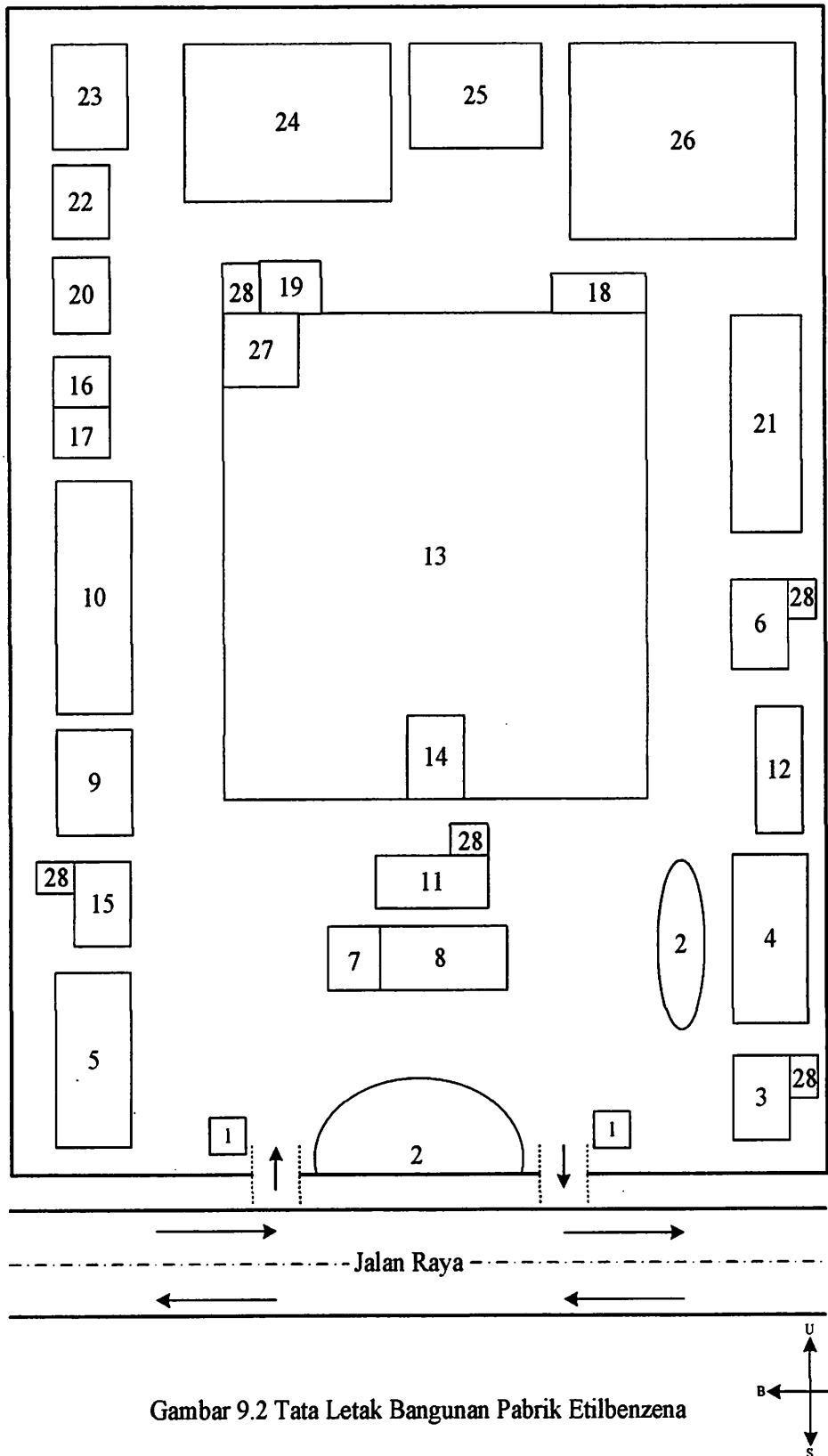
No	Lokasi	Luas	
		m ²	ft ²
1	Pos keamanan/ penjagaan	32	344.44
2	Taman	600	6458.19
3	Parkir tamu	100	1076.36
4	Parker karyawan	800	8610.92
5	Kantor pusat	800	8610.92
6	Kantin	64	688.87
7	Perpustakaan	64	688.87
8	Aula	225	2421.82
9	Pos Timbangan	100	1076.36
10	Area penyimpanan B.Baku	400	4305.46
11	Musholla	25	269.09
12	Poliklinik	64	688.87
13	Area proses produksi	9900	106560.12
14	Ruang kontrol	64	688.87
15	Perkantoran produksi	1200	12916.38
16	Laboratorium	225	2421.82
17	Quality Control	225	2421.82
18	Pemadam kebakaran	100	1076.36
19	Ruang Bahan Bakar	100	1076.36
20	Bengkel	400	4305.46
21	Area penyimpanan produk	400	4305.46
22	Daerah pembangkit Listrik	400	4305.46
23	Ruang generator	400	4305.46
24	Area pengolahan air	1500	16145.47
25	Area pengolahan Limbah	1500	16145.47
26	Area perluasan pabrik	7000	75345.54
27	Ruang Boiler	500	5381.82
28	Toilet	45	484.36
29	Jalan	5000	53818.24
Total		32233	346944.69

9.2.1. Tata letak bangunan pabrik

Pengaturan tata letak ruangan daripada unit-unit bangunan dalam satu pabrik, dapat dilaksanakan sedemikian rupa sehingga ;

- a. Pemakaian areal tanah sekecil mungkin.
- b. Letak bangunan sesuai dengan urutan proses
- c. Letak bangunan kantor dan bangunan untuk proses harus terpisah, hal ini dimaksudkan untuk mencegah terjadinya bahaya yang mungkin timbul
- d. Bahan baku dan produk dapat diangkut dengan mudah
- e. Terjadinya areal tanah jalan maupun perluasan pabrik
- f. Ventilasi dan penerangan yang cukup pada bangunan pabrik

Rencana tata letak Pabrik Etilbenzena dapat dilihat pada gambar 9.2.



Gambar 9.2 Tata Letak Bangunan Pabrik Etilbenzena

Keterangan Gambar 9.2. :

