

PRA RENCANA PABRIK

**KLOROBENZEN (C_6H_5Cl) DARI KLOOR (Cl_2) DAN
BENZEN (C_6H_6) DENGAN PROSES KLOORINASI
KAPASITAS 15.000 TON/TAHUN**

**PERANCANGAN ALAT UTAMA
DESTILASI**

SKRIPSI

Disusun Oleh :

INDAH YUNI PUJI LESTARI 0914022



**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2013**

1942

AMERICAN AIRBORNE FORCE
MOUNTAIN DIVISION
RECONSTRUCTION BATTALION

UNITED STATES AIR FORCE

RECONSTRUCTION BATTALION

RECONSTRUCTION BATTALION

RECONSTRUCTION BATTALION

RECONSTRUCTION BATTALION

RECONSTRUCTION BATTALION
RECONSTRUCTION BATTALION
RECONSTRUCTION BATTALION

RECONSTRUCTION BATTALION

PRA RENCANA PABRIK

**KLOROBENZEN (C_6H_5Cl) DARI KLOR (Cl_2) DAN
BENZEN (C_6H_6) DENGAN PROSES KLORINASI
KAPASITAS 15.000 TON/TAHUN**

**PERANCANGAN ALAT UTAMA
DESTILASI**

SKRIPSI

Disusun Oleh :

INDAH YUNI PUJI LESTARI 0914022



**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2013**

LEMBAR PERSETUJUAN

PRA RENCANA PABRIK

**KLOROBENZEN (C₆H₅Cl) DARI KLOR (Cl₂) DAN
BENZEN (C₆H₆) DENGAN PROSES KLORINASI
KAPASITAS 15.000 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 :

INDAH YUNI PUJI LESTARI 0914022

Malang, 30 Juli 2013

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Kimia



Jimmy, ST. MT

NIP.Y.103.9900.330

Menyetujui,

Dosen Pembimbing

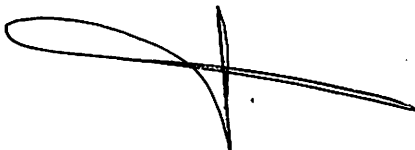
Elvianto Dwi Daryono, ST, MT

NIP.P. 103.0000.351

**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

Nama : INDAH YUNI PUJI LESTARI
NIM : 0914022
Jurusan/Program Studi : TEKNIK KIMIA
Judul Skripsi : KLOBENZEN (C_6H_5Cl) DARI KLOB (Cl_2) DAN
BENZEN (C_6H_6) DENGAN PROSES KLOBINASI
Dipertahankan dihadapan Tim Penguji Ujian Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1) pada :
Hari : Kamis
Tanggal : 01 Agustus 2013
Nilai : B+

Ketua,



Jimmy, ST, MT
NIP Y 1039900330

Sekretaris,



M. Istnaeny Hudha, ST, MT
NIP Y 1030400400

Anggota Penguji,

Penguji Pertama,



Ir. Harimbi Setyawati, MT
NIP 196303071992032002

Penguji Kedua,



Jimmy, ST, MT
NIP Y 1039900330

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : INDAH YUNI PUJI LESTARI
NIM : 0914022
Jurusan/Program Studi : Teknik Kimia / Teknik Kimia (S-1)

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi yang berjudul :

PRA RENCANA PABRIK

KLOROBENZEN (C₆H₅Cl) DARI KLOR (Cl₂) DAN BENZEN (C₆H₆) DENGAN PROSES KLORINASI KAPASITAS 15.000 TON/TAHUN PERANCANGAN ALAT UTAMA DESTILASI

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

Malang, 30 Juli 2013

Yang membuat pernyataan,



INDAH YUNI PUJI LESTARI

KATA PENGANTAR

Puji syukur penyusun panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan nikmat dan hidayah-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul ***Pra Rencana Pabrik Klorobenzen (C_6H_5Cl) Dari Klor (Cl_2) Dan Benzen (C_6H_6) Dengan Proses Klorinasi Kapasitas 15.000 Ton/Tahun.***

Skripsi ini diajukan sebagai syarat dalam menempuh ujian Sarjana Jenjang Strata Satu (S-1) di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang. Atas terselesaikannya skripsi ini penyusun mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ir. Soeparno Djiwo, MT., selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Ir. Anang Subardi, MT., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang.
3. Jimmy, ST., MT., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Institut Teknologi Nasional Malang.
4. Elvianto Dwi Daryono, ST, MT., selaku dosen pembimbing.
5. Dosen-Dosen Jurusan Teknik Kimia yang telah memberikan bantuan besar dalam terselesaikannya skripsi ini.
6. Semua pihak yang tidak dapat penyusun sebutkan satu-persatu, yang membantu terselesaikannya skripsi ini.

Penyusun mengharapkan agar skripsi ini dapat berguna, terutama bagi seluruh mahasiswa Jurusan Teknik Kimia. Penyusun menyadari bahwa skripsi ini jauh dari sempurna sehingga kritik dan saran yang sifatnya membangun sangat penyusun harapkan.

Malang, 01 Agustus 2013

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PERSETUJUAN.....	ii
BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
ABSTRAK.....	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	I – 1
BAB II SELEKSI DAN URAIAN PROSES.....	II – 1
BAB III NERACA MASSA.....	III – 1
BAB IV NERACA PANAS.....	IV – 1
BAB V SPESIFIKASI PERALATAN.....	V – 1
BAB VI RANCANGAN 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 ORGANISASI PERUSAHAAN.....	X – 1
BAB XI ANALISA EKONOMI.....	XI – 1
BAB XII KESIMPULAN DAN SARAN.....	XII – 1
DAFTAR PUSTAKA.....	
APPENDIKS	
A PERHITUNGAN NERACA MASSA.....	A – 1
B PERHITUNGAN NERACA PANAS.....	B – 1
C SPESIFIKASI ALAT.....	C – 1
D UTILITAS.....	D – 1
E PERHITUNGAN ANALISA EKONOMI.....	E – 1

$$di \text{ baru} = 65,500 \text{ in}$$

$$r = 66 \text{ in} = 5,5 \text{ ft}$$

- Tekanan yang mampu diterima oleh kolom

$$P_i = \frac{2 \times t' \times f \times E}{di + 1/2t'}$$

Dimana:

t' = tebal terkoreksi dari bejana

$$t' = \frac{4}{16} - \frac{3}{16} = \frac{1}{16} \text{ in} = 0,0625 \text{ in}$$

$$P_i = \frac{2 \times 0,0625 \times 18750 \times 0,8}{65,500 + \left(\frac{1}{2} \times 0,0625 \right)}$$

$$= 28,6123 \text{ psia}$$

Karena $P_i > 14,7 \text{ psia}$, maka memenuhi.

Jadi tebal shell kolom destilasi adalah $\frac{4}{16} \text{ in}$

- Menentukan Tebal Tutup

Dipilih bentuk tutup atas dan bawah adalah standart dished, sehingga $t_{ha} = t_{hb}$

Dimana :

$$r = di = 65,500 \text{ in}$$

$$t_{ha} = \frac{0,885 \times p_i \times r}{FE - 0,1p_i} + C$$

$$= \frac{0,885 \times 14,7 \times 65,500}{\left(18750 \times 0,8 \right) - \left(0,1 \times 14,7 \right)} + \frac{3}{16}$$

$$= 0,244314 \times \frac{16}{16} = \frac{3,909019}{16} = \frac{4}{16} \text{ in}$$

$$\text{jadi } t_{ha} = t_{hb} = \frac{4}{16} \text{ in}$$

- Tekanan yang mampu diterima oleh tutup

$$P_i = \frac{t' \times f \times E}{0,885di + 0,1t}$$

Dimana:

t' = tebal terkoreksi dari bejana

$$t' = \frac{4}{16} - \frac{3}{16} = \frac{1}{16} \text{ in} = 0,0625 \text{ in}$$

$$P_i = \frac{0,0625 \times 18750 \times 0,8}{[0,885 \times 65,500] + [0,1 \times 0,0625]} = 16,1711 \text{ psia}$$

Karena $P_i > 14,7$ psia, maka memenuhi.

Jadi tebal shell kolom destilasi adalah $\frac{4}{16}$ in

- Menentukan Tinggi Tutup

$$OA = t + B + sf$$

$$A = \frac{D_i}{2} = \frac{65,500}{2} = 32,75 \text{ in}$$

$$\text{Tinggi dished head } B = r - (BC^2 - AB^2)^{0,5}$$

$$AB = a - icr$$

$$BC = r - icr$$

Dari tabel 5.7 Brownell & Young hal. 90 diperoleh :

$$icr = 4$$

$$r = 59,0520$$

Dari tabel 5.6 Brownell & Young hal. 90 diperoleh :

$$Sf = 1,5$$

Sehingga

$$AB = 32,75 - 4 = 28,75 \text{ in}$$

$$BC = 59,052 - 4 = 55,0520 \text{ in}$$

$$B = r - (BC^2 - AB^2)^{0,5} = 12,1035 \text{ in}$$

$$OA = \frac{4}{16} + 12,104 + 1,5 = 13,854 \text{ in}$$

6. Perancangan nozzle

Nozzle pada kolom destilasi dibagi menjadi 5 macam :

- Nozzle feed masuk
- Nozzle top kolom
- Nozzle refluks kondensor
- Nozzle bottom kolom
- Nozzle uap reboiler

Uraian :

a. Nozzle untuk feed masuk (A)

$$\text{massa bahan masuk} = 2050 \text{ kg/jam} = 1,2562 \text{ lb/s}$$

$$\text{suhu bahan masuk} = 40 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\rho_{\text{liquid}} = 69,2602 \text{ lb/ft}^3$$

$$Q = \frac{m}{\rho_{\text{liquid}}} = \frac{1,2562 \text{ lb/s}}{69,2602 \text{ lb/ft}^3} = 0,0181 \text{ ft}^3/\text{s}$$

Komposisi	Berat (lbm/jam)	Fraksi	μ (lb/ft.s)		ρ (lb/ft ³)	
C ₆ H ₆	157,7932	0,0349	0,00033	1,15E-05	54,851	1,914
C ₆ H ₅ Cl	4183,732	0,9257	0,00047	0,000435	69,297	64,148
C ₆ H ₄ Cl ₂	178,1801	0,0394	0,00044	1,73E-05	81,159	3,198
Total	4519,705	1,0000	μ camp	0,000464	ρ camp	69,260

$$\mu_{\text{campuran}} = 0,000464 \text{ lb/ft.s}$$

Asumsi Aliran turbulents

Dari Peters & Timmerhaus pers. 15 hal. 496, diperoleh :

$$\begin{aligned} \text{Di optimal} &= 3,9 (Q)^{0,45} (\rho)^{0,13} \\ &= 3,9 \times (0,0181)^{0,45} \times (69,2602)^{0,13} \\ &= 1,1135 \approx 1,5 \text{ in} \end{aligned}$$

dipilih pipa standar (Brownell & Young Appendix K)

$$D_{\text{nom}} = 1,5 \text{ in sch 40}$$

$$\text{ID} = 1,610 \text{ in}$$

$$\text{OD} = 1,900 \text{ in}$$

Pengecekan Asumsi :

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,0181}{0,0141} = 1,2836 \text{ ft/s}$$

$$N_{\text{Re}} = \frac{di \times v \times \rho}{\mu} = \frac{0,1342 \times 1,2836 \times 69,2602}{0,000464} = 25709,1816$$

$$25709,1816 > 2100 \quad (\text{memenuhi})$$

b. Nozzle untuk top kolom (B)

Komposisi	Berat (lbm/jam)	Fraksi	μ (lb/ft.s)		ρ (lb/ft ³)	
C ₆ H ₆	232,0741	0,0363	0,00033	1,2E-05	54,851	1,991
C ₆ H ₅ Cl	6154,758	0,9627	0,00047	0,000452	69,297	66,712
C ₆ H ₄ Cl ₂	6,3931	0,0010	0,00044	4,4E-07	81,159	0,081
Total	6393,225	1,0000	μ camp	0,000465	ρ camp	68,784

$$\text{rate massa} = 6393,225 \text{ lb/jam} = 1,776 \text{ lb/s}$$

$$\rho_{\text{uap}} = 68,784 \text{ lb/ft}^3$$

$$\mu_{\text{campuran}} = 0,000465 \text{ lb/ft.s}$$

$$Q = \frac{m}{\rho_{uap}} = \frac{1,7759 \text{ lb/s}}{68,7845 \text{ lb/ft}^3} = 0,0258 \text{ ft}^3/\text{s}$$

asumsi : aliran turbulen

Asumsi Aliran turbulent

Dari Peters & Timmerhaus pers. 15 hal. 496, diperoleh :

$$\begin{aligned} Di \text{ optimal} &= 3,9 (Q)^{0,45} (\rho)^{0,13} \\ &= 3,9 \times (0,0258)^{0,45} \times (68,7845)^{0,13} \\ &= 1,3041 \approx 2 \text{ in} \end{aligned}$$

dipilih pipa standar (Brownell & Young Appendix K)

$$D_{nom} = 2 \text{ in sch 40}$$

$$ID = 2,067 \text{ in}$$

$$OD = 2,375 \text{ in}$$

$$A = 3,356 \text{ in}^2$$

Pengecekan Asumsi :

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,0258}{0,0233} = 1,1085 \text{ ft/s}$$

$$N_{Re} = \frac{di \times v \times \rho}{\mu} = \frac{0,1723 \times 1,1085 \times 68,7845}{0,000465} = 28251,4186$$

$$28251,4186 > 2100 \quad (\text{memenuhi})$$

c. Nozzle Refluks kondensor (C)

Komposisi	Berat (lbm/jam)	Fraksi	μ (lb/ft.s)		ρ (lb/ft ³)	
C ₆ H ₆	74,6290	0,0363	0,00033	1,2E-05	54,851	1,991
C ₆ H ₅ Cl	1979,210	0,9627	0,00047	0,000452	69,297	66,712
C ₆ H ₄ Cl ₂	2,0558	0,0010	0,00044	4,4E-07	81,159	0,081
Total	2055,895	1,0000	μ camp	0,000465	ρ camp	68,784

$$\text{rate massa} = 2055,895 \text{ lb/jam} = 0,571 \text{ lb/s}$$

$$\rho_{uap} = 68,784 \text{ lb/ft}^3$$

$$\mu_{campuran} = 0,000465 \text{ lb/ft.s}$$

$$Q = \frac{m}{\rho_{uap}} = \frac{0,5711 \text{ lb/s}}{68,7845 \text{ lb/ft}^3} = 0,0083 \text{ ft}^3/\text{s}$$

asumsi : aliran turbulen

Dari Peters & Timmerhaus pers. 15 hal. 496, diperoleh :

$$\begin{aligned} Di \text{ optimal} &= 3,9 (Q)^{0,45} (\rho)^{0,13} \\ &= 3,9 \times (0,0083)^{0,45} \times (68,7845)^{0,13} \end{aligned}$$

$$= 0,7827 \approx 1 \text{ in}$$

dipilih pipa standar (Brownell & Young Appendix K)

$$D_{\text{nom}} = 1 \text{ in sch 40}$$

$$ID = 1,049 \text{ in}$$

$$OD = 1,315 \text{ in}$$

Pengecekan Asumsi :

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,0083}{0,006} = 1,384 \text{ ft/s}$$

$$N_{\text{Re}} = \frac{di \times v \times \rho}{\mu} = \frac{0,0874 \times 1,3840 \times 68,7845}{0,000465} = 17901,3640$$

$$17901,3640 > 2100 \quad (\text{memenuhi})$$

d. Nozzle untuk bottom kolom (D)

Komposisi	Berat (lbm/jam)	Fraksi	μ (lb/ft.s)		ρ (lb/ft ³)	
C ₆ H ₅ Cl	1,973	0,0003	0,00047	1,41E-07	69,297	0,021
C ₆ H ₄ Cl ₂	6586,668	0,9997	0,00044	0,00044	81,159	81,135
Total	6588,641	1,0000	μ camp	0,00044	ρ camp	81,155

$$\text{rate massa} = 6588,641 \text{ lb/jam} = 1,8302 \text{ lb/s}$$

$$\rho_{\text{liquid}} = 81,155 \text{ lb/ft}^3$$

$$\mu_{\text{campuran}} = 0,00044 \text{ lb/ft.s}$$

$$Q = \frac{m}{\rho_{\text{uap}}} = \frac{1,8302 \text{ lb/s}}{81,1554 \text{ lb/ft}^3} = 0,0226 \text{ ft}^3/\text{s}$$

asumsi : aliran turbulen

Dari Peters & Timmerhaus pers. 15 hal. 496, diperoleh :

$$\begin{aligned} Di_{\text{optimal}} &= 3,9 (Q)^{0,45} (\rho)^{0,13} \\ &= 3,9 \times [0,0226]^{0,45} \times [81,1554]^{0,13} \\ &= 1,2537 \approx 2,0 \text{ in} \end{aligned}$$

dipilih pipa standar (Brownell & Young Appendix K)

$$D_{\text{nom}} = 2,0 \text{ in sch 40}$$

$$ID = 2,067 \text{ in}$$

$$OD = 2,375 \text{ in}$$

Pengecekan Asumsi :

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,0226}{0,0233} = 0,9683 \text{ ft/s}$$

$$N_{Re} = \frac{di \times v \times \rho}{\mu} = \frac{0,1723 \times 0,9683 \times 81,1554}{0,000440} = 30761,1738$$

$$30761,1738 > 2100 \quad (\text{memenuhi})$$

e. Nozzle untuk refluks reboiler (E)

Komposisi	Berat (lbm/jam)	Fraksi	μ (lb/ft.s)		ρ (lb/ft ³)	
C ₆ H ₅ Cl	1,918	0,0003	0,00047	1,41E-07	69,297	0,021
C ₆ H ₄ Cl ₂	6391,307	0,9997	0,00044	0,00044	81,159	81,135
Total	6393,225	1,0000	μ camp	0,00044	ρ camp	81,155

$$\text{rate massa} = 6393,225 \text{ lb/jam} = 1,7759 \text{ lb/s}$$

$$\rho_{\text{liquid}} = 81,155 \text{ lb/ft}^3$$

$$\mu_{\text{campuran}} = 0,00044 \text{ lb/ft.s}$$

$$Q = \frac{m}{\rho_{\text{uap}}} = \frac{1,7759 \text{ lb/s}}{81,1554 \text{ lb/ft}^3} = 0,0219 \text{ ft}^3/\text{s}$$

asumsi : aliran turbulen

Dari Peters & Timmerhaus pers. 15 hal. 496, diperoleh :

$$\begin{aligned} Di_{\text{optimal}} &= 3,9 (Q)^{0,45} (\rho)^{0,13} \\ &= 3,9 \times (0,0219)^{0,45} \times (81,1554)^{0,13} \\ &= 1,2369 \approx 1,5 \text{ in} \end{aligned}$$

dipilih pipa standar (Brownell & Young Appendix K)

$$D_{\text{nom}} = 1,5 \text{ in sch 40}$$

$$ID = 1,610 \text{ in}$$

$$OD = 1,900 \text{ in}$$

Pengecekan Asumsi :

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,0219}{0,0141} = 1,5486 \text{ ft/s}$$

$$N_{Re} = \frac{di \times v \times \rho}{\mu} = \frac{1,342 \times 1,5486 \times 81,1554}{0,000440} = 38321,4249$$

$$38321,4249 > 2100 \quad (\text{memenuhi})$$

Dari Brownell & Young fig. 12.2 hal. 221 didapat dimensi flange untuk semua nozzle

dipilih flange standart type slip-on, dengan dimensi :

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

D	2	6	3/16	3 5/8	3 1/16	1	2,44
E	1,5	5	1 1/16	2 7/8	2 9/16	7/8	1,97

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 pada base, in

L : Panjang hubungan, in

B : Diameter dalam flange, in

7. 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

Tensile stress minimum = 75000

Allowable stress = 17000 lb/in²

type flange = Ring Flange Loose Type

(Brownell & Young, App.D hal 344)

2. Bolting

Bahan = SA - 193 grade B8 type 304

Tens.stress min = 75000

Alowable stress = 13300 lb/in²

3. Gasket

Bahan = Solid Flat Metal Iron

Gasket faktor (m) = 5,5

Min design seating stress (Y = 18000

(Brownell & Young, App.D hal 228)

7.1.2 Menentukan lebar gasket

Penentuan lebar gasket dengan menggunakan rumus *Brownell & Young* pers 12.2 hal 226

$$\frac{do}{di} = \sqrt{\frac{y - p.m}{y - p(m+1)}}$$

$$\frac{do}{di} = \left(\frac{18000 - (14,7 \times 5,5)}{18000 - 14,7 \times (5,5 + 1)} \right)^{0,5}$$

$$do/di = 1,0004$$

$$di \text{ gasket} = OD \text{ shell} = 66 \text{ in}$$

$$do \text{ gasket} = 1,0004 \times 66 = 66,027 \text{ in}$$

$$\text{Lebar gasket minimum} = \frac{66,027 - 66}{2} = 0,0135 \text{ in} = \frac{0,2}{16} = \frac{1}{16} \text{ in}$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter rata-rata gasket (G)} &= do + \text{lebar gasket} \\ &= 66,027 + 0,0135 \\ &= 66,0406 \text{ in} \end{aligned}$$

7.1.1 Perhitungan dan jumlah ukuran baut

a. perhitungan beban baut

- Beban supaya gasket tidak bocor (H_Y)

$$H_Y = W_{m2} = b \times \pi \times G \times Y \quad (\text{Brownell \& Young, pers. 12.88, hal 240})$$

Dari fig 12.12 hal 229 didapatkan lebar setting gasket bawah :

$$b_o = \frac{\text{Lebar gasket minimum (N)}}{2} = \frac{0,0135}{2} = 0,0068 \text{ in}$$

untuk $b_o < 1/4$, maka $b = b_o = 0,0068 \text{ in}$

$$\begin{aligned} H_Y = W_{m2} &= b \times \pi \times G \times Y \\ &= 0,0068 \times 3,14 \times 66,041 \times 18000 \\ &= 25277,5257 \text{ lb} \end{aligned}$$

- Beban tanpa tekanan (H_p)

$$\begin{aligned} H_p &= 2 \times b \times \pi \times G \times m \times p \quad (\text{Brownell \& Young, pers. 12.90, hal 240}) \\ &= 2 \times 0,0068 \times 3,14 \times 66,041 \times 5,5 \times 14,7 \\ &= 227,0764 \text{ lb} \end{aligned}$$

- Beban baut karena internal pressure (H)

$$\begin{aligned} H &= \frac{1}{4} \times \pi \times G^2 \times p \\ &= \frac{3,14 \times (66,041)^2 \times 14,7}{4} \\ &= 50327,9729 \text{ lb} \end{aligned}$$

Total berat pada kondisi operasi dari persamaan 12-91, hal 240 (*Brownell & Youg*) didapat :

$$W_{m1} = H + H_p = 50327,9729 + 227,0764 = 50555,0493 \text{ lb}$$

Karena $W_{m1} > W_{m2}$, maka yang mengontrol adalah W_{m1}

b. Perhitungan luas bolting minimum area

$$A_m = \frac{W_{m1}}{\text{allowble stress (fb)}} = \frac{50555,0493}{13300} = 3,8011 \text{ in}^2$$

c. Perhitungan bolt minimum

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

$$\text{Trial ukuran baut} = 1 \text{ in}$$

$$\text{Root area} = 0,5510 \text{ in}^2$$

$$\begin{aligned} \text{naka jumlah bolting minimum} &= \frac{A_m}{\text{Root area}} = \frac{3,8011}{0,5510} = 6,8986 \\ &= 6,8986 = 7 \text{ buah} \end{aligned}$$

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

$$\text{Bolt spacing (Bs)} = 2 \frac{1}{4} \text{ in} = 2,25 \text{ in}$$

$$\text{Min radial distance (R)} = 1 \frac{3}{8} \text{ in} = 1,38 \text{ in}$$

$$\text{Edge distance (E)} = 1 \frac{1}{16} \text{ in} = 1,06 \text{ in}$$

$$\text{go = tebal shell} = \frac{4}{16} \text{ in} = 0,25 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} \text{Bolting circle diameter (C)} &= \text{di shell} + (2 \times (1,4159 \times \text{go} + R)) \\ &= 65,500 + \left[2 \times \left[1,4159 \times 0,25 + 1,38 \right] \right] \\ &= 68,9580 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\frac{n \times B_s}{31,4} = \frac{7 \times 2,25}{3,1} = 4,9433 < 7 \text{ (memenuhi)}$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter luar flange} = \text{OD} &= C + (2 \times E) \\ &= 68,9580 + \left[2 \times 1,0625 \right] \\ &= 71,08295 \text{ in} \end{aligned}$$

Cek lebar gasket

$$\begin{aligned} \text{Ab actual} &= \text{Root area} \times \text{bolt minimum} = 0,5510 \times 7 \\ &= 3,8011 \text{ in}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lebar gasket min} &= \frac{(\text{Ab actual} \times \text{allowable stress})}{(2\pi \times G \times Y)} \\ &= \frac{3,8011 \times 13300}{2 \times 3,14 \times 66,0406 \times 18000} \\ &= 0,0068 \text{ in} = \frac{0,1084}{16} = \frac{1}{16} \end{aligned}$$

d. Perhitungan Moment

Untuk keadaan bolting up (tanpa tekanan dalam) dengan menggunakan pers 12-94, *Brownell & Young* diperoleh:

$$W = \frac{(A_b + A_m) \times f_a}{2} = \frac{[3,8011 + 3,801132] \times 13300}{2} = 50555,05 \text{ lb}$$

Jarak radial dari beban gasket terhadap bolt circle (h_G)

$$h_G = \frac{(C - G)}{2} = \frac{68,9580 - 66,0406}{2} = 1,4587 \text{ in}$$

(*Brownell & Young, pers. 12.101, hal 242*)

Moment flange (M_a):

$$M_a = W \times h_G = 50555,0493 \times 1,4587 = 73742,5677 \text{ lb.in}$$

Dalam keadaan operasi:

$$W = W_{m1} = 50555,0493 \text{ lb}$$

Moment dan force pada daerah dalam flange (H_D)

$$H_D = 0,785 \times B^2 \times 14,7 = 0,785 \times 66 \times 14,7 = 761,6070 \text{ lb}$$

Radial bolt circle pada aksi H_D

$$h_D = \frac{(C - B)}{2} = \frac{68,958 - 66}{2} = 1,4790 \text{ in}$$

Moment M_D : (*Brownell & Young, pers. 12.96, hal 242*)

$$M_D = H_D \times h_D = 761,6070 \times 1,4790 = 1126,398 \text{ lb.in}$$

$$H_G = W - H = 50555,0493 - 50327,9729 = 227,0764 \text{ lb}$$

$$M_G = H_G \times h_G = 227,0764 \times 1,4587 = 331,2270 \text{ lb.in}$$

$$H_T = H - H_D = 50327,9729 - 761,6070 = 49566,3659 \text{ lb}$$

$$h_T = \frac{h_D + h_G}{2} = \frac{1,4790 + 1,4587}{2} = 1,4688 \text{ in}$$

Moment M_T

$$M_T = H_T \times h_T = 49566,3659 \times 1,4688 = 72803,9159 \text{ lb.in}$$

Moment total pada keadaan operasi:

$$\begin{aligned} M_o &= M_T + M_G + M_D = 72803,9159 + 331,2270 + 1126,398 \\ &= 74261,5407 \text{ lb.in} \end{aligned}$$

Karena $M_o > M_a$, maka $M_{\max} = M_o = 74261,5407 \text{ lb.in}$

7.1.3 Perhitungan tebal flange

Dengan persamaan 12-85, *Brownell & Young, hal 242*:

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

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

$A = \text{Diameter luar flang} = 71,083$

$B = \text{Diameter luar shell} = 66$

Maka,
$$K = \frac{A}{B} = \frac{71,083}{66} = 1,0770$$

Dari Brownell & Young fig12.22 hal 238 didapat harga = 26

Sehingga tebal flange :

$$t = \sqrt{\frac{Y \times M_{\max}}{f \times B}} = \left[\frac{26 \times 74261,5407}{17000 \times 66} \right]^{0,5} = 1,3118 = 2 \text{ in}$$

8. 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

8.1. Perhitungan beban yang harus ditahan kolom penyangga

a. Berat shell

Diketahui :

$Do = \text{diameter luar kolom destilasi} = 66 \text{ in}$

$Di = \text{diameter dalam kolom destilasi} = 65,500 \text{ in}$

Bahan shell = Carbon steel SA 283 grade B

$\rho_{\text{steel}} = 488 \text{ lb/ft}^3$ (Perry's 7th tabel 3-118 hal 3-95)

$$\text{Keliling} = \frac{\pi}{4} (Do^2 - Di^2) = \frac{3,14}{4} [66^2 - 65,5^2] = 0,3584 \text{ ft}$$

$$\text{Luas} = \text{Keliling} \times \text{tinggi} = 0,3584 \times 40,6680 = 14,5766 \text{ ft}^2$$

$$\text{Volume} = \text{luas} \times \text{tebal shell} = 14,5766 \times 0,2500 = 3,644146 \text{ ft}^3$$

$$\text{Berat shell (Ws)} = \text{Volume shell} \times \rho_{\text{steel}}$$

$$= 3,644146 \times 488 = 1778,343 \text{ lb} = 806,6512 \text{ kg}$$

b. Berat tutup

Dari tabel 5.7 dan 5.8, *Brownell & Young* diperoleh :

Berat tutup

$$W_{di} = A \times \text{tebal tutup} \times \rho \text{ steel}$$

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

Dimana :

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

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

$$t = \text{tebal tutup standart dish} = 0,25 \text{ in}$$

$$\rho = \text{densitas} = 488 \text{ lb/ft}^3$$

$$R_c = \text{crown radius} = 65,500 \text{ in} = 5,4583 \text{ ft}$$

$$h = \text{tinggi tutup standart dish} = 9,9798 \text{ in} = 0,8316 \text{ ft}$$

