

**PRA RANCANGAN PABRIK KIMIA  
PHOSGENE DARI KARBON MONOKSIDA DAN KLORIN KAPASITAS  
56.000 TON/TAHUN**

**PRARANCANGAN PABRIK**

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



**Oleh:**

**Nama : Tsania Rodhiati Al-Walidah**

**Nama : Sakila Isabela Yafani**

**NIM : 18521078**

**NIM : 18521090**

**KONSENTRASI TEKNIK KIMIA  
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

**YOGYAKARTA**

**2023**

**LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING**

**PRARANCANGAN PABRIK KIMIA *PHOSGENE* DARI KARBON  
MONOKSIDA DAN KLORIN KAPASITAS 56.000 TON/TAHUN**

**PRARANCANGAN PABRIK**

Oleh:

Nama : Tsania Rodhiati Al-Walidah

Nama : Sakila Isabela Yafani

NIM : 18521078

NIM : 18521090

Yogyakarta, 5 Januari 2023

Pembimbing I

Pembimbing II

  
Dr. Arif Hidayat, S.T., M.T.

  
Cholila Tamzysi, S.T., M.Eng

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

### PRARANCANGAN PABRIK KIMIA *PHOSGENE* DARI KARBON MONOKSIDA DAN KLORIN KAPASITAS 56.000 TON/TAHUN

Kami yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Tsania Rodhiati Al-Walidah      Nama : Sakila Isabela Yafani  
NIM : 18521078                              NIM : 18521090

Yogyakarta, 5 Januari 2023

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

Demikian surat pernyataan ini saya buat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.



Tsania Rodhiati Al-Walidah



Sakila Isabela Yafani

**LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI**

**PRARANCANGAN PABRIK KIMIA *PHOSGENE* DARI KARBON  
MONOKSIDA DAN KLORIN KAPASITAS 56.000 TON/TAHUN**

Oleh :

Nama : Tsania Rodhiati Al-Walidah

Nama : Sakila Isabela Yafani

NIM : 18521078

NIM : 18521090

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu Syarat  
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia Konsentrasi Teknik Kimia  
Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Islam Indonesia  
Yogyakarta,

Tim Penguji


Ketua Penguji

  
Dr. Arif Hidayat, S.T., M.T.

Penguji I

  
Nur Indah Fajar Mukti, S.T., M. Eng.

Penguji II

  
Umi Rofiqah, S.T., M.T.

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Kimia  
Fakultas Teknologi Industri

  
  
Ifa Puspasari, S.T., M.Eng., Ph.D

## KATA PENGANTAR



*Assalamu'alaikum Wr., Wb.*

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik dan karunia-Nya, sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik. Shalawat dan salam semoga selalu tercurahkan atas junjungan kita Nabi Muhammad S.A.W, sahabat serta para pengikutnya.

Tugas Akhir Pra Rancangan Pabrik yang berjudul “Pra Rancangan Pabrik *Phosgene* dari Karbon Monoksida dengan Kapasitas 56.000 Ton/Tahun”, disusun sebagai penerapan dari ilmu teknik kimia yang telah diperoleh selama dibangku kuliah, dan merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Penulisan laporan Tugas Akhir ini dapat berjalan dengan lancar atas bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penyusun ingin menyampaikan terimakasih kepada :

1. Orang Tua dan Keluarga yang selalu memberikan doa, semangat, dan dukungan yang tiada henti-hentinya.
2. Bapak Hari Purnomo, Prof., Dr., Ir., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
3. Ibu Ifa Puspasari, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Dr. Arif Hidayat, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I dan Bapak Cholila Tamzysi, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir yang telah memberikan banyak pengarahan dan bimbingan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Seluruh civitas akademika di lingkungan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
6. Teman – teman Teknik Kimia 2018 yang selalu memberikan dukungan, semangat, dan kerja samanya.

7. Semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu per satu yang telah membantu penyusunan Tugas Akhir ini.

Kami menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan, untuk itu kami mengharapkan kritik dan saran untuk menyempurnakan laporan ini. Akhir kata semoga laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak, terutama bagi para pembaca serta penyusun, Aamiin.

*Wassalamu'alaikum Wr., Wb.*

Yogyakarta, 5 Januari 2023



## LEMBAR PERSEMBAHAN



Karya ini saya persembahkan kepada :

*Assalamu 'alaikum Wr., Wb.*

Puji syukur kami panjatkan kepada Allah SWT atas rahmatnya, karunianya kepada saya sehingga saya mendapatkan kesempatan untuk bisa menuntut ilmu dan dapat menyelesaikan studi di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

Terimakasih kepada kedua orang tua saya, Bapak Djuwito dan Ibu Siti Rokhayani serta kakak dan adik saya Zukhrufa Awalia Rahma dan Naila Laili Ramadhani yang selalu memberikan doa tiada henti, semangat, motivasi dan kasih sayang yang luar biasa. Terima kasih banyak telah berjuang dan berkorban banyak hal untuk saya hingga saya bisa mencapai tahap ini dengan penuh kasih sayang.

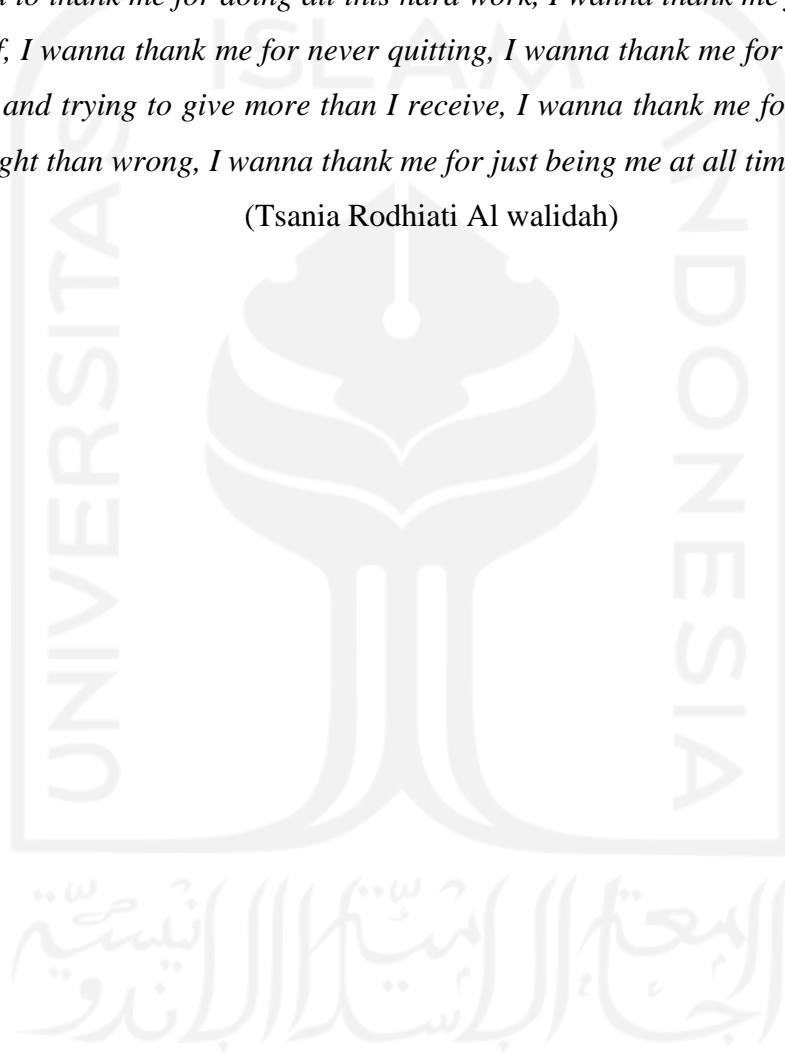
Terima kasih kepada Bapak Dr. Arif Hidayat, S.T., M.T. selaku Dosen pembimbing I dan Bapak Cholila Tamzysi, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing II. Terima kasih atas waktu, ilmu, bimbingan, dan arahnya selama ini sehingga dapat menyelesaikannya tugas akhir dengan baik. Terima kasih partner saya Sakila Isabela sebagai partner perancangan pabrik saya ini telah bersabar dan terus berjuang dalam penyelesaian penyusunan pra rancangan pabrik ini. Semoga kita diberikan ilmu yang bermanfaat dan sukses kedepannya dan dipertemukan di waktu dan tempat yang terbaik.

Terima kasih kepada teman curhat (Fitrah, Putri, Hepi, Nisa) yang telah bersedia menerima keluh kesah, resah saya dari awal kuliah hingga sekarang. Juga Sobat haha-hihi (Zukhruf, Niki, Dea) yang telah mengajak saya dan teman-teman lain untuk jalan-jalan keliling jogja. Dan untuk teman halu saya rizky yang telah mengajak saya untuk menjadi kpop untuk ngestand NCT, Treasure dan Scoups sehingga saya menjalani hari-hari sulit ini dengan suka cita. Terima kasih sudah menjadi teman yang saling support dan selalu satu frekuensi. Semoga kita semua menjadi manusia kuat dan mendapatkan ilmu yang bermanfaat serta sukses untuk kedepannya, Aamiin.

Teknik Kimia UII 2018, almamater tercinta, yang punya andil besar didalam membentuk karakter pribadi menjadi lebih baik. Terimakasih sudah mengizinkan saya untuk menjadi bagian dari keluarga ini. Semoga kalian selalu sehat, bahagia, serta dapat meraih apa yang dicita-citakan.

*Last but not least, I wanna thank me. I wanna thank me for beliving in me, I wanna to thank me for doing all this hard work, I wanna thank me for having no days off, I wanna thank me for never quitting, I wanna thank me for always being a giver and trying to give more than I receive, I wanna thank me for trying to do more right than wrong, I wanna thank me for just being me at all time.*

(Tsanía Rodhiati Al walidah)





## LEMBAR PERSEMBAHAN



Karya ini saya persembahkan kepada :

*Assalamu'alaikum Wr., Wb.*

Puji syukur kami panjatkan kepada Allah SWT atas rahmatnya, karunianya kepada saya sehingga saya mendapatkan kesempatan untuk bisa menuntut ilmu dan dapat menyelesaikan studi di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

Terimakasih kepada Bapak Syafni Hasdi Nirwan dan Ibu Eliyana serta kakak saya Puspita Ramayani, teteh saya Yona Yolanda, serta adik saya yang telah memberikan doa, semangat, motivasi dan dukungan yang tiada hentinya, serta kasih sayang yang tak terhingga. Terima kasih telah berjuang dan berkorban begitu banyaknya. Lembar persembahan ini tidak akan pernah cukup untuk menggambarkan rasa terimakasih saya ke ibu dan bapak.

Terima kasih kepada Bapak Dr. Arif Hidayat, S.T., M.T. selaku Dosen pembimbing I dan Bapak Cholila Tamzysi, S.T., M.Eng. Selaku Dosen Pembimbing II. Terima kasih atas waktu, ilmu, bimbingan, dan arahnya selama ini sehingga dapat menyelesaikannya tugas akhir dengan baik. Terima kasih partner saya Tsania sebagai partner masa perkuliahan sampai tahap pra rancangan pabrik saya ini, yang selama ini sudah banyak bersabar dan terus berjuang dalam masa perkuliahan, kerja praktek, penelitian serta penyusunan pra rancangan pabrik ini. Terima kasih atas ilmu, waktu, semangat, kerja keras dan juga dukungannya selama ini. Terima kasih telah berjuang sama-sama, San!

Sahabat-sahabatku dan juga teman-teman perkipopan (Cupi dan Zara) dan tidak lupa untuk member Picnic (Meni, Rizka, Japira, Addin, dan Silvi) dan juga sahabat seperjuangan saya (Sani dan Jijah) yang terakhir teman yang selalu ada untuk saya (Yulia dan Rona), terima kasih telah memberikan perhatian, dukungan, dan semangat untuk menjalanin perkuliahan ini. Terima kasih sudah menjadi

teman yang satu frekuensi dan saling jaga satu sama lain. Semoga kita tetap berteman baik sampai kapanpun.

Kim Jungwoo, idola saya terima kasih sudah memberi semangat saya menjadi moodbooster saya untuk mengerjakan Tugas Akhir.

Lee Jenoo dan Huang Renjun, terima kasih. Dan yang terakhir NCT, terima kasih telah mengisi hari hari saya dengan konten yang menghibur, dan selalu membuat saya semangat untuk mengerjakan Tugas Akhir.

Teknik Kimia UII 2018, almamater tercinta, Terima kasih sudah menemani saya berjuang dan berbagi ilmu. Semoga kalian sehat selalu, bahagia selalu dan cita-cita kalian tercapai. Aamiin

(Sakila Isabela Yafani)



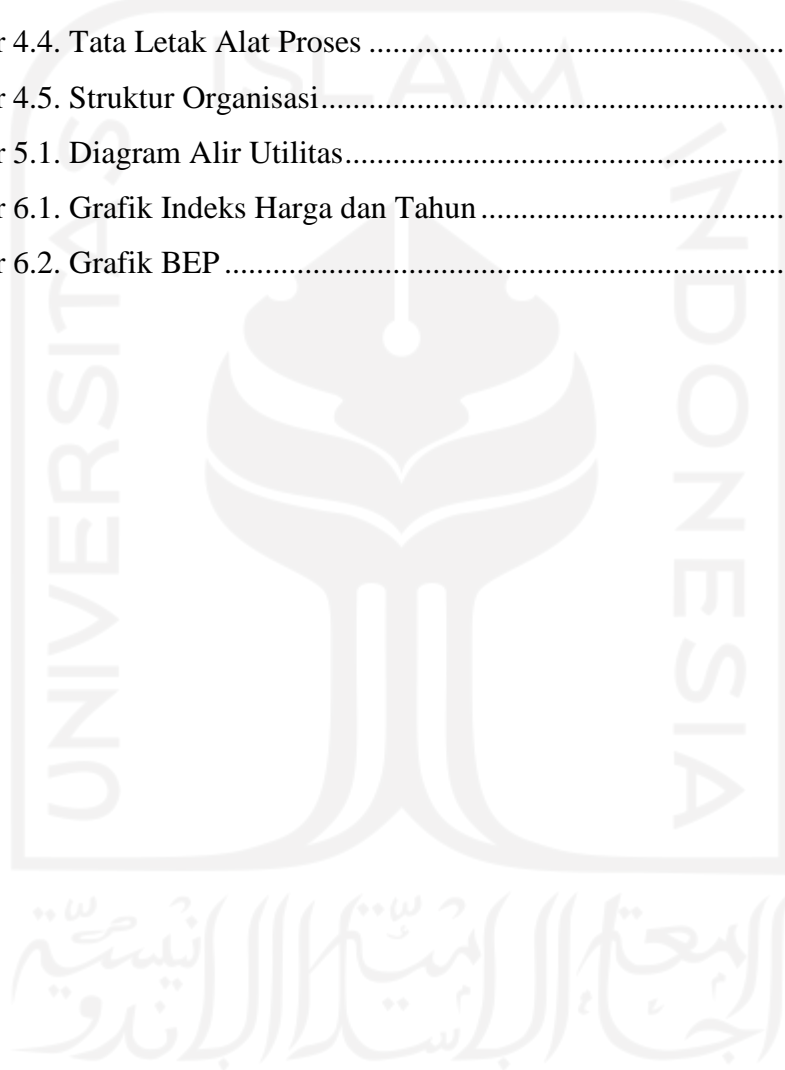
## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING</b> .....	ii
<b>LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN</b> .....	iii
<b>LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI</b> .....	iv
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	v
<b>LEMBAR PERSEMBAHAN</b> .....	vii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiv
<b>ABSTRAK</b> .....	1
<b>ABSTRACT</b> .....	2
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	3
1.1 Latar Belakang .....	3
1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik .....	4
1.3 Tinjauan Pustaka .....	7
1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika .....	10
1.4.1. Tinjauan Termodinamika .....	10
1.4.2. Tinjauan Kinetika.....	11
<b>BAB II PERANCANGAN PRODUK</b> .....	17
2.1 Spesifikasi Produk .....	17
2.2 Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pendukung.....	17
2.3 Pengendalian Kualitas .....	18
2.4. Analisa Resiko Proses .....	20
<b>BAB III PERANCANGAN PROSES</b> .....	25
3.1 Diagram Alir Proses dan Material .....	25
3.2 Uraian Proses .....	27
3.3 Spesifikasi Alat Proses.....	29
3.4 Neraca Massa .....	39
3.5 Neraca Panas .....	41
3.6 Perencanaan Produksi .....	44

<b>BAB IV PERANCANGAN PABRIK</b> .....	47
4.1 Lokasi Pabrik .....	47
4.2 Tata Letak Pabrik (Plant Layout).....	51
4.3 Tata Letak Mesin/Alat Proses (Machines Layout).....	56
4.4 Organisasi Perusahaan .....	60
<b>BAB V UTILITAS</b> .....	79
5.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air .....	79
5.2 Unit Kebutuhan Air.....	85
5.3 Unit Penyedia dan Pengolahan Air .....	87
5.4 Unit Penyediaan Bahan Bakar .....	88
5.5 Unit Pembangkit Listrik.....	88
5.6 Unit Penyedia Udara Tekan .....	91
5.7 Unit Pengolahan Limbah .....	91
5.8 Spesifikasi Alat-Alat Utilitas .....	93
<b>BAB VI ANALISA EKONOMI</b> .....	98
6.1 Penafsiran Harga Peralatan .....	99
6.2 Dasar Perhitungan.....	101
6.3 Perhitungan Biaya.....	101
6.4 Analisa Kelayakan .....	103
6.5 Hasil Perhitungan.....	106
6.6 Analisa Keuntungan.....	111
6.7 Hasil Kelayakan Ekonomi .....	111
<b>BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	117
7.1 Kesimpulan .....	117
7.2 Saran .....	118
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	119
<b>LAMPIRAN A</b> .....	121
<b>LAMPIRAN B</b> .....	148
<b>LAMPIRAN C</b> .....	149

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1. Lokasi Cilegon, Banten .....	48
Gambar 4.2. Lokasi didirikan Pabrik <i>Phosgene</i> .....	48
Gambar 4.3. Tata Letak Pabrik .....	56
Gambar 4.4. Tata Letak Alat Proses .....	59
Gambar 4.5. Struktur Organisasi.....	64
Gambar 5.1. Diagram Alir Utilitas.....	92
Gambar 6.1. Grafik Indeks Harga dan Tahun .....	99
Gambar 6.2. Grafik BEP .....	112



## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Produksi <i>Phosgene</i> di Dunia.....	5
Tabel 1.2. Data Kebutuhan Impor <i>Phosgene</i> di Indonesia.....	6
Tabel 1.3. Perbandingan Proses <i>Phosgene</i> .....	9
Tabel 1.4. Data $\Delta H^{\circ}$ dan $\Delta G^{\circ}$ pada 298K.....	10
Tabel 1.5. Data Percobaan Reaksi Karbonmonoksida dan Klorin.....	15
Tabel 2.3. Spesifikasi Klorin (MSDS dari Science lab).....	18
Tabel 3.1. Spesifikasi Reaktor .....	29
Tabel 3.2. Spesifikasi Tangki Penyimpanan Produk .....	31
Tabel 3.3. Spesifikasi Penyimpanan Bahan Baku.....	32
Tabel 3.4. Spesifikasi Separator.....	33
Tabel 3.5. Spesifikasi Expansion Valve.....	34
Tabel 3.6. Spesifikasi Kompresor .....	35
Tabel 3.7. Spesifikasi Pompa .....	36
Tabel 3.8. Spesifikasi Heat Exchanger .....	37
Tabel 3.9. Spesifikasi Condensor.....	39
Tabel 3.10. Neraca Massa <i>Separation</i> .....	40
Tabel 3.11. Neraca Massa Fixed Bed Multitube.....	40
Tabel 3.12. Neraca Massa Condensor parsial (CD-01) .....	41
Tabel 3.13. Neraca Panas <i>Fixed Bed Multitube</i> .....	41
Tabel 3.14. Neraca Panas <i>Heater - 01</i> .....	42
Tabel 3.15. Neraca Panas <i>Heater - 02</i> .....	42
Tabel 3.16. Neraca Panas <i>Heater - 03</i> .....	43
Tabel 3.17. Neraca Panas <i>Condensor Parsial</i> .....	43
Tabel 3.18. Neraca Panas <i>Expansion Valve - 01</i> .....	43
Tabel 3.19. Neraca Panas <i>Expansion Valve - 02</i> .....	44
Tabel 3.20. Neraca Panas <i>Expansion Valve - 03</i> .....	44
Tabel 3.21. Neraca Panas <i>Expansion Valve - 04</i> .....	44
Tabel 4.1. Perincian Luas tanah dan bangunan pabrik.....	55
Tabel 4.2 Jadwal kerja karyawan shift.....	71

Tabel 4.3 Jumlah karyawan.....	72
Tabel 4.4 Rincian Penggolongan Jabatan .....	74
Tabel 4.5. Rincian Gaji Karyawan.....	75
Tabel 5.1. Kebutuhan Air Pendingin.....	85
Tabel 5.2. Kebutuhan Air Pembangkit <i>Steam</i> .....	86
Tabel 5.3. Kebutuhan Air untuk Air Servis .....	87
Tabel 5.4. Unit Pembangkit Listrik.....	89
Tabel 5.5. Kebutuhan Listrik Utilitas.....	90
Tabel 6.1. Harga Indeks Tahun Perancangan.....	100
Tabel 6.2. <i>Physical Plant Cost</i> (PPC).....	106
Tabel 6.3. <i>Direct Plant Cost</i> (DPC).....	107
Tabel 6.4. <i>Fixed Capital Investment</i> (FCI) .....	107
Tabel 6.5. <i>Working Capital Investment</i> (WCI) .....	107
Tabel 6.6. <i>Direct Manufacturing Cost</i> (DMC) .....	108
Tabel 6.7. <i>Indirect Manufacturing Cost</i> (IMC) .....	108
Tabel 6.8. <i>Fixed Manufacturing Cost</i> (FMC).....	108
Tabel 6.9. <i>Total Manufacturing Cost</i> .....	109
Tabel 6.10. <i>General Expenses</i> .....	109
Tabel 6.11. <i>Total Production Cost</i> .....	109
Tabel 6.12. <i>Fixed Cost</i> (Fa).....	109
Tabel 6.13. <i>Regulated Cost</i> (Ra).....	110
Tabel 6.14. <i>Variable Cost</i> (Va).....	110

## ABSTRAK

*Phosgene* adalah bahan *intermediate* dalam industri *isocyanat*, *polyurethane polycarbonate*, *chlorinating agent*, industri farmasi dan pestisida. Kebutuhan *Phosgene* di Indonesia tiap tahun mengalami fluktuasi yang dilihat dari data impor *Phosgene* pada Badan Pusat Statistik tahun 2017 sampai 2022. Pra-rancangan pabrik. *Phosgene* dengan kapasitas 56.000 ton per tahun bertujuan untuk memenuhi 77,5% dari total kebutuhan *Phosgene* di Indonesia dan direncanakan didirikan di Cilegon, Banten di atas lahan seluas 16,651 m<sup>2</sup> pada tahun 2027. Pabrik ini akan dioperasikan selama 330 hari dalam setahun dengan karyawan berjumlah 123 orang. Bahan baku yang dibutuhkan untuk keperluan produksi berupa Karbon Monoksida, dan Klorin berturut-turut sebanyak 2.645,07 kg/jam, dan 5.356,63 kg/jam dan menghasilkan produk utama berupa *Phosgene* sebanyak 7.323,23 kg/jam dengan kemurnian 98,4%. Proses dioperasikan pada suhu 77 °C dan tekanan 9 atm dengan menggunakan reaktor *fix bed multitube* dengan konversi yang dihasilkan sebesar 98,4%. Proses permurnian produk menggunakan kondensor parsial menghasilkan kemurnian sebesar 98,4% COCl<sub>2</sub>. Kebutuhan utilitas berupa air pendingin 87.446,0710 kg/jam, air perumahan 18.273,3078 kg/jam, steam 128,0722 kg/jam, dan bahan bakar 10,7878 kg/jam. Sedangkan, kebutuhan listrik dari PLN sebesar 195,0919 kwh untuk memenuhi kebutuhan proses. Evaluasi ekonomi menunjukkan keuntungan sebelum pajak Rp.112 milyar dan keuntungan setelah pajak Rp.24 milyar. Berdasarkan hasil studi kelayakan diperoleh *Break Even Point* (BEP) sebesar 59,63% (syarat BEP 40%-60%), *Shut Down Point* (SDP) sebesar 53,24%, dan *Discounted Cash Flow Rate of Return* (DCFR) sebesar 16,11%. Sementara itu *Return On Investment* sebelum pajak (ROIb) sebesar 82,19% (syarat ROIb pabrik berisiko tinggi > 44%) dan *Return On Investment* sesudah pajak (ROIa) sebesar 64,11%, *Pay Out Time* sebelum pajak (POTb) sebesar 1,2 tahun (syarat POTb untuk pabrik berisiko tinggi < 2 tahun) dan *Pay Out Time* sesudah pajak (POTa) sebesar 1,3 tahun. Berdasarkan hasil evaluasi ekonomi ini, dapat disimpulkan bahwa pabrik *Phosgene* sebesar 56.000 ton/tahun secara ekonomi layak untuk didirikan.

**Kata Kunci :** *Phosgene*, Karbon Monoksida, Klorin.



## **ABSTRACT**

Phosgene is used for intermediate materials of isocyanate, polyurethane polycarbonate, chlorinating agent, pharmacy and pesticide industries. Every year the demand of Phosgene in Indonesia got increased, source from Statistic Indonesia data in 2017-2021. Preliminary design of Phosgene plant with capacity of 58000/year is for supply 77,5% requirement of Phosgene in Indonesia, the plant will be built on 2022 located in Cilegon, Banten in an area of 16,651 m<sup>2</sup>. This chemical plant will be operated for 330 days/year or 24 hours/day with the 123 employees. Process unit required raw materials of 2.645,07 kg/hour Carbon Monoxide and 5.356,63 kg/hour Chlorine which produces Phosgene 7.323,23 kg/hour with purity 98,4% as the main product. The process will operate at temperature 77°C and pressure at 9 atm. Condenser Partial is used to purification process to make 90% COCl<sub>2</sub> become 98,4% COCl<sub>2</sub>. The utilities for cooling water is 87.446,0710 kg/hour; 18.273,3078 kg/hour for housing water; 128,0722 kg/hour for steam; 10,7878 kg/hour for fuel oil; and the power of electricity is about 195,0919 kwh which provided by PLN. This chemical plant also uses generator set as reserve. The economic evaluation shows Profit before taxes is IDR 112 Billion, Profit after tax is IDR. 24 Billion. Feasibility studies results in Break Even Point (BEP) of 59,63% (BEP requisite in Indonesia 40% - 60 %), Shut Down Point (SDP) of 53,24% and Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR) of 16,11%. Meanwhile Return On Investment Before Taxes (ROIb) of 82,19% (ROIb require for high risk plant > 44%) and Return On Investment After Taxes (ROIa) of 64,11%, along with Pay Out Time Before Taxes (POTb) of 1.2 years (POTb require for high-risk plant < 2 years) and Pay Out Time After Taxes (POTa) of 1.3 years in a row. Based on this economic evaluation, it can be concluded that Phosgene plant of 56.000 ton/year is economically feasible.

**Keywords :** *Phosgene, Carbon Monoxide, Chlorine.*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

#### 1.1.1. Latar Belakang Pendirian Pabrik

Indonesia sebagai negara berkembang memiliki kewajiban untuk melaksanakan pembangunan di segala bidang. Secara garis besar pembangunan dibagi menjadi dua yakni pembangunan material dan pembangunan spiritual. Pada saat ini pembangunan material dititik beratkan pada sektor industri kimia sebagai landasan industrialisasi di negara kita. Pembangunan industri diarahkan untuk menuju kemandirian perekonomian nasional, meningkatkan kemampuan bersaing dan menaikkan pangsa pasar dalam negeri dan luar negeri dengan memelihara kelestarian fungsi lingkungan hidup.

Perkembangan industri kimia bergantung pada bahan baku dan bahan penunjang produksinya. Hal tersebut merupakan permasalahan yang berkembang pada industri kimia di negeri ini. Bahan baku dan bahan penunjang produksi industri kimia di Indonesia masih diperoleh dari negara lain. Kegiatan impor tersebut sangat disayangkan, mengingat biaya impor dihitung dalam kurs Dollar yang akhir-akhir ini semangat meningkat.

