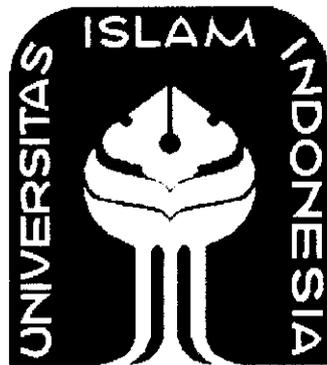


**PRA RANCANGAN  
PABRIK ALLYL CHLORIDE  
DARI PROPYLENE DAN CHLORINE  
KAPASITAS 18.000 TON/TAHUN**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia  
Jurusan Teknik Kimia**



oleh :

Nama : Azjar

No. Mahasiswa : 02 521 244

**KONSENTRASI TEKNIK KIMIA  
JURUSAN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA  
2008**

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL TUGAS AKHIR PRA RANCANGAN PABRIK

Saya yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Azjar  
No. Mahasiswa : 02 521 244

Menyatakan bahwa seluruh hasil penelitian ini adalah hasil karya saya sendiri. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa ada beberapa bagian dari karya ini adalah bukan hasil karya sendiri, maka saya siap menanggung resiko dan konskuensi apapun.

Demikian pernyataan ini saya buat, semoga dapat dipergunakan sebagai mana mestinya.

Yogyakarta, 13 Juni 2008

---

Azjar

# LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

## PRA RANCANGAN PABRIK ALLYL CHLORIDE DARI PROPYLENE DAN CHLORINE KAPASITAS 18.000 TON/TAHUN

### TUGAS AKHIR

oleh :

Nama : Azjar  
No. Mahasiswa : 02 521 244

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

Yogyakarta, 30 Juni 2008

Tim Penguji,

Arif Hidayat, ST., MT.

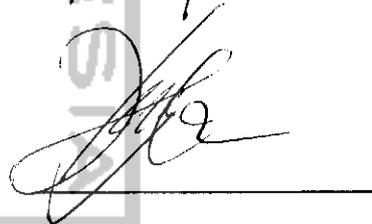
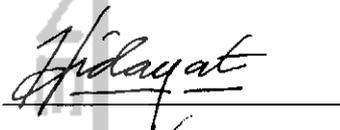
Ketua

Dalyono, S.Teks., MSI.

Anggota I

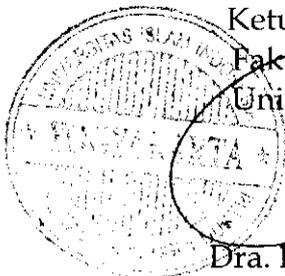
Ir. Djaka Hartaja, MM.

Anggota II



Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Kimia  
Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Islam Indonesia



Dra. Hj. Kamariah Anwar, MS.

## KATA PENGANTAR

Segala puja dan puji bagi Allah *Subhanahu wa Ta'ala*, hanya kepada-Nya-lah kita memohon pertolongan dan keampunan atas dosa-dosa kita. Dan hanya kepada-Nya kita berlindung dari segala kejahatan amal perbuatan kita. Tidak ada kesesatan bagi orang yang telah mendapat petunjuk-Nya, dan tidak seorangpun yang mampu memberikan petunjuk bagi orang-orang yang disesatkan-Nya. Aku bersaksi bahwa tiada Tuhan melainkan hanya Allah Yang tiada sekutu bagi-Nya. Dan aku bersaksi bahwa Muhammad *Shallallahu 'Alaihi wa Sallam* adalah seorang hamba dan utusan Allah *Subhanahu wa Ta'ala*.

Kegiatan Tugas Akhir ini dilakukan disamping sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada jurusan Teknik Kimia juga bertujuan agar mahasiswa dapat menerapkan ilmu yang telah didapat di bangku kuliah dengan melakukan Tugas Akhir tentang hal-hal yang berkaitan dengan Teknik Kimia dengan judul PRA RANCANGAN PABRIK ALLYL CHLORIDE DARI PROPYLENE DAN CHLORINE KAPASITAS 18.000 TON/TAHUN.

Dalam pelaksanaan Tugas Akhir ini banyak hal yang dapat diperoleh, diantaranya memahami proses produksi yang terjadi di suatu

pabrik yang akan didirikan serta memahami proses-proses yang akan terjadi selanjutnya dan mengetahui unit-unit pendukung pabrik.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu kami :

1. Bapak Fathul Wahid, ST., M.Sc. Selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
2. Ibu Dra. Hj. Kamariah Anwar, MS. Selaku Ketua Jurusan FTI UII
3. Arif Hidayat, ST.,MT. Selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
4. Tim Penguji. Selaku penguji Tugas Akhir.
5. Seluruh Dosen, Staf dan Karyawan di Universitas Islam Indonesia.
6. Semua pihak yang ikut membantu dalam penyusunan laporan ini.

Kami menyadari masih adanya kekurangan dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini karena keterbatasan pengetahuan dan pengalaman kami. Untuk itu kami mengharapkan kritik dan saran dari pembaca demi sempurnanya laporan ini. Semoga laporan Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak, terutama bagi saya selaku penyusun. Amien.

Yogyakarta, 13 Juni 2008

Penyusun

## DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL	i
LEMBAR KEASLIAN TA PRA RANCANGAN PABRIK	ii
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
ABSTRACT	xii
ABSTRAKSI	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tinjauan Pustaka	5
BAB II PERANCANGAN PRODUK	11
2.1. Spesifikasi Bahan Baku	11
2.2. Spesifikasi Bahan Pembantu	12
2.3. Spesifikasi Produk Utama	12
2.4. Spesifikasi Produk Samping	13
2.5. Pengendalian Kualitas	14

2.6.	Pengendalian Kuantitas	18
2.7.	Pengendalian Waktu	18
2.8.	Pengendalian Bahan Proses	18
<b>BAB III</b>	<b>PERANCANGAN PROSES</b>	<b>19</b>
3.1.	Uraian Proses	19
3.2.	Spesifikasi Alat Produk	24
3.3.	Perencanaan Produksi	56
3.4.	Perancangan Produksi	59
<b>BAB IV</b>	<b>PERANCANGAN PABRIK</b>	<b>71</b>
4.1.	Lokasi Pabrik	71
4.2.	Tata Letak Pabrik	73
4.3.	Tata Letak Alat Proses	76
4.4.	Unit Pendukung Proses (Utilitas)	78
4.5.	Organisasi Perusahaan	120
4.6.	Evaluasi Ekonomi	128
<b>BAB V</b>	<b>PENUTUP</b>	<b>150</b>
	<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>xiv</b>
	<b>LAMPIRAN</b>	<b>xvi</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1.	Data jumlah impor <i>allyl chloride</i>	4
Tabel 1.2.	Daftar pabrik <i>allyl chloride</i>	4
Tabel 1.3.	<i>Adiabatic operation</i>	10
Tabel 3.1.	Neraca massa total	60
Tabel 3.2.	Neraca massa reaktor (R-01)	61
Tabel 3.3.	Neraca massa separator (SP-03)	61
Tabel 3.4.	Neraca massa absorber (AB-01)	62
Tabel 3.5.	Neraca massa menara distilasi (MD-01)	63
Tabel 3.6.	Neraca panas <i>heat exchanger</i> (HE-01)	63
Tabel 3.7.	Neraca panas <i>heat exchanger</i> (HE-02)	64
Tabel 3.8.	Neraca panas <i>heat exchanger</i> (HE-03)	64
Tabel 3.9.	Neraca panas <i>heat exchanger</i> (HE-04)	65
Tabel 3.10.	Neraca panas <i>cooler</i> (CL-01)	66
Tabel 3.11.	Neraca panas <i>cooler</i> (CL-02)	66
Tabel 3.12.	Neraca panas <i>cooler</i> (CL-03)	67
Tabel 3.13.	Neraca panas <i>waste heat boiler</i> (WHB-01)	67
Tabel 3.14.	Neraca panas <i>waste heat boiler</i> (WHB-02)	68
Tabel 3.15.	Neraca panas <i>condensor</i> (CD-01)	69
Tabel 3.16.	Neraca panas <i>condensor</i> (CD-02)	69

Tabel 3.17.	Neraca panas <i>reboiler</i> (RB-01)	70
Tabel 4.1.	Kebutuhan air pendingin (kg/jam)	92
Tabel 4.2.	Kebutuhan air pmbangkit <i>steam</i> (kg/jam)	93
Tabel 4.3.	Kebutuhan air untuk proses (kg/jam)	94
Tabel 4.4.	Kebutuhan air secara keseluruhan (kg/jam)	95
Tabel 4.5.	Kebutuhan listrik alat proses	96
Tabel 4.6.	Sumber tenaga alat utilitas	97
Tabel 4.7.	Jumlah karyawan dan tingkat pendidikan	124
Tabel 4.8.	Gaji karyawan	127
Tabel 4.9.	Indeks harga alat pada berbagai tahun	131
Tabel 4.10.	Daftar komponen Modal Tetap	137
Tabel 4.11.	Daftar komponen Modal Kerja	139
Tabel 4.12.	Daftar komponen <i>Direct Manufacturing Cost</i>	141
Tabel 4.13.	Daftar komponen <i>Indirect Manufacturing Cost</i>	142
Tabel 4.14.	Daftar komponen <i>Fixed Manufacturing Cost</i>	143
Tabel 4.15.	Kompanen <i>Total Manufacturing Cost</i>	143
Tabel 4.16.	Daftar komponen <i>General Expense</i>	145

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1.	<i>Plant layout</i> tata letak pabrik <i>allyl chloride</i>	75
Gambar 4.2.	Hubungan indeks harga vs tahun	131
Gambar 4.3	Grafik hasil perhitungan analisis ekonomi	148
Lampiran	Gambar struktur organisasi pabrik	xvii
Lampiran	Gambar tata letak alat proses	xviii
Lampiran	Gambar detail reaktor alir pipa <i>single tube</i>	xix
Lampiran	Diagram alir utilitas	xxvi
Lampiran	PEFD	xxvii
Lampiran	Diagram alir kualitatif	xxviii
Lampiran	Diagram alir kuantitatif	xxix

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
الرَّبِيعَةُ الرَّابِعَةُ  
الرَّبِيعَةُ الرَّابِعَةُ

## ABSTRACT

*The preliminary plant design of allyl chloride from propylene and chlorine with capacity of 18.000 ton/year is planned to be built in Cilegon, Banten in the area of land 27.945 m<sup>2</sup>. The chemical plant will be operated for 330 days/year, 24 hour a day with total 188 employes.*

*The plant requires propylene 7.463,742 kg/hour, chlorine of about 3.007,366 kg/hour. The production process will be operated at temperature of 250 °C, at pressure of 1,5 atm with total conversion of 98%. The utility needed consist of 9.234 kg/hour of water, 3.362,852 kg/hour of steam, 1.141,68 Kwh of electricity and 883,21 liter/hour of fuel.*

*The economic analysis shows that this chemical plant need fixed capital of about US\$ 26.255.484,08 and working capital of about US\$ 20.290.515.116,674. The profit before tax is US\$ 18.681.320.686,533 while profit after tax is US\$ 1.2119.989.968,938. Percentage of Return on Investment (ROI) before tax is 71,15% while after tax is 34,15%. Pay Out Time (POT) before tax is 1,32 years while after tax is 2,26 years. The value of Break Even Point (BEP) is about 43,48%, while Shut Down Point (SDP) is 18,85%. The value of Discontinued Cash Flow (DCF) is about 21,25 %. From an economic evaluation result, it can be concluded that allyl chloride plant is fensable to be vestabllished.*

## ABSTRAKSI

Pra rancangan pabrik allil kloride dengan kapasitas 18.000 ton/tahun direncanakan akan didirikan di Cilegon, Banten dengan luas area tanah 27.945 m<sup>2</sup>. Pabrik ini direncanakan akan beroperasi dalam 330 hari/tahun atau 24 jam sehari dengan total karyawan 188 orang.

Untuk mereaksikan di butuhkan propilen sebanyak 7.463,742kg/jam, bahan pembantu klorin sebanyak 3.007,366 kg/jam. Proses produksi akan beroperasi pada suhu 250 °C, tekanan 1,5 atm dengan total konversi 98%. Utilitas membutuhkan pasokan 9.234 kg/jam air, 3.362,852 kg/jam steam, 1.141,68 Kwh listrik, dan 883,21 liter/jam bahan bakar.

Dari hasil analisa ekonomi pra rancangan pabrik allil kloride, diperoleh modal tetap sebesar Rp 262.554.840,8. Modal kerja sebesar Rp 202.905.151.166,74. Keuntungan sebelum pajak Rp 186.813.206.865,33 dan keuntungan sesudah pajak Rp 121.199.899.689,38. Sementara itu percent return of investment (ROI) sebelum pajak 71,15%, dan sesudah pajak 34,15%. Pay out time (POT) sebelum pajak adalah 1,32 tahun dan sesudah pajak 2,26 tahun. Break even point (BEP) sebesar 43,38% . Shut down point (SDP) sebesar 18,85% dan discontinued cash flow rate (DCFR) sebesar 21,25%. Berdasarkan perhitungan ekonomi maka dapat disimpulkan bahwa pabrik allil kloride ini layak untuk didirikan.

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Perkembangan Industri di Indonesia, khususnya industri kimia dari tahun ke tahun semakin berkembang dan mengalami peningkatan baik kuantitas maupun kualitas. Hal ini sebagai akibat dari kebutuhan bahan baku dan juga bahan pembantu yang semakin meningkat.

Dengan semakin berkembangnya industri elektronika dan industri *polymer* akhir-akhir ini, kebutuhan bahan baku untuk proses pembuatan PCB (*Poly Chlorinated Benzene*) dan kebutuhan bahan baku dalam proses pembuatan *polymer* juga semakin meningkat. Salah satu bahan baku pembuatan PCB dan *polymer* adalah *allyl chloride*.

Industri *allyl chloride* termasuk dalam industri yang bernilai strategis, artinya dengan pendirian pabrik ini mampu menumbuhkan inovasi pembangunan industri, sebagai produk antara yang dibutuhkan pada berbagai industri, misalnya, bahan-bahan kimia untuk industri *electroplating*, farmasi, *allyl isosianat*, *allyl amina*, *allyl sulfonat*, *ephichlorohydrin*, *ion exchange resin*, *thermosetting resin*, *fungigant*, plester, *mustard oil*, insektisida,

*fragrance, flavor chemicals*, bahan *adhesive* pembuatan *paper*, industri kimia dan lain lain. Dengan demikian dapat meningkatkan dan merangsang pertumbuhan industri di Indonesia, sehingga dapat mengurangi masalah pengangguran di Indonesia.

Prarancangan pabrik *allyl chloride* ini mencoba memberi petunjuk sedini mungkin dalam pengambilan keputusan atau kebijaksanaan yang realistis pada pendirian pabrik *allyl chloride* terutama dari aspek teknis, manajemen, ekonomi, dan finansial. Aspek teknis meliputi perencanaan, kapasitas, desain pabrik, pemilihan lokasi pabrik, serta peralatan pembuatan *allyl chloride* yang sesuai dengan proses dan kapasitas pabrik. Aspek ekonomi dan finansial meliputi permodalan yang diperlukan untuk pendirian pabrik, keuangan, serta kelayakan ekonomi yang terkait dengan situasi moneter di Indonesia atau di dunia.

Aspek manajemen terutama mencakup organisasi perusahaan yang efektif dan efisien.

### 1.1.1. Pemilihan Kapasitas Produksi

Pendirian pabrik *allyl chloride* ini bertujuan untuk mengantisipasi kebutuhan *allyl chloride* yang semakin meningkat dan ketergantungan dari luar negeri juga dengan pertimbangan dapat membuka lapangan kerja baru serta menambah perolehan

devisa negara. Prediksi kapasitas rancangan suatu pabrik juga didasarkan pada beberapa pertimbangan yaitu ketersediaan bahan baku, kebutuhan produk dimasa yang akan datang, serta kapasitas pabrik yang sudah ada.

#### 1. Ketersediaan bahan baku

Bahan baku pembuatan *allyl chloride* yaitu *propylene* dan *chlorine* sudah banyak diproduksi pabrik-pabrik kimia dalam negeri, diantaranya adalah PT. Candra Asri dan PT. Asahimas.

#### 2. Kebutuhan produk dimasa yang akan datang

Di Indonesia belum ada pabrik *allyl chloride* yang berdiri. Maka dari itu untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, Indonesia harus mendatangkan *allyl chloride* dari luar negeri.

Menurut data BPS, kebutuhan *allyl chloride* setiap tahun semakin meningkat. Hal itu dapat dilihat dari jumlah import *allyl chloride* tiap tahun. Kebutuhan jumlah import *allyl chloride* dapat dilihat dari data jumlah import *allyl chloride* setiap tahunnya yang tertera pada tabel 1.1. dibawah ini.

Berdasarkan perubahan kebutuhan import tiap tahunnya maka diperkirakan kebutuhan import dalam negeri pada tahun 2013 sebesar 55.976 ton/tahun. Pabrik ini dirancang berkapasitas 18.000 ton/tahun sehingga dapat memenuhi

sekitar 32% dari total kebutuhan dalam negeri pada tahun 2013.

**Tabel 1.1.** Data jumlah impor *allyl chloride*

Tahun	Jumlah Impor (ton)
1999	8.557
2000	10.985
2001	14.450
2002	18.986
2003	21.729
2004	25.538

Sumber : "Statistik Perdagangan Luar Negeri," BPS, 1999 - 2004

Selain data dari BPS, beberapa pabrik *allyl chloride* yang ada di dunia juga bisa dijadikan acuan dalam penentuan kapasitas pabrik yang akan didirikan.

**Tabel 1.2.** Daftar pabrik *allyl chloride*

No.	Lokasi	Kapasitas/tahun
1.	La Nueva Cantina, Mexico	20.000 ton
2.	Thai Organics, Thailand	20.000 ton

( <http://www.che.cemr.wvu.edu/publications/projects/allyl/> )

( <http://www.tocc.co.th/capacity/htm> )

Berdasarkan dari data BPS dan pabrik yang sudah berdiri di luar negeri, maka rencananya pabrik yang akan kami dirikan berkapasitas 18.000 ton/tahun.

## 1.2. Tinjauan Pustaka

*Allyl chloride* merupakan hasil klorinasi dari *propylene*. *Allyl chloride* mempunyai rumus molekul  $C_3H_5Cl$  dengan berat molekul 76,5 gr/mol. *Allyl chloride* biasa digunakan sebagai produk tengahan dalam industri kimia.

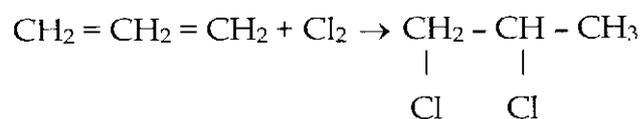
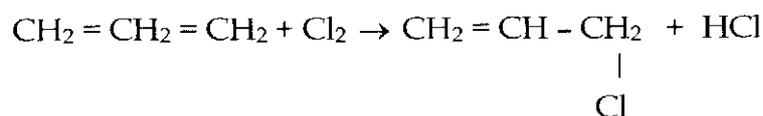
*Allyl chloride* dapat dibuat dengan beberapa proses. Untuk menentukan proses yang paling menguntungkan, kita tinjau beberapa proses pembuatan *allyl chloride*.

Macam - macam proses pembuatan *allyl chloride* yaitu :

### a. Klorinasi *propylene*

*Allyl chloride* dibuat dengan mereaksikan *chlorine* dengan *propylene* pada suhu operasi  $200\text{ }^\circ\text{C} - 500\text{ }^\circ\text{C}$ .

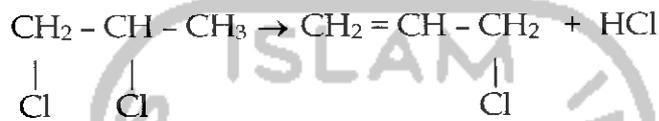
Reaksi yang terjadi :



Selektivitas pembuatan *allyl chloride* dengan klorinasi *propylene* ini berkisar antara 75% - 80% terhadap *propylene* dan 75% terhadap *chlorine*.

b. Dehidroklorinasi dari 1,2 - *dichloropropane*

Reaksi :



Proses ini kurang disukai karena selektivitas yang rendah yaitu antara 50% - 60%. Suhu operasi antara 500 °C - 600 °C.

c. Oksiklorinasi *propylene* dengan HCl

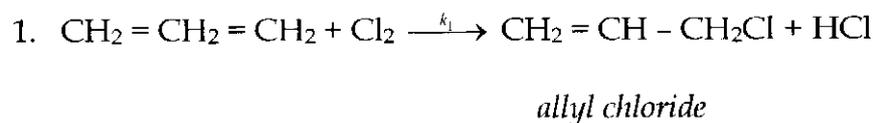
Reaksi pada proses ini dapat berjalan dengan bantuan katalis. Proses ini tidak disarankan karena *yield* rendah serta alat-alat yang digunakan sangat kompleks.

( Kirk Othmer, vol. V, 1978 )

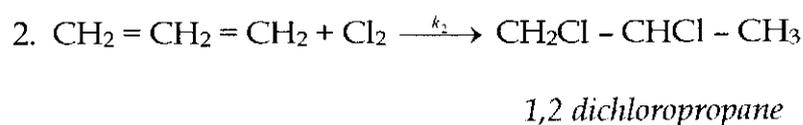
d. *Allyl chloride* proses katalitik

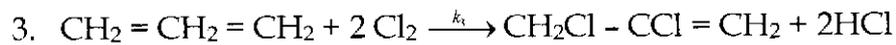
Reaksi yang terjadi pada proses ini adalah :

Untuk reaksi primer :



Untuk reaksi sekunder:





2-3 dichloropropane

Katalis yang digunakan adalah *vanadium pentoksida* ( $\text{V}_2\text{O}_5$ ) dengan densitas  $1.480 \text{ kg/m}^3$ . Pada proses yang menggunakan katalis, reaktor yang digunakan adalah reaktor *shell and tube packed bed* dengan konfigurasi yang direkomendasikan, dengan asumsi diameter partikel katalis  $d_p = 3 \text{ mm}$ , densitas partikel katalis  $\rho_{cat} = 2.000 \text{ kg/m}^3$ , rongga  $\varepsilon = 0,50$ , koefisien perpindahan panas dari reaktor ke dinding *tube*  $h = 60 \text{ W/m}^2\text{C}$ , tekanannya 40 bar. Untuk reaksi dengan katalis, suhu operasi yang digunakan antara  $(400 - 540)^\circ\text{C}$  atau  $(752 - 1004)^\circ\text{F}$ , karena di bawah suhu  $400^\circ\text{C}$  katalis tidak aktif.

( <http://www.che.cemr.wvu.edu/publications/projects/allyl> )

Dari berbagai macam proses yang dapat digunakan untuk memperoleh *allyl chloride*, maka dipilih proses yang pertama, yaitu proses klorinasi *propylene* dengan pertimbangan :

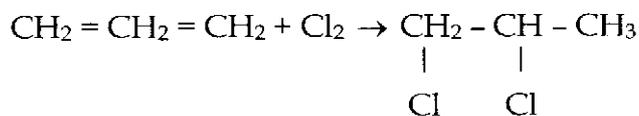
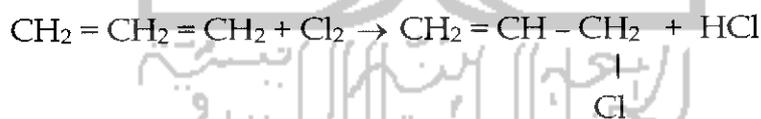
- a. Konversi tinggi
- b. Prosesnya sederhana
- c. Kemurnian dan mutu tinggi
- d. Tanpa katalis
- e. Bahan baku terdapat didalam negeri

Supaya proses bisa berjalan lancar, reaktor yang digunakan harus sesuai dengan kondisi operasi yang ada. Dalam proses ini bahan baku yang digunakan, baik *propylene* ( $C_3H_6$ ) maupun *chlorine* ( $Cl_2$ ) berupa gas sehingga mudah tercampur menjadi homogen tanpa harus diaduk serta reaksinya berlangsung tanpa menggunakan katalis. Dengan alasan ini maka reaktor yang digunakan dalam proses pembuatan *allyl chloride* ini adalah reaktor alir pipa (RAP) *mono tube/single tube*.

Supaya reaksi dapat berlangsung pada kondisi yang diinginkan dan dicapai konversi yang diharapkan, maka perlu ditinjau secara termodinamika dan kinetika reaksi yang terjadi.