Maka :

$$A = 6,28 \times R_c \times h = 6,28 \times 5,4583 \times 0,8316 = 28,50754 \text{ ft}^2$$

Sehingga berat satu tutup

$$W_{di} = A \times \text{tebal tutup} \times \rho \text{ steel} = 28,508 \times 0,02 \times 488 = 289,8267 \text{ lb}$$

Berat tutup total

$$W_{tu} = 2 W_{di} = 2 \times 289,8267 = 579,6533 \text{ lb}$$

c. Berat downcomer

Dipakai dasar perhitungan dengan downcomer tanpa lubang aliran uap

$$\text{Luas downcome} = \frac{1}{4} \pi \times d_i^2 = \frac{3,14 \times 5,4583^2}{4} = 23,38782 \text{ ft}^2$$

$$\text{Volume} = \text{luas} \times \text{tebal shell} = 23,38782 \times 0,0208 = 0,4872 \text{ ft}^3$$

$$\text{Berat satu plate} = \text{Volume shell} \times \rho \text{ steel} = 0,4872 \times 488 = 237,78 \text{ lb}$$

$$\text{Berat downcomer (Wd)} = \text{jumlah plate} \times \text{berat 1 plate}$$

$$= 18 \times 237,7762$$

$$= 4279,971 \text{ lb}$$

d. Berat tray

$$\text{Ditetapkan berat tray} = 25 \text{ lb/ft}^2 \quad (\text{Brownell \& Young hal 157})$$

$$\text{Luas tray} = A_c - A_o = 17,9642 - 1,9148 = 16,0494 \text{ ft}^2$$

$$\text{Jumlah tray} = 18 \text{ buah}$$

$$\text{Berat tray (Wtr)} = \text{berat tray} \times \text{luas tray} \times \text{jumlah tray}$$

$$= 25 \times 16,0494 \times 18 = 7222,25005 \text{ lb}$$

Penyangga tray yang digunakan *equal angles* (*Brownell App G hal 157*)

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

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

$$W_{pt} = \frac{\text{berat} \times \text{jumlah tray} \times 1,5}{12} = \frac{2,34 \times 18 \times 1,5}{12} = 5,265 \text{ lb}$$

e. Berat larutan

$$\text{Rumus WI} = m \times t$$

Dimana :

$$M = \text{Berat larutan dalam kolom destilasi} = 2050 \text{ kg/jam} = 4519,430 \text{ lb/h}$$

$$t = \text{waktu tinggal dalam kolom destil} = 1 \text{ jam}$$

Maka :

$$WI = m \times t = 4519,4 \times 1 = 4519,430 \text{ lb}$$

f. Berat pipa

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

$$\text{Ditetapkan 2 x tinggi kolom destilas} = 2 \times 40,668 = 81,3360 \text{ ft}$$

$$\text{Diambil rata-rata pipa 1 1/2 in sch 40 dengan berat} = 2,718 \text{ lb/ft}$$

$$\text{Berat pipa (Wp)} = 81,336 \text{ ft} \times 2,718 \text{ lb/ft} = 221,0712 \text{ lb}$$

g. Berat attachment

Berat attachment meliputi nozzle, valve dan alat kontrol

Rumus :

$$W_a = 18\% W_s \quad (\text{Brownell \& Young, pers 9-8, hal 157})$$

$$= 18\% \times 1778,343 = 320,1018 \text{ lb}$$

Berat total yang harus ditopang penyangga :

$$\begin{aligned} W_{\text{total}} &= W_{dw} = W_s + W_{tu} + W_d + W_{tr} + W_{pt} + W_l + W_p + W_a \\ &= 320,1018 + 579,6533 + 4279,971 + 7222,250 \\ &\quad + 5,265 + 4519,430 + 221,0712 + 320,1018 \\ &= 17467,8445 \text{ lb} \end{aligned}$$

8.2. 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 = 25,3340 ft = 304,0080 in = 7,721803 m

(Brownell & Young, App.D hal 344)

- Menentukan tebal skirt

- Stress karena angin

$$f_{wb} = \frac{15,89 \times \left(\frac{D_o + D_i}{2} \right) \times H^2}{D_o^2 \times t} \quad (\text{Brownell \& Young 9-20 hal 183})$$

$$H = \text{tinggi skirt ke top kolom} = 25,3340 + 42,3313 = 67,6653 \text{ ft} \\ = 811,9836 \text{ in}$$

$$f_{wb} = \frac{15,89 \times \left(\frac{D_o + D_i}{2} \right) \times H^2}{D_o^2 \times t} \\ = \frac{15,89 \times \left[\frac{66^2 + 65,500^2}{2} \right] \times \left[67,6653^2 \right]}{66^2 \times t} \\ = \frac{72204,7580}{t}$$

- Stress dead weight

$$f_{db} = \frac{W_{total}}{\pi \times d_o \times t} \quad (\text{Brownell \& Young 9-6 hal 183}) \\ = \frac{17467,8445}{3,14 \times 66 \times t} = \frac{84,2880}{t}$$

- Stress kompresi maksimum

$$f_{c_{max}} = 0,125 E (t/d_o) \quad (\text{Brownell \& Young hal 183})$$

Dimana : E concrete = 2,E+06 psi

$$f_{c_{max}} = 0,125 \times 2,E+06 \times \left[\frac{t}{66} \right] = 3787,879 t$$

$$f_{c_{max}} = f_{wb} + f_{db} \quad (\text{Brownell \& Young , pers 9-80 hal 183,})$$

$$3787,879 t = \frac{72204,7580}{t} + \frac{84,2880}{t}$$

$$3787,879 t = \frac{72289,0460}{t}$$

$$t = 4,3686 \text{ in}$$

Jadi tebal skirt yang digunakan = 4,3686 in

8.3. Perhitungan bearing plate

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

$$f_{c'} = 3000 \text{ psi}$$

$$f_{c_{max}} = 1200 \text{ psi}$$

$$n = 10$$

Trial : $f_{s_{allowable}}$ untuk struktural steel sk = 10000 psi

Diameter kolom = 65,500 in

Ditetapkan

ID bearing plate = 65,500 in

$$\text{OD bearing plate} = 1,25 \times 65,5 = 81,8750 \text{ in}$$

$$\text{Jumlah chair} = 10 \quad (\text{Brownell \& Young, tabel 10-5, hal 191})$$

$$\text{Jumlah bolt} = 24$$

$$\text{ukuran baut} = 1 \frac{1}{4} \text{ in} = 1,25 \text{ in} \quad (\text{Brownell \& Young, tabel 10-4, hal 188})$$

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

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

$$P_w = 0,0025 \times V_{w2} \quad (\text{Brownell \& Young, pers 9-11, hal 158})$$

Dimana :

$$P_w = \text{tekanan angin pada permukaan laut, lb/ft}^2$$

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

Maka :

$$P_w = 0,0025 \times V_{w2} = 0,0025 \times [100]^2 = 25 \text{ lb/ft}^2$$

$$M_w = \frac{1 \times P_w \times (H^2) \times \text{ID} + \text{OD}}{2} \quad (\text{Brownell \& Young, pers 9-12, hal 159})$$

Dimana :

$$M_w = \text{bending moment pada puncak kolom, in-lb}$$

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

$$D_o = 66 \text{ in} = 5,5 \text{ ft}$$

$$D_i = 65,5 \text{ in} = 5,4583 \text{ ft}$$

$$H = \text{tinggi dari skirt ke top kolom} = 67,6653 \text{ ft} = 811,9836 \text{ in}$$

Maka :

$$M_w = \frac{1 \times 25 \times (67,6653^2) \times 5,5 + 5,4583}{2} = 313585,896 \text{ in-lb}$$

$$t_3 = \frac{(\text{OD-ID})_{\text{BP}}}{2} = \frac{81,8750 - 65,5}{2} = 8,1875 \text{ in}$$

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

$$k = \frac{1}{1 + \frac{f_s}{n + f_c}} = \frac{1}{1 + \frac{10000}{10 + 1000}} = 0,0917$$

(*Brownell & Young, pers 10-3, hal 184*)

$$\begin{aligned} f_c (\text{bolt recycle}) &= f_{c_{\text{max}}} \times \frac{2 \times k \times d_o}{(2 \times k \times d_o) + t_3} \\ &= 1200 \times \frac{2 \times 0,0917 \times 66}{2 \times 0,0917 \times 66 \times 8,1875} \\ &= 146,5649 < 1000 \text{ (memenuhi)} \end{aligned}$$

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

Untuk harga $l = 0,0917$ maka :

$$C_c = 0,8888 \quad z = 0,4828$$

$$C_t = 2,8993 \quad j = 0,7695$$

Tensile Load (Ft) dapat dihitung berdasarkan leq.10-24, *Brownell*, hal 188 :

$$F_t = \frac{M_w - W_{dw} \times z \times OD}{j \times OD}$$

$$= \frac{313585,5862 - 17467,8445 \times 0,4828 \times (66/12)}{0,7695 \times (66/12)} = 63134,6877 \text{ lb}$$

Dimana :

$$D_{\text{bolt}} = 1 \frac{1}{4} \text{ in} = 1,25 \text{ in}$$

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

$$\text{Jumlah baut} = 24$$

$$t_1 = \frac{24 \times 0,89}{3,14 \times 1,25} = 5,442 \text{ in}$$

Relation ship pada tension side :

$$F_t = f_s \times t_1 \times r \times C_t \quad (\text{Brownell \& Young, pers 10-9, hal 185})$$

$$f_s = \frac{F_t}{t_1 \times r \times C_t} = \frac{63134,68771}{5,442 \times 33 \times 2,8993} = 121,2549 \text{ psi}$$

$$F_t + W_{dw} - F_c = 0$$

$$F_c = F_t + W_{dw} = 63134,6877 + 17467,8445 = 80602,5322 \text{ lb}$$

Kompresive stress sesungguhnya pada *bolt circle* (f_c)

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

$$t_2 = t_3 - t_1 = 8,1875 - 5,4420 = 2,7455 \text{ in}$$

$$f_c = \frac{F_c}{(t_2 + n t_1) \times r \times C_c} = \frac{80602,5322}{(2,7455 + 10 \times 5,4420) \times 33 \times 0,8888}$$

$$= 48,0722 \text{ psi}$$

Pengecekan harga k

$$k = \frac{1}{1 + \frac{f_s}{n + f_c}} = \frac{1}{1 + \frac{121,2549157}{10 + 48,072}} = 0,3238$$

(*Brownell & Young, pers 10-3, hal 184*)

Untuk harga $l = 0,3238$ maka :

$$C_c = 1,5944 \quad z = 0,4318$$

$$C_t = 2,3886 \quad j = 0,7834$$

Tensile Load (Ft) dapat dihitung berdasarkan Ieq.10-24, *Brownell*, hal 186 :

$$F_t = \frac{M_w - W_{dw} \times z \times OD}{j \times OD}$$

$$= \frac{313585,5862 - 17467,8445 \times 0,4318 \times (66/12)}{0,7834 \times (66/12)} = 63151,6496 \text{ lb}$$

$$t_1 = 5,442 \text{ in}$$

Relation ship pada tension side :

$$F_t = f_s \times t_1 \times r \times C_t \quad (\text{Brownell \& Young, pers 10-9, hal 185})$$

$$f_s = \frac{F_t}{t_1 \times r \times C_t} = \frac{63151,64956}{5,442 \times 33 \times 2,3886} = 147,2196 \text{ psi}$$

$$F_t + W_{dw} - F_c = 0$$

$$F_c = F_t + W_{dw} = 63151,6496 + 17467,8445 = 80619,4940 \text{ lb}$$

Kompresive stress sesungguhnya pada *bolt circle* (f_c)

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

$$t_2 = t_3 - t_1 = 8,1875 - 5,4420 = 2,7455 \text{ in}$$

$$f_c = \frac{F_c}{(t_2 + n t_1) \times r \times C_c} = \frac{80619,4940}{(2,7455 + 10 \times 5,4420) \times 33 \times 1,5944}$$

$$= 26,8035 \text{ psi}$$

Pengecekan harga k

$$k = \frac{1}{1 + \frac{f_s}{n + f_c}} = \frac{1}{1 + \frac{147,2196}{10 + 26,804}} = 0,2000$$

Mengecek kompresive stress buat maksimum ($f_{s(\text{comp})}$) yang ada sesungguhnya berdasarkan persamaan 10.2, *Brownell \& Young*, hal 184:

$$f_{s(\text{compressive})} = n \times f_c = 10 \times 26,8035 = 268,0354 \text{ psi}$$

Kemudian dari persamaan 10.30, *Brownell \& Young*, hal 187:

$$f_{c(\text{max induced})} = f_c \times \frac{2 \times K \times d + t_3}{2 \times K \times d}$$

$$= 26,8035 \times \frac{2 \times 0,3238 \times 5,5 + 8,1875}{2 \times 0,3238 \times 5,5}$$

$$= 88,41032 < 1200 \text{ psi (memenuhi)}$$

Dari *Brownell \& Young*, tabel 10.4 hal 188 didapat ukuran baut 1 ¼" dengan dimensi :

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

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

Bearing plate = Type eksternal bolting chair pada plate dipasang compressing ring agar lebih kuat

Tinggi gusset = 12 in

Bearing plate diperkuat dengan 8 buah gusset yang mempunyai sama (gusset space)

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

Lebar gusset : $A = 9 + 1,25 = 10,25$

Jarak antara gusset : $b = 8 + 1 \frac{1}{4}'' = 9 \frac{1}{4}'' = 9,25$ in

Luas area bolt (A_b) = 0,89

Maximum bolt load (P) ditentukan :

$$P = f_s \times A_b$$

Dimana : f_s = hasil perhitungan tekanan yang disebabkan oleh baut
 $= 147,2196 \text{ lb/in}_2$

Beban bolt (P) = $f_s \times A_b = 147,2196 \times 0,89 = 131,0255 \text{ lb}$

$$l = (\text{OD}_{\text{BP}} - \text{OD}_{\text{shell}}) = \frac{81,8750 - 66}{2} = \frac{15,8750}{2} = 7,9375 \text{ in}$$

$$\frac{b}{l} = \frac{9,25}{7,9375} = 1,1654$$

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

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

μ = Poisson ratio = 0,3 (*Brownell & Young, Eq. 10.39, hal 192*)

$$\gamma_1 = 0,38997$$

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

M_y = Maximum bending moment

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

$$M_y = \frac{131,0255}{4 \times 3,14} \times (1+0,3) \times \frac{\ln(2 \times 7,9375)}{3,14 \times 1} + (1-0,38997)$$

$$= 28,34062 \text{ in.lb}$$

$$t_5 = \sqrt{\frac{6 \times M_y}{f_{\text{max}}}} = \left(\frac{6 \times 28,34062}{10000} \right)^{0,5} = 0,1304 = \frac{2,0864}{16} \text{ in} \approx \frac{3}{16}$$

Maka tebal compression plate adalah 1/8 "

$$t_5 = \sqrt{\frac{6 \times M_y}{f_{\text{max}}}} = \left(\frac{6 \times 28,34062}{10000} \right)^{0,5} = 0,1304$$

$$t_4 = \frac{\sqrt{(t_3 - bhd) \cdot f_{allow}}}{16} = \frac{\sqrt{(8,1875 - 1,25) \times 10000}}{16} = 0,0721$$

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

$$t_6 = \frac{3}{8} \times t_5 = \frac{3}{8} \times \frac{3}{16} = 0,0703 = \frac{1,13}{16} = \frac{1}{16}$$

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

8.4. Dimensi Anchor Bolt

Panjang = 12 in

Diameter = 4 in

Jumlah = 8 buah

8.4. Dimensi pondasi

Pondasi terdiri beban dengan kandungan air 6 US gal per 94 sack cement (dari Brownell & Young, tabel 10.1, hal 184)

Beban total yang harus ditahan pondasi :

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

Ditentukan :

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

Data :

$$\text{Beban yang ditanggung tiap penyangga} = 17467,8445 \text{ lb}$$

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

$$\begin{aligned} \text{Berat total} &= 17467,8445 + 840 \\ &= 18307,8445 \text{ lb} \end{aligned}$$

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

$$\text{Luas tanah untuk atas pondasi} = \text{Luas pondasi atas}$$

$$= 40 \text{ ft} \times 40 \text{ ft} = 1600 \text{ ft}^2$$

Luas tanah untuk dasar pondasi = Luas pondasi bawah

$$= 60 \text{ ft} \times 60 \text{ ft} = 3600 \text{ ft}^2$$

Tinggi pondasi = 24 in

Luas rata - rata (A) = $\frac{1}{2} [40^2 + 60^2] = 2600 \text{ in}^2$

Volume pondasi (VP) = $A \times t = 2600 \text{ in}^2 \times 24 \text{ in} = 62400 \text{ in}^3$

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

Maka :

$$W_{\text{pondasi}} = V \times \rho = 62400 \times 126 \times 0,0005787 = 4549,97088 \text{ lb}$$

Berat total keseluruhan :

$$W_{\text{total}} = 18307,8445 + 4549,97088 = 22857,8153 \text{ lb}$$

Tekanan Tanah

Pondasi didirikan diatas Cbearingement Sand & Gravel dengan minimum safe bearing power = 5 ton/ft^3 dan maksimum safe bearing power = 10 ton/ft^3 (Herse , ta 12.2 hal 224)

Acuan harga safety didasarkan pada minimum bearing power yaitu 5 ton/ft^3

Kemampuan tanah menahan tekanan sebesar :

$$P = 5 \text{ ton/ft}^2 \times \frac{2240 \text{ lb}}{1 \text{ ton}} \times \frac{1 \text{ ft}}{144 \text{ in}^2} = 77,778 \text{ lb/in}^2$$

Tekanan dari sistem pondasi terhadap luas tanah (P)

$$P = \frac{W_{\text{total}}}{A} = \frac{22857,8153}{2600} = 8,7915 \text{ lb/in}^2 < 77,778 \text{ lb/in}^2$$

Kesimpulan :

Karena tekanan yang diberikan pada tanah lebih kecil dari kemampuan tanah menahan tekanan, maka pondasi dengan ukuran $(40 \times 40) \text{ in}$ untuk luas atas, $(60 \times 60) \text{ in}$ untuk luas bawah dan tinggi pondasi 24 in dapat digunakan (aman).

Spesifikasi Kolom Destilasi :

1. Silinder

Diameter dalam = 65,5 in

Diameter luar = 66 in

Tinggi = 488,0160 in

Tebal = $\frac{4}{16} = 0,25 \text{ in}$

Bahan konstruksi = Carbon steel SA 240 grade M type 316

2. Tutup atas dan Tutup bawah

Crown radius	= 65,5 in
Tinggi	= 13,8535 in
Tebal	= 4/16 in = 0,25 in
Bahan konstruksi	= Carbon steel SA 240 grade M type 316

3. Tray

Jumlah tray	= 18 buah
Tray spacing	= 22 in
Susunan pitch	= segitiga
Bahan konstruksi	= Carbon steel SA 240 grade M type 316

4. Downcomer

Lebar	= 5,9052 in
Luas	= 23,3878 ft ²
Bahan konstruksi	= Carbon steel SA 240 grade M type 316

5. Nozzle

Diameter Nozzle feed masu	= 1,6100 in
Diameter top kolom	= 2,0670 in
Diameter refluks kondensor	= 1,0490 in
Diameter refluks reboiler	= 1,6100 in
Diameter bottom kolom	= 2,0670 in

6. Flange Dan Gasket

Diameter flange	= 71,0830 in
Tebal flange	= 2 in
Bahan konstruksi flange	= HA Steel SA-336 grade F8 type 304
Lebar gasket	= 1/16 in
Diameter gasket	= 66,0406 in
Bahan konstruksi gasket	= Solid Flat Metal Iron

7. Baut

Ukuran baut	= 1 in
Bolting minimal	= 7 buah
Diameter bolt circle	= 68,9580 in
Bahan konstruksi	= High Alloy steel SA - 193 grade B8 type 304

8. Skirt Support

Tinggi	= 304,0080 in
Tebal	= 4,3686 in
Bahan konstruksi	= High Alloy Steel SA 240 grade M type 316

9. Bearing Plate

Type	= eksternal bolting chair
Diameter dalam	= 65,5 in
Tebal bearing plate	= 1/16 in
Tinggi gusset	= 12 in
Jumlah gusset	= 8 buah
Tebal gusset	= 1/16 in
Tebal compression plate	= 3/16 in
Jumlah bolt	= 24 buah
Bahan konstruksi	= Carbon steel SA 240 grade M type 316

10 Anchor Bolt

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

11 Pondasi

Type	= 6 U.S Gallons water/94-lb sack cement
Luas tanah bagian atas	= 1600 in ²
Luas tanah bagian bawah	= 3600 in ²
Tinggi pondasi	= 24 in
Bahan konstruksi	= Cement Sand and Gravel



BAB VII

INSTRUMENTASI DAN KESELAMATAN KERJA

Dalam suatu pabrik kimia Instrumentasi dan keselamatan kerja adalah dua faktor yang penting dalam suatu industri guna meningkatkan kualitas dan kuantitas produk. Instrumentasi digunakan untuk mengontrol jalannya suatu proses agar dapat dikendalikan sesuai yang diinginkan. Sedangkan keselamatan kerja juga harus diperhatikan untuk mencegah kerugian nyawa, materi, alat-alat, sarana, dan prasarana pabrik yang dapat timbul sewaktu-waktu. Dengan pertimbangan tersebut perlu adanya suatu bagian yang berfungsi untuk mengontrol peralatan proses dan manajemen tentang keselamatan kerja.

Dalam pengaturan dan pengendalian kondisi operasi dan peralatan proses sangatlah diperlukan adanya peralatan (instrumentasi) kontrol. Di mana instrumentasi ini merupakan suatu alat penunjuk atau indikator, suatu perekam, atau suatu pengontrol (controller). Dalam industri kimia banyak variabel yang perlu diukur dan dikontrol, seperti tekanan, temperatur, ketinggian cairan, kecepatan aliran, dan sebagainya.

7.1. Instrumentasi

Instrumentasi merupakan bagian yang penting dalam pengendalian proses suatu pabrik industri. Dengan adanya instrumentasi yang memadai, maka bagian-bagian dari pabrik yang penting memerlukan pengendalian operasi/proses. Pengendalian operasi/proses meliputi keseluruhan unit pabrik maupun hanya pada beberapa unit pabrik yang benar-benar diperlukan secara cermat dan akurat. Pengetahuan akan pemilihan alat-alat pengendalian proses ini penting karena menyangkut harga peralatan itu sendiri yang cukup mahal.

Pada umumnya instrumentasi dibagi berdasarkan proses kerjanya menjadi :

1. Proses Manual

Pada proses manual, peralatan yang digunakan hanya terdiri atas instrumen penunjuk dan pencatat saja yang sepenuhnya ditangani oleh tenaga manusia.

2. Proses Otomatis

Sedangkan untuk pengaturan secara otomatis, peralatan instrumentasi dihubungkan dengan suatu alat kontrol. Peralatan tersebut antara lain :

a. Sensing element / Primary element

Merupakan elemen yang dapat mendeteksi adanya perubahan dari variabel yang diukur.

b. Elemen pengukur

Merupakan elemen yang menerima keluaran dari elemen primer dan melakukan pengukuran. Yang termasuk dalam elemen pengukur adalah alat-alat penunjuk, indikator dan alat – alat pencatat.

c. Elemen pengontrol

Merupakan elemen yang menunjukkan harga perubahan dari variabel yang dirasakan oleh sensing elemen dan diukur oleh elemen pengukur untuk mengatur sumber tenaga yang sesuai dengan perubahan. Tenaga yang diatur dapat berupa tenaga mekanis, listrik, maupun pneumatis.

d. Elemen proses sendiri

Merupakan elemen yang mengubah input ke dalam proses, sehingga variabel yang diukur tetap berada pada range yang diinginkan.

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

- Menjaga variabel proses pada batas operasi aman.
- Kualitas produksi lebih terjamin.
- Memudahkan pengoperasian suatu alat.
- Kondisi berbahaya dapat diketahui lebih awal dengan menggunakan alarm peringatan.
- Efisiensi kerja akan lebih meningkat.

Faktor- faktor yang perlu diperhatikan dalam instrumentasi yaitu :

- Range yang diperlukan untuk pengukuran
- Ketelitian yang dibutuhkan
- Bahan konstruksi
- Pengaruh pemasangan instrumentasi pada kondisi proses
- Faktor ekonomi

Dengan adanya instrumentasi ini, diharapkan semua proses akan dapat berjalan dengan lancar sesuai dengan apa yang diharapkan.

Pada pra rencana pabrik chlorobenzen ini dipasang beberapa alat kontrol sebagai berikut :

1. Level Indikator (LI)

Alat ini dipasang pada peralatan proses yang bekerja secara kontinu . Alat ini berfungsi untuk menjaga dan mengatur ketinggian larutan yang ada dalam tangki agar tidak melebihi batas yang telah ditentukan.

2. Temperatur Controller (TC)

Alat ini dipasang pada peralatan yang perlu pengaturan dan penjagaan suhu agar beroperasi pada temperatur konstan.

3. Flow Controller (FC)

Dipasang pada alat untuk mengendalikan laju alir fluida melalui perpipaan sehingga aliran yang masuk keperalatan proses tetap konstan

4. Flow Ratio Controller (FRC)

Flow Ratio Controller dipasang pada tangki pelarutan karena terdapat dua bahan yang masuk dan akan bereaksi. FRC berfungsi untuk menjaga perbandingan rate bahan masuk agar tetap konstan sesuai dengan yang dibutuhkan.

5. Pressure Controller (PC)

Berfungsi untuk mengatur tekanan dalam suatu proses secara berlanung.

6. Weight Controller (WC)

Berfungsi untuk mengatur berat bahan dalam suatu system agar sesuai dengan yang telah ditentukan.

Secara keseluruhan, instrumentasi peralatan pabrik klorobenzen dapat dilihat pada tabel 7.1. Instrumentasi peralatan pabrik

Tabel 7.1. Instrumentasi peralatan pabrik

No.	Nama Alat	Kode Alat	Kode Instrumen
1.	Heater Benzen (C_6H_6)	E-113A	TC
2.	Storage Klorin (Cl_2)	F-111B	PI
3.	Ekspander	G-114	PC
4.	Heater Cl_2	E-113B	TC
5.	Bin $FeCl_3$	F-115	WC
6.	Reaktor	R-110	FRC, TC
7.	Cooler	E-116	TC
8.	Absorber	D-117	TC, FC
9.	Netralizer	R-120	TC

10.	Heater	E-125	TC
11.	Mixer	M-124	FRC
12.	Cooler	E-132	TC
13.	Heater	E-135	TC
14.	Distilasi I	D-130	TC, FRC, LC
15.	Kondensor	E-143A	TC
16.	Cooler	E-146A	TC
17.	Reboiler	E-141A	TC
18.	Distilasi II	D-140	TC, FRC, LC
19.	Kondensor	E-143B	TC
20.	Cooler	E-146B	TC
21.	Reboiler	E-141B	TC
22.	Cooler	E-146C	TC

7.2. Keselamatan Kerja

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

Beberapa faktor yang dapat menyebabkan terjadinya kecelakaan kerja adalah sebagai berikut :

a. Latar belakang pekerja

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

b. Kelalaian pekerja

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

c. Tindakan yang tidak aman dan bahaya mekanis atau fisik

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

d. Kecelakaan

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

Secara umum pada Pra Rencana Pabrik Klorobenzen ini ada 3 macam bahaya yang dapat terjadi dan harus mendapatkan perhatian pada perencanaan, yaitu:

1. Keselamatan konstruksi

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

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

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

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

4. Memasang tanda-tanda bahaya, seperti alarm peringatan, jika terjadi bahaya.

5. Penyediaan alat – alat pencegah kebakaran, baik akibat listrik, maupun api.

6. Ventilasi

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

7. Tangki-tangki

Bahaya yang paling besar adalah tangki-tangki yang bertekanan tinggi hal-hal yang perlu diperhatikan untuk mencegah kecelekaan adalah :

- Perencanaan tangki harus sesuai dengan aturan yang berlaku termasuk pemilihan bahan konstruksi, memperhitungkan faktor korosi dan lain-lain
- Penempatan boiler pada tempat yang jauh dari kerumunan pekerja

- Pemasangan alat kontrol yang baik dan sesuai yaitu *pressure* kontrol, level kontrol dan temperatur kontrol

8. Reaktor

Hal-hal yang perlu diperhatikan untuk mencegah kecelakaan adalah :

- Perencanaan reaktor harus sesuai dengan ketentuan-ketentuan yang berlaku mengenai bahan konstruksi, faktor korosi dan lain-lain
- Perencanaan isolasi harus baik dengan memperhatikan perpindahan panas yang terjadi karena reaksi bersifat eksotermis
- Pemasangan alat kontrol yang baik dan sesuai yaitu *pressure* kontrol, level kontrol dan temperatur kontrol

9. Perpipaan

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

10. Karyawan

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

11. Listrik

- Pada pengoperasian peralatan listrik perlu dipasang peralatan pengaman berupa pemutus arus, jika sewaktu-waktu terjadi hubungan singkat (konsleting) yang dapat menyebabkan kebakaran. Juga perlu diadakan pemeriksaan adanya kabel yang terkelupas, yang dapat membahayakan pekerja jika tersentuh kabel tersebut.

12. Pencegahan dan penanggulangan kebakaran

- Bangunan seperti work shop, laboratorium, dan kantor, diletakkan berjauhan dengan unit operasi.