*Phosgene* memiliki rumus kimia  $\text{COCl}_2$  dan di buat pertama kali oleh J. Davy pada 1812. Pada awalnya *Phosgene* berfungsi sebagai senjata kimia oleh Perancis pada 1915. Saat ini kegunaan *Phosgene* paling banyak adalah sebagai bahan 2 *intermediate* untuk pembentukan *isocyanat* pada pembuatan *polyurethane* dan *polycarbonate* yang merupakan produk yang sangat dikembangkan pemanfaatannya, antara lain untuk *optical disc* (CD dan DVD), busa pada automotif, roda, perabotan, lem dan kondom. Selain itu *Phosgene* juga digunakan sebagai *chlorinating agent* pada industri farmasi dan pestisida juga sebagai *chlorinating agent*. Dilihat dari

kegunaan *Phosgene* yang cukup banyak, maka akan lebih menguntungkan bagi bangsa Indonesia untuk memproduksi *Phosgene* sendiri daripada mengimpor dari negara lain. Untuk itu pabrik *Phosgene* ini akan menjalin kerjasama dengan pabrik-pabrik di Indonesia yang membutuhkan *Phosgene* baik sebagai bahan baku, bahan pembantu maupun sebagai bahan *intermediate*.

#### 1.1.2. Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku Karbon Monoksida yang digunakan dalam pembuatan *Phosgene* dapat diperoleh dari PT. Aneka Gas Industri yang berada di Cilegon, Banten. Sedangkan untuk bahan baku Klorin dapat diperoleh dari PT. Sulfindo Adi Usaha yang juga berada di Bojonegoro, Banten.

### 1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik

Untuk menentukan kapasitas pabrik dapat ditinjau dari data-data seperti data ekspor-impor, produksi, kebutuhan dalam negeri, ketersediaan bahan baku di Indonesia dan juga kapasitas pabrik yang sudah ada di seluruh dunia. Adapun negara-negara yang memproduksi *Phosgene* seperti halnya di Amerika Serikat. Sedangkan untuk produksi *Phosgene* di dalam negeri masih belum tersedia

Tabel 1.1. Produksi *Phosgene* di Dunia

<b>Pabrik</b>	<b>Lokasi</b>	<b>Kapasitas (ton/tahun)</b>
BASF	Geismar, La.	444.520,45
Bayer CropScience	Institute, W.Vaexas, US	63.502,92
Bayer Polymers	Baytown, Tex.	521.631,14
Bayer Polymers	New Martinsville, W.Va	122.469,92
Dow Chemical	Freeport, Texas	161.025,26
Dow Chemical	La Porte, Texas	199.580,61
DuPont	Azerbaijan	54.431,08
GE Plastics.	Burkville, Ala.	113.398,07
GE Plastics.	Mount Vernon, Ind.	104.326,23
Huntsman International	Geismar, La.	403.697,14
J.H. Products	Lockport, N.Y.	2.721,55
PPG Industries	Barberton, Ohio	12.700,58
PPG Industries	US	47.627,19
Syngenta Crop Protection,	Cold Creek, Ala.30	13.607,77

Sumber : ([www.icis.com](http://www.icis.com))

Saat ini, *Phosgene* lebih banyak digunakan pada industri farmasi, pestisida, polimer, gelas dan industri tekstil. *Phosgene* sekarang ini banyak diproduksi di Amerika Serikat oleh 14 perusahaan pada 17 fasilitas pabrik Pembuatan Isosianat mengkonsumsi sekitar 85% produksi *Phosgene* di seluruh dunia yang utama adalah di dalam produksi Toluene Diisocyanate (TDI). Penggunaan *Phosgene* juga berkembang pesat dalam pembuatan Polymethylene Polyphenyl Isocyanate (PMPPI), yang digunakan dalam produksi busa Polyurethane.

Dilihat dari kegunaan *Phosgene* yang cukup banyak, maka akan lebih menguntungkan bagi bangsa Indonesia untuk memproduksi *Phosgene* sendiri daripada mengimpor dari negara lain. Permintaan *Phosgene* di Indonesia dari

tahun ke tahun mengalami peningkatan. Kebutuhan tersebut dapat dilihat dari data impor *Phosgene* pada Tabel 1.2.

Tabel 1.2. Data Kebutuhan Impor *Phosgene* di Indonesia

Tahun	Impor / Kebutuhan
2017	50370
2018	53074
2019	55009
2020	57456
2021	59086

Sumber : Biro Pusat Statistik

Dari data diatas dapat dibuat grafik linear (garis lurus) antara data tahun pada sumbu x dan data data impor pada suhu y. Setelah diselesaikan menggunakan Regresi Linear metode Kuadrat Terkecil, maka menghasilkan persamaan sebagai berikut :

$$y = ax + b ;$$

$$\text{dengan } a = 2181,4 \text{ dan } b = 48455 ;$$

$$y = \text{jumlah kebutuhan (ton/tahun)}$$

$$x = \text{tahun, sehingga}$$

$$y = 2181,4 x + 48455$$

Dari persamaan didapat kapasitas prarancangan pabrik *Phosgene* pada tahun 2027 adalah :

$$y = 2181,4 x + 48455$$

$$y = 72450,4$$

Kapasitas prarancangan pabrik *Phosgene* yang akan didirikan di Indonesia pada tahun 2027 berdasarkan perhitungan adalah sebesar 72.450,4 ton, untuk *safety factor* diambil sebesar 77,5% dari jumlah kebutuhan maka kapasitas pabrik yang dirancang untuk tahun 2027 yaitu sebesar 56.000 ton/tahun.

## 1.3 Tinjauan Pustaka

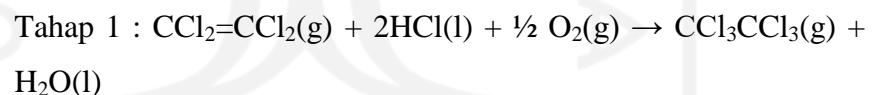
### 1.3.1. Macam Macam Proses

Proses pembuatan *Phosgene* terdapat dua macam proses, untuk produksi *Phosgene* yang digunakan pada skala industri, yaitu reaksi perkloroetilena dengan hidrogen klorida dan oksigen, dan reaksi karbon monoksida dengan klorin.

#### 1. Reaksi Perkloroetilena dengan Hidrogen Klorida dan Oksigen

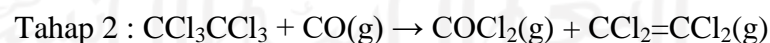
Proses ini terjadi dalam dua tahap reaksi. Dimana pada tahap pertama perkloroetilena ( $\text{Cl}_2\text{C} = \text{CCl}_2$ ) bereaksi dengan hidrogen klorida dan oksigen untuk menghasilkan heksakloroetana dan air. Reaksi ini dibantu dengan bantuan katalis Deacon (*Copper Chloride*) dengan menggunakan reaktor jenis multitubular. Reaksi ini bersifat eksotermis dan berlangsung pada suhu 200–375 °C pada tekanan 1 atm.

Tahap kedua heksakloroetana bereaksi dengan karbon monoksida menghasilkan *Phosgene* dan perkloroetilena. Reaksi ini berlangsung pada suhu 200–400 °C, tekanan 1 atm dan bersifat endotermis. Reaktor yang digunakan adalah jenis multitubular.



perkloroetilena

heksakloroetana



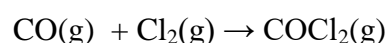
heksakloroetana

*Phosgene*

(US Patent–5672747, 1995)

#### 2. Reaksi Karbon Monoksida dengan Klorin

Proses ini dilakukan dengan jalan mereaksikan antar gas karbon monoksida dan gas klorin dengan bantuan katalis karbon aktif. Adapun persamaan reaksinya adalah sebagai berikut :

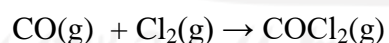


Reaksi bersifat sangat eksotermis dengan perbandingan stoikiometri karbon monoksida dibuat berlebih agar klorin semuanya bereaksi dengan karbon monoksida dan tidak membentuk produk yang lain. Reaksi dapat berlangsung pada suhu 77–180 °C dengan tekanan 1,35 atm. Pada suhu di atas 250 °C, *Phosgene* akan kembali terurai menjadi karbon monoksida dan klorin. Reaktor yang digunakan untuk proses ini adalah reaktor multitubular yang biasanya terbuat dari karbon atau *stainless steel*.

Panas reaksi dihilangkan oleh air atau bahan–bahan organik lain yang mengalir dalam *shell* di reaktor. Reaksi bisa terjadi diatas atau dibawah tekanan atmosfer. Gas keluar reaktor akan dikondensasikan untuk mendapatkan *Phosgene* cair sedangkan *Phosgene* yang tidak terkondensasikan atau *uncondensable* gas dibuang sebagai gas buang atau *flare* (Ullman, 1985).

### 3. Reaksi Karbon Monoksida dengan Klorin

Proses ini sama dengan sebelumnya, mereaksikan antar gas karbon monoksida dan gas klorin dengan bantuan katalis solid dan karbon, pada proses ini reaksi berlangsung pada suhu 50-150 °C dengan tekanan 2 atm. Berikut persamaan reaksinya :



### 1.3.2. Pemilihan Proses

Tabel 1.3. Perbandingan Proses *Phosgene*

<b>Parameter</b>	Perkloroetilena dengan Hidrogen Klorida dan Oksigen	Karbon Monoksida dengan Klorin	Karbon Monoksida dengan Klorin
<b>Bahan Baku</b>	Perkloroetilena, HCl, dan O <sub>2</sub>	CO dan Cl <sub>2</sub>	CO dan Cl <sub>2</sub>
<b>Proses</b>	2 reaksi	1 reaksi	1 reaksi
<b>Suhu</b>	200-400°C	77-180°C	50-150°C
<b>Tekanan</b>	1 atm	1,35 atm	2 atm
<b>Katalis</b>	Deacon	Karbon Aktif	Karbon Aktif
<b>Konversi</b>	80-90%	90-99%	90-99%
<b>Sumber</b>	US Patent-5672747, 1997	Ullman, 1985	EU Patent-2955158A1, 2015

Dari proses yang ada pada pembuatan *Phosgene* ini, proses yang dipilih adalah reaksi karbon Monoksida dengan Klorin menggunakan katalis Karbon Aktif dengan tekanan 1,35 atm. Pemilihan proses ini didasarkan atas pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut :

- 1) Proses ini dapat menggunakan bahan baku berupa karbon monoksida dan klorin yang mudah didapatkan di Indonesia.



- 2) Temperatur reaksi yang digunakan lebih rendah yaitu 77-180°C sehingga operasional lebih aman dan lebih hemat energi.
- 3) Tekanan yang digunakan tidak terlalu tinggi dan juga tidak terlalu rendah yaitu 1,35 atm
- 4) Ditinjau dari suhunya, reaksi akan lebih optimal jika menggunakan suhu yang tinggi.

## 1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika

### 1.4.1. Tinjauan Termodinamika

Untuk menentukan sifat reaksi (eksotermis/endotermis) dan arah reaksi (*reversible/irreversible*), maka perlu perhitungan dengan menggunakan panas pembentukan ( $\Delta H_f^\circ$ ) pada 1 atm dan 298 K dari reaktan dan produk



Tabel 1.4. Data  $\Delta H_f^\circ$  dan  $\Delta G_f^\circ$  pada 298K

Komponen	$\Delta H_f^\circ$ (kJ/mol)	$\Delta G_f^\circ$ (kJ/mol)
CO	-110,50	-137,2
Cl <sub>2</sub>	0	0
COCl <sub>2</sub>	-219,10	-204,9

(Carl, L. Yaws. 1999)

#### 1.4.1.1. Panas Reaksi Standar ( $\Delta H_R^\circ$ )

$$\begin{aligned}
 \Delta H_R^\circ &= (\Delta H_f^\circ \text{Produk} - \Delta H_f^\circ \text{Reaktan}) \\
 &= \Delta H_f^\circ \text{COCl}_2 - (\Delta H_f^\circ \text{CO} + \Delta H_f^\circ \text{Cl}_2) \\
 &= -219,10 \text{ kJ/mol} - (-110,50) \text{ kJ/mol} \\
 &= 108,60 \text{ kJ/mol} \\
 &= -108600 \text{ kJ/mol}
 \end{aligned}$$

Dilihat dari tanda (-) pada  $\Delta H_{298}$  dapat disimpulkan bahwa reaksinya eksotermis. Reaksi dapat berjalan apabila energi Gibbs ( $\Delta G$ ) besarnya negatif.

#### 1.4.1.2. Spontanitas Panas Reaksi ( $\Delta G_R^\circ$ )

$$\Delta G_f^\circ = \Delta G_f^\circ \text{Produk} - \Delta G_f^\circ \text{Reaktan}$$

$$= \Delta G_f^\circ \text{COCl}_2 - (\Delta G_f^\circ \text{CO} + \Delta G_f^\circ \text{Cl}_2)$$

$$= -204,90 \text{ kJ/mol} - (-137,20) \text{ kJ/mol}$$

$$= -67,70 \text{ kJ/mol}$$

$$= -67700 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G_f^\circ = -R T \ln K$$

$$\ln K = -\frac{\Delta G_f^\circ}{R \times T} = \frac{67700}{8,314 \times 298} = 27,325140$$

$$K = 7,3269 \times 10^{11} \text{ pada } 298 \text{ K}$$

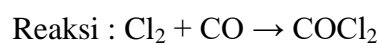
$$\ln K = -\frac{\Delta G_f^\circ}{R \times T} = \frac{67700}{8,314 \times 350} = 23,2654$$

$$K = 1,27068 \times 10^{10} \text{ pada } 350 \text{ K}$$

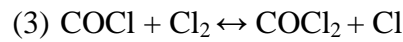
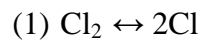
Dari hasil perhitungan dapat dilihat bahwa  $K > 1$ , maka dapat disimpulkan bahwa reaksi bersifat *irreversible*

#### 1.4.2. Tinjauan Kinetika

Proses pembuatan *Phosgene* dijalankan pada fase gas dengan mereaksikan karbon monoksida dan klorin dengan katalis karbon aktif pada reaktor *fixed bed multitube* pada tekanan atmosferis dan suhu 77-180 °C. Reaktor dilengkapi dengan pendingin karena reaksinya eksotermis. Katalisator diletakkan dalam tube reaktor, sedangkan pendingin di dalam shell (Ullman,1985).



Mekanisme Reaksi :



Reaksi no (1) dan (2) berlangsung cepat sedangkan reaksi no (3) berlangsung lambat sehingga reaksi yang mengontrol adalah reaksi no (3)

$$\begin{aligned} K_1 &= \frac{[\text{Cl}]^2}{[\text{Cl}_2]} \\ [\text{Cl}] &= K_1^{1/2} [\text{Cl}_2]^{1/2} \\ K_2 &= \frac{[\text{COCl}]}{[\text{Cl}][\text{CO}]} \\ [\text{COCl}] &= K_2 [\text{Cl}][\text{CO}] \\ &= K_2 K_1^{1/2} [\text{Cl}_2]^{1/2} [\text{CO}] \\ \frac{d[\text{COCl}_2]}{dt} &= k_3 [\text{COCl}][\text{Cl}_2] \\ &= k_3 K_2 K_1^{1/2} [\text{Cl}_2]^{1/2} [\text{CO}][\text{Cl}_2] \\ &= k_3 K_2 K_1^{1/2} [\text{Cl}_2]^{3/2} [\text{CO}] \\ &= k [\text{Cl}_2]^{3/2} [\text{CO}] \end{aligned}$$

Dari mekanisme reaksi di atas dapat dibuat mekanisme reaksi katalitik antara zat reaktan  $\text{Cl}_2$  dan  $\text{CO}$  pada katalisator karbon aktif berbentuk pada padatan sebagai berikut :



Keterangan :  $A = \text{Cl}_2$

$B = \text{CO}$

$C = \text{Phosgene}$

$C_v =$  Konsentrasi di puncak kosong katalis

$C_{is} =$  Konsentrasi I pada permukaan katalis

$C_t =$  Konsentrasi di puncak aktif

1. Adsorpsi



$$r_{AD} = k_1 [P_A \cdot C_v^2 - \frac{C_{A.S}^2}{K_1}]$$

2. Reaksi Permukaan



$$r_2 = k_2 [C_{A.S} P_B - \frac{C_{C.S}}{K_2}]$$

3. Reaksi Permukaan



$$r_3 = k_3 [C_{C.S} \cdot C_A - \frac{C_{D.S}}{K_3}]$$

4. Desorpsi



$$r_{DD} = k_{DD} [C_{D.S} - \frac{P_D \cdot C_V}{K_{DD}}]$$

Reaksi yang mengontrol adalah reaksi yang ketiga

$$-r_A = r_s = k_3 [C_{C.S} \cdot P_A - \frac{C_{D.S}}{K_3}]$$

Reaksi kesatu, dua, dan empat sangat cepat sehingga :

- $k_1 \gg$

$$\frac{r_{AD}}{k_1} = 0 \rightarrow C_{A.S} = K_1^{1/2} P_A^{1/2} C_v$$

- $k_2 \gg$

$$\frac{r_2}{k_2} = 0 \rightarrow C_{C.S} = K_2 C_{A.S} P_B$$

$$C_{C.S} = K_1^{1/2} K_2 P_A^{1/2} P_B C_v$$

- $k_{DD} \gg$

$$\frac{r_{DD}}{k_{DD}} = 0 \rightarrow C_{D.S} = \frac{P_D C_V}{K_{DD}}$$

Reaksi ketiga berjalan lambat sehingga :

- $k_3 \ll$

$$\begin{aligned}
 r_s &= k_3 \left[ C_{C.S} P_A - \frac{C_{D.S}}{K_3} \right] \\
 &= K_3 \left[ K_1^{1/2} \cdot K_2 \cdot P_A^{1/2} \cdot P_B \cdot C_V \cdot P_V - \frac{P_D \cdot C_V}{K_{DD} \cdot K_3} \right] \\
 &= K_3 \cdot K_1^{1/2} \cdot K_2 \cdot C_V \cdot \left[ P_A^{3/2} \cdot P_B - \frac{P_D}{K_1^{3/2} \cdot K_2 \cdot K_{DD} \cdot K_3} \right]
 \end{aligned}$$

$P_D = 0$  (tidak ada pada awal reaksi)

Sehingga persamaan menjadi :

$$-r_A = K_3 \cdot K_1^{1/2} \cdot K_2 \cdot C_V \left[ P_A^{3/2} \cdot P_B \right]$$

NM. Puncak =  $C_r = C_V + C_{A.S} + C_{C.S} + C_{D.S}$

$$\begin{aligned}
 &= C_V + K_1^{1/2} P_A^{1/2} C_V + K_1^{1/2} K_2 P_A^{1/2} P_B C_V + \frac{P_D \cdot C_V}{K_{DD}} \\
 &= C_V \left( 1 + K_1^{1/2} P_A^{1/2} + K_1^{1/2} K_2 P_A^{1/2} P_B + \frac{P_D}{K_{DD}} \right)
 \end{aligned}$$

$P_D = 0$

$$C_V = \frac{C_T}{1 + K_1^{1/2} P_A^{1/2} + K_1^{1/2} K_2 P_A^{1/2} P_B}$$

Asumsi :  $1 \gg \gg K_1^{1/2} P_A^{1/2} + K_1^{1/2} K_2 P_A^{1/2} P_B$

$$C_V = C_R$$

Sehingga :

$$-r_A = K_3 \cdot K_1^{1/2} \cdot K_2 \cdot C_T \left[ P_A^{3/2} \cdot P_B \right]$$

Untuk gas  $P = C$  dan  $k = K_3 \cdot K_1^{1/2} \cdot K_2 \cdot C_T$

Maka persamaan menjadi :

$$-r_A = k \left[ C_A^{3/2} \cdot C_B \right] = k [Cl_2]^{3/2} [CO]$$

Persamaan kecepatan reaksi menurut Leidler adalah:

$$-r_A = k [Cl_2]^{3/2} [CO]$$

Tabel 1.5. Data Percobaan Reaksi Karbonmonoksida dan Klorin

T	R	Rav	T(K)	1/T	In K
42,7	4,83	7,04	315,85	0,0032	1,9510
42,7	10,73				
42,7	1,34				
42,7	9,18				
42,7	9,10				
52,5	14,28	9,86	325,65	0,0031	2,2880
52,5	15,476				
52,5	6,00				
52,5	3,68				
64	25,74	18,07	337,15	0,0030	2,8941
64	24,46				
64	13,78				
64	8,29				

J.M Smith, 1981

Persamaan hubungan konstanta dengan suhu adalah sebagai berikut :

$$k = A \times e^{\left(\frac{-E}{RT}\right)}$$

$$A = 512670,7216$$

$$E = 29401,35442 \text{ kJ/kmol } ^\circ\text{K}$$

$$R = 8,314 \text{ kJ/kmol } ^\circ\text{K}$$

Sehingga

$$k = 512670,721e^{\frac{-2940,3544}{8,314 \times 350}}$$



## **BAB II**

### **PERANCANGAN PRODUK**

Untuk memenuhi kualitas produk sesuai target pada perancangan ini, maka mekanisme pembuatan *Phosgene* dirancang berdasarkan variabel utama yaitu: spesifikasi produk, spesifikasi bahan baku dan pengendalian kualitas.

#### **2.1 Spesifikasi Produk**

*Phosgene* ( $\text{COCl}_2$ ) merupakan senyawa yang memiliki titik didih rendah, tidak berwarna, dan sangat beracun. *Phosgene* pertama kali dibuat oleh J. Davy pada tahun 1812 dengan reaksi fotokimia antara karbon monoksida dan klorin. (Kirk Othmer, 1978).

#### **2.2 Spesifikasi Bahan Baku dan Bahan Pendukung**

##### **2.2.1. Karbon Monoksida (CO)**

Karbon monoksida (CO) merupakan senyawa yang berfasa gas jika berada pada kondisi atmosferis, tidak berwarna, tidak berbau dan sangat beracun. CO ditemukan oleh Lassone pada tahun 1776 dengan memanaskan campuran arang dan Zink Oxide. (Kirk Othmer, 1978)

##### **2.2.2. Klorin ( $\text{Cl}_2$ )**

Klorin merupakan senyawa yang berfasa gas jika berada pada kondisi atmosferis, berwarna kuning kehijauan dan sangat beracun. Sekitar 1630, klorin pertama kali disintesis dalam reaksi kimia, namun diakui sebagai zat penting. Carl Wilhelm Scheele menulis deskripsi gas klorin pada tahun 1774, seandainya klorin menjadi oksida dari elemen baru. Pada tahun 1809, ahli kimia menyarankan bahwa gas mungkin menjadi elemen murni, dan ini dikonfirmasi oleh Sir Humphry Davy pada tahun 1810, yang diberi nama dari bahasa Yunani Kuno: (*khlôros*) "hijau pucat".



Tabel 2.1. Spesifikasi Bahan Baku dan Produk

Spesifikasi	Bahan Baku		
	CO	Cl <sub>2</sub>	COCl <sub>2</sub>
Fase	Gas	Gas	Cair
Berat Molekul	70,91 kg/mol	28,01 g/mol	98,92 kg/mol
Titik Didih	-191,52 °C	-34,03 °C	7,56 °C
Titik Beku	-211,6 °C	-101,03 °C	-127,78 °C
Densitas Kritis	0,30 g/ml	0,573 g/ml	0,52 g/mol
Suhu Kritis	-140,15 °C	144 °C	181,85 °C

### 2.3 Pengendalian Kualitas

Pengendalian produksi dilakukan untuk menjaga kualitas produk yang akan dihasilkan, dan ini sudah harus dilakukan mulai dari bahan baku sampai menjadi produk. Pengendalian kualitas (*Quality Control*) pada pabrik *Phosgene* ini meliputi pengendalian kualitas bahan baku, pengendalian kualitas proses dan pengendalian kualitas produk.

#### 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.

##### 1. 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 dianalisis ternyata tidak sesuai, maka ada kemungkinan besar bahan baku tersebut akan dikembalikan kepada *supplier*.

##### 2. Pengendalian kualitas produk dilakukan terhadap produksi *Phosgene*.

##### 3. Pengendalian kualitas produk pada waktu pemindahan (dari satu tempat ke tempat lain).

Pengendalian kualitas yang dimaksud disini adalah pengawasan produk terutama *Phosgene* pada saat akan dipindahkan dari tangki penyimpanan sementara ke tangki penyimpanan tetap (*storage tank*), dari *storage tank* ke mobil truk dan ke kapal.

b. Pengendalian Kualitas Proses

Pengendalian produksi dilakukan untuk menjaga kualitas produk yang akan dihasilkan. Pengendalian dilakukan setiap tahapan proses mulai dari bahan baku hingga menjadi produk. Pengendalian ini meliputi pengawasan terhadap mutu bahan baku, bahan pembantu, produk setengah jadi maupun produk penunjang mutu proses. Semua pengawasan mutu dapat dilakukan dengan analisis bahan di laboratorium maupun penggunaan alat kontrol.

Pengendalian dan pengawasan terhadap proses produksi dilakukan dengan alat pengendalian yang berpusat pada *control room*, dengan fitur otomatis yang menjaga semua proses berjalan dengan baik dan kualitas produk dapat diseragamkan. Beberapa alat kontrol yang dijalankan yaitu, kendali terhadap kondisi operasi baik tekanan maupun suhu. Alat control yang harus diatur pada kondisi tertentu antara lain:

1. *Level Controller*

*Level Controller* merupakan alat yang dipasang pada bagian dinding tangki berfungsi sebagai pengendalian volume cairan tangki / *vessel*.

2. *Flow Rate Controller*

*Flow Rate Controller* merupakan alat yang dipasang untuk mengatur aliran, baik itu aliran masuk maupun aliran keluar proses.

3. *Temperature Controller*

Alat ini mempunyai set point / batasan nilai suhu yang dapat diatur. Ketika nilai suhu aktual yang diukur melebihi *set point*-nya maka outputnya akan bekerja. Jika belum sesuai dengan kondisi yang

ditetapkan, maka akan timbul tanda/isyarat berupa suara dan 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 standart dan jumlah produksi yang sesuai dengan rencana serta waktu yang tepat sesuai jadwal.

c. Pengendalian Kualitas Produk

Pengendalian kualitas produk dilakukan terhadap kemurnian produk *Phosgene*. Untuk memperoleh mutu produk standar maka diperlukan bahan yang berkualitas, pengawasan serta pengendalian terhadap proses yang ada dengan cara *system control* sehingga didapatkan produk yang berkualitas dan dapat dipasarkan.

d. Pengendalian Waktu Produksi

Pengendalian waktu dibutuhkan agar waktu yang digunakan selama proses produksi berlangsung dapat diminimalkan.

#### **2.4. Analisa Resiko Proses**

a. Karbon Monoksida

Untuk tingkat keracunan, yaitu LC50 pada tikus yang berarti LC50 berarti konsentrasi mematikan yang dinyatakan dalam mg/L atau mL/m<sup>3</sup>, yang mungkin menyebabkan kematian dalam 14 hari untuk 50% hewan yang diuji, yang diberikan melalui penghirupan debu atau kabut atau uap.

Tabel 2.2 Analisa Resiko Proses Karbon Monoksida

Hazard	Keterangan
<b>Health</b>	
LC <sub>50</sub>	8636 ppm (rat, 15 min) 5207 ppm (rat, 30 min) 1784 ppm (rat, 4 h) 2414 ppm (mouse, 4 h) 5647 ppm (guinea pig, 4 h)
LC <sub>LO</sub>	4000 ppm (human, 30 min) 5000 ppm (human, 5 min)
<b>Flammability</b>	
Flash Point	-191 °C (-311.8 °F; 82.1 K)
UFL	74,2%
LFL	10,9%
Auto Ignition Temperature	609 °C (1,128 °F; 882 K)

1) *Hazard* Identifikasi Kesehatan

- Merupakan gas yang sangat mudah terbakar
- Berisikan gas jika berada di bawah tekanan akan meledak, jika dipanaskan
- Beracun jika terhirup
- Dapat merusak kesuburan bayi
- Menyebabkan kerusakan pada organ melalui paparan yang lama atau berulang.
- Menyebabkan asfiksia bahkan dengan oksigen yang cukup
- Dapat membentuk campuran yang mudah meledak dengan udara

2) *Hazard* Identifikasi Fire

- Gas yang sangat mudah terbakar.
- Jika dipanaskan, peningkatan tekanan akan terjadi dan wadah dapat pecah.