### 1.2.1. Tinjauan Termodinamika

Reaksi :



Panas pembentukan pada 298 K diperoleh dari Reid, R. C., "The Properties of Gases and Liquid", ed. IV, 1978 :

$$\Delta H^{\circ}_f C_3H_6 \quad : 2,043 \cdot 10^4 \text{ kJ/kmol}$$

$$\Delta H^{\circ}_f C_3H_5Cl \quad : -6,280 \cdot 10^2 \text{ kJ/kmol}$$

$$\Delta H^{\circ}f \text{ C}_3\text{H}_6\text{Cl}_2 : -1,660 \cdot 10^5 \text{ kJ/kmol}$$

$$\Delta H^{\circ}f \text{ HCl} : -9,236 \cdot 10^4 \text{ kJ/kmol}$$

Energi Gibbs pada 298 K diperoleh dari Reid, R. C., "The Properties of Gases and Liquid", ed. IV, 1978 :

$$\Delta G^{\circ}f \text{ C}_3\text{H}_6 : 6,276 \cdot 10^4 \text{ kJ/kmol}$$

$$\Delta G^{\circ}f \text{ C}_3\text{H}_5\text{Cl} : 4,363 \cdot 10^4 \text{ kJ/kmol}$$

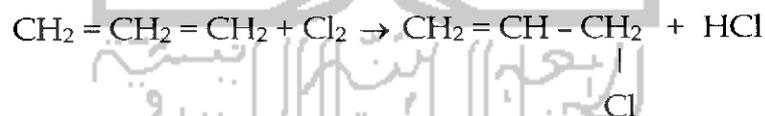
$$\Delta H^{\circ}f \text{ C}_3\text{H}_6\text{Cl}_2 : -8,315 \cdot 10^4 \text{ kJ/kmol}$$

$$\Delta H^{\circ}f \text{ HCl} : -9,533 \cdot 10^4 \text{ kJ/kmol}$$

### 1.2.2. Tinjauan Kinetika

Persamaan kecepatan reaksi antara *propylene* dan *chlorine* diperoleh dari Smith, J. M., "Chemicals Engineering Kinetics", ed. 4, 1981 :

a. Untuk reaksi



$$r_1 : k_1 \times P(\text{C}_3\text{H}_6) \times P(\text{Cl}_2)$$

$$k_1 : 206.000 \times e^{(-27.000/RT)}$$

Dengan hubungan :

$$r_1 : \text{kecepatan reaksi, lbmol/ (jam.ft}^3\text{)}$$

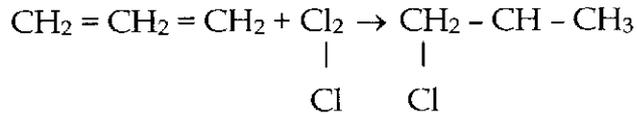
$$R : \text{konstanta gas ideal}$$

$$T : \text{suhu operasi, } ^{\circ}\text{C}$$

$P(C_3H_6)$  : tekanan parsial *propylene*, atm

$P(Cl_2)$  : tekanan parsial *chlorine*, atm

b. Untuk reaksi



$$r_2 : k_2 \times P(C_3H_6) \times P(Cl_2)$$

$$k_2 : 11,7 \times e^{(-6.860/RT)}$$

Dengan hubungan :

$r_2$  : kecepatan reaksi, lbmol/(jam.ft<sup>3</sup>)

R : konstanta gas ideal

T : suhu operasi, °C

$P(C_3H_6)$  : tekanan parsial *propylene*, atm

$P(Cl_2)$  : tekanan parsial *chlorine*, atm

Tabel 1.3. *Adiabatic operation*

Adiabatic Operation							
Conversion per mole feed			T (°R)	Conversion of Chlorine in feed			Selectivity $S_0$ = $x_1/x_2$
$X_1$	$X_2$	Total		$X_1$	$X_2$	Total	
0,0	0,0	0,0	852	0,0	0,0	0,0	-
0,0023	0,0145	0,0168	910	0,0115	0,0725	0,0840	0,16
0,0086	0,0318	0,0404	986	0,0430	0,159	0,202	0,27
0,0274	0,0514	0,0788	1100	0,137	0,257	0,394	0,53
0,0814	0,0688	0,1502	1281	0,407	0,344	0,751	1,18
0,1228	0,0739	0,1967	1390	0,614	0,369	0,983	1,66

( Smith, J. M., "Chemicals Engineering Kinetics", ed. 4, 1981 )

## BAB II

### PERANCANGAN PRODUK

#### 2.1. Spesifikasi Bahan Baku

##### 2.1.1. Chlorine ( $\text{Cl}_2$ )

Fase	: Gas
Berat molekul	: 70,90 gr/mol
Titik didih normal	: $-33,88^\circ\text{C}$ (239,12 K)
Temperatur kritis	: $144,15^\circ\text{C}$ (417,15 K)
Tekanan kritis	: 77,11 bar
Densitas	: 1,563 kg/lit pada $T = 239$ K
Kemurnian	: 99% berat (HCl 1%)
Sifat	: Beracun

##### 2.1.2. Propylene ( $\text{C}_3\text{H}_6$ )

Fase	: Gas
Berat molekul	: 41,82 gr/mol
Titik didih normal	: $-47^\circ\text{C}$ (225,5 K)
Temperatur kritis	: $92^\circ\text{C}$ (364,9 K)
Tekanan kritis	: 46,0 bar
Densitas	: 0,609 kg/lit pada $T = 223$ K
Kemurnian	: 95% berat

Sifat : Flamable

## 2.2. Spesifikasi Bahan Pembantu

### 2.2.1. Air (H<sub>2</sub>O)

Fase : Cair  
Berat molekul : 18 gr/mol  
Titik didih normal : 100,15°C (373,15 K)  
Temperatur kritis : 374,13°C (647,13 K)  
Tekanan kritis : 220,55 bar  
Densitas : 1.000 kg/lt pada T = 293 K

## 2.3. Spesifikasi Produk Utama

### 2.3.1. Allyl Chloride (C<sub>3</sub>H<sub>5</sub>Cl)

Fase : Cair  
Berat molekul : 76,5 gr/mol  
Titik didih normal : 45,3°C (318,3 K)  
Temperatur kritis : 241°C (514 K)  
Tekanan kritis : 47,6 bar  
Densitas : 0,938 kg/lt  
Kemurnian : 99% berat

## 2.4. Spesifikasi Produk Samping

### 2.4.1. Asam Chloride (HCl)

Fase	: Cair
Berat molekul	: 36,5 gr/mol
Titik didih normal	: 70°C (343 K)
Tekanan kritis	: 83,1 bar
Densitas	: 0,8244 kg/l <sup>t</sup>
Kemurnian	: 32,5% berat

### 2.4.2. 1,2 Dichloropropane (C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>Cl<sub>2</sub>)

Fase	: Cair
Berat molekul	: 117 gr/mol
Titik didih normal	: 96,5°C (369,5 K)
Temperatur kritis	: 304°C (577 K)
Tekanan kritis	: 44,5 bar
Densitas	: 1,158 kg/l <sup>t</sup>

(Yawst CL, "Chemicals Properties Handbook", Mc. Graw Hill, New York, 1999)

## 2.5. Pengendalian Kualitas

Pengendalian produksi dilakukan untuk menjaga kualitas produk yang akan dihasilkan, dan ini sudah harus dilakukan sejak dari bahan baku sampai menjadi produk. Selain pengawasan mutu bahan baku, bahan pembantu, produk setengah jadi maupun produk penunjang mutu proses. Semua pengawasan mutu dapat dilakukan analisa di laboratorium maupun menggunakan alat kontrol.

Pengendalian dan pengawasan jalannya operasi dilakukan dengan alat pengendalian yang berpusat di *control room*, dilakukan dengan cara *automatic control* yang menggunakan indikator. Apabila terjadi penyimpangan pada indikator dari yang telah ditetapkan atau diset baik itu *flow rate* bahan baku atau produk, *level control*, maupun *temperature control*, dapat diketahui dari sinyal atau tanda yang diberikan yaitu nyala lampu, bunyi alarm dan sebagainya. Bila terjadi penyimpangan, maka penyimpangan tersebut harus dikembalikan pada kondisi atau diset seperti semula baik secara manual atau otomatis.

Beberapa alat kontrol yang dijalankan yaitu kontrol terhadap aliran bahan baku serta produk dan kontrol terhadap kondisi operasi. Alat control yang harus diset pada kondisi tertentu antara lain :

❖ *Level Control*

Merupakan alat yang dipasang pada bagian atas tangki yang bertujuan untuk mendapatkan kondisi operasi yang diinginkan.

❖ *Flow Rate*

Merupakan alat yang dipasang pada aliran bahan baku, aliran masuk dan aliran keluar proses agar kondisi operasi sesuai dengan yang diinginkan.

❖ *Temperature Control*

Merupakan alat yang dipasang di dalam setiap alat proses untuk mengatur suhu agar sesuai dengan kondisi operasi yang diinginkan.

❖ *Pressure Control*

Perubahan tekanan dapat dideteksi dengan sinyal yang dapat berupa suara atau nyala lampu.

Jika pengendalian proses dilakukan terhadap kerja pada suatu harga tertentu supaya dihasilkan produk yang memenuhi standar, maka pengendalian mutu dilakukan untuk mengetahui apakah bahan baku dan produk telah sesuai dengan spesifikasi. Setelah perencanaan produksi disusun dan proses produksi

dijalankan perlu adanya pengawasan dan pengendalian produksi agar proses berjalan dengan baik.

Kegiatan proses produksi diharapkan menghasilkan produk yang mutunya sesuai dengan standard dan jumlah produksi yang sesuai dengan rencana serta waktu yang tepat sesuai jadwal, untuk itu perlu dilakukan pengendalian produksi. Penyimpangan kualitas terjadi karena mutu bahan baku tidak baik, kesalahan operasi dan kerusakan alat. Penyimpangan dapat diketahui dari hasil monitor atau analisa pada bagian laboratorium pemeriksaan.

Pengendalian kualitas (*quality control*) pada pabrik *allyl chloride* ini meliputi :

a. Pengendalian kualitas bahan baku

Pengendalian kualitas dari bahan baku dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana kualitas bahan baku yang digunakan, apakah sudah sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan untuk proses. Apabila setelah dianalisa ternyata tidak sesuai, maka ada kemungkinan besar bahan baku tersebut akan dikembalikan kepada *supplier*.

b. Pengendalian kualitas bahan pembantu

Bahan-bahan pembantu untuk proses pembuatan *allyl chloride* di pabrik ini juga perlu dianalisa untuk mengetahui sifat-sifat

fisisnya, apakah sudah sesuai dengan spesifikasi dari masing-masing bahan untuk membantu kelancaran proses.

Bahan-bahan tersebut antara lain :

- ◆ *Water*, sebagai pendingin
- ◆ *Industrial diesel oil* (IDO), sebagai bahan bakar diesel (genset)

c. Pengendalian kualitas bahan selama proses

Untuk menjaga kelancaran proses, maka perlu diadakan pengendalian atau pengawasan bahan selama proses berlangsung.

d. Pengendalian kualitas produk

Pengendalian kualitas produk dilakukan terhadap produksi *allyl chloride*.

e. Pengendalian kualitas produk pada waktu pemindahan (dari satu tempat ke tempat lain). Pengendalian kualitas yang dimaksud disini adalah pengawasan produk terutama *allyl chloride* pada saat akan dipindahkan dari tempat penyimpanan sementara ke tempat pengepakan (*packaging*), yang kemudian disimpan di tempat penyimpanan tetap (gudang).

## 2.6. Pengendalian Kuantitas

Penyimpangan kuantitas terjadi karena kesalahan operator, kerusakan mesin, keterlambatan pengadaan bahan baku, perbaikan alat terlalu lama, dan lain-lain. Penyimpangan tersebut perlu diidentifikasi penyebabnya dan diadakan evaluasi. Selanjutnya diadakan perencanaan kembali sesuai dengan kondisi perusahaan.

## 2.7. Pengendalian Waktu

Untuk mencapai kualitas tertentu perlu adanya waktu tertentu pula.

## 2.8. Pengendalian Bahan Proses

Bila ingin dicapai kapasitas produksi yang diinginkan, maka bahan proses harus mencukupi, untuk itu diperlukan pengendalian bahan proses agar tidak terjadi kekurangan.

## BAB III

### PERANCANGAN PROSES

Untuk mencapai kualitas produk yang diinginkan maka pada perancangan pabrik *allyl chloride* perlu memilih proses yang tepat agar proses produksi lebih efektif dan efisien.

#### 3.1. Uraian Proses

##### 3.1.1. Proses Produksi

Pada proses pembuatan *allyl chloride* dari bahan baku *propylene* dan *chlorine* yang merupakan proses klorinasi *propylene*, dibagi dalam tiga tahap, yaitu :

1. Tahap persiapan bahan baku
2. Tahap pembentukan produk
3. Tahap pemisahan dan pemurnian produk

##### 3.1.1.1. Tahap Persiapan Bahan Baku

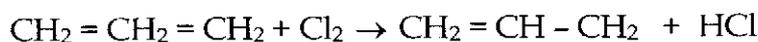
Bahan baku yang berupa *propylene* ( $C_3H_6$ ) yang mula-mula berbentuk fase cair pada suhu  $30\text{ }^\circ\text{C}$  tekanan  $12,73\text{ atm}$  sebelum masuk ke tangki penyimpanan (T-01) di pompa (P-01) dari pipa distribusi bahan baku. *Propylene* dialirkan dari tangki penyimpanan (T-01) melewati *expansion valve* (EV) untuk menurunkan

tekanannya menjadi 2,06 atm dengan suhu 30 °C menuju separator (SP-01) untuk dipisahkan uap dan cairannya. Sebelum diumpankan kedalam reaktor (R-01), uap *propylene* dicampur dengan uap *recycle* dari keluaran atas absorber (AB-01). *Propylene* dipanaskan untuk menaikkan suhu hingga mencapai 183 °C dengan mengalirkan ke *heat exchanger* (HE-01) menggunakan pemanas *steam* kemudian dipanaskan lagi untuk menaikkan suhu dengan mengalirkan ke *heat exchanger* (HE-02) dengan pemanas dari produk reaktor sampai mencapai suhu menjadi 250 °C

Bahan baku *chlorine* (Cl<sub>2</sub>) mula-mula berbentuk fase cair pada suhu 30 °C dan tekanan 8,7 atm sebelum masuk ke tangki penyimpanan (T-2) di pompa (P-02) dari pipa distribusi bahan baku. *Chlorine* dialirkan dari tangki penyimpan (T-02) melewati *expansion valve* (EV) untuk menurunkan tekanannya menjadi 2,08 atm dengan suhu 30 °C menuju separator (SP-02) untuk dipisahkan uap dan cairannya. Sebelum diumpankan kedalam reaktor (R-01), terlebih dahulu uap *chlorine* dipanaskan untuk menaikkan suhu hingga mencapai 70 °C dengan mengalirkan ke *heat exchanger* (HE-03) dengan menggunakan pemanas dari produk reaktor. Kemudian uap *chlorine* dipanaskan lagi dengan mengalirkan ke *heat exchanger* (HE-04) dengan menggunakan pemanas dari produk reaktor sampai suhu menjadi 250 °C.

### 3.1.1.2. Proses Pembentukan Produk

Proses pembuatan *allyl chloride* ( $C_3H_5Cl$ ) dari *propylene* ( $C_3H_6$ ) dan *chlorine* ( $Cl_2$ ) dapat dijelaskan sebagai berikut :



Proses *allyl chloride* ini berlangsung di dalam reaktor *single tube/mono tube* (R-01). Reaksi berlangsung pada fase gas tanpa bantuan katalisator. Reaktor bekerja dalam keadaan *eksotermis* dengan kondisi *adiabatic non isothermal* dengan tekanan 2 atm dan suhu 250 °C sampai dengan suhu 492 °C pada reaktor alir pipa *mono tube/single tube*. Karena reaksi terjadi pada *range* suhu 250 °C - 500 °C, maka tidak perlu dipakai pendingin.

Campuran gas yang keluar dari reaktor yang terdiri dari *hidrogen chloride* (HCl), *propylene* ( $C_3H_6$ ), *propane* ( $C_3H_8$ ), *chlorine* ( $Cl_2$ ), *allyl chloride* ( $C_3H_5Cl$ ), dan *1,2 dichloropropane* ( $C_3H_6Cl_2$ )

dialirkan untuk didinginkan di *Waste Heat Boiler* (WHB-01) hingga suhunya turun menjadi 300 °C dengan tekanan 1,95 atm, kemudian dialirkan untuk didinginkan kembali di *Waste Heat Boiler* (WHB-02) sampai suhu 160 °C dengan tekan 1,85 atm. Produk tersebut dialirkan untuk kemudian didinginkan di dalam *cooler* (CL-01) hingga mencapai suhu 100 °C dan kemudian dialirkan untuk diembunkan dalam *condensor* (CD-01) dengan media pendingin amoniak (NH<sub>3</sub>) hingga suhu mencapai 84 °C dan tekanan 1,5 atm. Dari *condensor* (CD-01) campuran yang berupa uap dan cairan dialirkan untuk dipisahkan dengan menggunakan separator (SP-03).

### 3.1.1.3. Tahap Pemisahan dan Pemurnian Produk

Campuran gas yang keluar dari bagian atas separator (SP-03) terdiri dari *hidrogen chloride* (HCl), *propylene* (C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>), *propane* (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>), *chlorine* (Cl<sub>2</sub>). Campuran yang keluar dari bagian bawah separator (SP-03) terdiri dari *allyl chloride* (C<sub>3</sub>H<sub>5</sub>Cl), dan *1,2 dichloropropane* (C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>Cl<sub>2</sub>). Campuran gas yang keluar dari bagian atas separator (SP-03) di kompresi dengan *compressor* (CP) hingga tekanan yang dihasilkan 3 atm dengan suhu 30 °C, kemudian dimasukkan kedalam menara absorber (AB-01) untuk menyerap *hidrogen chloride* dengan menggunakan air (H<sub>2</sub>O) sebagai media

penyerap menjadi produk. Produk yang terbentuk keluar pada bagian bawah menara absorber (AB-01) berupa larutan *hidrogen chloride* dengan suhu 30 °C dengan tekanan 2,9 atm yang kemudian dialirkan melewati *expansion valve* (EV) menuju ke tangki penyimpan (T-03) dengan suhu 30 °C tekanan 1 atm. Gas yang keluar pada bagian atas menara absorber (AB-01) berupa campuran *propylene* dan *propane* sebagian dipurging ke UPL, sebagian lagi *direcycle* sebagai umpan reaktor.

Campuran *allyl chloride* dan 1,2 *dichloropropane* yang keluar pada bagian bawah separator (SP-03) diumpankan ke menara destilasi (MD-01) dengan menggunakan pompa (P-03). Pada hasil atas menara destilasi (MD-01) sebagian dipompakan lagi sebagai *refluk* dan sebagian lagi diambil sebagai produk yaitu *allyl chloride* 98% dengan suhu 45 °C tekanan 1,5 atm. Produk ini dialirkan menggunakan pompa (P-04) untuk didinginkan di *cooler* (CL-02) dengan media pendingin air hingga suhu mencapai 30 °C dan tekanan 1 atm, kemudian disimpan dalam tangki (TP-04).

Pada hasil bawah menara destilasi (MD-01) berupa 1,2 *dichloropropane* dengan suhu 107 °C dan tekanan 1,5 atm dialirkan menggunakan pompa (P-04) untuk didinginkan di *cooler* (CL-03) dengan media pendingin air hingga suhu menjadi 30 °C dan tekanan 1 atm yang kemudian disimpan dalam tangki (T-05).

### 3.2. Spesifikasi Alat Produk

Spesifikasi peralatan pada perancangan pabrik *allyl chloride* ( $C_3H_5Cl$ ) dari bahan baku *propylene* ( $C_3H_6$ ) dan *chlorine* ( $Cl_2$ ) dengan kapasitas 18.000 ton/tahun meliputi :

#### 3.2.1. Pompa (P-01)

Fungsi : Memompa bahan baku *propylene* ( $C_3H_6$ ) dari unit pembelian ke tangki bahan mentah (T-01)

Tipe : Pompa sentrifugal

Spesifikasi pipa

NSP : 3,5 inch

Sch number : 40

ID : 3,548 inch

OD : 4 inch

Spesifikasi pompa

Kapasitas pompa : 0,007 m<sup>3</sup>/s

Head pompa

Friction head : 2,116 m

Pressure head : 0 m

Static Head : 10,5 m

Velocity head : 0,056 m

### Putaran pompa

Kecepatan putar : 314,16 rad/s

Kecepatan spesifik : 0,69 rad

### Horse power

Brake horse power : 1,508 HP

Effisiensi motor : 0,45%

Motor standar : 2 HP standard NEMA

Harga : \$ 4.500

Jumlah pompa : 2

### 3.2.2. Pompa (P-02)

Fungsi : Memompa bahan baku *chlorine* ( $\text{Cl}_2$ )  
dari unit pembelian ke tangki bahan  
mentah (T-02)

Tipe : Pompa sentrifugal

#### Spesifikasi pipa

NSP : 3 inch

Sch number : 40

ID : 3,056 inch

OD : 3,5 inch

#### Spesifikasi pompa

Kapasitas pompa : 0,007 m<sup>3</sup>/s

### Head pompa

*Friction head* : 4,74 m

*Pressure head* : 0 m

*Static Head* : 10,5 m

*Velocity head* : 0,099 m

### Putaran pompa

Kecepatan putar : 314,159 rad/s

Kecepatan spesifik : 0,597 rad

### Horse power

*Brake horse power* : 0,502 HP

Effisiensi motor : 0,82%

Motor standar : 0,75 HP standard NEMA

Harga : \$ 4.500

Jumlah pompa : 2

### 3.2.3. Pompa (P-03)

Fungsi : Memompa campuran *allyl chloride* dan *dichloropropane* dari separator (SP-03) ke menara distilasi (MD-01)

Tipe : Pompa sentrifugal

### Spesifikasi pipa

*NSP* : 2,5 inch

*Sch number* : 40  
*ID* : 2,469 inch  
*OD* : 2,875 inch

#### Spesifikasi pompa

Kapasitas pompa : 0,0026 m<sup>3</sup>/s

#### Head pompa

*Friction head* : 1,583 m  
*Pressure head* : 1,32 m  
*Static Head* : 17,91 m  
*Velocity head* : 0,0362 m

#### Putaran pompa

Kecepatan putar : 157,08 rad/s  
Kecepatan spesifik : 0,1483 rad

#### Horse power

*Brake horse power* : 1,67 HP

Effisiensi motor : 0,82%

Motor standar : 2 HP standard NEMA

Harga : \$ 5.700

Jumlah pompa : 2

### 3.2.4. Pompa (P-04)

Fungsi : Memompa embunan dari akumulator (AC-01) menara distilasi (MD-01) ke puncak menara distilasi (MD-01) dan tangki penyimpan (T-04)

Tipe : Pompa sentrifugal

Spesifikasi pipa

*NSP* : 2 inch

*Sch number* : 40

*ID* : 2,067 inch

*OD* : 2,376 inch

Spesifikasi pompa

Kapasitas pompa : 0,0026 m<sup>3</sup>/s

Head pompa

*Friction head* : 2,385 m

*Pressure head* : 1,374 m

*Static Head* : 24,49 m

*Velocity head* : 0,0354 m

Putaran pompa

Kecepatan putar : 157,08 rad/s

Kecepatan spesifik : 0,159 rad

*Horse power*

<i>Brake horse power</i>	: 0,98 HP
Effisiensi motor	: 0,82%
Motor standar	: 1 HP standard NEMA
Harga	: \$ 5.700
Jumlah pompa	: 2

### 3.2.5. Pompa (P-05)

Fungsi : Memompa campuran *allyl chloride* dan *dichloropropane* dari reboiler (RB-01) ke tangki penyimpan hasil (T-05)

Tipe : Pompa sentrifugal

Spesifikasi pipa

*NSP* : 1,5 inch

*Sch number* : 40

*ID* : 1,61 inch

*OD* : 1,9 inch

Spesifikasi pompa

Kapasitas pompa : 0,001 m<sup>3</sup>/s

Head pompa

*Friction head* : 2,81 m

*Pressure head* : -13,66 m

*Static Head* : 17,29 m

*Velocity head* : 0,023 m

#### Putaran pompa

Kecepatan putar : 157,08 rad/s

Kecepatan spesifik : 0,351 rad

#### *Horse power*

*Brake horse power* : 0,16 HP

Effisiensi motor : 0,82%

Motor standar : 0,5 HP standard NEMA

Harga : \$ 4.500

Jumlah pompa : 2

#### 3.2.6. Pompa (P-06)

Fungsi : Memompa bahan HCl sebagai produk samping dari tangki penyimpanan (T-03) ke mobil penjualan

Tipe : Pompa sentrifugal

#### Spesifikasi pipa

*NSP* : 3 inch

*Sch number* : 40

*ID* : 3,068 inch

*OD* : 3,5 inch

#### Spesifikasi pompa

Kapasitas pompa	: 0,007 m <sup>3</sup> /s
Head pompa	
<i>Friction head</i>	: 4,34 m
<i>Pressure head</i>	: 0 m
<i>Static Head</i>	: 4,2 m
<i>Velocity head</i>	: 0,099 m
Putaran pompa	
Kecepatan putar	: 314,16 rad/s
Kecepatan spesifik	: 22,95 rad
Horse power	
<i>Brake horse power</i>	: 0,88 HP
Efisiensi motor	: 0,82%
Motor standar	: 1 HP standard NEMA
Harga	: \$ 4.500
Jumlah pompa	: 2

### 3.2.7. Pompa (P-07)

Fungsi	: Memompa <i>allyl chloride</i> (C <sub>3</sub> H <sub>5</sub> Cl) sebagai produk utama dari tangki penyimpanan (T-05) ke mobil penjualan
Tipe	: Pompa sentrifugal
Spesifikasi pipa	

*NSP* : 3,5 inch  
*Sch number* : 40  
*ID* : 3,548 inch  
*OD* : 4 inch

#### Spesifikasi pompa

Kapasitas pompa : 0,007 m<sup>3</sup>/s

#### Head pompa

*Friction head* : 2,31 m

*Pressure head* : 0 m

*Static Head* : 4,2 m

*Velocity head* : 0,056 m

#### Putaran pompa

Kecepatan putar : 314,16 rad/s

Kecepatan spesifik : 1,13 rad

#### Horse power

*Brake horse power* : 0,53 HP

Effisiensi motor : 0,82%

Motor standar : 1 HP standard NEMA

Harga : \$ 4.500

Jumlah pompa : 2

### 3.2.8. Pompa (P-08)

Fungsi : Memompa 1,2 *dichloropropane* ( $C_3H_6Cl_2$ ) sebagai produk samping dari tangki penyimpanan (T-04) ke mobil penjualan

Tipe : Pompa sentrifugal

Spesifikasi pipa

*NSP* : 3 inch

*Sch number* : 40

*ID* : 3,068 inch

*OD* : 3,5 inch

Spesifikasi pompa

Kapasitas pompa : 0,007 m<sup>3</sup>/s

Head pompa

*Friction head* : 5,13 m

*Pressure head* : 0 m

*Static Head* : 4,2 m

*Velocity head* : 0,099 m

Putaran pompa

Kecepatan putar : 314,16 rad/s

Kecepatan spesifik : 0,861 rad

*Horse power*

<i>Brake horse power</i>	: 0,821 HP
Effisiensi motor	: 0,82%
Motor standar	: 1 HP standard NEMA
Harga	: \$ 4.500
Jumlah pompa	: 2

### 3.2.9. Accumulator (AC-01)

Fungsi	: Menampung sementara embunan yang keluar dari kondensor (CD-02) hasil atas menara distilasi (MD-01) yang akan dijadikan reflux dan sebagian lagi akan masuk sebagai produk utama <i>allyl chloride</i>
Tipe	: Tangki silinder horizontal
Waktu tinggal	: 10 menit
Dimensi accumulator	
Diameter	: 0,8 m
Panjang	: 2,4 m
Volume	: 1,21 m <sup>3</sup>
Bahan konstruksi	: <i>Carbon steel SA-285, grade C</i>
Tebal shell	: 3/16 inch
Harga	: \$ 1.500

Jumlah : 1

### 3.2.10. Condensor (CD-01)

Fungsi : Mengembunkan sebagian produk yang keluar reaktor (R-01) yang berupa campuran HCl, C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>, C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>, Cl<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>H<sub>5</sub>Cl, C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>Cl<sub>2</sub>