- Antara unit yang satu dengan unit yang lain dipisahkan dengan jalan sehingga dapat menghambat jalannya api ketika terjadi kebakaran.
- Pengamanan bila terjadi kebakaran dilengkapi dengan baju tahan api dan alat-alat bantu pernafasan.
- Penempatan bahan-bahan yang mudah terbakar dan meledak ditempat yang tertutup dan jauh dari sumber api
- Larangan merokok dilingkungan pabrik, kecuali pada tempat-tempat yang telah disediakan
- Penempatan kabel dan kawat listrik yang diatur rapi dan jauh dari tempat yang panas
- Pemasangan alat pemadam kebakaran disetiap tempat yang paling rawan dan pemasangannya harus pada tempat yang mudah dijangkau

7.2.1. Pengamanan Alat

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

7.2.2. Keselamatan Kerja Karyawan

Pada karyawan, terutama operator, perlu diberikan bimbingan atau pengarahan agar karyawan dapat melaksanakan tugasnya dengan baik dan tidak membahayakan keselamatan jiwanya maupun jiwa orang lain. Disamping itu perusahaan juga melakukan upaya untuk menunjang dan menjamin keselamatan kerja para karyawan dengan tindakan :

1. Memasang penerangan dan ventilasi yang baik, system perpipaan teratur dan menutup motor-motor yang bergerak.
2. Menyediakan sarana pemadam kebakaran yang mudah terjangkau.
3. Memasang tanda-tanda bahaya dan instruksi keselamatan kerja di tempat yang rawan kecelakaan.
4. Pengaturan peralatan yang baik sehingga para pekerja dapat mengoperasikan peralatan secara baik.

Alat pelindung yang diperlukan dapat terlihat pada table berikut ini :

Tabel 7.2. Alat-alat keselamatan kerja pada pabrik chlorobenzen :

No.	Alat Pelindung	Lokasi Pengamanan
1.	Masker	Gudang, bagian proses, storage, laboratorium
2.	Helm pengaman	Gudang, bagian proses, storage
3.	Sarung tangan	Gudang, bagian proses, storage, laboratorium
4.	Sepatu karet	Gudang, bagian proses, storage
5.	Isolasi panas	Utilitas (reboiler), ruang proses (reaktor, kolom distilasi), perpipan
6.	Pemadam kebakaran	Semua ruang di areal pabrik
7.	P3K	Kantor, gudang, bagian proses, storage dan laboratorium



BAB VIII

UTILITAS

Unit utilitas merupakan salah satu bagian yang sangat penting untuk menunjang jalannya proses produksi dalam industri kimia. Unit utilitas yang diperlukan pada Pra Rencana Pabrik Klorobenzen ini, antara lain:

- Air yang berfungsi sebagai air pendingin (*cooling water*), air umpan boiler, air sanitasi.
- Steam yang berfungsi sebagai media pemanas dalam proses produksi.
- Listrik yang berfungsi menjalankan alat-alat produksi dan untuk penerangan.
- Bahan bakar untuk mengoperasikan boiler.

Dari kebutuhan unit utilitas yang diperlukan, maka utilitas tersebut dibagi menjadi tiga unit, antara lain:

1. Unit penyediaan air
2. Unit penyediaan steam
3. Unit penyediaan tenaga listrik
4. Unit penyediaan bahan bakar

8.1. Unit Penyediaan Air

8.1.1. Air Pendingin

Air yang berfungsi sebagai pendingin pada proses ini dibutuhkan sebanyak 27.124,0793 kg/jam. Air digunakan sebagai media pendingin dengan alasan sebagai berikut:

- Air merupakan materi yang banyak tersedia
- Mudah dikendalikan dan mudah dalam penggunaannya
- Dapat menyerap panas dengan baik
- Tidak mudah menyusut karena pendinginan
- Tidak mudah terkondensasi

Adapun syarat-syarat air yang digunakan sebagai media air pendingin, sebagai berikut:

- Jernih, maksudnya air harus bersih, tidak terdapat partikel-partikel kasar seperti pasir, tanah dan lumut yang dapat menyebabkan air kotor.

- Tidak menyebabkan korosi
- Tidak mengandung zat-zat organik

8.1.2. Air Umpan Boiler

Air umpan boiler merupakan bahan baku yang berfungsi sebagai media pemanas. Kebutuhan steam sebesar 1966,2154 kg/jam. Air umpan boiler yang disediakan dengan excess 20% sebagai pengganti steam yang hilang yang diperkirakan adanya kebocoran akibat transmisi 20%. Sehingga kebutuhan air umpan boiler sebanyak 351,8094 kg/jam.

Air untuk keperluan ini harus memenuhi syarat-syarat agar air yang digunakan tidak merusak boiler. Syarat-syaratnya antara lain:

- Total padatan = 3500 ppm
- Alkalinitas = 700 ppm
- Padatan terlarut = 300 ppm
- Silica = 60-100 ppm
- Besi = 0,1 mg/L
- Tembaga = 0,5 mg/L
- Oksigen = 0,007 mg/L
- Kesadahan = 0
- Kekeruhan = 175 ppm
- Minyak = 7 ppm
- Residual fosfat = 140 ppm

Selain itu memenuhi persyaratan diatas, air umpan boiler harus bebas dari:

- Zat-zat yang menyebabkan korosi, yaitu gas-gas terlarut seperti O_2 , CO_2 , H_2S dan NH_3 .
- Zat-zat yang menyebabkan busa, yaitu zat organik, anorganik dan zat-zat terlarut dalam jumlah yang besar.

Untuk memenuhi persyaratan tersebut dan mencegah kerusakan pada boiler, sebelum digunakan sebagai air umpan boiler harus diolah lagi terlebih dahulu melalui:

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

8.1.3. Air Sanitasi

Air sanitasi digunakan untuk memenuhi kebutuhan karyawan, laboratorium, taman, dan kebutuhan air lainnya. Air sanitasi yang dibutuhkan sebesar

2383,6758 kg/jam. Air sanitasi yang dipergunakan harus memenuhi syarat kualitas sebagai berikut:

a. Syarat Fisik

- Berada di bawah suhu udara
- Tidak berwarna
- Tidak berasa
- Tidak berbau
- pH netral
- Tidak berbusa

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.

8.2. Unit Penyediaan Steam

Bahan baku pembuatan steam adalah air umpan boiler. Steam yang dibutuhkan dalam proses ini mempunyai kondisi :

- Tekanan = 473,15 kPa
- Temperatur = 200 °C

Zat-zat yang terkandung dalam umpan boiler yang dapat menyebabkan kerusakan pada boiler adalah:

- Kadar zat terlarut (soluble matter) yang tinggi
- Zat padat terlarut (suspended solid)
- Garam-garam kalsium dan magnesium
- Zat organik (organik matter)
- Silika, sulfat, asam bebas dan oksida

Syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh air umpan boiler:

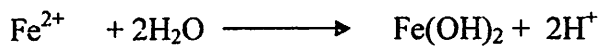
a. Tidak boleh membuih (berbusa)

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

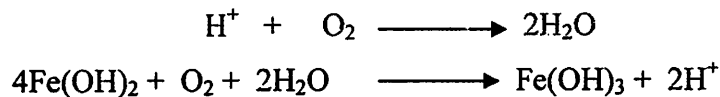
- Kesulitan pembacaan tinggi liquida dalam boiler

- Buih dapat menyebabkan percikan yang kuat yang mengakibatkan adanya solid - solid yang menempel sehingga mengakibatkan terjadinya korosi
- b. Tidak boleh membentuk kerak dalam boiler
- Kerak dalam boiler dapat menyebabkan:
- isolasi terhadap panas sehingga proses perpindahan panas terhambat
 - kerak yang terbentuk dapat sewaktu-waktu pecah sehingga dapat menimbulkan kebocoran karena boiler mendapat tekanan yang kuat
- c. Tidak boleh menyebabkan korosi pada pipa

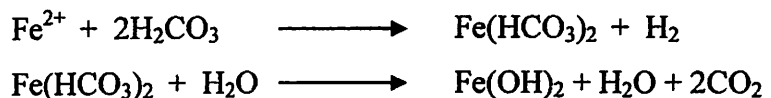
Korosi pada pipa boiler disebabkan oleh keasaman (pH rendah), minyak dan lemak, bikarbonat dan bahan organik, serta gas-gas H₂S, SO₂, NH₃, CO₂, O₂ yang terlarut dalam air. Reaksi elektrokimia antara besi dan air akan membentuk lapisan pelindung anti korosi pada permukaan pipa yaitu:



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



Adanya bikarbonat dalam air akan membentuk CO₂, karena pemanasan dan adanya tekanan, CO₂ yang terjadi akan bereaksi dengan air membentuk asamkarbonat. Asam karbonat tersebut akan bereaksi dengan garam bikarbonat. Dengan adanya pemanasan, garam bikarbonat ini akan membentuk CO₂ lagi.



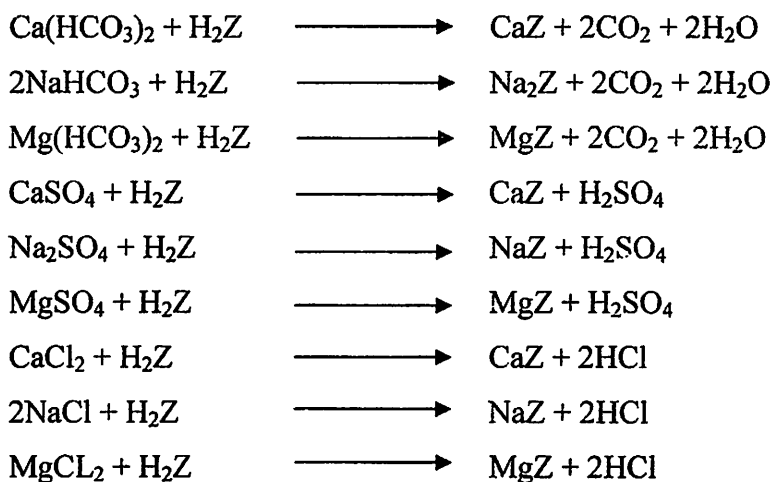
8.3. Unit Pengolahan Air

Air sungai digunakan untuk memenuhi kebutuhan air proses, air sanitasi, air pendingin, dan air umpan boiler. Adapun proses pengolahannya adalah: Air dipompa (L-217) menuju bak sedimentasi (F-216) untuk mengendapkan kotoran-kotoran pada air sungai. Setelah itu air dipompa (L-215) menuju bak skimmer (L-214) untuk mengambil kotoran-kotoran yang mengapung dan memisahkan endapannya. Keluar dari bak skimmer air dipompa (L-213) menuju tangki *clarifier* (M-212) untuk ditambah alum sehingga terjadi flokulasi. Air tersebut dipompa (L-211) menuju sanc

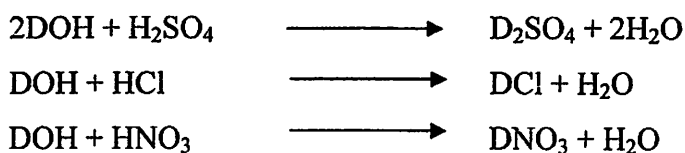
filter (H-210) untuk menghilangkan bau dan warnanya. Dan ditampung pada bak air bersih (F-222). Air pada bak air bersih siap untuk diolah lagi sesuai dengan fungsinya masing-masing yaitu:

a. Pengolahan air umpan boiler

Pelunakan air dilakukan dengan proses pertukaran ion dalam demineralizer yang terdiri dari dua tangki yaitu tangki kation exchanger (D-220A) dan tangki kation exchanger (D-220B). Kation exchanger yang digunakan adalah resin zeolit (Hydrogen exchanger) dan anion exchanger yang digunakan adalah de-acidite (DOH). Air dari bak penampung air bersih akan dialirkan dengan pompa (L-221) menuju tangki kation exchanger sehingga terjadi reaksi :



Ion-ion bikarbonat, sulfat, dan klor akan diikat oleh ion Z membentuk CO_2 dan air, H_2SO_4 , dan HCl . Selanjutnya air ini dialirkan ke tangki anion exchanger untuk menghilangkan anion-anion yang tidak dikehendaki dengan reaksi:



Jadi keluaran dari tangki demineralizer adalah garam-garam kalsium, natrium, dan magnesium terikat oleh ion kation exchanger dalam bentuk CaZ , NaZ , dan MgZ . Sedangkan H_2SO_4 , HCl , HNO_3 akan terikat oleh anion exchanger dalam bentuk D_2SO_4 , DCl , DNO_3 . sehingga setelah keluar dari demineralizer tersebut air telah bebas dari ion-ion pengganggu. Keluar dari tangki demineralizer air dialirkan pada bak air lunak (F-223). Air lunak ini digunakan sebagai air umpan boiler, yaitu dipompa (L-224) ke dalam tangki deaerator (D-225) untuk menghilangkan gas-gas impurities pada air

umpan boiler dengan pemanasan steam. Setelah itu air dipompa (L-226) ke dalam boiler (Q-227) untuk dirubah menjadi steam. Steam yang terbentuk dialirkan ke peralatan, dan kondensat yang dihasilkan direcycle ke dalam bak air lunak.

b. Pengolahan air pendingin

Air dari bak air bersih (F-222) dipompa (L-233) menuju bak air pendingin (F-232). Keluar itu air dipompa menuju peralatan dengan pompa (L-231) dan air sisa pendingin didinginkan kembali pada cooling tower (P-230) dan air tersebut dialirkan kembali ke bak air pendingin sebagai recycle.

c. Pengolahan air sanitasi

Air dari bak air bersih (F-222) dipompa (L-241) menuju bak klorinasi (F-240) dan ditambahkan desinfektan Cl_2 sebanyak 1 ppm. Dari bak klorinasi tersebut dipompa (L-242) dan digunakan sebagai air sanitasi.

d. Air proses

Air proses diambil dari bak (F-223) dan kemudian dialirkan sebagai air proses.

8.4. Unit Penyediaan Tenaga Listrik

Kebutuhan listrik disuplai dari PLN dan generator. Kebutuhan listrik pada Pra Rencana Pabrik Klorobenzen digunakan untuk:

- keperluan proses dan utilitas
- keperluan penerangan seluruh area pabrik

Dari Appendix D, didapatkan daya listrik yang dibutuhkan untuk Pra Rencana Pabrik klorobenzen adalah sebesar 148,8032 KWH yang meliputi:

- proses: 25,3538 kWH
- penerangan: 121,4494 kWH

Kebutuhan listrik tersebut dipenuhi oleh PLN dan pabrik ini memiliki satu buah generator 205 KVA.

8.5. Unit penyediaan Bahan Bakar

Bahan bakar merupakan bahan padat, cair maupun gas yang dapat bereaksi dengan oksigen secara eksotermal. Bahan bakar yang dipakai dalam Pra Rencana Pabrik Klorobenzen adalah diesel (solar).

Kebutuhan bahan bakar total = 16,4932 kg/jam = 395,8368 Kg/hari

BAB IX

LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK

9.1. Lokasi Pabrik

Dalam pendirian suatu pabrik, pemilihan lokasi pabrik merupakan faktor yang sangat penting, karena hal ini berkaitan erat dengan efisiensi perusahaan. Lokasi suatu pabrik harus dipertimbangkan berdasarkan teknis pengoperasian pabrik serta sudut ekonomisnya dari perusahaan tersebut yang dapat mempengaruhi lancar atau tidaknya produksi. Pada dasarnya daerah pengoperasian suatu pabrik ditentukan oleh 5 faktor utama, sedangkan lokasi yang tepat dari pabrik tersebut ditentukan oleh beberapa faktor khusus.

9.1.1. Faktor Utama

a. Bahan baku

Hal-hal yang perlu diperhatikan pada bahan baku adalah:

- Letak sumber bahan baku
- Kapasitas sumber bahan baku
- cara memperoleh dan membawanya ke pabrik
- kualitas bahan baku yang ada

b. Pemasaran

Hal-hal yang harus diperhatikan mengenai daerah pemasaran:

- Daerah dimana produk akan dipasarkan
- Daya serap pasar dan prospek yang akan datang
- Pengaruh saingan yang ada
- Jarak daerah pemasaran dan cara mencapai daerah tersebut

c. Tenaga listrik dan bahan bakar

Hal-hal yang harus diperhatikan:

- Kemungkinan pengadaan listrik dan PLN
- Sumber bahan bakar
- Harga listrik dan bahan bakar

d. Penyediaan air

Air biasanya diperoleh dari beberapa sumber diantaranya:

- Dari sungai
- Dari PDAM
- Dari kawasan industry

jika kebutuha air besar, maka pemakaian air sumber/air sungai lebih ekoomis,hal-hal yang perlu diperhatikan antara lain:

- kemampuan sumber untuk melayani pabrik
- kualitas air yang ada
- pengaruh musim terhadap ketersediaan air
- nilai ekonominya

e. Keadaan geografis dan iklim

Hal-hal yang perlu diperhatikan:

- keadaan alam yang akan mempengaruhi tinggi rendahnya investasi untuk konstruksi bangunan.
- kelembaban dan temperatur udara
- adanya badai, angin topan dan gempa bumi

9.1.2. Faktor Khusus

a. Transportasi

Masalah transportasi perlu diperhatikan agar kelancaran suplai bahan baku dan penyaluran produk dapat terjamin dengan biaya serendah mungkin dan dalam waktu singkat. karena itu perlu diperhatikan fasilitas-fasilitas yang ada seperti:

- jalan raya yang dapat dilalui kendaraan yang bermuatan berat
- lokasi pabrik dekat dengan pelabuhan yang memadai

b. Tenaga Kerja

Tenaga kerja tetap dan ahli dapat diperoleh dari daerah sekitarnya karenadaerah ini merupakan kota besar di Jawa sehingga tersedia banyaktenaga kerja baik tenaga kerja kasar ataupun tenaga kerja ahli.

c. Undang-undang dan peraturan

Undang-undang dan peraturan yang perlu diperhatikan antara lain:

- ketentuan tentang daerah industri

- ketentuan tentang penggunaan jalan umum yang ada
- ketentuan umum lain bagi industri didaerah lokasi pabrik

d. Perpajakan dan asuransi

Hal-hal yang harus diperhatikan :

- macam pajak dan sistem yang berlaku, misalnya pajak kekayaan, pajak penghasilan, pajak persero, dan peraturan yang berhubungan dengan perpajakan.
- asuransi peralatan, asuransi jiwa, asuransi kecelakaan kerja dan lain-lain.

e. Karakteristik dan lokasi

dalam memilih lokasi pabrik maka harus diperhatikan karakteristik sebagai berikut:

- struktur tanah, daya dukung pada pondasi bangunan pabrik dan pengaruh air
- penyediaan dan fasilitas tanah untuk perluasan.

f. Faktor lingkungan disekitar pabrik

Hal-hal yang harus diperhatikan antara lain:

- adat istiadat atau kebudayaan daerah lokasi pabrik
- fasilitas perumahan, sekolah dan tempat ibadah
- fasilitas kesehatan dan rekreasi

g. Pembuangan limbah

Hal yang berkaitan dengan usaha pencegahan terhadap pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh unit buangan pabrik berupa buangan gas, cair, maupun padat, yaitu dengan memperhatikan peraturan pemerintah yang ada.

9.2. Pemilihan Lokasi

Berdasarkan faktor-faktor diatas, maka pabrik Klorobenzene ini direncanakan didirikan di Kec. Balongan, Kab.Indramayu, Jawa Barat.

Pemilihan lokasi ini didasari oleh beberapa faktor yaitu :

1. Letak sumber bahan baku

Bahan baku pembuatan Klorobenzene adalah Benzene dan Klor. Dimana benzene disuplai oleh PT Pertamina Balongan. dan klor dapat dipenuhi dari PT. Petrokimia Gresik.

2. Pemasaran

Produk Klorobenzene ini rencananya akan dipasarkan ke industri-industri dalam negeri yang memproduksi pestisida, suku cadang mobil, zat warna, dan beberapa industri yang membutuhkan pelarut titik didih tinggi dalam sintesis organik. Apabila kebutuhan dalam negeri terpenuhi rencana pemasaran akan diperluas keluar negeri.

3. Sarana utilitas yang memadai

Sarana utilitas meliputi air, bahan bakar, dan listrik. persediaan air merupakan syarat utama pendirian pabrik kimia, kebutuhan air ini diperoleh dari air sungai cimanuk yang merupakan sungai terbesar didaerah Indramayu. Kebutuhan bahan bakar dari pertamina. kebutuhan listrik diperoleh dari PLN dan generator.

4. Terdapatnya sarana pengangkutan

Lokasi pabrik ini daerah yang sudah ada sarana transportasi seperti pelabuhan maupun jalan raya sehingga sarana transportasi bahan baku dan produk akan lebih terjamin.

5. Tenaga Kerja

Kebutuhan tenaga kerja baik buruh maupun tenaga ahli dapat diperoleh di daerah ini.

Tabel 9.1 Pemilihan lokasi dengan nilai tertinggi

No	Faktor	Bobot maks	Pasuruan	Balongan	Gresik
1	Bahan baku	100	70	90	90
2	Pemasaran	100	80	80	80
3	Listrik dan bahan bakar	100	90	95	90
4	Kebutuhan air	100	90	90	80
5	Iklim	100	90	90	90

$$\text{Vol liquid} = \frac{\text{rate feed}}{\text{densitas liquid}} = \frac{2050}{81,15457} \times 2,2046 = 55,6892 \text{ ft}^3$$

$$\text{V kolom } 80 \% \text{ V liquid, maka V kolom} = \frac{55,6892}{0,8} = 69,6115 \text{ ft}^3$$

- Menentukan tinggi larutan dalam kolom

$$\begin{aligned} V_{\text{liquid dalam shell}} &= V_{\text{liquid}} + V_{\text{dish}} \\ &= 69,6115 + 10,0935 \\ &= 79,7050 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

$$V_{\text{liquid dalam shel}} = 1/4 \pi d^2 hl$$

$$79,7050 = 1/4 \times 3,14 \times [4,9210]^2 \times hl$$

$$hl = 4,1928 \text{ ft} = 50,314 \text{ in}$$

- Menentukan tekanan design

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

$$= 14,7 + \frac{\rho L \times h}{144} = 14,7 + \frac{81,15457 \times 50,314}{144} = 43,056 \text{ psig}$$

- Menentukan tebal tangki (ts)

bahan: Carbon steel SA 240 grade M type 316, maka didapatkan:

$$F = 18750 \text{ lb/in}^2$$

$$C = 3/16 \text{ in}$$

(Brownell & Youg hal 342)

$$E = 0,8$$

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

$$= \frac{14,7 \times 59,0520}{2[(18750 \times 0,8) - (0,6 \times 14,7)]} + \frac{3}{16}$$

$$= 0,216453 \times \frac{16}{16} = \frac{3,46324}{16} = \frac{4}{16} \text{ in} = 0,2500 \text{ in}$$

$$\text{standarisasi do} : dc = di + 2 ts$$

$$dc = 59,0520 + \left(2 \times \frac{4}{16} \right)$$

$$dc = 59,5520 \text{ in}$$

dari tabel 5.7 Brownell & Young hal. 90 diperoleh :

$$\text{do standart} = 66 \text{ in}$$

$$\text{di baru} = \text{do} - 2 ts$$

$$\text{di baru} = 66 - \left(2 \times \frac{4}{16} \right)$$

h. Menentukan dimensi kolom destilasi

- Menentukan Tinggi Kolom

$$\text{Jumlah tray aktual} = 16$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tray total} &= \text{Tray aktual} + 1 \text{ tray Kondensor} + 1 \text{ tray Reboiler} \\ &= 16 + 1 + 1 = 18 \end{aligned}$$

$$\text{Jarak antara tray (T)} = 22 \text{ in}$$

$$\text{Ditetapkan - Tinggi ruang uap} = 4 \text{ ft} = 48 \text{ in}$$

$$\text{- Tinggi ruang liquid} = 6 \text{ ft} = 72 \text{ in}$$

$$\text{Tinggi shell} = (\text{T} \times \text{jmlh tray total}) + \text{Tinggi ruang uap} + \text{tinggi ruang liquid}$$

$$= \left[18 - 1 \right] \times \frac{22}{12} + \left[4 + 6 \right] = 40,668 \text{ ft} = 488,0160 \text{ in}$$

$$\text{Diameter kolom} = 4,9210 \text{ ft} = 59,0520 \text{ in}$$

- Menentukan tinggi tutup atas dan tutup bawah (h_a dan h_b)

$$\text{Tinggi tutup (} h_a = h_b \text{)} = 0,169 \times d_i$$

$$= 0,169 \times 4,9210 = 0,8316 \text{ ft} = 9,9798 \text{ in}$$

- Menentukan hold up liquid dibawah (h_i)

$$\text{Vol liquid} = \frac{\text{rate feed}}{\text{densitas liquid}} = \frac{2050}{81,15457} \times 2,2046 = 55,6892 \text{ ft}^3$$

$$V_{\text{ruang kosong}} = 1/4 \pi d^2 \times \text{tinggi ruang kosong}$$

$$T_{\text{ruang kosong}} = 6 \text{ ft (asumsi)}$$

$$V_{\text{ruang kosong}} = 0,25 \times 3,14 \times [4,9210]^2 \times 6 = 114,0585 \text{ ft}^3$$

$$V_{\text{liquid}} < V_{\text{ruang kosong}}, \text{ asumsi } T_{\text{ruang kosong}} \text{ memenuhi}$$

- Menentukan tinggi ruang kosong di atas kolom (h_i)

$$V_{\text{gas}} = \frac{n.R.T}{P} = \frac{57,8101 \times 10,73 \times 815,82}{3600 \times 14,7} = 9,5626 \text{ ft}^3$$

$$V_{\text{ruang kosong}} = 1/4 \pi d^2 \times \text{tinggi ruang kosong}$$

$$T_{\text{ruang kosong}} = 4 \text{ ft (asumsi)}$$

$$V_{\text{ruang kosong}} = 0,25 \times 3,14 \times [4,9210]^2 \times 4 = 76,0390 \text{ ft}^3$$

$$V_{\text{gas}} < V_{\text{ruang kosong}}, \text{ asumsi } T_{\text{ruang kosong}} \text{ memenuhi}$$

- Menentukan tinggi tangki (L_s)

$$\text{Tinggi tangki} = \text{tinggi shell} + (2 \times \text{tinggi tutup atas})$$

$$= 40,668 + [2 \times 0,8316] = 42,331 \text{ ft} = 507,9756 \text{ in}$$

- Menentukan volume kolom destilasi

$$V_{\text{dish}} = 0,0847 d_i^3 = 0,0847 \times [4,9210]^3 = 10,0935 \text{ ft}^3$$

$$22 \geq 7,611733 \text{ in} \quad (\text{Memenuhi})$$

e. Pengecekan Stabilitas tray dan Weeping

Persyaratan tidak terjadinya weeping $h_{pm} \geq h_{pw}$

$$V_{\min} = 0,7 \times V = 0,7 \times 11,1783 = 7,824811 \text{ ft}^3/\text{dt}$$

$$U_{o_{\min}} = \frac{V_{\min}}{A_o} = \frac{7,8248}{1,9148} = 4,0866 \text{ ft/det}$$

$$h_{pm} = 12 \left(\frac{\rho v}{\rho l} \right) 1,14 \left(\frac{U_o^2}{2 \times g c} \right) \left[0,4 \times \left(1,25 - \frac{A_o}{A_c} \right) + \left(1 - \frac{A_o}{A_c} \right)^2 \right]$$

$$= 0,011118 \text{ in}$$

$$h_{pw} = 0,2 + 0,05 \text{ hl max} = 0,2 + \left[0,05 \times 1,8383 \right] = 0,2919 \text{ in}$$

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

f. Pengecekan pada entrainment

Syarat tidak terjadinya entrainment $\frac{e_0}{e} \geq 1$

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

$$U_c = \frac{V_{\max}}{A_c} = \frac{14,5318}{17,9642} = 0,8089 \text{ ft/det}$$

$$T_e = T - 2,5 \text{ hl} = 21,648 - \left[2,5 \times 1,8383 \right] = 17,05218$$

Sehingga

$$e = 0,22 \times \left(\frac{73}{\sigma} \right) \times \left(\frac{U_c}{T_c} \right)^{3/2} = 0,22 \times \left(\frac{73}{2,3971} \right) \times \left(\frac{0,8089}{17,052} \right)^{3,2} = 0,000389$$

$$\frac{e_0}{e} \geq 1$$

$$\frac{0,1}{0,000389} \geq 1$$

$$257,2347 \geq 1$$

Kesimpulan : Tidak terjadi entrainment

g. Pelepasan uap dalam downcomer

Syarat pelepasan uap dalam downcomer : $W_l / W_d \leq 0,6 \text{ in}$

$$W_l = 0,8 \times \sqrt{\text{how} (T + h_w - h_b)} = 2,0064 \text{ in}$$

$$W_d = 10 \% D = 0,1 \times 59,052 = 5,9052 \text{ in}$$

$$\text{sehingga : } \frac{W_l}{W_d} = \frac{2,0064}{5,9052} = 0,3398 \text{ in} \leq 0,6 \text{ in}$$

Kesimpulan: pelepasan gas di dalam downcomer sempurna

susunan lubang : segitiga

$$\frac{A_o}{A_a} = \frac{0,9065}{n^2}$$

$$A_o = \frac{0,9065 \times 13,2017}{n^2} = \frac{11,9673}{n^2}$$

n	2,5	3	3,5	4	4,5
Aa	13,2017	13,2017	13,2017	13,2017	13,2017
Ao	1,9148	1,3297	0,9769	0,7480	0,5910