3) *Hazard* Identifikasi Reaktivitas

- Jika karbon monoksida dan karbon dioksida bercampur, maka resiko ledakan terjadi.

b. Klorin

Tabel 2.3 Analisa Resiko Proses Klorin

Hazard	Keterangan
Health	
LC <sub>50</sub>	293 ppm ( Rat, 1h)
Flammability	
Not flammability	-

1) *Hazard* Identifikasi Kesehatan

- Berbahaya jika terjadi kontak kulit (iritan), kontak mata (iritan), tertelan, terhirup (iritan paru-paru). Sedikit berbahaya dalam kasus kontak kulit (permeator). Non-sensitizer untuk kulit. Korosif pada kulit dan mata saat kontak. Cairan atau semprotan kabut mungkin menimbulkan kerusakan jaringan terutama pada selaput lendir mata, mulut dan saluran pernafasan. Kontak kulit dapat menghasilkan terbakar. Menghirup kabut semprotan dapat menyebabkan iritasi parah pada saluran pernafasan, ditandai dengan batuk, tersedak, atau sesak napas.

2) *Hazard* Identifikasi *Fire*

- Tidak mudah terbakar

3) *Hazard* Identifikasi Reaktivitas

- Tidak kompatibel dengan alkohol dan berbagai macam logam.
- Jauhkan dari pancaran sinar matahari.

c. *Phosgene* (COCl<sub>2</sub>)

Tabel 2.4 Analisa Resiko Proses *Phosgene*

Hazard	Keterangan
Health	
LC <sub>50</sub>	500 ppm (human, 1 min) 340 ppm (rat, 30 min) 438 ppm (mouse, 30 min) 243 ppm (rabbit, 30 min) 316 ppm (guinea pig, 30 min) 1022 ppm (dog, 20 min) 145 ppm (monkey, 1 min)
LC <sub>Lo</sub>	3 ppm (human, 2.83 h) 30 ppm (human, 17 min) 50 ppm (mammal, 5 min) 88 ppm (human, 30 min) 46 ppm (cat, 15 min) 50 ppm (human, 5 min) 2.7 ppm (mammal, 30 min)
Flammability	
Not Flammable	-

1) *Hazard* Identifikasi Kesehatan

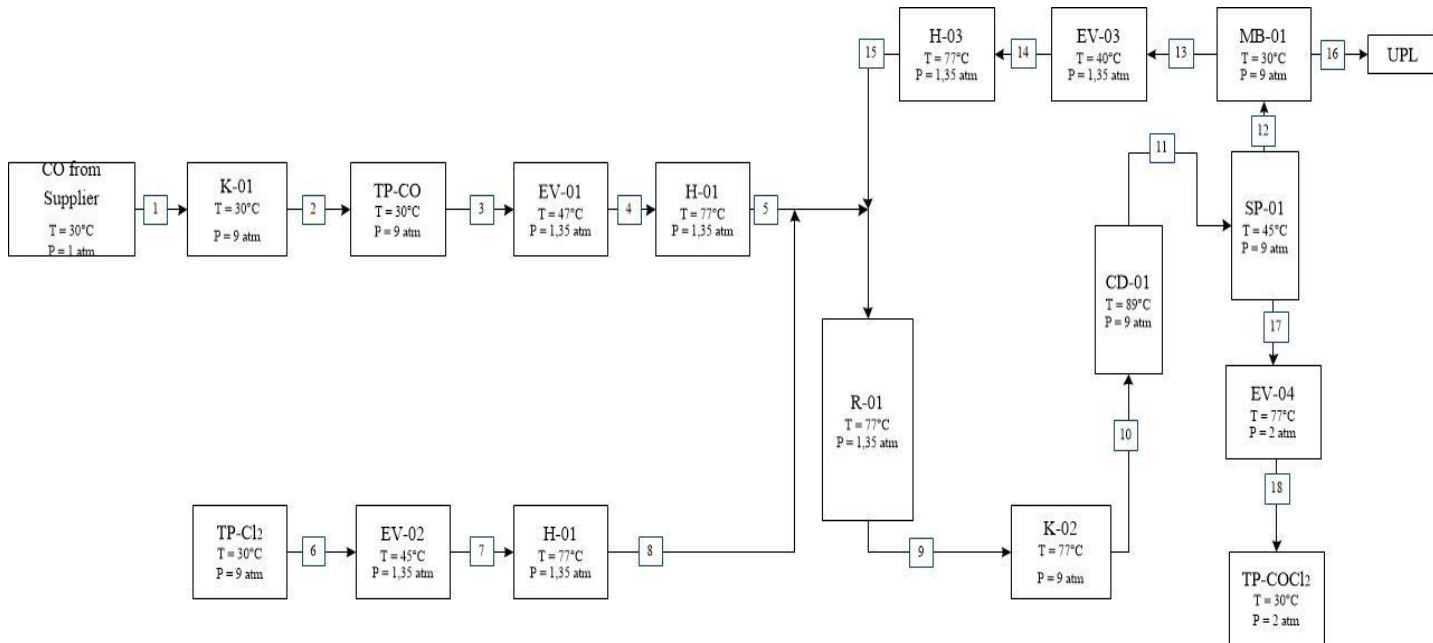
- Penghirupan bisa berakibat fatal jika gejala paparan berlebihan yang berbahaya dapat tertunda beberapa jam. Efek mungkin termasuk lakrimasi, batuk, dahak berdarah, rasa terbakar pada hidung dan tenggorokan, nyeri dada, muntah, dispnea, lesi paru paru, edema paru dan kematian.
- Jika menelan Produk ini berupa gas akan *frostbite* jika terjadi kontak dengan cairan pada bibir dan mulut.
- *Eyecontact*, uap sangat mengiritasi dan akan mengalami ketidaknyamanan, produksi air mata berlebih dan kedipan berlebihan, cairan dapat menyebabkan iritasi lokal yang parah dan luka bakar.

- 2) *Hazard Identifikasi Fire*
  - Tidak mudah terbakar
- 3) *Hazard identifikasi Reaktivitas*
  - Tidak diketahui



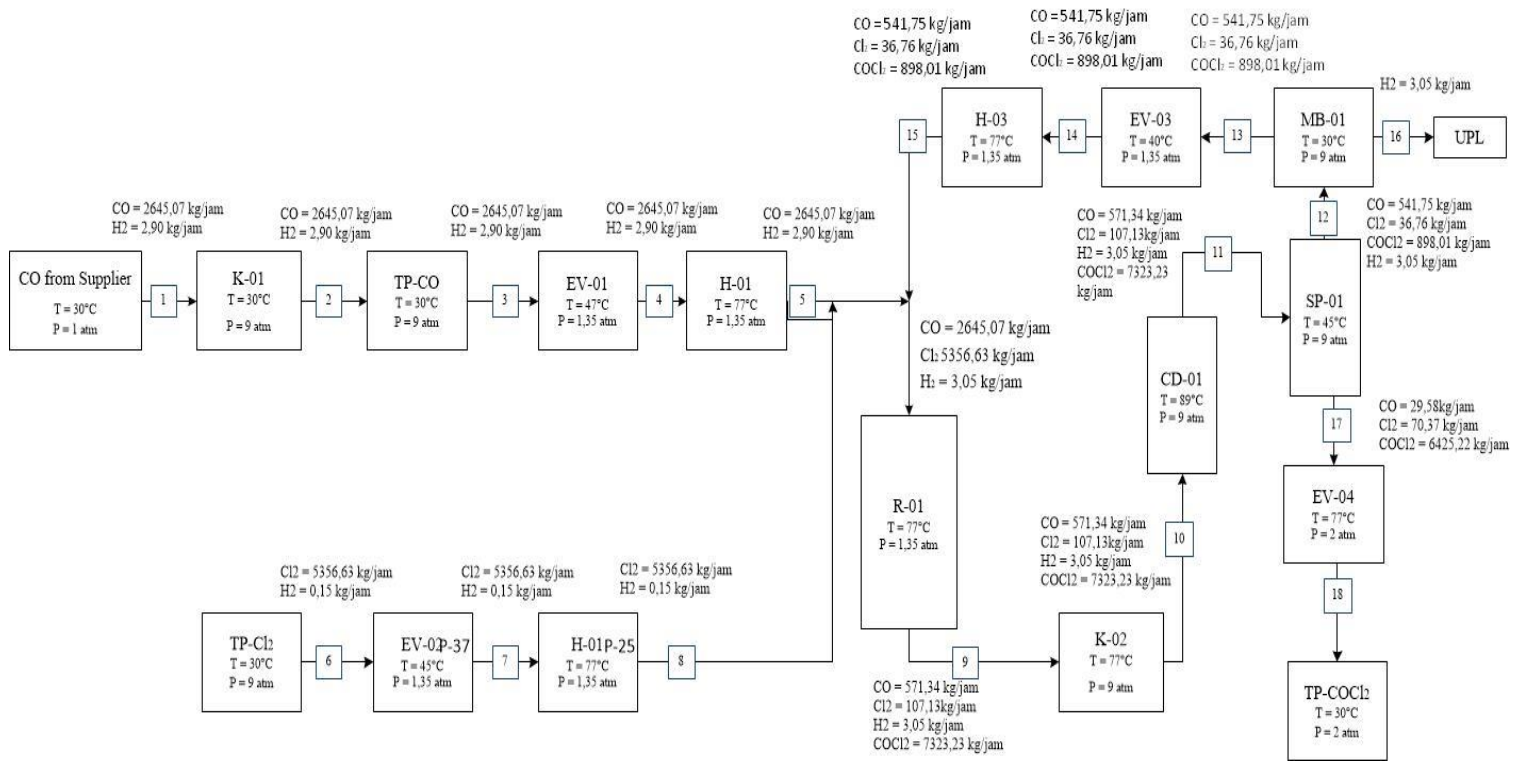
## BAB III PERANCANGAN PROSES

### 3.1 Diagram Alir Proses dan Material

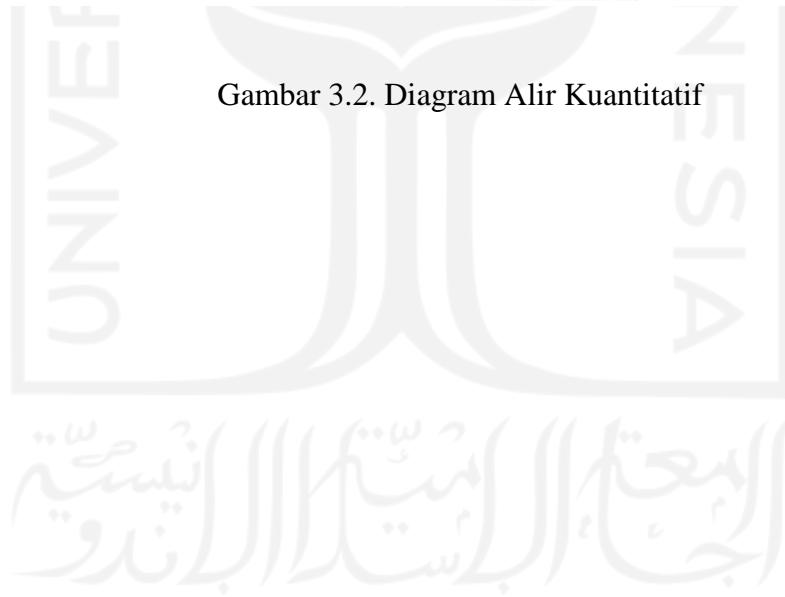


Gambar 3.1. Diagram Alir Kualitatif





Gambar 3.2. Diagram Alir Kuantitatif



## 3.2 Uraian Proses

Pabrik *Phosgene* ini diproduksi dengan kapasitas 56.000 ton/tahun dari bahan baku karbon monoksida dan klorin yang akan beroperasi selama 24 jam perhari dalam 330 hari selama setahun. Secara garis besar pabrik ini terdiri dari tiga proses reaksi, pemisahan, pemurnian, dan penyimpanan.

### 3.2.1. Tahap Persiapan Bahan Baku

Gas klorin dengan impuritis gas hidrogen disimpan dalam tangki penyimpanan pada fase cair dengan tekanan 9 atm, suhu 30°C kemudian dialirkan melalui pompa ke expansion valve sehingga tekanan turun menjadi 1,35 atm dalam fase gas. Setelah itu dipanaskan dengan *heater* hingga mencapai suhu 77°C. Karbon monoksida dengan impuritis gas hidrogen dialirkan dari supplier pada tekanan 1 atm dan suhu 30 °C kemudian dinaikkan tekanan bahan baku agar dapat dialirkan pada tangki sementara yang memiliki kondisi operasi 9 atm dan suhu dalam fase gas, kemudian dialirkan melalui expansion valve sehingga tekanan turun menjadi 1,35 atm, dan kemudian dipanaskan menggunakan *heater* hingga mencapai suhu 77°C.

### 3.2.2. Tahap Reaksi

Bahan baku karbon monoksida dan klorin yang tekanan dan suhunya sudah disesuaikan dengan kondisi operasinya diumpankan ke reaktor. Reaksi terjadi di dalam reaktor pada suhu 77 °C dan tekanan 9 atm (untuk mempertahankan pada fasa gas) dan dijalankan di dalam sebuah Reaktor Fix Bed Multitube (R-01) dengan kondisi *isothermal*, *non adiabatic* dan bersifat eksotermis. Di dalam reaktor terdapat pendingin yang digunakan untuk menyerap panas dan menstabilkan suhu pada reaktor.

### 3.2.3. Tahap Pemisahan Dan Pemurnian

Hasil keluaran dari reaktor R-01 berupa Karbon Monoksida, Klorin, Hidrogen dan *Phosgene* pada suhu 77°C dan tekanan 1,35 atm. Tekanan dinaikkan menggunakan Kompresor (COM-01) menjadi

9 atm kemudian dimasukkan kedalam Kondensor Parsial (CP-01) untuk mendapatkan konsentrasi *Phosgene* diatas 90% dengan cara mengembunkan produk yang terbentuk  $\text{COCl}_2$  (*Phosgene*) dan memisahkannya dari  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$  dan  $\text{Cl}_2$  sisa reaksi. Suhu masuk pada Kondensor Parsial 1 (CP-01) yang diinginkan adalah  $77^\circ\text{C}$  dan suhu keluar yang diinginkan  $45^\circ\text{C}$  serta beroperasi pada tekanan 9 atm.

Setelah melalui proses kondensasi pada kondensor parsial (CP-01), hasilnya berupa  $\text{CO}$ ,  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{H}_2$  dan  $\text{COCl}_2$  dalam fase gas dan cair, sehingga perlu dipisahkan dengan menggunakan separator (SP-01). Hasil komponen cairan yang terbentuk yaitu  $\text{COCl}_2$  dan  $\text{Cl}_2$  dengan konsentrasi  $\text{COCl}_2$  97% yang akan menjadi hasil bawah SP-01 dan gas sisa kondensasi yaitu  $\text{CO}$ ,  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{H}_2$  dan  $\text{COCl}_2$  sisa menjadi hasil atas SP-01. Suhu dan tekanan keluar dari Separator (SP-01) adalah  $30^\circ\text{C}$  dan 9 atm.

Hasil atas Separator (SP-01) berupa gas sisa yaitu  $\text{CO}$ ,  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{COCl}_2$  akan digunakan ulang sebagai bahan baku. Untuk  $\text{H}_2$  akan dibakar menggunakan Membran (MB-01) sehingga tidak digunakan ulang.

#### **3.2.4. Tahap Penyimpanan**

Hasil bawah SP-01 akan diturunkan tekanannya dengan *Expansion Valve* (EV-04) lalu dialirkan menggunakan Pompa karena bersifat cair dan disimpan didalam tangki produk  $\text{COCl}_2$  dengan kondisi suhu  $30^\circ\text{C}$  dengan tekanan 2 atm dalam fase cair dan konsentrasi produk 97%.

### 3.3 Spesifikasi Alat Proses

#### 3.3.1. Reaktor

Tabel 3.1. Spesifikasi Reaktor

Kode	:	R-01
Fungsi	:	Tempat terjadinya reaksi CO dan Cl <sub>2</sub> dengan katalis karbon aktif
Jenis	:	<i>Fixed Bed Multitube Reactor</i>
Mode Operasi	:	Kontinyu
<i>Katalis</i>		
a. Jenis katalis	:	Karbon Aktif
b. Bentuk katalis	:	Butiran
c. Diameter katalis	:	0,004 m
d. Panjang katalis	:	0,004 m
e. Porositas	:	0,3
<i>Operating Condition</i>		
a. Suhu	:	77°C
b. Tekanan	:	1,35 atm
c. Kondisi proses	:	Eksotermis
<i>Mechanical Design</i>		
<i>Tube</i>		
a. Jumlah	:	101
b. Panjang	:	551,181 in
c. Diameter (ID)	:	3,068 in

d. Jumlah <i>pass</i>	:	6
e. Material	:	<i>Carbon Steel SA-7</i>
<i>Shell</i>		
a. Diameter	:	2,8685 m
b. Tebal <i>Shell</i>	:	0,625 in
c. Jumlah <i>pass</i>	:	1
d. Material	:	<i>Carbon Steel SA-7</i>
e. Bentuk <i>head</i>	:	<i>Elliptical Dished Head</i>
f. Tebal <i>head</i>	:	0,3125 in
g. Tinggi <i>head</i>	:	0,56788 m
h. Tinggi Reaktor	:	14,5679 m
Jenis pemanas/ pendingin	:	<i>Cooling Water</i>
Harga	:	\$ 66,532.41

### 3.3.2. Tangki Penyimpanan Produk

Tabel 3.2. Spesifikasi Tangki Penyimpanan Produk

Nama	Tangki Produk
Kode	T-03
Fungsi	Menyimpan produk $\text{COCl}_2$
Tipe	Tangki silinder tegak dengan dasar datar ( <i>flat bottom</i> ) dan atap ( <i>head</i> ) berbentuk Torispherical
Fase	Cair
Waktu Penyimpanan	7 Hari
Jumlah	1
Kapasitas, $m^3$	11821,87346
Tekanan, atm	2
Suhu, $^{\circ}\text{C}$	30
Material Konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 grade C</i>
Dimeter, m	6,096
Tinggi tangki, m	10,2621
Tebal tangki, m	
a. <i>Course 1</i>	0,00793
b. <i>Course 2</i>	0,00635
c. <i>Course 3</i>	0,00635
d. <i>Course 4</i>	0,00476
e. <i>Course 5</i>	0,00476
Tipe	<i>Torispherical</i>
Tebal <i>head</i> , in	7/16
Tinggi <i>head</i> , m	10,2621
Harga	\$ 55.562,91

### 3.3.3. Tangki Penyimpanan Bahan Baku

Tabel 3.3. Spesifikasi Penyimpanan Bahan Baku

Nama Alat	Tangki-01	Tangki-02
Kode	T-01	T-02
Fungsi	Menyimpan kebutuhan CO pada suhu 30 °C dan tekanan 9 atm	Menyimpan kebutuhan Cl <sub>2</sub> pada suhu 30 °C dan tekanan 9 atm
Waktu Penyimpanan	7 Hari	7 Hari
Fase	Gas	Gas
Jenis	Tangki Bola ( <i>Spherical</i> )	Tangki Bola ( <i>Spherical</i> )
Material Kontruksi	<i>Carbon Steel SA 283 grade C</i>	<i>Carbon Steel SA 283 grade C</i>
Tekanan, atm	9	9
Suhu, °C	30	30
Diameter, m	15,062	10,449
Tebal <i>shell</i> , in	1	1
Volume, m <sup>3</sup>	1788,338	597,011
Jumlah	1	1
Harga	\$ 67.145,27	\$ 447.963,43

### 3.3.4. Separator

Tabel 3.4. Spesifikasi Separator

Nama Alat	<i>Separator - 01</i>
Kode	SP-01
Fungsi	Memisahkan cairan dan gas keluaran dari Condensor Parsial (CD)
Tipe	<i>Vertical Separator</i>
Jumlah	1
Kondisi Operasi	
Tekanan, atm	9
Suhu, °C	45
Material Kontruksi	<i>Stainless Steel SA grade 167 type 11</i>
Dimensi <i>shell</i>	
Diameter, m	0,3810
Tinggi, m	8,9787
Tebal, m	0,0063
Dimensi <i>head</i>	
Jenis	<i>Elliptical dishead head</i>
Tinggi, m	0,14536
Tebal, m	0,00635
Harga	\$ 15.142,68



### 3.3.5. Expansion Valve

Tabel 3.5. Spesifikasi Expansion Valve

Nama dan Kode	<i>Expansion Valve / EV-01</i>	<i>Expansion Valve / EV-02</i>
Fungsi	Menurunkan tekanan CO sebelum masuk ke reaktor	Menurunkan tekanan Cl <sub>2</sub> sebelum masuk ke reaktor
Tipe	<i>Globe Valve</i>	<i>Globe Valve</i>
Jumlah	1	1
Material Konstruksi	<i>Commercial Stainless Steel tipe 316</i>	<i>Commercial Stainless Steel tipe 316</i>
Laju alir, kg/jam	2647,9724	5356,7799
Temperatur Operasi		
- Masuk, °C	30	30
- Keluar, °C	46	45
Tekanan Operasi		
- Masuk, atm	9	9
- Keluar, atm	1,35	1,35

Nama dan Kode	<i>Expansion Valve / EV-03</i>	<i>Expansion Valve / EV-04</i>
Fungsi	Menurunkan tekanan CO, Cl <sub>2</sub> , COCl <sub>2</sub> sebelum masuk ke reaktor	Menurunkan tekanan CO, Cl <sub>2</sub> , COCl <sub>2</sub> sebelum masuk ke tangki
Tipe	<i>Globe Valve</i>	<i>Globe Valve</i>
Jumlah	1	1
Material Konstruksi	<i>Commercial Stainless Steel tipe 316</i>	<i>Commercial Stainless Steel tipe 316</i>
Laju alir, kg/jam	1476,5230	6525,1777

Temperatur Operasi		
- Masuk, °C	30	30
- Keluar, °C	40	36
Tekanan Operasi		
- Masuk, atm	9	9
- Keluar, atm	1,35	2

### 3.3.6. Kompresor

Tabel 3.6. Spesifikasi Kompresor

Nama Alat	Kompresor-01	Kompresor-02
Kode	K-01	K-02
Fungsi	Untuk menaikkan tekanan menuju <i>Fixed Bed Reactor</i> dari 1 atm menjadi 9 atm	Untuk menaikkan tekanan menuju <i>Fixed Bed Reactor</i> dari 1 atm menjadi 9 atm
Tekanan masuk, atm	1	1,35
Tekanan keluar, atm	9	9
Suhu masuk, °C	30	77
Suhu keluar, °C	30	89,30
<i>Power</i> motor, Hp	5	5
Jumlah	1	1
Harga	\$ 64.743,90	\$ 64.505,44

### 3.3.7. Pompa

Tabel 3.7. Spesifikasi Pompa

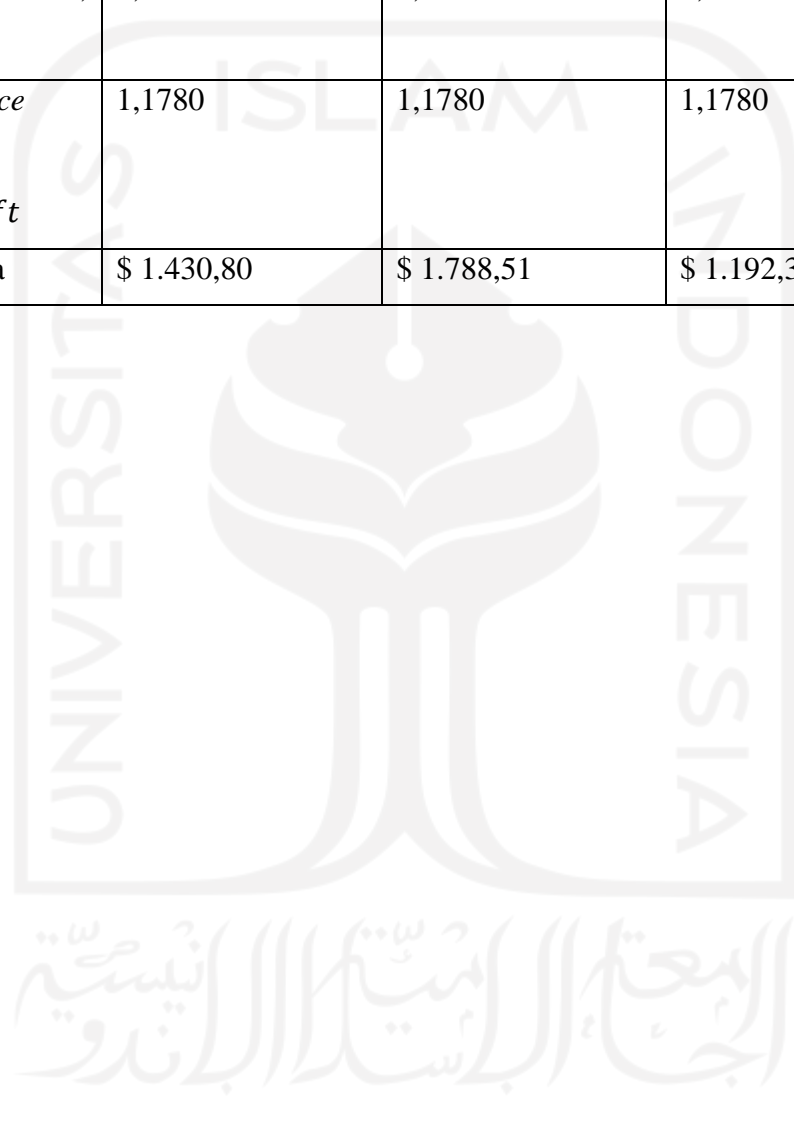
Nama Alat	Pompa-01
Kode	P-01
Fungsi	Memompa cairan dari EV-04 ke Tangki COCl <sub>2</sub>
Tipe	<i>Centrifugal Pump</i>
Jumlah	1
Power motor (HP)	0,75
Bahan Kontruksi	<i>Commercial Steel</i>
Dimensi Pipa	
IPS, in	2
<i>Schedule No.</i>	40
<i>Flow area, in<sup>2</sup></i>	3,35
Harga	\$ 8.346,36

### 3.3.8. Heat Exchanger

Tabel 3.8. Spesifikasi Heat Exchanger

Nama Alat	<i>Heat Exchanger-01</i>	<i>Heat Exchanger-02</i>	<i>Heat Exchanger-03</i>
Kode	H-01	HE-02	HE-03
Jumlah	1	1	1
Fungsi	Menaikan temperatur keluaran <i>Expantion Valve</i> (EV-01) menuju Reaktor <i>Fixed Bed Multitube</i> (R) dari suhu 30 °C menjadi 77 °C	Menaikan temperatur keluaran <i>Expantion Valve</i> (EV) menuju reaktor <i>Fix Bed Multitube</i> (R) dari suhu 30 °C menjadi suhu 77 °C.	Menaikan temperatur keluaran <i>Expantion Valve</i> (EV) menuju reaktor <i>Fix Bed Multitube</i> (R) dari suhu 30 °C menjadi suhu 77 °C.
Tipe	<i>Double Pipe Heat Exchanger</i>	<i>Double Pipe Heat Exchanger</i>	<i>Double Pipe Heat Exchanger</i>
Jumlah <i>Hairpins</i>	4	10	2
Panjang <i>Hairpins, ft</i>	15	15	15
<i>Inner pipe</i>			
IPS, in	3,000	3,000	3,000
<i>Schedule No.</i>	40	40	40
<i>Flow Area, in<sup>2</sup></i>	7,880	7,880	7,880
<i>Surface Area ft<sup>2</sup>/ft</i>	0,9170	0,9170	0,9170

<i>Annulus (H<sub>2</sub>O)</i>			
IPS, in	4,000	4,000	4,000
<i>Schedule No.</i>	40	40	40
<i>Flow Area, in<sup>2</sup></i>	3,140	3,140	3,140
<i>Surface Area ft<sup>2</sup>/ft</i>	1,1780	1,1780	1,1780
Harga	\$ 1.430,80	\$ 1.788,51	\$ 1.192,34



### 3.3.9. Condensor

Tabel 3.9. Spesifikasi Condensor

<i>Operating Condition</i>				
<i>Position</i>	<i>Shell</i>		<i>Tube</i>	
<i>Fluid</i>	COCl <sub>2</sub> , CO, Cl <sub>2</sub>		Water	
<i>Fluid Type</i>	<i>Hot</i>		<i>Cold</i>	
	<i>In</i>	<i>Out</i>	<i>In</i>	<i>Out</i>
<i>Liquid flowrate</i>		7.735,78	297.588	297.588
<i>Vapor flowrate</i>	7.735,78			
<i>Temperature (°C)</i>	77	45	30	50
<i>Pressure (atm)</i>	9	9	9	9