Tipe : *Shell and tube condenser*

Spesifikasi shell

ID shell : 42 inch

*Baffle space* : 42 inch

Pass : 1

Jumlah pipa : 1.502 pipa

Spesifikasi tube

ID : 0,584 inch

OD : 0,75 inch

BWG : 14

Pitch : 1 inch *square pitch*

Pass : 2

Panjang pipa : 24 ft

Harga : \$ 94.300

Jumlah : 1

### 3.2.11. Condensor (CD-02)

Fungsi : Mengembunkan uap yang keluar dari puncak menara distilasi (MD-01)

Tipe : *Shell and tube condenser*

#### Spesifikasi shell

ID shell : 26 inch

*Baffle space* : 26 inch

Pass : 1

Jumlah pipa : 555 pipa

#### Spesifikasi tube

ID : 0,584 inch

OD : 0,75 inch

BWG : 14

Pitch : 1 inch *triangular pitch*

Pass : 4

Panjang pipa : 8 ft

Harga : \$ 9.000

Jumlah : 1

### 3.2.12. Cooler (CL-01)

Fungsi : Mendinginkan produk reaktor (R-01) dari suhu 130°C sampai 84 °C

menggunakan menggunakan media  
pendingin amoniak ( $\text{NH}_3$ )

Tipe : *Shell and tube heat exchanger*

#### Spesifikasi shell

ID shell : 27 inch

*Baffle space* : 5,4 inch

Pass : 4

Jumlah pipa : 550 pipa

#### Spesifikasi tube

ID : 0,584 inch

OD : 0,75 inch

BWG : 14

Pitch : 15/16 inch *triangular pitch*

Pass : 2

Panjang pipa : 12 ft

Harga : \$ 23.700

Jumlah : 1

### 3.2.13. Cooler (CL-02)

Fungsi : Mendinginkan produk atas yang  
keluar dari menara distilasi (MD-01)

dari suhu 45 °C - 30 °C dengan  
menggunakan pendingin air

Tipe : *Shell and tube heat exchanger*

#### Spesifikasi shell

ID shell : 8 inch

Baffle space : 1,6 inch

Pass : 1

Jumlah pipa : 37 pipa

#### Spesifikasi tube

ID : 0,584 inch

OD : 0,75 inch

BWG : 14

Pitch : 1 inch *triangular pitch*

Pass : 2

Panjang pipa : 8 ft

Harga : \$ 900

Jumlah : 1

#### 3.2.14. Cooler (CL-03)

Fungsi : Mendinginkan produk bawah yang  
keluar menara distilasi (MD-01) dari

suhu 107 °C - 30 °C dengan  
menggunakan pendingin air

Tipe : *Shell and tube heat exchanger*

#### Spesifikasi shell

ID shell : 10 inch

*Baffle space* : 2 inch

Pass : 2

Jumlah pipa : 56 pipa

#### Spesifikasi tube

ID : 0,584 inch

OD : 0,75 inch

BWG : 14

Pitch : 15/16 inch *triangular pitch*

Pass : 2

Panjang pipa : 8 ft

Harga : \$ 600

Jumlah : 1

### 3.2.15. Heat Exchanger (HE-01)

Fungsi : Memanaskan *propylene* ( $C_3H_6$ ) umpan  
reaktor dari suhu 30 °C - 183,483 °C

dengan media pemanas steam jenuh  
pada 200 °C

Tipe : *Shell and tube heat exchanger*

#### Spesifikasi shell

ID shell : 8 inch

Baffle space : 8 inch

Pass : 4

Jumlah pipa : 32 pipa

#### Spesifikasi tube

ID : 0,584 inch

OD : 0,75 inch

BWG : 14

Pitch : 15/16 inch *triangular pitch*

Pass : 2

Panjang pipa : 10 ft

Harga : \$ 2.800

Jumlah : 1

### 3.2.16. Heat Exchanger (HE-02)

Fungsi : Mendinginkan produk reaktor dari  
suhu 300 °C - 260 °C dan memanaskan

*propylene* ( $C_3H_6$ ) umpan reaktor  
sampai  $250\text{ }^\circ\text{C}$

Tipe : *Shell and tube heat exchanger*

#### Spesifikasi shell

ID shell : 10 inch

*Baffle space* : 10 inch

Pass : 2

Jumlah pipa : 62 pipa

#### Spesifikasi tube

ID : 0,584 inch

OD : 0,75 inch

BWG : 14

Pitch : 15/16 inch *triangular pitch*

Pass : 2

Panjang pipa : 10 ft

Harga : \$ 9.700

Jumlah : 1

### 3.2.17. Heat Exchanger (HE-03)

Fungsi : Memanaskan *chlorine* ( $Cl_2$ ) umpan  
reaktor dari suhu  $30\text{ }^\circ\text{C}$  -  $65\text{ }^\circ\text{C}$  dan

mendinginkan produk umpan reaktor

dari suhu 160 °C - 130 °C

Tipe : *Shell and tube heat exchanger*

Spesifikasi shell

ID shell : 10 inch

*Baffle space* : 2 inch

Pass : 4

Jumlah pipa : 48 pipa

Spesifikasi tube

ID : 0,584 inch

OD : 0,75 inch

BWG : 14

Pitch : 1 inch *triangular pitch*

Pass : 2

Panjang pipa : 8 ft

Harga : \$ 4.200

Jumlah : 1

### 3.2.18. Heat Exchanger (HE-04)

Fungsi : Memanaskan *chlorine* (Cl<sub>2</sub>) umpan reaktor dari suhu 65 °C - 250 °C dan

mendinginkan produk umpan reaktor

sampai 260 °C

Tipe : *Shell and tube heat exchanger*

#### Spesifikasi shell

ID shell : 16 inch

*Baffle space* : 16 inch

Pass : 1

Jumlah pipa : 187 pipa

#### Spesifikasi tube

ID : 0,584 inch

OD : 0,75 inch

BWG : 14

Pitch : 15/16 inch *triangular pitch*

Pass : 2

Panjang pipa : 10 ft

Harga : \$ 4.700

Jumlah : 1

### 3.2.19. Compressor (CP-01)

Fungsi : Menekan gas keluar dari absorber  
(AB-01) sebanyak 6.793,145 kg/jam  
dari 1,5 atm sampai 3 atm

Tipe : Kompresor sentrifugal

Spesifikasi kompresor

Kapasitas kompresor : 2.249,766 m<sup>3</sup>/jam

*Horse power*

*Brake horse power* : 139,233 HP

Effisiensi motor : 0,95%

Motor standar : 150 HP standard NEMA

Harga : \$ 73.700

Jumlah pompa : 2

### 3.2.20. Separator (SP-03)

Fungsi : memisahkan uap dan cairan yang keluar dari kondensor parsial (CD-01)

Jenis : Tangki silinder tegak dengan *ellipsoidal dished head*

Waktu tinggal : 10 menit

Dimensi separator drum

Diameter : 1,022 m

Tinggi : 2,488 m

Volume : 0,66 m<sup>3</sup>

Tebal shell : 3/16 inch

Tebal head : 3/16 inch

Bahan konstruksi : Carbon steel SA-283 grade C  
Harga : \$ 5.763  
Jumlah : 1

### 3.2.21. Separator (SP-01)

Fungsi : Memisahkan uap *propylene* ( $C_3H_6$ ) dari cairannya yang keluar dari tangki bahan (T-01) sehingga akan diperoleh uap bebas cairan sebelum diumpankan ke dalam reaktor

Jenis : Tangki silinder tegak dengan *ellipsoidal dished head*

Waktu tinggal : 5 menit

Dimensi separator drum

Diameter : 0,522 m

Tinggi : 1,83 m

Volume : 0,17 m<sup>3</sup>

Tebal shell : 5/16 inch

Tebal head : 5/16 inch

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-285 grade C*

Harga : \$ 2.651

Jumlah : 1

### 3.2.22. Separator (SP-02)

Fungsi	: Memisahkan uap <i>chlorine</i> ( $\text{Cl}_2$ ) dari cairannya yang keluar dari tangki bahan (T-02) sehingga akan diperoleh uap bebas cairan sebelum diumpankan ke dalam reaktor
Jenis	: Tangki silinder tegak dengan <i>ellipsoidal</i> <i>dished head</i>
Waktu tinggal	: 5 menit
Dimensi separator drum	
Diameter	: 0,435 m
Tinggi	: 1,52 m
Volume	: 0,097 m <sup>3</sup>
Tebal shell	: 5/16 inch
Tebal head	: 5/16 inch
Bahan konstruksi	: <i>Carbon steel SA-285 grade C</i>
Harga	: \$ 2.651
Jumlah	: 1

### 3.2.23. Tangki (T-01)

Fungsi : Menyimpan bahan baku *propylene* ( $C_3H_6$ ) sebanyak 2.056,857 kg/jam selama 15 hari

Tipe : Tangki silinder horizontal

Dimensi tangki

Diameter : 10 m

Panjang : 50 m

Volume : 3.927 m<sup>3</sup>

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA 302 grade C*

Harga : \$ 467.600

Jumlah : 2

### 3.2.24. Tangki (T-02)

Fungsi : Menyimpan bahan baku *Chlorine* sebanyak 3.007,366 kg/jam selama 15 hari

Tipe : Tangki silinder horizontal

Dimensi tangki

Diameter : 10 m

Panjang : 50 m

Volume : 3.927 m<sup>3</sup>

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA 302 grade C*  
Harga : \$ 467.600  
Jumlah : 2

### 3.2.25. Tangki (T-03)

Fungsi : Menyimpan HCl cair dengan pada suhu 30 °C dan tekanan 1 atm selama 15 hari  
Tipe : Tangki silinder vertikal  
Dimensi tangki  
Diameter : 24,384 m  
Tinggi : 9,14 m  
Volume : 642,798 m<sup>3</sup>  
Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-285 grade C*  
Harga : \$ 206.250  
Jumlah : 1

### 3.2.26. Tangki (T-04)

Fungsi : Menyimpan produk *allyl chloride* ( $C_3H_5Cl$ ) cair dengan kemurnian 98% pada suhu 30 °C dan tekanan 1 atm selama 15 hari

Tipe : Tangki silinder vertikal

Dimensi tangki

Diameter : 27,432 m

Tinggi : 12,8016 m

Volume : 5.235,2 m<sup>3</sup>

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-285 grade C*

Harga : \$ 493.200

Jumlah : 1

### 3.2.27. Tangki (T-05)

Fungsi : Menyimpan *dichloropropane* (C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>Cl<sub>2</sub>)  
cair sebagai hasil samping pada suhu  
30 °C dan tekanan 1 atm selama 15 hari

Tipe : Tangki silinder horizontal

Dimensi tangki

Diameter : 21,336 m

Tinggi : 10,9728 m

Volume : 2.122,6 m<sup>3</sup>

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA 302 grade C*

Harga : \$ 367.600

Jumlah : 1

### 3.2.28. Waste Heat Boiler (WHB-01)

Fungsi : Mendinginkan gas yang keluar dari reaktor (R-01) dengan media pendingin air dari suhu 492 °C - 300 °C

Tipe : *Shell and tube WHB*

#### Spesifikasi shell

ID shell : 10 inch

*Baffle space* : 10 inch

Pass : 1

Jumlah pipa : 62 pipa

#### Spesifikasi tube

ID : 0,584 inch

OD : 0,75 inch

BWG : 14

Pitch : 15/16 inch *triangular pitch*

Pass : 2

Panjang pipa : 8 ft

Harga : \$ 32.000

Jumlah : 1

### 3.2.29. Waste Heat Boiler (WHB-02)

Fungsi : Mendinginkan gas yang keluar dari reaktor (R-01) dengan media pendingin air dari suhu 260 °C - 160 °C

Tipe : *Shell and tube WHB*

#### Spesifikasi shell

ID shell : 10 inch

*Baffle space* : 10 inch

Pass : 1

Jumlah pipa : 62 pipa

#### Spesifikasi tube

ID : 0,584 inch

OD : 0,75 inch

BWG : 14

Pitch : 15/16 inch *triangular pitch*

Pass : 2

Panjang pipa : 8 ft

Harga : \$ 32.000

Jumlah : 1

### 3.2.30. Reboiler (RB-01)

Fungsi : Menguapkan sebagian cairan yang keluar dari dasar menara distilasi (MD-01) dan mengembalikan uap ke dalam menara distilasi (MD-01)

Tipe : *Kettle reboiler*

#### Spesifikasi shell

ID shell : 18 inch

*Baffle space* : 18 inch

Pass : 1

Jumlah pipa : 212 pipa

#### Spesifikasi tube

ID : 0,584 inch

OD : 0,75 inch

BWG : 14

Pitch : 1 inch *triangular pitch*

Pass : 2

Panjang pipa : 8 ft

Harga : \$ 24.200

Jumlah : 1

### 3.2.31. Absorber (AB-01)

Fungsi : Menyerap HCl yang berasal dari separator (SP-03) dengan media penyerap air

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-285 grade C*

Bentuk : *Tower packing*

Jenis : *Berl saddles*

Nominal size : 38 mm (1,5 inch)

Metode : *Random packing*

Kondisi operasi

Tekanan : 3 atm

Suhu masuk : 30 °C

Suhu keluar : 32 °C

Tinggi menara : 18,47 m

Diameter menara : 0,965 m

Tebal dinding : 11/16 inch

Tebal head : 11/16 inch

Jumlah : 1

Harga : \$ 64.838

### 3.2.32. Menara Distilasi (MD-01)

Fungsi : Memisahkan *allyl chloride* ( $C_3H_5Cl$ )  
dengan *dichloropropane* ( $C_3H_6Cl_2$ ) 3677  
kg/jam

Tipe : *Sieve tray distillation*

Kondisi operasi

Umpan :  $T = 84\text{ }^\circ\text{C}$  ;  $P = 1,55\text{ atm}$

Hasil atas :  $T = 45\text{ }^\circ\text{C}$  ;  $P = 1,5\text{ atm}$

Hasil bawah :  $T = 107\text{ }^\circ\text{C}$  ;  $P = 1,6\text{ atm}$

Diameter menara :

*Rectifying section* : 1,33 m

*Stripping section* : 1,12 m

Tinggi menara : 25,45 m

Letak umpan masuk : *Plate ke-18*

Jumlah *plate*

*Rectifying section* : 28 *plate*

*Stripping section* : 20 *plate*

Harga : \$ 168.274

Jumlah : 1

### 3.2.33. Reaktor (R-01)

Fungsi : Tempat mereaksikan *propylene* ( $C_3H_6$ )  
dan *chlorine* ( $Cl_2$ ) menjadi *allyl chloride*  
( $C_3H_5Cl$ )

Tipe : *Single tube/mono tube*

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-285 grade C*

Kondisi : Eksotermis

Tekanan : 2 atm

Suhu masuk : 250 °C

Suhu keluar : 492 °C

Fase : Gas

Tebal dinding : ¼ inch

Tebal head : ¼ inch

Diameter reaktor : 1,5 m

Tinggi reaktor : 9,157 m

Tinggi bed : 0,24 m

Isolasi

Bahan isolasi : *Asbestos*

Tebal isolasi : 0,07 m

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-285 grade C*

Jumlah : 1

Harga : \$ 50.700

### 3.3. Perencanaan Produksi

Dalam menyusun rencana produksi secara garis besar ada dua hal yang perlu dipertimbangkan dan dianalisa untuk kelanjutan dan pengembangan pabrik berproduksi, yaitu kebutuhan bahan baku dan bahan pembantu, kebutuhan peralatan proses dan target produksi.

#### 3.3.1. Material (Bahan Baku dan bahan pembantu)

Dengan pemakaian bahan baku yang memenuhi kualitas dan kuantitas maka akan dicapai target produksi yang diinginkan, misalnya :

- Untuk bahan baku digunakan yaitu  $C_3H_6$  yang tetap terjaga dengan kemurnian 95% dan  $Cl_2$  dengan kemurnian 99%.
- Persiapan bahan baku dan cadangan harus lebih dari cukup untuk setiap hari pabrik beroperasi.
- Dalam setiap hari pabrik beroperasi dibutuhkan air dan cadangannya harus lebih dari cukup.

#### 3.3.2. Peralatan Proses

Perhitungan dalam perencanaan dan pemilihan peralatan proses sesuai dengan spesifikasi mempengaruhi kehandalan dan kemampuan peralatan beroperasi dengan baik untuk

memproduksi 18.000 ton per tahun *allyl chloride* dengan kemurnian 98%, adapun peralatan proses yang dibutuhkan :

1. Alat untuk mengkompresi gas dan memompa cairan
2. Alat untuk merubah merubah fase dan suhu
3. Alat untuk merubah tekanan
4. Alat untuk memisahkan cairan dengan gas
5. Alat untuk mereaksikan bahan baku
6. Alat untuk penyerapan campuran
7. Alat untuk memurnikan produk
8. Alat untuk menyimpan bahan baku dan produk

### 3.3.3. Target Produksi

Dalam menyusun rencana produksi secara garis besar ada dua hal yang perlu dipertimbangkan untuk mencapai target produksi, yaitu faktor *external* dan *internal*. Yang dimaksud faktor *external* adalah faktor yang menyangkut kemampuan pasar terhadap jumlah produk yang diproduksi dan faktor *internal* adalah kemampuan pabrik berproduksi, dibagi dua kemungkinan, yaitu :

1. Kemampuan pasar
  - Kemampuan pasar lebih besar dari 18.000 ton per tahun dibandingkan kemampuan pabrik memproduksi 18.000 ton

per tahun *allyl chloride*, maka rencana produksi dapat disusun secara optimal sampai maksimal kembali.

- Kemampuan pasar lebih kecil dari 18.000 ton per tahun dibandingkan kemampuan pabrik memproduksi 18.000 ton per tahun *allyl chloride*.

Ada tiga alternatif yang dapat diambil :

- Rencana produksi 18.000 ton per tahun *allyl chloride* sesuai dengan kemampuan pasar atau produksi 18.000 ton per tahun *allyl chloride* diturunkan sesuai dengan kemampuan pasar, dengan pertimbangan untung dan rugi.
  - Rencana produksi 18.000 ton per tahun *allyl chloride* tetap dengan pertimbangan bahwa kelebihan produksi disimpan dan dipasarkan pada bulan berikutnya.
  - Mencari daerah dan negara pemasaran *allyl chloride* yang lain untuk mempertahankan dan meningkatkan hasil produksi.
2. Kemampuan pabrik

Kemampuan pabrik sangat tergantung kepada perkembangan perekonomian dan pasar selain itu juga tergantung pada hal-hal dibawah ini :

- Tenaga kerja

Kurang terampilnya tenaga kerja akan menimbulkan kerugian pabrik, untuk itu perlu dilakukan pelatihan atau *training* pada

karyawan yang akan meningkatkan keterampilan dan pengetahuan karyawan sehingga dapat diaplikasikan sesuai dengan bidang dan posisi karyawan ditempatkan dalam perusahaan, sehingga akan meningkatkan kinerja dan produksi pabrik.

- Umur pabrik beroperasi

Umur pabrik sangat berpengaruh pada kemampuan pabrik berproduksi, dengan perkiraan :

1. Tahun pertama ditargetkan sudah dapat beroperasi sampai 80% kapasitas produksi total.
2. Tahun kedua ditargetkan sudah dapat beroperasi sampai 100% kapasitas produksi total sampai tahun kedelapan.
3. Tahun kedelapan sampai tahun kesepuluh produksi agak menurun karena peralatan sudah agak tua maka pada tahun kedelapan sampai tahun kesepuluh sudah direncanakan untuk mengganti beberapa alat-alat atau mendirikan pabrik baru sebagai pengembangan.

### 3.4. Perancangan Produksi

*Setting* perancangan pendirian pabrik *allyl chloride* dari bahan baku *propylene* dan *chlorine* dengan kapasitas 18.000 ton/tahun meliputi : neraca massa dan neraca panas.

### 3.4.1. Neraca Massa

Setting neraca massa pendirian pabrik *allyl chloride* dari bahan baku *propylene* dan *chlorine* dengan kapasitas 18.000 ton/tahun meliputi :

Satuan : kg

Basis operasi : 1 jam

#### 3.4.1.1. Neraca Massa Total

Neraca massa total dapat ditabulasikan pada tabel 3.1. berikut di bawah ini :

Tabel 3.1. Neraca massa total

Komponen	Arus (kg/jam)	
	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)
HCl	15,037	1.101,089
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	7.090,555	5.318,271
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	373,187	373,187
Cl <sub>2</sub>	2.992,329	0,599
C <sub>3</sub> H <sub>5</sub> Cl	-	2.277,109
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> Cl <sub>2</sub>	-	1.400,855
<b>Total</b>	<b>10.471,110</b>	<b>10.471,110</b>

#### 3.4.1.2. Neraca Massa Reaktor (R-01)

Neraca massa reaktor (R-01) dapat ditabulasikan pada tabel 3.2. berikut di bawah ini :

**Tabel 3.2.** Neraca massa reaktor (R-01)

Komponen	Arus (kg/jam)	
	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)
HCl	15,037	1.101,089
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	7.090,555	5.318,271
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	373,187	373,187
Cl <sub>2</sub>	2.992,329	0,599
C <sub>3</sub> H <sub>5</sub> Cl	-	2.277,109
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> Cl <sub>2</sub>	-	1.400,855
<b>Total</b>	<b>10.471,110</b>	<b>10.471,110</b>

### 3.4.1.3. Neraca Massa Separator (SP-03)

Neraca massa separator (SP-03) dapat ditabulasikan pada tabel 3.3. berikut di bawah ini :

**Tabel 3.3.** Neraca massa separator (SP-03)

Komponen	Arus (kg/jam)		
	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
		Gas	Cair
HCl	1.101,089	1.101,089	-
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	5.318,271	5.318,271	-
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	373,187	373,187	-
Cl <sub>2</sub>	0,599	0,599	-
C <sub>3</sub> H <sub>5</sub> Cl	2.277,109	-	2.277,109
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> Cl <sub>2</sub>	1.400,855	-	1.400,855

Lanjutan Tabel 3.3.

<b>Total</b>	<b>10.471,110</b>	<b>6.793,146</b>	<b>3.677,964</b>
		<b>10.471,110</b>	

#### 3.4.1.4. Neraca Massa Absorber (AB-01)

Neraca massa absorber (AB-01) dapat ditabulasikan pada tabel 3.4. berikut di bawah ini :

Tabel 3.4. Neraca massa absorber (AB-01)

<b>Komponen</b>	<b>Arus (kg/jam)</b>		
	<b>Masuk (kg/jam)</b>	<b>Keluar (kg/jam)</b>	
		<b>Gas</b>	<b>Cair</b>
HCl	1.101,089	-	1.101,089
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	5.318,271	5.318,271	-
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	373,187	373,187	-
Cl <sub>2</sub>	0,599	-	0,599
C <sub>3</sub> H <sub>5</sub> Cl	-	-	-
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> Cl <sub>2</sub>	-	-	-
H <sub>2</sub> O	2.339,597	-	2.339,597
<b>Total</b>	<b>9.132,743</b>	<b>5.691,458</b>	<b>3.441,285</b>
		<b>9.132,743</b>	

#### 3.4.1.5. Neraca Massa Menara Distilasi (MD-01)

Neraca massa menara distilasi (MD-01) dapat ditabulasikan pada tabel 3.5. berikut di bawah ini :

Tabel 3.5. Neraca massa menara distilasi (MD-01)

Komponen	Arus (kg/jam)		
	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
		Gas	Cair
HCl	-	-	-
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	-	-	-
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	-	-	-
Cl <sub>2</sub>	-	-	-
C <sub>3</sub> H <sub>5</sub> Cl	2.277,109	2.265,723	11,390
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> Cl <sub>2</sub>	1.400,855	7,004	1.393,850
<b>Total</b>	<b>3.677,964</b>	<b>2.277,109</b>	<b>1.405,240</b>
		<b>3.677,964</b>	

### 3.4.2. Neraca Panas

Satuan : kJ

Basis operasi : 1 jam

#### 3.4.2.1. Neraca Panas *Heat Exchanger* (HE-01)

Neraca panas *heat exchanger* (HE-01) dapat ditabulasikan pada tabel 3.6. berikut di bawah ini :

Tabel 3.6. Neraca panas *heat exchanger* (HE-01)

Komponen	Panas (kcal/jam)	
	Masuk	Keluar
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	19.783.216,25	113.433.870,9

Lanjutan Tabel 3.6.

C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	1.229.273,687	7.048.463,249
Steam	31.134.1174,3	211.871.330,1
<b>Total</b>	<b>332.353.664,2</b>	<b>332.353.664,2</b>

### 3.4.2.2. Neraca Panas *Heat Exchanger* (HE-02)

Neraca panas *heat exchanger* (HE-02) dapat ditabulasikan pada tabel 3.7. berikut di bawah ini :

Tabel 3.7. Neraca panas *heat exchanger* (HE-02)

Komponen	Panas (kcal/jam)	
	Masuk	Keluar
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	669.82.905	91.265.714,03
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	2.801.350,675	3.816.903,277
Steam	546.206,917	-24.752.154,71
<b>Total</b>	<b>703.30.462,6</b>	<b>70.330.462,6</b>

### 3.4.2.3. Neraca Panas *Heat Exchanger* (HE-03)

Neraca panas *heat exchanger* (HE-03) dapat ditabulasikan pada tabel 3.8. berikut di bawah ini :

Tabel 3.8. Neraca panas *heat exchanger* (HE-03)

Komponen	Panas (kcal/jam)	
	Masuk	Keluar

Lanjutan Tabel 3.8.