Untuk n = 2,5

$$V = 8152,4161 \text{ lb/jam} = \frac{8152,4161 \text{ lb/jam}}{0,2026 \text{ lb/ft}^3 \times 3600 \text{ dt/jam}}$$

$$= 11,1783 \text{ ft}^3/\text{dt}$$

$$V_{\max} = 1,3 \times V = 1,3 \times 11,1783 = 14,53179 \text{ ft}^3/\text{dt}$$

$$U_{o_{\max}} = \frac{V_{\max}}{A_o} = \frac{14,5318}{1,9148} = 7,5893 \text{ ft/det}$$

untuk Lw/d = 60 % maka Ad = 5,5 %

$$A_c = A_t - A_d$$

$$= (1/4 \pi D^2) - (5,5 \% A_t)$$

$$= 19,00975 - 1,0455$$

$$= 17,9642 \text{ ft}^2$$

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

$$= 12 \left(\frac{0,2026}{81,155} \right) 1,14 \left(\frac{7,5893^2}{2 \times 32,2} \right) \left[0,4 \times \left(1,25 - \frac{1,9148}{17,964} \right) + \left(1 - \frac{1,9148}{17,964} \right)^2 \right]$$

$$= 0,0383 \text{ in}$$

$$h_r = \frac{31,2}{\rho_L} = \frac{31,20}{81,1546} = 0,3845 \text{ in}$$

$$h_l = h_w + h_{ow} = 1,5 + 0,3383 = 1,8383 \text{ in}$$

$$h_t = h_p + h_r + h_l = 0,0383 + 0,3845 + 1,8383 = 2,2611 \text{ in}$$

$$h_b = h_t + h_l + h_d = 2,2611 + 1,8383 + 0,4564 = 4,5559 \text{ in}$$

Tabel perhitungan hb untuk mengecek harga tray spacing

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

$$T \geq 2 h_b - h_w$$

$$22 \geq [2 \times 4,5559] - 1,5$$

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

Lw/d	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8
Lw	32,5	35,4	38,4	41,3	44,3	47,2
$h_{ow \max}$	0,3585	0,3383	0,3207	0,3053	0,2916	0,2793
$h_{ow \min}$	0,2373	0,2239	0,2123	0,2021	0,1930	0,1848
hw	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
hl_{\max}	1,8585	1,8383	1,8207	1,8053	1,7916	1,7793
hl_{\min}	1,7373	1,7239	1,7123	1,7021	1,6930	1,6848

diambil optimalisasi diameter kolom dengan Lw/d = 60 %, Lw = 35,431

$$hw - hc = 0,25 \text{ in}$$

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

$$Ac = Lw \times hc = 35,431 \times 1,25 = 44,2890 \text{ in} = 0,3076 \text{ ft}^2$$

$$Ad = 5,5 \% At \text{ (Ludwig, fig 8.69 hal 77)}$$

$$= 5,5 \% \times \pi/4 D^2$$

$$= 1,0455 \text{ ft}^2$$

$$Ap = \text{harga terkecil dari } Ac \text{ dan } Ad = 0,3076 \text{ ft}^2$$

$$hd = \left(\frac{Q_{\max}}{100 \times Ap} \right)^2 = \left(\frac{20,7783}{100 \times 0,3076} \right)^2 = 0,4564 \text{ ft}$$

$$= 0,4564 \text{ in} \leq 1 \text{ in (memenuhi)}$$

d. Mengecek harga tray spacing

syarat :

$$T > 2hb-hw$$

dimana untuk Lw/d = 60% ; d = 4,921 ft

$$Wd = 11 \% d = 0,11 \times 4,9210 \text{ ft} \quad (\text{Tabel 3.1 Kusnarjo hal 43})$$

$$= 6,4957 \text{ in}$$

$$Ws = 3 \text{ in}$$

$$x = \frac{d}{2} - \frac{Wd + Ws}{12} = \frac{4,921}{2} - \frac{6,4957 + 3}{12} = 1,6692 \text{ ft}$$

$$r = \frac{d}{2} - \frac{Ww}{2} = \frac{4,921}{2} - \frac{3,00}{12} = 2,2105 \text{ ft}$$

sehingga :

$$Aa = 2 \left[x \sqrt{(r^2 - x^2)} + r^2 \sin^{-1} x/r \right]$$

$$Aa = 13,2017 \text{ ft}^2$$

4. Menentukan surface tension bahan (t)

$$\sigma^{1/4} = \sum X_i \cdot P_i (X_i - \rho L)$$

Dari Perry's 7ed Tabel 2-204 hal 2-373 diperoleh :

komponen	m (kgmol/jam)	X_i	P	$X_i \cdot P$
C_6H_6	2,0201	0,0515	28,88	1,4875
C_6H_5Cl	37,1701	0,9477	33,59	31,833
$C_6H_4Cl_2$	0,0296	0,0008	30,98	0,0248
Total	39,2198	1,0000		33,346

$$\begin{aligned} \sigma^{1/4} &= 33,346 \times [1 - 0,009759] = 33,02012 \\ &= 2,3971 \text{ dyne/cm} \end{aligned}$$

5. Dasar Perancangan Kolom Destilasi

$$V = 8152,4161 \text{ lb/jam} \quad \rho_v = 0,202585 \text{ lb/ft}^3$$

$$L = 10404,7123 \text{ lb/jam} \quad \rho_L = 81,15457 \text{ lb/ft}^3$$

a. Menentukan diameter tray dan spacing kolom distilasi

Dari Hysys diperoleh :

$$\text{Tray spacing} = 1,804 \text{ ft} = 21,648 \text{ in}$$

$$\text{Tray diameter} = 4,921 \text{ ft} = 59,052 \text{ in}$$

b. Menentukan tipe aliran

$$\begin{aligned} L_{\max} &= \frac{10404,7123 \text{ lb/jam} \times 7,48 \text{ gal/ft}^3}{60 \text{ menit} \times 81,1546 \text{ lb/ft}^3} \\ &= 15,9833 \text{ gpm} \end{aligned}$$

type aliran : reverse flow

(Ludwig, fig 863 hal. 96)

c. Pengecekan terhadap liquid head (hd)

syarat $hd < 1$

$$\begin{aligned} Q_{\max} &= 1,3 \times L \\ &= 20,7783 \text{ gpm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{\min} &= 0,7 \times L \\ &= 11,1883 \text{ gpm} \end{aligned}$$

$$Lw/d = 55\% - 85\%$$

$$\begin{aligned} \text{how max} &= \left(\frac{Q_{\max}}{2,98 \times Lw} \right)^{2/3} \\ \text{how min} &= \left(\frac{Q_{\min}}{2,98 \times Lw} \right)^{2/3} \end{aligned}$$

hw diambil 1,5 in (hw = 1,5 - 3,5 in)

$$hl_{\max} = hw + \text{how max}$$

Perhitungan beban destilasi

Bagian	Rate Uap		
	lbmol/jam	BM	lb/jam
1. Enriching			
Atas	57,81012	122,6839	7092,3720
Bawah	57,81012	122,7883	7098,4069
2. Exhausting			
Atas	61,20521	122,7883	7515,2835
Bawah	61,20521	133,1981	8152,4161

Bagian	Rate Liquid		
	lbmol/jam	BM	lb/jam
1. Enriching			
Atas	18,59029	129,3656	2404,9430
Bawah	18,59029	130,8450	2432,4464
2. Exhausting			
Atas	57,81012	130,8450	7564,1656
Bawah	57,81012	179,9808	10404,7123

Perhitungan beban destilasi terletak pada Enriching bagian bawah

$$L = 10404,7123 \text{ lb/jam} \quad \text{BM} = 133,1981$$

$$V = 8152,4161 \text{ lb/jam} \quad \text{BM} = 179,9808$$

Perhitungan densitas campuran :

$$\text{Densitas uap pada } T = 40,0 \text{ } ^\circ\text{C} = 313,15 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$\text{Dary Hysys : } \rho_V = 0,003245 \text{ g/cm}^3$$

$$= 0,000021 \text{ mol/cm}^3$$

$$\text{Densitas liquid pada } T = 180 \text{ } ^\circ\text{C} = 453,15 \text{ } ^\circ\text{K}$$

Komposisi	Berat (lbm/jam)	Fraksi	ρ (lb/ft ³)
C ₆ H ₅ Cl	0,05550	0,00030	69,29700
C ₆ H ₄ Cl ₂	173,8303	0,9997	81,1590
Total	173,8858	1	150,4560

$$\rho_L = \frac{\text{Massa Total}}{\sum (\text{Massa komponen} / \text{densitas komponen})} = \frac{173,8858}{2,14265}$$

$$= 81,15457 \text{ lb/ft}^3 = 1,299929 \text{ g/cm}^3 = 0,009759 \text{ mol/cm}^3$$

a. Menghitung BM campuran

komponen	X_F	X_D	X_B	Y_F	Y_D	Y_B	BM
C_6H_6	0,0500	0,0515	0,0000	0,1775	0,17951	0,0000	80,1
C_6H_5Cl	0,9200	0,9477	0,0004	0,8224	0,82048	0,97504	132
$C_6H_4Cl_2$	0,0300	0,0008	0,9996	0,0001	0,00001	0,02496	180
Total	1	1	1	1	1	1	392,10

Enriching

Bagian atas :

$$\begin{aligned} \text{BM liquida} &= (X_D C_6H_6 \times \text{BMC}_{C_6H_6}) + (X_D C_6H_5Cl \times \text{BMC}_{C_6H_5Cl}) \\ &\quad + (X_D C_6H_4Cl_2 \times \text{BMC}_{C_6H_4Cl_2}) \\ &= 129,3656 \text{ lb/lbmol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BM uap} &= (Y_D C_6H_6 \times \text{BMC}_{C_6H_6}) + (Y_D C_6H_5Cl \times \text{BMC}_{C_6H_5Cl}) \\ &\quad + (Y_D C_6H_4Cl_2 \times \text{BMC}_{C_6H_4Cl_2}) \\ &= 122,683911 \text{ lb/lbmol} \end{aligned}$$

Bagian bawah :

$$\begin{aligned} \text{BM liquida} &= (X_F C_6H_6 \times \text{BMC}_{C_6H_6}) + (X_F C_6H_5Cl \times \text{BMC}_{C_6H_5Cl}) \\ &\quad + (X_F C_6H_4Cl_2 \times \text{BMC}_{C_6H_4Cl_2}) \\ &= 130,8450 \text{ lb/lbmol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BM Uap} &= (Y_F C_6H_6 \times \text{BMC}_{C_6H_6}) + (Y_F C_6H_5Cl \times \text{BMC}_{C_6H_5Cl}) \\ &\quad + (Y_F C_6H_4Cl_2 \times \text{BMC}_{C_6H_4Cl_2}) \\ &= 122,788302 \text{ lb/lbmol} \end{aligned}$$

Exhausting

Bagian atas :

$$\begin{aligned} \text{BM liquida} &= \text{BM liquida bagian bawah enriching} \\ &= 130,845 \text{ lb/lbmol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BM Uap} &= \text{BM uap bagian bawah enriching} \\ &= 122,7883 \text{ lb/lbmol} \end{aligned}$$

Bagian bawah :

$$\begin{aligned} \text{BM liquida} &= (X_B C_6H_5Cl \times \text{BMC}_{C_6H_5Cl}) + (X_B C_6H_4Cl_2 \times \text{BMC}_{C_6H_4Cl_2}) \\ &= 179,9808 \text{ lb/lbmol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BM Uap} &= (Y_B C_6H_5Cl \times \text{BMC}_{C_6H_5Cl}) + (Y_B C_6H_4Cl_2 \times \text{BMC}_{C_6H_4Cl_2}) \\ &= 133,1981 \text{ lb/lbmol} \end{aligned}$$

Perhitungan :

6.1. Perancangan Kolom Distilasi

1. Menentukan jumlah plate aktual

Dari data Hysys:

$$R = 0,474$$

$$R_{min} = 0,3160$$

$$\frac{R - R_{min}}{R + 1} = \frac{0,474 - 0,3160}{0,474 + 1} = 0,1072$$

$$\frac{R}{R + 1} = \frac{0,4740}{0,4740 + 1} = 0,3216$$

$$\frac{R_{min}}{R_{min} + 1} = \frac{0,3160}{0,3160 + 1} = 0,2401$$

Dari data Hysys:

$$\text{Jumlah tray (N)} = 16$$

2. Menentukan jumlah plateumpun masuk

Dari data Hysys:

$$N_e = 5$$

Jadi feed masuk pada plate ke 5 dari atas atau 11 dari bawah

3. Menentukan distribusi beban massa pada kolom

Dari data neraca panas pada Appendix B:

- Aliran uap masuk kondensor (V)

$$V = 26,2225 \text{ kmol/jam} = 57,8101 \text{ lbmol/jam}$$

- Aliran liquida masuk kondensor (L)

$$L = 8,4325 \text{ kmol/jam} = 18,5903 \text{ lbmol/jam}$$

- Aliran liquida masuk reboiler (L')

$$L' = 27,7625 \text{ kmol/jam} = 61,2052 \text{ lbmol/jam}$$

- Aliran uap masuk reboiler (V')

$$V' = 26,2225 \text{ kmol/jam} = 57,8101 \text{ lbmol/jam}$$

- Enriching

$$V = 57,8101 \text{ lbmol/jam}$$

$$L = 18,5903 \text{ lbmol/jam}$$

- Exhausting

$$V' = 57,8101 \text{ lbmol/jam}$$

$$L' = 61,2052 \text{ lbmol/jam}$$

BAB VI PERANCANGAN ALAT UTAMA

Nama Alat : Kolom Destilasi
Type : *Sieve Tray*
Fungsi : Memisahkan C_6H_5Cl dari campuran
Kode Alat : D - 130

Prinsip kerja :

Kolom Distilasi berupa bejana tegak, yang berdiri pada skirt dan pondasi beton. Feed diumpankan ke 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. Akibat kontak tersebut sejumlah liquida diuapkan dan kemudian uap yang terbentuk akan dikondensasikan sebagai destilat.

Dari data neraca massa pada appendiks A dan neraca panas pada Appendiks B:

a. Feed masuk

Rate : 2050 kg/jam
Temperatur : 40 °C

b. Destilat

Rate : 1971. kg/jam
Temperatur : 126,4 °C

c. Bottom

Rate : 78,87 kg/jam
Temperatur : 180 °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



Tebal silinder : $3/8$ in
Tinggi silinder : 142,5 in
Tebal tutup : $3/4$ in
Tinggi tutup atas : 12,0413 in
Waktu tinggal : 15 hari
Jumlah : 3 buah

38. Pompa (L-143 C)

Fungsi	: memompa hasil bottom produk destilasi II (D-140) ke cooler (E-144 C)
Tipe	: pompa centrifugal
Bahan konstruksi	: Carbon steel
Daya	: 0,5 Hp
Jumlah stage	: single stage
Diameter dalam	: 1,38 in
Diameter luar	: 1,66 in
Jumlah	: 1 buah

39. Cooler (E-144 C)

Fungsi	: Mendinginkan produk atas berupa C_6H_5Cl
Tipe	: Double Pipe Exchanger
Jumlah	: 1 buah
Bahan konstruksi	: Carbon steel SA-53 grade B
Diameter luar luar pipa (do)	: 3,50 in
Diameter dalam pipa (di)	: 3,07 in
Panjang pipa (<i>l</i>)	: 22 ft
Jumlah hair pain (N)	: 3 buah
Luas permukaan pipa (A_p)	: 7,4 in ²
Luas permukaan annulus (A_{an})	: 3,14 in ²
Diameter dalam annulus ($d_{e'}$)	: 0,53 in
Diameter luar annulus (d_e)	: 1,140 in

ISI

40. Storage C_6H_5Cl

Fungsi	: Menampung bottom produk yang berupa C_6H_5Cl
Tipe	: Tangki berbentuk silinder horizontal dengan tutup atas dan bawah berbentuk <i>standard dished</i>
Bahan konstruksi	: Carbon steel SA-240 Grade M type 316
Jenis pengelasan	: double welded butt joint
Volume tangki	: 9037,9033 ft ³
Diameter dalam	: 71,625 in
Diameter luar	: 72 in

Panjang pipa (l)	: 47 ft
Jumlah hair pain (N)	: 1 buah
Luas permukaan pipa (A_p)	: 7,4 in ²
Luas permukaan annulus (A_{an})	: 3,14 in ²
Diameter dalam annulus (d_e')	: 0,53 in
Diameter luar annulus (d_e)	: 1,140 in

36. Storage C₆H₆ (F-146)

Fungsi	: Menampung distilat yang berupa C ₆ H ₆
Tipe	: Tangki berbentuk silinder horizontal dengan tutup atas dan bawah berbentuk <i>standard dished</i>
Bahan konstruksi	: Carbon steel SA-240 Grade M type 316
Jenis pengelasan	: double welded butt joint
Volume tangki	: 659,8444 ft ³
Diameter dalam	: 31,625 in
Diameter luar	: 32 in
Tebal silinder	: 3/16 in
Tinggi silinder	: 63,25 in
Tebal tutup	: 3/16
Tinggi tutup atas	: 5,3446 in
Waktu tinggal	: 15 hari
Jumlah	: 2 buah

37. Reboiler (E-145)

Fungsi	: Menguapkan kembali sebagian liquida yang keluar dari bottom produk Destilasi II (D-140)
Tipe	: Shell & Tube
Bahan Konstruksi	: Carbon steel SA-240 Grade M type 316
Diameter	: 46,968 in
Panjang	: 70,452 in
Volume	: 847,56 ft ³

33. Tangki akumulator ((F-142 B)

- Fungsi : Menampung distilat yang keluar dari kondensor (E-141 B) pada destilasi II
- Tipe : Tangki berbentuk silinder horizontal dengan tutup atas dan bawah berbentuk *standard dished*
- Bahan konstruksi : Carbon steel SA-167 Grade 3 type 304
- Jenis pengelasan : double welded butt joint
- Volume tangki : 3,5162 ft³
- Diameter dalam : 17,625 in
- Diameter luar : 18 in
- Tebal silinder : 3/16 in
- Tinggi silinder : 26,4375 in
- Tebal tutup : 3/16
- Tinggi tutup : 4,7128 in
- Jumlah : 1 buah

34. Pompa (L-143 B)

- Fungsi : memompa hasil top produk destilasi II (D-140) ke cooler (E-144 B)
- Tipe : pompa centrifugal
- Bahan konstruksi : Carbon steel
- Daya : 0,5 Hp
- Jumlah stage : single stage
- Diameter dalam : 0,364 in
- Diameter luar : 0,540 in
- Jumlah : 1 buah

35. Cooler (E-144 B)

- Fungsi : Mendinginkan produk atas berupa C₆H₆
- Tipe : Doble Pipe Exchanger
- Jumlah : 1 buah
- Bahan konstruksi : Carbon steel SA-53 grade B
- Diameter luar pipa (do) : 3,50 in
- Diameter dalam pipa (di) : 3,07 in

Diameter tangki : 25,625 in
 Tebal silinder : 3/16 in
 Tinggi silinder : 51,52 in
 Tebal tutup : 3/16
 Tinggi tutup atas : 4,3306 in
 Waktu tinggal : 15 hari
 Jumlah : 2 buah

31. Distilasi II (D-140)

Fungsi : Memisahkan C_6H_5Cl dari C_6H_6
 Tipe : Sieve tray
 Bahan Konstruksi : Carbon steel SA-240 Grade M type 316
 Tinggi silinder : 389,66 in
 Diameter dalam : 65,5 in
 Diameter luar : 66 in
 Tebal silinder : 4/16 in
 Tebal tutup : 4/16 in
 Tinggi tutup : 12,819 in
 Jumlah tray : 18 buah
 Tray spacing : 21,648 in

32. Kondensor Distilasi II (E-141B)

Fungsi : Mendinginkan dan mengembunkan top produk yang keluar dari distilasi II (D-140)
 Tipe : Shell & Tube
 Bahan Konstruksi : Carbon steel SA-240 Grade M type 316
 Diameter : 46,968 in
 Panjang : 70,452 in
 Nt : 18 buah
 Volume : 847,56 in
 Jumlah : 1 buah

Nt : 18 buah

Jumlah : 1 buah

28. Pompa (L-135)

Fungsi : memompa hasil bawah destilasi I (D-130) ke cooler (E-136)

Tipe : pompa centrifugal

Bahan konstruksi : Carboon steel

Daya : 0,5 Hp

Jumlah stage : single stage

Diameter dalam : 0,269 in

Diameter luar : 0,405 in

Jumlah : 1 buah

29. Cooler (E-136)

Fungsi : Mendinginkan produk bawah berupa $C_6H_5Cl_2$

Tipe : Doble Pipe Exchanger

Jumlah : 1 buah

Bahan konstruksi : Carboon steel SA-53 grade B

Diameter luar luar pipa (do) : 1,38 in

Diameter dalam pipa (di) : 1,66 in

Panjang pipa (l) : 48 ft

Jumlah hair pain (N) : 1 buah

Luas permukaan pipa (A_p) : 1,5 in²

Luas permukaan annulus (A_{an}) : 1,19 in²

Diameter dalam annulus (d_e') : 0,40 in

Diameter luar annulus (d_e) : 0,915 in

30. Storage $C_6H_5Cl_2$ (F-137)

Fungsi : Tangki penyimpanan produk bawah $C_6H_5Cl_2$ sebagai hasil samping

Tipe : Tangki berbentuk silinder vertical dengan tutup atas *standard dished* dan tutup bawah flat

Bahan konstruksi : Carbon steel SA-240 Grade M type 316

Jenis pengelasan : double welded butt joint

Volume tangki : 506,8026 ft³

25. Pompa (L-143 A)

Fungsi	: memompa hasil dari tangki akumulator (F-142 A) ke cooler (E-144 A)
Tipe	: pompa centrifugal
Bahan konstruksi	: Carboon steel
Daya	: 0,5 Hp
Jumlah stage	: single stage
Diameter dalam	: 1,61 in
Diameter luar	: 1,9 in
Jumlah	: 1 buah

26. Cooler (E-144 A)

Fungsi	: Mendinginkan campuran C_6H_6 dan $C_6H_5Cl_2$ sebelum masuk ke destilasi II (D-140)
Tipe	: Doble Pipe Exchanger
Jumlah	: 1 buah
Bahan konstruksi	: Carboon steel SA-53 grade B
Diameter luar luar pipa (do)	: 1,38 in
Diameter dalam pipa (di)	: 1,66 in
Panjang pipa (<i>l</i>)	: 47 in
Jumlah hair pain (N)	: 1 buah
Luas permukaan pipa (A_p)	: 1,5 in ²
Luas permukaan annulus (A_{an})	: 1,19 in ²
Diameter dalam annulus (d_e')	: 0,40 in
Diameter luar annulus (d_e)	: 0,915 in

27. Reboiler (E-134)

Fungsi	: Menguapkan kembali sebagian liquida yang keluar dari bottom produk Destilasi I (D-130)
Tipe	: Shell & Tube
Bahan Konstruksi	: Carbon steel SA-240 Grade M type 316
Diameter	: 46,968 in
Panjang	: 70,452 in
Volume	: 847,25 ft ³

Tebal silinder : 4/16 in
 Tebal tutup : 4/16 in
 Tinggi tutup : 13,8535 in
 Jumlah tray : 18 buah

Perancangan alat utama dikerjakan Indah Yuni Puji Lestari (09.14.022) di bab VI

23. Kondensor Distilasi I (E-141A)

Fungsi : Mendinginkan dan mengembunkan top produk yang keluar dari distilasi I yang akan dibawa ke distilasi II (D-140)
 Tipe : Sieve tray
 Bahan Konstruksi : Carbon steel SA-240 Grade M type 316
 Diameter : 46,968 in
 Panjang : 70,452 in
 Nt : 18 buah
 Jumlah : 1 buah

24. Akumulator Distilasi I (F-142 A)

Fungsi : Menampung distilat yang keluar dari kondensor (E-141 A) pada distilasi I
 Tipe : Tangki berbentuk silinder horizontal dengan tutup atas dan bawah berbentuk *standard dished*
 Bahan konstruksi : Carbon steel SA-167 Grade 3 type 304
 Jenis pengelasan : double welded butt joint
 Volume tangki : 79,13681 ft³
 Diameter dalam : 47,625 in
 Diameter luar : 48 in
 Tebal silinder : 3/16 in
 Tinggi silinder : 71,4375 in
 Tebal tutup : 3/16
 Tinggi tutup : 9,8381 in
 Jumlah : 1 buah

20. Decanter (H-132)

- Fungsi : Memisahkan NaCl dari campuran bahan yang akan masuk ke destilasi I
- Tipe : Tangki berbentuk silinder horizontal dengan tutup atas dan bawah berbentuk *standard dished*
- Bahan konstruksi : Carbon steel SA-240 Grade M type 316
- Jenis pengelasan : double welded butt joint
- Volume tangki : 24,10495 ft³
- Diameter dalam : 31,625 in
- Diameter luar : 32 in
- Tebal silinder : 3/16 in
- Tinggi silinder : 34,4249 in
- Tebal tutup : 3/16
- Tinggi tutup : 7,1046 in
- Jumlah : 1 buah

21. Pompa (L-131)

- Fungsi : memompa hasil pemisahan di neutralizer (H-132) ke destilasi I (D-130)
- Tipe : pompa centrifugal
- Bahan konstruksi : Carbon steel
- Daya : 0,5 Hp
- Jumlah stage : single stage
- Diameter dalam : 2,067 in
- Diameter luar : 2,375 in
- Jumlah : 1 buah

22. Distilasi I (D-130)

- Fungsi : Memisahkan C₆H₅Cl₂ dari campuran bahan
- Tipe : Sieve tray
- Bahan Konstruksi : Carbon steel SA-240 Grade M type 316
- Tinggi silinder : 488,0160 in
- Diameter dalam : 65,5 in
- Diameter luar : 66 in

Tebal tutup : 3/16
 Tinggi tutup atas : 5,6826 in
 Tinggi tutup bawah: 9,7067 in
 Tinggi total : 65,3380 in
 Jumlah : 1 buah

2. Bagian Pengaduk

Tipe : six blades dengan four baffles
 Diameter impeller : 13,45 in
 Tinggi impeller dari dasar bejana : 11,207 in
 Lebar impeler : 2,69 in
 Panjang impeler : 3,3625 in
 Jumlah pengaduk : 1 buah

3. Dimensi jaket

Diameter luar : 66 in
 Diameter dalam : 65,625 in
 Tinggi silinder : 74,797 in
 Tebal silinder : 3/16 in
 Tinggi tutup bawah : 18,9443 in
 Tinggi total jaket : 95,716 in

19. Pompa (L-131)

Fungsi : memompa hasil reaksi di neutralizer (R-120) ke decanter (H-132)
 Tipe : pompa centrifugal
 Bahan konstruksi : Carboon steel
 Daya : 0,5 Hp
 Jumlah stage : single stage
 Diameter dalam : 1,278 in
 Diameter luar : 1,660 in
 Jumlah : 1 buah

Tipe : Doble Pipe Exchanger
 Jumlah : 1 buah
 Bahan konstruksi : Carboon steel SA-53 grade B
 Diameter luar luar pipa (do) : 1,38 in
 Diameter dalam pipa (di) : 1,66 in
 Panjang pipa (l) : 168 in
 Jumlah hair pain (N) : 1 buah
 Luas permukaan pipa (A_p) : 1,5 in²
 Luas permukaan annulus (A_{an}) : 1,19 in²
 Diameter dalam annulus (d_e') : 0,40 in
 Diameter luar annulus (d_e) : 0,915 in

17. Pompa (L-121)

Fungsi : memompa hasil reaksi di reactor (R-110) ke tangki neutralizer (R-120)
 Tipe : pompa centrifugal
 Bahan kontruksi : Carboon steel
 Daya : 0,5 Hp
 Jumlah stage : single stage
 Diameter dalam : 1,0490 in
 Diameter luar : 1,315 in
 Jumlah : 1 buah

18. Tangki neutralizer (R-120)

Fungsi : menetralkan HCl sisa reaksi dari reactor (R-110)
 Tipe : Tangki berbentuk silinder vertical dengan tutup atas *standard dished* dan bawah conical
 Bahan konstruksi : Carbon steel SA-240 Grade M type 316

1. Bagian tangki

Volume tangki : 29,1805 ft³
 Diameter dalam : 23,625 in
 Diameter luar : 24 in
 Tebal silinder : 3/16 in
 Tinggi silinder : 49,9487 in

Tinggi tutup atas : 17,1746 in

Waktu tinggal : 7 hari

Jumlah : 1 buah

14. Pompa NaOH 40% (L-123)

Fungsi : memompa NaOH 40% dari storage NaOH (F-122) ke mixer (M-124)

Tipe : pompa centrifugal

Bahan konstruksi : Carboon steel

Daya : 0,5 Hp

Jumlah stage : single stage

Diameter dalam : 0,364 in

Diameter luar : 0,54 in

Jumlah : 1 buah

15. Tangki Pencampur NaOH (M-124)

Fungsi : membuat larutan NaOH 40% menjadi 20% dengan penambahan air

Tipe : Tangki berbentuk silinder vertical dengan tutup atas dan bawah *standard dished*

Bahan konstruksi : Carbon steel SA-240 Grade M type 316

Jenis pengelasan : double welded butt joint

Volume tangki : 9,9808 ft³

Diameter dalam : 23,625 in

Diameter luar : 24 in

Tebal silinder : 3/16 in

Tinggi silinder : 34,5441 in

Tebal tutup : 3/16

Tinggi tutup : 3,9926 in

Tinggi total : 45,3537 in

Jumlah : 1 buah

16. Heater (E-125)

Fungsi : Memanaskan NaOH 20% sebelum masuk ke reaktor tangki neutralizer (R-120)

Daya : 0,5 Hp
 Jumlah stage : single stage
 Diameter dalam : 1,0490 in
 Diameter luar : 1,315 in
 Jumlah : 1 buah

12. Storage HCl (F-119)

Fungsi : Tangki penyimpanan HCl sebagai hasil samping 40,23%
 Tipe : Tangki berbentuk silinder vertical dengan tutup atas *standard dished* dan tutup bawah flat
 Bahan konstruksi : Carbon steel SA-240 Grade M type 316
 Jenis pengelasan : double welded butt joint
 Volume tangki : 7289,854 ft³
 Diameter tangki : 203,6250 in
 Tebal silinder : 3/16 in
 Tinggi silinder : 407,25 in
 Tebal tutup : 3/16
 Tinggi tutup atas : 34,4126 in
 Waktu tinggal : 5 hari
 Jumlah : 1 buah