<i>Mechanical Design</i>			
<i>Shell</i>		<i>Tube</i>	
<i>Length</i>	7,3152	<i>Length</i>	7,3152
<i>Passes</i>	1	<i>Passes</i>	2
<i>ID</i>	37	<i>OD</i>	¾ in
<i>Baffle Spaces</i>	22,2	<i>Number</i>	282
		<i>A</i>	1.155,30
		<i>BWG</i>	18 in
		<i>Pitch</i>	1 ¼ in
$\Delta P_{cal} / \Delta P_{allow}$	10 psi	$P_{cal} / \Delta P_{allow}$	10 psi
$Rd_{cal} / Rd_{min}$	0,0046/0,0010 Btu/jam.ft <sup>2</sup> .°F	$Rd_{cal} / Rd_{min}$	0,0046/0,0010 Btu/jam.ft <sup>2</sup> .°F

### 3.4 Neraca Massa

Basis Perhitungan Neraca Massa :

Kapasitas Produk : 56.000 ton/tahun

Diambil dalam 1 Tahun : 330 hari kerja

1 hari Kerja : 24 jam

Basis Perhitungan : 1 jam

$$= \left[ 56.000 \frac{\text{ton}}{\text{tahun}} \times 1000 \frac{\text{kg}}{\text{ton}} \times \frac{1 \text{ tahun}}{330 \text{ hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}} \right]$$

$$= 7323,232323 \frac{\text{kg}}{\text{jam}}$$

## 1. Separation

Tabel 3.10. Neraca Massa *Separation*

Komponen	Input (Kg/Jam)	Output (Kg/Jam)	
	Arus 11	Arus 12	Arus 17
CO	571.34	541.75	29.58
Cl <sub>2</sub>	107.13	36.76	70.37
COCl <sub>2</sub>	7323.23	898.01	6425.22
H <sub>2</sub>	3.05	3.05	0.00
Total	8004.75	8004.75	

## 2. Fixed Bed Multitube (R-01)

Tabel 3.11. Neraca Massa Fixed Bed Multitube

Komponen	Input (Kg/Jam)	Output (Kg/Jam)
	Arus 8	Arus 9
CO	2645.07	571.34
Cl <sub>2</sub>	5356.63	107.13
COCl <sub>2</sub>	0.00	7323.23
H <sub>2</sub>	3.05	3.05
Total	8004.75	8004.75

### 3. *Condensor Parsial (CD-01)*

Tabel 3.12. Neraca Massa Condensor parsial (CD-01)

Komponen	Input (Kg/Jam)	Output (Kg/Jam)
	Arus 10	Arus 11
CO	571.34	571.34
Cl <sub>2</sub>	107.13	107.13
COCl <sub>2</sub>	7323.23	7323.23
H <sub>2</sub>	3.05	3.05
Total	8004.75	8004.75

### 4. Neraca Massa Total

Komponen	Input (Kg/Jam)	Output (Kg/Jam)
CO	2.647,97	
Cl <sub>2</sub>	5.356,78	
COCl <sub>2</sub>		6.525,18
H <sub>2</sub>		3.05
Total	8.004.75	6.528,23

## 3.5 Neraca Panas

### 1. *Fixed Bed Multitube (R-01)*

Tabel 3.13. Neraca Panas *Fixed Bed Multitube*

Komponen	$Q_{masuk}$ (Kj/jam)	$Q_{keluar}$ (Kj/jam)
Arus Umpan	279290,2055	
Arus Produk		384466,7352
Panas Reaksi	776975,9586	
Q Pendingin		671799,4289
Total	1056266,1641	1056266,1641



## 2. Heater-01 (H-01)

Tabel 3.14. Neraca Panas Heater - 01

Komponen	$Q_{masuk}$ (Kj/jam)	$Q_{keluar}$ (Kj/jam)
CO	60426,95945	143214,9807
H <sub>2</sub>	911,179114	2159,593892
Pemanas	83946,4360	
Total	145284,5746	145284,5746

## 3. Heater-02 (H-02)

Tabel 3.15. Neraca Panas Heater - 02

Komponen	$Q_{masuk}$ (Kj/jam)	$Q_{keluar}$ (Kj/jam)
Cl <sub>2</sub>	125059,7773	346678,9532
H <sub>2</sub>	44,92247922	113,56423
Pemanas	221687,8177	
Total	346792,5174	346792,5174

#### 4. Heater-03 (H-03)

Tabel 3.16. Neraca Panas Heater – 03

Komponen	$Q_{masuk}$ (Kj/jam)	$Q_{keluar}$ (Kj/jam)
CO	8771,931675	29314,15843
Cl <sub>2</sub>	639,4443707	2379,368999
COCl <sub>2</sub>	8176,777536	27881,52177
Pemanas	41986,8959	
Total	59575,0492	59575,0492

#### 5. Condesor Parsial (CD-01)

Tabel 3.17. Neraca Panas Condensor Parsial

Komponen	$Q_{masuk}$ (Kj/jam)	$Q_{keluar}$ (Kj/jam)	
	Arus	Arus	Arus
CO	30914,99582	301723,8734	11871,6592
Cl <sub>2</sub>	2678,07027	2302,685578	1023,460253
COCl <sub>2</sub>	165129,5845	37349,64815	62697,50166
H <sub>2</sub>	2273,158122	0	872,2925054
Q Pendingin		2240136,81	
Total	200995,8087	200995,8087	

#### 6. Expansion Valve-01 (EV-01)

Tabel 3.18. Neraca Panas Expansion Valve - 01

Komponen	$Q_{masuk}$ (Kj/jam)	$Q_{keluar}$ (Kj/jam)
CO	13731,2793	60426,95945
H <sub>2</sub>	206,93316	911,17911
Pemanas	47399,2961	
Total	61338,1386	61338,1386

## 7. Expansion Valve-02 (EV-02)

Tabel 3.19. Neraca Panas Expansion Valve - 02

Komponen	$Q_{masuk}$ (Kj/jam)	$Q_{keluar}$ (Kj/jam)
Cl <sub>2</sub>	28974,0141	125059,7773
H <sub>2</sub>	10,8817	44,9224
Pemanas	96199,8038	
Total	125104,6998	125104,6998

## 8. Expansion Valve-03 (EV-03)

Tabel 3.20. Neraca Panas Expansion Valve - 03

Komponen	$Q_{masuk}$ (Kj/jam)	$Q_{keluar}$ (Kj/jam)
CO	2812,3734	11603,8239
Cl <sub>2</sub>	198,8579	858,3254
COCl <sub>2</sub>	1304,3766	5393,0265
Pemanas	13537,5679	
Total	17855,1760	17855,1760

## 9. Expansion Valve-04 (EV-04)

Tabel 3. 21. Neraca Panas Expansion Valve - 04

Komponen	$Q_{masuk}$ (Kj/jam)	$Q_{keluar}$ (Kj/jam)
CO	153,5828	633,6813
Cl <sub>2</sub>	380,6223	858,3254
COCl <sub>2</sub>	9347,2995	5393,0265
Pemanas	2996,2661	
Total	6995,0334	6995,0334

## 3.6 Perencanaan Produksi

### 3.6.1 Perencanaan Bahan Baku dan Alat Proses

Dalam menyusun rencana produksi secara garis besar ada dua hal yang perlu diperhatikan, yaitu faktor eksternal dan faktor

internal. Faktor eksternal adalah faktor yang menyangkut kemampuan pasar terhadap jumlah produk yang dihasilkan, sedangkan faktor internal adalah kemampuan pabrik itu sendiri.

#### 1. Kemampuan Pasar

Dapat dibagi menjadi 2 kemungkinan, yaitu :

- a. Kemampuan pasar lebih besar dibandingkan kemampuan pabrik, maka rencana produksi disusun secara maksimal.
- b. Kemampuan pasar lebih kecil dibandingkan kemampuan pabrik. Oleh karena itu perlu dicari alternatif untuk menyusun rencana produksi, misalnya :

Rencana produksi sesuai dengan kemampuan pasar atau produksi diturunkan sesuai kemampuan pasar dengan mempertimbangkan untung dan rugi.

Rencana produksi tetap dengan mempertimbangkan bahwa kelebihan produksi disimpan dan dipasarkan tahun berikutnya.

Mencari daerah pemasaran.

#### 2. Kemampuan Pabrik

Pada umumnya pabrik ditentukan oleh beberapa faktor, antara lain :

##### a. Material (Bahan Baku)

Dengan pemakaian material yang memenuhi kualitas dan kuantitas maka akan tercapai target produksi sesuai yang diinginkan.

##### b. Manusia (Tenaga Kerja)

Kurang terampilnya tenaga kerja akan menimbulkan kerugian pabrik, untuk itu perlu dilakukan pelatihan atau *training* pada karyawan agar keterampilannya meningkat.

##### c. Mesin (Peralatan)

Ada dua hal yang mempengaruhi keandalan dan kemampuan mesin, yaitu jam kerja mesin efektif dan kemampuan mesin. Jam kerja efektif adalah kemampuan suatu alat untuk beroperasi pada kapasitas yang diinginkan pada periode tertentu. Kemampuan mesin adalah kemampuan suatu alat dalam proses produksi.



## **BAB IV**

### **PERANCANGAN PABRIK**

#### **4.1 Lokasi Pabrik**

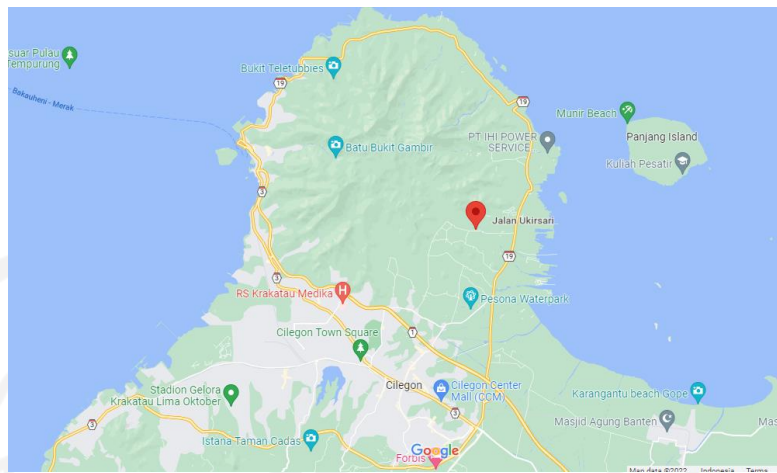
Pemilihan dan penentuan letak suatu pabrik sangat penting dalam perencanaan pabrik dan akan mempengaruhi kemajuan serta kelangsungan suatu industri, karena hal tersebut menyangkut faktor produksi dan besarnya keuntungan yang dihasilkan serta perluasan di masa yang akan datang. Faktor utama adalah pabrik harus dibangun dengan *production cost* dan *operating cost* yang minimum, tetapi tersedianya ruang untuk perluasan pabrik juga menjadi hal yang dipertimbangkan.

##### **4.1.1 Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik**

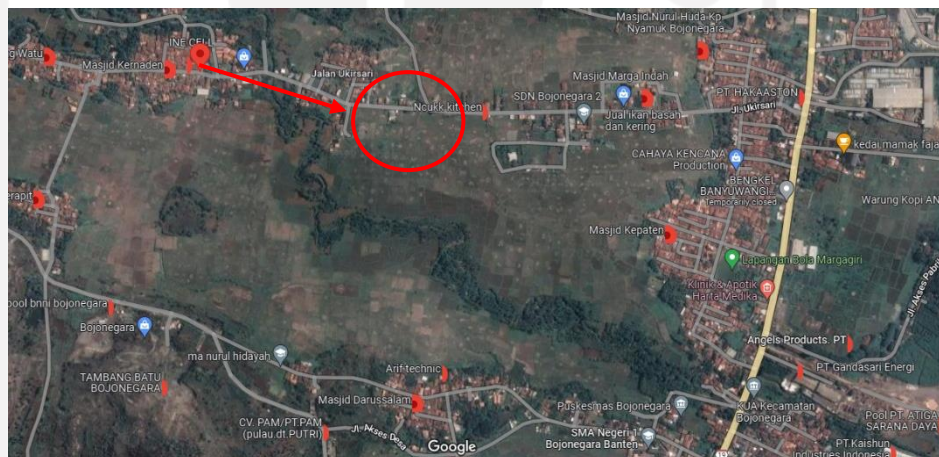
Faktor-faktor yang berpengaruh dalam pemilihan lokasi pabrik *Phosgene* ini antara lain :

1. Ketersediaan bahan baku
2. Sarana utilitas yang cukup dan memadai
3. Penyediaan sumber daya manusia (tenaga kerja)
4. Transportasi dan distribusi yang lancar
5. Pemanasan yang cukup potensial
6. Keadaan iklim yang stabil

Dengan memperhatikan faktor-faktor yang dipertimbangkan di atas, maka lokasi yang tepat dan memenuhi syarat untuk lokasi pendirian pabrik *Phosgene* direncanakan dibangun di daerah Cilegon, Banten (Gambar 4.1). Dan lokasi Pabrik dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.1. Lokasi Cilegon, Banten



Gambar 4.2. Lokasi didirikan Pabrik *Phosgene*

Daerah Cilegon merupakan lokasi terbaik untuk mendirikan pabrik *Phosgene*, hal ini dipertimbangkan karena beberapa hal berikut:

1. Ketersediaan Bahan Baku

Suatu pabrik sebaiknya berada di daerah yang dekat dengan sumber bahan baku dan daerah pemasaran sehingga transportasi dapat berjalan dengan lancar dan biaya transportasi dapat diminimalisir. Pabrik juga sebaiknya dekat dengan pelabuhan laut. jika ada bahan baku atau produk yang dikirim dari atau ke luar negeri.

Bahan baku untuk pembuatan *Phosgene* yaitu gas karbon monoksida (CO) dan gas klorin (Cl<sub>2</sub>). Gas karbon monoksida (CO) didapat dari pabrik PT. Aneka Gas Industri di Cilegon, Banten. Sedangkan gas klorin (Cl<sub>2</sub>) didapat dari pabrik PT. Sulfindo Adi Usaha, Bojonegara, Banten.

## 2. Utilitas

Dalam pendirian suatu pabrik, tenaga listrik dan bahan bakar adalah faktor penunjang yang paling penting. Tenaga listrik tersebut didapat dari PLTU PT Krakatau Daya Listrik dan tenaga listrik sendiri. Pembangkit listrik utama untuk pabrik adalah menggunakan generator diesel yang bahan bakarnya diperoleh dari Pertamina. Lokasi pabrik dekat dengan Sungai, maka keperluan air (air proses, air pendingin/penghasil steam, perumahan dan lain-lain) dapat diperoleh dengan mudah.

## 3. Sumber Daya Manusia (Tenaga Kerja)

Sebagai kawasan industri, daerah ini merupakan salah satu tujuan para pencari kerja. Tenaga kerja yang dibutuhkan mudah untuk didapatkan, baik tenaga berpendidikan tinggi, menengah maupun tenaga terampil yang siap pakai, karena di daerah ini sudah banyak berdiri sarana-sarana pendidikan dengan kualitas yang dapat diandalkan.

## 4. Transportasi

Sarana Transportasi dari dan ke lokasi pabrik haruslah lancar dan memadai. Pembelian bahan baku dan penjualan produk dapat dilakukan melalui jalan darat maupun laut. Angkutan darat dengan jalan raya yang cukup lancar dapat dilalui oleh kendaraan besar dan kecil. Pelabuhan PT Indonesia II cabang Banten yang ada cukup memadai untuk pengangkutan melalui laut, sehingga dapat mengangkut bahan baku maupun produk. Dengan ketersediaan sarana tersebut akan menjamin kelangsungan produksi pabrik

## 5. Pemasaran



Pemasaran mudah dijangkau karena tersedianya sarana transportasi yang memadai. Pemasaran produk dilakukan melalui darat. Pemasaran jalan laut dapat dilakukan melalui pelabuhan PT Indonesia II cabang Banten. Lokasi pendirian pabrik dekat dengan pelabuhan PT Indonesia II cabang Banten sehingga produk dapat dipasarkan baik dalam maupun luar negeri.

#### 6. Keadaan Iklim

Daerah Cilegon, Banten merupakan suatu daerah yang terletak di daerah kawasan industri dan lumayan dekat dengan pesisir pantai yang memiliki daerah alam yang sangat menunjang. Daerah Cilegon dan sekitarnya telah direncanakan oleh pemerintah sebagai salah satu pusat pengembangan wilayah produksi industri. Temperatur udara normal daerah tersebut sekitar 30°C, sehingga kemungkinan operasi pabrik dapat berjalan dengan lancar.

### 4.1.2 Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik

#### 1. Perluasan Areal unit

Ekspansi pabrik dimungkinkan karena tanah sekitar memang dikhususkan untuk daerah pembangunan industri.

#### 2. Biaya dan Perizinan Tanah

- Segi keamanan kerja terpenuhi.
- Tanah yang tersedia untuk lokasi pabrik masih cukup luas dan dalam harga yang terjangkau.
- Pengoperasian, pengontrolan, pengangkutan, pemindahan maupun perbaikan semua peralatan proses dapat dilakukan dengan mudah dan aman.
- Pemanfaatan areal tanah seefisien mungkin.
- Transportasi yang baik dan efisien.

#### 3. Lingkungan Masyarakat Sekitar

Sikap masyarakat diperkirakan akan mendukung pendirian pabrik pembuatan *Phosgene* karena akan menjamin tersedianya

lapangan kerja bagi mereka. Selain itu pendirian pabrik ini diperkirakan tidak akan mengganggu keselamatan dan keamanan masyarakat di sekitarnya.

#### **4.2 Tata Letak Pabrik (Plant Layout)**

Tata letak pabrik adalah suatu perencanaan dan pengintegrasian aliran dari komponen-komponen produksi suatu pabrik, sehingga diperoleh suatu hubungan yang efisien dan efektif antara operator, peralatan dan gerakan material dari bahan baku menjadi produk. Tata letak pabrik merupakan tempat kedudukan dari seluruh bagian pabrik, meliputi tempat kerja alat, tempat kerja karyawan, tempat penyimpanan barang, tempat penyediaan sarana utilitas, dan sarana lain bagi pabrik. Beberapa faktor perlu diperhatikan dalam penentuan tata letak pabrik, antara lain adalah pertimbangan ekonomis (biaya konstruksi dan operasi), kebutuhan proses, pemeliharaan keselamatan, perluasan di masa mendatang. Tata letak alat-alat proses harus dirancang sedemikian rupa sehingga :

1. Kelancaran proses produksi lebih terjamin.
2. Dapat mengefektifkan penggunaan luas lantai.
3. Biaya material handling menjadi lebih rendah dan menyebabkan turunnya/terhindarnya pengeluaran untuk hal-hal yang tidak penting.
4. Jika tata letak peralatan diatur sesuai dengan urutan-urutan proses maka proses produksi akan lancar, sehingga perusahaan tidak perlu membeli alat angkut tambahan sehingga lebih efisien.
5. Karyawan mendapatkan kenyamanan dalam bekerja sehingga akan meningkatkan semangat kerja yang menyebabkan meningkatnya produktivitas kerja.

Hal yang harus diperhatikan juga :

1. Letak alat dalam ruangan yang cukup sehingga tersedia ruang gerak untuk keperluan perawatan, perbaikan maupun penggantian alat.
2. Pengaturan tata letak diusahakan menurut urutan proses.

3. Penempatan alat *control* atau alat bantu pada alat maupun pipa aliran proses dapat terjangkau atau dapat terlihat jelas untuk pengawasan proses.

Desain yang rasional harus memasukkan unsur lahan proses, *storage* (persediaan) dan lahan alternatif (*areal handling*) dalam posisi yang efisien dan dengan mempertimbangkan faktor-faktor sebagai berikut (Timmerhaus, 2004).

- a) Urutan proses produksi.
- b) Pengembangan lokasi baru atau penambahan/perluasan lokasi yang belum dikembangkan pada masa yang akan datang.
- c) Distribusi ekonomis pada pengadaan air, steam proses, tenaga listrik dan bahan baku.
- d) Pemeliharaan dan perbaikan.
- e) Keamanan (*safety*) terutama dari kemungkinan kebakaran dan keselamatan kerja.
- f) Bangunan yang meliputi luas bangunan, kondisi bangunan dan konstruksinya yang memenuhi syarat.
- g) Fleksibilitas dalam perencanaan tata letak pabrik dengan mempertimbangkan kemungkinan perubahan dari proses/mesin, sehingga perubahan-perubahan yang dilakukan tidak memerlukan biaya yang tinggi.
- h) Masalah pembuangan limbah cair.
- i) *Service area*, seperti kantin, tempat parkir, ruang ibadah, dan sebagainya diatur sedemikian rupa sehingga tidak terlalu jauh dari tempat kerja.

Pengaturan tata letak pabrik yang baik akan memberikan beberapa keuntungan, seperti (Timmerhaus, 2004) :

- a) Mengurangi jarak transportasi bahan baku dan produksi, sehingga mengurangi *material handling*.
- b) Memberikan ruang gerak yang lebih leluasa sehingga mempermudah perbaikan mesin dan peralatan yang rusak atau di-*blowdown*.
- c) Mengurangi ongkos produksi.

- d) Meningkatkan keselamatan kerja.
- e) Mengurangi kerja seminimum mungkin.
- f) Meningkatkan pengawasan operasi dan proses agar lebih baik.

Fasilitas pabrik tidak semata-mata hanya mesin-mesin tetapi juga daerah pelayanan termasuk tempat penerimaan, yaitu seperti penerimaan barang, tempat pemeliharaan, gudang dan sebagainya. Disamping itu perlu diperhatikan keamanan para pekerja sehingga tata letak pabrik tersebut meliputi didalam dan diluar gedung. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perancangan tata letak pabrik adalah :

a. Perluasan Pabrik

Perluasan pabrik ini harus sudah masuk dalam perhitungan sejak dalam perancangan pabrik. Hal ini ditujukan agar masalah kebutuhan tempat di kemudian hari tidak dipermasalahkan. Sejumlah area khusus sudah disiapkan untuk dipakai sebagai perluasan pabrik, penambahan peralatan dan peningkatan kapasitas pabrik.

b. Keamanan

Keamanan terhadap kemungkinan adanya bahaya kebakaran, ledakan, asap/gas beracun harus benar-benar diperhatikan dalam penentuan tata letak pabrik. Untuk itu harus dilakukan penempatan alat-alat pengaman seperti hydrant, penampungan air yang cukup serta penahan ledakan. Tangki penyimpanan produk yang berbahaya harus diletakan di area khusus serta perlu adanya jarak antara bangunan yang satu dengan yang lainnya guna memberikan pertolongan dan menyediakan jalan bagi para karyawan untuk menyelamatkan diri di saat terjadinya keadaan darurat.

c. Luas Area Yang Tersedia

Harga tanah yang menjadi hal yang membatasi kemampuan penyedia area. Pemakaian tempat disesuaikan dengan area yang tersedia. Jika harga tanah terlalu tinggi, maka diperlukan efisiensi dalam pemakaian ruangan hingga peralatan tertentu diletakkan diatas peralatan

yang lain ataupun lantai ruangan diatur sedemikian rupa agar menghemat tempat.

d. Bangunan

Bangunan yang ada secara fisik harus memenuhi standar dan perlengkapan yang menyertainya seperti ventilasi, instalasi, dan lain-lainnya tersedia dan memenuhi syarat.

e. Instalasi dan Utilitas

Pemasangan dan distribusi yang baik dari gas, steam dan listrik akan membantu kemudahan kerja dan perawatannya. Penempatan alat proses diatur sedemikian rupa sehingga karyawan dapat dengan mudah mencapainya dan dapat menjamin kelancaran operasi serta memudahkan dalam perawatannya.

f. Jaringan Jalan Raya

Untuk pengangkutan bahan, keperluan perbaikan, pemeliharaan dan keselamatan kerja, maka di antara daerah proses dibuat jalan yang cukup untuk memudahkan mobil keluar masuk, sehingga bila terjadi suatu bencana maka tidak akan mengalami kesulitan dalam menanggulangnya. Secara garis besar tata letak pabrik dibagi dalam beberapa daerah utama, yaitu :

1. Daerah administrasi / perkantoran, laboratorium dan fasilitas pendukung. Area ini terdiri dari :

- Daerah administrasi sebagai pusat kegiatan administrasi dan keuangan pabrik.
- Laboratorium sebagai pusat kontrol kualitas bahan baku dan produk.
- Fasilitas – fasilitas bagi karyawan seperti: poliklinik, kantin, aula dan masjid.

2. Daerah proses dan perluasan.

Merupakan daerah tempat alat-alat proses diletakkan dan proses berlangsung. Ruang kontrol sebagai pusat pengendalian berlangsungnya proses.

3. Daerah pergudangan umum, bengkel dan garasi.
4. Daerah utilitas dan pemadam kebakaran.

Merupakan lokasi pusat kegiatan penyediaan air, steam, air pendingin dan tenaga listrik disediakan guna menunjang jalannya proses serta unit pemadam kebakaran.

5. Daerah pengolahan limbah.

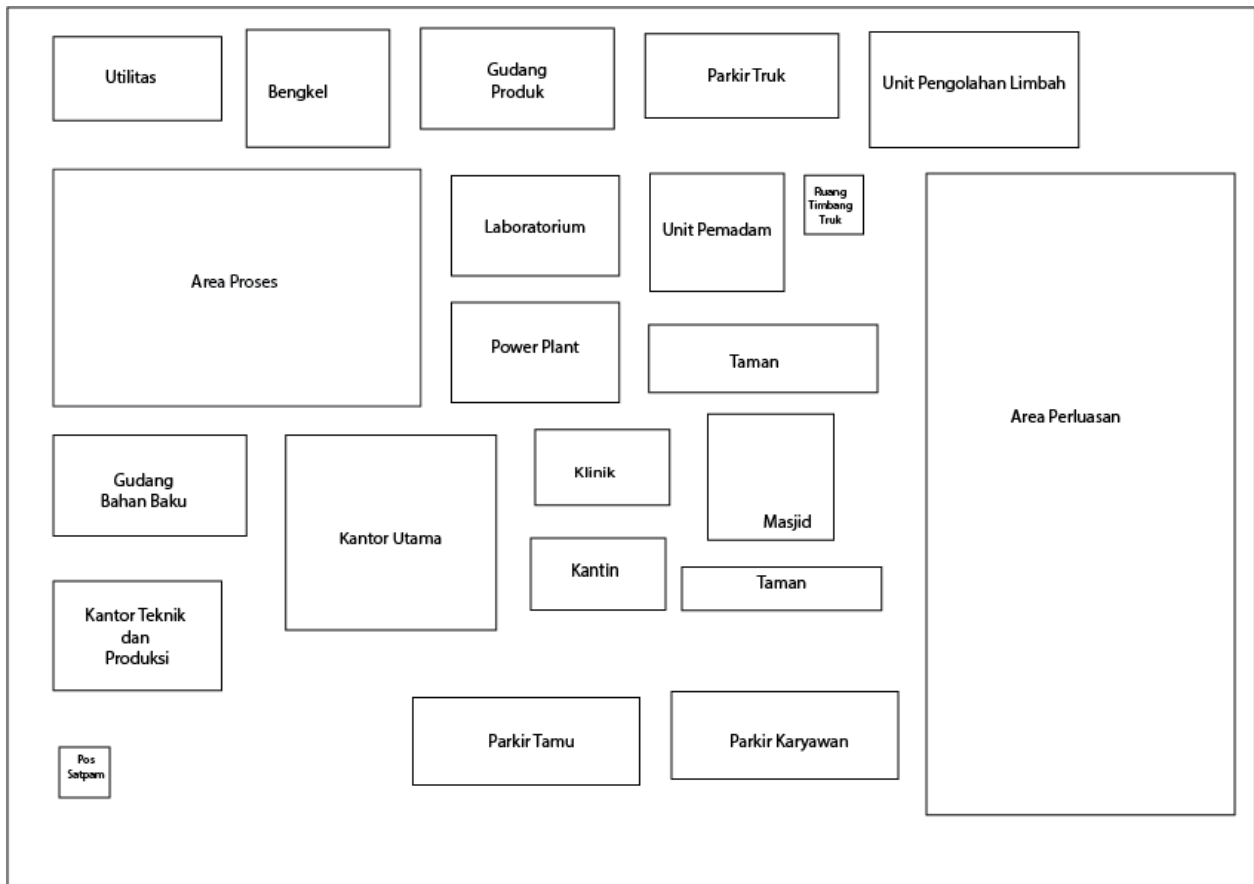
Merupakan daerah pembuangan dan pengolahan limbah hasil proses produksi.

Pendirian pabrik *Phosgene* ini direncanakan di bangun pada lahan seluas 1,6 ha dengan ukuran 16.651 m<sup>2</sup>. Tata letak pabrik dapat dilihat pada Gambar 4.3. Sedangkan rinciannya dapat dilihat pada *Tabel 4.1*.