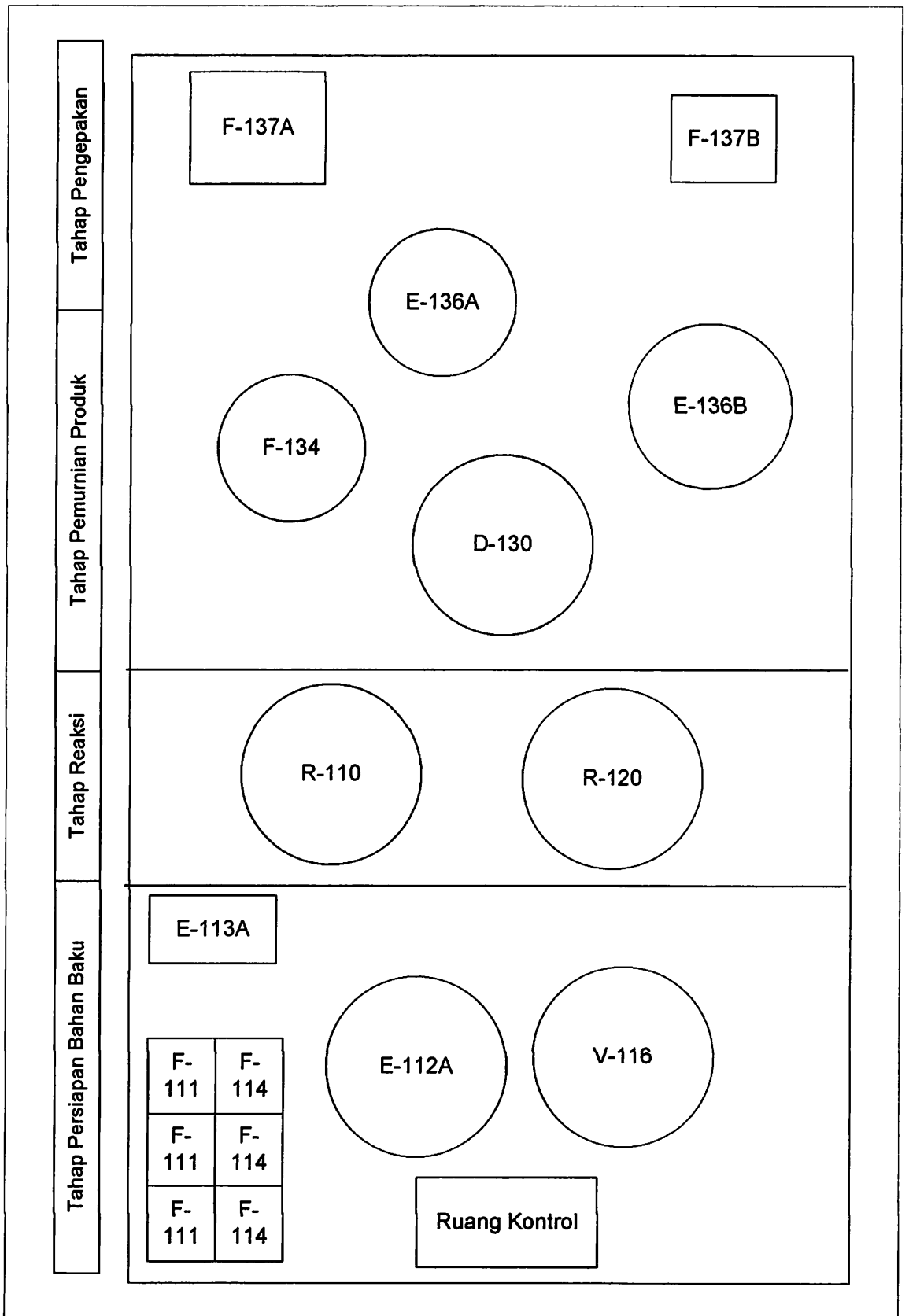
1. Pos keamanan
2. Taman
3. Parkir kendaraan tamu
4. Perkantoran administrasi
5. Parkir kendaraan karyawan
6. Kantin
7. Perpustakaan
8. Aula
9. Ruang timbang
10. Area penyimpanan bahan baku
11. Mushollah
12. Poliklinik
13. Area proses produksi
14. Ruang kontrol
15. Perkantoran produksi
16. Laboratorium
17. Quality kontrol
18. Pemadam kebakaran
19. Ruang bahan bakar
20. Bengkel
21. Area penyimpana produk
22. Unit listrik dan genset
23. Ruang generator
24. Area pengolahan air
25. Area pengolahan limbah
26. Area perluasan pabrik
27. Ruang boiler
28. Toilet
29. Jalan raya

9.2.2. Tata Letak Peralatan Pabrik

Tata letak peralatan adalah cara menempatkan peralatan-peralatan didalam pabrik sedemikian rupa sehingga pabrik dapat bekerja secara efektif dan efisien. Perencanaan yang baik dalam tata letak pabrik harus mencakup arus proses, storage dan material yang efisien serta diharapkan adanya kombinasi yang sempurna. Dalam menentukan tata letak peralatan maka perlu diperhatikan beberapa faktor :

- Letak ruangan yang cukup antara peralatan yang satu dengan yang lainnya untuk memudahkan pemeriksaan, perawatan, serta dapat menjamin keselamatan kerja.
- Diusahakan agar setiap alat tersusun berurutan menurut fungsinya masing-masing sehingga tidak menyulitkan pengoperasian
- Walaupun dalam ruangan yang penuh alat, harus diusahakan agar dapat menimbulkan suasana kerja yang menyenangkan
- Letak peralatan yang harus memperhatikan keselamatan kerja operatornya.

Rencana tata letak peralatan Pabrik Etilbenzena dapat dilihat pada gambar 9.3.



Tahap Pengepakan

Tahap Pemurnian Produk

Tahap Reaksi

Tahap Persiapan Bahan Baku

F-137A

F-137B

E-136A

F-134

E-136B

D-130

R-110

R-120

E-113A

F-111

F-114

F-111

F-114

F-111

F-114

E-112A

V-116

Ruang Kontrol

Gambar 9.3. Tata Letak Peralatan Pabrik Etilbenzena

Keterangan Gambar 9.3. :

1. Tahap persiapan bahan baku
 - a. Storage Etilena (F-111)
 - b. Storage Benzena (F-114)
 - c. Vaporizer (V-114)
2. Tahap reaksi
 - a. Reaktor Alkilasi (R-110)
 - b. Reaktor Transkilasi (R-120)
3. Tahap Pemurnian
 - a. Kolom Distilasi (D-130)
 - b. Akumulator (F-123)
 - c. Cooler (E-136A)
 - d. Cooler (E-136B)
4. Tahap pengepakan
 - a. Tangki Produk Samping (F-137B)
 - b. Tangki Produk Utama (F-137A)

BAB X

STRUKTUR DAN ORGANISASI PERUSAHAAN

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

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

10.1. Dasar Perusahaan.

- Bentuk perusahaan : Perseroan Terbatas (PT)
- Lapangan usaha : Memproduksi Etilbenzena
- Kapasitas : 300.000 ton/tahun
- Status perusahaan : Swasta
- Modal : Penanaman Modal Dalam Negeri

10.2. Bentuk Perusahaan.

Pabrik Etilbenzen merupakan perusahaan swasta berskala nasional yang berbentuk perusahaan terbatas (PT). Pemilihan bentuk perusahaan ini didasarkan pada pertimbangan sebagai berikut :

1. Perseroan Terbatas merupakan suatu badan hukum karena memiliki kekayaan sendiri yang terpisah dari kekayaan pribadi masing-masing pemegang saham. Kepada Pemegang saham yang dibayarkan deviden apabila perseroan mendapatkan laba. Jika perusahaan menderita rugi, tidak boleh dibayarkan deviden kepada persero. Oleh karena itu setiap tahun diwajibkan kepada direksi atau pengurus untuk melaporkan keuntungan perusahaan yang diperolehnya.
2. Modal yang dibutuhkan dapat dikumpulkan secara mudah dengan membagi modal atas sejumlah saham-saham, sehingga PT dapat menarik modal dari banyak orang. Begitu pula memperoleh tambahan modal untuk memperluas volume usahanya, mislanya dengan mengeluarkan saham baru.

3. Pemilik saham dengan pengurus adalah terpisah satu dengan yang lainnya. Pemilik PT adalah pemegang saham sedangkan pengurus adalah direksi. Pelaksana sebuah PT adalah orang yang sanggup melaksanakan tugas tersebut, dengan demikian kemampuan perusahaan untuk mendapatkan keuntungan semakin besar.
4. Kehidupan sebuah PT lebih teratur, ini berarti sebuah PT mempunyai potensi hidup yang kontinyu dibandingkan dengan bentuk perusahaan lain karena tidak tergantung pada beberapa peserta (pemegang saham), dan pemilik dapat berganti-ganti.
5. Tanggungjawab yang terbatas dari para pemegang saham terhadap hutang-hutang perusahaan.
6. Adanya efisiensi dalam perusahaan, karena tiap bagian dalam PT dipegang oleh seorang yang ahli dalam bidangnya. Tiap orang atau bagian mempunyai tugas yang jelas sehingga ada dorongan untuk mengerjakan tugas dengan sebaik-baiknya. Dan jika pengurus atau direksi perusahaan tidak cakap maka dapat diganti dengan yang lebih cakap.