13. Storage NaOH 40%

Fungsi : Tangki penyimpanan NaOH 40% sebagai bahan penetralisir HCl
 Tipe : Tangki berbentuk silinder vertical dengan tutup atas *standard dished* dan tutup bawah flat
 Bahan konstruksi : Carbon steel SA-240 Grade M type 316
 Jenis pengelasan : double welded butt joint
 Volume tangki : 925,1563 ft³
 Diameter dalam : 101,625 in
 Diameter luar : 102 in
 Tebal silinder : 3/16 in
 Tinggi silinder : 203,25 in
 Tebal tutup : 3/16

Volume tangki : 179,2167 ft³

Diameter dalam : 137,625 in

Diameter luar : 65,625 in

Tebal silinder : 3/16 in

Tinggi silinder : 78,2083 in

Reaktor sebagai perancangan alat utama dikerjakan oleh Wahyu Sri Sudev (09.14.018) dapat dilihat pada bab VI

9. Absorber (D-117)

Fungsi : Tempat berlangsungnya proses absorpsi antara Cl₂ dan HCl untuk memisahkan Cl₂ dari HCl

Tipe : Silinder vertical dengan tutup atas dan bawah elisodia (Pocket Column)

Bahan konstruksi : Stainless steel SS -63 Grade A

Laju alir gas (G) : 879,5679 kg/jam

Laju alir (L) : 880,0480 kg/jam

Diameter absorber : 10,1662 in

Tebal dinding : 1 ½ in

Tinggi absorber : 531,492 in

10. Kompresor (L-118)

Fungsi : memompa gas Cl₂ dari absorber (D-117) ke ekspander (G-114)

Tipe : multi stage reciprocating compresor

Bahan kontruksi : Carboon steel

Daya : 1 Hp

Jumlah stage : single stage

Diameter dalam : 3,0680 in

Diameter luar : 3,5 in

Jumlah : 1 buah

11. Pompa HCl (L-112B)

Fungsi : memompa gas Cl₂ dari absorber (D-117) ke tangki penampung HCl (F-119)

Tipe : pompa centrifugal

Bahan kontruksi : Carboon steel

6. Heater Cl₂ (E-113B)

Fungsi	: Memanaskan C ₆ H ₆ sebelum masuk ke reaktor (R-110)
Tipe	: Doble Pipe Exchanger
Jumlah	: 1 buah
Bahan konstruksi	: Carboon steel SA-53 grade B
Diameter luar luar pipa (do)	: 1,38 in
Diameter dalam pipa (di)	: 1,66 in
Panjang pipa (l)	: 156 in
Jumlah hair pain (N)	: 1 buah
Luas permukaan pipa (Ap)	: 1,5 in ²
Luas permukaan annulus (Aan)	: 2,63 in ²
Diameter dalam annulus (de')	: 0,81 in
Diameter luar annulus (de)	: 2,02 in

7. Bin FeCl₃ (F-115)

Fungsi	: Tangki penyimpanan FeCl ₃ sebagai bahan katalis
Tipe	: Tangki berbentuk silinder vertical dengan tutup atas flat dan tutup bawah berbentuk conical
Bahan konstruksi	: High alloy steel SA-240 Grade C tipe 347
Volume tangki	: 1704,392 ft ³
Diameter dalam	: 137,625 in
Diameter luar	: 138 in
Tebal silinder	: 3/16 in
Tinggi silinder	: 206,4375 in
Tebal tutup	: 3/16
Tinggi tutup bawah:	39,7289 in
Waktu tinggal	: 30 hari
Jumlah	: 1 buah

8. Reaktor (R-110)

Fungsi	: Mereaksikan Cl ₂ dan C ₆ H ₆ dengan bantuan katalis FeCl ₃
Tipe	: Tangki berbentuk silinder vertical dengan tutup atas <i>standard dished</i> dan tutup bawah berbentuk conical
Bahan konstruksi	: High alloy steel SA-240 Grade M tipe 316

Diameter luar luar pipa (d_o)	: 1,38 in
Diameter dalam pipa (d_i)	: 1,66 in
Panjang pipa (l)	: 168 in
Jumlah hair pain (N)	: 1 buah
Luas permukaan pipa (A_p)	: 1,5 in ²
Luas permukaan annulus (A_{an})	: 1,19 in ²
Diameter dalam annulus ($d_{e'}$)	: 0,40 in
Diameter luar annulus (d_e)	: 0,915 in

4. Storage Cl₂ (F-111 B)

Fungsi	: Tangki penyimpanan Cl ₂ sebagai bahan baku utama
Tipe	: Tangki berbentuk silinder vertical dengan tutup atas <i>standard dished</i> dan tutup bawah flat
Bahan konstruksi	: Carbon steel SA-240 Grade M type 316
Jenis pengelasan	: double welded butt joint
Volume tangki	: 11837,096 ft ³
Diameter tangki	: 239,625 in
Tebal silinder	: 3/16 in
Tinggi silinder	: 479,25 in
Tebal tutup	: 3/16
Tinggi tutup atas	: 40,4966 in
Waktu tinggal	: 5 hari
Jumlah	: 4 buah

5. Ekspander (G-114)

Fungsi	: menurunkan tekanan gas Cl ₂ dari 9 atm menjadi 1 atm
Tipe	: multi stage reciprocating expander
Bahan konstruksi	: Carboon steel
Massa laju alir	: 3173,2371 lb/jam
Efisiensi	: 80%
Daya	: 2 Hp
Jumlah	: 1 buah

BAB V
SPESIFIKASI PERALATAN

1. Storage Benzen (F-111 A)

- Fungsi : Tangki penyimpanan benzene sebagai bahan baku utama
- Tipe : Tangki berbentuk silinder vertical dengan tutup atas *standard dished* dan tutup bawah flat
- Bahan konstruksi : Carbon steel SA-240 Grade M type 316
- Volume tangki : 2892,5974 ft³
- Diameter dalam : 143,6250 in
- Diameter luar : 144 in
- Tebal silinder : 3/16 in
- Tinggi silinder : 287,3 in
- Tebal tutup : 3/16
- Tinggi tutup : 24,2726 in
- Waktu tinggal : 5 hari
- Jumlah : 3 buah

2. Pompa (L-112A)

- Fungsi : memompa bahan baku benzene dari storage (F-111 A) ke heater (E-113 A)
- Tipe : pompa sentrifugal
- Bahan konstruksi : Carbon steel
- Daya : 0,5 Hp
- Jumlah stage : single stage
- Diameter dalam : 1,0490 in
- Diameter luar : 1,3150 in
- Jumlah : 1 buah

3. Heater C₆H₆

- Fungsi : Memanaskan C₆H₆ sebelum masuk ke reaktor (R-110)
- Tipe : Doble Pipe Exchanger
- Jumlah : 1 buah
- Bahan konstruksi : Carbon steel SA-53 grade B

ΔH_2 : panas bahan keluar cooler

ΔH_3 : air pendingin masuk cooler

ΔH_4 : air pendingin keluar cooler

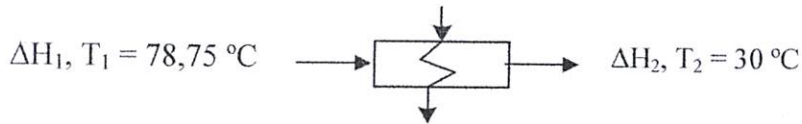
Neraca panas total cooler (E-146C)

Panas Masuk (kkal/jam)		Panas Keluar (kkal/jam)	
ΔH_1	230979,4341	ΔH_2	9002,2975
ΔH_3	55502,6194	ΔH_4	277479,7559
Jumlah	286482,0535	Jumlah	286482,0535



12. Cooler (E-146B)

$$\Delta H_3, T_3 = 27 \text{ }^\circ\text{C}$$



$$\Delta H_4, T_4 = 35 \text{ }^\circ\text{C}$$

Neraca panas total : $\Delta H_1 + \Delta H_3 = \Delta H_2 + \Delta H_4$

Dimana :

ΔH_1 = panas yang dibawa bahan masuk

ΔH_2 = panas yang dibawa bahan keluar

ΔH_3 = panas dibawa air masuk

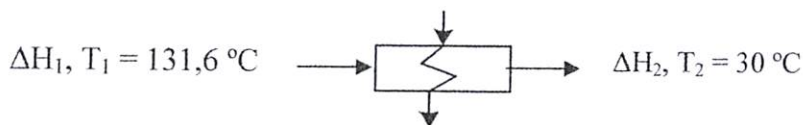
ΔH_4 = panas dibawa air keluar

Q_c = panas yang diserap oleh air

Neraca panas total Cooler (E-146B)

Panas Masuk (kkal/jam)		Panas Keluar (kkal/jam)	
ΔH_1	256,8716	ΔH_2	9,8123
ΔH_3	61,7741	ΔH_4	308,8334
Jumlah	318,6457	Jumlah	318,6457

13. Cooler (E-146C)



$$\Delta H_4, T_4 = 35 \text{ }^\circ\text{C}$$

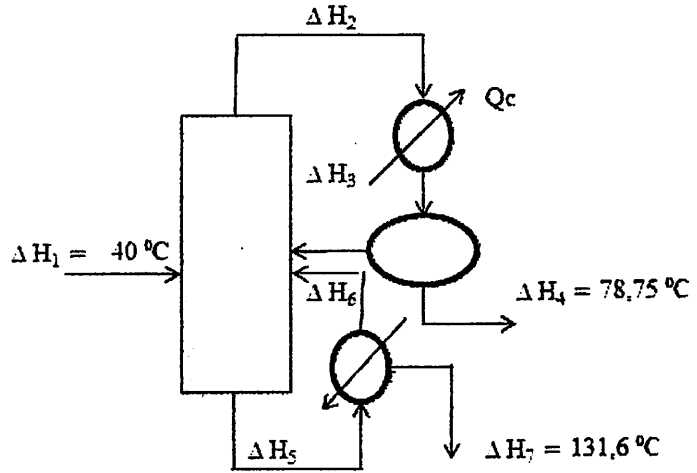
Neraca panas total : $\Delta H_1 + \Delta H_3 = \Delta H_2 + \Delta H_4$

Dimana :

ΔH_1 : panas bahan masuk cooler



11. Distilasi II (D-140)



Neraca panas total : $\Delta H_1 + Q_2 = \Delta H_4 + \Delta H_7 + Q_1 + Q_{\text{loss}}$

Dimana :

ΔH_1 = panas bahan yang terkandung dalam bahan masuk distilasi

ΔH_2 = panas yang terbawa uap keluar kolom distilasi menuju kondensor

ΔH_3 = panas yang terbawa oleh liquid sebagai refluks dari kondensor kolom distilasi

ΔH_4 = panas yang tebawa produk destilast keluar kondensor

ΔH_5 = panas yang tekandung dalam bottom keluar kolom destilasi men
kondensor

ΔH_6 = panas yang terbawa uap sebagai refluks dari reboiler

ΔH_7 = panas yang terbawa produk keluar reboiler

Q_1 = panas yang terjadi disekitar kondensor

Q_2 = panas yang terjadi disekitar reboiler

Q_{loss} = panas yang hilang

Neraca panas total Destilasi II

Panas Masuk (kkal/jam)		Panas Keluar (kkal/jam)	
ΔH_1	27088,3767	ΔH_4	256,8716
Q_2	214893,3425	ΔH_7	230979,4341
		Q_1	0,7464
		Q_{loss}	10744,6671
Jumlah	241981,7192	Jumlah	241981,7192

ΔH_2 = panas yang dibawa bahan keluar

ΔH_3 = panas dibawa air masuk

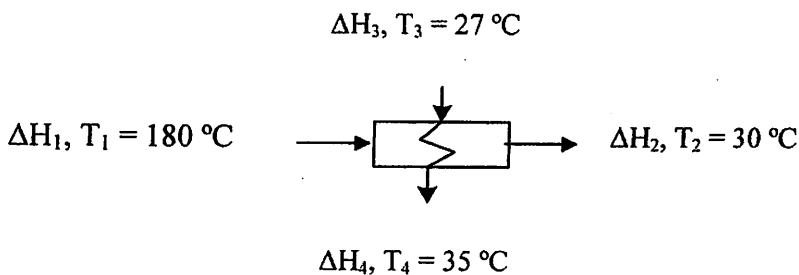
ΔH_4 = panas dibawa air keluar

Q_c = panas yang diserap oleh air

Neraca panas total Cooler (E-144A)

Panas Masuk (kkal/jam)		Panas Keluar (kkal/jam)	
ΔH_1	179669,8854	ΔH_2	27088,8925
ΔH_3	38150,9776	ΔH_4	190731,9705
Jumlah	217820,8630	Jumlah	217820,8630

10. Cooler (E-136)



Neraca panas total : $\Delta H_1 + \Delta H_3 = \Delta H_2 + \Delta H_4$

Dimana :

ΔH_1 = panas yang dibawa bahan masuk

ΔH_2 = panas yang dibawa bahan keluar

ΔH_3 = panas dibawa air masuk

ΔH_4 = panas dibawa air keluar

Neraca panas total Cooler (E-136)

Panas Masuk (kkal/jam)		Panas Keluar (kkal/jam)	
ΔH_1	10061,7669	ΔH_2	345,8491
ΔH_3	2429,3443	ΔH_4	12145,2622
Jumlah	12491,1112	Jumlah	12491,1112

$$\text{Neraca panas total : } \Delta H_1 + Q_2 = \Delta H_4 + \Delta H_7 + Q_1 + Q_{\text{loss}}$$

Dimana :

ΔH_1 = panas bahan yang terkandung dalam bahan masuk distilasi

ΔH_2 = panas yang terbawa uap keluar kolom distilasi menuju kondensor

ΔH_3 = panas yang terbawa oleh liquid sebagai refluks dari kondensor ke kolom distilasi

ΔH_4 = panas yang dibawa produk destilat keluar kondensor

ΔH_5 = panas yang terkandung dalam bottom keluar kolom distilasi menuju kondensor

ΔH_6 = panas yang terbawa uap sebagai refluks dari reboiler

ΔH_7 = panas yang terbawa produk keluar reboiler

Q_1 = panas yang terjadi disekitar kondensor

Q_2 = panas yang terjadi disekitar reboiler

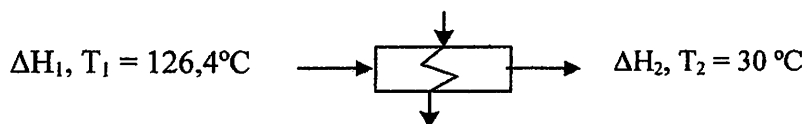
Q_{loss} = panas yang hilang

Neraca panas total Destilasi I

Panas Masuk (kkal/jam)		Panas Keluar (kkal/jam)	
ΔH_1	28130,8297	ΔH_4	179661,0158
Q_2	180131,1328	ΔH_7	10061,7669
		Q_1	9532,6232
		Q_{loss}	9006,5566
Jumlah	208261,9626	Jumlah	208261,9626

9. Cooler (E-144A)

$$\Delta H_3, T_3 = 27 \text{ }^\circ\text{C}$$



$$\Delta H_4, T_4 = 35 \text{ }^\circ\text{C}$$

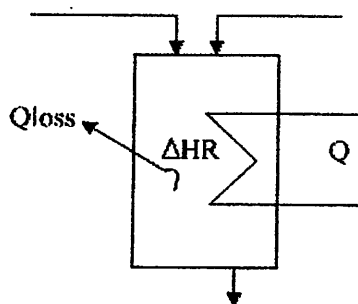
$$\text{Neraca panas total : } \Delta H_1 + \Delta H_3 = \Delta H_2 + \Delta H_4$$

Dimana :

ΔH_1 = panas yang dibawa bahan masuk

7. Netralizer (R-120)

$\Delta H_1, T_1 = 40\text{ }^\circ\text{C}$ $\Delta H_2, T_2 = 40\text{ }^\circ\text{C}$



$\Delta H_3, T_3 = 40\text{ }^\circ\text{C}$

Neraca panas total : $\Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_R = \Delta H_3 + Q + Q_{loss}$

Dimana :

ΔH_1 : panas bahan masuk netralizer

ΔH_2 : panas NaOH masuk netralizer

ΔH_3 : panas bahan keluar netralizer

ΔH_R : panas reaksi

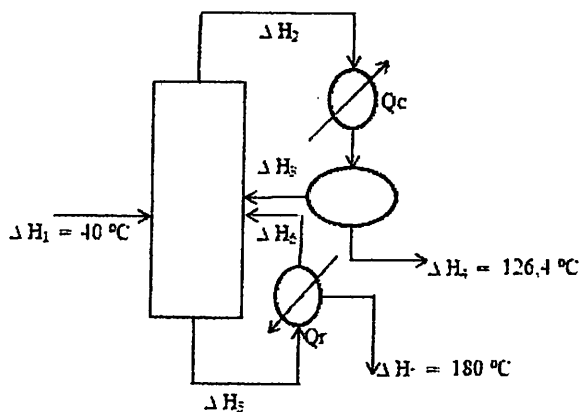
Q_c : panas yang diserap

Q_{loss} : panas yang hilang

Neraca panas total Netralizer

Panas Masuk (kkal/jam)		Panas Keluar (kkal/jam)	
ΔH_1	29494,6144	ΔH_3	33638,0698
ΔH_2	5131,2805	Q	53510,1305
ΔH_R	57109,0528	Q_{loss}	4586,7474
Jumlah	91734,9476	Jumlah	91734,9476

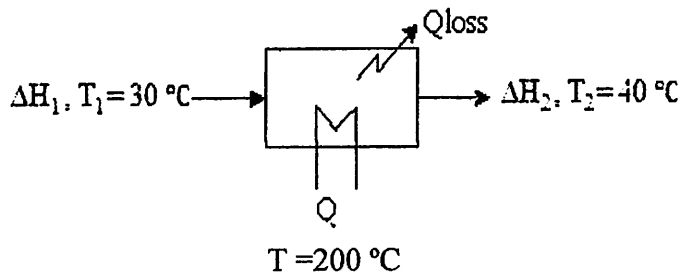
8. Distilasi I (D-130)



Neraca Panas total pada Absorber

Panas Masuk (kkal/jam)		Panas Keluar (kkal/jam)	
ΔH_1	9851,8686	ΔH_3	8006,5486
ΔH_2	1697,4805	ΔH_4	333,9702
ΔH_5	220,7369	Q_c	2841,0629
		Q_{loss}	588,5043
Jumlah	11770,0860	Jumlah	11770,0860

6. Heater NaOH 20% (E-125)



Neraca panas total : $\Delta H_1 + Q = \Delta H_2 + Q_{loss}$

Dimana :

ΔH_1 = panas yang dibawa bahan masuk

ΔH_2 = panas yang dibawa bahan keluar

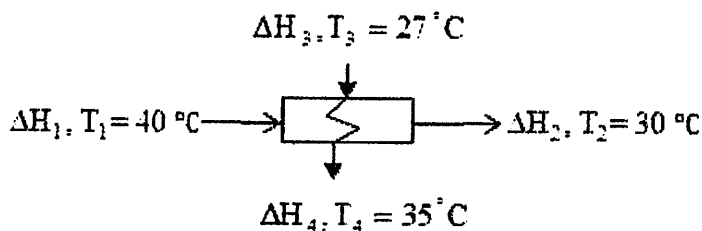
Q_s = panas steam untuk yang dibutuhkan

Q_{loss} = panas yang hilang

Neraca panas total Heater NaOH

Panas Masuk (kkal/jam)		Panas Keluar (kkal/jam)	
ΔH_1	1707,3699	ΔH_2	5131,2805
Q	3693,9780	Q_{loss}	270,0674
Jumlah	5401,3478	Jumlah	5401,3478

4. Cooler (E-116)



Neraca panas total : $\Delta H_1 + \Delta H_3 = \Delta H_2 + \Delta H_4$

Dimana :

ΔH_1 = panas yang dibawa bahan masuk

ΔH_2 = panas yang dibawa bahan keluar

ΔH_3 = panas dibawa air masuk

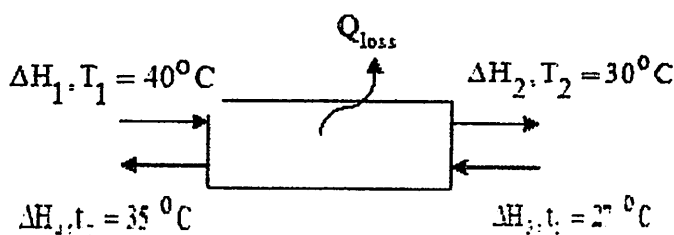
ΔH_4 = panas dibawa air keluar

Q_c = panas yang diserap oleh air

Neraca panas total Cooler gas Cl_2 dan HCl (E-116)

Panas Masuk (kkal/jam)		Panas Keluar (kkal/jam)	
ΔH_1	9851,8686	ΔH_2	4095,7446
ΔH_3	1439,2471	ΔH_4	7195,3711
Jumlah	11291,1157	Jumlah	11291,1157

5. Absorber (D-117)



Neraca panas total : $\Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_5 = \Delta H_3 + \Delta H_4 + Q_c + Q_{loss}$

Dimana :

ΔH_1 = panas yang dibawa bahan masuk

ΔH_2 = panas yang dibawa bahan keluar

ΔH_3 = panas dibawa air masuk

ΔH_4 = panas dibawa air keluar

Q_c = panas yang diserap oleh air

Neraca panas total : $\Delta H_1 + Q = \Delta H_2 + Q_{\text{loss}}$

Dimana :

ΔH_1 = panas yang dibawa bahan masuk

ΔH_2 = panas yang dibawa bahan keluar

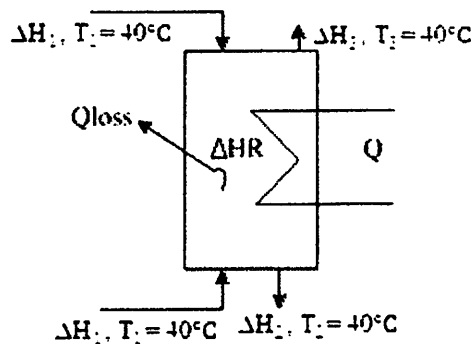
Q_s = panas steam untuk yang dibutuhkan

Q_{loss} = panas yang hilang

Neraca panas total Heater Klor

Panas Masuk (kkal/jam)		Panas Keluar (kkal/jam)	
ΔH_1	1564,0346	ΔH_2	4693,7724
Q_s	3376,7785	Q_{loss}	247,0407
Jumlah	4940,8131	Jumlah	4940,8131

3. Reaktor (R-110)



Neraca panas total : $\Delta H_1 + \Delta H_R = \Delta H_2 + \Delta H_3 + Q_c + Q_{\text{loss}}$

ΔH_1 = panas yang dibawa reaktan masuk

ΔH_2 = panas yang dibawa produk liquid

ΔH_3 = panas yang dibawa produk gas (HCl dan Cl₂)

ΔH_R = panas reaksi

Q_c = panas yang diserap

Q_{loss} = panas yang hilang

Neraca Panas total pada reaktor

Panas Masuk (kkal/jam)		Panas Keluar (kkal/jam)	
ΔH_1	6486,6126	ΔH_2	29495,9650
ΔH_R	308917,8146	ΔH_3	9851,8686
		Q_c	260286,3724
		Q_{loss}	15770,2214
Jumlah	315404,4273	Jumlah	315404,4273

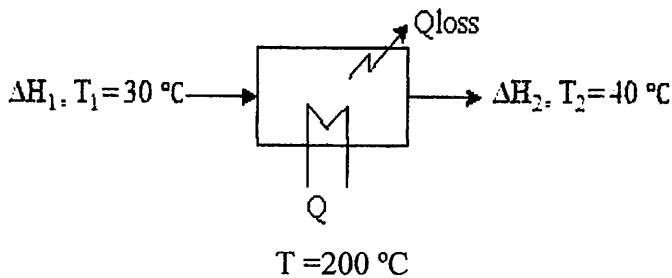
BAB IV NERACA PANAS

Kapasitas produksi : 15.000 ton/tahun = 1893,9394 kg/jam

Satuan : kkal/jam

Suhu referensi : 25 °C

1. Heater benzene (E-113A)



Neraca panas total : $\Delta H_1 + Q = \Delta H_2 + Q_{loss}$

Dimana :

ΔH_1 = panas yang dibawa bahan masuk

ΔH_2 = panas yang dibawa bahan keluar

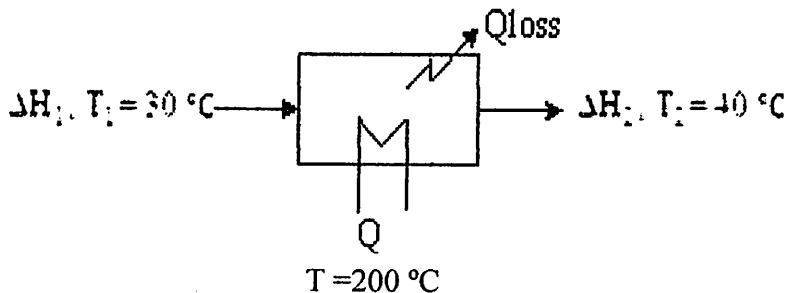
Q_s = panas steam untuk yang dibutuhkan

Q_{loss} = panas yang hilang

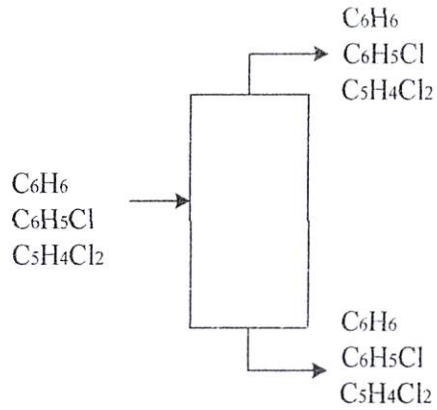
Neraca panas total Heater Benzen

Panas Masuk (kkal/jam)		Panas Keluar (kkal/jam)	
ΔH_1	203,5344	ΔH_2	790,5913
Q_s	628,6670	Q_{loss}	41,6101
Jumlah	832,2014	Jumlah	832,2014

2. Heater Klor (E - 113 B)



7. Destilasi II (X-125)

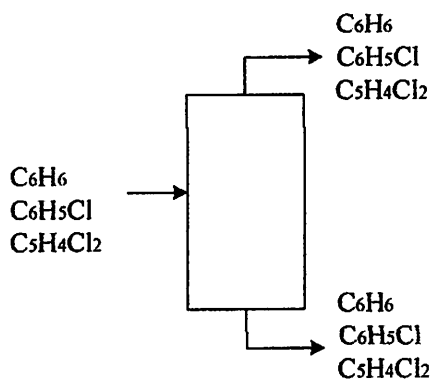


Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)	
Fres feed dari klorinator		Ke Tangki penampung	
C ₆ H ₆	71,5755	C ₆ H ₆	71,5747
C ₆ H ₅ Cl	1895,8404	C ₆ H ₅ Cl	1,8958
C ₆ H ₄ Cl ₂	0,0040	C ₆ H ₄ Cl ₂	0,000002
		Ke Penampung Gas	
		C ₆ H ₆	0,0007
		C ₆ H ₅ Cl	1893,85787
		C ₆ H ₄ Cl ₂	0,0040
TOTAL	1967,4199	TOTAL	1967,4199



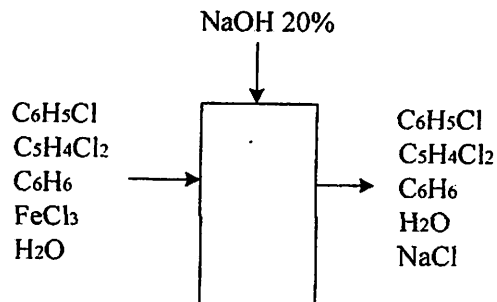
Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)	
Feed dari netralizer		Menuju destilasi	
C ₅ H ₆ Cl	1907,2745	C ₅ H ₆ Cl	1897,7381
C ₅ H ₄ Cl ₂	81,2260	C ₅ H ₄ Cl ₂	80,8198
C ₆ H ₆	71,9359	C ₆ H ₆	71,5762
H ₂ O	366,4304	Ke pembuangan	
NaCl	104,4363	C ₅ H ₆ Cl	9,5364
HCl	0,6581	C ₅ H ₄ Cl ₂	0,4061
NaOH	7,9421	C ₆ H ₆	0,3597
		H ₂ O	366,4304
		NaCl	104,4364
		HCl	0,6581
		NaOH	7,9421
TOTAL	2539,9032	TOTAL	2539,9032

6. Destilasi I (V-120)



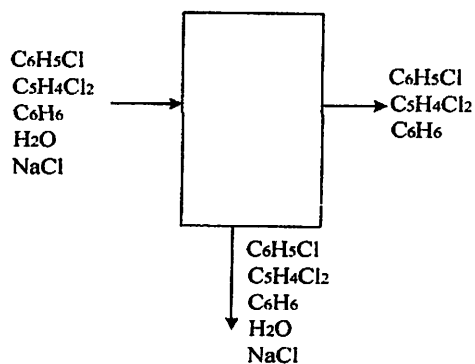
Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)	
Dari dekanter		Destilat	
C ₆ H ₆	71,5762	C ₆ H ₆	71,5755
C ₆ H ₅ Cl	1897,7381	C ₆ H ₅ Cl	1895,8404
C ₆ H ₄ Cl ₂	80,8198	C ₆ H ₄ Cl ₂	0,0040
		Bottom	
		C ₆ H ₆	0,0007
		C ₆ H ₅ Cl	1,8977
		C ₆ H ₄ Cl ₂	80,8158
TOTAL	2050,1341	TOTAL	2050,1341