Tabel 4.1. Perincian Luas tanah dan bangunan pabrik

<b>Lokasi</b>	<b>Luas, m<sup>2</sup></b>
Luas Tanah	16,651
Area Proses	952
Kantor Utama	600
Pos Keamanan / Satpa	36
Parkir Tamu	264
Parkir Truk	234
Ruang Timbang Truk	50
Kantor Teknik dan produksi	253
Klinik	140
Masjid	192
Kantin	180
Bengkel	240
Unit pemadam kebakaran	224
Gudang	270
<i>Control room</i>	400
Kontrol utilitas	100
Jalan dan taman	1500

Luas bangunan	5635
Luas area perluasan	11,016



Skala 1:500

Gambar 4.3. Tata Letak Pabrik

### 4.3 Tata Letak Mesin/Alat Proses (Machines Layout)

Dalam perancangan tata letak peralatan proses pada pabrik ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu:

1. Aliran bahan baku dan produk

Jalannya aliran bahan baku dan produk yang tepat akan memberikan keuntungan ekonomis yang besar, serta menunjang kelancaran dan keamanan produksi.

2. Aliran udara

Aliran udara di dalam dan sekitar area proses perlu diperhatikan kelancarannya. Hal ini bertujuan untuk menghindari terjadinya stagnasi udara pada suatu tempat berupa penumpukan atau akumulasi bahan kimia berbahaya yang dapat membahayakan keselamatan pekerja, selain itu perlu memperhatikan arah hembusan angin.

3. Pencerahan

Penerangan seluruh pabrik harus memadai. Pada tempat-tempat proses yang berbahaya atau beresiko tinggi harus diberi penerangan tambahan.

4. Lalu lintas manusia dan kendaraan

Dalam perancangan *layout* peralatan, perlu diperhatikan agar pekerja dapat mencapai seluruh alat proses dengan cepat dan mudah agar apabila terjadi gangguan pada alat proses dapat segera diperbaiki, selain itu keamanan pekerja selama menjalankan tugasnya perlu diprioritaskan.

5. Pertimbangan Ekonomi

Dalam menempatkan alat-alat proses pada pabrik diusahakan agar dapat menekan biaya operasi dan menjamin kelancaran serta keamanan produksi pabrik sehingga dapat menggantungkan dari segi ekonomi.

6. Jarak antara alat proses

Untuk alat proses yang mempunyai suhu dan tekanan tinggi sebaiknya dipisahkan dari alat proses lain. Sehingga apabila terjadi ledakan atau kebakaran pada alat tersebut tidak membahayakan alat proses lainnya. Tata letak alat proses harus dirancang sedemikian rupa sehingga:

- a. Kelancaran proses produksi dapat terjamin.
- b. Dapat mengoptimalkan penggunaan luas tanah.
- c. Biaya material handling menjadi rendah, sehingga menyebabkan menurunnya pengeluaran untuk *capital* yang tidak penting.
- d. Jika tata letak peralatan proses sedemikian rupa sehingga urutan proses produksi lancar, maka perusahaan tidak perlu untuk memakai alat angkut dengan biaya mahal.



e. Karyawan mendapat kepuasan kerja.

## 7. *Maintenance*

*Maintenance* berguna untuk menjaga sarana dan fasilitas peralatan pabrik dengan cara pemeliharaan dan perbaikan alat agar produksi dapat berjalan dengan lancar dan produktivitas menjadi tinggi sehingga akan tercapai target produksi dan spesifikasi bahan baku yang diharapkan.

Perawatan preventif dilakukan setiap hari untuk menjaga dari kerusakan alat dan kebersihan lingkungan alat. Sedangkan perawatan periodik dilakukan secara terjadwal sesuai dengan buku petunjuk yang ada. Penjadwalan tersebut dibuat sedemikian rupa sehingga alat-alat mendapat perawatan khusus secara bergantian. Alat-alat berproduksi secara kontinyu dan akan berhenti jika terjadi kerusakan.

Perawatan alat-alat proses dilakukan dengan prosedur yang tepat. Hal ini dapat dilihat dari penjadwalan yang dilakukan pada setiap alat. Perawatan mesin tiap-tiap alat meliputi :

### 1. *Over head* 1 x 1 tahun

Merupakan perbaikan dan pengecekan serta leveling alat secara keseluruhan meliputi pembongkaran alat, pergantian bagian-bagian alat yang sudah rusak, kemudian kondisi alat dikembalikan seperti kondisi semula.

### 2. *Repairing*

Merupakan kegiatan *maintenance* yang bersifat memperbaiki bagianbagian alat. Hal ini biasanya dilakukan setelah pemeriksaan. Faktor-faktor yang mempengaruhi *maintenance*:

#### a. Umur alat

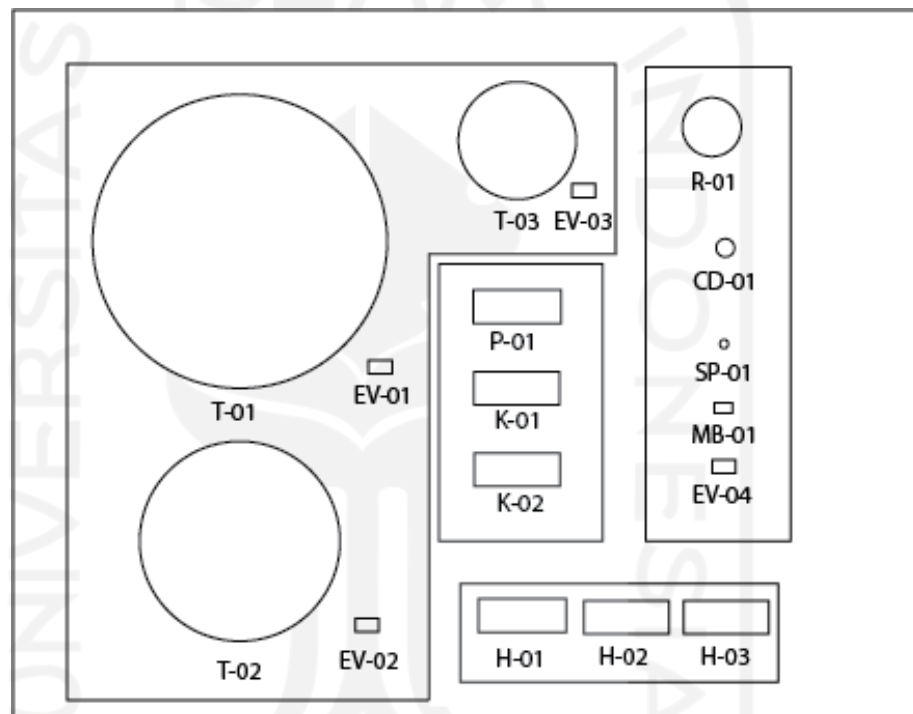
Semakin tua umur alat semakin banyak pula perawatan yang harus diberikan yang menyebabkan bertambahnya biaya perawatan.

#### b. Bahan baku

Penggunaan bahan baku yang kurang berkualitas akan meyebabkan kerusakan alat sehingga alat akan lebih sering dibersihkan.

c. Tenaga manusia

Pemanfaatan tenaga kerja terdidik, terlatih dan berpengalaman akan menghasilkan pekerjaan yang baik pula.



Skala 1:300

Gambar 4.4. Tata Letak Alat Proses

Keterangan :

TP – 01 : Tangka Penyimpanan Gas CO

TP – 02 : Tangki Penyimpanan Gas Cl<sub>2</sub>

TP – 03 : Tangki Penyimpanan Cair COCl<sub>2</sub>

R – 01 : Reaktor

CD – 01 : *Condensor Parsial* - 01

SP – 01 : Separator - 01

MB-01 : *Membrane*

EV – 01 : *Expantion Valve* Gas CO

EV – 02 : *Expantion Valve* Gas  $Cl_2$   
EV – 03 : *Expantion Valve* Recycle  
EV – 04 : *Expantion Valve* Produk  $COCl_2$   
P – 01 : Pompa Menuju Tangki  
K – 01 : Kompresor Sebelum Masuk Tangki Produk CO  
K – 02 : Kompresor Keluaran Reaktor  
H – 01 : *Heater* Gas CO  
H – 02 : *Heater* Gas  $Cl_2$   
H – 03 : *Heater* Recycle

#### **4.4 Organisasi Perusahaan**

##### **4.4.1 Bentuk perusahaan**

Pabrik *Phosgene* yang akan didirikan ini direncanakan berbentuk Perseroan Terbatas (PT). Perseroan Terbatas (PT) merupakan bentuk perusahaan yang mendapatkan modalnya dari penjualan saham dimana tiap sekutu turut mengambil bagian sebanyak satu saham atau lebih. Dalam Perseroan Terbatas (PT) pemegang saham hanya bertanggung jawab menyetor penuh jumlah yang disebutkan dalam tiap saham.

Untuk perusahaan-perusahaan skala besar, biasanya menggunakan bentuk Perseroan Terbatas (PT/korporasi), Perseroan Terbatas (PT) merupakan asosiasi pemegang saham yang diciptakan berdasarkan hukum dan dianggap sebagai badan hukum.

Alasan dipilihnya bentuk perusahaan (PT) ini adalah didasarkan beberapa faktor sebagai berikut :

1. Mudah mendapatkan modal, yaitu dengan menjual saham perusahaan.
2. Tanggung jawab pemegang saham terbatas, sehingga kelancaran produksi hanya dipegang oleh pimpinan perusahaan.

3. Kelangsungan hidup perusahaan lebih terjamin, karena tidak terpengaruh berhentinya pemegang saham, direksi beserta stafnya atau karyawan perusahaan.
4. Efisiensi dari manajemen  
Para pemegang saham dapat memilih orang yang ahli sebagai dewan komisaris dan direktur yang cukup cakap dan berpengalaman.
5. Lapangan usaha lebih luas  
Suatu PT dapat menarik modal yang sangat besar dari masyarakat, sehingga dengan modal ini PT dapat memperluas usahanya.
6. Merupakan badan usaha yang memiliki kekayaan tersendiri yang terpisah dari kekayaan pribadi.
7. Mudah mendapatkan kredit dari bank dengan jaminan perusahaan.
8. Mudah bergerak di pasar global.

Ciri-ciri Perseroan Terbatas (PT) adalah :

1. Perusahaan didirikan dengan akta notaris berdasarkan kitab undangundang hukum dagang.
2. Pemilik perusahaan adalah pemilik pemegang saham.
3. Biasanya modal ditentukan dalam akta pendirian dan terdiri dari saham– saham.
4. Perusahaan dipimpin oleh direksi yang dipilih oleh para pemegang saham.
5. Pembinaan personalia sepenuhnya diserahkan kepada direksi dengan memperhatikan undang - undang pemburuhan.

#### **4.4.2 Bentuk Organisasi Perusahaan**

Untuk menjalankan segala aktivitas di dalam perusahaan secara efisien dan efektif, diperlukan adanya struktur organisasi. Struktur organisasi merupakan salah satu unsur yang sangat diperlukan dalam suatu perusahaan. Dengan adanya struktur yang baik maka para atasan dan para karyawan dapat memahami posisi masing-masing. Dengan

demikian struktur organisasi suatu perusahaan dapat menggambarkan bagian, posisi, tugas, kedudukan, wewenang dan tanggung jawab dari masing - masing personil dalam perusahaan tersebut.

Untuk mendapatkan suatu sistem organisasi yang terbaik maka perlu diperhatikan beberapa azas yang dapat dijadikan pedoman antara lain:

1. Perumusan tujuan perusahaan dengan jelas
2. Pendelegasian wewenang
3. Pembagian tugas kerja yang jelas
4. Kesatuan perintah dan tanggung jawab
5. Sistem pengontrol atas pekerjaan yang telah dilaksanakan
6. Organisasi perusahaan yang fleksibel

Dengan berpedoman terhadap azas-azas tersebut, maka diperoleh bentuk struktur organisasi yang baik, yaitu : sistem line dan staf. Pada sistem ini, garis kekuasaan sederhana dan praktis. Demikian pula kebaikan dalam pembagian tugas kerja seperti yang terdapat dalam sistem organisasi fungsional, sehingga seorang karyawan hanya bertanggung jawab pada seorang atasan saja. Sedangkan untuk mencapai kelancaran produksi maka perlu dibentuk staf ahli yang terdiri atas orang-orang yang ahli dalam bidangnya. Staf ahli akan memberi bantuan pemikiran dan nasehat pada tingkat pengawas demi tercapainya tujuan perusahaan.

Ada dua kelompok orang-orang yang berpengaruh dalam menjalankan organisasi garis dan staf ini, yaitu :

1. Sebagai garis atau line yaitu orang-orang yang menjalankan tugas pokok organisasi dalam rangka mencapai tujuan.
2. Sebagai staf yaitu orang-orang yang melakukan tugasnya dengan keahlian yang dimilikinya, dalam hal ini berfungsi untuk memberikan saran-saran kepada unit operasional.

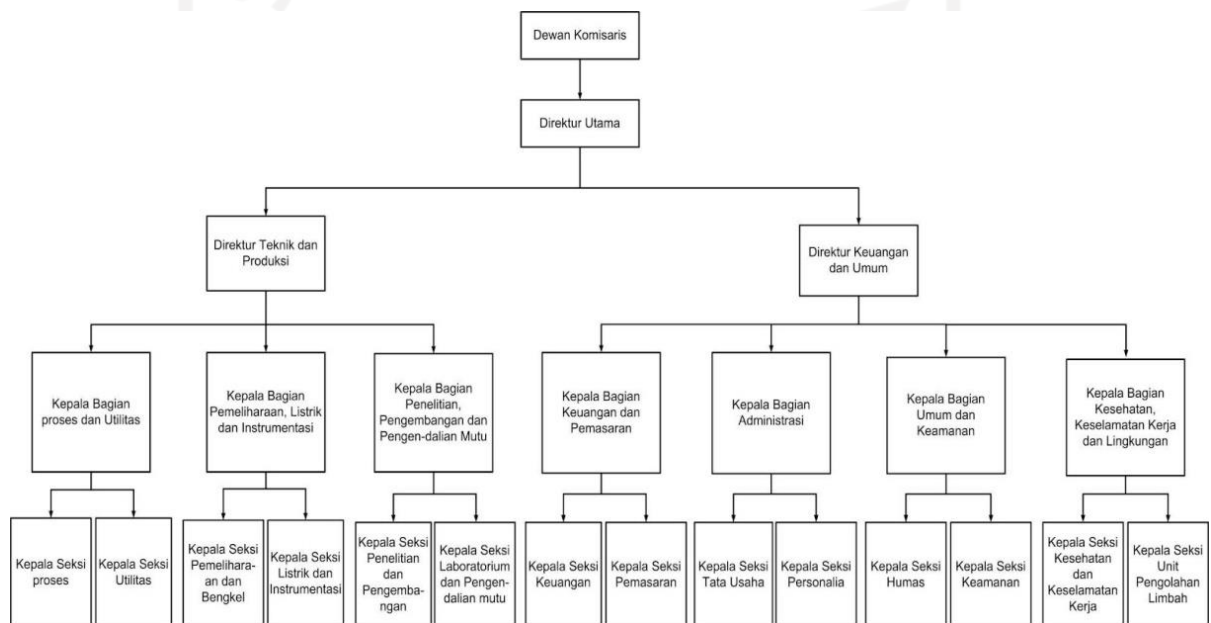
Pemegang saham sebagai pemilik perusahaan, dalam pelaksanaan tugas sehari-harinya diwakili oleh seorang Dewan

Komisaris, sedangkan tugas menjalankan perusahaan dilaksanakan oleh seorang Direktur Utama yang dibantu oleh Direktur Teknik dan Produksi serta Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum. Dimana Direktur Teknik dan Produksi membawahi bidang produksi, pengendalian, utilitas dan pemeliharaan. Sedangkan Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum membawahi bidang pembelian dan pemasaran, administrasi, keuangan dan umum, serta penelitian dan pengembangan. Direktur ini membawahi beberapa kepala bagian yang bertanggung jawab atas bawahannya sebagai bagian dari pendelegasian wewenang dan tanggung jawab. Masingmasing kepala bagian akan membawahi beberapa seksi yang dikepalai oleh kepala seksi dan masing-masing seksi akan membawahi dan mengawasi para karyawan perusahaan pada masing-masing bidangnya. Karyawan perusahaan akan dibagi dalam beberapa kelompok regu yang dipimpin oleh masing-masing kepala regu, dimana kepala regu akan bertanggung jawab kepada pengawas pada masingmasing seksi.

Sedangkan untuk mencapai kelancaran produksi maka perlu dibentuk staf ahli yang terdiri dari orang-orang yang ahli di bidangnya. Staf ahli akan memberikan bantuan pemikiran dan nasehat kepada tingkat pengawas, demi tercapainya tujuan perusahaan. Manfaat adanya struktur organisasi tersebut adalah sebagai berikut :

1. Menjelaskan mengenai pembatasan tugas, tanggung jawab dan wewenang
2. Sebagai bahan orientasi untuk pejabat
3. Penempatan pegawai yang lebih tepat
4. Penyusunan program pengembangan manajemen
5. Mengatur kembali langkah kerja dan prosedur kerja yang berlaku bila terbukti kurang lancer

Berikut Gambar struktur organisasi pabrik *Phosgene* dari karbon monoksida dan klorin dengan kapasitas 56.000 ton/tahun



Gambar 4.5. Struktur Organisasi

#### 4.4.3 Tugas dan Wewenang

##### 1. Pemegang Saham

Pemegang saham adalah beberapa orang yang mengumpulkan modal untuk kepentingan pendirian dan berjalannya operasi perusahaan yang mempunyai bentuk Perseroan Terbatas (PT) adalah Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS). Pada RUPS tersebut para pemegang saham berwenang:

- a. Mengangkat dan memberhentikan Dewan Komisaris.
- b. Mengangkat dan memberhentikan direktur.

- c. Mengesahkan hasil-hasil usaha serta neraca perhitungan untung rugi tahunan dari perusahaan.

## 2. Dewan Komisaris

Dewan Komisaris merupakan pelaksana tugas sehari - hari daripada pemilik saham, sehingga dewan komisaris akan bertanggung jawab terhadap pemilik saham. Tugas-tugas Dewan Komisaris meliputi:

- a. Menilai dan menyetujui rencana direksi tentang kebijaksanaan umum.
- b. Target perusahaan, alokasi sumber-sumber dana dan pengarah pemasaran.
- c. Mengawasi tugas - tugas direktur.
- d. Membantu direktur dalam tugas - tugas penting.

## 3. Dewan Direksi

Direktur Utama merupakan pimpinan tertinggi dalam perusahaan dan bertanggung jawab sepenuhnya terhadap maju mundurnya perusahaan. Direktur Utama bertanggung jawab kepada Dewan Komisaris atas segala tindakan dan kebijaksanaan yang diambil sebagai pimpinan perusahaan. Direktur Utama membawahi Direktur Teknik dan Produksi serta Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum.

Tugas Direktur Utama antara lain:

- a. Tugas kebijakan perusahaan dan mempertanggungjawabkan pekerjaannya pada pemegang saham pada akhir masa jabatannya.
- b. Menjaga stabilitas organisasi perusahaan dan membuat kontinuitas hubungan yang baik antara pemilik saham, pimpinan, konsumen dan karyawan.
- c. Mengangkat dan memberhentikan kepala bagian dengan persetujuan rapat pemegang saham.



- d. Mengkoordinir kerjasama dengan Direktur Teknik dan Produksi serta Administrasi, Keuangan dan Umum.

Tugas Direktur Teknik dan Produksi antara lain:

- a. Bertanggung jawab kepada Direktur Utama dalam bidang produksi dan teknik,
- b. Mengkoordinir, mengatur dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan kepala - kepala bagian yang menjadi bawahannya.

Tugas Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum antara lain:

- a. Bertanggung jawab kepada Direktur Utama dalam bidang administrasi, keuangan dan umum, pembelian dan pemasaran, serta penelitian dan pengembangan.
- b. Mengkoordinir, mengatur dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan kepala - kepala bagian yang menjadi bawahannya.

#### 4. Staff Ahli

Staf ahli terdiri dari tenaga ahli yang bertugas membantu direksi dalam menjalankan tugasnya baik yang berhubungan dengan teknik maupun administrasi. Staf ahli bertanggung jawab kepada Direktur Utama sesuai dengan bidang keahliannya masing-masing.

Tugas dan wewenang:

- a. Memberikan nasehat dan saran dalam perencanaan pengembangan perusahaan.
- b. Memperbaiki proses dari pabrik atau perencanaan alat dan pengembangan produksi.
- c. Mempertinggi efisiensi kerja

#### 5. Kepala Bagian

##### A. Kepala Bagian Produksi

Bertanggung jawab kepada Direktur Teknik dan Produksi dalam bidang mutu dan kelancaran produksi.

Kepala Bagian Produksi membawahi:

1. Seksi Proses

Tugas Seksi Proses meliputi :

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

2. Seksi Pengendalian

Tugas Seksi Pengendalian meliputi: Menangani hal-hal yang dapat mengancam keselamatan pekerja dan mengurangi potensi bahaya yang ada.

3. Seksi Laboratorium

Tugas Seksi Laboratorium meliputi:

- a. Mengawasi dan menganalisa mutu bahan baku dan bahan pembantu,
- b. Mengawasi dan menganalisa produk.
- c. Mengawasi kualitas buangan pabrik.

B. Kepala Bagian Teknik

Tugas Kepala Bagian Teknik antara lain:

1. Bertanggung jawab kepada Direktur Teknik dan Produksi dalam bidang utilitas dan pemeliharaan.
2. Mengkoordinir kepala-kepala seksi yang menjadi bawahannya

Kepala Bagian Teknik membawahi:

1. Seksi Pemeliharaan

Tugas Seksi Pemeliharaan antara lain:

- a. Melaksanakan pemeliharaan fasilitas gedung dan peralatan pabrik.
- b. Memperbaiki kerusakan peralatan pabrik.

2. Seksi Utilitas

Tugas Seksi Utilitas antara lain:

- a. Melaksanakan dan mengatur sarana utilitas memenuhi kebutuhan proses, air, steam, dan tenaga listrik.

C. Kepala Bagian Pembelian dan Pemasaran

Tugas Kepala Bagian Pembelian dan Pemasaran antara lain:

1. Bertanggung jawab kepada Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum dalam bidang pengadaan bahan baku dan pemasaran hasil produksi.
2. Mengkoordinir kepala - kepala seksi yang menjadi bawahannya.

Kepala bagian pembelian dan pemasaran membawahi:

a. Seksi Pembelian

Tugas Seksi Pembelian antara lain: Melaksanakan pembelian barang dan peralatan yang dibutuhkan perusahaan. Mengetahui harga pemasaran dan mutu bahan baku serta mengatur keluar masuknya bahan dan alat dari gudang.

b. Seksi Pemasaran

Tugas Seksi Pemasaran antara lain: Merencanakan strategi penjualan hasil produksi. Mengatur distribusi barang dari gudang.

D. Kepala Bagian Keuangan, Administrasi, dan Umum

Tugas Kepala Bagian Administrasi, Keuangan dan Umum antara lain:

1. Bertanggung jawab kepada Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum dalam bidang administrasi dan keuangan, personalia dan humas, serta keamanan.
2. Mengkoordinir kepala - kepala seksi yang menjadi bawahannya

Kepala bagian administrasi, keuangan dan umum membawahi:

1. Seksi Administrasi dan Keuangan

Tugas Seksi Administrasi dan Keuangan antara lain: Menyelenggarakan pencatatan hutang piutang, administrasi persediaan kantor dan pembukuan serta masalah pajak.

## 2. Seksi Personalia

Tugas Seksi Personalia antara lain: Membina tenaga kerja dan menciptakan suasana kerja yang sebaik mungkin antara pekerja dan pekerjaannya serta lingkungannya supaya tidak terjadi pemborosan waktu dan biaya. Mengusahakan disiplin kerja yang tinggi dalam menciptakan kondisi kerja yang dinamis. Melaksanakan hal-hal yang berhubungan dengan kesejahteraan karyawan.

## 3. Seksi Humas

Tugas Seksi Humas antara lain: Mengatur hubungan antara perusahaan dengan masyarakat di luar lingkungan perusahaan.

## 4. Seksi Keamanan

Tugas Seksi Keamanan antara lain: Menjaga semua bangunan pabrik dan fasilitas yang ada di perusahaan Mengawasi keluar masuknya orang-orang baik karyawan maupun bukan ke dalam lingkungan perusahaan Menjaga dan memelihara kerahasiaan yang berhubungan dengan intern perusahaan.

## E. Kepala Bagian Penelitian dan Pengembangan

Tugas Kepala Bagian Penelitian dan Pengembangan antara lain:

1. Bertanggung jawab kepada Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum dalam bidang penelitian dan pengembangan produksi.
2. Mengkoordinir kepala - kepala seksi yang menjadi bawahannya.

Kepala Bagian Penelitian dan Pengembangan membawahi:

1. Seksi Penelitian
2. Seksi Pengembangan

#### 6. Kepala Seksi

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

#### 7. Status karyawan

Sistem upah karyawan dibuat berbeda-beda tergantung pada status karyawan, kedudukan, tanggung jawab dan keahlian, Menurut status karyawan ini dapat dibagi menjadi 3 golongan, sebagai berikut:

1. Karyawan Tetap

Karyawan yang diangkat dan diberhentikan dengan Surat Keputusan (SK) Direksi dan mendapat gaji bulanan sesuai dengan kedudukan, keahlian dan masa kerja.

2. Karyawan Harian

Karyawan yang diangkat dan diberhentikan tanpa Surat Keputusan Direksi dan mendapat upah harian yang dibayar tiap akhir pekan.

3. Karyawan Borongan

Karyawan yang digunakan oleh pabrik/perusahaan bila diperlukan saja. Karyawan ini menerima upah borongan untuk suatu pekerjaan.

#### 4.4.4 Jam Kerja Karyawan

Pabrik *Phosgene* dari Karbon Monoksida dan Klorin ini akan beroperasi 330 hari selama satu tahun dalam 24 jam per hari. Sisa hari yang

bukan merupakan hari libur digunakan untuk perbaikan, perawatan, dan turn around. Pembagian jam kerja karyawan digolongkan menjadi dua golongan, yaitu:

1. Pegawai non *shift*

Yaitu pegawai yang bekerja selama 8 jam dalam sehari dengan total kerja 40 jam per minggu. Sedangkan hari Sabtu, Minggu, dan hari besar libur. Pegawai non shift termasuk karyawan tidak langsung menangani operasi pabrik yaitu direktur, kepala departemen, kepala divisi, karyawan kantor atau administrasi, dan divisi-divisi dibawah tanggung non teknik atau yang bekerja di pabrik dengan jenis pekerjaan tidak kontinyu. Berikut adalah ketentuan jam kerja pegawai non shift:

Senin – Kamis : 08.00 – 17.00 (istirahat 12.00 – 13.00)

Jumat : 08.00 – 17.00 (istirahat 11.30 – 13.00)

2. Pegawai *shift*

Yaitu pegawai yang bekerja 24 jam per hari yang terbagi dalam 3 *shift*. Karyawan *shift* adalah karyawan yang langsung menangani proses operasi pabrik yaitu kepala *shift*, operator, karyawan-karyawan *shift*, gudang serta keamanan dan keselamatan kerja. Berikut adalah ketentuan jam kerja pegawai *shift*:

*Shift* I (Pagi) : 08.00 – 16.00

*Shift* II (Sore) : 16.00 – 24.00

*Shift* III (Malam) : 24.00 – 08.00

Jadwal kerja terbagi menjadi empat minggu dan empat kelompok. Setiap kelompok kerja mendapatkan libur satu kali dari tiga kali *shift*. Berikut adalah jadwal kerja karyawan *shift*.

Tabel 4.2 Jadwal kerja karyawan shift

Regu	Hari														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

A	II	II	II	-	III	III	III	-	I	I	I	-	II	II	II
B	-	III	III	III	-	I	I	I	-	II	II	II	-	III	III
C	III	-	I	I	I	-	II	II	II	-	III	III	III	-	I
D	I	I	-	II	II	II	-	III	III	III	-	I	I	I	-

Regu	Hari														
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
A	-	II	II	II	-	III	III	III	-	I	I	I	-	II	II
B	II	-	III	III	III	-	I	I	I	-	II	II	II	-	III
C	III	III	-	I	I	I	-	II	II	II	-	III	III	III	-
D	I	I	I	-	II	II	II	-	III	III	III	-	I	I	I

### 3. Kerja Lembur (*Overtime*)

Kerja lembur dapat dilakukan apabila ada keperluan yang mendesak dan atas persetujuan kepala bagian.