10.3. Struktur Organisasi Perusahaan.

Struktur perusahaan yang digunakan adalah sistem garis dan staf dengan alasan memakai sistem ini adalah :

1. Sering digunakan dalam perusahaan yang berskala besar dengan produksi yang kontinyu.
2. Dapat digunakan untuk organisasi yang besar
3. Pemimpin lebih leluasa dalam memberikan saran terhadap tugas khusus diluar tanggungjawabnya.
4. Terdapat kesatuan pimpinan dan perintah sehingga disiplin kerja dapat berjalan dengan baik.
5. Staff dapat membantu untuk mengatasi berbagai berbagai persoalan sehingga akan meningkatkan efisiensi kerja.
6. Masing-masing kepala bagian atau manager secara langsung bertanggungjawab atas aktifitas yang dilakukan untuk mencapai tujuan.
7. Pimpinan tertinggi perusahaan dipegang oleh seorang direktur utama yang bertanggungjawab terhadap dewan komisaris. Anggota dewan komisaris merupakan wakil-wakil dari pemegang saham dan dilengkapi dengan staff atau yang bertugas memberikan nasehat dan saran kepada direktur.

10.4. Pembagian tugas dan tanggungjawab.

Pembagian kerja dalam organisasi perusahaan merupakan pembagian jabatan dan tanggungjawab antara satu pengurus dan pengurus yang lain sesuai dengan strukturnya. Penjelasan dari setiap jabatan dalam organisasi perusahaan ini diterangkan sebagai berikut :

A. Pemegang Saham.

Pemegang saham adalah beberapa orang yang mengumpulkan modal untuk mendirikan pabrik dengan cara membeli saham perusahaan. Mereka merupakan pemilik perusahaan dimana jumlah yang dimiliki tergantung sesuai dengan besarnya saham yang dimiliki, sedangkan kekayaan pribadi pemegang saham tidak dipertanggungjawabkan sebagai jaminan atas hutang-hutang perusahaan. Pemegang saham harus menanamkan sahamnya paling sedikit satu tahun. Rapat umum pemegang saham adalah rapat dari pemegang saham. Mereka mempunyai kekuasaan tertinggi dalam Perseroan Terbatas (PT)

Rapat umum pemegang saham biasanya diadakan paling sedikit sekali dalam satu tahun, dan selambat-lambatnya enam bulan sesudah tahun buku yang bersangkutan. Di mana melalui rapat pemegang saham mereka menetapkan :

1. Mengangkat dan memberhentikan dewan komisaris.
2. Mengesahkan hasil-hasil usaha neraca perhitungan laba dan rugi tahunan

B. Dewan Komisaris.

Dewan komisaris ini bertindak sebagai wakil dari pemegang saham. Dewan komisaris diangkat menurut ketentuan yang ada dalam perjanjian dan dapat diberhentikan setiap waktu oleh rapat umum pemegang saham apabila mereka bertindak bertentangan dengan anggaran dasar atau kepentingan perseoran tersebut. Adapun tugas dewan komisaris :

1. Mengawasi direktur utama dan berusaha agar tindakan direktur utama tidak merugikan perusahaan
2. Menentukan dan memutuskan siapa yang menjabat sebagai direktur dan menetapkan kebijaksanaan perusahaan.
3. Menyetujui dan menolak rencana yang diajukan oleh direktur utama
4. Mengadakan evaluasi atau pengawasan tentang hasil yang diperoleh perusahaan

5. Memberi nasehat kepada direktur utama bila mengadakan perubahan dalam perusahaan

C. Direktur Utama.

Direktur utama merupakan pimpinan tinggi secara langsung dan penanggung jawab utama dalam perusahaan secara keseluruhan.

Dengan membawahi :

- Direktur Teknik
- Direktur Administrasi

Tugas direktur utama adalah :

1. Menetapkan strategi perusahaan, merumuskan rencana kerja dan cara-cara pelaksanaannya.
2. Mengurus harta kekayaan perseroan
3. Mengurus dan mewakili perseroan didalam dan luar negeri
4. Menetapkan sistem organisasi yang dianut dan menetapkan pembagian kerja, tugas dan tanggungjawab dalam perusahaan untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan lebih dahulu
5. Mengadakan koordinasi yang tepat pada seluruh bagian organisasi
6. Memberikan instruksi resmi kepada bawahannya untuk melaksanakan tugas masing-masing
7. Mempertanggungjawabkan kepada dewan komisaris segala anggaran belanja dan pendapatan perusahaan
8. Selain tugas diatas, direktur utama berhak mewakili perseroan secara sah dan langsung dalam hal dan kejadian yang berhubungan dengan kepentingan perseroan. Dan harus meminta ijin kepada dewan komisaris bila akan melakukan tindakan yang berhubungan dengan perseroan (peminjaman uang di Bank, memindahtangankan perseroan untuk menanggung hutang dan lain sebagainya)

D. Penelitian dan Pengembangan (Litbang).

Litbang merupakan staf direktur utama yang terdiri dari ahli teknik dan ahli ekonomi.

Tugas dan wewenang litbang :

1. Memberikan nasehat dan informasi mengenai masalah teknik dan ekonomi kepala direktur utama.
2. Membantu direktur utama dalam bidang penelitian dan pengembangan organisasi perusahaan, teknik proses dan sebagainya sehingga dapat memajukan perusahaan.

E. Direktur Teknik.

Direktur teknik membawahi bagian teknik dan produksi, dan bertanggungjawab terhadap bagian produksi di pabrik, baik produksi langsung maupun perangkat dalam membantu atau menunjang produksi. Tugas utamanya adalah merencanakan, mengelola dan mengontrol semua kegiatan yang berkaitan dengan produksi.

F. Direktur Administrasi

Direktur administrasi ini berkaitan dengan segala kegiatan diluar produksi, tetapi sangat erat hubungannya dengan kegiatan pabrik. Karena dalam perusahaan, direktur ini mengatur dan mengelola segala hal yang berkaitan dengan lingkungan eksternal dengan membawahi bagian-bagian :

- Keuangan
- Sumber Daya Manusia
- Pemasaran

G. Kepala Bagian.**• Kepala Bagian Teknik.**

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

1. Seksi Utilitas

Bertugas untuk mengawasi dan mengatur pelaksanaan penyediaan air proses, air pendingin, steam, air umpan boiler, bahan bakar, listrik dan pengadaan refrigerant.

2. Seksi Perawatan

Bertugas untuk merawat, memelihara gedung, taman dan peralatan proses termasuk utilitas. Dan juga bertugas dalam memperbaiki peralatan yang rusak dan mempersiapkan suku cadangnya, agar peralatan tersebut dapat dipergunakan lagi dalam proses produksi.

3. Seksi K₃

Bertugas untuk mengatur dan mengawasi semua kegiatan yang berhubungan dengan keselamatan kerja termasuk memberikan pelatihan-pelatihan keselamatan kerja

• Kepala Bagian Produksi

Bertanggungjawab kepada kepala direktur teknik dalam bidang mutu produksi. Kepala bagian produksi merupakan kepala bagian yang bertanggungjawab atas semua bagian produksi, mulai dari perencanaan, pembuatan atau produksi dan pengendalian mutu produk. Seksi-seksi yang dibawahinya adalah :

1. Seksi Proses.

Bertugas untuk mengatur dan mengawasi pelaksanaan jalannya proses produksi yang terjadi serta realisasi rencana dan bertanggungjawab atas jalannya masing-masing proses.

2. Seksi QC dan Laboratorium.

Bertugas dalam mengawasi dan mengontrol kualitas bahan baku, bahan bakar dan produk. Agar produk yang diterima konsumen mempunyai kualitas yang sesuai dengan standart yang telah ditetapkan.

3. Seksi Gedung.

Bertugas dalam penyediaan bahan baku, pengepakan atau pengemasan produk jadi dan menimbun atau menyimpan dalam gudang serta merencanakan pengiriman produk ke luar pabrik.

- **Kepala Bagian Umum**

Bertanggung jawab kepada direktur administrasi dalam bidang personalia. Kabag umum mempunyai tugas untuk merencanakan, mengelola dan mendayagunakan sumber daya manusia, baik sumber daya manusia yang sudah ada maupun merekrut sumber daya manusia yang baru. Selain itu Kabag umum juga mempunyai tugas untuk mengatur masalah karyawan, jenjang karier dan masalah penempatan karyawan. Seksi-seksi yang dibawahinya meliputi :

1. **Seksi Personalia.**

Bertugas untuk mencari tenaga kerja baru apabila perusahaan membutuhkan tenaga kerja baru. Tugasnya mulai dari penyebaran iklan, lowongan, pengadaan test, pemilihan danm pelatihan tenaga kerja baru.