HCl	13.225,70134	28.655,68624
Cl <sub>2</sub>	3.140.040,632	6.803.421,369
Steam	62.450,0825	-3.616.360,639
<b>Total</b>	<b>3.215.716,416</b>	<b>3.215.716,416</b>

#### 3.4.2.4. Neraca Panas *Heat Exchanger* (HE-04)

Neraca panas *heat exchanger* (HE-04) dapat ditabulasikan pada tabel 3.9. berikut di bawah ini :

Tabel 3.9. Neraca panas *heat exchanger* (HE-04)

Komponen	Panas (kcal/jam)	
	Masuk	Keluar
HCl	29.383,22058	112.092,7324
Cl <sub>2</sub>	6.977.193,184	26.616.981,82
Steam	273.103,4585	-19.449.394,69
<b>Total</b>	<b>7.279.679,863</b>	<b>7.279.679,863</b>

#### 3.4.2.5. Neraca Panas *Cooler* (CL-01)

Neraca panas *Cooler* (CL-01) dapat ditabulasikan pada tabel 3.10. berikut di bawah ini :

**Tabel 3.10.** Neraca panas *Cooler* (CL-01)

Senyawa	Panas (kcal/jam)	
	Masuk	Keluar
HCl	4.187.002,024	2.695.453,41
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	55.095.976,82	35.468.967,47
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	4.534.112,088	2.918.911,388
Cl <sub>2</sub>	2.705,556165	1.741,747567
C <sub>3</sub> H <sub>5</sub> Cl	27.611.775,64	17.775.547,85
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> Cl <sub>2</sub>	22.862.747,61	14.718.280,68
NH <sub>3</sub>	-48.377.664,95	40.715.417,2
<b>Total</b>	<b>114.294.319,7</b>	<b>114.294.319,7</b>

**3.4.2.6. Neraca Panas *Cooler* (CL-02)**

Neraca panas *Cooler* (CL-02) dapat ditabulasikan pada tabel 3.11. berikut di bawah ini :

**Tabel 3.11.** Neraca panas *Cooler* (CL-02)

Senyawa	Panas (kcal/jam)	
	Masuk	Keluar
C <sub>3</sub> H <sub>5</sub> Cl	8.216.378,273	5.822.830,862
C <sub>3</sub> H <sub>5</sub> Cl <sub>2</sub>	34.129,276	24.186,934
H <sub>2</sub> O	1.815,425	2.405.305,178
<b>Total</b>	<b>8.252.322,974</b>	<b>8.252.322,974</b>

### 3.4.2.7. Neraca Panas Cooler (CL-03)

Neraca panas Cooler (CL-03) dapat ditabulasikan pada tabel 3.12. berikut di bawah ini :

**Tabel 3.12.** Neraca panas Cooler (CL-03)

Senyawa	Panas (kcal/jam)	
	Masuk	Keluar
C <sub>3</sub> H <sub>5</sub> Cl	242.248,0879	72.244,72826
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> Cl <sub>2</sub>	39.841.210,67	11.881.693,12
H <sub>2</sub> O	30.212,48092	28.159.733,39
<b>Total</b>	<b>40.113.671,24</b>	<b>40.113.671,24</b>

### 3.4.2.8. Neraca Panas Waste Heat Boiler (WHB-01)

Neraca panas waste heat boiler (WHB-01) dapat ditabulasikan pada tabel 3.13. berikut di bawah ini :

**Tabel 3.13.** Neraca panas waste heat boiler (WHB-01)

Komponen	Panas (kcal/jam)	
	Masuk	Keluar
HCl	5.305.394,947	3.234.996,919
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	76.046.835,73	46.370.021,78
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	6.300.029,913	3.841.481,654
Cl <sub>2</sub>	17.286,5428	2.104,601451
C <sub>3</sub> H <sub>5</sub> Cl	37.690.335,66	22.981.911,99
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> Cl <sub>2</sub>	31.273.821,5	19.069.403,35

Lanjutan Tabel 3.13.

H <sub>2</sub> O	71.725,85368	61.205.509,84
<b>Total</b>	<b>156.705.430,1</b>	<b>156.705.430,1</b>

### 3.4.2.9. Neraca Panas Waste Heat Boiler (WHB-02)

Neraca panas waste heat boiler (WHB-02) dapat ditabulasikan pada tabel 3.14. berikut di bawah ini :

Tabel 3.14. Neraca panas waste heat boiler (WHB-02)

Komponen	Panas (kcal/jam)	
	Masuk	Keluar
HCl	2.803.663,996	1.725.331,69
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	40.187.352,21	24.730,678,28
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	3.329.284,1	2.048.790,215
Cl <sub>2</sub>	1.823,987924	1.122,454107
C <sub>3</sub> H <sub>5</sub> Cl	19.917.657,05	12.257.019,73
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> Cl <sub>2</sub>	16.526.816,24	10.170.348,46
H <sub>2</sub> O	29.529,47905	31.862.836,25
<b>Total</b>	<b>82.796.127,07</b>	<b>82.796.127,07</b>

### 3.4.2.10. Neraca Panas Condensor (CD-01)

Neraca panas condensor (CD-01) dapat ditabulasikan pada tabel 3.15. berikut di bawah ini :

**Tabel 3.15.** Neraca panas *condensor* (CD-01)

Komponen	Panas (kcal/jam)	
	Masuk	Keluar
HCL	3.215.939,632	2.695.453,414
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	42.317.948,35	35.468.967,53
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	3.482.546,862	2.918.911,393
Cl <sub>2</sub>	2.078,075254	1.741,74757
C <sub>3</sub> H <sub>5</sub> Cl	21.207.967,68	17.775.547,87
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> Cl <sub>2</sub>	17.560.348,83	14.718.280,7
NH <sub>3</sub>	-287.706,0981	13.920.220,67
<b>Total</b>	<b>87.499.123,33</b>	<b>87.499.123,33</b>

#### 3.4.2.11. Neraca Panas *Condensor* (CD-02)

Neraca panas *condensor* (CD-02) dapat ditabulasikan pada tabel 3.16. berikut di bawah ini :

**Tabel 3.16.** Neraca panas *condensor* (CD-02)

Komponen	Panas (kcal/jam)	
	Masuk	Keluar
C <sub>3</sub> H <sub>5</sub> Cl	8.344.916,627	8.163.505,396
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> Cl <sub>2</sub>	34.693,40883	33.939,20429
H <sub>2</sub> O	2.284.610,538	2.466.775,973
<b>Total</b>	<b>10.664.220,57</b>	<b>10.664.220,57</b>

### 3.4.2.12. Neraca Panas Reboiler (RB-01)

Neraca panas *reboiler* (RB-01) dapat ditabulasikan pada tabel 3.17. berikut di bawah ini :

**Tabel 3.17.** Neraca panas *reboiler* (RB-01)

Senyawa	Panas (kcal/jam)	
	Masuk	Keluar
C <sub>3</sub> H <sub>5</sub> Cl	141.493,8251	160.647,7524
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> Cl <sub>2</sub>	134.527,7115	24.518.017,71
Steam	823.471.574,463	799.068.930,5
<b>Total</b>	<b>823.747.596</b>	<b>823.747.596</b>

## BAB IV

### PERANCANGAN PABRIK

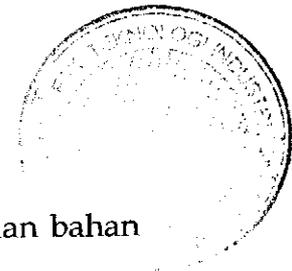
#### 4.1. Lokasi Pabrik

Lokasi suatu pabrik merupakan unsur yang kuat dalam menunjang atau tidaknya suatu industri layak untuk didirikan. Diperlukan pertimbangan yang mendalam dari berbagai faktor guna memilih lokasi pabrik. Hal utama yang harus diperhatikan adalah suatu pabrik harus dilokasikan sedemikian rupa sehingga mempunyai biaya produksi dan distribusi seminimal mungkin serta memiliki kemungkinan yang baik untuk dikembangkan.

Pabrik *allyl chloride* dari *propylene* dan *chlorine* ini direncanakan didirikan di Cilegon, Propinsi Banten. Adapun dasar pertimbangan pemilihan lokasi tersebut adalah sebagai berikut :

1. Ketersediaan bahan baku

Bahan baku *propylene* dibeli dari PT. Candra Asri, dan bahan baku *chlorine* dibeli dari PT. Asahimas yang semuanya berada didaerah Cilegon itu. Hal tersebut memudahkan sarana transportasi untuk bahan baku.



## 2. Pemasaran

Wilayah pemasaran direncanakan di daerah Jakarta dan sekitarnya, Jawa Timur (Surabaya, Gresik, Tuban), karena daerah-daerah tersebut banyak menggunakan *allyl chloride* sebagai bahan baku pembuatan PCB dan *polymer*.

## 3. Utilitas

Daerah Cilegon, Banten merupakan kawasan industri sehingga penyediaan bahan bakar untuk generator dapat dengan mudah terpenuhi, sedangkan listrik untuk keperluan proses dan perkantoran disediakan dari PLN setempat. Bahan bakar untuk mesin dan sarana angkutan disediakan oleh Pertamina. Air untuk kebutuhan pabrik berasal dari anak sungai Ciujung.

## 4. Sarana Transportasi

Telah tersedia jalan raya dan pelabuhan yang memadai sehingga pengiriman barang keluar maupun ke dalam pabrik tidak mengalami kesulitan.

## 5. Tenaga Kerja

Untuk tenaga kerja berkualitas dan berpotensi dipenuhi dari alumni Universitas seluruh Indonesia, sedangkan untuk tenaga operator kebawah dapat dipenuhi dari daerah sekitar.

## 6. Faktor geografi

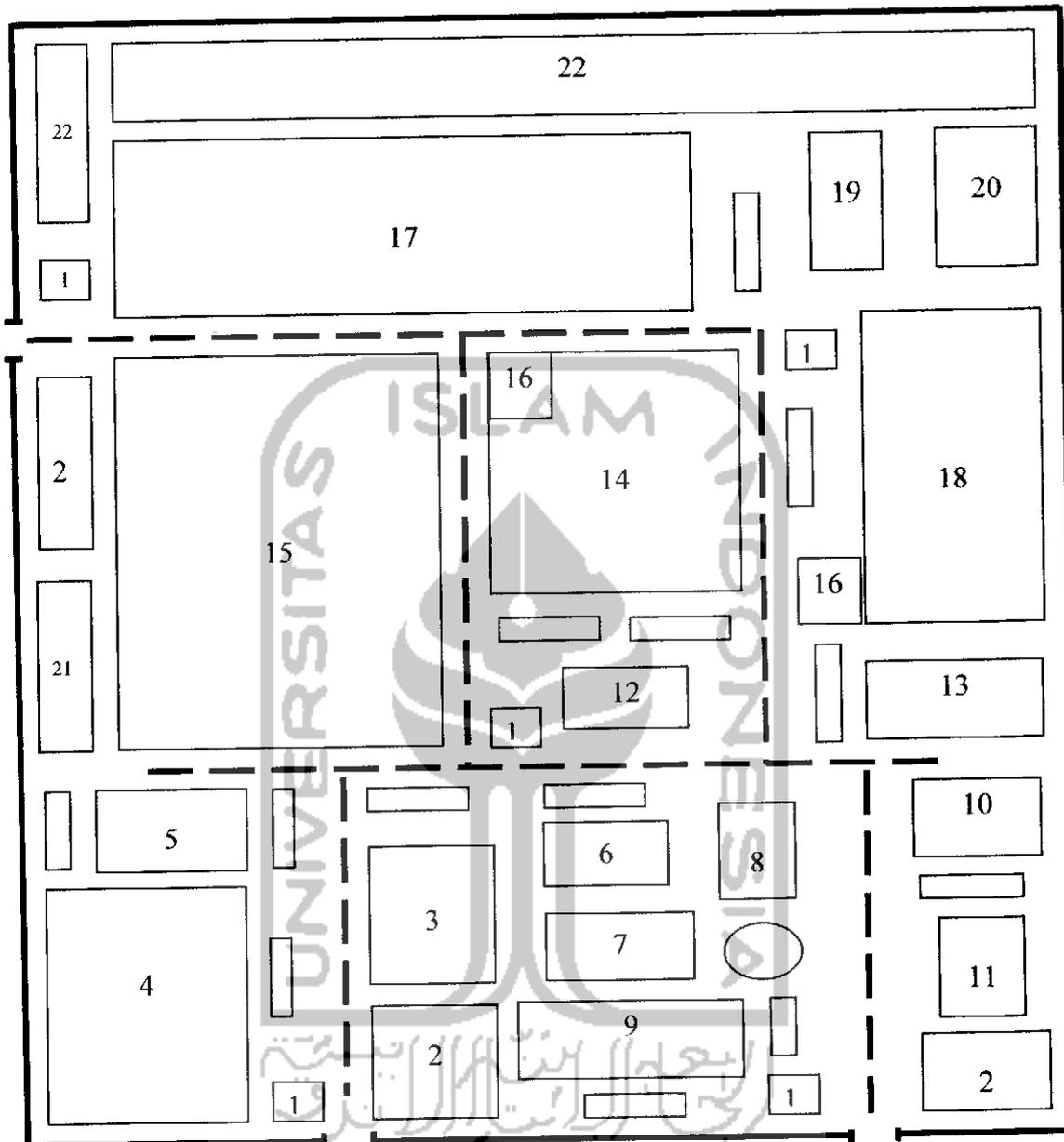
Sekitar lokasi pabrik memiliki struktur tanah yang baik dan tidak terjadi gempa ataupun tanah retak, selain itu juga memiliki faktor cuaca yang baik. Faktor-faktor gangguan seperti angin topan dan banjir yang berlebihan tidak pernah terjadi.

## 4.2. Tata Letak Pabrik

Sistem tata letak pabrik meliputi area proses, sumber tenaga, kantor, bengkel, gudang, unit pengolahan limbah dan sebagainya. Hal-hal yang harus diperhatikan sebagai berikut :

- a. Pabrik direncanakan dibangun diatas areal seluas 30.000 m<sup>2</sup>.
- b. Letak bangunan dan penggunaan tanah harus sesuai dan efisien, diusahakan ada pemisahan area tanah yang digunakan untuk kantor , perumahan dan daerah proses.
- c. Alat-alat dikelompokkan dalam unit-unit alat proses sesuai dengan urutan proses produksi, sehingga bila terjadi kecelakaan pada suatu alat tidak akan merambat ke alat yang lain. Setiap unit alat di kelompokkan dalam suatu *block* yang dibatasi jalan.
- d. Setiap unit minimal dapat dicapai melalui dua jalan dalam pabrik.

- e. Jarak antara jalan dengan unit proses cukup jauh, sehingga baik pekerja maupun alat proses aman jika terjadi kecelakaan, dan jauh dari kendaraan yang melalui jalan.
- f. Jarak antara dua peralatan cukup jauh, minimal sama dengan diameter alat, hal ini memudahkan dalam perawatan dan pembersihan.
- g. Unit utilitas dan sumber tenaga ditempatkan terpisah dari alat-alat proses, sehingga terjamin keamanan dalam sistem operasinya.
- h. Susunan pabrik memungkinkan untuk distribusi air dan bahan lain secara lancar, cepat, dan ekonomis.
- i. Tersedianya ruang kerja yang cukup sehingga keselamatan kerja dan kesehatan para pekerja tidak terganggu dan demi kelancaran proses produksi.
- j. Daerah pelayanan seperti tempat ibadah, poliklinik, toilet, tempat parkir, kantin dan sebagainya diatur sedemikian rupa sehingga tidak jauh dari tempat kerja.
- k. Adanya kemungkinan perluasan pabrik di masa mendatang, sehingga peralatan disusun dengan kemungkinan adanya perluasan dan pengembangan pabrik.



Keterangan Gambar :

- |                    |                            |                         |                            |
|--------------------|----------------------------|-------------------------|----------------------------|
| 1 : pos keamanan   | 8 : perpustakaan           | 15 : tangki bahan       | 21 : gudang perlengkapan   |
| 2 : area parkir    | 9 : kantor                 | 16 : ruang control      | 22 : area perluasan pabrik |
| 3 : masjid         | 10 : kantin                | 17 : tangki produk      |                            |
| 4 : area perumahan | 11 : unit Penjualan produk | 18 : utilitas           |                            |
| 5 : area olah raga |                            | 19 : pemadam kebakaran  | □ taman                    |
| 6 : poliklinik     | 12 : laboratorium          | 20 : gudang bahan bakar | - - jalan                  |
| 7 : aula           | 13 : bengkel               |                         |                            |
|                    | 14 : area proses           |                         |                            |

Gambar 4.1. Plant layout tata letak pabrik allyl chloride

#### 4.3. Tata Letak Alat Proses

Dalam perancangan tata letak peralatan proses ada beberapa hal yang perlu dipertimbangkan dan diperhatikan, yaitu antara lain :

##### 1. Aliran bahan baku dan produk

Pengaliran bahan baku dan produk serta distribusi utilitas yang tepat dan lancar akan memberikan keuntungan ekonomis yang besar, serta menunjang kelancaran, keamanan produksi dan memperhatikan keselamatan kerja. Hal lainnya yang harus mendapat perhatian adalah elevasi pipa. Untuk pipa di atas tanah perlu dipasang pada ketinggian 3 meter atau lebih, sedangkan untuk pemipaan pada permukaan tanah diatur sedemikian rupa sehingga lalu lintas pekerja tidak terganggu oleh hal tersebut.

##### 2. Arah aliran udara

Arah aliran udara di dalam dan di sekitar area proses perlu diperhatikan supaya lancar. Hal ini bertujuan untuk menghindari *stagnation* udara pada suatu tempat yang dapat mengakibatkan akumulasi bahan kimia yang berbahaya, sehingga dapat membahayakan keselamatan pekerja sehingga perlu juga diperhatikan arah hembusan angin.

### 3. Cahaya

Penerangan seluruh pabrik harus memadai pada tempat-tempat proses yang berbahaya atau berisiko tinggi yang berakibat membahayakan keselamatan pekerja.

### 4. Lalu lintas manusia

Dalam hal perancangan tata letak peralatan perlu diperhatikan agar pekerja dapat mencapai seluruh alat proses dengan cepat dan mudah. Sehingga jika terjadi gangguan alat proses maka akan dapat dengan cepat diperbaiki, selain itu keamanan pekerja selama menjalankan tugasnya perlu diprioritaskan.

### 5. Tata letak alat proses

Dalam menempatkan alat-alat proses pada pabrik disusun secara fungsional dan direncanakan sesuai dengan urutan produksi, hal ini bertujuan untuk memudahkan dalam pengoperasiannya dan memperoleh efisiensi yang tinggi agar dapat menekan biaya operasi dan menjamin kelancaran dan keamanan produksi pabrik sehingga dapat menguntungkan dari segi ekonomi.

#### 6. Bangunan

Kebutuhan ruangan untuk setiap peralatan dan karyawan, hal ini bertujuan untuk memperoleh kenyamanan bekerja sehingga produktifitas dari pekerja dapat terjaga.

#### 7. Pertimbangan ekonomi

Dalam perancangan alat-alat proses perlu diusahakan agar dapat menelan biaya operasi dan menjamin kelancaran dan keamanan produksi pabrik yang akhirnya akan memberi keuntungan dari segi ekonomi.

#### 8. Jarak antar alat proses

Untuk alat proses yang mempunyai suhu dan tekanan tinggi sebaiknya dipisahkan dari alat proses lainnya. Apabila terjadi ledakan atau kebakaran pada alat tersebut tidak membahayakan alat proses lainnya.

#### 4.4. Unit Pendukung Proses (Utilitas)

Utilitas adalah unit penunjang proses dalam suatu industri. Terjaminnya pengadaan utilitas untuk proses operasi merupakan hal yang sangat penting. Unit utilitas untuk pabrik *allyl chloride* diperlukan untuk memenuhi kebutuhan : air, *steam*, listrik, udara tekan dan bahan bakar.

### 1. Kebutuhan air

Kebutuhan air dipenuhi dari sungai terdekat yaitu Sungai Ciujung, yang terlebih dahulu diolah sebelum digunakan sesuai dengan keperluannya. Air di dalam pabrik *allyl chloride* digunakan untuk :

- a. Air pendingin, sebagai pendingin pada unit operasi.
- b. Air proses, untuk umpan absorber.
- c. Air untuk kebutuhan *Waste Heat Boiler* (WHB).
- d. Air umpan *boiler*, untuk menghasilkan *steam* yang berguna sebagai pemanas. Air ini harus diolah sedemikian rupa agar tidak menyebabkan kerak pada dinding alat.
- e. Air rumah tangga dan kantor.
- f. Air untuk pemadam kebakaran. Air keperluan pemadam kebakaran diambil dari bak pengendap awal.

### 2. Kebutuhan *steam*

*Steam* digunakan sebagai media pemanas pada alat-alat proses. Disediakan oleh unit *boiler*, WHB- 01 dan WHB-02.

### 3. Kebutuhan listrik

Listrik dalam pabrik *allyl chloride* diperlukan untuk penggerak motor, instrumen-instrumen, peralatan-peralatan kantor dan penerangan. Kebutuhan listrik disuplai dari :

- a. PLN

Untuk alat proses, utilitas dan keperluan lain sebesar 2.000 KW.

b. Generator

Digunakan sebagai cadangan apabila terjadi pemadaman atau kegagalan dalam suplai PLN. Digunakan 2 buah generator yang berkekuatan 1.000 KW.

4. Kebutuhan bahan bakar

Bahan bakar *fuel oil* digunakan untuk mengoperasikan *boiler* dan bahan bakar *diesel oil* digunakan untuk pembangkit generator.

5. Kebutuhan udara tekan

Udara tekan digunakan untuk keperluan instrumen yaitu untuk membuka dan menutup *valve*. Udara tersebut ditekan dari tekanan 1 atm menjadi 4 atm. Jumlah udara tekan yang diperlukan sebesar 10 m<sup>3</sup> /jam.

#### 4.4.1. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air

##### 4.4.1.1. Pengadaan dan Penjernian Air

Untuk memenuhi kebutuhan air suatu pabrik pada umumnya menggunakan air sumur, air sungai, air danau maupun air laut sebagai sumbernya. Dalam perancangan pabrik *allyl chloride* ini, sumber air yang digunakan berasal dari air

sungai. Penggunaan air sungai sebagai sumber air dengan pertimbangan sebagai berikut :

1. Biaya lebih rendah dibanding biaya dari sumber air lainnya.
2. Jumlah air sungai lebih banyak dibanding dari air sumur.
3. Letak sungai berada tidak jauh dari lokasi pabrik.

Adapun tahap pengolahan dan penjernihan air dari sungai dapat dilakukan sebagai berikut :

#### 1. *Filtering*

Air dari sumber air (sungai) dikenakan proses penyaringan untuk menghindari adanya kotoran-kotoran yang cukup besar terbawa kedalam bak pengendap.

##### Pengendapan secara fisis

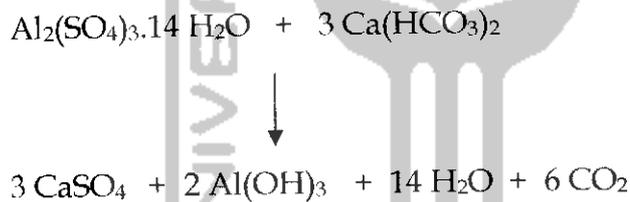
Air setelah melewati tahap *filtering* ditampung dalam suatu bak, didalam bak partikel-partikel yang terbawa air dibiarkan mengendap akibat gaya gravitasi. Pengendapan kotoran secara fisis biasa dilakukan secara bertahap. Pada bak pengendap utama, kotoran dan lumpur yang lolos dari *screen* akan mengendap dan lumpur yang tertampung dibuang kembali kesungai. Sedangkan bak pengendap kedua digunakan untuk mengendapkan kotoran-kotoran halus yang tidak terendapkan pada bak pengendap utama.

Dengan pengendapan secara fisis ini, maka akan mengurangi kebutuhan bahan kimia yang diperlukan dalam pengolahan air.

#### Pengolahan air secara kimia

Kotoran-kotoran halus yang tidak dapat terendapkan pada bak pengendap utama, dipisahkan pada *clarifier* dengan cara penambahan bahan-bahan kimia seperti tawas ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$ ) dan kapur ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ )

Reaksi kimia yang terjadi jika tawas ditambahkan dalam air (Powell, S.T., 1954, p.26)



Aluminium hidroksida ( $\text{Al}(\text{OH})_3$ ) yang terbentuk berupa flog-flog (gumpalan lunak) yang akan mengikat padatan-padatan tersuspensi dan mengendapkannya sebagai *sludge*.

Sedangkan reaksi kimia pada penambahan kapur dalam air :



Calcium carbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) dan magnesium hidroksida ( $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ) akan mengendap dan mengikat padatan-padatan tersuspensi. Bak *clarifier* dilengkapi dengan *scraper* yang berfungsi untuk mengumpulkan endapan pada dasar *clarifier*, sehingga mudah

untuk dibuang. Penambahan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  juga untuk menjaga agar PH air dalam keadaan optimum (6 - 8).

## 2. Filtrasi

Partikel-partikel koloid yang tidak terendapkan pada *clarifier* disaring pada *sand filter*. Karakteristik *sand filter* adalah :

- Kecepatan penyaringan : 15 - 30 gpm/ft<sup>2</sup>
- Tebal tumpukan pasir : 18 - 30 inch
- Tebal tumpukan krikil : 8 - 20 inch

Dibawah tumpukan pasir dan krikil terdapat sistem *under drain* yang berfungsi untuk mengalirkan air jernih guna pencucian (*back wash*) filter. Pencucian dilakukan tiap 24 jam sekali, dengan waktu pencucian biasanya 10 - 15 menit. Air pencuci yang biasanya digunakan (1 - 3) % dari air yang disaring.

Setelah tahap filtrasi, air jernih yang diperoleh digunakan untuk keperluan sebagai berikut :

### a. Air pendingin dan *hydrant*.

Air pendingin setelah dipakai pada peralatan proses akan mengalami kenaikan suhu. Untuk menghemat pemakaian air pendingin, air pendingin dari peralatan proses didinginkan dalam *cooling tower* dan dicampur dengan air *make-up*.

*Cooling tower* merupakan suatu menara yang terdiri dari kerangka beton, didalam menara terdapat isian yang terbuat dari

kayu. Air yang diturunkan suhunya dipercikan melalui puncak *cooling tower* sedangkan udara pendingin dihembuskan melalui dasar *cooling tower* menggunakan *fan*. Kontak antara udara dengan air pendingin menyebabkan sebagian air akan menguap dan suhu dari air akan turun.

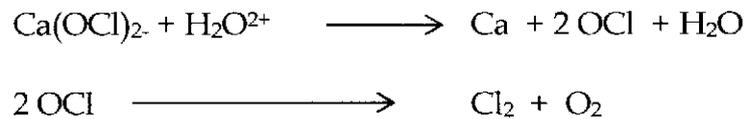
Dari cara pengaliran udara pada *cooling tower*, dapat dibedakan beberapa macam tipe *cooling tower*.

- *Induced draft cooling tower*
- *Forced draft cooling tower*
- *Atmospheric cooling tower*
- *Natural draft cooling tower*

Air *hydrant* dibuat setelah proses pengendapan pada bak pengedap lalu ditampung untuk antisipasi pemadaman pada kebakaran dan dipakai untuk hal lainnya yang dianggap tepat guna.

- b. Air minum, rumah tangga, perkantoran, laboratorium dan sanitasi.