#### 4.4.5 Jumlah Karyawan

Berikut merupakan jumlah karyawan yang bekerja di Pabrik *Phosgene*

Tabel 4.3 Jumlah karyawan

No.	Jabatan	Jumlah
1	Komisaris	1
2	Direktur Utama	1
3	Direktur	2
4	Ketua Divisi	7
5	Kepala Seksi	16

6	Sekretaris Manager	1
<b>Karyawan Shift</b>		
7	Proses	
	Ketua Regu <i>shift</i>	2
	anggota <i>shift</i>	8
8	Utilitas	
	Ketua Regu <i>shift</i>	2
	Anggota <i>shift</i>	8
9	Keamanan	
	Ketua Regu <i>shift</i>	2
	Anggota <i>shift</i>	8
10	Instrument	
	Ketua Regu <i>shift</i>	2
	anggota <i>shift</i>	4
11	<i>Quality Control</i>	5
12	K3	5
13	Gudang	2
<b>Karyawan Non Shift</b>		
14	Litbang	5
15	Pemeliharaan	4
16	Pemasaran	3
17	Satpam	4
18	Keuangan	5
19	Humas	4
20	Administrasi	5
21	Petugas Kebersihan	10
22	Dokter	2
23	Perawat	3
24	Supir	6



<b>Total</b>	123
--------------	-----

Suatu pabrik yang telah didirikan harus terdapat aturan penggolongan jabatan, karena hal ini akan berkaitan dengan keberlangsungan pabrik untuk bersaing di pasaran. Berikut merupakan rincian penggolongan jabatan:

Tabel 4.4 Rincian Penggolongan Jabatan

No.	Jabatan	Pendidikan
1	Direktur Utama	S-2
2	Direktur	S-2
3	Kepala Bagian	S-1
4	Kepala Seksi	S-1
5	Sekretaris	S-1
6	Dokter	S-1
7	Perawat	D-3 / D-4 / S-1
8	Karyawan dan Operator	D-3 / S-1
9	Sopir	SMA
10	<i>Cleaning Service</i>	SMA

#### 4.4.6 Gaji Karyawan

##### a. Sistem Gaji Karyawan

Sistem pembagian gaji pada perusahaan terbagi menjadi 3 jenis yaitu:

1. Gaji Bulanan.

Merupakan gaji yang diberikan kepada pegawai tetap dengan jumlah sesuai peraturan perusahaan.

2. Gaji Harian

Merupakan gaji yang diberikan kepada karyawan yang tidak tetap atau buruh harian.

3. Gaji Lembur

Merupakan gaji yang diberikan kepada karyawan yang bekerja melebihi jam kerja pokok.

Berikut merupakan rincian gaji karyawan sesuai dengan jabatan.

Tabel 4.5. Rincian Gaji Karyawan

No.	Jabatan	Jumlah	Gaji/Bulan (Rp)	Jumlah (Rp)
1	Komisaris	1	50,000,000	50,000,000
2	Direktur Utama	1	40,000,000	40,000,000
3	Direktur	2	30,000,000	60,000,000
4	Ketua Divisi	7	12,000,000	84,000,000
5	Kepala Seksi	16	8,000,000	128,000,000
6	Sekretaris Manager	1	5,000,000	5,000,000
<b>Karyawan Shift</b>				
7	Proses			
	Ketua Regu <i>shift</i>	2	8,000,000	16,000,000
	anggota <i>shift</i>	8	7,500,000	60,000,000
8	Utilitas			
	Ketua Regu <i>shift</i>	2	8,000,000	16,000,000
	anggota <i>shift</i>	8	7,500,000	60,000,000
9	Keamanan			
	Ketua Regu <i>shift</i>	2	8,000,000	16,000,000
	Anggota <i>shift</i>	8	7,500,000	60,000,000
10	Instrument			
	Ketua Regu <i>shift</i>	2	10,000,000	20,000,000

	Anggota <i>shift</i>	4	9,000,000	36,000,000
11	<i>Quality Control</i>	5	9,000,000	45,000,000
12	K3	5	8,000,000	40,000,000
13	Gudang	2	8,000,000	16,000,000
<b>Karyawan Non Shift</b>				
14	Litbang	5	10,000,000	50,000,000
15	Pemeliharaan	4	8,000,000	32,000,000
16	Pemasaran	3	10,000,000	30,000,000
17	Keuangan	5	8,000,000	40,000,000
18	Humas	4	10,000,000	40,000,000
19	Administrasi	5	7,000,000	35,000,000
20	Petugas Kebersihan	10	3,000,000	30,000,000
21	Dokter	2	10,000,000	20,000,000
22	Perawat	3	6,000,000	18,000,000
23	Supir	6	4,500,000	27,000,000
<b>Total</b>		123		1,074,000,000

#### 4.4.7 Kesejahteraan Karyawan

Kesejahteraan sosial yang diberikan oleh perusahaan pada karyawan antara lain berupa tunjangan, cuti, seragam kerja, BPJS kesehatan dan ketenagakerjaan.

##### 1. Tunjangan

Tunjangan yang diberikan kepada karyawan berupa tunjangan yang berupa gaji pokok yang diberikan berdasarkan golongan karyawan yang bersangkutan, tunjangan jabatan yang diberikan berdasarkan jabatan yang dipegang oleh karyawan, dan tunjangan lembur yang diberikan kepada karyawan yang bekerja di luar jam kerja berdasarkan jumlah jam kerja.

##### 2. Cuti

Ketentuan cuti perusahaan adalah sebagai berikut:

- Cuti tahunan diberikan kepada setiap karyawan selama 12 hari kerja dalam satu (1) tahun.
- Cuti sakit diberikan kepada setiap karyawan yang menderita sakit berdasarkan keterangan dokter.

### 3. Seragam Kerja

Pakaian kerja diberikan kepada setiap karyawan sejumlah 3 pasang untuk setiap tahunnya, dengan peraturan pemakaian 3 hari (senin, selasa, rabu) menggunakan seragam kerja dan hari selebihnya dapat menggunakan baju batik pribadi.

### 4. BPJS Kesehatan

Berdasarkan UU No. 40 Tahun 2004 tentang Sistem Jaminan Sosial Nasional dan UU No.24 Tahun 2011 BPJS Kesehatan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 5 ayat (2) huruf a menyelenggarakan program jaminan kesehatan. Jaminan kesehatan yang diberikan oleh perusahaan yaitu:

- a. Biaya pengobatan bagi karyawan yang menderita sakit yang diakibatkan oleh kecelakaan kerja ditanggung perusahaan sesuai dengan undang-undang yang berlaku.
- b. Biaya pengobatan bagi karyawan yang menderita sakit yang tidak diakibatkan oleh kecelakaan kerja diatur berdasarkan kebijaksanaan perusahaan.

### 5. BPJS Ketenagakerjaan

Berdasarkan UU No.40 Tahun 2004 tentang Sistem Jaminan Sosial Nasional dan UU No.24 Tahun 2011 tentang Badan Penyelenggara Jaminan Sosial, BPJS Ketenagakerjaan menyelenggarakan 4 program yakni Program Jaminan Kecelakaan Kerja (JKK), Jaminan Hari Tua (JHT), Jaminan Pensiun (JP), dan Jaminan Kematian (JK). Sementara Program Jaminan Kesehatan diselenggarakan oleh BPJS Kesehatan. Berdasarkan UU tersebut, pemberi kerja (perusahaan) wajib mendaftarkan seluruh pekerjanya menjadi peserta BPJS

Ketenagakerjaan secara bertahap menurut ketentuan perundangundangan.



## **BAB V**

### **UTILITAS**

#### **5.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air**

##### **5.1.1. Unit Penyediaan Air**

Unit penyedia dan pengolahan air ini dikenal dengan *Units Water Treatment System*. Unit ini bertugas menyediakan dan mengolah air bersih yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan air dalam pabrik. Untuk memenuhi kebutuhan air pada suatu pabrik, air yang digunakan pada umumnya menggunakan air sumur, air sungai, air danau, dan air laut. Kebutuhan air pada pabrik Aseton ini direncanakan akan dipenuhi oleh sumber air sungai yaitu Sungai Mahakam yang terletak tidak jauh dari lokasi pendirian pabrik.

Air yang akan digunakan untuk memenuhi kebutuhan operasional pada prarancangan pabrik Aseton masih mengandung pasir, mineral, ion-ion, dan kotoran yang harus diolah terlebih dahulu sebelum digunakan. Pengolahan air ini bertujuan untuk menjaga alat-alat proses agar tidak cepat rusak serta menjaga adanya kontaminan yang akan menyebabkan reaksi antara reaktan-reaktan yang terdapat dalam proses. Selain itu, pengolahan air dilakukan untuk menghindari fouling yang terjadi pada alat-alat penukar panas. Proses pengolahan air sungai dapat dilakukan secara fisis dan kimia.

Adapun pertimbangan menggunakan air sungai sebagai sumber untuk mendapatkan air adalah sebagai berikut:

- a. Air sungai relatif lebih mudah pengolahannya, sederhana, dan biayanya lebih murah.
- b. Air sungai merupakan sumber air yang kontinuitasnya tinggi sehingga persediaan air dapat tercukupi.
- c. Jumlah persediaan air sungai lebih banyak dibandingkan dengan air sumur.
- d. Letak sungai berada didekat lokasi pabrik.

Air yang diperlukan di lingkungan pabrik digunakan untuk:

1. Air pendingin

Air pendingin yang digunakan harus memenuhi beberapa syarat sebagai berikut:

- a. Tidak boleh mengandung besi, karena dapat menyebabkan korosi.
- b. Tidak boleh mengandung silika, karena dapat menyebabkan kerak.
- c. Tidak boleh mengandung oksigen terlarut, karena dapat menyebabkan korosi.
- d. Tidak boleh mengandung minyak, karena dapat menyebabkan gangguan pada film *corrosion inhibitor*, penurunan *heat exchanger coefficient* dan menimbulkan endapan karena minyak dapat menjadi makanan bagi mikroba.

2. Air Umpan Steam

Uap atau steam dalam pabrik digunakan sebagai media pemanas. Air umpan steam disediakan dengan *excess* 20%. *Excess* merupakan pengganti steam yang hilang karena kebocoran transmisi 10% serta faktor keamanan sebesar 20%. Air yang digunakan untuk boiler harus memenuhi persyaratan agar air tidak merusak boiler. Terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pengolahan air umpan boiler, diantaranya:

- a. Zat-zat yang dapat menyebabkan korosi. Korosi yang terjadi dalam boiler disebabkan karena air mengandung larutanlarutan asam, gas-gas terlarut seperti  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ , dan  $\text{NH}_3$ .  $\text{O}_2$  masuk karena aerasi maupun kontak dengan udara luar.
- b. Zat-zat yang dapat menyebabkan kerak pembentukan kerak disebabkan adanya kesadahan dan suhu tinggi, yang biasanya berupa garam-garam karbonat dan silika. Adanya kerak akan

mengakibatkan turunnya efisiensi operasi bahkan bisa mengakibatkan boiler tidak beroperasi sama sekali.

- c. Zat-zat yang dapat menyebabkan foaming air yang diambil kembali dari proses pemanasan bisa menyebabkan foaming pada boiler karena adanya zat-zat organik yang tak larut dalam jumlah besar. Efek pembusaan biasanya terjadi pada alkalinitas tinggi.

### 3. Air Sanitasi

Air sanitasi adalah air yang akan digunakan untuk keperluan sanitasi. Air sanitasi digunakan untuk keperluan perumahan, perkantoran, laboratorium, masjid dan lainnya. Air sanitasi harus memenuhi kualitas tertentu, yaitu:

- a. Syarat Fisika, meliputi:
  - 1. Suhu: di bawah suhu udara.
  - 2. Warna: jernih.
  - 3. Rasa: tidak berasa.
  - 4. Bau: tidak berbau.
- b. Syarat Kimia, meliputi:
  - 1. pH netral (6,5 – 7,5).
  - 2. Tidak mengandung zat organik dan anorganik yang terlarut dalam air.
  - 3. Tidak mengandung logam berat yang berbahaya seperti air raksa (Hg) dan timbal (Pb).
- c. Syarat Bakteriologis, meliputi:
  - 1. Tidak mengandung bakteri-bakteri, terutama bakteri patogen.

Tidak mengandung mikroba penghasil toksin.

#### 5.1.2. Unit Pengolahan Air

Air yang berasal dari Sungai Mahakam akan diolah di unit pengolahan air dengan tahapan pengolahan sebagai berikut:



### 1. *Screening*

Air akan dilakukan penyaringan terlebih dahulu agar kandungan padatan seperti sampah, daun, plastik dan lainnya yang terbawa oleh air dapat terpisah.

### 2. Sedimentasi

Air yang telah melalui proses penyaringan kemudian air dihilangkan kembali kotoran dan lumpur yang terbawa dari air sungai dengan proses pengendapan.

### 3. Flokulator

Setelah proses pengendapan, air diendapkan kembali kotorannya yang berupa dispersi koloid (suatu zat terlarut atau fase terdispersi sebagai partikel yang sangat halus pada substansi lain atau medium pendispersi) dalam air dengan menginjeksikan koagulan untuk menggumpalkan kotoran tersebut dimana koagulan yang digunakan adalah  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18 \text{H}_2\text{O}$  atau tawas.

### 4. *Clarifier*

Kemudian air keluaran flokulator yaitu air baku dimasukkan ke dalam bak pengendap yaitu *clarifier* untuk menghilangkan flok yang terbawa dari air sungai dengan proses flokulasi. Dimana air bersih akan keluar dari pinggir *clarifier* secara *overflow*, sedangkan *sludge* (flok) yang terbentuk akan mengendap secara gravitasi dan akan di *blowdown* secara berkala dalam waktu yang telah ditentukan. Air baku yang sebelum masuk *clarifier* memiliki nilai *turbidity* tinggi dan diharapkan akan menjadi turun setelah keluar dari *clarifier*.

### 5. Penyaringan

Air keluaran dari *clarifier* kemudian dialirkan menuju *sand filter* yang berperan untuk memisahkan partikel-partikel padat yang masih lolos atau terbawa oleh air dari *clarifier*. Air yang keluar dari *sand filter* kemudian akan dialirkan ke dalam tangki penampungan (*filter water reservoir*).

## 6. Penampung

Sementara Air bersih yang sudah ditampung di tangki penampungan, kemudian didistribusikan menuju tangki klorinasi, tangki air servis, bak air pendingin, dan tangki *cation* dan *anion exchanger*.

## 7. Proses Klorinasi

Air dari bak penampung dicampur dengan klorin dalam bentuk kaporit yang bertujuan untuk menghilangkan jamur, bakteri, dan mikroorganisme. Air yang dihasilkan kemudian ditampung di tangki air bersih yang nantinya akan didistribusikan untuk kebutuhan air domestik.

## 8. Tangki Air Servis

Air dari tangki air servis ditampung pada tangki air bertekanan dimana berfungsi untuk menyimpan air bertekanan sementara yang dilengkapi dengan membran untuk memisahkan air dan udara. Tangki air bertekanan pada prinsipnya berguna untuk menstabilkan tekanan air pada kran. Air bertekanan ini dapat digunakan untuk kebutuhan air servis.

## 9. Bak Air Pendingin

Air dari bak penampung sementara ditampung pada bak air pendingin untuk selanjutnya diproses dalam *cooling tower* yang nantinya akan digunakan sebagai air pendingin.

## 10. *Cooling Tower*

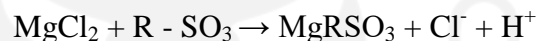
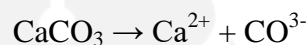
Air dari bak air pendingin dialirkan menuju *cooling tower* untuk mendinginkan air dari proses melalui kontak langsung dengan udara yang mengakibatkan sebagian kecil air menguap dan air dapat digunakan kembali ke proses menjadi air pendingin. Air pembuangan dari *cooling tower* atau *blowdown* dikeluarkan dari *cooling tower* untuk menjaga konsentrasi partikel yang ada didalamnya.

## 11. Proses Demineralisasi

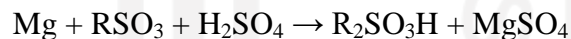
Proses demineralisasi ini bertujuan untuk menyiapkan air murni bebas mineral-mineral terlarut seperti  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^{2+}$ , sehingga didapatkan air bermutu tinggi dan memenuhi persyaratan sebagai air umpan boiler. Peralatan-peralatan yang digunakan untuk pembuatan *Demin Water* ini adalah:

a. *Cation Exchanger*

Di dalam *cation exchanger* berisi resin pengganti kation dimana pengganti kation-kation yang terkandung didalam air akan diganti dengan ion  $\text{H}^+$  sehingga air yang keluar dari *cation exchanger* akan mengandung anion dan ion  $\text{H}^+$ . Reaksi yang terjadi adalah:

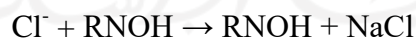
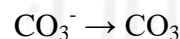


Setelah dalam jangka waktu tertentu, kation resin akan jenuh sehingga diperlukan regenerasi kembali dengan  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Reaksi yang terjadi adalah:

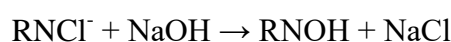


b. *Anion Exchanger*

Proses ini memiliki fungsi untuk mengikat ion-ion negatif (anion) yang terlarut di dalam air, dengan resin yang bersifat basa, maka anion-anion seperti  $\text{CO}_3^{2-}$  dan  $\text{SO}_4^{2-}$  akan membantu garam resin tersebut. Reaksi yang terjadi adalah:



Dalam waktu tertentu, anion resin ini akan jenuh, sehingga perlu diregenerasikan kembali dengan larutan  $\text{NaOH}$ . Reaksi yang terjadi adalah:

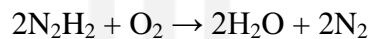


## 12. *Mixed Bed Unit*

*Mixed Bed* adalah tempat pembersihan air yang terakhir yang akan dipakai untuk mengisi boiler bertekanan tinggi dimana resin anion dan resin kation digabungkan dalam satu *vessel*. Kation akan terambil oleh resin kation dan anion terambil oleh resin anion. Apabila *mixed bed* sudah jenuh, maka dilakukan regenerasi, sehingga kondisi resin dapat berfungsi kembali seperti semula.

### 13. Dearasi

Tujuan dari unit ini adalah menghilangkan gas-gas terlarut terutama O<sub>2</sub> dan CO<sub>2</sub> yang masih terikat dalam *feed water* yang telah didemineralisasi. Gas-gas tersebut dihilangkan agar tidak menyebabkan korosi pada alat proses. Air yang sudah mengalami proses demineralisasi (*polish water*) akan dipompakan ke dalam deaerator dan diinjeksikan larutan hidrazin (N<sub>2</sub>H<sub>4</sub>) untuk mengikat oksigen yang masih terkandung dalam air. Dengan hilangnya kandungan air di dalam air umpan boiler maka dapat mencegah timbulnya kerak (*scale*) pada bagian *tube boiler*. Reaksi yang terjadi adalah :



Air yang keluar dari deaerator akan dialirkan menggunakan pompa sebagai air umpan boiler (*boiler feed water*).

## 5.2 Unit Kebutuhan Air

### 5.2.1. Kebutuhan Air Pendingin

Tabel 5.1. Kebutuhan Air Pendingin

Alat	Kode	Kebutuhan (Kg/Jam)
Condensor-01	CD-01	44155,6789
Reaktor-01	R-01	43290,3922

- a. Total kebutuhan air pendingin : 87.446,0710 Kg/Jam
- b. Perancangan dibuat *over design* 20 % : 104.935,2853 Kg/Jam

- c. Jumlah air yang menguap (We) : 1.783,8998 Kg/Jam
- d. *Drift Loss* (Wd) : 20,9871 Kg/Jam
- e. *Blowdown* (Wb) : 573,6462 Kg/Jam
- f. *Make up Water* (Wm) : 2.378,5331 Kg/Jam
- g. Perancangan Wm dibuat *over design* 20% : 2.854,2398 Kg/Jam

### 5.2.2. Kebutuhan Air Pembangkit *Steam*

Tabel 5.2. Kebutuhan Air Pembangkit *Steam*

Alat	Kode	Kebutuhan (Kg/Jam)
<i>Heater-01</i>	H-01	30.9279
<i>Heater-02</i>	H-02	81.6752
<i>Heater-03</i>	H-03	15.4690

- a. Total kebutuhan air untuk *steam* : 128,0722 Kg/Jam
- b. Perancangan dibuat *over design* 20 % : 153,6866 Kg/Jam
- c. *Blowdown* (Wb) : 23,0530 Kg/Jam
- d. Jumlah air yang menguap (We) : 7,6843 Kg/Jam
- e. *Make up Water* (Wm) : 30,7373 Kg/Jam
- f. Perancangan Wm dibuat *over design* 20% : 36.8848 Kg/Jam

### 5.2.3. Kebutuhan Air Domestik

Kebutuhan air domestik meliputi kebutuhan air untuk karyawan/kantor dan kebutuhan air untuk tempat tinggal.

#### a. Kebutuhan Air Karyawan

Menurut standar WHO, kebutuhan air untuk 1 orang adalah 100-120 liter/hari, sehingga:

- Jumlah Karyawan : 123 karyawan
- Perkiraan Kebutuhan air tiap orang : 100 liter/hari
- Kebutuhan air tiap karyawan : 4,0729 Kg/Jam

Kebutuhan air semua karyawan : 500.9712 Kg/Jam  
: 12.023,3078 Kg/Hari

b. Kebutuhan air untuk tempat tinggal

Jumlah Mess : 30 Kamar  
Perkiraan Penguhuni Mess : 50 Orang  
Kebutuhan air tiap orang : 100 liter/hari  
Kebutuhan air untuk mess : 6250 Kg/Jam  
: 814587,2474 Kg/Hari

**5.2.4. Kebutuhan Air Untuk Air Servis**

Kebutuhan *service water* diperkirakan sekitar 500 kg/jam. Perkiraan kebutuhan air ini nantinya akan digunakan untuk bengkel, laboratorium, pemadam kebakaran, kantin, dan lain –lain. Sehingga total kebutuhan air adalah sebesar 123.862,2796 Kg/Jam dapat dilihat pada Tabel berikut:

Tabel 5.3. Kebutuhan Air untuk Air Servis

No.	Keperluan	Kebutuhan (Kg/Jam)
1	<i>Domestik Water</i>	18.273,3078
2	<i>Service Water</i>	500
3	<i>Cooling Water</i>	104.935,2853
4	<i>Steam Water</i>	153,6866
Total		123.862,2796

**5.3 Unit Penyedia dan Pengolahan Air**

Unit ini bertujuan untuk mencukupi kebutuhan *steam* pada proses produksi, dengan menyediakan ketel uap (boiler). Jumlah *steam* yang

dibutuhkan adalah 128,0722 Kg/Jam. Maka, total kebutuhan *steam* setelah *over design* 20% sebagai faktor keamanan alat adalah 153,6866 kg/jam.

Boiler dilengkapi dengan sebuah unit *economizer safety valve* sistem dan pengaman-pengaman yang bekerja secara otomatis. Air yang berasal dari unit pengolahan air yang akan digunakan sebagai umpan boiler terlebih dahulu diatur kadar silika, O<sub>2</sub>, Ca dan Mg yang masih terkandung dalam air umpan. Serta pengaturan pH sekitar 10-11 dikarenakan apabila pH yang terlalu tinggi nilai korosifitasnya akan tinggi.

Air sebelum masuk ke dalam boiler, terlebih dahulu dimasukkan ke dalam *economizer*, yaitu alat penukar panas yang memanfaatkan panas dari gas sisa pembakaran minyak residu yang keluar dari boiler. Di dalam alat ini air dinaikkan temperaturnya hingga 300°C, kemudian diumpankan ke boiler. Api yang keluar dari alat pembakaran (*burner*) memiliki tugas untuk memanaskan lorong api dan pipa-pipa api. Gas sisa pembakaran akan masuk ke *economizer* sebelum dibuang melalui cerobong asap, sehingga air yang berada di dalam boiler menyerap panas dari dinding-dinding dan pipa api maka air akan menjadi mendidih. Uap air yang terkumpul kemudian dialirkan ke steam header untuk didistribusikan ke area-area proses.

#### **5.4 Unit Penyediaan Bahan Bakar**

Unit penyedia bahan bakar berfungsi untuk menyediakan bahan bakar yang diperlukan untuk proses pembakaran pada boiler. Bahan bakar yang digunakan untuk boiler dan generator yaitu solar. Solar memiliki *heating value* sebesar 1976 BTU/lb dengan efisiensi pembakaran 80%. Bahan bakar yang dibutuhkan sebesar 23,7616 lb/jam.

#### **5.5 Unit Pembangkit Listrik**

Unit pembangkit listrik berfungsi untuk menyediakan kebutuhan listrik pabrik yang meliputi peralatan proses, peralatan utilitas, dan kebutuhan perkantoran. Adapun rincian dari kebutuhan listrik adalah sebagai berikut:

- a. Kebutuhan Listrik Proses

Beberapa peralatan proses menggunakan tenaga listrik sebagai penggerak motor. Daya yang dibutuhkan masing-masing alat dapat dilihat pada Tabel 5.4 sebagai berikut

Tabel 5.4. Unit Pembangkit Listrik Proses

Alat	Kode	Daya	
		Hp	Watt
Kompressor	K-01	5,48	4086,350149
Kompressor	K-02	2,43	1815,758669
Pompa	P-01	0,5323	396,9385782
Total		8,45	6299,047396

b. Kebutuhan Listrik Utilitas

Sama halnya dengan peralatan proses, peralatan utilitas juga terdapat sejumlah daya yang dibutuhkan. Kebutuhan tersebut dapat dilihat pada Tabel sebagai berikut.



Tabel 5.5. Kebutuhan Listrik Utilitas

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
<i>Cooling Tower</i>	CT-01	5.00	3728.5000
Kompresor Udara Tekan	KU-01	3.00	2237.1000
Blower	BL-01	30.00	22371.0000
Pompa-01	PU-01	5.00	3728.5000
Pompa-02	PU-02	15.00	11185.5000
Pompa-03	PU-03	10.00	7457.0000
Pompa-04	PU-04	0.05	37.2850
Pompa-05	PU-05	10.00	7457.0000
Pompa-06	PU-06	3.00	2237.1000
Pompa-07	PU-07	5.00	3728.5000
Pompa-08	PU-08	10.00	7457.0000
Pompa-09	PU-09	0.05	37.2850
Pompa-10	PU-10	3.00	2237.1000
Pompa-11	PU-11	0.33	248.5667
Pompa-12	PU-12	0.05	37.2850
Pompa-13	PU-13	2.00	1491.4000
Pompa-14	PU-14	10.00	7457.0000
Pompa-15	PU-15	0.05	37.2850
Pompa-16	PU-16	0.05	37.2850
Pompa-17	PU-17	0.05	37.2850
Pompa-18	PU-18	0.05	37.2850
Pompa-19	PU-19	0.05	37.2850
Pompa-20	PU-20	0.05	37.2850
Total		121.78	90813.8317

c. Kebutuhan Lain – lain

Kebutuhan listrik lain seperti alat-alat kontrol, penerangan, peralatan kantor, bengkel, laboratorium, dan perumahan adalah 97,9790 Kw. Jadi total kebutuhan listrik adalah 195,0919 kW. Energi utama diperoleh dari listrik PLN dengan kekuatan 2500 kW.

### 5.6 Unit Penyedia Udara Tekan

Udara tekan digunakan sebagai penggerak alat-alat kontrol dan bekerja secara *pneumatic*. Jumlah udara tekan yang dibutuhkan diperkirakan 24,2986 *m<sup>3</sup>/jam* pada tekanan 5,5 atm. Alat pengadaan udara tekan menggunakan compressor yang dilengkapi dengan *dryer* yang berisi silica gel untuk menyerap kandungan air sampai maksimal 84 ppm.