2. **Seksi Keamanan.**

Bertugas untuk memperhatikan dan menjaga keamanan pabrik , para staff dan karyawan.

3. **Seksi Kesejahteraan Pekerja.**

Bertugas untuk mengatur semua kegiatan yang berhubungan dengan kesejahteraan karyawan, mulai dari tunjangan , memberikan cuti, JAMSOSTEK sampai mengatur pensiunan karyawan.

- **Kepala bagian pemasaran.**

Bertanggungjawab kepada direktur administrasi dalam bidang pemasaran. Kepala bagian pemasaran mempunyai tugas menentukan daerah pemasaran dan melakukan riset market serta menangani masalah promosi. Seksi-seksi yang dibawahinya adalah :

1. **Seksi Market dan Riset.**

Bertugas untuk meneliti dan mengupayakan agar hasil-hasil produksi dapat disalurkan ke jalur-jalur distribusi yang tepat sehingga hasil produksi mempunyai harga jual yang terjangkau. Seksi ini juga bertugas mengenalkan produk kepada konsumen-konsumen yang membutuhkan atau pabrik-pabrik lain yang menggunakan produk sebagai bahan baku produk lain. Dan juga bertugas dalam menarik minat konsumen untuk membeli produk yang dihasilkan.

2. Seksi Pemasaran.

Bertugas dalam menjual hasil produksi dengan harga jual yang telah ditetapkan.

- **Kepala Bagian Keuangan.**

Bertanggungjawab kepada direktur administrasi dalam bidang keuangan. Kabag keuangan bertugas mengatur keuangan serta menangani penyediaan serta pembelian baik bahan baku maupun peralatan.

1. Seksi keuangan dan pembukuaan.

Bertugas dalam mengamankan keuangan perusahaan, perencanaan keuangan dimasa yang akan datang, perhitungan uang perusahaan dan membayar gaji karyawan.

2. Seksi Penyediaan dan Pembelian

Bertugas dalam penyediaan dan pembelian bahan baku serta peralatan lainnya.

10.5. Jam Kerja

Untuk karyawan yang bekerja di kantor, total jam kerja 40 jam/minggu dengan perincian sebagai berikut :

a. Untuk pegawai non shift

Senin – kamis	:	08.00-16.00 (istirahat 12.00-13.00)
Jum'at	:	08.00-16.00 (istirahat 11.00-13.00)
Sabtu	:	08.00-12.00
Minggu	:	Libur, begitu juga dengan hari libur yang telah ditetapkan oleh pemerintah sebagai hari libur

b. Untuk pegawai shfit

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

Untuk kegiatan produksi ini diperlukan 4 regu karyawan dimana jam kerja setiap shiftnya selalu bergantian setiap minggunya, dan jadwal kerja dapat ditabelkan sebagai berikut :

Tabel 10.1 Jadwal kerja shift karyawan

Regu	Minggu			
	Pertama	Kedua	Ketiga	Keempat
I	Libur	Pagi	Siang	Malam
II	Pagi	Libur	Malam	Siang
III	Siang	Malam	Libur	Pagi
IV	Malam	Siang	Pagi	Libur

10.6. Penggolongan dan Tingkat Pendidikan Karyawan.

Penggolongan karyawan berdasarkan tingkat kedudukan dalam struktur organisasi pada pra rencana pabrik Etilbenzen ini adalah :

1. Direktur Utama
2. Direktur (Direktur Teknik dan Direktur Administrasi)
3. Kepala Bagian
4. Kepala Seksi (Kasie)
5. Staff kepala seksi
6. Operator (tenaga pelaksana)

Sedangkan latar belakang pendidikan yang harus dimiliki oleh karyawan berdasarkan kedudukannya dan struktur organisasi pada Pra rencana Pabrik Etilbenzen dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Direktur Utama : Magister Teknik Kimia (S₂)
2. Direktur :
 - Direktur Teknik : Sarjana Teknik Kimia
 - Direktur Adiministrasi : Sarjana Administrasi (FIA)
3. Direktur Litbang : Sarjana Teknik Kimia
4. Sekretaris Direktur : Sarjana Administrasi
5. Kepala Bagian :
 - Kabag Teknik : Sarjana Teknik Mesin
 - Kabag Produksi : Sarjana Teknik Kimia
 - Kabag Pemasaran : Sarjana Ekonomi – Manajemen
 - Kabag Umum : Sarjana Psikologi
 - Kabag Keuangan : Sarjana Ekonomi – Akuntansi

6. Kepala Seksi.

- Seksi Utilitas : Sarjana Teknik Kimia
- Seksi perawatan : Sarjana Teknik Mesin
- Seksi Proses : Sarjana Teknik Kimia
- Seksi QC & Laboratorium : Sarjana Teknik Kimia
- Seksi Gudang : Diploma 3 Teknik Kimia
- Seksi Personalia : Sarjana Psikologi
- Seksi Humas : Sarjana Psikologi
- Seksi Keamanan : Purnawirawan ABRI
- Seksi Kesejahteraan Pekerja : Sarjana Psikologi
- Seksi Market dan Riset : Sarjana Ekonomi – Manajemen
- Seksi Pemasaran : Sarjana Ekonomi – Manajemen
- Seksi Keuangan : Sarjana Ekonomi-Akuntansi
- Seksi Penyed & Pembelian : Sarjana Ekonomi-Akuntansi
- Karyawan : Diploma dan SMA
- Satpam : Purnawirawan ABRI
- Dokter : Sarjana Kedokteran
- Kebersihan / Taman : SMA
- Parkir : SMA

10.7 Perincian jumlah karyawan.

Perhitungan jumlah tenaga operasional dilakukan berdasarkan pembagian proses yang dilakukan. Pada pabrik Etilbenzen proses yang dilakukan terbagi dalam beberapa tahap, yaitu :

a. Proses Utama

1. Penyediaan bahan baku, terdiri dari :
 - Gudang
 - Transportasi
 - Tahap Pemasaran
2. Tahap reaksi
3. Tahap pemisahan dan pemurnian
4. Tahap Penanganan produk
 - Tahap penyimpanan

b. Tahap Tambahan / pembantu

1. Laboratorium
2. Utilitas, terdiri dari :
 - Pengolahan air
 - Boiler
 - Pengolahan limbah

Sehingga jumlah proses keseluruhan yang membutuhkan tenaga operasional adalah 6 tahap. Dari vilbrant & Dryen, Fig.6-35, hal.235, maka dibutuhkan karyawan 80 orang-jam/hari/tahap untuk kapasitas 300.000 ton/tahun dan beroperasi selama 330 hari/tahun, yaitu :

Jumlah karyawan = 80 orang/jam x 6 = 480 orang jam/hari

Dalam satu hari terdapat 3 shift kerja, sehingga :

Jumlah karyawan sebanyak : [480 orang jam/hari] / 3 shift
= 160 orang jam/shift

Masing-masing pekerja shift bekerja 8 jam/hari sehingga:

Jumlah karyawan per shift = (160 / 8) orang/shift = 20 orang/shift

Karena karyawan shift dibagi 4 regu, dimana 3 regu kerja dan 1 regu istirahat, maka jumlah karyawan bagian proses = 20 orang / shift x 4 = 80 orang

Sedangkan jumlah karyawan keseluruhan pabrik Etilbenzena ini seperti berikut:

Tabel 10.2. Daftar Jumlah Karyawan Pabrik Etilbenzena

No	Jabatan	Jumlah
1	Dewan Komisaris	5
2	Direktur Utama	1
3	Direktur Teknik	1
4	Direktur Administrasi	1
5	Staff Litbang	4
6	Sekretaris Direktur	3
7	Kabag Teknik	1
8	Kasie Perawatan	1
9	Karyawan Perawatan	6
10	Kasie. Utilitas	1
11	Karyawan Utilitas	4