Untuk memenuhi persyaratan air minum, air dari proses *filtrasi* ditambahkan *desinfektan* untuk membunuh bakteri yang ada dalam air. Sebagai *desinfektan* biasanya digunakan *chlor* dalam berbagai bentuk. Pada penambahan kaporit  $\text{Ca}(\text{OCl})_2$  sebagai sumber *chlor* akan terjadi reaksi sebagai berikut :



Pada reaksi ini yang mendesinfeksi air adalah OCl dan umumnya desinfeksi efektif pada PH = 7 atau sedikit basa. Kadar chlorine untuk desinfeksi air samapi PH = 7 adalah 2 ppm, dan biasanya selama musim hujan kadar chlorine harus ditambah.

c. Air umpan boiler untuk pembuatan steam

Air umpan boiler selain harus dihilangkan kesadiahannya, juga harus memenuhi syarat batas kadar padatan, total alkalinity, dan total padatan yang dapat terendapkan. Batasan air umpan boiler menurut ABMA (*American Boiler Manufacturer Association standard*) untuk boiler tekanan operasi antara 0 - 300 psig adalah :

- total solid : 3500 ppm
- total alkalinity : 700 ppm
- suspended solid : 300 ppm

Untuk mencapai batas tersebut, maka air umpan boiler harus mengalami eksternal internal treatment. Eksternal treatment merupakan treatment terhadap air sebelum masuk ke unit pembangkit uap, yaitu proses penyediaan demineralisasi. Sedangkan internal treatment yaitu treatment yang dilakukan pada unit pembangkit uap (boiler), yang meliputi pencegahan terjadinya kerak, korosi dan foaming.

Adanya kesadahan pada air akan menyebabkan terbentuknya kerak dan mengurangi kecepatan transfer panas pada *boiler*. Sehingga mengurangi efisiensi pemakaian panas. Diketahui 2 macam kesadahan air yaitu :

a. Kesadahan sementara

Kesadahan yang disebabkan oleh gas-gas terlarut dalam air umpan *boiler* seperti CO<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub>. Kesadahan sementara dapat dihilangkan dengan cara pemanasan biasa, sehingga terjadi reaksi :



b. Kesadahan tetap

Kesadahan yang disebabkan adanya ion-ion dari peruraian garam-garam. Kation maupun anion dari peruraian garam dapat dihilangkan dengan cara melewatkan air pada kation dan anion *exchanger* yang mengandung resin.

Untuk menghilangkan mineral kation seperti :

Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Fe<sup>++</sup>, Al<sup>+++</sup>, Mn<sup>++</sup> digunakan *sodium zeolite* (Na<sub>2</sub>Z). Untuk regenerasi resin ini digunakan larutan NaCl, sedang untuk menghilangkan mineral anion seperti : SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, S<sup>2-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, SiO<sub>3</sub><sup>2-</sup> maka digunakan resin yang mengandung gugus *amine* RNH<sub>3</sub>OH. Untuk regenerasi resin ini digunakan larutan NaOH.

pemanasan menggunakan steam dan penambahan *sodium sulfat* pada *deaerator*.

c. Pencegahan *foam*

*Foam* (buih) adalah butir-butir gelembung pada permukaan air dalam *boiler* akibat adanya kontaminasi dengan minyak pada air umpan *boiler*. Akumulasi gas H<sub>2</sub> yang berlebihan karena jumlah *blowdown* kurang, dan *treatment* yang berlebihan dapat menimbulkan *foam*.

#### 4.4.1.2. Unit Pengolahan Air

Unit pengolahan air meliputi, antara lain :

1. *Clarifier*

Kebutuhan air dalam suatu pabrik dapat diambil dari sumber air yang ada di sekitar pabrik dengan mengolah terlebih dahulu agar memenuhi syarat untuk digunakan. Pengolahan tersebut dapat meliputi pengolahan secara fisika dan kimia, penambahan *desinfektan* maupun dengan penggunaan *ion exchanger*.

Mula-mula *raw water* diumpankan ke dalam tangki kemudian diaduk dengan putaran tinggi sambil menginjeksikan bahan-bahan kimia, yaitu:

a) Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>.14H<sub>2</sub>O, yang berfungsi sebagai *flokulan*.

b)  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , yang berfungsi sebagai *flokulan*.

Air baku dimasukkan ke dalam *clarifier* untuk mengendapkan lumpur dan partikel padat lainnya, dengan menginjeksikan alum ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$ ), *koagulan acid* sebagai pembantu pembentukan *flok* dan NaOH sebagai pengatur pH. Air baku ini dimasukkan melalui bagian tengah *clarifier* dan diaduk dengan *agitator*. Air bersih keluar dari pinggir *clarifier* secara *overflow*, sedangkan *sludge (flok)* yang terbentuk akan mengendap secara grafitasi dan di *blow down* secara berkala dalam waktu yang telah ditentukan. Air baku yang mempunyai *turbidity* sekitar 42 ppm diharapkan setelah keluar *clarifier turbidity*nya akan turun menjadi lebih kecil dari 10 ppm.

## 2. *Sand filter*

Air dari *clarifier* dimasukkan ke dalam *sand filter* untuk menahan/menyaring partikel-partikel solid yang lolos atau yang terbawa bersama air dari *clarifier*. Air keluar dari *sand filter* dengan *turbidity* kira-kira 2 ppm, dialirkan ke dalam suatu tangki penampung (*filter water reservoir*).

Air bersih ini kemudian didistribusikan ke menara air dan unit demineralisasi. *Sand filter* akan berkurang kemampuan penyaringannya. Oleh karena itu perlu diregenerasi secara periodik dengan *back washing*.

### 3. Demineralisasi

Untuk umpan ketel (*boiler*) dibutuhkan air murni yang memenuhi persyaratan bebas dari garam-garam murni yang terlarut. Proses demineralisasi dimaksudkan untuk menghilangkan ion-ion yang terkandung pada *filtered water* sehingga konduktivitasnya dibawah 0,3 Ohm dan kandungan silica lebih kecil dari 0,02 ppm.

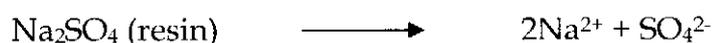
Adapun tahap-tahap proses pengolahan air untuk umpan ketel adalah sebagai berikut:

#### a. *Cation Exchanger*

*Cation exchanger* ini berisi resin pengganti kation dimana pengganti kation-kation yang dikandung di dalam air diganti dengan ion  $H^+$  sehingga air yang akan keluar dari kation *exchanger* adalah air yang mengandung anion dan ion  $H^+$ .

Sehingga air yang keluar dari kation tower adalah air yang mengandung anion dan ion  $H^+$ .

Reaksi:



Dalam jangka waktu tertentu, kation resin ini akan jenuh sehingga perlu diregenerasikan kembali dengan asam sulfat.

Reaksi:



b. *Anion Exchanger*

*Anion exchanger* berfungsi untuk mengikat ion-ion negatif (anion) yang terlarut dalam air, dengan resin yang bersifat basa, sehingga anion-anion seperti  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$  dan  $\text{SO}_4^{2-}$  akan membantu garam resin tersebut.

Reaksi:



Dalam waktu tertentu, anion resin ini akan jenuh, sehingga perlu diregenerasikan kembali dengan larutan NaOH.

Reaksi:



4. *Deaerasi*

Deaerasi adalah proses pembebasan air umpan ketel dari oksigen ( $\text{O}_2$ ). Air yang telah mengalami demineralisasi (*polish water*) dipompakan kedalam *deaerator* dan diinjeksikan hidrazin ( $\text{N}_2\text{H}_4$ ) untuk mengikat oksigen yang terkandung dalam air sehingga dapat mencegah terbentuknya kerak (*scale*) pada *tube boiler*.

Reaksi:



Kedalam *deaerator* juga dimasukan *low steam kondensat* yang berfungsi sebagai media pemanas. Air yang keluar dari *deaerator* ini di dialirkan dengan pompa sebagai air umpan *boiler*. (*boiler feed water*)

#### 5. *Cooling tower*

Air yang telah digunakan pada *cooler*, temperaturnya akan naik akibat perpindahan panas. Oleh karena itu untuk digunakan kembali perlu didinginkan pada *cooling tower*. Air yang didinginkan pada *cooling tower* adalah air yang telah menjalankan tugasnya pada unit-unit pendingin di pabrik.

### 4.4.2. Perhitungan Kebutuhan Air

#### 4.4.2.1. Kebutuhan Air Pendingin

Tabel 4.1. Kebutuhan air pendingin (kg/jam)

No	Nama alat	kode	Kebutuhan air (kg/jam)
1	Cooler	CL-02	14.4632
2	Cooler	CL-03	67.2962
3	Kondensor	CD-02	18.201,16744
	<b>Total</b>		<b>18.282,92684</b>

Air pendingin yang telah digunakan dapat dimanfaatkan kembali setelah didinginkan dalam *cooling tower*. Selama operasi kemungkinan adanya kebocoran, maka perlu adanya *make up* 12,5%. Air pendingin yang hilang 12,5% merupakan *make up* air pendingin.

#### 4.4.2.2. Kebutuhan Air Pembangkit *Steam*

Tabel 4.2. Kebutuhan air pmbangkit *steam* (kg/jam)

No	Nama alat	kode	Kebutuhan air (kg/jam)
1	WHB	WHB-01	571.429682
2	WHB	WHB-02	235.2571626
3	Heat Exchanger	HE-01	556.165013
4	Reboiler	RB-01	2.000
	<b>Total</b>		<b>3.362,851858</b>

*Steam* yang telah digunakan dapat di *recycle* dan digunakan kembali. Dalam proses *blow down* di *boiler* ada sekitar 10% air yang hilang.

#### 4.4.2.3. Kebutuhan Air Untuk Proses

Tabel 4.3. Kebutuhan air untuk proses (kg/jam)

No	Nama alat	kode	Kebutuhan air (kg/jam)
1	Abrorber	AB-01	2.339,597
2	<b>Total</b>		<b>2.339,597</b>

#### 4.4.2.4. Air untuk kantor dan perumahan

Diprediksi berdasarkan Sularso, dan Haruo Tahara, "Pompa dan kompresor", (1979).

Air untuk kantor : 150 liter/hari.orang

Air untuk perumahan : 250 liter/hari.orang

Dirancang : Air kantor mampu mencukupi  
250 orang

Air untuk kantor : 250 orang x 150 liter/hari.orang

$\times (1 \text{ hari} / 24 \text{ jam})$

: 1.563 liter/jam

Air untuk perumahan

Dirancang dalam lingkungan pabrik ada 8 rumah, dan setiap rumah dihuni 8 orang.

Air untuk rumah :  $8 \text{ rumah} \times (8 \text{ orang/rumah}) \times (250 \text{ liter/orang.hari}) \times (1 \text{ hari}/24 \text{ jam}) \times 1 \text{kg/liter}$   
: 667 kg/jam

#### 4.4.2.5. Air Pemadam Kebakaran (*Hydrant*)

Air hidran diperlukan untuk pengamanan pabrik dari kebakaran, dan untuk pemeliharaan tamanan.

Dirancang air make up hydrant : 500 kg/jam.

**Tabel 4.4.** Kebutuhan air secara keseluruhan (kg/jam)

No	Kebutuhan Air	Jumlah (kg/jam)
1	Make up boiler ( 10 % x 18283 )	1.828
2	Make up pendingin ( 12.5% x 3363 )	420
3	Air Kantor	1.875
4	Air perumahan	667
5	Air proses	2.340
6	Air yang keluar dari bak air bersih	7.502
7	Air yang menguap di bak air bersih( 5% x 7502 )	375
8	Air masuk sand filter	7.877
9	Air <i>hydrant</i>	500
10	Air keluar clarifier	8.377
11	Air yang hilang dalam clarifier (5% x 8377 )	418
12	Air hilang dalam bak pengendap (5% x 8795 )	439
13	<b>Air yang diolah dari sungai</b>	<b>9.234</b>

#### 4.4.3. Unit Pembangkit Listrik

Dalam pabrik *allyl chloride* ini, kebutuhan listrik diperlukan untuk menunjang sarana-sarana sebagai berikut :

1. Sumber tenaga alat proses

**Tabel 4.5.** Kebutuhan listrik alat proses

Nama alat	Kode alat	Daya (HP)
Compressor	CP-01	150
Pompa-01	P-01	2
Pompa-02	P-02	0,75
Pompa-03	P-03	2
Pompa-04	P-04	1
Pompa-05	P-05	0,5
Pompa-06	P-06	1
Pompa-07	P-07	1
Pompa-08	P-08	1
<b>Jumlah</b>		<b>159</b>

Kebutuhan listrik untuk alat peralatan proses = 159 HP

2. Sumber tenaga alat utilitas

Dalam pabrik *allyl chloride* kapasitas 18.000 ton/tahun ini sangat dibutuhkan unit utilitas sebagai penunjang untuk beroperasinya pabrik. Alat utilitas biasanya beropersi menggunakan listrik sebagai tenaga.

Tabel 4.6. Sumber tenaga alat utilitas

Nama alat	Kode alat	Daya (HP)
Bak pencampur cepat	BU-02	0,5
Klarifier	CR	0.5
Cooling tower	CT	2
Pompa-01	P-01	1
Pompa-02	P-02	1
Pompa-03	P-03	0,75
Pompa-04	P-04	1
Pompa-05	P-05	1,5
Pompa-06	P-06	3
Pompa-07	P-07	1
Pompa-08	P-08	1
<b>Jumlah</b>		<b>13,25</b>

Kebutuhan listrik untuk alat peralatan utilitas = 13,25 HP

Total kebutuhan listrik untuk alat proses dan utilitas adalah :

$$= (159 \text{ HP} + 13,25 \text{ HP}) \times (0.764)$$

$$= 128,69 \text{ KW}$$

### 3. Sebagai penerangan, bengkel dan alat kontrol

Kebutuhan listrik untuk penerangan, bengkel dan alat-alat kontrol diperkirakan sebesar 1.000 KW.

#### 4. Kebutuhan listrik perumahan

Diperkirakan setiap rumah memerlukan listrik sebesar 1300 watt, sehingga tenaga listrik yang dibutuhkan adalah :

$$= 10 \times 1.300 / 1.000$$

$$= 13 \text{ KW}$$

**Total kebutuhan listrik = 1.141,68 KW**

Diambil faktor keamanan 20%, sehingga total kebutuhan listrik adalah 1.370 KW.

Adapun pengadaan listrik dalam pabrik ini dicukupi dari PLN dan dengan pembangkit listrik sendiri yaitu berupa mesin diesel dengan kekuatan kurang lebih 1.000 KW sebanyak 2 buah sebagai cadangan.

#### 4.4.4. Unit Penyediaan Bahan Bakar

*Generator* untuk membangkitkan listrik mempunyai spesifikasi sebagai berikut :

Nama : Generator

Tugas : Sebagai pembangkit tenaga listrik

Jenis : Motor diesel

Power : 1.000 KW

Kapasitas : 2.238 Kva

Voltage : 220 - 240 Volt

Jumlah : 2 buah

Bahan bakar yang digunakan untuk menggerakkan motor diesel dan steam boiler adalah fuel oil dengan rapat massa 890 kg/m<sup>3</sup> dengan HV (Heating Value) sebesar 18890 Btu/lb (Nelson, Petroleum Refinery Handbook)

Kebutuhan bahan bakar total adalah :

- Boiler	:	760,98	kg/jam
- Generator	:	122,23	kg/jam
<hr/>			
Total	:	883,21	kg/jam

Bahan bakar ini ditampung dalam tangki bahan bakar untuk persediaan selama satu bulan.

Maka kebutuhan bahan bakar selama satu bulan adalah :

$$\begin{aligned} &= 883,21 \text{ kg/jam} \times 24 \text{ jam/hari} \times 30 \text{ hari/bulan} \\ &= 999.911,2 \text{ kg/bulan} \end{aligned}$$

#### 4.4.5. Penyediaan Udara Tekan

Udara tekan dalam pabrik *allyl chloride* digunakan untuk penggerak instrumentasi. Kebutuhan udara tekan diperkirakan 10 m<sup>3</sup>/jam. Udara lingkungan ditekan dengan kompresor yang dilengkapi penyaring debu sampai diperoleh tekanan 4 atm, kemudian dihilangkan uap airnya dalam tangki silika gel

sehingga diperoleh udara kering bertekanan, Udara kering kemudian ditampung dalam tangki udara.

#### 4.4.6. Spesifikasi Alat Utilitas

##### 4.4.6.1. Bak Pengendap Utama (BU-01)

Fungsi : Menampung air dari sungai dan mengendapkan kotoran yang terbawa sebelum diolah lebih lanjut

Tipe : Bak beton empat persegi panjang

Dimensi bak

Lebar : 4,21 m

Panjang : 12,63 m

Volume : 265,939 m<sup>3</sup>

Bahan konstruksi : Beton bertulang

Harga : \$ 60.500

Jumlah : 1

##### 4.4.6.2. Bak Pencampur Cepat (BU-02)

Fungsi : Mencampur bahan penggumpal (*alum*) dan pengurang kesadahan (*soda abu*) dan *lime* ke dalam air

Tipe : Bak silinder tegak dilengkapi dengan pengaduk

Dimensi bak

Diameter : 0,42 m

Tinggi : 0,42 m

Volume : 0,059 m<sup>3</sup>

Dimensi pengaduk

Diameter : 0,14 m

Lebar : 0,084 m

Kecepatan putar : 188 rpm

Motor penggerak

Effisiensi : 0,82%

Motor standart : 0,5 HP Standart NEMA

Bahan konstruksi : Beton bertulang

Harga : \$ 60.500

Jumlah : 1

#### 4.4.6.3. Clarifier

Fungsi : Mengendapkan dan memisahkan kotoran-kotoran koloid yang terbawa air sungai

Tipe : Bak silinder tegak dengan bentuk kerucut dibagian bawah

Dimensi *clarifier*

Diameter : 3,03 m

Tinggi : 9,41 m

Volume : 52,77 m<sup>3</sup>

Dimensi pengaduk

Diameter : 3,03 m

Kecepatan putar : 0,03 rpm

Motor standart : 0,5 HP Standart NEMA

Bahan konstruksi : Beton bertulang

Harga : \$ 20.240

Jumlah : 1

4.4.6.4. *Sand Filter*

Fungsi : menyaring kotoran-kotoran yang masih terbawa oleh air limbah dari bak *klarifier*

Tipe : Bak silinder diisi dengan pasir dan kerikil

Dimensi bak

Lebar	:	1,1 m
Panjang	:	1,1 m
Tinggi	:	1,219 m
Area	:	1,142 m <sup>2</sup>
Bahan konstruksi	:	Beton bertulang
Harga	:	\$ 1.745
Jumlah	:	1

#### 4.4.6.5. Bak Air Rumah Tangga (BU-03)

Fungsi	:	Menampung air bersih untuk rumah tangga dan perkantoran selama 24 jam
Tipe	:	Bak beton empat persegi panjang
Dimensi bak		
Lebar	:	3 m
Panjang	:	6,1 m
Ketinggian	:	4 m
Volume	:	73,210 m <sup>3</sup>
Bahan konstruksi	:	Beton bertulang
Harga	:	\$ 19.800
Jumlah	:	1

#### 4.4.6.6. Tangki Kation (TK-01)

Fungsi : Menghilangkan kesadahan air yang disebabkan oleh ion-ion positif (*kation*) dari garam-garam yang terlarut dengan bantuan resin

Tipe : Jenis alat tangki silinder tegak diisi dengan  $\text{Na}_2\text{Z}$

Dimensi tangki

Diameter : 0,209 m

Tinggi : 0,762 m

Volume : 0,347 m<sup>3</sup>

Resin

Massa aktif resin : 7 hari

Volume resin : 0,108 m<sup>3</sup>

Tinggi resin : 0,236 m

Bahan konstruksi : Baja karbon

Harga : \$ 32.944

Jumlah : 2

#### 4.4.6.7. Tangki Anion (TA-01)

Fungsi : Menghilangkan kesadahan air yang disebabkan oleh ion-ion negatif (*anion*) dari garam-garam yang terlarut dengan bantuan resin

Tipe : Jenis alat tangki silinder tegak diisi dengan  $\text{RNH}_2$

Dimensi tangki

Diameter : 0,209 m

Tinggi : 0,762 m

Volume : 0,347 m<sup>3</sup>

Resin

Massa aktif resin : 7 hari

Volume resin : 0,064 m<sup>3</sup>

Tinggi resin : 0,14 m

Bahan konstruksi : Baja karbon

Harga : \$ 32.944

Jumlah : 2

#### 4.4.6.8. Tangki Kondensat (TKn-01)

Fungsi : Menampung *condensate* (embunan *steam*) yang berasal dari alat penukar panas pada area proses

Tipe : Tangki silinder horizontal

Dimensi tangki

Lebar : 1,9 m

Panjang : 5,7 m

Volume : 16,142 m<sup>3</sup>

Bahan konstruksi : Baja karbon

Harga : \$ 48.500

Jumlah : 1

#### 4.4.6.9. Boiler (B-01)

Fungsi : Membangkitkan *steam* untuk digunakan sebagai media pemanas pada area proses

Tipe : *Fire tube boiler*

Bahan baker : Fuel oil

Heating Value : 43.938,140 kJ/kg

Diameter : 2,30 m

Volume air : 15,16 m<sup>3</sup>

Beban panas	:	5.651.932,08 kj/jam
Bahan konstruksi	:	Baja beton
Harga	:	\$ 422.230
Jumlah	:	1

#### 4.4.6.10. Cooling Tower (CT-01)

Fungsi	:	Mendinginkan air pendingin yang berasal dari alat-alat penukar panas pada area proses dengan udara
Jenis alat	:	<i>Colling tower induced draft</i>
Kebutuhan udara	:	65.227,853 kg/jam
Area menara pendingin	:	4.274 m <sup>2</sup>
Lebar	:	1.19 m
Panjang	:	3,58 m
Tinggi	:	9,14 m
Motor standar	:	2 HP Standart NEMA
Harga	:	\$ 32.743
Jumlah	:	1

#### 4.4.6.11. Tangki NaOH (T-NaOH)

Fungsi : Menampung larutan NaOH 5%  
untuk dialirkan ke dalam tangki  
anion (TA-01)

Tipe : Tangki silinder tegak dilengkapi

pengaduk  
Massa NaOH : 2,049 kg

Massa air : 38,923 kg

Volume larutan : 0,041 m<sup>3</sup>

Volume tangki : 0,049 m<sup>3</sup>

Tinggi Tangki : 0,4 m

Diameter tangki : 0,4 m

Harga : \$ 4.482

Jumlah : 1

#### 4.4.6.12. Tangki NaCl (T-NaCl)

Fungsi : Menampung larutan NaCl 5%  
untuk dialirkan ke dalam tangki  
kanion (TK-01)

Tipe : Tangki silinder tegak dilengkapi  
pengaduk

Massa NaCl : 3,447 kg

Massa air	:	65,496 kg
Volume larutan	:	0,069 m <sup>3</sup>
Volume tangki	:	0,083 m <sup>3</sup>
Tinggi Tangki	:	0,472 m
Diameter tangki	:	0,472 m
Harga	:	\$ 3.763
Jumlah	:	1

#### 4.4.6.13. Pompa Utilitas (P-01)

Fungsi	:	Memompa air sungai sebanyak 9234 kg/jam dari sungai ke bak pengendap awal
Tipe	:	Pompa sentrifugal
Spesifikasi pipa		
NSP	:	2,5 inch
Sch number	:	40
ID	:	2,469 inch
OD	:	2,875 inch
Spesifikasi pompa		
Kapasitas pompa	:	$2,565 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$
Head pompa		
Friction head	:	2,14 m

*Pressure head* : 0 m  
*Static Head* : 10 m  
*Velocity head* : 0,035 m

#### Putaran pompa

Kecepatan putar : 188 rpm  
Kecepatan spesifik : 0,15 rad

#### *Horse power*

*Brake horse power* : 0,6 HP  
Effisiensi motor : 0,82%  
Motor standar : 1 HP standard NEMA

Harga : \$ 4.500

Jumlah pompa : 2

#### 4.4.6.14. Pompa Utilitas (P-02)

Fungsi : Memompa air sebanyak 8.795 kg/jam dari bak pengendap awal ke bak pencampur cepat

Tipe : Pompa sentrifugal

#### Spesifikasi pipa

*NSP* : 2,5 inch  
*Sch number* : 30  
*ID* : 2,469 inch

OD : 2,875 inch

#### Spesifikasi pompa

Kapasitas pompa : 0,00244 m<sup>3</sup>/s

#### Head pompa

*Friction head* : 18,76 m

*Pressure head* : 0 m

*Static Head* : 3 m

*Velocity head* : 0,032 m

#### Putaran pompa

Kecepatan putar : 500 rpm

Kecepatan spesifik : 0,26 rad

#### Horse power

*Brake horse power* : 0,98 HP

Effisiensi motor : 0,82%

Motor standar : 1 HP standard NEMA

Harga : \$ 4.500

Jumlah pompa : 2

#### 4.4.6.15. Pompa Utilitas (P-03)

Fungsi : Memompa air sebanyak 8.377 kg/jam dari bak *clarifier* ke bak *sand filter*

Tipe : Pompa sentrifugal

Spesifikasi pipa

*NSP* : 2,5 inch

*Sch number* : 40

*ID* : 2,469 inch

*OD* : 2,875 inch

Spesifikasi pompa

Kapasitas pompa : 0,00233 m<sup>3</sup>/s

Head pompa

*Friction head* : 3,665 m

*Pressure head* : 0 m

*Static Head* : 5,69 m

*Velocity head* : 0,029 m

Putaran pompa

Kecepatan putar : 300 rpm

Kecepatan spesifik : 0,0742 rad

*Horse power*

*Brake horse power* : 0,27 HP

Effisiensi motor : 0,82%

Motor standar : 0,75 HP standard NEMA

Harga : \$ 4.500

Jumlah pompa : 2

#### 4.4.6.16. Pompa Utilitas (P-04)

Fungsi : Memompa air sebanyak 7.877  
kg/jam dari bak *sand filter* ke bak  
air bersih

Tipe : Pompa sentrifugal

##### Spesifikasi pipa

*NSP* : 2,5 inch  
*Sch number* : 30  
*ID* : 2,469 inch  
*OD* : 2,875 inch

##### Spesifikasi pompa

Kapasitas pompa : 0,00219 m<sup>3</sup>/s

##### Head pompa

*Friction head* : 3,89 m  
*Pressure head* : 0 m  
*Static Head* : 6 m  
*Velocity head* : 0,026 m

##### Putaran pompa

Kecepatan putar : 188 rpm  
Kecepatan spesifik : 0,08 rad

##### *Horse power*

*Brake horse power* : 0,43 HP

Effisiensi motor	:	0,82%
Motor standar	:	1 HP standard NEMA
Harga	:	\$ 4.500
Jumlah pompa	:	2

#### 4.4.6.17. Pompa Utilitas (P-05)

Fungsi : Memompa air sebanyak 7.502 kg/jam dari bak air bersih ke absorber (AB-01) sebagai air proses