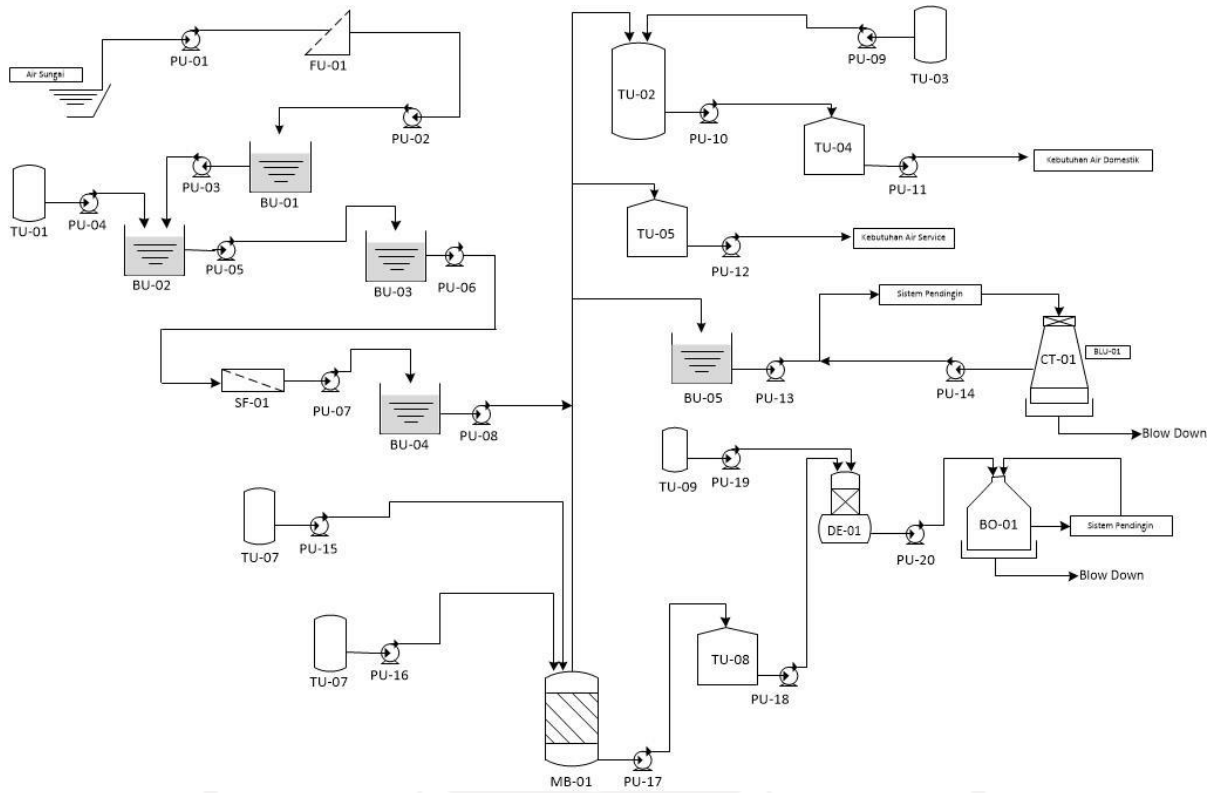
### 5.7 Unit Pengolahan Limbah

Unit Pengolahan Limbah yang dihasilkan dari pabrik *Phosgene* dapat diklasifikasikan menjadi dua :

1. Bahan buangan cairan Buangan cairan dapat berupa :
  - a. Air buangan yang mengandung zat organik.
  - b. Buangan air domestik.
  - c. *Back washfilter*, air berminyak dari pompa
  - d. *Blow down cooling water* Air buangan domestik berasal dari toilet di sekitar pabrik dan perkantoran.

Air tersebut dikumpulkan dan diolah dalam unit stabilisasi dengan menggunakan lumpur aktif, aerasi dan injeksi gas klorin.

1. Bahan buangan padat berupa lumpur dari proses pengolahan air dan gas *slagg* dari Membran-01. Untuk menghindari pencemaran dari bahan buangan padat maka dilakukan penanganan terhadap bahan buangan tersebut dengan cara membuat unit pembuangan limbah yang aman bagi lingkungan sekitar.



Gambar 5.1. Diagram Alir Utilitas



## 5.8 Spesifikasi Alat-Alat Utilitas

### a. Saringan / screening (FU-01)

Fungsi : Menyaring kotoran yang berukuran besar, seperti : daun, ranting, dan sampah lainnya.

Bahan : Aluminium

Jumlah air : 160.074,0903 kg/jam

Spesifikasi : (*brown, 1961*)

- Ukuran lubang saringan yang digunakan berdiameter 1 cm.
- Ukuran saringan digunakan panjang 10 ft lebar 8 ft.

### b. Bak penampung Awal (BU-01) / Sedimentasi

Fungsi : Mengendapkan kotoran yang terbawa dari air sungai

Tipe : Berbentuk bak persegi yang diperkuat beton bertulang

Jumlah Air : 152.070,38 kg/jam

Dimensi bak :

- Panjang = 14,29 m
- Lebar = 14,29 m
- Tinggi = 7,15 m

### c. Bak Floktuator / Bak Penggumpal (BU-02)

Fungsi : Menambahkan koagulan untuk mengikat kotoran dan menggumpalkan kotoran

Jumlah Air : 160.074,09 kg/jam

Dimensi bak :

- Panjang = 6,04 m
- Lebar = 6,04 m

Pengaduk :

- Jenis = *Marine Propeller 3 blade (brown, hal 507)*
- Diameter = 2,0148 m
- Power = 2 Hp

### d. Tangki Larutan Alum (TU-01)

Fungsi : Menyiapkan dan menyimpan larutan alum 5%

Jumlah air : 0,62 kg/jam

Dimensi bak :

- Diameter = 1,26 m
- Tinggi = 2,25 m

e. Bak Pengendap / Clarifier (BU-03)

Fungsi : Mengendapkan endapan yang berbentuk flok yang terbawa dari air sungai dengan proses flokulasi (menghilangkan flokulasi)

Tipe : Berbentuk bak persegi yang diperkuat beton bertulang

Jumlah air : 144.467 kg/jam

Dimensi bak :

- Panjang = 11,15 m
- Lebar = 11,15 m
- Tinggi = 5,57 m

f. Sand Filter (SF-01)

Fungsi : Menyaring partikel-partikel

Jumlah air : 123.862,27 kg / jam

Dimensi bak :

- Panjang : 3,21 m
- Lebar : 3,21 m
- Tinggi : 1,60 m

g. Bak Penampungan Sementara (BU-05)

Fungsi : Menampung sementara raw water setelah disaring dari *sand filter*

Jumlah air : 123.862,27 kg/jam

Dimensi bak :

- Panjang = 6,67 m
- Lebar = 6,67 m
- Tinggi = 3,33 m

h. Tangki Klorinasi (TU-02)

Fungsi : Mencampur klorin dalam bentuk kaporit ke dalam air untuk kebutuhan rumah tangga.

Jumlah air : 18273,30 kg/jam

Dimensi air :

- Diameter = 3,03 m

- Tinggi = 3,03 m

i. Tangka Air Bersih (TU-04)

Fungsi : Menampung air untuk keperluan kantor dan rumah tangga.

Tipe : Tangki silinder tegak.

Jumlah air : 18273,30 kg/jam

Dimensi bak :

- Diameter = 8,75 m

- Tinggi = 8,75 m

j. Tangka Service Water (TU-05)

Fungsi : Menampung air bertekanan untuk keperluan layanan umum.

Tipe : Tangki silinder tegak

Jumlah air : 500 kg/jam

Dimensi bak :

- Diameter = 2,63 m

- Tinggi = 2,63 m

k. Bak Air Pendingin (BU-06)

Fungsi : Menampung kebutuhan air pendingin

Tipe : Bak persegi panjang

Jumlah air : 104935,28 kg/jam

Dimensi bak :

- Panjang = 6,80 m

- Lebar = 13,60 m

- Tinggi = 13,60 m

l. *Cooling Tower* (CT-01)

Fungsi : Mendinginkan air pendingin setelah digunakan

Jumlah air : 104.935,28 kg/jam

Dimensi bak :

- Panjang = 4,97 m
- Lebar = 4,97 m
- Tinggi = 2,04 m

m. Blower Cooling Tower (BL-01)

Fungsi : Menghisap udara sekeliling untuk dikontakkan dengan air yang akan didinginkan.

Daya Motor : 30

n. Mixes Bed (MB-01)

Fungsi : Menghilangkan kesadahan air yang disebabkan oleh kation seperti Ca dan Mg, serta anion seperti Cl, SO<sub>4</sub>, dan NO<sub>3</sub>.

Jumlah air : 153,68 kg/jam

Dimensi bak :

- Diameter = 0,14 m
- Tinggi = 1,67 m
- Tebal = 0,18 in

o. Tangki NaOH (TU-07)

Fungsi : Menampung larutan NaOH yang digunakan untuk meregenerasikan *Anion Exchanger*.

Tipe : Tangki Silinder

Jumlah NaOH : 12,3 kg

Dimensi bak :

- Diameter = 0,61 m
- Tinggi = 0,61 m

p. Tangka NaCl (TU-06)

Fungsi : Menampung larutan NaCl *Cation Exchanger*.

Tipe : Tangki Silinder

Jumlah NaCl : 12,3 kg

Dimensi bak :

- Diameter = 0,48 m

- Tinggi = 0,48 m
- q. Tangki Demin (TU-08)
- Fungsi : Menampung air bebas mineral Sebagian air proses dan air umpan boiler
- Tipe : Tangki silinder tegak
- Jumlah air : 153,68 kg/jam
- Dimensi bak :
- Diameter = 0,97 m
  - Tinggi = 1,95 m
- r. *Daerator* (DE-01)
- Fungsi : Menghilangkan gas CO<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub> yang terikat dalam *feed water* yang menyebabkan kerak pada *reboiler*
- Tipe : Tangki silinder tegak
- Jumlah air : 153,68 kg/jam
- Dimensi bak :
- Diameter = 0,61 m
  - Tinggi = 0,61 m
- s. Tangki N<sub>2</sub>H<sub>4</sub> (TU-10)
- Fungsi : Menyimpan larutan N<sub>2</sub>H<sub>4</sub>
- Tipe : Silinder tegak
- Jumlah air : 307,37 kg/jam
- Dimensi :
- Diameter = 0,78 m
  - Tinggi = 1,56 m
- t. Boiler (BO-01)
- Fungsi : Membuat *saturated steam*
- Tipe : *Water tube*
- Dimensi bak :
- Diameter = 1,30 m
  - Tinggi = 2,58 m



## **BAB VI**

### **ANALISA EKONOMI**

Dalam pra rancangan pabrik diperlukan analisa ekonomi untuk mendapatkan perkiraan (estimation) tentang kelayakan investasi modal dalam suatu kegiatan produksi suatu pabrik, dengan meninjau kebutuhan modal investasi, besarnya laba yang diperoleh, lamanya modal investasi dapat dikembalikan dan terjadinya titik impas dimana total biaya produksi sama dengan keuntungan yang diperoleh. Selain itu analisa ekonomi dimaksudkan untuk mengetahui apakah pabrik yang akan didirikan dapat menguntungkan dan layak atau tidak untuk didirikan. Dalam evaluasi ekonomi ini faktor - faktor yang ditinjau adalah :

1. *Return On Investment (ROI)*
2. *Pay Out Time (POT)*
3. *Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR)*
4. *Break Even Point (BEP)*
5. *Shut Down Point (SDP)*

Sebelum dilakukan analisa terhadap kelima faktor tersebut, maka perlu dilakukan perkiraan terhadap beberapa hal sebagai berikut :

- 1) Penentuan Modal Industri (*Total Capital Investment*)  
Meliputi :
  - a. Modal tetap (*Fixed Capital Investment*)
  - b. Modal kerja (*Working Capital Investment*)
- 2) Penentuan Biaya Produksi Total (*Total Production Cost*)  
Meliputi :
  - a) Biaya pembuatan (*Manufacturing Cost*)
  - b) Biaya pengeluaran umum (*General Expenses*)
- 3) Pendapatan Modal

Untuk mengetahui titik impas, maka perlu dilakukan perkiraan terhadap :

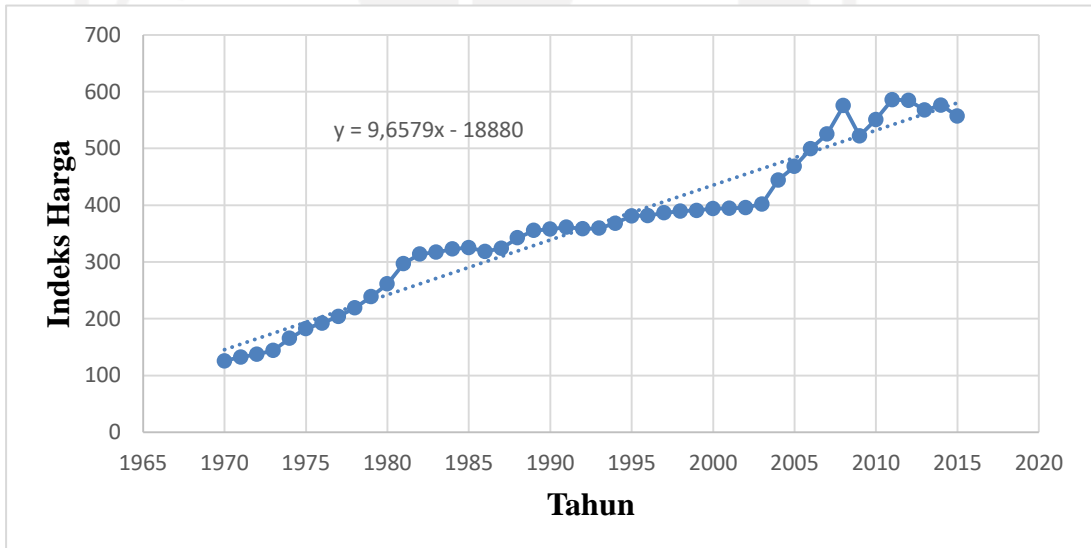
- c) Biaya tetap (*Fixed Cost*)
- d) Biaya variabel (*Variable Cost*)

e) Biaya mengambang (*Regulated Cost*)

### 6.1 Penafsiran 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. Sumber ([www.chemengonline.com](http://www.chemengonline.com))

Berdasarkan data harga indeks tiap tahun tersebut, kemudian dilakukan regresi linear untuk mendapatkan harga indeks pada tahun perancangan



pabrik yaitu tahun 2027. Regresi linear dapat dilihat pada Gambar dibawah ini.

Gambar 6.1. Grafik Indeks Harga dan Tahun

Persamaan yang diperoleh adalah :  $y = 9,6579 x - 18880$  Dengan menggunakan persamaan diatas dapat dicari harga indeks pada tahun perancangan, dalam hal ini pada tahun 2027 adalah :

Tabel 6.1. Harga Indeks Tahun Perancangan

Tahun	Indeks
2022	648,274
2023	657,932
2024	667,590
2025	677,247
2026	686,905
2027	696,563

Jadi, indeks pada tahun 2027 adalah 696,563

Harga – harga alat dan lainnya diperhitungkan pada tahun evaluasi. Selain itu, harga alat dan lainnya ditentukan juga dengan referensi (*Peters dan Timmerhaus*, pada tahun 1990 dan *Aries dan Newton*, pada tahun 1955). Maka harga alat pada tahun evaluasi dapat dicari dengan persamaan :

$$Ex = Ey \frac{Nx}{Ny}$$

(*Aries dan Newton*, 1955)

Dalam hubungan ini :

Ex : Harga pembelian pada tahun 2014

Ey : Harga pembelian pada tahun referensi

Nx : Index harga pada tahun 2014

Ny : Index harga pada tahun referensi

Apabila suatu alat dengan kapasitas tertentu ternyata tidak memotong kurva spesifikasi. Maka harga alat dapat diperkirakan dengan persamaan :

$$E_b = E_a \left( \frac{Cb}{Ca} \right)^{0,6}$$

Dimana :

Ea : Harga Alat a

Eb : Harga Alat b

Ca : Kapasitas Alat a

Cb : Kapasitas Alat b

## 6.2 Dasar Perhitungan

Kapasitas Produksi <i>Phosgene</i>	= 56.000 Ton/Tahun
Satu Tahun Operasi	= 330 Hari
Umur Pabrik	= 10 Tahun
Pabrik Didirikan Pada Tahun	= 2027
Kurs Mata Uang	= Rp. 15.542,00
Harga Karbon Monoksida	= Rp. 700,00/kg
Harga Klorin	= Rp. 165,00/kg
Harga Katalis Reaktor <i>Fixed bed</i>	= Rp. 20.000,00/kg
Harga Jual	= Rp. 65.000,00/kg

## 6.3 Perhitungan Biaya

### 6.3.1. *Capital Investment*

Modal atau *capital investment* adalah sejumlah uang yang harus disediakan untuk mendirikan dan menjalankan suatu pabrik. Ada 2 macam *capital investment*, yaitu :

#### a. *Fixed Capital Investment*

*Fixed Capital Investment* adalah biaya yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas – fasilitas pabrik.

#### b. *Working Capital Investment*

*Working Capital Investment* adalah biaya yang diperlukan untuk menjalankan usaha atau modal untuk menjalankan operasi dari suatu pabrik selama waktu tertentu.

Modal biasanya didapatkan dari uang sendiri dan bisa juga berasal dari pinjaman dari bank. Perbandingan jumlah uang sendiri atau *equity* dengan jumlah pinjaman dari bank tergantung dari perbandingan antara pinjaman dan uang sendiri yaitu dapat sebesar 30:70 atau 40:60 atau kebijakan lain tentang rasio modal tersebut. Karena penanaman modal dengan harapan mendapatkan keuntungan dari modal yang ditanamkan, maka ciri-ciri investasi yang baik adalah:

- a. Investasi cepat kembali.
- b. Aman, baik secara hukum, teknologi, dan lain sebagainya.
- c. Menghasilkan keuntungan yang besar (maksimum)

### 6.3.2. *Manufacturing Cost*

*Manufacturing Cost* merupakan jumlah *Direct*, *Indirect* dan *Fixed Manufacturing Cost*, yang bersangkutan dalam pembuatan produk. Menurut *Aries* dan *Newton* (Tabel 23), *Manufacturing Cost* meliputi :

#### 1. *Direct Cost*

*Direct Cost* adalah pengeluaran yang berkaitan langsung dengan pembuatan produk.

#### 2. *Indirect Cost*

*Indirect Cost* adalah pengeluaran–pengeluaran sebagai akibat tidak langsung karena operasi pabrik.

#### 3. *Fixed Cost*

*Fixed Cost* adalah biaya – biaya tertentu yang selalu dikeluarkan baik pada saat pabrik beroperasi maupun tidak atau pengeluaran yang bersifat tetap tidak tergantung waktu dan tingkat produksi.

### 6.3.3. *General Expenses*

*General Expense* atau pengeluaran umum meliputi pengeluaran– pengeluaran yang berkaitan dengan fungsi perusahaan yang tidak termasuk *Manufacturing Cost*. *General Expense* meliputi:

#### a. Administrasi

Biaya yang termasuk dalam administrasi adalah *management salaries, legal fees and auditing*, dan biaya peralatan kantor. Besarnya biaya administrasi diperkirakan 2-3% hasil penjualan atau 3-6% dari *manufacturing cost*.

#### b. Sales

Pengeluaran yang dilakukan berkaitan dengan penjualan produk, misalnya biaya distribusi dan iklan. Besarnya biaya sales diperkirakan 3-12% harga jual atau 5-22% dari *manufacturing cost*. Untuk produk standar kebutuhan *sales expense* kecil dan untuk produk baru yang perlu diperkenalkan *sales expense* besar.

#### c. Riset

Penelitian diperlukan untuk menjaga mutu dan inovasi ke depan. Untuk industri kimia, dana riset sebesar 2,8% dari hasil penjualan.

## 6.4 Analisa Kelayakan

Analisa kelayakan digunakan untuk dapat mengetahui keuntungan yang diperoleh tergolong besar atau tidak, sehingga dapat dikategorikan apakah pabrik tersebut potensial atau tidak secara ekonomi, Beberapa cara yang digunakan untuk menyatakan kelayakan adalah :

### 6.4.1. *Percent Return On Investment (ROI)*

*Return On Investment* adalah tingkat keuntungan yang dapat dihasilkan dari tingkat investasi yang dikeluarkan. Jumlah uang yang diperoleh atau hilang tersebut dapat disebut bunga atau laba/rugi.

$$ROI = \frac{\text{Keuntungan}}{\text{Fixed Capital}} \times 100\%$$

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

1. Jumlah tahun yang telah berselang, sebelum didapatkan suatu penerimaan yang melebihi investasi awal atau jumlah tahun yang diperlukan untuk kembalinya *Capital Investment* dengan profit sebelum dikurangi depresiasi.
2. Waktu minimum teoritis yang dibutuhkan untuk pengembalian modal tetap yang ditanamkan atas dasar keuntungan setiap tahun ditambah dengan penyusutan.
3. Waktu pengembalian modal yang dihasilkan berdasarkan keuntungan yang diperoleh. Perhitungan ini diperlukan untuk mengetahui dalam berapa tahun investasi yang telah dilakukan akan kembali.

$$POT = \frac{\text{Fixed Capital Investment}}{(\text{Keuntungan Tahunan} + \text{Depresiasi})}$$

#### 6.4.3. *Break Even Point* (BEP)

*Break Even Point* merupakan titik impas produksi yaitu suatu kondisi dimana pabrik tidak mendapatkan keuntungan maupun kerugian. Jadi dapat dikatakan bahwa perusahaan yang mencapai titik *break even point* ialah perusahaan yang telah memiliki kesetaraan antara modal yang dikeluarkan untuk proses produksi dengan pendapatan produk yang dihasilkan.

Kapasitas produksi pada saat *sales* sama dengan total *cost*. Pabrik akan rugi jika beroperasi dibawah BEP dan akan untung jika beroperasi diatas BEP. Salah satu tujuan utama perusahaan adalah mendapatkan keuntungan atau laba secara maksimal bisa dilakukan dengan beberapa langkah sebagai berikut :

1. Menekan sebisa mungkin biaya produksi atau biaya operasional sekecil-kecilnya, serendah-rendahnya tetapi tingkat harga, kualitas, maupun kuantitasnya tepat dipertahankan sebisanya.
2. Penentuan harga jual sedemikian rupa menyesuaikan tingkat keuntungan yang diinginkan/dikehendaki.
3. Volume kegiatan ditingkatkan dengan semaksimal mungkin.

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

Dimana :

Fa : *Annual Fixed Manufacturing Cost* pada produksi maksimum.

Ra : *Annual Regulated Expenses* pada produksi maksimum.

Va : *Annual Variable Value* pada produksi maksimum.

Sa : *Annual Sales Value* pada produksi maksimum.

#### 6.4.4. *Shut Down Point* (SDP)

*Down Point* merupakan Suatu titik atau saat penentuan suatu aktivitas produksi dihentikan. Penyebabnya antara lain *variable cost* yang terlalu tinggi, atau bisa juga karena keputusan manajemen akibat tidak ekonomisnya suatu aktivitas produksi (tidak menghasilkan profit). Persen kapasitas minimal suatu pabrik dapat mencapai kapasitas produk yang diharapkan dalam setahun. Apabila tidak mampu mencapai persen minimal kapasitas tersebut dalam satu tahun maka pabrik harus berhenti beroperasi atau tutup.

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

Dimana :

Fa : *Annual Fixed Manufacturing Cost* pada produksi maksimum.

Ra : *Annual Regulated Expenses* pada produksi maksimum.

Va : *Annual Variable Value* pada produksi maksimum.

Sa : *Annual Sales Value* pada produksi maksimum.

#### 6.4.5. *Discounted Cash Flow Rate of Return* (DCFR)

*Discounted Cash Flow Rate of Return* adalah salah satu metode untuk menghitung prospek pertumbuhan suatu instrument investasi dalam beberapa waktu kedepan. Konsep DCFR ini didasarkan pada pemikiran bahwa, jika anda menginvestasikan sejumlah dana, maka dana tersebut akan tumbuh sebesar sekian persen atau mungkin sekian kali lipat setelah beberapa waktu tertentu. Disebut '*discounted cash*



*flow*’ atau ‘ arus kas yang terdiskon’, karena cara menghitungnya adalah dengan mengestimasi arus dana dimasa mendatang untuk kemudian di *cut* dan menghasilkan nilai tersebut pada masa kini.

Biasanya seorang investor ingin mengetahui bahwa jika dia menginvestasikan sejumlah dana pada suatu instrumen investasi tertentu, maka setelah kurun waktu tertentu (misalnya setahun), dana tersebut akan tumbuh menjadi berapa. Untuk menghitungnya, maka digunakan Persamaan DCFR :

$$(FC + WC)(1 + i)^N = C \sum_{n=0}^{n=N-1} (1 + i)^N + WC + SV$$

Dimana :

FC : *Fixed capital*

WC : *Working capital*

SV : *Salvage value*

C : *Cash flow*

: *profit after taxes + depresiasi + finance*

n : Umur pabrik = 10 tahun

I : Nilai DCFR

## 6.5 Hasil Perhitungan

Perhitungan rencana pendirian pabrik *Phosgene* memerlukan rencana PPC, PC, MC, serta *General Expense*. Hasil rancangan masing–masing disajikan pada Tabel sebagai berikut :

Tabel 6.2. *Physical Plant Cost (PPC)*

No	Jenis Biaya	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Purchased Equipment cost</i>	Rp 20,888,547,141	\$ 1,344,006.38
2	<i>Delivered Equipment Cost</i>	Rp 5,222,136,785	\$ 336,001.59
3	<i>Instalasi cost</i>	Rp 3,993,883,404	\$ 256,973.58
4	Pemipaan	Rp 12,196,553,695	\$ 784,748.02
5	Instrumentasi	Rp 5,331,278,167	\$ 343,023.95
6	Insulasi	Rp 891,678,792	\$ 57,372.20
7	Listrik	Rp 2,088,854,714	\$ 134,400.64
8	Bangunan	Rp 43,056,000,000	\$ 2,770,299.83

9	<i>Land &amp; Yard Improvement</i>	Rp 83,255,000,000	\$ 5,356,775.19
<b>Total</b>		<b>Rp 176,923,932,698</b>	<b>\$ 11,383,601.38</b>

Tabel 6.3. *Direct Plant Cost (DPC)*

No	Jenis Biaya	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Physical Plant Cost</i>	Rp 176,923,932,698	\$ 11,383,601.38
2	<i>Engineering and Construction</i>	Rp 35,384,786,540	\$ 2,276,720.28
<b>Total</b>		<b>Rp 212,308,719,238</b>	<b>\$ 13,660,321.66</b>

Tabel 6.4. *Fixed Capital Investment (FCI)*

No	Jenis Biaya	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Direct Plant Cost</i>	Rp 212,308,719,238	\$ 13,660,321.66
2	<i>Cotractor's fee</i>	Rp 21,230,871,924	\$ 1,366,032.17
3	<i>Contingency</i>	Rp 53,077,179,809	\$ 3,415,080.41
<b>Total</b>		<b>Rp 286,616,770,971</b>	<b>\$ 18,441,434.24</b>

Tabel 6.5. *Working Capital Investment (WCI)*

No	Jenis Biaya	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw Material Inventory</i>	Rp 60,642,823,356	\$ 3,901,867
2	<i>Inproses Onventory</i>	Rp 220,481,522,821	\$ 14,186,174
3	<i>Product Inventory</i>	Rp 160,350,198,415	\$ 10,317,218
4	<i>Extended Credit</i>	Rp 203,232,843,636	\$ 13,076,364
5	<i>Available Cash</i>	Rp 160,350,198,415	\$ 10,317,218
<b>Total</b>		<b>Rp 805,057,586,644</b>	<b>\$ 51,798,841</b>

Tabel 6.6. *Direct Manufacturing Cost (DMC)*

<b>No</b>	<b>Jenis Biaya</b>	<b>Harga (Rp)</b>	<b>Harga (\$)</b>
1	<i>Raw Material</i>	Rp 667,071,056,916	\$ 42,920,542
2	<i>Labor</i>	Rp 19,596,000,000	\$ 1,260,842
3	<i>Supervision</i>	Rp 1,959,600,000	\$ 126,084
4	<i>Maintenance</i>	Rp 42,992,515,646	\$ 2,766,215
5	<i>Plant Supplies</i>	Rp 6,448,877,347	\$ 414,932
6	<i>Royalty and Patents</i>	Rp 44,711,225,600	\$ 2,876,800
7	<i>Utilities</i>	Rp 3,717,402,033	\$ 239,184
<b>Total</b>		<b>Rp 786,496,677,542</b>	<b>\$ 50,604,599</b>

Tabel 6.7. *Indirect Manufacturing Cost (IMC)*

<b>No</b>	<b>Jenis Biaya</b>	<b>Harga (Rp)</b>	<b>Harga (\$)</b>
1	<i>Payroll Overhead</i>	Rp 3,919,200,000	\$ 252,168
2	<i>Laboratory</i>	Rp 3,919,200,000	\$ 252,168
3	<i>Plant Overhead</i>	Rp 15,676,800,000	\$ 1,008,673
4	<i>Packaging and Shipping</i>	Rp 916,580,124,800	\$ 58,974,400
<b>Total</b>		<b>Rp 940,095,324,800</b>	<b>\$ 60,487,410</b>

Tabel 6.8. *Fixed Manufacturing Cost (FMC)*

<b>No</b>	<b>Jenis Biaya</b>	<b>Harga (Rp)</b>	<b>Harga (\$)</b>
1	<i>Depreciation</i>	Rp 28,661,677,097	\$ 1,844,143