12	Kabag Produksi	1
13	Kasie. Proses	1
14	Karyawan Proses	80
15	Kasie. Gudang	1
16	Karyawan Gudang	6
17	Kasie. QC & Lab	1
18	Karyawan QC & Lab	4
19	Kabag Pemasaran	1
20	Kasie. Market & riset	1
21	Karyawab Market & riset	4
22	Kasie Pemasaran	1
23	Karyawan Pemasaran	5
24	Kabag Umum	1
25	Kasie. Personalia	1
26	Karyawan Personalia	4
27	Kasie. Humas	1
28	Karyawan Humas	4
29	Kasie. Kesejahteraan Pekerja	1
30	Karyawan Kesejahteraan Pekerja	4
31	Kasie. Keamanan	1
32	Karyawan Keamanan	6
33	Kabag Keuangan	1
34	Kasie. Keu & Pembukuan	1
35	Karyawan Keu & Pembukuan	4
36	Kasie. Penyediaan & Pembelian	1
37	Karyawan Penyed. & Pembersihan	6
38	Dokter	1
39	Karyawan Poliklinik	4
40	Karyawan Kebersihan/taman	4
41	Karyawan Parkir	3
42	Sopir	5
	Jumlah	187

10.8 Jaminan Sosial

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

Jaminan sosial yang diberikan oleh perusahaan pada karyawan pabrik Etilbenzen adalah :

a. Tunjangan

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

b. Fasilitas

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

c. Pengobatan

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

- Untuk pengobatan dan perawatan yang dilakukan pada rumah sakit yang telah ditunjuk akan diberikan secara cuma-cuma.
- Karyawan yang mengalami kecelakaan atau terganggu kesehatannya dalam menjalankan tugas perusahaan, akan mendapat penggantian ongkos pengobatan penuh.

d. Insentif atau bonus

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

e. Cuti

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

10.9. Sistem Pengupahan Karyawan.

Pra Rencana Pabrik Etilbenzen, besar kecilnya upah uang yang didasarkan pada :

- a. Tingkat pendidikan
- b. Pengalaman kerja
- c. Tanggungjawab dan kedudukan
- d. Keahlian yang dimiliki
- e. Pengabdian pada perusahaan (lamanya bekerja)

Dengan didasarkan atas kebutuhan dan perbedaan status ini, maka sistem pengupahan pada pabrik Etilbenzen dibedakan menjadi :

a. Upah reguler

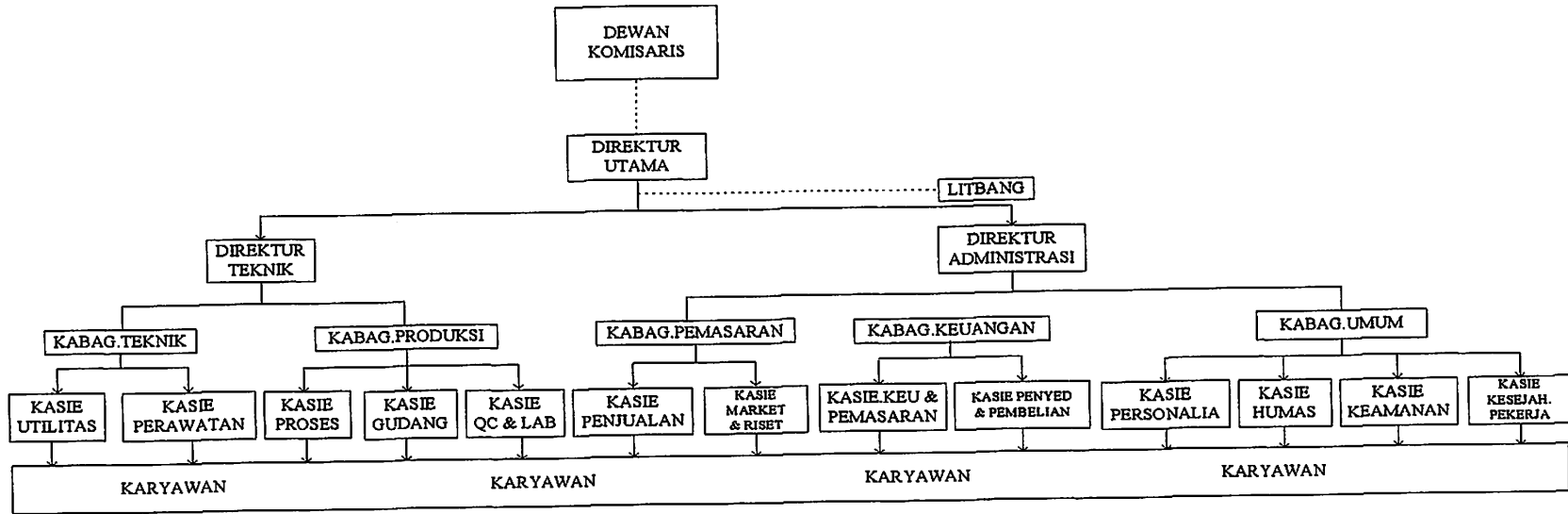
Upah reguler diberikan kepada karyawan tetap yang besarnya berbeda-beda untuk setiap karyawan dan diberikan pada akhir bulan.

b. Upah mingguan

Upah mingguan diberikan kepada karyawan mingguan tetap yang besarnya berbeda-beda untuk setiap karyawan dan diberikan pada akhir pekan.

c. Upah Borongan

Upah borongan diberikan kepada karyawan harian lepas atau karyawan borongan yang besarnya tidak tetap, tergantung pada macam pekerjaan yang dilakukan dan diberikan setelah pekerjaan itu selesai.



Gambar 10.1. Bagan Struktur Organisasi Pra Rencana Pabrik Etilbenzena

BAB XI

ANALISA EKONOMI

Dalam perencanaan suatu pabrik perlu ditinjau dari faktor-faktor ekonomi yang menentukan apakah pabrik tersebut layak untuk didirikan atau tidak. Faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan dalam penentuan untung rugi dalam mendirikan Pabrik Etil Benzena adalah sebagai berikut :

- Laju pengembalian modal (*Internal Rate of Return*)
- Lama pengembalian modal (*Pay Out Time*)
- Titik impas (*Break Event Point*)

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

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

11.1. Faktor-faktor Penentu

11.1.1. Modal Investasi Total (*Total Capital Investment = TCI*)

Yaitu modal yang dibutuhkan untuk mendirikan pabrik sebelum berproduksi, terdiri dari :

1. *Fixed Capital Investment (FCI)*
 - a. Biaya langsung (*Direct cost*), meliputi :
 - Pembelian alat
 - Instrumentasi dan alat kontrol
 - Perpipaan terpasang
 - Listrik terpasang
 - Tanah dan bangunan
 - Fasilitas pelayanan

- Pengambangan lahan
- b. Biaya tak langsung (*Indirect cost*)
 - Teknik dan supervisi
 - Konstruksi
 - Kontraktor
 - Biaya tak terduga

2. *Working Capital Investment (WCI)*

Modal kerja yaitu modal yang digunakan untuk menjalankan pabrik yang berhubungan dengan laju produksi dalam beberapa waktu tertentu. Modal kerja terdiri dari:

- a. Penyediaan bahan baku dalam waktu tertentu
- b. Pengemasan produk dalam waktu tertentu
- c. Utilitas dalam waktu tertentu
- d. Gaji dalam waktu tertentu
- e. Uang tunai

Sehingga :

$$\text{Total Capital Investment (TCI)} = \text{Modal tetap (FCI)} + \text{Modal kerja (WCI)}$$

11.1.2. Biaya produksi (*Total Production Cost = TPC*)

Total biaya produksi adalah biaya yang digunakan untuk operasi pabrik atau biaya yang dikeluarkan untuk mengeluarkan satu-satuan produk dalam waktu tertentu.