Tipe : Pompa sentrifugal

Spesifikasi pipa

*NSP* : 2,5 inch

*Sch number* : 40

*ID* : 2,469 inch

*OD* : 2,875 inch

Spesifikasi pompa

Kapasitas pompa : 0,0021 m<sup>3</sup>/s

Head pompa

*Friction head* : 3,287 m

*Pressure head* : 0 m

*Static Head* : 22,5 m

*Velocity head* : 0,023 m

### Putaran pompa

Kecepatan putar : 188 rpm

Kecepatan spesifik : 0,078 rad

### Horse power

Brake horse power : 1,02 HP

Effisiensi motor : 0,87%

Motor standar : 1,5 HP standard NEMA

Harga : \$ 6.200

Jumlah pompa : 2

#### 4.4.6.18. Pompa Utilitas (P-06)

Fungsi : Memompa air media pendingin  
sebanyak 18.283 kg/jam dari basin  
ke puncak menara pendingin

Tipe : Pompa sentrifugal

#### Spesifikasi pipa

NSP : 3,5 inch

Sch number : 40

ID : 3,548 inch

OD : 4 inch

#### Spesifikasi pompa

Kapasitas pompa : 0,0051 m<sup>3</sup>/s

#### Head pompa

<i>Friction head</i>	:	25,123 m
<i>Pressure head</i>	:	0 m
<i>Static Head</i>	:	11 m
<i>Velocity head</i>	:	0,023 m

#### Putaran pompa

Kecepatan putar	:	500 rpm
Kecepatan spesifik	:	0,25 rad
<i>Horse power</i>	:	
<i>Brake horse power</i>	:	2,88 HP
Effisiensi motor	:	0,91%
Motor standar	:	3 HP standard NEMA
Harga	:	\$ 5.700
Jumlah pompa	:	2

#### 4.4.6.19. Pompa Utilitas (P-07)

Fungsi	:	Memompa air sebanyak 3.698 kg/jam dari tangki umpan <i>boiler</i> ke <i>boiler</i>
Tipe	:	Pompa sentrifugal
Spesifikasi pipa	:	
NSP	:	2 inch

*Sch number* : 40  
*ID* : 2,067 inch  
*OD* : 2,376 inch

#### Spesifikasi pompa

Kapasitas pompa : 0,001 m<sup>3</sup>/s

#### Head pompa

*Friction head* : 0,412 m  
*Pressure head* : 0 m  
*Static Head* : 5 m  
*Velocity head* : 0,011 m

#### Putaran pompa

Kecepatan putar : 300 rpm  
Kecepatan spesifik : 0,3 rad

#### Horse power

*Brake horse power* : 0,2 HP

Effisiensi motor : 0,82%

Motor standar : 1 HP standard NEMA

Harga : \$ 5.100

Jumlah pompa : 2

#### 4.4.6.20. Pompa Utilitas (P-08)

Fungsi : Memompa air media pendingin  
sebanyak 3.363 kg/jam dari tangki  
kondensat ke tangki umpan boiler

Tipe : Pompa sentrifugal

##### Spesifikasi pipa

NSP : 1,5 inch  
*Sch number* : 40  
ID : 1,610 inch  
OD : 1,9 inch

##### Spesifikasi pompa

Kapasitas pompa : 0,009 m<sup>3</sup>/s

##### Head pompa

*Friction head* : 1,294 m  
*Pressure head* : 0 m  
*Static Head* : 3,5 m  
*Velocity head* : 0,026 m

##### Putaran pompa

Kecepatan putar : 188 rpm  
Kecepatan spesifik : 0,2 rad

##### *Horse power*

*Brake horse power* : 0,15 HP

Effisiensi motor	:	0,82%
Motor standar	:	1 HP standard NEMA
Harga	:	\$ 5.100
Jumlah pompa	:	2

#### 4.4.6.21. Bak Air Rumah Tangga (BU-04)

Fungsi	:	Menampung air bersih untuk dari <i>sand filter</i> selama 8 jam
Tipe	:	Bak beton empat persegi panjang
Dimensi bak		
Lebar	:	3,1 m
Panjang	:	6,1 m
Ketinggian	:	4 m
Volume	:	75,619 m <sup>3</sup>
Bahan konstruksi	:	Beton bertulang
Harga	:	\$ 19.800
Jumlah	:	1

## 4.5. Organisasi Perusahaan

### 4.5.1. Bentuk Badan Usaha

Perusahaan ini direncanakan berbentuk perseroan terbatas (PT), yaitu perusahaan yang terdiri dari pemegang saham (persero/*stockholder*) yang mempunyai tanggung jawab terhadap hutang-hutang perusahaan sebesar modal yang mereka setorkan dan berbadan hukum.

Perusahaan dijalankan oleh dewan direksi yang dipimpin oleh direktur utama, yang dipilih dan diangkat oleh rapat umum pemegang saham. Pemegang saham menyerahkan tugas kepada dewan komisaris untuk mengawasi segala tindakan dewan direksi.

Dasar-dasar pertimbangan pemilihan bentuk perusahaan perseroan terbatas adalah sebagai berikut :

1. Kontinuitas perusahaan sebagai badan hukum lebih terjamin sebab tidak tergantung pada pemegang saham, dimana pemegang saham dapat berganti-ganti.
2. Pemegang saham mempunyai tanggung jawab yang terbatas terhadap adanya hutang-hutang perusahaan. Ini berarti resiko pemegang saham hanya terbatas sampai besarnya modal yang disetorkan.

3. Dapat memperluas lapangan usaha karena lebih mudah memperoleh tambahan modal dengan menjual saham-saham baru.
4. Mudah memindahkan hak pemilik dengan menjual saham kepada orang lain.
5. Manajemen dan sosialisasi yang baik memungkinkan pengelolaan sumber-sumber modal secara efisien.
6. Pemegang saham melalui rapat umum pemegang saham dapat memilih dewan direksi yang cakap dan berkualitas untuk menjalankan perusahaan.

#### **4.5.2. Sistem Organisasi Perusahaan**

##### **4.5.2.1. Struktur Organisasi**

Tipe organisasi perusahaan yang dipilih adalah tipe garis dan staff, dimana kewenangan mengalir secara langsung dari dewan komisaris sampai karyawan-karyawan yang paling rendah tingkatannya. Adapun pertimbangan lainnya sebagai berikut :

- Adanya kesatuan dalam pimpinan dari perintah karena adanya pembagian kewenangan dan kekuasaan yang jelas.
- Pimpinan dapat lebih cepat mengambil keputusan dan lebih cepat dalam pemberian perintah, sebab perintah tersebut

dapat diberikan secara langsung kepada bawahan yang bersangkutan.

- Mengingat biaya, sebab pimpinan berbagai kegiatan hanya dipegang oleh satu orang saja.

#### 4.5.2.2. Rencana Kerja

Dalam kegiatan operasi pabrik beroperasi selama 24 jam secara kontinyu setiap hari selama 330 hari dalam setahun dan waktu sekitar 35 hari per tahun digunakan untuk *turn around*.

Pembagian sistem kerja dibagi 2 kelompok yaitu :

- Kelompok pegawai non-shift
- Kelompok shift

Untuk melaksanakan jalannya perusahaan, jam kerja pegawai diatur sebagai berikut :

- a. Pada saat pabrik beroperasi
- Kelompok pegawai non shift

Kelompok kerja ini merupakan karyawan yang tidak langsung menangani proses produksi, yang termasuk kelompok ini adalah tingkat kepala seksi ke atas, staff seksi dan semua karyawan bagian umum.

Adapun waktu kerja kelompok ini adalah sebagai berikut :

Hari senin s/d kamis : pukul 08.00 s/d 16.00 WIB,  
istirahat pukul 12.00 s/d 13.00 WIB

Hari Jumat : pukul 08.00 s/d 16.00 WIB,  
istirahat pukul 11.00 s/d 13.00 WIB

Hari sabtu dan minggu : libur

- Kelompok pegawai shift

Kelompok kerja ini merupakan tenaga yang secara langsung menangani produksi yang terdiri dari 4 regu dan bekerja secara bergiliran.

Masing-masing shift bekerja 8 jam dalam 1 hari dan selama 5 hari dalam 1 minggu, dengan pengaturan shift adalah sebagai berikut :

- Shift I : jam 07.00 s/d 15.00
- Shift II : jam 15.00 s/d 23.00
- Shift III : jam 23.00 s/d 07.00

b. Pada saat pabrik tidak beroperasi (*turn around*)

Jam kerja untuk pegawai non shift dan pegawai shift sama dengan saat jam kerja pegawai non shift pada saat pabrik beroperasi.

#### 4.5.2.3. Karyawan dan Tingkat Pendidikan

Jumlah karyawan dan tingkat pendidikan dalam pabrik *allyl chloride* dengan kapasitas 18.000 ton/tahun dapat dilihat pada tabel 4.7. yang tertera di bawah ini.

**Tabel 4.7.** Jumlah Karyawan Dan Tingkat Pendidikan

No	Jabatan	Tingkat Pendidikan	Jumlah
1.	Direktur Utama	Teknik Kimia	1
2.	Direktur Produksi/Teknik	Teknik Kimia	1
3.	Direktur Finansial/Umum	Manajemen Industri	1
4.	Kepala Departemen Produksi	Teknik Kimia	1
5.	R & D	Teknik Kimia	1
6.	Perawatan	Teknik Kimia	1
7.	Administrasi/Keuangan	Manajemen Industri	1
8.	Pemasaran	Manajemen Industri	1
9.	Umum	Psikologi	1
10.	Seksi - seksi : 1. Seksi Proses - Kepala seksi	Teknik Kimia	1
11.	- Kepala shift	Diploma Teknik Kimia	4
12.	- Operator	STM & SMU	44

Lanjutan Tabel 4.7.

2. Seksi Utilitas			
13.	- Kepala seksi	Teknik Kimia	1
14.	- Kepala shift	Diploma Teknik Kimia	4
15.	- Operator	STM & SMU	20
3. Seksi Laboratorium			
16.	- Kepala seksi	Teknik Kimia	1
17.	- Kepala shift	Diploma Teknik Kimia	4
18.	- Operator	STM & SMU	8
4. Seksi Pengendalian Lingkungan			
19.	- Kepala seksi	Teknik Kimia	1
20.	- Staff	MIPA Kimia	3
5. Seksi Perawatan/Listrik			
21.	- Kepala seksi	Teknik Elektro	1
22.	- Kepala shift	Diploma Teknik Elektro	4
23.	- Operator	STM	8
6. Seksi Bengkel/Mesin			
24.	- Kepala seksi	Teknik Mesin	1
25.	- Kepala shift	Diploma Teknik Mesin	4
26.	- Operator	STM	8

Lanjutan Tabel 4.7.

7. Seksi Administrasi			
27.	- Kepala seksi	Sarjana Ekonomi	1
28.	- Staff	Diploma Ekonomi	4
8. Seksi Keuangan			
29.	- Kepala seksi	Sarjana Ekonomi	1
30.	- Staff	Diploma Ekonomi	3
9. Seksi Pengadaan			
31.	- Kepala seksi	Teknik Kimia	1
32.	- Staff	Diploma Teknik Kimia	3
10. Seksi Pemasaran			
33.	- Kepala seksi	Manajemen Industri	1
34.	- Staff	Diploma Manajemen. Industri	3
11. Seksi Personalia			
35.	- Kepala seksi	Psikologi	1
36.	- Staff	Diploma Psikologi	3
12. Seksi Keamanan			
37.	- Kepala Seksi	Sarjana Manajemen	1
38.	- Kepala Shift	SMA	4
39.	- Satpam	SMA	36

#### 4.5.2.4. Sistem Penggajian Karyawan

Penggajian karyawan didasarkan atas pertimbangan sebagai berikut :

- Segi/tingkat pendidikan
- Segi pengalaman kerja/keahlian dan masa kerja
- Segi lingkungan yang berhubungan dengan resiko kerja

Segi penggajian karyawan diberikan setiap awal bulan dan jumlah yang dibayarkan sesuai dengan jabatan/golongan ditambah dengan tunjangan-tunjangan yang menjadi haknya.

**Tabel 4.8.** Gaji karyawan

No.	Jabatan	Pendidikan	Jumlah	Gaji Rp/bln	Jumlah Rp/bln
1.	Direktur Utama	Sarjana	1	30.000.000	30.000.000
2.	Direktur	Sarjana	2	15.000.000	15.000.000
3.	Kepala	Sarjana	6	10.000.000	60.000.000
4.	Departemen	Sarjana	12	8.000.000	96.000.000
5.	Kepala Seksi Kepala Shift	Sarjana Muda	24	5.500.000	132.000.000
6.	Staff	Sarjana Muda	19	4.500.000	85.500.000
7.	Operator	STM / SMU	88	2.500.000	180.000.000
8.	Satpam	STM / SMU	40	2.000.000	48.000.000
9.	Penerima Tamu	STM / SMU	2	2.000.000	4.000.000
10.	Supir	STM / SMU	4	2.000.000	8.000.000
11.	Pesuruh	SMP	4	1.000.000	4.000.000
12.	Juru Masak	-	3	1.000.000	3.000.000

#### 4.5.2.5. Jaminan Sosial

Sebagai sarana kesejahteraan, maka kepada seluruh karyawan pabrik disamping menerima gaji per bulannya, juga diberikan jaminan sosial.

Jaminan sosial tersebut seperti di bawah ini :

- Tunjangan jabatan dan prestasi kerja.
- Tunjangan istri dan anak.
- Pakaian dinas 2 stel dan 2 pasang sepatu tiap tahun.
- Jaminan sosial asuransi tenaga kerja.
- Fasilitas olahraga, kesenian, rekreasi, pengobatan, ibadah, perumahan (mess) dan angkutan dari pabrik ke mess atau perumahan dan sebaliknya.
- Untuk direktur, manajer produksi dan manajer finansial disediakan perumahan dan mobil dinas. Sedangkan untuk kepala bagian disediakan mess atau rumah dinas dekat lokasi pabrik.

#### 4.6. Evaluasi Ekonomi

Untuk mengetahui apakah pabrik yang dirancang menguntungkan dari segi ekonomis atau tidak, perlu dilakukan analisa ekonomi. Bagian terpenting dari perancangan adalah estimasi harga dari alat-alat, karena harga dipergunakan sebagai

dasar untuk estimasi analisa ekonomi, dimana analisa ekonomi dipakai untuk mendapatkan perkiraan tentang kelayakan investasi modal dalam kegiatan produksi suatu pabrik dengan meninjau kebutuhan modal investasi, besarnya laba yang akan diperoleh, dan lamanya modal investasi dapat dikembalikan dalam titik impas.

Untuk itu pada perancangan pabrik *allyl chloride* ini, kelayakan investasi modal dalam sebuah pabrik dapat diperkirakan dan dianalisa sebagai berikut :

1. *Return Of Investment*
2. *Pay Out Time*
3. *Discounted Cash Flow rate Of Return*
4. *Break Even Point*
5. *Shut Down Point*

Untuk meninjau faktor-faktor diatas perlu diadakan penafsiran terhadap beberapa faktor, yaitu:

1. Penaksiran Modal Industri (*Total Capital Investment*) yang terdiri atas :
  - a. Modal Tetap (*Fixed Capital*)
  - b. Modal Kerja (*Working Capital*)

2. Penentuan Biaya Produksi Total (*Production Investment*) yang terdiri atas :
  - a. Biaya Pembuatan (*Manufacturing Cost*)
  - b. Biaya Pengeluaran Umum (*General Expense*)
3. Total pendapatan penjualan produk *allyl chloride*

Yaitu keuntungan yang didapat selama satu periode produksi.

#### 4.6.1. Penaksiran Harga Peralatan

Harga peralatan proses selalu mengalami perubahan setiap tahun tergantung pada kondisi ekonomi yang ada. Untuk mengetahui harga peralatan yang ada sekarang, dapat ditaksir dari harga tahun lalu berdasarkan indeks harga. Persamaan pendekatan yang digunakan untuk memperkirakan harga peralatan pada saat sekarang adalah :

$$E_x = E_y \frac{N_x}{N_y} \quad (\text{Aries \& Newton P.16, 1955})$$

Dalam hubungan ini :

$E_x$  = harga alat pada tahun X

$E_y$  = harga alat pada tahun Y

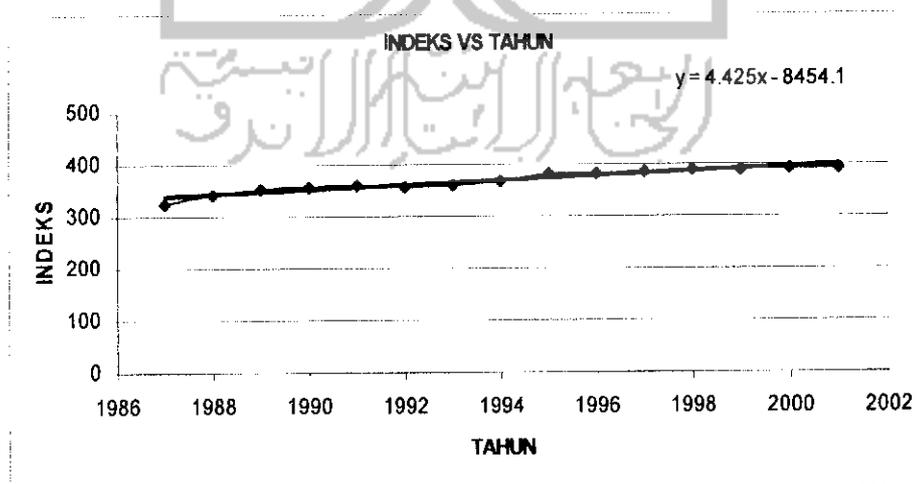
$N_x$  = nilai indeks tahun X

$N_y$  = nilai indeks tahun Y

Jenis indeks yang digunakan adalah *Chemical Engineering Plant Cost Index* dari Majalah "*Chemical Engineering*"

**Table 4.9** Indeks harga alat pada berbagai tahun

Tahun	X (Tahun)	Y (indeks)
1987	1	324
1988	2	343
1989	3	355
1990	4	356
1991	5	361,3
1992	6	358,2
1993	7	359,2
1994	8	368,1
1995	9	381,1
1996	10	381,7
1997	11	386,5
1998	12	389,5
1999	13	390,6
2000	14	391,4
2001	15	394,3
<b>Total</b>	<b>120</b>	<b>5.539,9</b>



**Grafik 4.2.** Hubungan indeks harga Vs tahun

Tahun	Indeks
2004	413,600
2005	418,025
2006	422,450
2007	426,875
2008	431,300
2009	435,725
2010	440,150

Untuk jenis alat yang sama tapi kapasitas berbeda, harga suatu alat dapat diperkirakan dengan menggunakan persamaan pendekatan sebagai berikut :

$$E_b = E_a \left( \frac{C_b}{C_a} \right)^x$$

Dimana :

$E_a$  = Harga alat dengan kapasitas diketahui

$E_b$  = Harga alat dengan kapasitas dicari

$C_a$  = Kapasitas alat A

$C_b$  = Kapasitas alat B

$x$  = Eksponen (0,6)

Besarnya harga eksponen bermacam-macam, tergantung dari jenis alat yang akan dicari harganya. Harga eksponen untuk

bermacam-macam jenis alat dapat dilihat pada Peter & Timmerhause 2<sup>th</sup> edition, halaman 170.

#### 4.6.2 Dasar Perhitungan

Kapasitas Produksi = 18.000 ton/tahun

Satu tahun operasi = 330 hari

Umur pabrik = 10 tahun

Pabrik didirikan = 2013

Indeks harga tahun 1954 = 86,1

Indeks harga tahun 2010 = 440,150

Kurs mata uang = 1 US\$ = Rp10.000

#### 4.6.3 Perhitungan Biaya

##### 4.6.3.1. *Capital Investment*

*Capital investment* adalah banyaknya pengeluaran-pengeluaran yang diperlukan untuk fasilitas-fasilitas produksi dan untuk menjalankannya. *Capital investment* meliputi :

- Fixed Capital Investment* adalah investasi untuk mendirikan fasilitas produksi dan pembuatannya.
- Working Capital* adalah investasi yang diperlukan untuk menjalankan usaha/modal dari suatu pabrik selama waktu tertentu.

#### 4.6.3.2. *Manufacturing Cost*

*Manufacturing cost* adalah biaya yang diperlukan untuk produksi suatu bahan, merupakan jumlah *direct*, *indirect* dan *fixed manufacturing cost* yang berkaitan dengan produk.

- a. *Direct Cost* adalah adalah pengeluaran yang berkaitan langsung dengan pembuatan produk.
- b. *Indirect Cost* adalah pengeluaran-pengeluaran sebagai akibat tidak langsung karena operasi pabrik.
- c. *Fixed Cost* merupakan harga yang berkaitan dengan *fixed capital* dan pengeluaran-pengeluaran yang bersangkutan dimana harganya tetap, tidak tergantung waktu maupun tingkat produksi.

#### 4.6.3.3. *General Expense*

*General expense* atau pengeluaran umum meliputi pengeluaran-pengeluaran yang berkaitan dengan fungsi-fungsi perusahaan yang tidak termasuk *manufacturing cost*.

#### 4.6.4. Analisa Kelayakan

Untuk dapat mengetahui keuntungan yang diperoleh tergolong besar atau tidak, sehingga dapat dikategorikan apakah

pabrik tersebut potensial atau tidak, maka dilakukan analisa atau evaluasi kelayakan

#### 4.6.4.1. *Percent Return of Investment (ROI)*

*Return of Investment* adalah biaya *fixed capital* yang kembali pertahun atau tingkat keuntungan yang dapat dihasilkan dari tingkat investasi yang telah dikeluarkan.

$$ROI = \frac{\text{profit}}{FCI} \times 100\%$$

FCI = Fixed Capital Investment

#### 4.6.4.2. *Pay Out Time (POT)*

*Pay Out Time* adalah jumlah tahun yang telah berselang, sebelum didapatkan sebuah penerimaan yang melebihi investasi awal atau jumlah tahun yang diperlukan untuk kembalinya *capital investment* dengan profit sebelum dikurangi depresiasi.

#### 4.6.4.3. *Discounted Cash Flow of Return (DCFR)*

Evaluasi keuntungan dengan cara *discounted cash flow* uang tiap tahun berdasarkan investasi yang tidak kembali setiap akhir tahun selama umur pabrik (*present value*).

#### 4.6.4.4. Break Even Point (BEP)

*Break even point* adalah titik impas (kondisi dimana pabrik tidak mendapatkan keuntungan maupun kerugian). Kapasitas pabrik pada saat *sales value* sama dengan total *cost*. Pabrik akan rugi jika beroperasi di bawah BEP dan untung jika beroperasi di atasnya.

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

Dengan :

Fa = Annual Fixed Expense

Ra = Annual Regulated Expense

Va = Annual Variabel Expense

Sa = Annual Sales Value Expense

#### 4.6.4.5. Shut Down Point (SDP)

*Shut down point* adalah level produksi dimana biaya untuk menjalankan operasi pabrik akan lebih mahal daripada biaya untuk menutup pabrik dan membayar *fixed cost*.

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

## 4.6.5. Hasil Perhitungan

### 4.6.5.1. Penentuan *Total Capital Investment (TCI)*

#### A. Modal Tetap (*Fixed Capital Investment*)

**Tabel 4.10.** Daftar komponen Modal Tetap

No	Komponen	US \$	Rp
1	Harga alat (DEC)	\$ 4.527.808,75	
2	Biaya pemasangan	\$ 456.403,12	Rp 3.303.489.264,00
3	Biaya pemipaan	\$ 1.841.912,60	Rp 3.819.659.461,50
4	Biaya instrumentasi	\$ 440.103,01	Rp 309.702.118,50
5	Biaya listrik	\$ 371.280,31	Rp 516.170.197,50
6	Biaya isolasi	\$ 117.723,02	Rp 516.170.197,50
7	Biaya bangunan		Rp 41.917.500.000,00
8	Biaya tanah dan Perbaikan		Rp 48.000.000.000,00
9	Biaya utilitas	\$ 1.343.187,90	Rp 890.252.448,00
	<i>Physical Plant Cost (PPC)</i>	\$ 9.098.418,73	Rp 99.272.943.687,00

Lanjutan Tabel 4.10.