4. Netralizer (H-121)

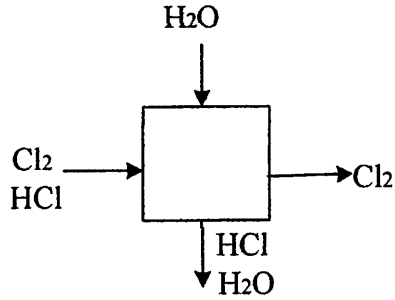


Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)	
Feed dari klorinator		Bahan keluar ke dekanter	
C ₅ H ₆ Cl	1907,2745	C ₅ H ₆ Cl	1907,2745
C ₅ H ₄ Cl ₂	81,2260	C ₅ H ₄ Cl ₂	81,2260
C ₆ H ₆	71,9359	C ₆ H ₆	71,9359
H ₂ O	16,5494	H ₂ O	366,4304
HCl	65,8110	NaCl	104,4363
Penambahan NaOH 20%		HCl	0,6581
NaOH	79,4231	NaOH	7,9421
H ₂ O	317,6851		
TOTAL	2539,9032	TOTAL	2539,9032

5. Dekanter (H-121)

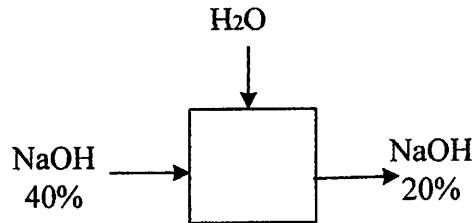


2. Absorber (D-117)



Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)	
Feed dari klorinator		Menuju tangki penampung	
Cl ₂	287,3087	HCl	592,2994
HCl	592,2994	H ₂ O	880,0883
Air untuk melarutkan keseluruhan HCl		Direcycle menuju ekspander	
H ₂ O	880,0883	Cl ₂	287,3087
TOTAL	1759,6964	TOTAL	1759,6964

3. Tangki Pengenceran (M-124)



Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)	
Fresh Feed (NaOH 40%)		NaOH 20% menuju netralizer	
NaOH	79,4231	NaOH	79,4231
H ₂ O	185,3163	H ₂ O	317,6851
Air yang dibutuhkan untuk pengenceran			
H ₂ O	132,3688		
TOTAL	397,1064	TOTAL	397,1064

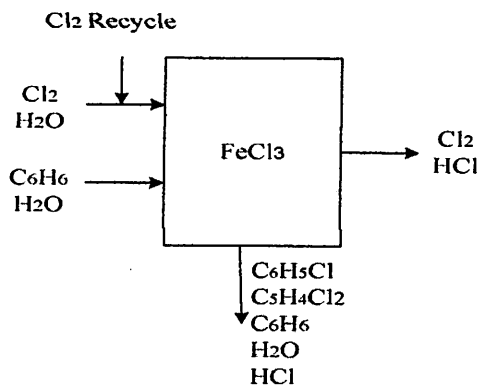
BAB III NERACA MASSA

Kapasitas pabrik : 15.000 ton/tahun

$$: \frac{15000 \text{ ton}}{\text{tahun}} \times \frac{1000 \text{ kg}}{\text{ton}} \times \frac{1 \text{ tahun}}{330 \text{ hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}}$$

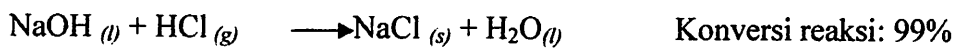
 : 1.893,9394 kg/jam
 Waktu operasi : 330 hari/tahun
 : 24 jam/hari
 Satuan operasi : kg/jam
 Basis perhitungan : 1.439,4368 kg/jam

1. Reaktor (R-110)



Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)	
Fresh feed		Menuju Absorber	
C ₆ H ₆	1438,7171	Cl ₂	287,3087
H ₂ O	0,7197	HCl	592,2994
Cl ₂	1279,8297	Menuju Netralizer	
H ₂ O	15,8297	C ₆ H ₅ Cl	1907,2745
Feed dari Recycle		C ₅ H ₄ Cl ₂	81,2260
Cl ₂	287,3087	C ₆ H ₆	71,9359
		H ₂ O	16,5494
		HCl	65,8110
TOTAL	3022,4049	TOTAL	3022,4049

30 °C. Sehingga produk atas berupa gas Cl₂ dan produk bawah yang terbentuk larutan HCl 40,23% yang kemudian dipompakan (L-112B) pada tangki penyimpanan (F-119). Produk hasil klorinasi berupa liquid dialirkan ke dalam netralizer (R-120) untuk dinetralisasi. Di dalam netraliser dilakukan pengadukan dan ditambahkan NaOH 20% yang bertujuan untuk menetralsasi 10% HCl yang tidak bereaksi supaya tidak menyebabkan korosi pada peralatan. NaOH dari tangki penyimpanan (F-122) yang kemudian dipompa (L-123) ke tangki pengencer (M-124). Reaksi yang terjadi pada neutralizer, yaitu:



Produk yang dihasilkan dari proses ini adalah diklorobenzen, klorobenzen, benzene yang tidak bereaksi, NaCl, dan air kemudian dialirkan menuju decanter (H-132) untuk memisahkan NaCl dan air yang terbentuk dari campuran diklorobenzen, klorobenzen, benzene.

2.3.4. Tahap prose pemurnian

Pemurnian klorobenzen dilakukan dengan proses destilasi yang dilakukan sebanyak dua kali. Produk keluaran dari decanter (H-132) yaitu diklorobenzen, klorobenzen, benzene, air, dimasukkan ke dalam destilasi I (D-130) dengan suhu 40 °C kemudian produk atas masuk ke dalam kondensor (E-141A) untuk dirubah dari fase gas ke cair. Produk atas berupa benzen, dan chlorobenzene di tampung dalam tangki akumulator (F-142 A). Sedangkan produk bawah berupa diklorobenzen dimasukkan ke dalam reboiler (E-134). Produk atas dipompa (L-143A) ke cooler (E-144A) sebelum masuk ke dalam destilasi II (D-140) dengan suhu 40°C. Produk atas berupa benzen, masuk ke dalam kondensor (E-141B) untuk merubah fase gas ke cair. Fase liquid keluaran kondensor ditampung pada tangki akumulator (F-142B) untuk selanjutnya masuk ke cooler (E-144B) dan disimpan dalam tangki penyimpanan (F-146) dan produk bawah berupa chlorobenzen ke dalam reboiler (E-145), kemudian dipompa (L-143C) ke cooler (E-144C) yang selanjutnya masuk ke tangki penyimpanan (F-147) sebagai produk utama dengan kemurnian 99,99%. Produk yang dipasarkan dikemas dalam botol berukuran 2,5 L atau $2,5 \times 10^3 \text{ cm}^3$.

2.3. Uraian Proses

Pembuatan klorobenzen dengan proses klorinasi dibagi menjadi beberapa tahap, yaitu:

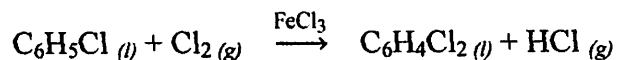
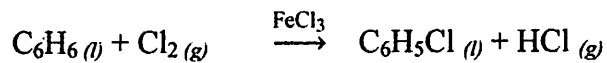
1. Tahap persiapan bahan baku
2. Tahap reaksi klorinasi
3. Tahap netralisasi
4. Tahap pemurnian

2.3.1. Tahap persiapan bahan baku

Bahan baku berupa benzene dalam fase liquid dengan kemurnian 99,5% dari tangki penyimpanan (F-111A) dipompa (L-112A) ke dalam heater (E-113A) untuk dipanaskan sampai suhu 40 °C terlebih dahulu sebelum dimasukkan ke dalam klorinator (R-110). Demikian juga klor dengan kemurnian 99% disimpan dari tangki bertekanan (F-111B) masuk ke ekspander (G-114) untuk menurunkan tekanan 9 atm menjadi 1 atm kemudian masuk heater (E-113B) untuk dipanaskan sampai suhu 40 °C, dan katalis yang digunakan FeCl_3 disimpan pada bin (F-115).

2.3.2. Tahap reaksi klorinasi

Proses reaksi antara benzen dan klorin terjadi pada klorinator (R-110) dengan suhu 40 °C dan tekanan 1 atm. Reaksinya mencapai 2 tahap, yaitu:



Pada reaksi ditambahkan katalis FeCl_3 sebanyak 1% dari benzen yang dimasukkan. Konversi reaksi pada reaksi pertama adalah 95% dan pada reaksi ke dua 12%. Perbandingan stoikiometri yang digunakan untuk benzen dan klor untuk reaksi yaitu 1:1, sedangkan untuk perbandingan mol benzene : klor yaitu 1:1,2 dengan excess Cl_2 sebesar 20% dan benzene sebagai limiting reaktan. Proses ini berjalan dengan penambahan FeCl_3 sebanyak 1% dari benzen yang dimasukkan. Reaksi yang terjadi berlangsung secara eksotermis, sehingga untuk mempertahankan suhu digunakan jaket pendingin.

2.3.3. Tahap netralisasi

Produk atas yang terbentuk dari klorinator (R-110) yang berupa gas HCl dan gas Cl_2 masuk ke dalam absorber (D-117), tujuannya untuk memisahkan gas Cl_2 dan gas HCl. Proses penyerapan pada absorber dilakukan dengan menggunakan air pada suhu

2.2. Seleksi Proses

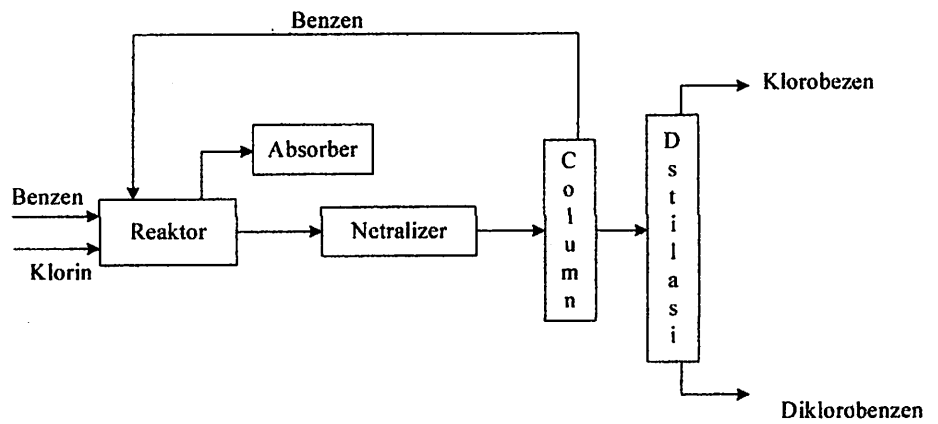
Untuk mendapatkan proses yang terbaik perlu menyeleksi macam proses yang ada. Berdasarkan kondisi pasar dimana klorobenzen banyak dihasilkan dari proses klorinasi sedangkan proses rasching sekarang sudah tidak digunakan lagi, maka sebagai pertimbangan untuk mempermudah pemilihan proses agar proses berlangsung secara efektif dan ekonomis maka dibawah ini adalah gambaran dari berbagai proses pembuatan klorobenzen.

Tabel 2.1. perbandingan proses pembuatan klorobenzen

Parameter	Proses	
	Rasching	Klorinasi
1. Aspek Teknis		
a. Proses		
- Bahan baku	Benzen, klor	Benzene, klor
- Fase bahan baku	Uap benzen	Benzene liquid
- Proses	Klorinasi	Klorinasi
- Konversi reaksi	-	95%
b. Kondisi operasi		
- Suhu	400-500 °C	40 °C
- Tekanan	1 atm	1 atm
- Kemurnian produk	98%	99%
2. Aspek ekonomis		
Investasi	Besar	Rendah

Berdasarkan tabel perbandingan diatas maka dipilih proses pembuatan klorobenzen menggunakan proses klorinasi, karena:

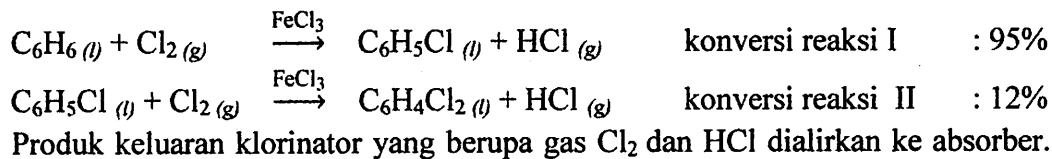
1. Proses berlangsung pada fase cair pada suhu moderat dengan bantuan katalis akan menghasilkan lebih banyak produk utama klorobenzen dan sedikit produk samping yang berupa diklorobenzen.
2. Kemurnian yang didapatkan lebih tinggi.
3. Lebih menguntungkan karena suhu operasi 40 °C yang mana jauh dibawah titik didih benzen sehingga tidak ada benzen yang teruapkan sehingga reaksi bisa terkontrol dan laju pembentukan produk utama tinggi.



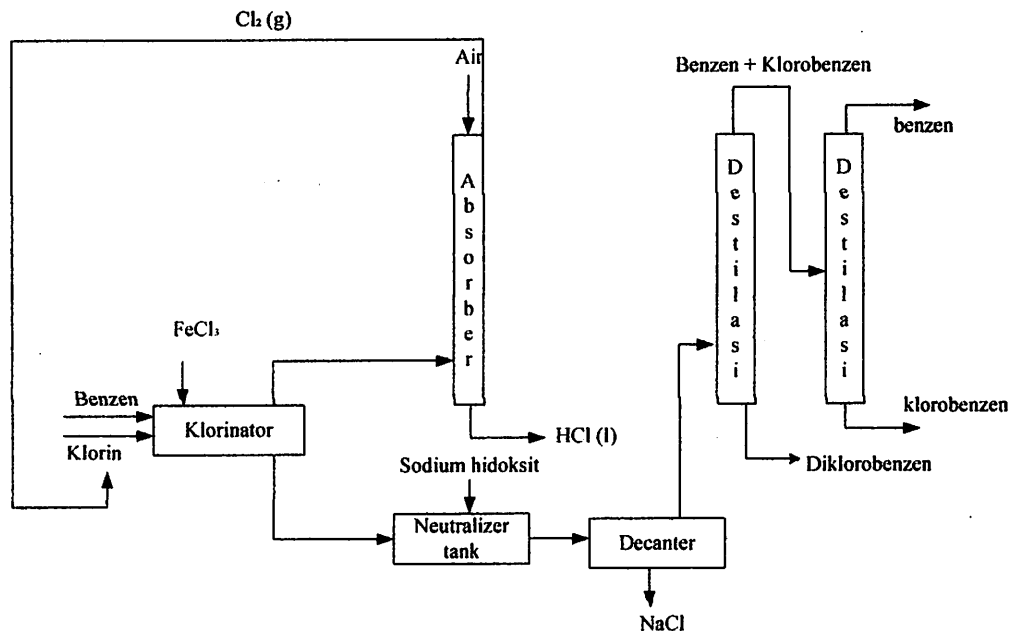
Gambar 2.1 Blok diagram proses pembuatan klorobenzen dari benzene dan klorin dengan proses rasching

2.1.2. Proses klorinasi

Proses ini benzen masuk ke dalam klorinator dalam fase liquid dan diikuti penambahan katalis $FeCl_3$ sebanyak 1% berat benzen. Klor masuk ke klorinator berupa gas pada suhu $40\text{ }^\circ C$. Proses klorinasi berlangsung pada suhu $40\text{ }^\circ C$ melalui reaksi :



Sedangkan produk yang berupa liquid (benzen, air, klorobenzen, diklorobenzen, HCl) akan dinetralkan dengan larutan $NaOH$ 20% di dalam tangki netralizer. Kemudian produk dimurnikan dengan melalui dua kali proses destilasi. (Faith Keyes & Cark, 1975)



Gambar 2.2 Blok diagram proses pembuatan klorobenzen dari benzene dan klorin dengan proses klorinasi

BAB II

SELEKSI DAN URAIAN PROSES

Proses pembuatan klorobenzen meliputi beberapa tahap, untuk itu pemilihan proses yang efisien dari aspek teknis maupun ekonomi menjadi pertimbangan terpenting untuk dasar pemilihan proses. Oleh sebab itu dilakukan seleksi terhadap berbagai proses pembuatan klorobenzen.

2.1. Macam Proses

Proses pembuatan klorobenzen dapat dilakukan melalui 2 proses yaitu:

1. Proses Rasching
2. Proses klorinasi

Dari kedua proses di atas akan dipertimbangkan proses mana yang lebih menguntungkan untuk dapat digunakan dalam mendirikan pabrik. Kedua proses diatas memiliki persamaan pada bahan baku, sedangkan perbedaan dari kedua proses tersebut adalah jenis katalis, kondisi fase dari bahan baku yang akan digunakan untuk reaksi dan proses yang berlangsung untuk pembentukan klorobenzen.

2.1.1. Proses Rasching

Benzen diklorinasi oleh klorin yang terbentuk dari proses in situ dengan oksidasi katalitik dari hidrogen klorida. Pada proses Rasching ini harus dilakukan pemanasan pada campuran uap benzen, udara, steam dan HCl pada tekanan atmosfer dan suhu 220-260 °C dengan menggunakan katalis oksida tembaga. Pembakaran benzene meningkat sebanyak 2%t setiap seperempat dari jalannya reaksi. Klor dan benzen bereaksi pada fase gas pada suhu 400-500 °C. Kerugian dari proses ini adalah suhu reaksi yang digunakan melebihi titik didih benzen sehingga banyak benzen yang terbakar atau teruapkan yang pada akhirnya reaksi tidak terkontrol. Selain itu biaya produksi menjadi jauh lebih besar dan tidak ekonomis untuk pembuatan klorobenzen karena bahan baku yang digunakan dalam fase uap sehingga. Sehingga proses ini tidak lagi digunakan secara komersial.

(Kirk Othmer Encyclopedia, volume 5)

Perkiraan import (M_1) klorobenzene pada tahun 2018 dengan kenaikan rata-rata import 12,93% adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} M_1 &= M_0 \times (1+i)^n \\ &= 4.970.046 \times (1+0,1293)^6 \\ &= 10.308.996 \text{ kg/tahun} \\ &= 10.308,996 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Jadi perkembangan jumlah import pada tahun 2018 dapat diperkirakan mencapai 10.308,996 ton. Karena permintaan klorobenzen dunia semakin tinggi, maka 40% dari jumlah import diproyeksikan untuk orientasi ekspor (M_2). Sehingga perkiraan kapasitas produksi (M_3) pada tahun 2018 adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} M_3 &= M_1 + M_2 \\ &= M_1 + (40\% \times M_1) \\ &= 10.308,996 + 4.123,582 \\ &= 14.432,536 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Maka direncanakan pabrik klorobenzene yang akan mulai produksi pada tahun 2018 kapasitas produksinya adalah sebesar 15.000 ton/tahun. Pemilihan kapasitas tersebut dengan pertimbangan dapat memenuhi kebutuhan klorobenzene dalam negeri yang diperkirakan sebesar 10.308,996 ton pada tahun 2018 dan sisanya dapat diproyeksikan untuk orientasi ekspor.

Pabrik klorobenzene dengan kapasitas 15.000 ton per tahun ini direncanakan didirikan di Balongan, Provinsi Jawa Barat . Hal ini didasarkan selain daerah ini merupakan kawasan industri, hal ini didukung juga dengan kemudahan transportasi, pengadaan bahan baku, pemasaran produk serta faktor-faktor pendukung lain juga yang sangat memenuhi.



B. Diklorobenzene

Tabel 1.7. Sifat Fisika dan Kimia Diklorobenzene

Sifat-sifat kimia		Sifat-sifat fisika	
Rumus kimia	: $C_6H_4Cl_2$	Bentuk	: Cair
Berat molekul	: 147 g/mol	Warna	: Kekuningan
Sifat utama	: Korosif, beracun, iritan	Densitas	: 1,30 g/cm ³
		Viskositas	: 0,65 cp
		Titik Didih	: 180°C
		Titik Leleh	: -17,6°C
		Spesifik gravity	: 1,3059 (25°C)
		Kelarutan dalam air	: Kurang larut dalam air tetapi larut dalam pelarut yang paling organik

Sumber: MSDS Diklorobenzene, 2012

1.4. Perhitungan Kapasitas Pabrik

Data statistik klorobenzene yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) 2006-2012 terlihat pada table 1.8. Untuk mengetahui kebutuhan klorobenzene di Indonesia dapat diketahui dari besarnya import dan kenaikan import tiap tahunnya.

Tabel 1.8. Data import klorobenzene di Indonesia

Tahun	Import (kg/tahun)	Kenaikan Import (%)
2006	3.676.975	-
2007	4.449.297	21,00
2008	4.982.368	11,98
2009	5.283.924	6,05
2010	2.756.179	-47,84
2011	5.316.655	92,90
2012	4.970.046	-6,52
Rata-rata kenaikan import (%)		12,93

Sumber: Badan Pusat Statistik (BPS)

Dari data tabel 1.8 di atas dapat dihitung kapasitas pabrik klorobenzene yang akan dibangun pada tahun 2018, sebagai berikut:

$M = M_0 \times (1+i)^n$, dimana: M = jumlah kenaikan pada tahun 2018

M_0 = jumlah kenaikan pada tahun 2012

n = selisih tahun (2018-2012 = 6 tahun)

i = prosentase kenaikan

terbakar, iritan.	cahaya) dan ungu kemerahan (jika terkena transmisi cahaya)
	Densitas : 16,7562 lb/ft ³
	Viskositas : -
	Titik Didih : 316°C
	Titik Leleh : 306°C
	Spesifik gravity : 2,9 (25°C)
	Kelarutan dalam air : -

Sumber: MSDS Ferri Klorida, 2012

1.3.3. Produk Utama

A. Klorobenzene

Tabel 1.5. Sifat Fisika dan Kimia Klorobenzene

Sifat-sifat kimia		Sifat-sifat fisika	
Rumus kimia	: C ₆ H ₅ Cl	Bentuk	: Cair
Berat molekul	: 112,56 g/mol	Warna	: Tidak berwarna
Sifat utama	: Mudah terbakar, bersifat racun, mudah menguap.	Densitas	: 1,11 g/cm ³
		Viskositas	: 0,7 cp
		Titik Didih	: 132°C
		Titik Leleh	: -45,6°C
		Spesifik gravity	: 1,1058 (25°C)
		Kelarutan dalam air	: -

Sumber: MSDS Natrium Klorobenzene, 2012

1.3.4. Produk Sampung

A. Asam Klorida

Tabel 1.6. Sifat Fisika dan Kimia Asam Klorida

Sifat-sifat kimia		Sifat-sifat fisika	
Rumus kimia	: HCl	Bentuk	: Cair
Berat molekul	: 36,46 g/mol	Warna	: Kekuningan
Sifat utama	: Korosif, beracun	Densitas	: 1,18 g/cm ³
		Viskositas	: 1,9 mPa's pada 25°C, larutan 31,5%
		Titik Didih	: 48°C (larutan 38%)
		Titik Leleh	: -27,32°C (larutan 38%)
		Spesifik gravity	: -
		Kelarutan dalam air	: -

Sumber: MSDS Asam Klorida, 2012

	Titik Leleh : 5,5°C
	Spesifik gravity : 0,8787 (15°C)
	Kelarutan dalam air : 0,8 g/L (25°C)

Sumber: MSDS benzene, 2012

B. Klorin

Tabel 1.2. Sifat Fisika dan Kimia Klorin

Sifat-sifat kimia	Sifat-sifat fisika
Rumus kimia : Cl	Bentuk : Gas
Berat molekul : 70,906 g/mol	Warna : Kuning kehijauan
Sifat utama : Tidak mudah terbakar, iritan, beracun	Densitas : 3,214 kg/m ³
	Viskositas : 0,01327cP (20°C)
	Titik Didih : -34,9°C
	Titik Leleh : -101°C
	Spesifik gravity : 1,56 (-33,6°C)
	Kelarutan dalam air : -

Sumber: MSDS chlorin, 2012

1.3.2. Bahan Pembantu

A. Natrium Hidroksida

Tabel 1.3.. Sifat Fisika dan Kimia Natrium Hidroksida

Sifat-sifat kimia	Sifat-sifat fisika
Rumus kimia : NaOH	Bentuk : Padatan
Berat molekul : 40 g/mol	Warna : Putih
Sifat utama : Tidak mudah terbakar, iritan.	Densitas : 2,1 g/cm ³
	Viskositas : 0,0274 lb/ft
	Titik Didih : 1388°C
	Titik Leleh : 323°C
	Spesifik gravity : 2,13 (25°C)
	Kelarutan dalam air : 111g/100ml(20°C)

Sumber: MSDS Natrium Hidroksida, 2012

B. Ferri Klorida

Tabel 1.4. Sifat Fisika dan Kimia Ferri Klorida

Sifat-sifat kimia	Sifat-sifat fisika
Rumus kimia : FeCl ₃	Bentuk : Padatan
Berat molekul : 162.21g/mol	Warna : Hijau gelap (jika terkena refleksi)
Sifat utama : Tidak mudah	

benzene semula harus diimport dari negara Jepang dan Amerika. Namun saat ini benzene telah diproduksi oleh beberapa industri di Indonesia, antara lain PT. Pertamina yang merupakan produk non BBM. Begitupun natrium hidroksida sudah dipenuhi dalam negeri. Sedangkan katalis FeCl_3 masih harus diimport dari negara Jepang, Amerika, Jerman, Cina dan Singapura.^[8]

Saat ini untuk memenuhi kebutuhan klorobenzene di Indonesia masih diimport dari Jepang, India, Amerika, Jerman, Korea, Cina dan Malaysia. Diperkirakan kebutuhan klorobenzene di Indonesia akan semakin meningkat sejalan dengan perkembangan dari negara berkembang menjadi negara industri.^[2]

1.2. Penggunaan

Penggunaan secara luas dari klorobenzene itu sendiri antara lain:

1. Klorobenzen digunakan dalam proses industri dan kimia sintesis, digunakan untuk memproduksi DDT, fenol, dan nitrobenzen.
2. Klorobenzen digunakan juga dalam industri pelarut untuk cat dan juga pelarut untuk perekat, poles, dan malam.
3. Penggunaan utama klorobenzen adalah sebagai perantara dalam produksi nitroklorobenzen dan oksida difenil, yang penting dalam produksi komoditas seperti herbisida, zat warna, dan karet. Klorobenzen juga digunakan sebagai pelarut titik didih tinggi dalam sintesis organik serta banyak aplikasi industri.
4. Hasil samping dari produksi klorobenzen yaitu diklorobenzen digunakan sebagai intermediet kimia dalam sintesis pewarna, pestisida, dan produk industri lainnya.^[20]

1.3. Sifat Fisika dan Sifat Kimia Bahan Baku, Bahan Pembantu dan Produk

1.3.1. Bahan Baku

A. Benzene

Tabel 1.1. Sifat Fisika dan Kimia Benzene

Sifat-sifat kimia		Sifat-sifat fisika	
Rumus kimia	: C_6H_6	Bentuk	: Cair
Berat molekul	: 78,11 gr/mol	Warna	: Tidak berwarna
Sifat utama	: Beracun, mudah terbakar	Densitas	: 0,8786 g/mL
		Viskositas	: 0,652 cP (25°C)
		Titik Didih	: 80,1°C

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan Industri dewasa ini merupakan bagian dari usaha ekonomi jangka panjang, yang diarahkan untuk menciptakan struktur ekonomi yang lebih baik dan seimbang yaitu struktur ekonomi dengan dititik-beratkan pada industri maju yang dan didukung oleh ekonomi yang tangguh. Indonesia saat ini tengah memasuki era globalisasi dalam segala bidang yang menuntut tangguhnya sektor industri dan bidang-bidang lain yang saling menunjang. Hal ini tentunya memacu kita untuk lebih meningkatkan dalam melakukan terobosan-terobosan baru sehingga produk yang dihasilkan mempunyai daya saing, efisien, efektif, dan disamping itu haruslah tetap akrab dan ramah terhadap lingkungan.

Dalam menanggapi situasi tersebut dan dalam upaya untuk mengurangi ketergantungan import produk petrokimia, pemerintah menetapkan peraturan yang mendorong perkembangan industri tersebut. Sejalan dengan itu industri petrokimia di Indonesia seperti industri klorobenzene, juga turut berkembang. Mengingat bahan kimia klorobenzen merupakan salah satu yang diimport saat ini, maka perlu didirikan industri sendiri agar ketergantungan dengan negara lain dapat diatasi dan lapangan kerja barupun ikut tercipta.

Klorobenzen pertama kali dikenalkan pada tahun 1851. Saat ini diproduksi dengan proses. klorinasi dari benzena dengan adanya sejumlah katalis asam Lewis seperti besi klorida dan anhidrat aluminium klorida. Klorobenzen adalah senyawa kimia yang terbuat dari karbon (C), klorin (Cl), dan hidrogen (H). Klorobenzen biasa disebut juga dengan benzena klorida, benzena monoklorida, monoklorobenzene, dan fenil klorida. Bahan kimia ini paling sering ditemui dalam bentuk cair dan molekulnya sendiri adalah senyawa aromatik berbentuk cincin. Klorobenzene diklasifikasikan sebagai hidrokarbon aromatik dengan bentuk cincin yang terdiri dari enam atom karbon, disebut cincin benzena.^[20]

Upaya produksi klorobenzene saat ini sedang dikembangkan menggunakan bahan baku benzene, klorin, natrium hidroksida dan katalis FeCl₃. Bahan baku

**PRA RENCANA PABRIK
KLOBENZEN (C₆H₅Cl) DARI KLOOR (Cl₂) DAN BENZEN (C₆H₆) DENGAN
PROSES KLOORINASI
KAPASITAS 15.000 TON/TAHUN**

Disusun Oleh :
Indah Yuni Puji Lestari 09.14.022

Dosen Pembimbing :
Elvianto Dwi Daryono, ST, MT

ABSTRAK

Klorobenzen adalah senyawa kimia yang terbuat dari karbon (C), klorin (Cl), dan hidrogen (H). Klorobenzen merupakan cairan dengan rumus kimia C₆H₅Cl, dengan viskositas 0,7 cp dan densitas 1,11 g/cm³. Klorobenzen ini bersifat mudah terbakar, beracun dan mudah menguap. Kegunaan klorobenzen ini sangat luas diantaranya: Klorobenzen digunakan dalam proses industri dan kimia sintesis, digunakan untuk memproduksi DDT, fenol, nitrobenzen, pelarut untuk cat dan juga pelarut untuk perekat, poles, dan malam. Penggunaan utama klorobenzen adalah sebagai perantara dalam produksi nitroklorobenzen dan oksida difenil, yang penting dalam produksi komoditas seperti herbisida, zat warna, dan karet. Klorobenzen juga digunakan sebagai pelarut titik didih tinggi dalam sintesis organik serta banyak aplikasi industri lainnya. Proses yang digunakan pada pembuatan klorobenzen (C₆H₅Cl) adalah proses klorinasi yaitu dengan mereaksikan antara benzen (C₆H₆) dan klorin (Cl₂) dengan bantuan katalis FeCl₃.