Biaya produksi terdiri dari :

- a. Biaya pembuatan (*Manufacturing Cost*), terdiri dari :
 - Biaya produksi langsung
 - Biaya produksi tetap
 - Biaya *overhead* pabrik
- b. Biaya umum (*General Expenses*), terdiri dari :
 - Biaya administrasi
 - Biaya distribusi dan pemasaran
 - Litbang
 - Financing

Adapun biaya produksi total terbagi menjadi :

a. Biaya variabel (*Variable Cost = Vc*)

Biaya variabel yaitu, segala biaya yang pengeluarannya berbanding lurus dengan laju produksi atau biaya yang tergantung dengan kapasitas pabrik secara langsung.

Biaya variabel terdiri :

- Biaya bahan baku
- Biaya utilitas
- Biaya pengepakan

b. Biaya semi variabel (*Semi Variable Cost = SVC*)

Biaya semi variabel yaitu, biaya pengeluaran yang tidak berbanding lurus dengan laju produksi atau yang tergantung dengan kapasitas pabrik secara tidak langsung.

Biaya semi variabel terdiri dari :

- Upah karyawan
- *Plant overhead*
- Pemeliharaan dan perbaikan
- Laboratorium
- *Operating supplies*
- Biaya umum
- Supervisi

c. Biaya tetap (*Fixed Cost = FC*)

Biaya tetap adalah biaya yang dikeluarkan secara tetap, tidak tergantung pada kapasitas pabrik. Biaya tetap terdiri dari :

- Asuransi
- Depresiasi
- Pajak
- Bunga bank

11.2. Penafsiran Harga Alat

Harga suatu alat setiap saat akan berubah, tergantung pada perubahan kondisi ekonomi. Oleh karena itu, digunakan beberapa cara konversi harga alat terhadap harga alat pada beberapa tahun yang lalu, sehingga diperoleh harga yang ekuivalen dengan harga sekarang.

Harga alat dalam Pra Rencana Pabrik Etil Benzena ini didasarkan pada data harga alat yang terdapat pada literatur Peter & Timmerhause serta Gael. D. Ulrich.

Untuk menaksir harga alat pada tahun 2017 digunakan persamaan berikut :

i. Penentuan *Total Capital Investment (TCI)*

a. Modal langsung (DC)

Harga alat (E)	=	Rp	101.265.248.753
Instalasi, isolasi dan alat (0,3E)	=	Rp	30.379.574.626
Instrumentasi dan kontrol (0,1E)	=	Rp	10.126.524.875
Perpipaan terpasang (0,20E)	=	Rp	20.253.049.751
Listrik terpasang (0,07E)	=	Rp	7.088.567.413
Tanah (0,08 E)	=	Rp	307.500.000.000
Bangunan (0,15 E)	=	Rp	15.189.787.313
Fasilitas pelayanan (0,25E)	=	Rp	25.316.312.188
Pengembangan lahan (0,5E)	=	Rp	5.063.262.438
Total modal langsung (DC)	=	Rp	522.182.327.355

b. Modal tak langsung (IC)

Engineer dan supervisi (0,26E)	=	Rp	26.328.964.676
Konstruksi (0,35E)	=	Rp	35.442.837.063

Modal biaya tak langsung (IC)	=	Rp	61.771.801.739
--------------------------------------	---	----	-----------------------

c. Total TPC (IC + DC)

Kontraktor (0,5 IC+DC)	=	Rp	29.197.706.455
------------------------	---	----	----------------

Biaya tak terduga (0,1 IC+DC)	=	Rp	58.395.412.909
-------------------------------	---	----	----------------

d. Modal tetap (FCI)

e. Modal kerja (WCI) = 0,15 FCI

f. Total biaya investasi (TCI)

TCI = FCI + WCI	=	Rp	1.461.602.834.881
------------------------	---	----	--------------------------

Modal perusahaan :

- 60% modal sendiri (0,6 TCI)	=	Rp	876.961.700.928
-------------------------------	---	----	-----------------

- 40% modal pinjaman (0,4 TCI)	=	Rp	584.641.133.95
--------------------------------	---	----	----------------

A. Penentuan Biaya Produksi Total**a. Biaya Pembuatan****1. Biaya produksi langsung (DPC)**

- Bahan baku 1 tahun	=	Rp	286.958.598.765
- Gaji karyawan 1 tahun (TK)	=	Rp	3.835.200.000
- Utilitas 1 tahun	=	Rp	42.481.522.210
- Pemeliharaan 1 tahun (0,1 FCI)	=	Rp	6.715.472.485
- Laboratorium (0,1 Gaji)	=	Rp	383.520.000
- Operating supplies (0,15 FCI)	=	Rp	13.426.324.162
- Patent and royalties (0,03 TPC)	=	Rp	6.035.246.341
- Supervisi (0,08 Gaji)	=	Rp	306.816.000
Total biaya produksi langsung (DPC)	=	Rp	347.522.232.499

2. Biaya produksi tetap (FC)

- Depresiasi peralatan (0,1 FCI)	=	Rp	67.154.724.846
- Asuransi (0,01 FCI)	=	Rp	6.715.472.485
- Bunga bank (12,5% modal pinjaman)	=	Rp	182.700.354.360
Total biaya produksi tetap (FC)	=	Rp	256.570.551.691

3. Biaya overhead

(0,5Gaji+pemeliharaan+laboratorium)	=	Rp	5.467.096.242
Total biaya pembuatan (1 + 2 + 3)	=	Rp	609.559.880.432

B. Biaya umum (GE)

1. Biaya administrasi 1% TPC	=	Rp	9.074.999.985
2. Biaya dis. Dan pemasaran 2% TPC	=	Rp	18.149.999.971
3. Biaya litbang 5% TPC	=	Rp	9.074.999.985
Total biaya umum (GE)	=	Rp	36.299.999.942

Biaya Produksi Total (TPC)

1. Total biaya pembuatan	=	Rp	3.509.854.220.109
2. Total biaya umum	=	Rp	932.999.223.067
Total Biaya Produksi (TPC)	=	Rp	645.859.880.374

Analisa Ekonomi :

- a. Modal.
 - 60% modal sendiri (0,6 TCI)
 - 40% modal pinjaman bank (0,4 TCI)
- b. Bunga kredit sebesar 20% per tahun
- c. Laju inflasi 20% per tahun
- d. Umur pabrik 10 tahun.

Sesuai dengan Undang-Undang pajak penghasilan 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 (pertama)
- 25% untuk laba sampai Rp. 50.000.000
- 30% untuk laba diatas Rp. 50.000.000

ii.Laba Perusahaan

Laba perusahaan keuntungan yang diperoleh dari penjualan produk.

Total penjualan pertahun = Rp. 907.499.998.548

Laba kotor = harga jual – biaya produksi

$$= \text{Rp. } 907.499.998.548 - \text{Rp. } 347.522.232.499$$

$$= \text{Rp. } 261.640.118.174$$

Pajak penghasilan = 30% dari laba kotor.

Laba bersih = laba kotor x (1 - %pajak)

$$= \text{Rp. } 261.640.118.174 (1 - 0,3)$$

$$= \text{Rp. } 183.148.082.722$$

Laju pengembalian modal (Rate On Investment = ROI)

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

$$\text{ROI}_{\text{BT}} = \frac{\text{laba kotor}}{\text{modal investasi}} \times 100\% = 17,90\%$$

ROI setelah pajak

$$\text{ROI}_{\text{AT}} = \frac{\text{laba bersih}}{\text{modal investasi}} \times 100\%$$

$$= 12,5306\% \text{ dari modal investasi}$$

iii. Lama pengembalian modal (Pay Out Time = POT)

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

Nilai penerimaan cash flow setelah pajak (C_A)

$$\begin{aligned} C_A &= \text{laba bersih} + \text{depresiasi} \\ &= \text{Rp. } 183.148.082.722 + \text{Rp. } 89.508.827.744 \\ &= \text{Rp. } 250.302.807.568 \end{aligned}$$

Nilai aset akhir atau aset sisa (s)

$$\begin{aligned} \text{Nilai sisa} &= \text{Modal tetap} - (\text{Depresiasi} \times \text{Umur pabrik}) \\ &= 895.088.277.744 - (89.508.827.744 \times 10) \\ &= 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{POT} &= \frac{\text{Modal tetap}}{\text{Cash flow setelah pajak}} \times 1 \text{ tahun} \\ &= \frac{895.088.277.444}{250.302.807.568} \times 1 \text{ tahun} \\ &= 3,6220 \text{ tahun} \end{aligned}$$

iv. 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.