10	<i>Engineering and Construction</i> (20% PPC)	\$ 1.819.683,74	Rp 19.854.588.737,40
	<i>Direct Plant Cost</i> (DPC)	\$ 10.918.102,47	Rp 119.127.532.424,40
11	<i>Contractor's fee</i> (5% DPC)	\$ 545.905,12	Rp 5.956.376.621,22
12	<i>Contigencies</i> (10% DPC)	\$ 1.091.810,24	Rp 11.912.753.242,44
	<i>Fixed Capital Investment</i> (FCI)	\$ 12.555.817,85	Rp 136.996.662.288,06

Total *Fixed Capital Investment* dalam rupiah

$$= \text{Rp } 125.558.178 + \text{Rp } 136.996.662.288,06$$

$$= \text{Rp } 262.554.840,8$$

Total *Fixed Capital Investment* dalam dollar = US\$ 26.255.484,08

## B. Modal Kerja (*Working Capital*)

Terdiri dari :

### 1. *Raw material inventory*

*Raw material inventory* = 1 bulan biaya dari *raw material*

$$= \text{Rp } 29.139.098.385,60$$

2. *In process inventory*

$$\begin{aligned} \text{In process inventory} &= 1 \text{ hari biaya manufacturing cost} \\ &= \text{Rp } 1.909.517.063,53 \end{aligned}$$

3. *Product inventory*

$$\begin{aligned} \text{Product inventory} &= 1 \text{ bln biaya manufacturing cost} \\ &= \text{Rp } 57.285.511.905,87 \end{aligned}$$

4. *Extended credit*

$$\begin{aligned} \text{Extended credit} &= 1 \text{ bln biaya manufacturing cost} \\ &= \text{Rp } 57.285.511.905,87 \end{aligned}$$

5. *Available cost*

$$\begin{aligned} \text{Available cost} &= 1 \text{ bln biaya manufacturing cost} \\ &= \text{Rp } 57.285.511.905,87 \end{aligned}$$

**Tabel 4.11.** Daftar komponen Modal Kerja

No	Jenis	Rp
1	<i>Raw material inventory</i>	29.139.098.385,60
2	<i>In process inventory</i>	1.909.517.063,53
3	<i>Product inventory</i>	57.285.511.905,87
4	<i>Extendad credit</i>	57.285.511.905,87
5	<i>Available cost</i>	57.285.511.905,87
<b>Total WC</b>		<b>202.905.151.166,74</b>

#### 4.6.5.2. Biaya Produksi Total (*Total Production Cost*)

##### A. *Manufacturing Cost*

##### 1. *Direct Manufacturing Cost*

##### a. Bahan baku (harga beli, Rp/thn)

- Chlorine = Rp 84.078.735.681,60
- Propylene =  $\frac{\text{Rp } 236.451.346.560,00}{12}$  +  
Rp 320.530.082.241,60

##### b. Labor

$$\begin{aligned} \text{Total gaji tenaga kerja/bulan} &= \text{Rp } 870.625.000 \times 12 \text{ bulan} \\ &= \text{Rp } 10.447.500.000 \end{aligned}$$

##### c. Pengawas

$$\begin{aligned} \text{Gaji pengawas diambil } 10\% \text{ biaya labor} \\ &= 0,1 \times \text{Rp } 10.447.500.000 \\ &= \text{Rp } 1.044.750.000.000 \end{aligned}$$

##### d. *Maintenance*

$$\begin{aligned} \text{Diambil maintenance sebesar } 7\% \text{ dari FCI} \\ &= \text{Rp } 18.378.838.854,31 \end{aligned}$$

##### e. *Plant Supplies*

$$\begin{aligned} \text{Diambil plant supplies sebesar } 15\% \text{ dari maintenance cost} \\ &= \text{Rp } 2.765.824.828 \end{aligned}$$

##### f. *Royalty and Patents*

Besarnya 1 - 5% dari harga penjualan produk

$$= \text{Rp } 9.794.923.766$$

g. Utilitas (harga beli, Rp/thn)

$$= \text{Rp } 45.924.700.536$$

**Tabel 4.12.** Daftar komponen *Direct Manufacturing Cost*

No	Jenis	Rp
1	Bahan Baku	Rp 320.530.082.241
2	Labor	Rp 10.447.500.000
3	Pengawas	Rp 1.044.750.000
4	Maintenance	Rp 18.378.838.854,31
5	Plant Supplies	Rp 2.765.824.828
6	Royalty and Patents	Rp 9.794.923.766
7	Utilitas	Rp 45.924.700.536
<b>Total DMC</b>		<b>Rp 408.877.621.236,06</b>

2. *Indirect Manufacturing Cost*

a. *Payroll Overhead*

Ditetapkan biaya yang dikeluarkan antara 15 - 20% dari biaya labor.

$$= \text{Rp } 2.089.500.000$$

b. Laboratory

Biaya yang dibutuhkan untuk keperluan *quality control* produk besarnya antara 10 - 20% dari biaya labor.

$$= \text{Rp } 2.089.500.000$$

c. *Plant Overhead*

Besarnya 50 - 100% biaya labor

$$= \text{Rp } 8.358.000.000$$

d. *Packaging & Shipping*

Biaya packaging & shipping yaitu 13% dari harga jual

$$= \text{Rp } 127.344.009.088$$

**Tabel 4.13.** Daftar komponen *Indirect Manufacturing Cost*

No	Jenis	Rp
1	<i>Payroll Overhead</i>	Rp 2.089.500.000
2	<i>Laboratory</i>	Rp 2.089.500.000
3	<i>Plant Overhead</i>	Rp 8.358.000.000
4	<i>Packaging &amp; Shipping</i>	Rp 127.334.099.088
<b>Total IMC</b>		<b>Rp 139.871.009.088</b>

3. *Fixed Manufacturing Cost*

a. *Depresiasi*

Biaya total depresiasi per tahun sebesar 8 - 10% FCI

$$= \text{Rp } 26.255.484.077,59$$

b. *Property Taxes*

Ditetapkan total antara 1-2% dari FCI

$$= \text{Rp } 52.510.968.155,17$$

## c. Asuransi

Ditetapkan total sebesar 1% dari FCI

= Rp 2.625.548.407,76

**Tabel 4.14.** Daftar komponen *Fixed Manufacturing Cost*

No	Jenis	Rp
1	Depresiasi	Rp 26.255.484.077,59
2	<i>Property Taxes</i>	Rp 52.510.968.155,17
3	Asuransi	Rp 26.25.548.407,76
<b>Total FMC</b>		<b>Rp 81.392.000.640,52</b>

4. *Total Manufacturing Cost*

**Tabel 4.15.** Komponen *Total Manufacturing Cost*

No	Jenis	Rp
1	<i>Direct Manufacturing Cost</i>	Rp 408.877.621.236,06
2	<i>Indirect Manufacturing Cost</i>	Rp 139.871.009.088
3	<i>Fixed Manufacturing Cost</i>	Rp 81.392.000.640,52
<b>Total MC</b>		<b>Rp 630.140.630.964,57</b>

## B. *General Expense*

### 1. *Administrasi*

Pengeluaran untuk gaji manajer dan staffnya, legal fees dan auditing antara 2 - 3% dari sales price atau 3 - 6% dari *manufacturing cost*.

$$= \text{Rp } 31.507.031.548$$

### 2. *Sales*

Biaya untuk iklan dan promosi sebesar 10% dari harga penjualan.

$$= \text{Rp } 97.949.237.760,00$$

### 3. *Research*

Biaya untuk research and development sebesar antara 2 - 4% dari sales price atau 3,5 - 8% dari *manufacturing cost*

$$= \text{Rp } 25.205.625.238,58$$

### 4. *Finance*

Biaya untuk membayar bunga pinjaman bank atau deviden bagi para pemegang saham antara 2 - 4% dari FCI

$$= \text{Rp } 7.876.645.233,28$$

**Tabel 4.16.** Daftar komponen *General Expense*

No	Jenis	Rp
1	Administrasi	Rp 31.507.031.548,23
2	Sales	Rp 97.949.237.760
3	Research	Rp 25.205.625.238,85
4	Finance	Rp 7.876.645.223,28
<b>Total GE</b>		<b>Rp 162.538.539.770,09</b>

$$\begin{aligned} \text{Total Biaya Produksi (TPC)} &= \text{TMC} + \text{GE} \\ &= \text{Rp } 792.679.170.737,66 \end{aligned}$$

**Keuntungan (Profit)**

$$\text{Keuntungan} = \text{Total Penjualan Produk} - \text{Total Biaya Produksi}$$

Harga Jual Produk Seluruhnya (Sa)

$$\text{Total Penjualan Produk} = \text{Rp } 979.492.377.600$$

$$\text{Total Biaya Produksi} = \text{Rp } 792.679.170.734,66$$

Pajak keuntungan sebesar 50% - 52%

$$\text{Keuntungan Sebelum Pajak} = \text{Rp } 186.813.206.865,33$$

$$\text{Pajak keuntungan } 52\% = \text{Rp } 97.142.867.569,98$$

$$\text{Keuntungan Setelah Pajak} = \text{Rp } 121.199.899.689,38$$

### 4.6.5.3. Analisa Kelayakan

#### 1. *Persent Return Of Investment (ROI)*

$$ROI = \frac{\text{profit}}{FCI} \times 100\%$$

- ROI sebelum Pajak

$$= (\text{Rp } 186.813.206.865 / \text{Rp } 262.554.840.775,86) \times 100\%$$

$$= 71,15\%$$

- ROI setelah Pajak

$$= (\text{Rp } 89.670.330.295,36 / \text{Rp } 262.554.840.775,86) \times 100\%$$

$$= 34,15\%$$

#### 2. *Pay Out Time (POT)*

$$POT = \frac{FCI}{\text{Keuntungan} + \text{Depresiasi}}$$

- POT sebelum Pajak

$$= (\text{Rp } 262.554.840.775,65) / [(\text{Rp } 186.813.206.865,34) + (\text{Rp } 26,255.484.077.565)]$$

$$= 1,32 \text{ tahun}$$

- POT setelah Pajak

$$= (\text{Rp } 262.554.840.775,65) / [(\text{Rp } 89.670.339.295,36) + (\text{Rp } 26,255.484.077.565)]$$

$$= 2,26 \text{ tahun}$$

### 3. Break Even Point (BEP)

Fixed Manufacturing Cost (Fa)	=	Rp	81.392.000.640,52
Variabel Cost (Va)	=	Rp	503.583.715.641,60
Regulated Cost (Ra)	=	Rp	207.703.454.452,54
Penjualan Produk (Sa)	=	Rp	979.492.377.600,00

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

$$BEP = 43,48\%$$

### 4. Shut Down Point (SDP)

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

$$SDP = 18,85\%$$

### 5. Discounted Cash Flow (DCF)

Umur Pabrik = 10 tahun

Fixed Capital (FC) = Rp 262.554.840.775,65

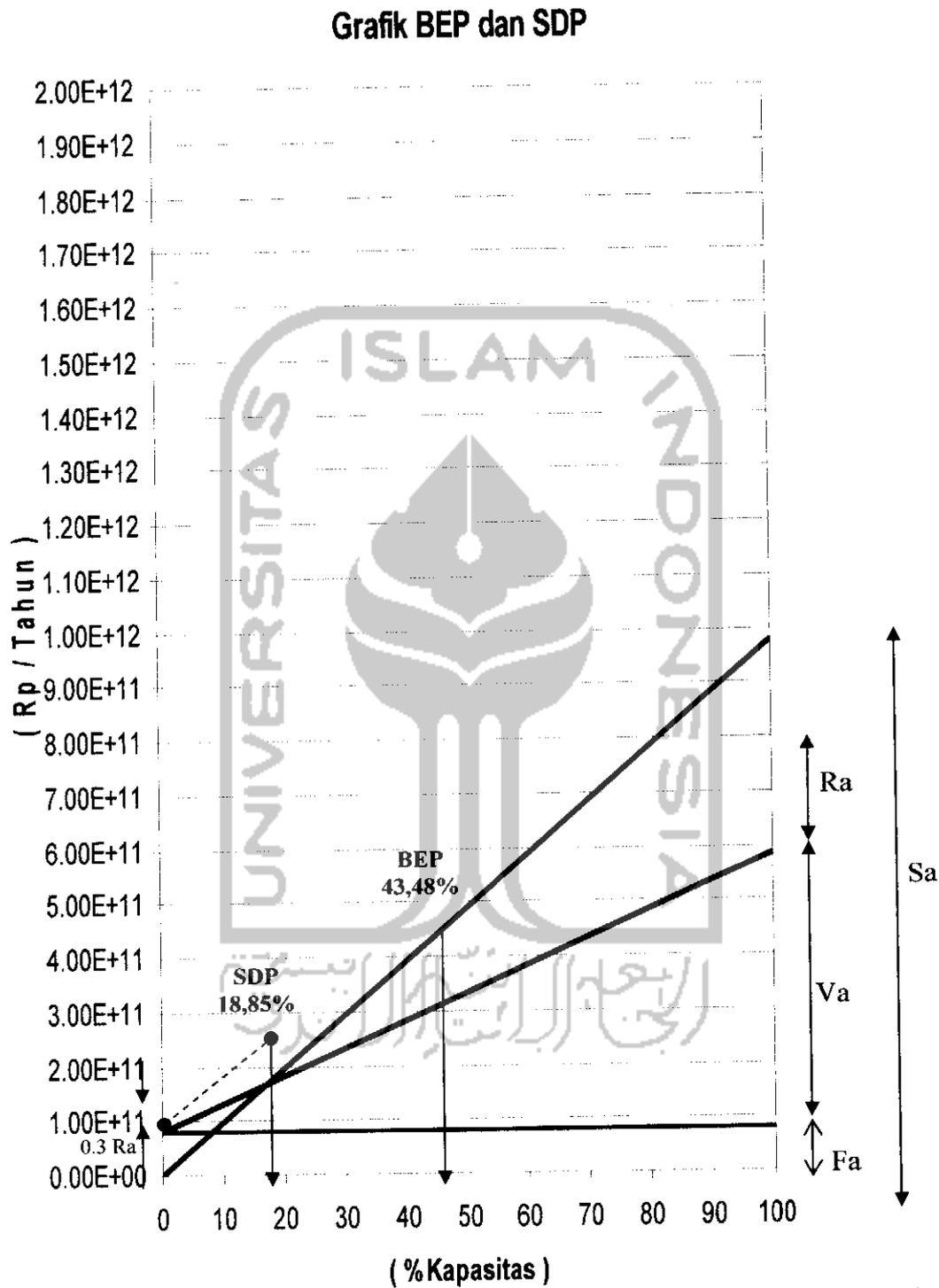
Working Capital (WC) = Rp 202.905.151.166,74

Cash Flow (CF) = Rp 123.802.468.596,23

Salvage Value (SV) = Rp 52.191.750.000

DCF = 21,25 %

Bunga Bank rata-rata saat ini = 12,5 %



Gambar 4.3. Grafik hasil perhitungan analisis ekonomi

Keterangan :

-  $V_a$  = *Variabel Cost.*

-  $R_a$  = *Regulated Cost.*

-  $F_a$  = *Fixed Cost.*

-  $S_a$  = *Harga jual.*

- *Total Cost* =  $V_a + R_a + F_a$

- *Keuntungan* =  $Sales - Total Cost$

- *BEP* = titik impas dimana pada kapasitas ini total pengeluaran sama dengan harga jual.

- *SDP* = titik dimana kerugian pabrik sama dengan *fixed cost* sehingga pabrik lebih baik ditutup. Tetapi bila diantara titik *BEP* dengan *SDP* maka pabrik bisa ditutup bisa tidak tergantung kecenderungan perekonomian dimasa yang akan datang.

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1. Kesimpulan

Dalam perancangan pabrik *allyl chloride* ( $C_3H_5Cl$ ) dari *propylene* ( $C_3H_6$ ) dan *chlorine* ( $Cl_2$ ) dengan kapasitas produksi 18.000 ton/tahun dapat disimpulkan :

- 1) Pendirian pabrik *allyl chloride* dengan kapasitas produksi 18.000 ton/tahun dilatarbelakangi oleh pengurangan nilai import atau ketergantungan *allyl chloride* dari luar negeri juga sebagai penyedia bahan baku bagi pabrik-pabrik lainnya, sekaligus sebagai wujud pemulihan ekonomi Indonesia dan untuk menghadapi era globalisasi.
- 2) Pabrik *allyl chloride* berbentuk Perseroan terbatas (PT) didirikan di Cilegon, Banten di atas tanah seluas 30.000 m<sup>2</sup>, dengan jumlah karyawan 188 orang dan beroperasi selama 330 hari/tahun.
- 3) Ditinjau dari segi proses, sifat-sifat bahan baku dan kondisi operasinya, maka pabrik *allyl chloride* ini tergolong pabrik beresiko rendah.
- 4) Hasil analisis ekonomi adalah sebagai berikut :
  - ▶▶ Keuntungan yang diperoleh :

Keuntungan sebelum pajak Rp 186.813.206.865,33/tahun, dan

Keuntungan setelah pajak Rp 121.199,899.689,38/tahun

► Return of Investment (ROI) :

Presentase ROI sebelum pajak sebesar 71,15%, dan

ROI setelah pajak sebesar 34,15%

Syarat ROI untuk pabrik kimia dengan resiko rendah minimum adalah 11% - 45% sebelum pajak.

► Pay Out Time (POT) :

POT sebelum pajak selama 1,32 tahun dan

POT setelah pajak selama 2,26 tahun

Syarat POT sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan resiko rendah maksimum adalah 5 tahun.

► Break Event Point (BEP) pada 43,48%, dan Shut Down Point (SDP) pada 18,85%. BEP untuk pabrik kimia pada umumnya adalah 40% - 60%.

► Discounted Cash Flow (DCF) sebesar 21,25%.

Syarat minimum DCF adalah diatas suku bunga pinjaman bank yaitu sekitar 1,5 kali suku bunga pinjaman bank.

Dari hasil analisa ekonomi di atas dapat disimpulkan bahwa pabrik *allyl chloride* ( $C_3H_5Cl$ ) dari *propylene* ( $C_3H_6$ ) dan *chlorine* ( $Cl_2$ ) dengan kapasitas produksi 18.000 ton/tahun ini layak dan menarik untuk dikaji lebih lanjut.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aries. R.S., and Newton. R.D., 1995, "*Chemical Engineering Cost Estimation*", Mc Graw Hill Book Company. New York.
- Biro Pusat Statistik., 1999-2004, "*Statistik Perdagangan Luar Negeri Indonesia*", vol. II., BPS., Jakarta., Indonesia.
- Brown, G.G, 1950, "*Unit Operation*", John Wiley and Sons. Inc. New York.
- Brownell. L.E., and Young, E.H, 1959. "*Procces Equipment Design*", John Wiley and Sons. Inc. New York.
- Carl.L. Yaws., 1980, "*Chemical Properties*", Mc. Graw Hill, Inc.,USA.
- Evans, F.L., 1979, "*Equipment Design Handbook*", ed. 2, Vol. I & II, Gulf Publishing Company, Houston.
- Fogler, H. S., 1992, "*Elements of Chemical Reaction Engineering*", ed. 2, Prentice Hall, Inc., Englewood, Cliffs., New Jersey.
- Kern, D.Q., 1950, "*Process Heat Transfer*", Mc Graw Hill, Kogakusha, Tokyo.
- Kister, H. Z., 1992, "*Distillation Design*", Mc Graw Hill, Inc., USA.
- Kirk., and Othmer., 1978, "*Encyclopedia of Chemical Technology*", ed. 2, vol. VI, John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Ludwig, E.E.,1983, "*Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants*", vol I, II, III., Gulf Publisihing Company, Houston, Tokyo
- Magyesy, C.F., 1998, "*Pressure Vessel Handbook*", ed XI, Butherford, Austin, Texas.
- Perry's R.H., and Green, D.W., 1984, "*Perry's Chemical Engineering*" hand Book, 6<sup>th</sup> ed, Mc. Graw Hill Book Company, New York.
- Peters. M.S., and Timmerhaus, K.D., 1980, "*Plant Design and Economics for Chemical Engineering*", ed. 6, Mc Graw Hill, New York.

- Powell, P.T., 1954, *"Water Conditioning for Industry"*, Mc Graw Hill Inc, New York.
- Reid, H. F., 1987, *"Properties og Gases and Liquids"*, Mc. Graw Hill Book Co., Kogakusha, Tokyo
- Smith, J. M.,Van Ness., 2001, *"Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics"*, 6th ed., Mc Graw Hill., Inc., USA.
- Smith, R., 1995, *"Chemical Process Design "*, International edition, Mc Graw Hill co., Singapura.
- Smith, J. M., 1981, *"Chemicals Enggineering Kinetics"*, ed. 4, Mc Graw Hill Book Company, New York.
- Sularso, dan Tahara, H., 2000, *"Pompa dan Kompresor"*, edisi 7., PT Pradnya Paramita., Jakarta.
- Treybal. R.E., 1955, *"Mass Transfer Operations"*, ed. 1.,Mc. Graw Hill Book Company, New York.
- Ulrich, D.G., 1984, *"A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics"*, John Willey and Sons.
- Van Winkle, 1967, *"Distilation"*, Mc. Graw Hill Book Company, New York.
- Walas, S.M., 1988, *"Chemical Process Equipment"*, Butterworth Publisher, Reed Publishing Inc.

LAMPIRAN

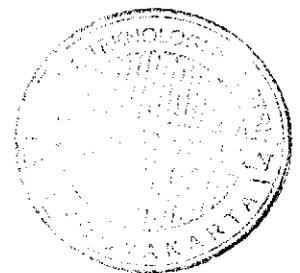
LAMPIRAN

LAMPIRAN

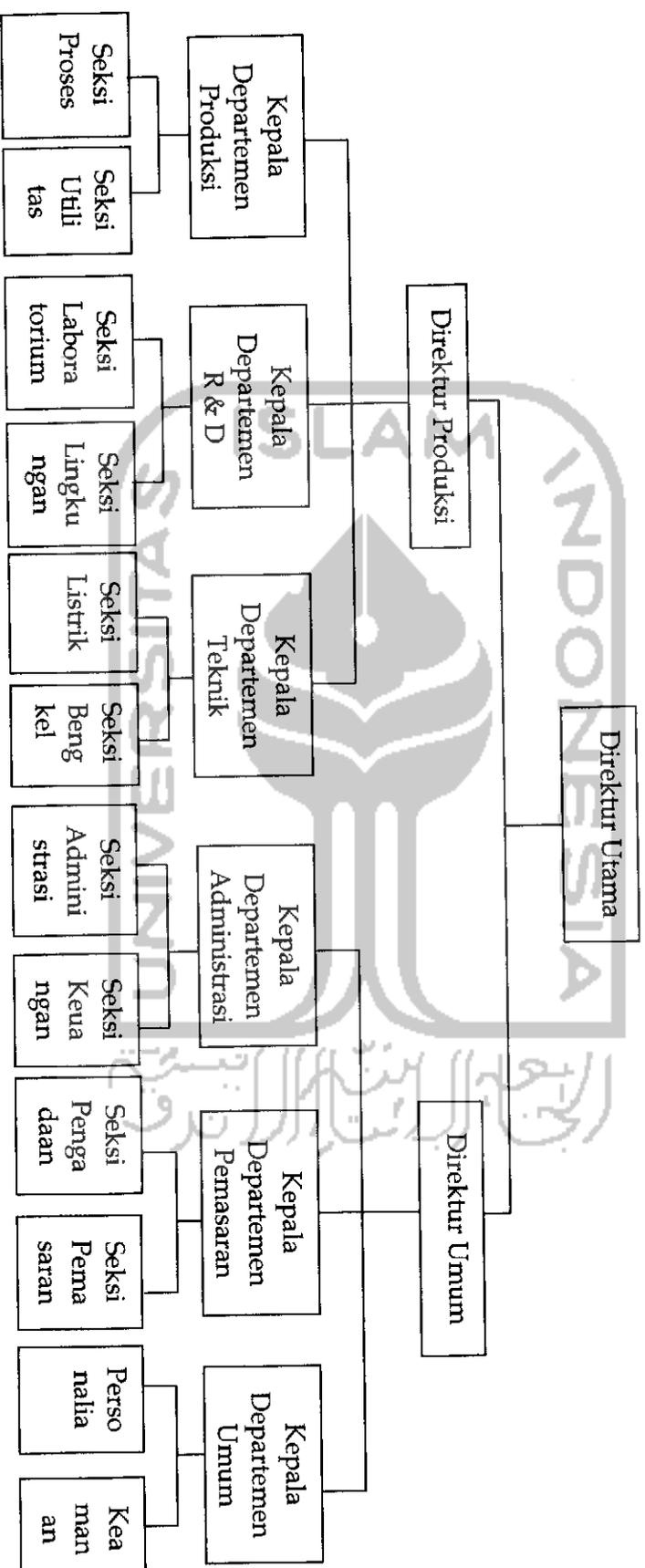
LAMPIRAN

LAMPIRAN

LAMPIRAN



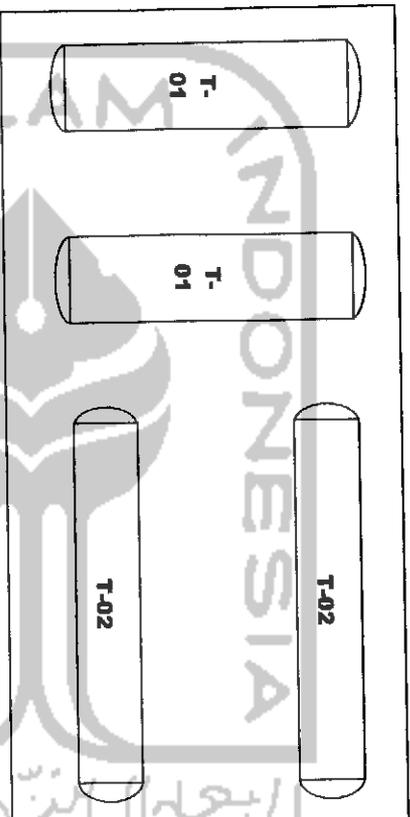
## STRUKTUR ORGANISASI PABRIK



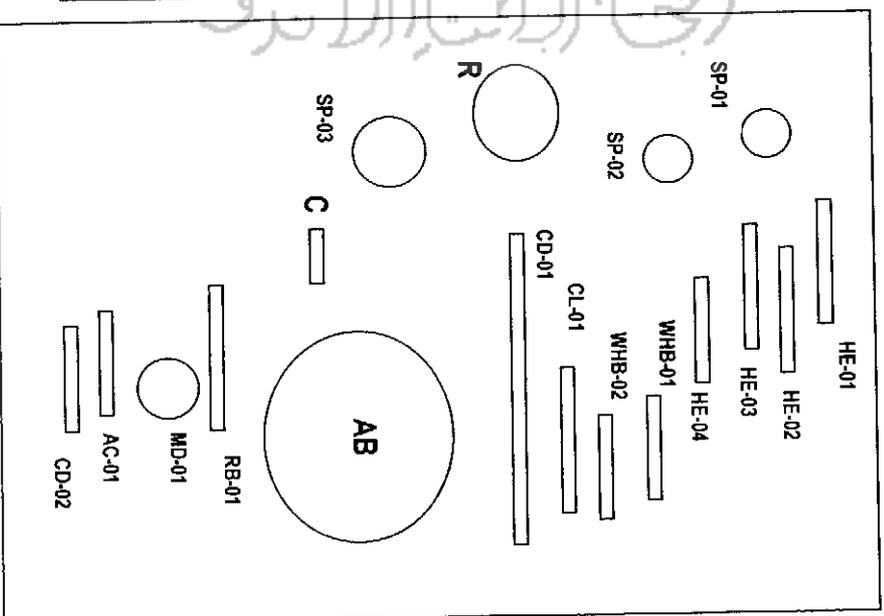
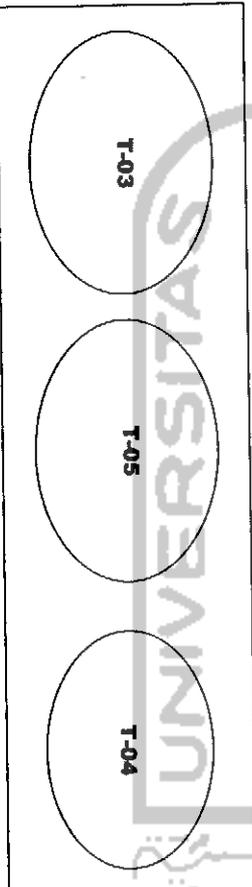
Struktur Organisasi Pabrik