Pabrik klorobenzen ini direncanakan akan didirikan di Kabupaten Balongan, Indramayu, Jawa Barat dengan kapasitas 15.000 ton/tahun dan mulai beroperasi pada tahun 2018. Sistem operasi yang diterapkan adalah sistem kontinyu dengan waktu operasi 330 hari/tahun dan 24 jam/hari. Utilitas yang digunakan meliputi air, steam, listrik dan bahan bakar. Bentuk perusahaan Perseroan Terbatas (PT). Dari hasil perhitungan analisa ekonomi didapatkan TCI= Rp. 209.058.987.962, ROI setelah pajak =63,88%, ROI sebelum pajak =38,33%, IRR= 27,52%, POT= 2,6 tahun, BEP= 39,99%. Dari hasil ekonomi tersebut dapat disimpulkan bahwa pabrik klorobenzen ini layak untuk didirikan.

Kata kunci: klorobenzen, klorinasi

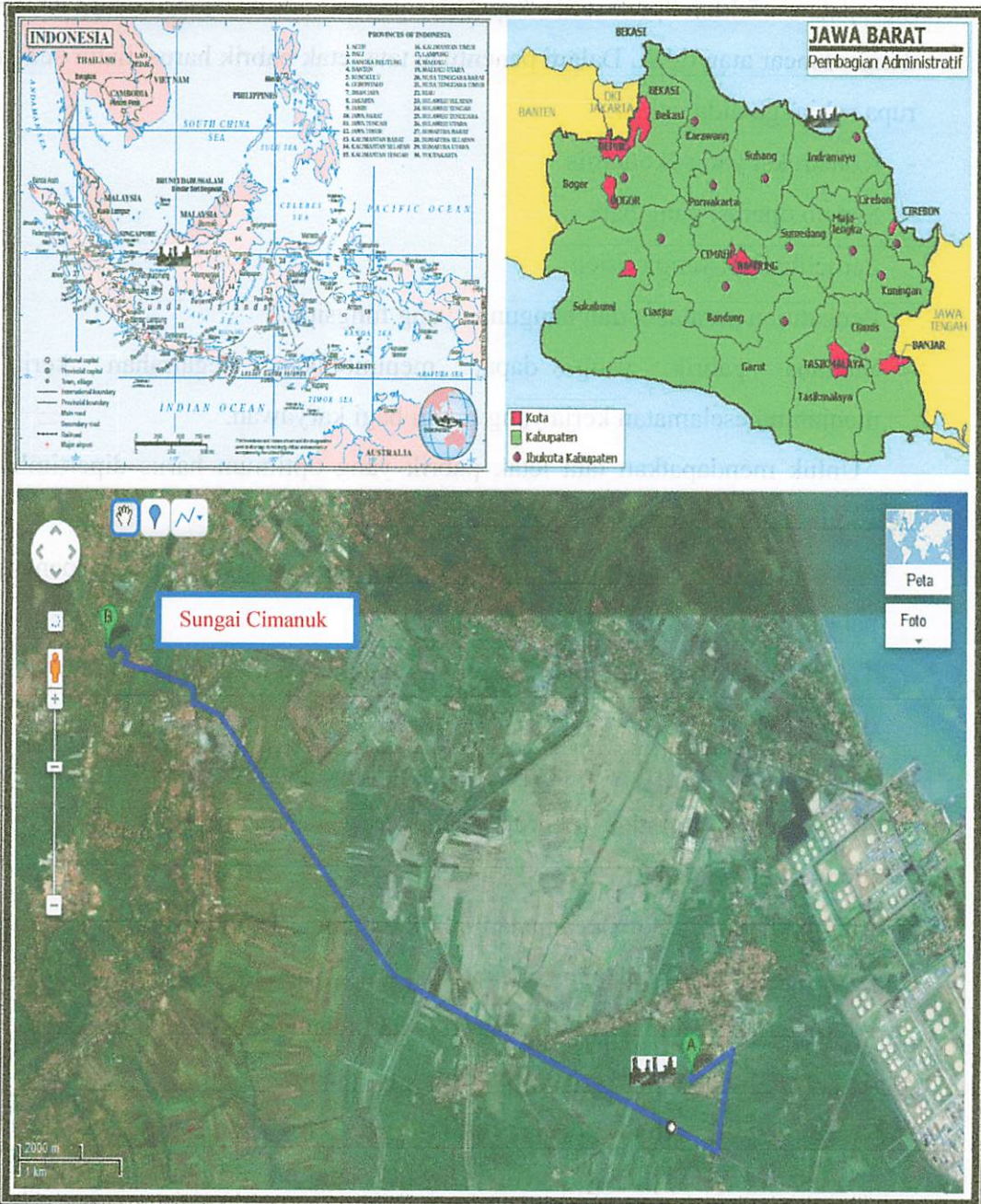
DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Pembuatan Klorobenzen dengan proses rasching.....	II- 2
Gambar 1.2	Pembuatan Klorobenzen dengan proses klorinasi.....	II - 2
Gambar 9.1	Peta lokasi pabrik Klorobenzen.....	IX - 5
Gambar 9.2	Tata letak pabrik.....	IX - 7
Gambar 9.3	Tata letak peralatan pabrik.....	IX - 10
Gambar 10.1	Struktur organisasi.....	X - 17

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Sifat fisika dan kimia Benzen	I – 2
Tabel 1.2	Sifat fisika dan kimia Klorin	I – 3
Tabel 1.3	Sifat fisika dan kimia Natrium Hidroksida	I – 3
Tabel 1.4	Sifat fisika dan kimia Feri Klorida	I – 3
Tabel 1.5	Sifat fisika dan kimia Klorobenzen	I – 4
Tabel 1.6	Sifat fisika dan kimia Asam Klorida.....	I – 4
Tabel 1.7	Sifat fisika dan kimia Diklorobenzen.....	I – 5
Tabel 1.8	Data import Klorobenzen di Indonesia.....	I – 5
Tabel 2.1	Perbandingan proses pembuatan Klorobenzen.....	II– 3
Tabel 7.1	Instrumentasi peralatan pabrik.....	VII – 3
Tabel 7.2	Alat-alat keselamatan kerja pada pabrik Klorobenzen.....	VII – 8
Tabel 9.1	Pemilihan lokasi dengan nilai tertinggi.....	IX – 4
Tabel 9.2	Perkiraan luas pabrik Klorobenzen.....	IX – 12
Tabel 10.1	Jadwal kerja karyawan.....	X– 9
Tabel 10.2	Perincian kebutuhan tenaga kerja.....	X – 12
Tabel 10.3	Perincian gaji karyawan.....	X – 14

6	Tenaga kerja	100	90	90	90
7	Karakteristik tempat	100	85	90	85
		700	595	625	605



Gambar 9.1 Peta Lokasi Pabrik Klorobenzene

9.3. Tata Letak Pabrik

Tata letak pabrik adalah peletakan atau pengaturan bangunan dan peralatan dalam pabrik, yaitu meliputi areal proses, areal penyimpanan dan areal material, handling. Pembuatan tata letak pabrik merupakan suatu hal penting, karena merupakan faktor penentuan apakah proses suatu pabrik dapat berjalan dengan lancar atau tidak. Dalam penentuan tata letak pabrik harus diatur sedemikian rupa sehingga didapatkan:

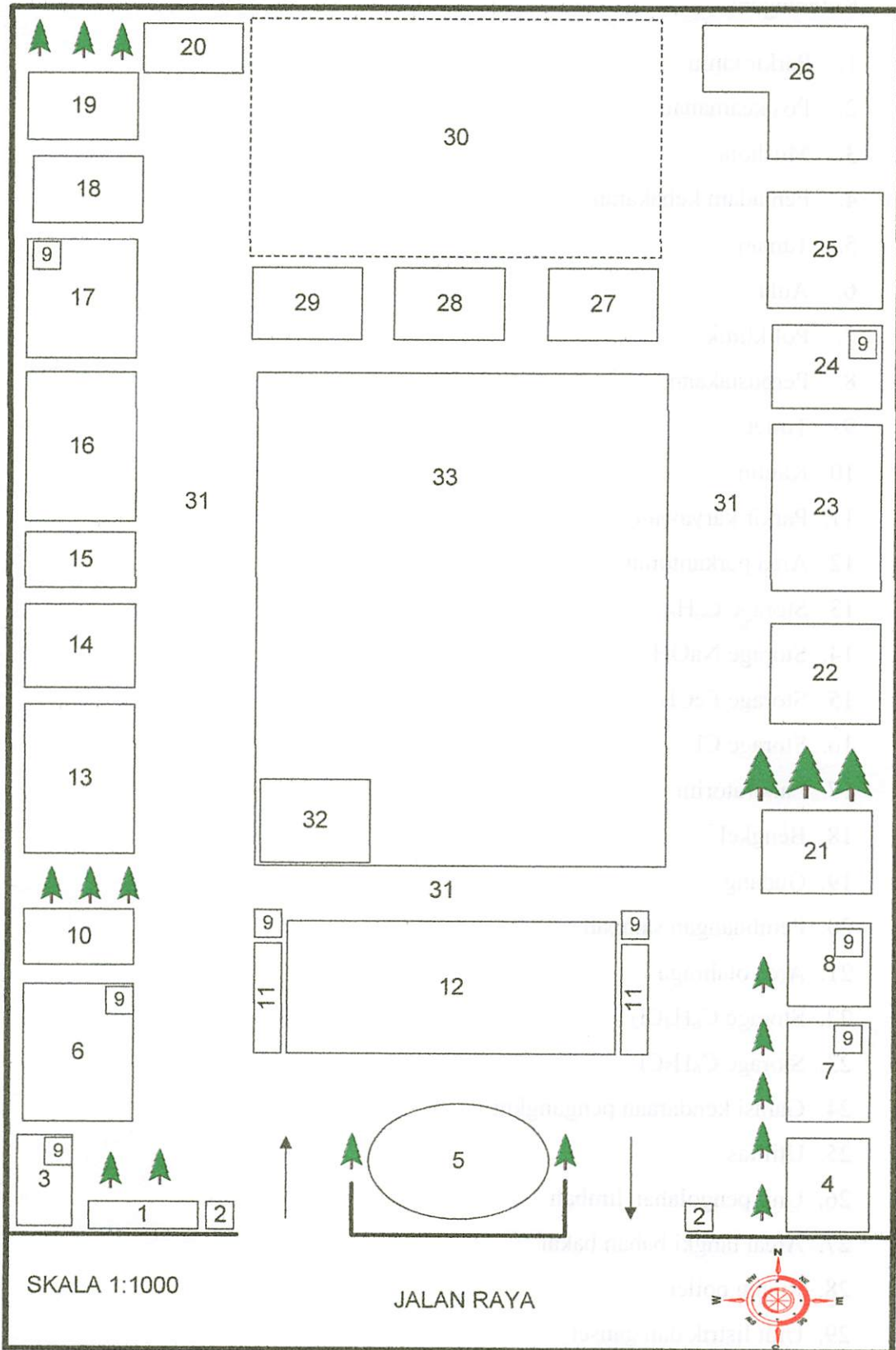
- Konstruksi yang ekonomis
- Sistem operasi yang baik
- Pemeliharaan yang efisien
- Pengaturan peralatan dan bangunan yang fungsional
- Suasana pabrik yang dapat menimbulkan kegairahan kerja dan menjamin keselamatan kerja yang tinggi bagi karyawan.

Untuk mendapatkan tata letak pabrik yang optimum harus dipertimbangkan beberapa faktor yaitu:

- Apakah pabrik terletak pada lokasi yang baru atau merupakan penambahan pabrik yang telah ada.
- Tersedianya tanah atau lokasi untuk perluasan pabrik di masa – masa yang akan datang.
- Tiap-tiap alat diberikan ruang yang cukup luas agar memudahkan pemeliharaan.
- Setiap alat disusun berurutan menurut masing-masing sehingga tidak menyulitkan aliran proses.
- Memperhatikan faktor keamanan dan keselamatan kerja misalnya untuk daerah yang mudah menimbulkan kebakaran ditempatkan alat pencegah kebakaran.
- Alat kontrol ditempatkan pada posisi yang mudah diawasi oleh operator.
- Memperhatikan pembuangan hasil-hasil produksi.

9.3.1 Tata ruang pabrik (master pilot plant)

Dalam master pilot plant ini hanya menunjukkan lokasi dari tiap-tiap unit proses, jalan, dan bangunan dimana lokasi tersebut ditunjukkan dengan petak-petak, dipisahkan satu sama lainnya, sedangkan alat-alat yang tidak ada tidak ditunjukkan.



Gambar 9.2 Tata Letak Pabrik

Keterangan:

1. Parkir tamu
2. Pos keamanan
3. Mushola
4. Pemadam kebakaran
5. Taman
6. Aula
7. Poliklinik
8. Perpustakaan
9. Toilet
10. Kantin
11. Parkir karyawan
12. Area perkantoran
13. Storage C_6H_6
14. Storage NaOH
15. Storage $FeCl_3$
16. Storage Cl
17. Laboratorim
18. Bengkel
19. Gudang
20. Pembuangan sampah
21. Area olahraga
22. Storage $C_6H_4Cl_2$
23. Storage C_6H_5Cl
24. Garasi kendaraan pengangkut
25. Utilitas
26. Unit pengolahan limbah
27. Areal tangki bahan bakar
28. Ruang boiler
29. Unit listrik dan ganset
30. Perluasan pabrik

Keterangan:

1. Storage NaOH (F-122)
2. Storage FeCl₃ (F-115)
3. Storage C₆H₆ (F-111 A)
4. Storage Cl (F-111 B)
5. Reaktor (R-110)
6. Absorber (D-117)
7. Tangki penampung HCl 40% (F-119)
8. Tangki pencampuran (M-124)
9. Netralizer (R-120)
10. Decanter (H-132)
11. Destilasi I (D-130)
12. Destilasi II (D-140)
13. Storage C₆H₆ (F-137)
14. Storage C₆H₅Cl (F-147)
15. Storage C₆H₄Cl₂ (F-146)

9.5. Perkiraan Luas Pabrik

Perkiraan luas pabrik Klorobenzen ini dapat dilihat secara rinci pada tabel 9.2

Tabel 9.2 Perkiraan Perincian Luas Daerah Pabrik (m²)

No.	Daerah	Banyaknya	Ukuran	Luas (m ²)
1.	Parkir tamu	1	20 x 5	100
2.	Pos keamanan	2	5 x 5	50
3.	Mushola	1	10 x 15	150
4.	Pemadam kebakaran	1	20 x 15	300
5.	Taman	1	40 x 10	400
6.	Aula	1	20 x 25	500
7.	Poliklinik	1	15 x 15	225
8.	Perpustakaan	1	15 x 10	150
9.	Toilet	8	5 x 5	200
10.	Kantin	1	20 x 10	200
11.	Parkir karyawan	1	20 x 5	100
12.	Area perkantoran	1	25 x 60	1500
13.	Storage C ₆ H ₆	1	20 x 15	300
14.	Storage NaOH	1	10 x 10	100
15.	Storage FeCl ₃	1	10 x 10	100
16.	Storage Cl	1	20 x 15	300
17.	Laboratorim	1	20 x 10	200
18.	Bengkel	1	20 x 10	200
19.	Gudang	1	20 x 10	200
20.	Pembuangan sampah	1	5 x 5	25
21.	Area olahraga	1	30 x 30	900
22.	Storage C ₆ H ₄ Cl ₂	1	20 x 15	300
23.	Storage C ₆ H ₅ Cl	1	20 x 15	300
24.	Garasi kendaraan pengangkut	1	10 x 10	100
25.	Utilitas	1	40 x 60	2400

26.	Unit pengolahan limbah	1	20 x 10	200
27.	Areal tangki bahan bakar	1	20 x 15	300
28.	Ruang boiler	1	20 x 10	200
29.	Unit listrik dan ganset	1	10 x 10	5000
30.	Perluasan pabrik	1	75 x 50	3750
31.	Halaman dan jalan	1	-	5000
32.	Ruang kontrol	1	10 x 10	100
33.	Area proses	1	75 x 100	7500
Total				31.350 ¹



BAB X

SUSUNAN ORGANISASI PERUSAHAAN

Dalam menciptakan suatu pengelolaan perusahaan agar menciptakan sasaran secara efektif dan hasil produksi yang besar, maka harus diperhitungkan elemen dasar yang diperlukan dalam suatu perusahaan sebagai alat pelaksanaannya.

Elemen dasar itu terdiri dari :

- Manusia (Man)
- Bahan (Material)
- Mesin (Machine)
- Metoda (Method))
- Uang (Money)
- Pasar (Market)

Elemen dasar tersebut menjadi faktor utama untuk menjalankan suatu perusahaan mencapai tujuannya secara bersama-sama dalam organisasi perusahaan.

Kelancaran dan kontinuitas suatu pabrik merupakan hal yang penting dan menjadi tujuan utama setiap perusahaan. Hal tersebut dapat ditunjang dengan adanya struktur organisasi yang baik.

Struktur organisasi dapat memberikan wewenang pada setiap perusahaan untuk melaksanakan tugas yang dibebankan kepadanya. Juga mengatur sistem dan hubungan struktural antar fungsi atau orang-orang dalam hubungan satu dengan yang lainnya pada pelaksanaan fungsi mereka. Struktur organisasi juga dapat mempengaruhi pencapaian efisiensi kerja yang tinggi, struktur organisasi akan menentukan kelancaran aktifitas perusahaan sehari-hari untuk pencapaian tujuan dan produktivitas yang tinggi, sehingga tercapai produksi yang berkelanjutan.

10.1. Dasar Perusahaan

Direncanakan bentuk perusahaan pabrik Klorobenzene ini adalah Perseroan Terbatas (PT) Terbuka. Pemilihan bentuk perusahaan ini didasarkan atas pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut:

- Adanya efisiensi dalam perusahaan. Tiap bagian dalam PT dipegang oleh orang yang ahli dalam bidangnya. Tiap orang atau tiap bagian mempunyai bagian dengan tugas yang jelas, sehingga ada dorongan untuk mengerjakan sebaik-baiknya.
- Kekayaan perusahaan terpisah dari kekayaan pemegang saham
- Kemungkinan terhimpunnya modal yang besar dan mudah, yaitu dengan membagi modal atas sejumlah saham-sahamnya. PT dapat menarik modal dari banyak orang selain dari pinjaman bank.
- Tanggung jawab pemegang saham terbatas, sebab segala sesuatu menyangkut perusahaan dipegang oleh pimpinan perusahaan.
- Kelangsungan hidup perusahaan telah terjamin, karena tidak terpengaruh dengan berhentinya seseorang pemegang saham.

10.2. Sistem Organisasi Perusahaan

Sistem organisasi perusahaan ini menggunakan sistem organisasi garis dan staf. Alasan pemakaian sistem ini adalah:

- Biasa digunakan untuk organisasi yang cukup besar dengan produksi yang terus-menerus dan berproduksi secara massal.
- Pengambilan keputusan yang lebih sehat dan mudah dapat diambil karena adanya staf ahli.
- Spesialisasi yang beraneka ragam diperlukan dan dipergunakan secara maksimal. Sehingga perwujudan "the right man in the right place" lebih mudah terlaksana.
- Terdapat kesatuan pimpinan dan perintah sehingga disiplin kerja lebih baik.
- Anggota dewan komisaris merupakan wakil pemegang saham dan dilengkapi dengan staff ahli yang bertugas memberikan nasehat dan saran kepada direktur.

10.3. Pembagian Tugas dan Tanggung Jawab

10.3.1. Pemegang saham

Beberapa orang yang mengumpulkan modal untuk pabrik dengan cara membeli saham perusahaan. Pemegang saham adalah pemilik pabrik dengan batasan sesuai dengan jumlah saham yang dimilikinya, sedangkan kekayaan

pribadi dan pemegang saham tidak dipertanggung jawabkan sebagai jaminan atashutang-hutang perusahaan. Pemegang saham harus menanam saham paling sedikit satu tahun. Kekuasaan tertinggi terletak pada pemegang saham. Dan merekalah yang memilih direktur dan dewan komisaris dalam rapat umum pemegang saham (RUPS) serta menentukan gaji Direktur tersebut.

10.3.2. Dewan Komisaris

Dewan komisaris bertindak sebagai wakil dari pemegang saham. Komisaris diangkat menurut ketentuan yang ada dalam perjanjian dan dapat diperhentikan setiap waktu oleh/dalam RUPS apabila bertindak bertentangan dengan anggaran dasar atau kepentingan perseroan tersebut. Dewan komisaris dipilih dalam RUPS dari kalangan-kalangan pemegang saham mayoritas.

Tugas dewan komisaris :

- mengawasi Direktur utama tidak merugikan perusahaan.
- menetapkan kebijakan perusahaan
- mengadakan evaluasi/ pengawasan tentang hasil yang diperoleh perusahaan.
- menyetujui atau menolak rancangan yang diajukan direktur.
- memberikan masukan pada direktur bila ingin mengadakan perubahan dalam perusahaan

10.3.3. Direktur Utama

Direktur utama adalah pimpinan perusahaan yang bertanggung jawab pada dewan komisaris dan membawahi:

- a. Direktur Administrasi dan Keuangan
- b. Direktur Teknik dan Produksi

Tugas dan wewenang :

- bertanggung jawab kepada dewan komisaris
- menetapkan strategi perusahaan, membuat perencanaan kerja dan menetapkan kebijakan, peraturan dan tata tertib baik keluar maupun kedalam perusahaan.
- mengkoordinasi kerja sama antara direktur Direktur Administrasi dan Keuangan serta Direktur Teknik dan Produksi
- mengatur dan mengawasi keuangan perusahaan.
- bertanggung jawab atas kelancaran perusahaan.

10.3.4. Penelitian dan pengembangan (LITBANG)

Litbang merupakan staf direktur yang terdiri dari ahli teknik dan ahli ekonomi yang berperan sebagai konsultan. Garis penghubung antara Litbang dengan Direktur Utama adalah garis putus-putus, yang artinya bahwa Litbang bekerja atau dibutuhkan hanya sesaat bukan setiap saat.

10.3.5. Direktur Administrasi dan Keuangan

Direktur administrasi dan keuangan bertanggung jawab kepada direktur utama dalam hal:

- biaya-biaya produksi
- laba rugi perusahaan
- neraca keuangan
- administrasi perusahaan

10.3.6. Direktur Teknik dan Produksi

Direktur keuangan dan Administrasi bertanggung jawab kepada Direktur utama dalam hal:

- jalannya proses produksi sesuai yang direncanakan, termasuk merencanakan kebutuhan bahan baku agar target produksi terpenuhi
- proses produksi yang berjalan dengan baik
- mengontrol dan mengawasi kelancaran proses produksi
- perencanaan jadwal produksi dan penyediaan sarana produksi.

10.3.7. Kepala Bagian (Manajer)

Tugas dan wewenang kepala bagian:

- membantu direktur teknik dan produksi atau direktur keuangan dan administrasi dalam melaksanakan aktivitas pada bagian masing-masing
- memberikan pengawasan dan pengarahan terhadap seksi-seksi dibawahnya,
- menyusun laporan dan hasil oleh bagian masing-masing
- bertanggung jawab atas kerja bawahannya.

Kepala bagian terdiri dari:

a. Kepala Bagian Pemasaran

Bertanggung jawab kepada direktur keuangan dan administrasi dalam bidang pemasaran dengan tugasnya yaitu, merencanakan, mengontrol dan mengkoordinir

proses penjualan dan pemasaran untuk mencapai target penjualan dan mengembangkan pasar secara efektif dan efisien. Selain itu bertanggung jawab memimpin, merencanakan, mengkoordinir dan mengawasi pengelolaan pemasaran sesuai dengan prosedur yang telah digariskan. Kepala bagian pemasaran ini membawahi:

▪ **Kasi Penjualan**

Bertanggung jawab untuk mencari pemasaran yang seluas-luasnya dengan memperoleh keuntungan yang sebesar-besarnya.

▪ **Kasi Gudang**

Bertugas mengatur keluar masuknya produksi dan gudang.

▪ **Kasi promosi**

Bertugas mengenalkan produk dan mencari pelanggan baru untuk memperluas pemasaran

b. Kepala Bagian Keuangan

Bertanggung jawab kepada direktur keuangan dan administrasi dalam bidang keuangan, serta membawahi:

▪ **Kasi Keuangan**

- mengawasi dan melaksanakan pembayaran transfer dana terhadap pembelian bahan baku dan asset perusahaan
- mengawasi dan melaksanakan penerimaan pembayaran atas penjualan pakan dan juga hasil sampingan produksi
- membuat pembukuan dan jurnal laba rugi perusahaan
- melaksanakan perhitungan dan pembayaran upah dan lembar kerja karyawan

▪ **Kasi Pembukuan**

- mengawasi pelaksanaan kegiatan pembukuan perusahaan
- mengawasi pelaksanaan pemakaian asset perusahaan
- melaksanakan perhitungan akuntansi terhadap pembelian bahan baku dan asset perusahaan
- mengatur keuangan baik masuk dan keluar sesuai dengan penjualan
- mencatat segala transaksi dan membuat laporan keuangan

c. Kepala Bagian Umum

Bertanggung jawab kepada direktur teknik, produksi, keuangan dan administrasi dalam bidang personalia, humas, keamanan, dan keselamatan perusahaan.

Kepala bagian ini membawahi :

▪ Kasi Personalia

- bertugas untuk penerimaan dan pemberhentian karyawan
- mengadakan pendidikan dan pelatihan kerja bagi karyawan
- penempatan karyawan
- kesejahteraan karyawan

▪ Kasi Keamanan dan Keselamatan :

- menjaga dan memelihara keamanan daerah sekitar pabrik
- menjaga semua bangunan pabrik dan fasilitas perusahaan di lingkunganpabrik.

▪ Kasi Humas

- bertugas mengadakan komunikasi dengan pabrik lain.
- mengatasi persoalan yang ada di luar area perusahaan
- mengadakan kerja sama dengan pihak lain

d. Kepala Bagian Produksi

Bertanggung jawab kepada direktur teknik dan direktur produksi jalannya proses produksi sesuai yang direncanakan, termasuk merencanakan kebutuhan bahan baku agar target produksi terpenuhi, proses produksi yang berjalan dengan baik, mengontrol dan mengawasi kelancaran proses produksi dan perencanaan jadwal produksi dan penyediaan sarana produksi. Kepala bagian produksi ini membawahi:

▪ Kasi Proses

- mengatur dan mengawasi pelaksanaan jalannya proses produksi yang terjadi serta realisasi rencana.
- bertanggung jawab atas jalannya masing-masing proses
- mengatur jadwal pembelian bahan baku, pengiriman serta tanggung jawab ataspenyediaan bahan baku dan bahan pembantu dalam pabrik.

- **Kasi Laboratorium**

- bertanggung jawab atas analisa awal dan akhir.
- bertanggung jawab atas standart mutu

- **Kasi Penyediaan bahan baku**

- bertanggung jawab atas tersedianya bahan baku yang cukup untuk proses
- menjaga serta mengontrol pengadaan bahan baku dalam proses produksi, yaitu meliputi controlling terhadap gudang (penyimpanan bahan baku) serta proses sampainya bahan baku ke perusahaan.

- **Kasi Pengolahan limbah**

- bertanggung jawab atas limbah yang akan dibuang serta termasuk pengolahannya.

e. Kepala Bagian Teknik

Bertanggung jawab kepada direktur teknik dan direktur produksi mengatur dan mengawasi segala masalah yang berhubungan dengan peralatan teknis, proses dan utilitas. Kepala bagian teknik ini membawahi:

- **Kasi Utilitas**

- bertugas mengawasi dan mengatur pelaksanaan penyediaan air pendingin, steam, bahan bakar dan listrik.
- bertanggung jawab atas peralatan misalnya boiler.

- **Kasi Pemeliharaan dan Perbaikan**

- membuat jadwal pemeliharaan dan perbaikan terhadap mesin-mesin yang ada dalam pabrik
- mengeluarkan perintah kerja kepada kepala bagian pemeliharaan untuk melakukan perbaikan pada mesin-mesin berdasarkan jadwal permintaan perbaikan dari masing-masing operator.
- melatih dan mengawasi keterampilan karyawan yang bekerja dibagian pemeliharaan agar mahir dan dapat bekerja dengan baik
- menentukan prioritas kerja dan progressing perbaikan mesin
- bertanggung jawab kepada manajer produksi atas kondisi mesin-msin dan peralatan produksi

10.4. Jadwal Jam Kerja

Pabrik Klorobenzene ini direncanakan bekerja atau beroperasi 330 hari dalam setahun dan 24 jam sehari, sisa harinya digunakan untuk perbaikan dan perawatan serta *shutdown*. Sesuai dengan peraturan pemerintah dalam jumlah jam kerja untuk karyawan adalah 40 jam dalam satu minggu, yang dibedakan dalam dua bagian yaitu:

1. Jam kerja tetap (non shift)
2. jam kerja bergilir (shift)

Pembagian jam kerja tersebut didasarkan pada status dan bidang kerjakaryawan. Karyawan dengan jam kerja tetap adalah karyawan yang tidak langsung menangani operasi pabrik, misalnya direktur, kepala kantor/pabrik. Kepala pabrik, kepala seksi dan karyawan kantor administrasi dan seksi dibawah tanggung jawab non-teknik atau yang bekerja dipabrik dengan jenis pekerjaantidak kontinyu.