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

Semivariabel cost (SVC), terdiri dari :

- Gaji karyawan 1 tahun	= Rp. 3.835.200.000
- Pemeliharaan 1 tahun	= Rp 6.715.472.485
- Laboratorium	= Rp. 383.520.000
- Biaya overhead	= Rp. 5.467.092.242
- Biaya umum	= Rp. 36.299.999.942
- Operating supplies	= Rp 805.856.698
- Supervisi	= Rp. 306.816.000

Jumlah (SVC) = Rp 53.813.961.367

Variabel cost (Vc) terdiri dari :

- Bahan baku 1 tahun = Rp. 286.958.598.765

- Utilitas 1 tahun = Rp. 42.481.522.210

- Pengemasan = Rp. 66.115.720.000

Jumlah (Vc) = Rp. 395.555.840.975

Biaya tetap (FC) = Rp. 256.570.551.691

Harga penjualan (S) = Rp. 5.249.999.970.296

$$BEP = \frac{488.086.372.465 + (0,3 \times 1.087.400.388.845)}{5.249.999.970.296 - ((0,7 \times 1.087.400.388.845) - 2.816.725.728.570)} \times 100\%$$

$$= 53,8798 \%$$

Titik BEP terjadi pada kapasitas produksi :

$$= 53,8798 \% \times 16.500 \text{ ton/tahun} = 8.890 \text{ ton/tahun}$$

Nilai BEP untuk pabrik etilbenzene berada diantara nilai 30 – 65%, maka nilai BEP diatas memadai.

Untuk produksi tahun pertama kapasitas pabrik 80% dari kapasitas yang sesungguhnya, sehingga keuntungan adalah :

$$\frac{PBi}{PB} = \frac{(100 - BEP) - (100 - \%kapasitas)}{(100 - BEP)}$$

dimana :

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

PB = keuntungan pada kapasitas 100%

% kap = % kapasitas yang tercapai

$$\frac{PBi}{565.002.568.985} = \frac{(100 - 33,4392) - (100 - 80)}{(100 - 33,4392)}$$

$$PBi = \text{Rp. } 103.726.100.815$$

Sehingga cash flow setelah pajak untuk tahun pertama adalah :

C_A = laba bersih tahun pertama + depresiasi

$$= \text{Rp } 160.232.080.017 + \text{Rp. } 89.508.827.744$$

$$= \text{Rp } 170.880.825.661$$

G. Shut Down Point

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

$$\begin{aligned} \text{SDP} &= \frac{0,3\text{SVC}}{S - 0,7\text{SVC} - \text{VC}} \times 100\% \\ &= \frac{(0,3 \times 1.087.400.388.845)}{5.249.999.970.296 - ((0,7 \times 1.087.400.388.845) - 2.816.725.728.570)} \times 100\% \\ &= 3,4040 \% \end{aligned}$$

Titik Shut Down Point terjadi pada kapasitas :

$$\begin{aligned} &= 3,4040 \% \times 16.500 \text{ ton/tahun} \\ &= 561,6561 \text{ ton/tahun.} \end{aligned}$$

H. Net Present Value

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

Langkah – langkah menghitung NPV :

a. Menghitung C_{A_0} (tahun ke-0) untuk masa konstruksi 2 tahun.

$$\begin{aligned} C_{A-2} &= 40\% \times \text{FCI} \times (1 + i)^2 \\ &= 40\% \times \text{Rp. } 895.088.277.444 \times (1 + 0,2)^2 \\ &= \text{Rp } 386.811.215.112 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{A-1} &= 60\% \times \text{FCI} \times (1 + i)^1 \\ &= 60\% \times \text{Rp. } 895.088.277.444 \times (1 + 0,2)^1 \\ &= \text{Rp. } 580.216.822.668 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{A_0} &= - (C_{A-1} + C_{A-2}) \\ &= - (\text{Rp } 515.570.847.808 + \text{Rp. } 773.356.271.712) \\ &= - \text{Rp } 967.028.037.780 \end{aligned}$$

Menghitung NPV tiap tahun.

$$\text{NPV} = C_A \times \text{Fd}$$

$$\text{Dimana : } = \frac{1}{(1 + i)^n}$$

Fd = faktor diskon

i = tingkat bunga bank

C_A = cash flow setelah pajak n = tahun ke- n

Tabel 11.1. Cash Flow untuk NPV selama 10 tahun.

Tahun ke -1	Cash Flow	Fd 20%	PV
0	-967.028.037.780	1	-1.288.927.119.520
1	170.880.825.661	0,8333	403.950.756.468
2	250.302.807.568	0,6944	454.521.803.284
3	250.302.807.568	0,5787	378.768.169.403
4	250.302.807.568	0,4823	315.640.141.169
5	250.302.807.568	0,4019	263.033.450.975
6	250.302.807.568	0,3349	219.194.542.479
7	250.302.807.568	0,2791	182.662.118.732
8	250.302.807.568	0,2326	152.218.432.277
9	250.302.807.568	0,1938	126.848.693.564
10	250.302.807.568	0,1615	105.707.244.637
Nilai sisa	0	0,1615	0
WCI	790.055.586.422	0,1615	127.593.977.207
Jumlah			143.768.488.167

Karena harga NPV = (+) maka pabrik etilbenzene layak didirikan.

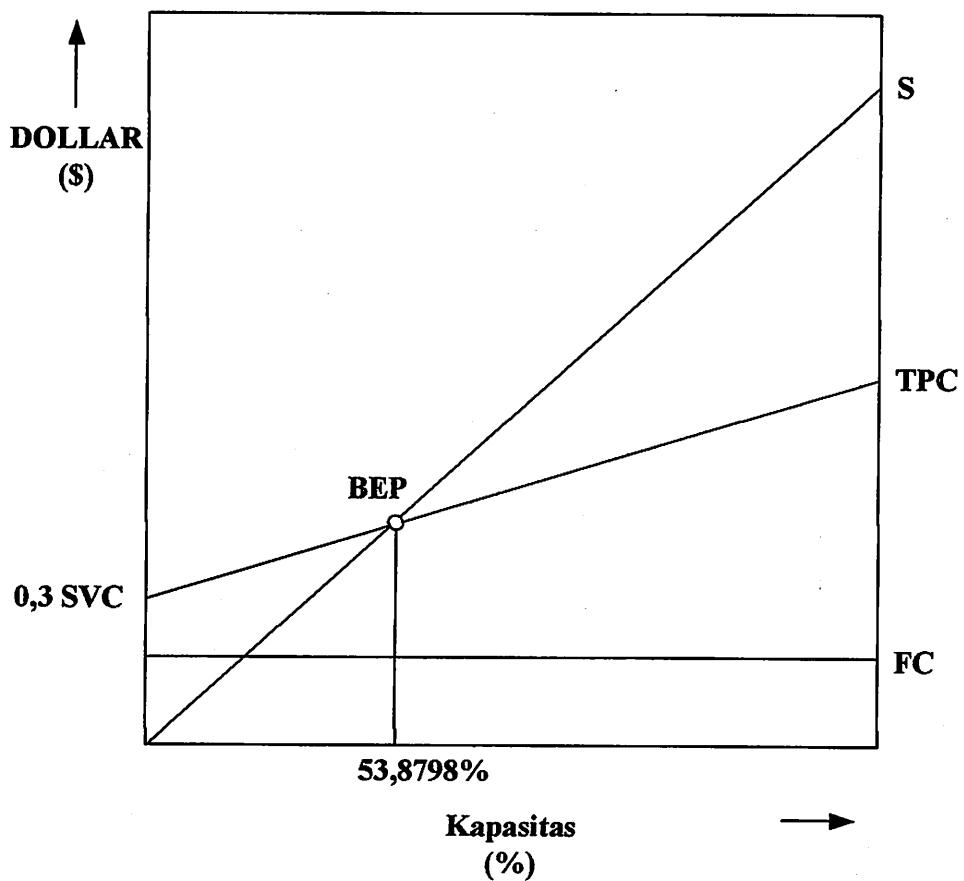
I. IRR (Internal Rate Of Return)