TATA LETAK ALAT PROSES

TANGKI BAHAN BAKU

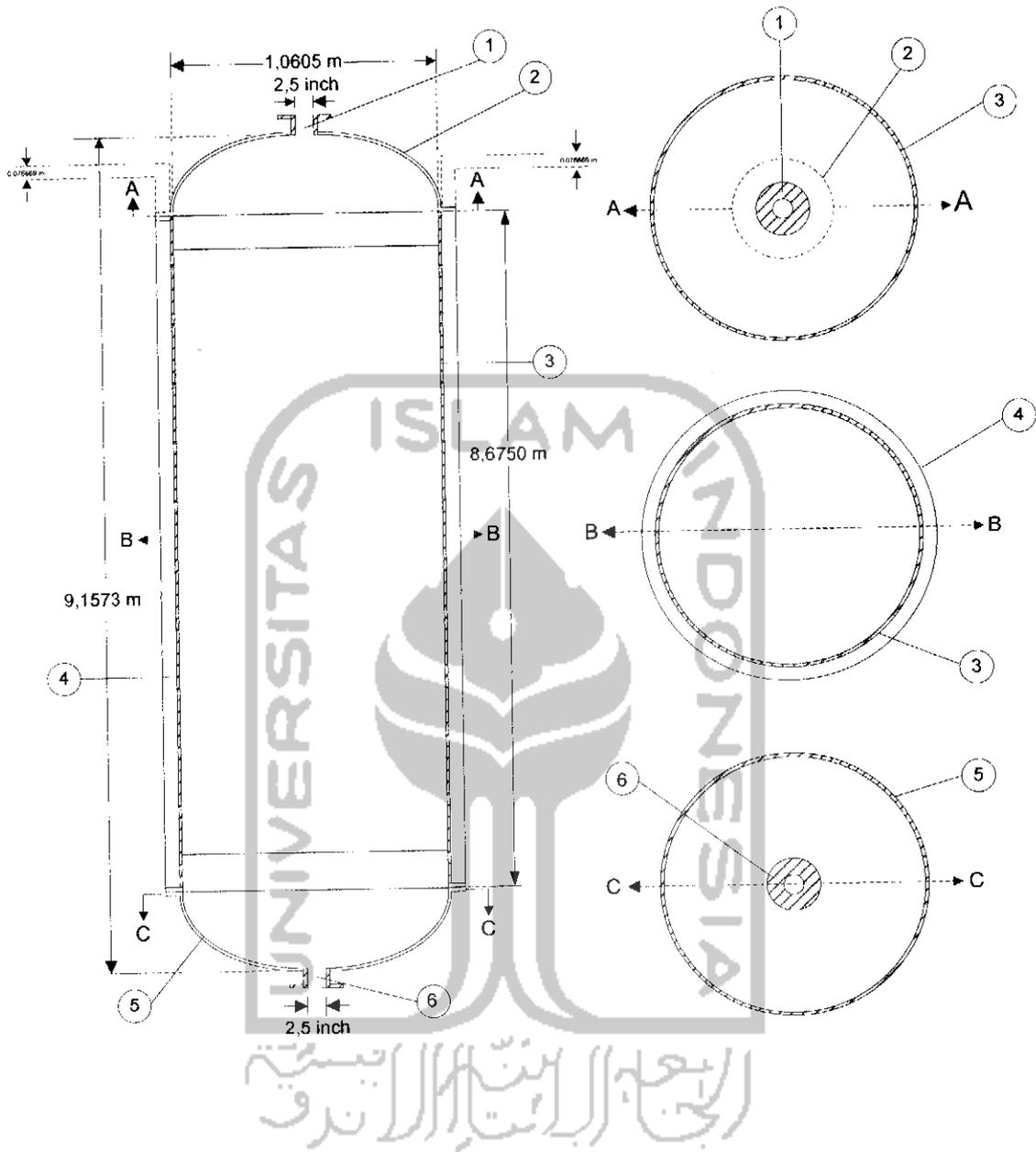


TANGKI PRODUK



Keterangan :  
 AB : absorber  
 AC : akumulator  
 C : kompresor  
 CD : kondensor  
 CL : cooler  
 HE : heat exchanger  
 MD : menara distilasi  
 R : reaktor  
 SP : separator  
 T : tangki  
 WHB : waste heat boiler

Tata Letak Alat Proses Pabrik Alilyl Chloride



**KETERANGAN**

1. Pipa pemasukan umpan
2. Head reaktor bagian atas
3. Dinding reaktor
4. Isolator
5. Head reaktor bagian bawah
6. Pipa pengeluaran produk

**GAMBAR DETAIL REAKTOR ALIR PIPA SINGLE TUBE**

## REACTOR MECHANICAL DESIGN

### Tinggi Bed Reaktor

dari program komputer, panjang bed = 8.6750 m  
= 341.5354 in  
= 28.4613 ft

### Tebal Dinding Reaktor

diameter dalam shell (IDS) = 1.0478 m  
= 41.2500 in  
= 3.4375 ft

jari-jari dalam shell (ri) = 0.5239 m

= 20.6250 in

suhu keluar reaktor = 492.559 C

= 918.6062 F

rp = 0.8863 g/cm<sup>3</sup>

g = 980 g/s<sup>2</sup>

P = 2 atm

faktor keamanan = 20 %

P design = 2.4 atm

= 35.2703 psi

Bahan : Carbon Stainless Steel SA - 283 grade C (Brownell)

operating temperature = 250 F

max allowable stress, f = 12650 psi

max efisiensi sambungan, E = 0.85

faktor korosi, C = 0.125 in (Brownell)

$$t_s = \frac{P \cdot r_i}{F \cdot E - 0.6 \cdot P} + C \quad (\text{Brownell})$$

ts = 0.1928 in

dipilih tebal plate standard = in (Brownell)

= 0.0208 ft

diameter luar shell (ODS) = IDS + 2, ts

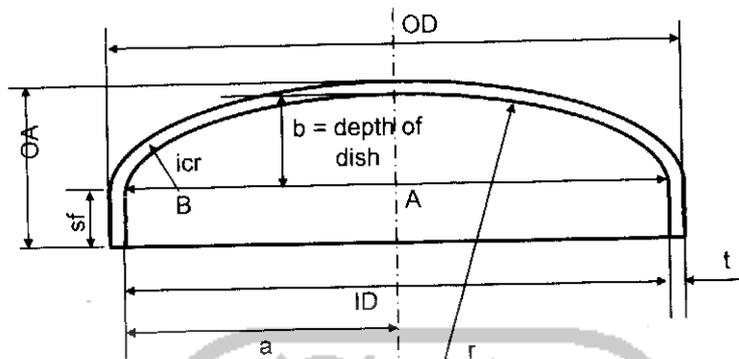
= 41.7500 in

dipilih ODS = in (Brownell)

= 3.5000 ft

## Head and Bottom

Bentuk : Torispherical Dished Head



$$t_h = \frac{0,885 \cdot P \cdot IDS}{F \cdot E - 0,1 \cdot P} + C \quad (\text{Brownell})$$

$$OD = \quad \text{in} \quad (\text{Brownell})$$

$$r = \quad \text{in}$$

$$icr =$$

$$th = 0,2412 \text{ in}$$

dipilih tebal plate standard = 1/4 in (Brownell)

$$icr/OD = 6,2500 \%$$

$$sf = 2 \text{ in} \quad (\text{Brownell})$$

$$a = ID/2$$

$$= 20,6250 \text{ in}$$

$$AB = a - icr$$

$$= 18,0000 \text{ in}$$

$$BC = r - icr$$

$$= 37,3750 \text{ in}$$

$$AC = (BC^2 - AB^2)^{0,5}$$

$$= 32,7550 \text{ in}$$

$$b = r - AC$$

$$= 7,2450 \text{ in}$$

$$\text{tinggi head (OA)} = b + sf + th$$

$$= 9,4950 \text{ in}$$

$$= 0,2412 \text{ m}$$



radiasi

$$\zeta = 1.71E-09 \text{ Btu/j.ft}^2.R^4$$

$$q_r = \tau \cdot A \cdot \varepsilon \cdot (T_3^4 - T_u^4) \quad (\text{Kern})$$

$$Q_r = 93.7235 \text{ Btu/j.ft}^2$$

konduksi

$$q_{k1} = \frac{k_1 \cdot A}{x_1} (T_2 - T_1) \quad (\text{Kern})$$

$$q_{k2} = \frac{k_2 \cdot A}{x_2} (T_3 - T_2) \quad (\text{Kern})$$

perpindahan panas konduksi secara seri :

$$q_k = \frac{T_1 - T_3}{\frac{x_1}{k_1 \cdot A} + \frac{x_2}{k_2 \cdot A}} \quad (\text{Kern})$$

$$Q_k = Q_c + Q_r$$

$$x_2 = 0.2515 \text{ ft}$$

$$= 7.6669 \text{ cm}$$

$$= 3.0184711 \text{ in}$$

Berat Reaktor

berat shell

$$w_{shell} = 0.25 \cdot \pi \cdot (ODS^2 - IDS^2) \cdot \rho_s$$

$$= 110.8540 \text{ lb}$$

berat head & bottom

$$w_{head} = 2 \cdot \frac{\pi}{24} \cdot (ODS^3 - IDS^3) \cdot \rho_s$$

$$= 191.6874 \text{ lb}$$

berat isolator

$$w_{isolator} = 0.25 \cdot \pi \cdot x_{is}^2 \cdot (ODS^2 - IDS^2) \cdot \rho_{is}$$

$$= 1.7881 \text{ lb}$$

berat total reaktor :

$$= 304.3294 \text{ lb}$$

$$= 138.0408 \text{ kg}$$

### Diameter Nozel Pemasukan dan Pengeluaran

Untuk menentukan diameter nozel yang berhubungan dari dan ke reaktor digunakan persamaan:

$$D_{i,opt} = 3,9 \cdot q_f^{0,45} \cdot \rho_f^{0,13} \quad (\text{Peters \& Timerhouse})$$

dengan  $D_{i,opt}$  = diameter optimum, in  
 $q_f$  = debit fluida, cuft/s  
 $\rho_f$  = densitas fluida, lb/cuft

#### a. Pipa umpan masuk reaktor

w rate = 219.8617 kgmol/jar 10471.1080 kg/jam 6.4067 lb/dt  
 T = 523.15 K 2.9086 kg/dt  
 P = 2 atm 202650 Pa  
 R = 1.314 n.ft<sup>3</sup>/lbmo 0.082057 m<sup>3</sup>atm/kgmolK

Komp.	Kgmol/j	x, mol	BM	x.BM
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	168.822738	0.7678587	42	32.25007
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	8.48152273	0.0385766	44	1.697371
HCl	0.4119726	0.0018738	36.5	0.068393
Cl <sub>2</sub>	42.1454789	0.1916909	71	13.61005
Jumlah	219.861712	1		47.62588

$$\rho_f = \frac{P \cdot BM}{R \cdot T}$$

= 0.1386 lb/ft<sup>3</sup> 2.2189 kg/m<sup>3</sup>

$$q_f = \frac{\text{Flowrate}}{\rho_f}$$

= 0.6165 cuft/s

$$D_{i,opt} = 2.4263 \text{ in} \quad 6.1628 \text{ cm}$$

Dipakai pipa standar (IPS) :

Nominal pipe size = 2.5 in 6.35 cm (Brownell)

OD = 2.88 in

ID = 2.469 in

Schedule number = 40

#### b. Pipa hasil reaksi keluar reaktor

w rate = 207.4454 kgmol/jar 10471.1100 kg/jam 6.4067 lb/s  
 T = 765.5590 K  
 P = 2.7657 atm 280234.553 Pa  
 R = 1.314 n.ft<sup>3</sup>/lbmo 0.08206 m<sup>3</sup>atm/kgmolK

Komp.	Kgmol/j	x, mol	BM	x.BM
HCl	30.1668219	0.1454206	36.5	5.307851
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	126.6255	0.6104041	42	25.63697
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	8.48152273	0.0408856	44	1.798965
Cl <sub>2</sub>	0.00843662	4.067E-05	71	0.002888
C <sub>3</sub> H <sub>5</sub> Cl	29.7661307	0.143489	76.5	10.97691
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> Cl <sub>2</sub>	12.3969469	0.0597601	113	6.752887
Jumlah	207.445359	1		50.47647

$$\rho_f = \frac{P \cdot BM}{R \cdot T}$$

$$= 0.1388 \text{ lb/ft}^3$$

$$q_f = \frac{\text{Flowrate}}{\rho_f}$$

$$= 0.6155 \text{ cuft/s}$$

$$D_{i,opt} = 2.4251 \text{ in} \quad 6.1598 \text{ cm}$$

Dipakai pipa standar (IPS) :

$$\text{Nominal pipe size} = 2.5 \text{ in} \quad 6.35 \text{ cm} \quad (\text{Brownell})$$

$$\text{OD} = 2.88 \text{ in}$$

$$\text{ID} = 2.469 \text{ in}$$

$$\text{Schedule number} = 40$$

### SPEKIFIKASI REAKTOR ( R )

Fungsi : Mereaksikan gas amoniak dan toluene menjadi Benzonitrile, dengan bantuan udara.

Jenis = *Single Tube / Mono Tube*

Fasa = Gas

Bentuk = Silinder tegak

Suhu masuk = 250 C

Suhu keluar = 492.559 C

Tekanan Udara = 2 atm absolut

Panjang Bed = 8.6750 m

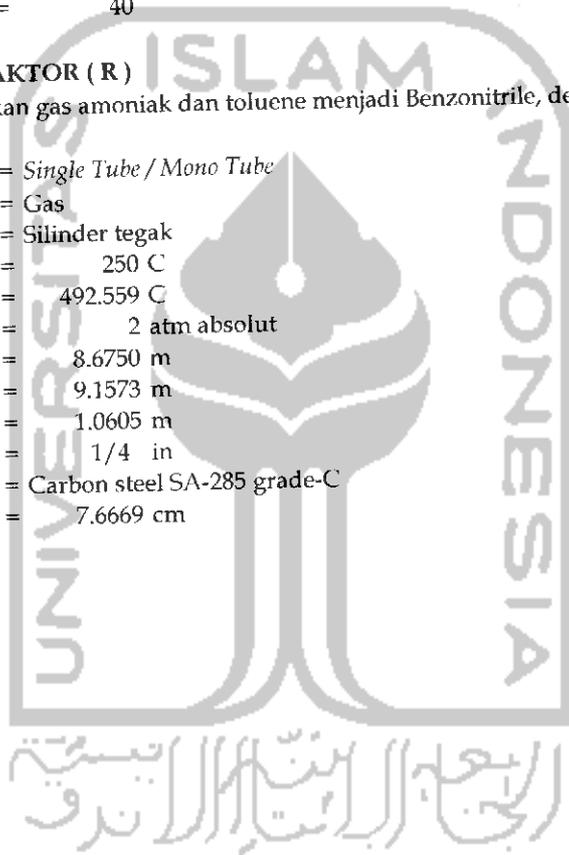
Tinggi Reaktor = 9.1573 m

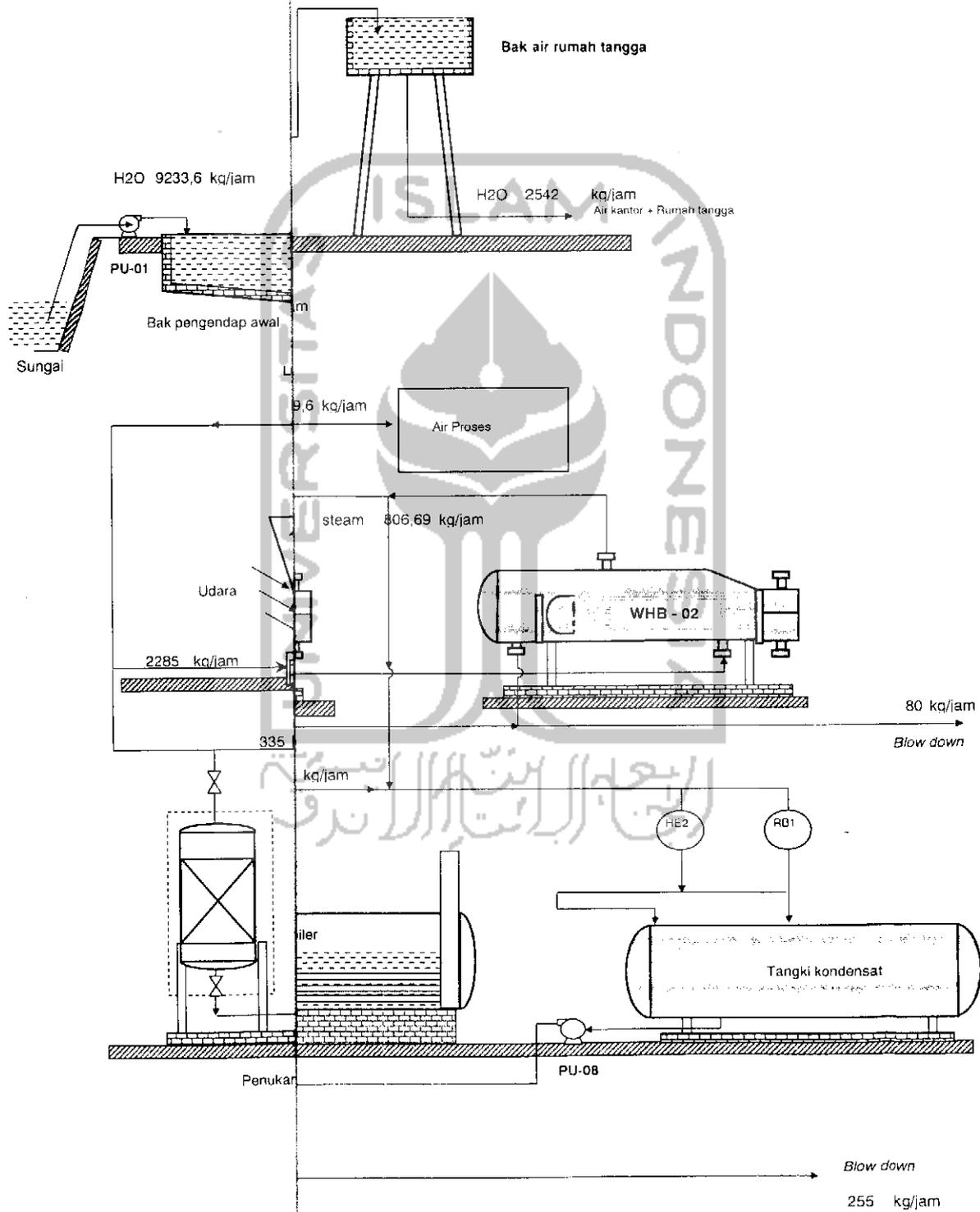
Diameter shell = 1.0605 m

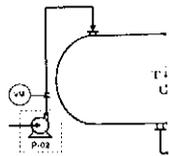
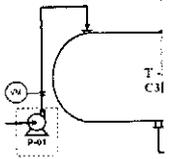
Tebal dinding = 1/4 in

Bahan Konstruksi = Carbon steel SA-285 grade-C

Tebal isolasi = 7.6669 cm

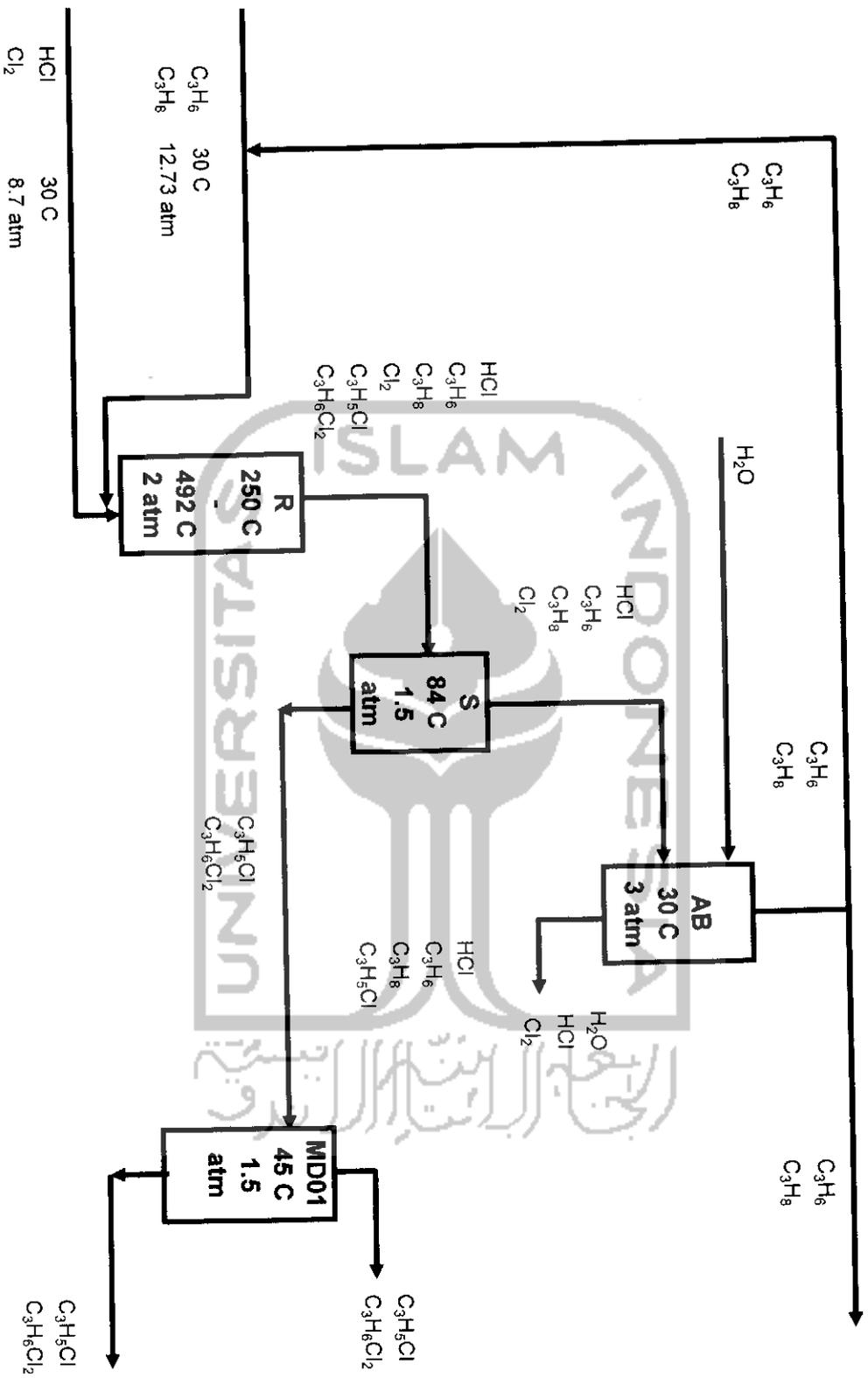




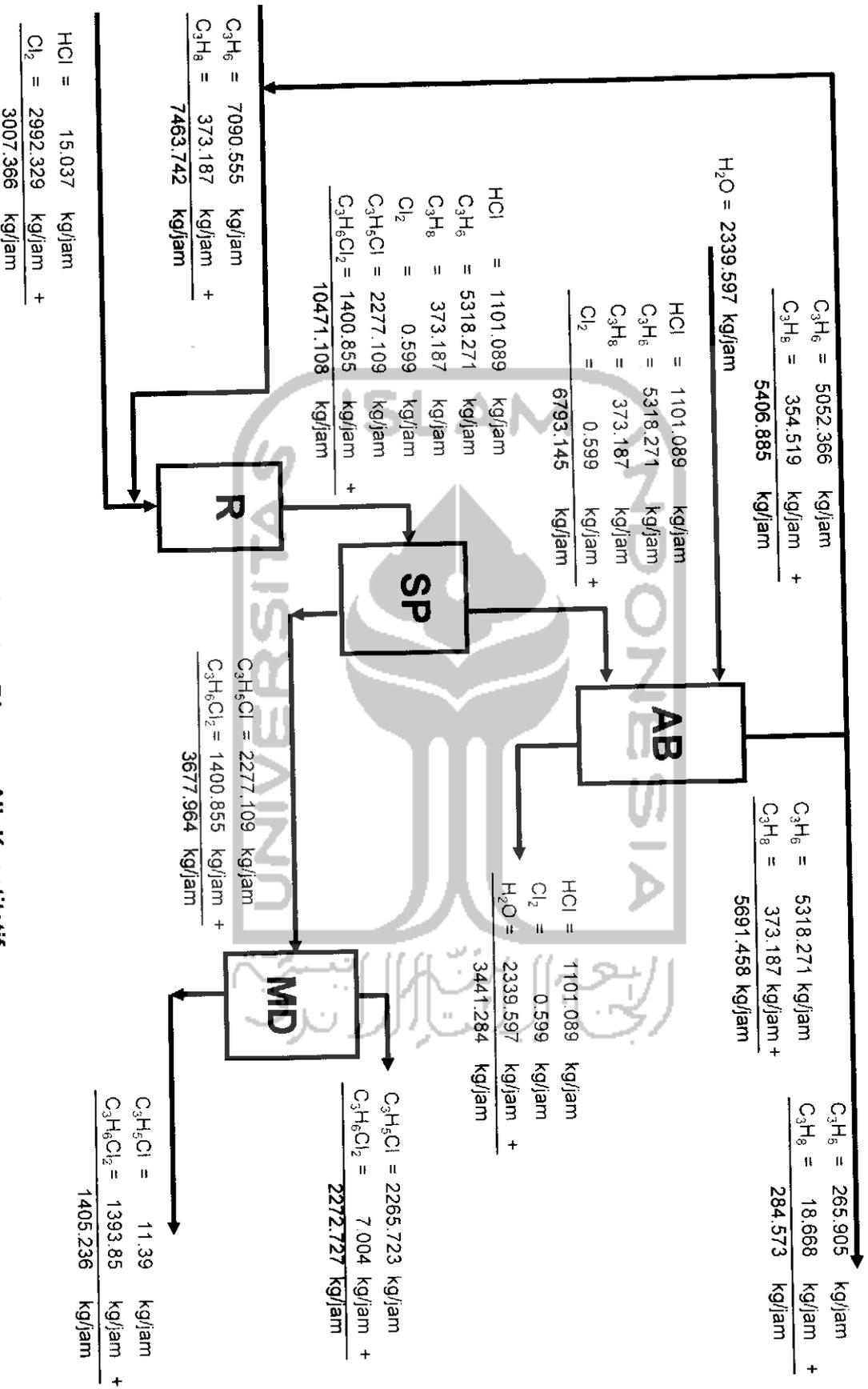


NERACA MASSA (kg/jam)

N0.	KOMPONEN	
1	HCl	
2	$C_2H_6$	2
3	$C_2H_4$	
4	$Cl_2$	
5	$C_2H_5Cl$	
6	$C_2H_4Cl_2$	
7	$H_2O$	
	JUMLAH	2



Gambar Diagram Alir Kualitatif



Gambar Diagram Alir Kuantitatif