Sedangkan karyawan dengan jam kerja bergilir atau tidak tetap adalah karyawan yang secara langsung menangani operasi pabrik, misalnya: kepala shift, operator, karyawan shift, gudang serta keamanan dan keselamatan kerja.

1. Pembagian kerja karyawan dengan jam kerja tetap

Senin – Kamis

Pagi : 08.00 – 12.00 (istirahat 12.00 – 13.00)

Siang : 13.00 – 16.00

Jum'at

Pagi : 08.00 – 11.30 (istirahat 11.30 – 13.00)

Siang : 13.00 – 16.00

Sabtu

Setengah hari : 08.00 – 13.00

2. Pembagian kerja karyawan dengan jam kerja bergilir

Dibagi menjadi 3 giliran (shift) kerja :

Shift I (pagi) : 08.00 – 16.00

Shift II (siang) : 16.00 – 24.00

Shift III (malam) : 24.00 – 08.00

Untuk menjaga kelancaran pelaksanaan jam kerja secara begilir, maka karyawan dibagi menjadi 4 grup, yaitu P, S, M, dan L. Dimana 4 grup kerja tersebut adalah 3 grup giliran kerja (shift) dan 1 grup kerja merupakan grup libur (cadangan).

Adapun jadwal kerja masing-masing regu dapat dilihat pada tabel 10.1 berikut :

Hari	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Regu	P	S	M	L	P	S	M	L	P	S	M	L	P	S	M
Regu	S	M	L	P	S	M	L	P	S	M	L	P	S	M	L
Regu	M	L	P	S	M	L	P	S	M	L	P	S	M	L	P
Regu	L	P	S	M	L	P	S	M	L	P	S	M	L	P	S

Keterangan : P = Pagi

M = Malam

S = Siang

L = Libur

Karena kemajuan suatu perusahaan dan kelancaran proses produksi tergantung pada kedisiplinan karyawannya, maka salah satu cara untuk menciptakan kedisiplinan adalah dengan memberlakukan presensi kepada seluruh karyawan perusahaan. Presensi setiap jam kerja ini nantinya dapat menjadi pertimbangan perusahaan dalam meningkatkan karier karyawannya.

10.5. Penggolongan dan tingkat pendidikan karyawan

Peggolongan karyawan berdasarkan tingkat kedudukan dalam sistem organisasi pada pra rancang pabrik Klorobenzen ini adalah:

- Direktur Utama
- Direktur Teknik Dan Administrasi
- Kepala Bagian
- Kepala Seksi
- Staff Kepala Seksi
- Operator

Sedang latar pendidikan yang harus dimiliki oleh karyawan berdasarkan kedudukannya dan struktur organisasi pada prarencana pabrik Klorobenzene ini sebagai berikut:

1. Direktur utama : Magister teknik (S₂)
2. Direktur
 - Direktur teknik dan produksi : Magister teknik (s₂)
 - Direktur administrasi dan keuangan : Magister administrasi(S₂)
3. Direktur Litbang : Magister teknik (S₂)
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 ilmu komunikasi
 - Kabag keuangan : Sarjana akuntansi-ekonomi
6. Kepala seksi
 - seksi utilitas : Sarjana teknik kimia
 - seksi perawatan : Sarjana teknik mesin
 - seksi K3 : Sarjana teknik industry
 - seksi proses : Sarjana teknik kimia
 - seksi laboratorium : Sarjana teknik kimia
 - seksi gudang : D₃ teknik kimia
 - seksi personalia : Sarjana psikologi
 - seksi humas : Sarjana ilmu komunikasi
 - seksi keamanan : Purnawirawan ABRI
 - seksi pemasaran : Sarjana ekonomi
 - seksi keuangan : Sarjana ekonomi
 - karyawan : Diploma dan SLTA
 - satpam : Purnawirawan ABRI
 - Dokter : Sarjana dokter
 - kebersihan : SLTA

10.6. Perincian jumlah karyawan

Perhitungan jumlah tenaga operasional didasarkan pada pembagian proses yang dilakukan. pada pra rencana pabrik Klorobenzen ini proses yang dilakukan terbagi menjadi:

1. proses persiapan bahan baku
2. Proses reaksi
3. proses pemisahan dan pemurnian
4. proses penanganan produk
5. proses penyediaan utilitas

Sehingga proses keseluruhan yang membutuhkan tenaga operasional adalah 5 tahap. Dari vilbrant & dryen, gambar 6.35 hal 235 diperoleh jumlah karyawan yang dibutuhkan untuk kapasitas pabrik 15.000 ton/tahun dan beroperasi 330 hari adalah:

$$\begin{aligned} \text{karyawan proses} &= 5 \times 39 \\ &= 195 \text{ orang.jam/hari} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \text{jumlah karyawan} &= 195 \text{ orang.jam/hari} : 3 \text{ shift/hari} \\ &= 65 \text{ orang.jam/shift} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \text{jumlah karyawan} &= 65 \text{ orang.jam/shift} : 8 \text{ jam} \\ &= 8 \text{ orang/shift} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \text{jumlah karyawan} &= 8 \text{ orang/shift} \times 4 \\ &= 32 \text{ orang} \end{aligned}$$

karyawan administrasi dan karyawan lain (selain karyawan proses) berjumlah 73 orang, sehingga:

$$\begin{aligned} \text{total karyawan} &= 32 + 73 \\ &= 105 \text{ orang} \end{aligned}$$

Perincian kebutuhan tenaga kerja dapat dilihat pada tabel 10.2

No.	Jabatan	Jumlah
1	Direktur Utama	1
2	Direktur Teknik dan Produksi	1
3	Direktur Keuangan dan Adm.	1
4	Staf Litbang	2
5	Kepala Bagian Produksi	1
6	Kepala Bagian Teknik	1
7	Kepala Bagian Umum	1
8	Kepala Bagian Keuangan	1
9	Kepala Bagian Pemasaran	1
10	Kepala Seksi Proses	1
11	Kepala Seksi Laboratorium	1
12	Kepala Seksi Bahan Baku	1
13	Kepala Seksi Utilitas	1
14	Kepala Seksi Pemeliharaan	1
15	Kepala Seksi Personalia (SDM)	1
16	Kepala Seksi Keamanan	1
17	Kepala Seksi Pengelolaan Limbah	1
18	Kepala Seksi Pembukuan	1
19	Kepala Seksi Keuangan	1
20	Kepala Seksi Penjualan	1
21	Kepala Seksi Gudang	1
22	Kepala Seksi Iklan dan Promosi	1
23	Karyawan Devisi Proses	13
24	Karyawan Devisi QC	3
25	Karyawan Devisi bahan baku	2
26	Karyawan Devisi Utilitas	4
27	Staf Devisi Bengkel & Perawatan	8
28	Karyawan Devisi Personalia	5
29	Karyawan Devisi Keamanan	6
30	Karyawan Devisi Administrasi	5
31	Karyawan Devisi Pembukuan	4
32	Karyawan Devisi Keuangan	4
33	Karyawan Devisi Penjualan	4
34	Karyawan Devisi Gudang	3
35	Karyawan Devisi Kesehatan	2
36	Karyawan Devisi Kebersihan	8
37	Sopir	4
38	Sekertaris	2
39	Karyawan pemadam Kebakaran	3
40	Dokter	2
		105

10.7. Status Karyawan dan Status Upah

Pada pabrik ini, sistem upah berbeda-beda tergantung pada status karyawan dan tingkat pendidikan serta besar kecilnya kedudukan tanggung jawab dan keahliannya. Menurut statusnya karyawan pabrik dapat dibagi menjadi golongan sebagai berikut :

1. Karyawan tetap

Karyawan tetap adalah karyawan yang diangkat dan diberhentikan dengan surat keputusan (SK) direksi dan membagi gaji bulanan berdasarkan kedudukan, keahlian, dan masa kerjanya.

2. Karyawan harian

Karyawan harian adalah pekerja yang diangkat dan diberhentikan berdasarkan nota persetujuan direksi atas pengajuan kepada yang membawahnya dan menerima upah harian yang dibayar tiap akhir pekan.

3. Karyawan borongan

Karyawan borongan adalah pekerja yang dipergunakan oleh pabrik apabila diperlukan saja, misalnya bongkar muat barang dan lain-lain. Pekerja ini menerima upah borongan suatu pekerjaan.

10.8. Tingkat Golongan dan Jabatan Tenaga Kerja

- Golongan A dengan gaji perbulan Rp. 17.000.000,-
Meliputi : Direktur Utama
- Golongan B dengan gaji perbulan Rp. 10.000.000 sampai 13.000.000,-
Meliputi : Direktur Teknik dan produksi, keuangan dan administrasi
- Golongan C dengan gaji perbulan Rp. 5.000.000,-
Meliputi : direktur Litbang
- Golongan D dengan gaji perbulan Rp. 6.000.000,-
Meliputi : Kepala bagian
- Golongan E dengan gaji perbulan Rp. 2.000.000,- sampai 3.500.000,-
Meliputi : Kepala seksi dan Sekretaris
- Golongan F dengan gaji perbulan Rp. 2.000.000
Meliputi : Karyawan dan Kepala seksi keamanan
- Golongan G dengan gaji perbulan Rp. 1.250.000,-

Tabel 10.3 Daftar Upah Karyawan

No	Jabatan	Jumlah	Gaji (Rp)	
			Per orang	Total
1	Direktur Utama	1	Rp17.000.000	Rp15.000.000
2	Direktur Teknik dan Produksi	1	Rp13.000.000	Rp10.000.000
3	Direktur Keuangan dan Adm.	1	Rp10.000.000	Rp10.000.000
4	Staf Litbang	2	Rp 5.000.000	Rp16.000.000
5	Kepala Bagian Produksi	1	Rp 6.000.000	Rp 6.000.000
6	Kepala Bagian Teknik	1	Rp 6.000.000	Rp 6.000.000
7	Kepala Bagian Umum	1	Rp 6.000.000	Rp 6.000.000
8	Kepala Bagian Keuangan	1	Rp 6.000.000	Rp 6.000.000
9	Kepala Bagian Pemasaran	1	Rp 6.000.000	Rp 6.000.000
10	Kepala Seksi Proses	1	Rp 6.000.000	Rp 6.000.000
11	Kepala Seksi Laboratorium	1	Rp 6.000.000	Rp 6.000.000
12	Kepala Seksi Bahan Baku	1	Rp 6.000.000	Rp 6.000.000
13	Kepala Seksi Utilitas	1	Rp 6.000.000	Rp 6.000.000
14	Kepala Seksi Pemeliharaan	1	Rp 6.000.000	Rp 6.000.000
15	Kepala Seksi Personalialia (SDM)	1	Rp 6.000.000	Rp 6.000.000
16	Kepala Seksi Keamanan	1	Rp 6.000.000	Rp 2.500.000
17	Kepala Seksi Pengelolaan Limbah	1	Rp 6.000.000	Rp 6.000.000
18	Kepala Seksi Pembukuan	1	Rp 6.000.000	Rp 6.000.000
19	Kepala Seksi Keuangan	1	Rp 6.000.000	Rp 6.000.000
20	Kepala Seksi Penjualan	1	Rp 6.000.000	Rp 6.000.000
21	Kepala Seksi Gudang	1	Rp 6.000.000	Rp 6.000.000
22	Kepala Seksi Iklan dan Promosi	1	Rp 6.000.000	Rp 6.000.000
23	Karyawan Devisi Proses	13	Rp 3.500.000	Rp62.500.000
24	Karyawan Devisi QC	3	Rp 3.500.000	Rp 7.500.000
25	Karyawan Devisi bahan baku	2	Rp 3.500.000	Rp 7.500.000
26	Karyawan Devisi Utilitas	4	Rp 3.500.000	Rp10.000.000
27	Staf Devisi Bengkel & Perawatan	8	Rp 2.500.000	Rp18.000.000
28	Karyawan Devisi Personalialia	5	Rp 2.000.000	Rp 9.000.000
29	Karyawan Devisi Keamanan	6	Rp 2.000.000	Rp12.600.000
30	Karyawan Devisi Administrasi	5	Rp 2.000.000	Rp 8.000.000
31	Karyawan Devisi Pembukuan	4	Rp 2.000.000	Rp 6.400.000
32	Karyawan Devisi Keuangan	4	Rp 2.000.000	Rp 6.400.000
33	Karyawan Devisi Penjualan	4	Rp 2.000.000	Rp 6.400.000
34	Karyawan Devisi Gudang	3	Rp 2.000.000	Rp 3.000.000
35	Karyawan Devisi Kesehatan	2	Rp 2.000.000	Rp 3.000.000

36	Karyawan Devisi Kebersihan	8	Rp 2.000.000	Rp 8.000.000
37	Sopir	4	Rp 1.250.000	Rp 5.200.000
38	Sekretaris	2	Rp 2.000.000	Rp 1.700.000
39	Karyawan pemadam Kebakaran	3	Rp 2.000.000	Rp10.800.000
40	Dokter	2	Rp 2.500.000	Rp 5.000.000
		105	Jumlah	Rp357.000.000

10.9. Jaminan Sosial dan Kesejahteraan Karyawan

Selain mendapatkan gaji perbulan, para karyawan juga menerima tunjangan atau jaminan sosial yang lain yang diberikan oleh perusahaan, sehinggakesejahteraan akan lebih terjamin dan diharapkan akan bekerja lebih giat.

1. Tunjangan

- Tunjangan gaji pokok, diberikan berdasarkan golongan karyawan
- Tunjangan jabatan, diberikan berdasarkan jabatan yang dipegang
- Tunjangan lembur, diberikan kepada karyawan yang bekerja diluar jam kerja berdasarkan jumlah jam kerja.

2. Insentif atau Bonus

Insentive diberikan dengan tujuan untuk meningkatkan produktivitas dan merangsang gairah kerja karyawan. Besarnya insentive ini dibagi menurut golongan dan jabatan. Pemberian insentive 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.

3. Fasilitas

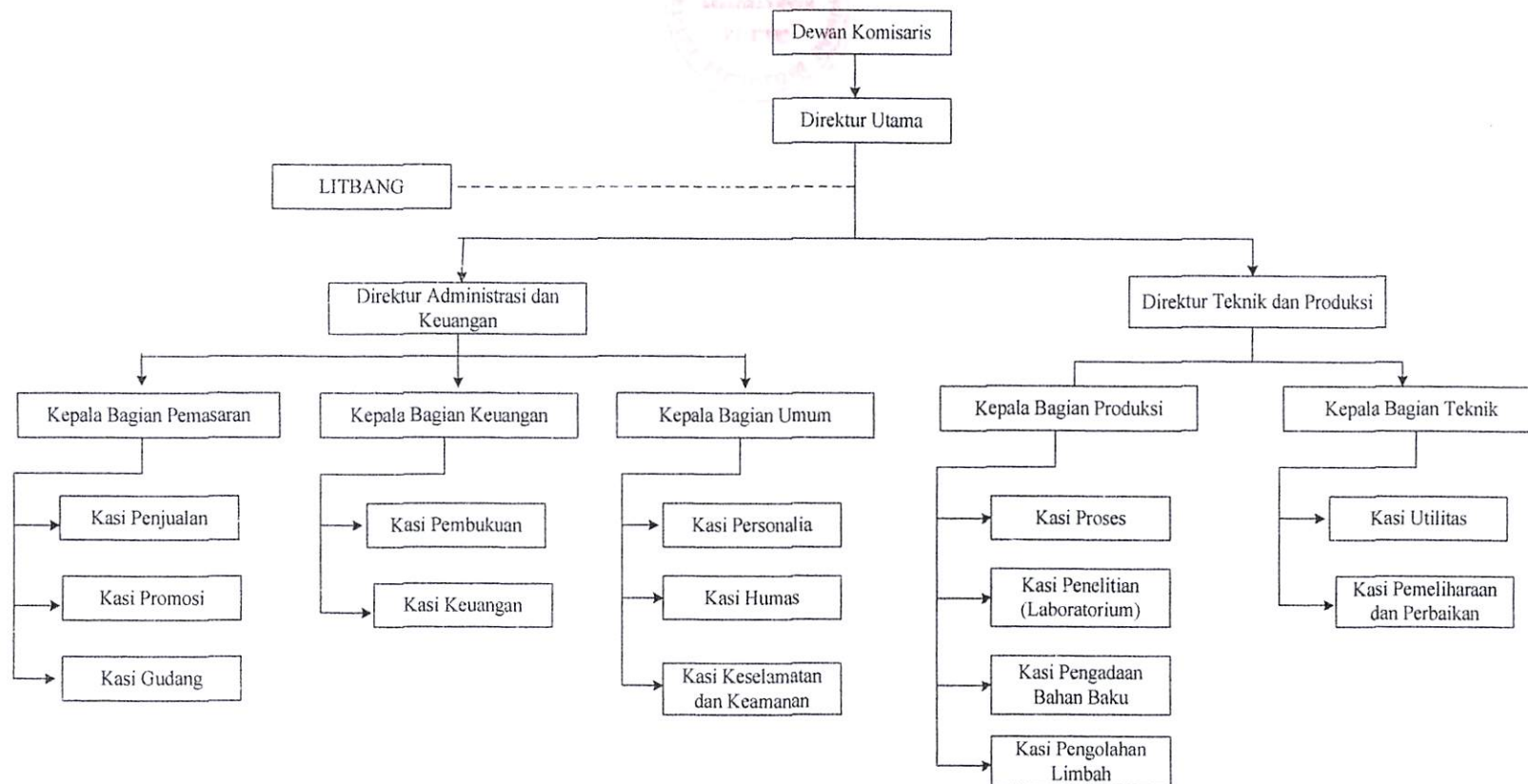
Fasilitas yang diberikan berupa seragam kerja untuk karyawan, perlengkapan keselamatan kerja (misal helm, sarung tangan, sepatu boot, kaca mata pelindung dan lain-lain), antar jemput bagi karyawan, kendaraan dinas, tempat tinggal dan lain-lain.

4. Kesehatan

Untuk keperluan ini perusahaan menyediakan poliklinik yaitu untuk pengobatan karyawan yang menderita sakit, kecelakaan kerja dan biayanya ditanggung oleh perusahaan.

5. 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 dan perintah atasan berdasarkan kondisi tertentu perusahaan.



Gambar 10.9 Struktur Organisasi Pabrik Klorobenzene



BAB XI

ANALISA EKONOMI

Dalam perencanaan suatu pabrik perlu ditinjau dari faktor-faktor ekonomi yang akan menentukan apakah pabrik tersebut layak untuk didirikan atau tidak. Faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan dalam penentuan untung-rugi dalam mendirikan pabrik Klorobenzene antara lain:

- Laju pengembalian modal (Internal Rate Of Return = IRR)
- Lama pengembalian modal (Pay Out Time = POT)
- Titik impas (Break Event Point = BEP)

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

1. Penaksiran modal investasi total (Total Capital Investment), yang terdiri atas:
 - a. Modal tetap (Fixed Capital Investment)
 - b. Modal kerja (Work Capital Investment)
2. Penentuanbiayaproduksi total (Total Production Cost), yang terdiri atas:
 - a. Biayapembuatan (Manufacturing Cost)
 - b. Biayapengeluaranumum (General Expenses)
3. Total pendapatan

A. Faktor-faktorPenentuPendirianPabrik Klorobenzen

1). Modal Investasi Total (Total Capital Investment = TCI)

Modal Investasi Total adalah modal yang dibutuhkan untuk mendirikan pabrik sebelum beroperasi, terdiri dari :

1. Fixed Capital Investment (FCI) :
 - a. Biaya langsung (Direct Cost), meliputi:
 - Pembelianalat
 - Instrumentasi dan alat control
 - Perpipaan terpasang
 - Listrik terpasang
 - Tanah danbangunan
 - Fasilitas pelayanan
 - Pengembangan lahan

b. Biaya tidak langsung (Indirect Cost), meliputi:

- 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 merupakan jumlah 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:

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

2). Biaya Produksi (Total Production Cost = TPC)

Total biaya produksi adalah biaya yang digunakan untuk operasi pabrik adalah 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 dari:

a. Biaya variabel (variable cost = VC)

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

- Biaya bahan baku
- Biaya utilitas
- Biaya pengepakan

b. Biaya semi variabel (semi variable cost = SVC)

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

Biaya semi variabel terdiri dari :

- Gaji karyawan
- *Plant Overhead*
- Pemeliharaan dan perbaikan
- *Operating supplies*
- Biaya umum
- Supervisi

c. Biaya tetap (fixed cost = FC)

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

- Asuransi
- Depresiasi
- Pajak
- Bunga bank

B. PERHITUNGAN ANALISA EKONOMI

Analisa ekonomi dilakukan untuk mengetahui pabrik tersebut layak atau tidak untuk didirikan. Pabrik Klorebenzene didirikan dengan kapasitas 15.000 ton/tahun. Secara garis besar perhitungan analisa ekonomi adalah sebagai berikut :

1. Penentuan Total Capital Investment (TCI)

- a. Biaya langsung (DC) = 151.492.020.262,52
- b. Biaya tak langsung (IC) = 30.298.404.052,50

c. Fixed Capital Investment (FCI) = 181.790.424.315,02

d. Modal kerja (WCI) = 27.268.563.647,25

maka TCI = 209.058.987.962

2. Penentuan Total Production Cost (TPC)

a. Biaya produksi langsung (DPC) = 311.548.589.819

b. Biaya tetap (fixed cost/FC) = 62.026.892.776

c. Biaya overhead = 9.232.321.216

d. Biaya umum (general expenses) = 40.968.773.793

Maka TPC = 429.684.465.481

3. Laba Perusahaan

Total penjualan = 563.231.740.766

Pajak penghasilan = 53.418.910.144

Laba kotor = 133.547.275.286

Laba bersih = 80.128.365.171

Cash Flow (CA) = 98.307.407.602

4. Analisa Profitabilitas

A. POT (Pay Out Time)

POT = 2,6 tahun

B. ROI (Rate On Investment)

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

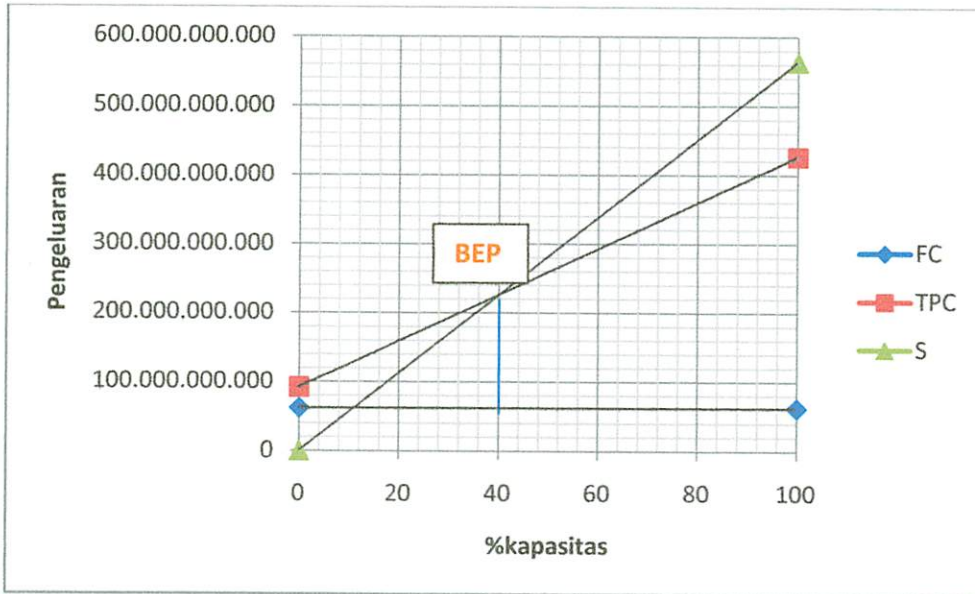
- ROI setelah pajak = 63,88%

- ROI sebelum pajak = 38,33%

C. BEP (Break Event Point)

BEP adalah titik dimana jika kapasitas pabrik berada pada titik tersebut maka Perusahaan tidak untung dan tidak rugi atau harga penjualan sama dengan biaya produksi. Nilai BEP = 39,99%

KurvaBEP :



F. IRR (Internal Rate Of Return)

$$IRR = 27,52 \%$$

Karena IRR lebih besar dari bunga bank (15 %) maka pabrik Klorobenzene layak untuk didirikan



BAB XII

KESIMPULAN

Kesimpulan Pra Rencana Pabrik Klorobenzen antara lain:

1. Segi teknik

Proses pembuatan Klorobenzen ini cukup menguntungkan, dengan kondisi operasi rendah dapat menghasilkan produk Klorobenzen dengan kemurnian yang sangat tinggi dan dengan aspek ekonomi investasi yang sangat rendah.

2. Segi sosial

- a. Menciptakan lapangan kerja terutama bagi penduduk sekitar lokasi pabrik.
- b. Meningkatkan pendapatan perkapita daerah sekitar lokasi pabrik.

3. Segi lokasi pabrik

- a. Pengadaan bahan baku dan bahan bakar disuplai dari PT. Pertamina Balongan.
- b. Tersedianya air sungai yang memadai untuk memenuhi semua keperluan pabrik, yaitu sungai Cimanuk Baru. Sungai Cimanuk termasuk sungai terbesar didaerah Indramayu.
- c. Penyediaan sumber tenaga listrik yang cukup.
- d. Dekat dengan pelabuhan.

4. Segi kegunaan

- Klorobenzen banyak digunakan sebagai pelarut titik didih tinggi dalam sintesis organik serta banyak digunakan pada aplikasi industri untuk memproduksi zat warna, herbisida, fenol dan masih banyak aplikasi industri lainnya.
- Dapat mengurangi kebutuhan impor klorobenzen yang selama ini masih diimpor dari negar Jepang, India, Amerika, Jerman, Korea, Cina dan Malaysia.

5. Setelah dilakukan analisa ekonomi terhadap Pra Rencana Pabrik Klorobenzen Segi ekonomi

Dari segi ekonomisebagai berikut:

a. Rate of Return (ROI)

- | | | |
|---------------------|---|--------|
| - ROI sebelum pajak | = | 63,88% |
| - ROI setelah pajak | = | 38,33% |

b. Internal Rate of Return (IRR) = 27,52 %

Nilai IRR ini lebih besar dari pada bunga bank yaitu 15%

c. Pay Out Time (POT) = 2,6 tahun

d. BEP (Break Event Point) = 39,99%

Dilihat dari berbagai aspek tersebut maka dapat disimpulkan bahwa Pabrik Klorobenzen dengan kapasitas 15.000 ton/tahun ini layak didirikan.



DAFTAR PUSTAKA

1. Atlanta Georgia, 2007, *Public Health Statment*.
<http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp131.pdf> diakses tanggal 12 Februari 2013
2. Badan Pusat Statistik, 2012, www.bps.go.id
3. Brownell E. Lloyd. 1959. *Process Equipment Design*. Jhon Willey and Sons Inc, New Delhi, India.
4. Chemical Engineering. April 2013. *Evaluating Capital Cost Estimation Programs*.
5. Coulson, J.M., & Richardson, J.F. 1993. *Chemical Engineering*. 2nd edition. Pergamon Press.
6. Geankoplis, C. 1993. *Transport Process and Unit Operations*. 3rd edition. New Jersey : Prentice Hall. Inc.
7. Hesse, H.C. and Rushton, J.H. 1981. *Process Equipment Design*”, D. Van Nostrand Co. New Jersey.
8. Kementerian Perindustrian Indonesia, 2012
9. Kern, D.Q. 1965. *Process Heat Transfer*. Japan : McGraw Hill Book Co.
10. Keyes, “*Industrial Chemicals*” 4nd ed, John Willey and Son inc, New York, 19650
11. Kirk Othmer, “*Encyclopedia of Chemical Technology*”, Vol 5, 2nd ed, John Willey and Son inc, New York, 1961
12. Kusnarjo. 2010. *Desain Alat Pemindah Panas dan Ekonomi Teknik*.
13. Material Safety Data Sheet, 2012, Science Lab.com
14. National Biomonitoring Program, 2013. *Chlorobenzenes*,
[http://www.cdc.gov/biomonitoring/Chlorobenzenes Biomonitoring Summary.html](http://www.cdc.gov/biomonitoring/Chlorobenzenes_Biomonitoring_Summary.html)
diakses tanggal 12 Februari 2013
15. Perry, R. J. and Green, D. 1999. *Chemical Engineering Handbook*. 7th edition, Singapore: McGraw Hill Book Co. Inc.
16. Peter S. and Timmerhause. 1991. *Plant Design and Economic to Chemical Engineering*, 4th Edition, McGraw Hill, Singapore.
17. Smith, J.M, and Van Ness H.C. 1959. *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamic*, 2nd Edition, McGraw Hill Book Company, New York.
18. Ulrich, G.D. 1984. *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. John Willey and Sons, Inc, Canada.

19. Vilbrand, D. 1959. *Chemical Engineering Plant Design*. 4th edition. McGraw Hill, Tokyo.
20. Wisegeek Clear Answer For Common Question, 2013, *What is Chlorobenzene*
<http://www.wisegeek.com/what-is-chlorobenzene.htm> diakses tanggal 12 Februari 2013