Tabel 11.2. Cash Flow untuk IRR

Tahun ke -1	Cash Flow	Fd 12,5%	PV1	Fd 46,5 %	PV2
0	-967.028.037.780	1	-967.028.037.780	1,0000	-967.028.037.780
1	170.880.825.661	0,8333	403.950.756.468	0,6826	330.881.165.707
2	250.302.807.568	0,6944	454.521.803.284	0,4659	304.959.357.350
3	250.302.807.568	0,5787	378.768.169.403	0,3180	208.163.383.857
4	250.302.807.568	0,4823	315.640.141.169	0,2171	142.091.047.001
5	250.302.807.568	0,4019	263.033.450.975	0,1482	96.990.475.769
6	250.302.807.568	0,3349	219.194.542.479	0,1012	66.205.102.914
7	250.302.807.568	0,2791	182.662.118.732	0,0690	45.191.196.528
8	250.302.807.568	0,2326	152.218.432.277	0,0471	30.847.233.125
9	250.302.807.568	0,1938	126.848.693.564	0,0322	21.056.131.826
10	250.302.807.568	0,1615	105.707.244.637	0,0220	14.372.786.229
Nilai sisa	0	0,1615	0	0,0220	0
WCI	790.055.586.422	0,1615	127.593.977.207.147	0,0220	315.403.700.400
Jumlah			143.768.488.167		-360.644.324.698

$$\begin{aligned}
 \text{IRR} &= i_1 + \frac{\text{NPV}_1}{\text{NPV}_1 - \text{NPV}_2} \times (i_1 - i_2) \\
 &= 20 + \frac{1.483.685.006.183}{1.483.386.006.183 - (-5.044.827.301)} \times (20 - 46,5) \\
 &= 17,6304 \%
 \end{aligned}$$

Karena harga IRR lebih besar dari bunga bank (12,5 %), maka pabrik etilbenzene layak didirikan.



Gambar 11.1 Break Event Point Pra Rencana Pabrik Etilbenzen



BAB XII

KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan Pra Rencana Pabrik Etilbenzen dapat disimpulkan bahwa rencana pendirian pabrik ini cukup menguntungkan dengan memperhitungkan beberapa aspek antara lain :

a. Aspek Lokasi

Pabrik ini didirikan di Cilegon Kab. Serang, Provinsi Banten Pabrik ini diperkirakan cukup menguntungkan mengingat :

- Dekat dengan sumber bahan baku
- Dekat dengan daerah pemasaran
- Tersedianya kebutuhan air, tenaga listrik dan bahan bakar
- Fasilitas transportasi yang memadai
- Tersedianya tenaga kerja yang cukup

b. Aspek Sosial

Pendirian Pabrik Etilbenzen ini bila ditinjau dari aspek sosial dinilai menguntungkan karena :

- Dapat menciptakan lapangan kerja baru.
- Memberikan kesempatan kepada penduduk untuk mendapatkan penghasilan yang lebih baik dari sebelumnya.

c. Aspek Ekonomi

- Di Indonesia kebutuhan Etilbenzen semakin meningkat sejalan dengan meningkatnya kebutuhan industry kertas, detergent, resin, bidang kedokteran, serta berguna bagi pertanian, terutama sebagai resin urea untuk pupuk.
- Dapat mengurangi kebutuhan impor Etil benzena yang selama ini masih berasal dari luar negeri.
- Etil Benzena sebagai berikut: Total Penjualan Rp. 907.499.998.548
Laba Kotor Rp. 261.640,118,174 dan Laba Bersih 183.148.082.722

- Rate of Return (ROI) ROI sebelum pajak 17,90% ROI setelah pajak 12,5306 % Internal Rate of Return (IRR) 17,6304 %
- Karena IRR lebih besar dari bunga bank (12,5%) maka pabrik etilbenzen layak untuk didirikan. Pay Out Time (POT) 3,6220 tahun = 4 tahun.
Break Event Point 53,8798 %.

d. Aspek Pemasaran

Produksi Etilbenzen dalam perencanaan pabrik ini diharapkan dapat memperoleh pemasaran yang baik, ini dikarenakan kebutuhan Etilbenzen semakin meningkat baik di dalam maupun di luar negeri.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Pusat Statistik, Surabaya.

Brownell, Lloyd E. 1959. *Process Equipment Design*. John Wiley and Sons : America.

Chemical Engineering Magazine. April 2013. www.che.com

Coulson, JM, J.F. Richardson. 2005. *Chemical Engineering Design Vol 6*. Elsevier Butterworth-Heinemann.

Coulson and Richardson, *Chemical Engineering*, 4th, Pergamon Press, Oxford, 1994.

Geankoplis, Christie J.1978. *Transport Processes and Unit Transportations 3th*. Prentice-Hall International : America.

Hougen, Olaf A. 1976. *Chemical Process Principles 2th*. John Wiley & Sons : America.

J.M Smith and Van Ness, *Introdution to Chemical Engineering Thermodynamics*, 4th, International Student Edition, Mc. Graw Hill Book Company, Singapore, 1965.

Kern, Donald Q. 1950. *Process Heat Transfer*. Mc-Graw Hill Book : Japan.

Kurnardjo. 2010. *Desain Alat Pemindah Panas*.

Kurnardjo. 2010. *Desain Kolom Pemisah*.

Kurnardjo. 2010. *Analisa Ekonomi*.

Ludwig, Ernest E, *Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plant*, 2nd, John Willey and Son Inc, New York, 1961.

Othmer Kirk, *Encyclopedia of Chemical Technology*, Vol 11, 8ed, John Willey and Son Inc, New York, 1961.

Othmer Kirk, *Encyclopedia of Chemical Technology*, Vol 06, 8th, John Willey and Son Inc, New York, 1961.

Othmer Kirk, *Encyclopedia of Chemical Technology*, Vol 02, 8th, John Willey and Son Inc, New York, 1961.

- Perry, J.H., *Chemical Engineering's Handbook*, 8th, International Book Edition, Kogakusha Company Inc., Tokyo, 1984.
- Peters, M.S. and Timmerhaus, K.D. 1991. *Plant Design And Economics For Chemical Engineers*. McGraw-Hill International Editions.
- Sciencelab.com. 2014. *Material Safety Data Sheet Etylene MSDS*. Dilihat 1 April 2014. (<http://Sciencelab.com>)
- Sciencelab.com. 2014. *Material Safety Data Sheet Benzene MSDS*. Dilihat 1 April 2014. (<http://Sciencelab.com>)
- Sciencelab.com. 2014. *Material Safety Data Sheet Water MSDS*. Dilihat 1 April 2014. (<http://Sciencelab.com>)
- Sciencelab.com. 2014. *Material Safety Data Sheet Etylene Benzene MSDS*. Dilihat 1 April 2014. (<http://Sciencelab.com>)
- Sciencelab.com. 2014. *Material Safety Data Sheet Toluene MSDS*. Dilihat 1 April 2014. (<http://Sciencelab.com>)
- Sciencelab.com. 2014. *Material Safety Data Sheet Methene MSDS*. Dilihat 1 April 2014. (<http://Sciencelab.com>)
- Smith, J.M. 1996. *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics 5th*. The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Othmer Kirk, *Encyclopedia of Chemical Technology*, Vol 11, 8th, John Willey and Son Inc, New York, 1961.
- Perry, Robert H, *Perry's chemical Engineering Handbook*, 7th, Mc Graw Hill Company, United States of America, 1997.
- Peter and Timmerhause, *Plant Design and Economic for Chemical Engineer*, 4th, Mc Graw Hill Company, Singapore, 1991.
- Ulrich, Gael D. 1984. *A Guide To Chemical Engineering Process Design And Economics*. Hogn Wiley & Sons: America.