2	<i>Property taxes</i>	Rp 5,732,335,419	\$ 368,829
3	<i>Insurance</i>	Rp 2,866,167,710	\$ 184,414
<b>Total</b>		<b>Rp 37,260,180,226</b>	<b>\$ 2,397,386</b>

Tabel 6.9. *Total Manufacturing Cost*

No	Jenis Biaya	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	Rp 786,496,677,542	\$ 50,604,599
2	<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	Rp 940,095,324,800	\$ 60,487,410
3	<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	Rp 37,260,180,226	\$ 2,397,386
<b>Total</b>		<b>Rp 1,763,852,182,568</b>	<b>\$ 113,489,395</b>

Tabel 6.10. *General Expenses*

No	Jenis Biaya	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Administration</i>	Rp 44,711,225,600	\$2,876,800
2	<i>Sales Expense</i>	Rp 111,778,064,000	\$ 7,192,000
3	<i>Research</i>	Rp 89,422,451,200	\$ 5,753,600
4	<i>Finance</i>	Rp 21,833,487,152	\$ 1,404,806
<b>Total</b>		<b>Rp 267,745,227,952</b>	<b>\$ 17,227,206</b>

Tabel 6.11. *Total Production Cost*

No	Jenis Biaya	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Manufacturing Cost (MC)</i>	Rp 1,763,852,182,568	\$ 113,489,395
2	<i>General Expenses(GE)</i>	Rp 267,745,227,952	\$ 17,227,206
<b>Total</b>		<b>Rp 2,031,597,410,520</b>	<b>\$ 130,716,601</b>

Tabel 6.12. *Fixed Cost (Fa)*

No	Jenis Biaya	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Depresiasi =</i>	Rp 28,661,677,097.09	\$ 1,844,143.42
2	<i>Property Taxes =</i>	Rp 5,732,335,419.42	\$ 368,828.68
3	<i>Asuransi =</i>	Rp 2,866,167,709.71	\$ 184,414.34
<b>Total</b>		<b>Rp 37,260,180,226.22</b>	<b>\$ 2,397,386.45</b>

Tabel 6.13. *Regulated Cost (Ra)*

No	Jenis Biaya	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Gaji Karyawan =</i>	Rp 19,596,000,000.00	\$ 1,260,841.59
2	<i>Payroll Overhead =</i>	Rp 3,919,200,000.00	\$ 252,168.32
3	<i>Supervision =</i>	Rp 1,959,600,000.00	\$ 126,084.16
4	<i>Plant Overhead =</i>	Rp 15,676,800,000.00	\$ 1,008,673.27
5	<i>Laboratorium =</i>	Rp 3,919,200,000.00	\$ 252,168.32
6	<i>General Expense =</i>	Rp 267,745,227,952.30	\$ 17,227,205.50
7	<i>Maintenance =</i>	Rp 42,992,515,645.64	\$ 2,766,215.14
8	<i>Plant Supplies =</i>	Rp 6,448,877,346.85	\$ 414,932.27
<b>Total</b>		<b>Rp 362,257,420,944.78</b>	<b>\$ 23,308,288.57</b>

Tabel 6.14. *Variable Cost (Va)*

No	Jenis Biaya	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw Material =</i>	Rp 667,071,056,916.00	\$ 42,920,541.56
2	<i>Packaging =</i>	Rp 894,224,512,000.00	\$ 57,536,000.00
3	<i>Shipping =</i>	Rp 22,355,612,800.00	\$ 1,438,400.00
4	<i>Utilities =</i>	Rp 3,717,402,033.07	\$ 239,184.28
5	<i>Royalty &amp; Patent =</i>	Rp 44,711,225,600.00	\$ 2,876,800.00
<b>Total</b>		<b>Rp 1,632,079,809,349.07</b>	<b>\$ 105,010,925.84</b>

## 6.6 Analisa Keuntungan

<i>Annual Sales (Sa)</i>	= Rp 2.235.561.280.00
<i>Total Cost</i>	= Rp 2.031.597.410.520
Keuntungan Sebelum Pajak	= Rp 203.963.869.480
Pajak Pendapatan	= 35 % (PERPU Nomor 1 Tahun 2020)
Keuntungan Setelah Pajak	= Rp 159.091.818.194

## 6.7 Hasil Kelayakan Ekonomi

### 6.7.1. *Percent Return On Investment (ROI)*

ROI	$= \frac{\text{Keuntungan}}{\text{Fixed Capital}} \times 100\%$
ROI Sebelum Pajak	= 71,16 %
ROI Sesudah Pajak	= 49,81 %

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

POT	$= \frac{\text{Fixed Capital Investment}}{(\text{Keuntungan Tahunan} + \text{Depresiasi})}$
POT Sebelum Pajak	= 1.23 tahun
POT Sesudah Pajak	= 1.67 tahun

### 6.7.3. *Break Even Point (BEP)*

BEP	$= \frac{(Fa + 0,3Ra)}{(Sa - Va - 0,7Ra)} \times 100\%$
BEP	= 41.71 %

### 6.7.4. *Shut Down Point (SDP)*

SDP	$= \frac{(0,3Ra)}{(Sa - Va - 0,7Ra)} \times 100\%$
SDP	= 31.06 %

### 6.7.5. *Discounted Cash Flow Rate (DCFR)*

Umur Pabrik	= 10 Tahun
<i>Fixed Capital Investment</i>	= Rp 286.616.770.970,91
<i>Working Capital</i>	= Rp 805.057.586.643,84
<i>Salvage Value</i>	= Rp 28.661.677.097,09
<i>Cash Flow (CF)</i>	= <i>Annual profit</i> + <i>depresiasi</i> + <i>finance</i>
	= Rp 193.269.872.885.34

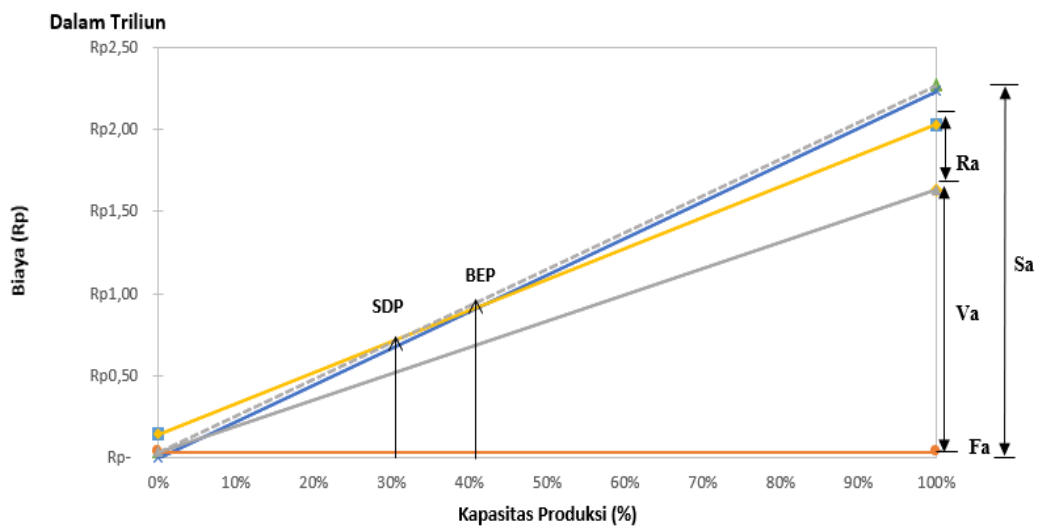
*Discounted cash flow* dihitung secara *trial & error*

$$(FC + WC)(1 + i)^N = C \sum_{n=0}^{n=N-1} (1 + i)^n + WC + SV$$

$$R = \text{Rp. } 4.863.215.023.067$$

$$S = \text{Rp. } 5.395.190.936.878$$

Dengan trial & error diperoleh nilai  $i = 16,11 \%$



Gambar 6.2. Grafik BEP dan SDP

Pada Gambar 6.2 menunjukkan perolehan nilai BEP (*Break Even Point*) dan SDP (*Shut Down Point*) dimana didapat untuk nilai BEP dan SDP yang telah diketahui melalui perhitungan adalah 41,71 % dan 31,06%. Dalam pembuatan grafik BEP diperlukan nilai-nilai seperti Ra, Va, Fa, dan Sa dimana diketahui berdasarkan perhitungan di analisa ekonomi. Grafik BEP digunakan untuk mengetahui berapa total kapasitas yang harus di produksi dari kapasitas keseluruhan pabrik untuk mengetahui posisi dimana pabrik dalam kondisi tidak untung dan tidak rugi atau dalam kata lain kembali modal. Ketika pabrik telah beroperasi menghasilkan produk dengan kapasitas diatas titik BEP maka pabrik akan di katakan untung namun sebaliknya apabila pabrik menghasilkan kapasitas dibawah titik BEP maka

dikatakan rugi. Sedangkan SDP adalah titik atau batas dimana pabrik tersebut harus di tutup karena mengalami kerugian yang besar.

### 6.8 Resiko Pabrik

Suatu Pabrik hasil dilihat resikonya apakah pabrik berisiko tinggi atau rendah. Resiko pabrik dapat ditinjau dari berbagai parameternya yang dapat dilihat dari table 6.15 Analisa Tingkat Resiko Pabrik

Tabel 6.15 Analisa Tingkat Resiko Pabrik

No	Parameter Resiko	Deskripsi	Risk	
			Low	High
1	Kondisi Operasi	Suhu maksimal yang digunakan 180°C	√	
		Tekana maksimal yang digunakan 9 atm		√
2	Bahan Baku yang digunakan			
	CO (Karbon Monoksida )	Toksisitas : Sangat beracun		√
		Explosion Limits : Lower 12,5% ; Upper : 75%		√
		Flammability : Gas mudah terbakar		√
	Cl <sub>2</sub> (Klorin)	Toksisitas : Irritant		√
		Explosion Limits : Tidak ada	√	
		Flammability : Tidak mudah terbakar	√	
3	Sifat produk yang dihasilkan			
		Phosgene (COCl <sub>2</sub> )		√
		Explosion Limits : Tidak ada	√	



		Flammibility : Tidak mudah terbakar	√	
4	Regulasi pemerintah	<p><b>KEPUTUSAN MENTERI TENAGA KERJA</b>  <b>NOMOR : KEP. 187/MEN/1999</b>  <b>TANGGAL : 29 SEPTEMBER 1999</b>  <b>tentang Pengendalian Bahan Kimia Berbahaya di Tempat Kerja</b></p> <hr/> <p>Menetapkan Nilai Ambang Kuantitas (NAK)</p> <p>I. Beracun  Chlorine = 10 ton  II. Sangat Beracun  Phosgene = 100 kg</p> <p>Kuantitas yang digunakan oleh Rancangan Pabrik Phosgene</p> <p>Phosgene = 56.000 ton  Chlorine = 42.419 ton</p> <p>Sehingga kuantitas yang digunakan melebihi standar dari</p>		√
		<p><b>PERATURAN PEMERINTAH REPUBLIK INDONESIA</b>  <b>NOMOR 74 TAHUN 2001</b>  <b>TENTANG</b></p>		√

		<p><b>PENGELOLAAN BAHAN BERBAHAYA DAN BERACUN</b></p> <p>Lampiran I Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor : 74 Tahun 2001 Tanggal : 26 NOVEMBER 2001</p> <p>Phosgene, 75-44-5 No. Reg. Chemical Abstract Service</p> <p>Fosgen termasuk dapat mencemarkan lingkungan hidup, membahayakan lingkungan hidup, Kesehatan, kelangsungan hidup manusia, sehingga untuk pengelolaan fosgen sendiri sangat terjaga dan ketat</p>		
5	Keberadaan Pabrik	<p>Pabrik <i>Phosgene</i> belum pernah didirikan di Indonesia namun banyak didirikan di negara lain, beberapa diantaranya yaitu :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. BASF. Geismar, La.</li> <li>2. Bayer Cropscience. Institute, W. Vaexas, US.</li> <li>3. Dow Chemical. Freeport , Texas</li> </ol>		√

Melihat parameter pada Tabel 6.15 maka Pabrik *Phosgene* dikategorikan sebagai pabrik dengan resiko tinggi (*high risk*).

Tabel. 6.16 Analisa Kelayakan Ekonomi

No	Keterangan	Nilai	Batasan
1	<i>Return on Investment (ROI) :</i>		
	ROI sebelum pajak	71,16%	Resiko tinggi min. 44%
ROI sesudah pajak	49,81%		
2	<i>Pay Out Time (POT)</i>		
	POT sebelum pajak	1,23	Resiko tinggi max. 2 tahun
POT sesudah pajak	1,67		
3	<i>Break Event Point (BEP)</i>	41,71%	Antara 40% - 60%
4	<i>Shut Down Point (SDP)</i>	31,06%	Tidak boleh lebih dari 40%
5	<i>Discounted Cash Flow (DCF)</i>	16,11%	-

## BAB VII

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 7.1 Kesimpulan

Berdasarkan Perancangan Pabrik *Phosgene* dari Karbon Monoksida dan Klorinmeta dengan Kapasitas 56.000 ton/tahun, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Pabrik *Phosgene* digolongkan sebagai pabrik beresiko tinggi karena prosesnya berlangsung pada kondisi operasi (suhu dan tekanan) tinggi, selain itu bahan baku gas karbon monoksida bersifat beracun dan mudah terbakar, produk *Phosgene* mempunyai sifat beracun.
2. Pabrik *Phosgene* didirikan dengan pertimbangan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, mengurangi ketergantungan import, memberikan lapangan pekerjaan dan meningkatkan pertumbuhan ekonomi
3. Pabrik akan didirikan di kawasan industri Cilegon, dengan pertimbangan mudah mendapatkan bahan baku, tenaga kerja, ketersediaan air dan listrik, serta mempunyai prospek pemasaran yang baik karena berlokasi di kawasan industri.
4. Berdasarkan hasil analisis ekonomi adalah sebagai berikut :
  - a. Keuntungan yang diperoleh yaitu keuntungan sebelum pajak Rp 203 Milyar/tahun, dan keuntungan setelah pajak (22%) sebesar Rp 61 Milyar/tahun.
  - b. *Return On Investment* (ROI) : Presentase ROI sebelum pajak sebesar 71,16%, dan ROI setelah pajak sebesar 49,81 %. Syarat ROI sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan resiko tinggi >44% (Aries & Newton, 1955).
5. *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak adalah 1,23 tahun dan setelah pajak adalah 1,67 tahun.
6. Nilai *Break Event Point* (BEP) adalah 41,71% dan *Shut Down Point* (SDP) adalah 31,06%. BEP untuk pabrik kimia pada umumnya sebesar 40%-60% dan SDP < BEP. (Aries & Newton, 1955)

7. *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR) adalah 16,11%.

8. Dari data di atas dapat disimpulkan bahwa Pabrik *Phosgene* layak dikaji untuk didirikan karena memiliki indikator ekonomi yang menguntungkan.

## 7.2 Saran

Perancangan suatu pabrik kimia diperlukan pemahaman konsep-konsep dasar yang dapat meningkatkan kelayakan pendirian suatu pabrik kimia diantaranya sebagai berikut :

1. Optimasi pemilihan seperti alat proses atau alat penunjang dan bahan baku perlu diperhatikan sehingga akan lebih mengoptimalkan keuntungan yang diperoleh.
2. Perancangan pabrik kimia tidak lepas dari produksi limbah, sehingga diharapkan berkembangnya pabrik-pabrik kimia yang lebih ramah lingkungan.

Produk *Phosgene* dapat direalisasikan sebagai sarana untuk memenuhi kebutuhan di masa mendatang yang jumlahnya semakin meningkat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aries, R. S., and R. D. Newton. 1955. Chemical Engineering Cost Estimation. New York: McGraw Hill Book Company.
- Badan Pusat Statistik. 2018. Statistic Indonesia. www.bps.go.id. Diakses pada 20 Januari 2022 pukul 15.00 WIB
- Brown, G. G. 1973. Unit Operations. Modern Asia ed. Tokyo, Japan: Tuttle Company Inc.
- Brownell, L. E., and E. H. Young. 1979. Equipment Design. New Delhi: Wiley Eastern Limited
- Chopey, N. P., and G. H. Tyler. 1994. Chemical Engineering Calculations, 4th ed. New York: The McGraw – Hill Companies, Inc.
- Coulson, J. M., and J. F. Richardson. 1983. Chemical Equipment Design, Vol.6. New York: John Wiley and Sons. Inc.
- Faith, Keyes & Clark., “*Industrial Chemical*”, 4<sup>th</sup> ed, John Willey and Sons, Inc., New York, 1955.
- Fogler, H.S., 1999, “*Elements of Chemical Reaction Engineering*”, 3ed, PrenticeHall, New Jersey
- Hill, C.G, 1996, “*An Introduction to Chemical Engineering Kinetics and Reactor Design*“, John Wiley and Sons. Inc, New York.
- Jakobsson, Niklas Bengt. 2015. “*A process for safe production of phosgene*”. Europe Patent 2955158A1
- Kern, D. Q. 1983. Process Heat Transfer. New York: Mc Graw Hill Book Co.Ltd.
- Kirk, R. E., and D. F. Othmer. 1979. Encyclopedia of Chemical Engineering Technology. Vol III, XV. Vol. 3. New York: John Willey and Sons Inc.
- Levenspiel, O. (1999). Chemical Reaction Engineering, 3rd Edition. John Wiley & Sons, New York, 54.
- Mc Cabe, W. L. and J. C. Smith. 1976. Unit Operation of Chemical Engineering, 3rd ed. Singapore: Mc Graw Hill, Kogakusha , Ltd.
- Mc. Ketta, J. J. 1976. Encyclopedia of Chemical Processing and Petrochemical Plant. Singapore: McGraw - Hill International Edition.

Perry, R.H. and D. W. Green. 1997, Perry's Chemical Engineering Handbooks, 7th edition, McGraw Hill Book Co., New York.

Peters, M. S., and K. D. Timmerhaus. 1981. Plant Design Economic's for Chemical Engineering's, 4th ed. New York: McGraw Hill Co. Ltd.

Smith, J. M., and H. C. Van Ness. 1987. Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics, 4th ed. Singapore: McGraw Hill Book Company.

Smith, R J. Byron, 2010, "A Review of the Water Gas Shift Reaction Kinetics", The Berkeley Electronic Press, India.

Stauffer. 1997. "Phosgene Process". U.S Patent 5672747

Ullmann, "Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry", Interscience Encyclopedia, Inc., New York, 1985

Yaws, Carl L., 1999, "Chemical Properties Handbook", McGraw-Hill Book Company, Tokyo.

<https://www.airgas.com/msds/001014.pdf>. Diakses pada 25 Juli 2022, pukul 13.45

[https://gas-sensing.com/downloads/MSDS/phosgene\\_msds.pdf](https://gas-sensing.com/downloads/MSDS/phosgene_msds.pdf). Diakses pada tanggal 25 Juli 2022, pukul 14.20

<http://dept.harpercollege.edu/chemistry/msds1/Chlorine%20Water%20ScienceLab.pdf>. Diakses pada tanggal 25 Juli 2022, pukul 14.50.

Matche. 2018. equipment cost. <http://www.matche.com/>. Diakses pada 19 Desember 2022, pukul 09.30

[www.pajak.go.id/info-pajak](http://www.pajak.go.id/info-pajak). Diakses pada 19 Desember 2022, pukul 10.20

[www.pln.co.id/tarif-tenaga-listrik/](http://www.pln.co.id/tarif-tenaga-listrik/). Diakses pada 19 Desember 2022, pukul 10.30

**LAMPIRAN A**  
**PERANCANGAN REAKTOR FIXED BED MULTITUBE**

Tugas : Mereaksikan karbon monoksida (CO<sub>2</sub>) dan Klorin (Cl<sub>2</sub>)  
menghasilkan *Phosgene* (COCl<sub>2</sub>)

Fase : Gas

Kondisi Operasi : Temperatur = 77 °C

: Tekanan = 1,35 atm

**a. Kondisi Operasi**

Suhu (T) = 77 °C

Tekanan (P) = 1,35 atm

Reaksi yang terjadi :

Reaksi :  $CO + Cl_2 \leftrightarrow COCl_2$

**b. Jenis Reaktor**

Jenis reaktor yang digunakan adalah *non isothermal non adiabatic fixedbed multitube reactor*. Reaktor ini dipilih karena cocok untuk reaksi yang berlangsung pada fase gas, berjalan cepat, bersifat eksotermis dan kondisi suhu tinggi. *Multitube* dipilih karena baik untuk transfer panas, karena reaksi termasuk *highly exothermic*.

**c. Menentukan Jenis Pendingin**

Pendingin yang digunakan adalah Air

**d. Menentukan Jenis Katalis**

- Bahan Katalis : Karbon Aktif
- Diameter : 0,4 mm
- Bulk density :  $1350 \frac{kg}{m^3}$
- Porositas : 0,3

(www.alibaba.com)



e. Menentukan Dimensi Reaktor

1. Neraca Massa Reaktor

Komponen	BM	Input		Output	
		Mass Flow Rate (kg/jam)	Molar Flow Rate (kmol/jam)	Mass Flow Rate (kg/jam)	Molar Flow Rate (kmol/jam)
CO	28,01	2645,07	94,43	571,34	20,40
Cl <sub>2</sub>	70,905	5356,63	75,55	107,13	1,51
COCl <sub>2</sub>	98,915	0,00	0,00	7323,23	74,04
H <sub>2</sub>	2,016	3,05	1,51	3,05	1,51
TOTAL		8004,75	171,49	8004,75	97,46

2. Menentukan Yi

Komponen	BM	Fi (kg/jam)	Ni (kmol/jam)	Yi	Bmi x Yi
CO	28,01	2645,07	94,43	0,550	15,423
Cl <sub>2</sub>	70,905	5356,63	75,55	0,440	31,235
COCl <sub>2</sub>	98,915	0,00	0,00	0	0
H <sub>2</sub>	2,016	3,05	1,51	0,00882	0,0177
TOTAL		8004,75	171,49	1	46.676

3. Menentukan Z umpan Reaktor

Komponen	BM	Yi	Pc (Bar)	Pc (atm)	Tc (K)
CO	28,01	0,550	34,99	34,532	132,92
Cl <sub>2</sub>	70,905	0,440	77,11	76,101	417,15

COCl <sub>2</sub>	98,915	0	177,7	175,376	2154,97
H <sub>2</sub>	2,016	0,0088 2	13,13	12,958	423,86
TOTAL		1	302,93	298,968	3128,9

Komponen	BM	w	Yi.BM	Yi.Pc	Yi.Tc	Yi.w
CO	28,01	0,066	15,423	19,01 5	73,192	0,03634
Cl <sub>2</sub>	70,905	0,069	31,235	33,52 4	183,76 3	0,03039
COCl <sub>2</sub>	98,915	0,53	0	0	0	0
H <sub>2</sub>	2,016	0,038	0,0177	0,114 3	3,7412	0,00033
TOTAL		0,703	46,676	52,65 4	260,69 7	0,06707

$$T_c \text{ umpan} = 260,70 \text{ K}$$

$$P_c \text{ umpan} = 52,65 \text{ atm}$$

$$T_r = T/T_c = 1,3431$$

$$P_r = P/P_c = 0,0256$$

$$P_r/T_r = 0,0190890$$

Dari harga  $T_r = 1.3431$  dan  $P_r = 0.0256$  berdasarkan Fig. 3.15 (Smith van Ness), untuk menentukan  $Z$  menggunakan koefisien virial dengan menggunakan persamaan 3 sampai 7.

$$B^n = \frac{BP_c}{RT_c} = B^o + \omega B^1$$

$$Z = 1 + \frac{BP}{RT} = 1 + B^n \frac{P_r}{T_r}$$

$$Z = 1 + \left( \frac{BP_c}{RT_c} \right) \left( \frac{P_r}{T_r} \right)$$

$$B^0 = 0,083 - \frac{0,422}{Tr^{1.4}}$$

$$B^1 = 0,139 - \frac{0,172}{Tr^{4.2}}$$

Komponen	Yi	Tr	Pr	Bo	B1
CO	0,5506	2,6342	0,0390	-0,0065	0.1360
Cl <sub>2</sub>	0,4405	0,8393	0,0177	-0,4754	-0.2198
H <sub>2</sub>	0,0088	0,8260	0,1041	-0,4898	-0.2447
COCl <sub>2</sub>	0	0,1624	0,0076	-7,6440	-354.7677
TOTAL	1,0000	4,299	0,1610	-0,9719	-0.3284

Komponen	BPc/RTc	Pr/Tr	Z	Yi.Z
CO	0,0023	0,0148	1,0000	0,5506
Cl <sub>2</sub>	-0,4906	0,0211	0,9896	0,4359
H <sub>2</sub>	-0,4991	0,1261	0,9370	0,0082
COCl <sub>2</sub>	-21,1251	0,0473	-0,0008	0
TOTAL	-0,9873	0,1620	2,9267	0,9948

#### 4. Menentukan Volume Gas Masuk Reaktor

$$Vg = \frac{Z \cdot n \cdot R \cdot T}{P}$$

Dimana :

Vg = Laju alir volumetrik, cm<sup>3</sup>/dtk

n = mol umpan, mol/dtk = 28817,10826 mol/detik

$$R = \text{Konstanta gas, cm}^3 \cdot \text{atm/gmol} \cdot \text{K} = 82,050 \text{ cm}^3 \cdot \frac{\text{atm}}{\text{gmol}} \cdot \text{K}$$

$$T = \text{temperatur, K} = 350,15 \text{ K}$$

$$P = \text{Tekanan, atm} = 1,35 \text{ atm}$$

Dengan persamaan diatas, didapatkan nilai :

$$V_g = 610.136.792,7 \text{ cm}^3 / \text{detik}$$

$$= 610,13 \text{ m}^3 / \text{detik}$$

### 5. Menentukan Densitas Umpan

$$\rho = \frac{P \cdot BM}{R \cdot T \cdot Z}$$

Dengan persamaan diatas, didapatkan nilai :

$$P = 0,002204 \text{ gram/cm}^3$$

### 6. Menentukan Viskositas Umpan

Nilai-nilai koefisien diambil dari buku Chemical Properties Handbook,

McGraw-Hill, Carl L. Yaws

Dengan rumus :

$$\eta_{gas} = A + BT + CT^2$$

Komponen	Yi	$\eta_{gas}$ mikropoise	$\mu_{gas}$ (kg/s.m)	$\mu_{gas}$ (kg/jam.m)	$\mu_{gas}$ lb/ft.jam
CO	0,550	1,96E+02	1,96E-05	7,06E-02	1,71E-05
Cl <sub>2</sub>	0,440	1,56E+02	1,56E-05	5,63E-02	1,36E-05
H <sub>2</sub>	0,008 8	9,80E+01	9,80E-06	3,53E-02	8,54E-06
COCl <sub>2</sub>	0	3,14E+05	3,14E-02	1,13E+02	2,74E-02
TOTAL	1	3,15E+05	3,15E-02	1,13E+02	2,74E-02

Komponen	yi. $\mu_{gas}$	yi. $\mu_{gas}$	yi. $\mu_{gas}$	$\eta_{gas}$
----------	-----------------	-----------------	-----------------	--------------

	(kg/s.m)	(kg/jam.m)	lb/ft.jam	mikropoise
CO	1,08E-05	3,89E-02	9,41E-06	1,08E+02
Cl <sub>2</sub>	6,89E-06	2,48E-02	6,01E-06	6,89E+01
H <sub>2</sub>	8,65E-08	3,11E-04	7,53E-08	8,65E-01
COCl <sub>2</sub>	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
TOTAL	1,78E-05	6,40E-02	1,55E-05	1,78E+02

$$\mu_{gas} = 1.7779E-05 \text{ kg/s.m}$$

$$= 0,0001778 \text{ gr/cm.s}$$

### 7. Menghitung Kondiktivitas Umpan

Nilai-nilai koefisien diambil dari buku Chemical Properties Handbook, McGraw-Hill, Carl L.Yaws

Dengan rumus :

$$k_{gas} = A + BT + CT^2$$

$$T = 303,15 \text{ K}$$

$$T^2 = 122.605,0225 \text{ K}$$

Komponen	Yi	$k_{gas}$ (W/m.K)	Yi. $k_{gas}$ (W/m.K)
CO	0,5506	2,81E-02	1,55E-02
Cl <sub>2</sub>	0,4405	1,07E-02	4,71E-03
H <sub>2</sub>	0,0088	1,92E-01	1,70E-03
COCl <sub>2</sub>	0	1,14E-02	0,00E+00
TOTAL	1	2,42E-01	2,19E-02

$$k \text{ campuran} = 2,19E-02 \text{ W/m.k}$$

$$= 0,0787942 \text{ kJ/jam.m.K}$$

$$= 0,0188197 \text{ kkal/jam.m.K}$$

$$= 0,0000523 \text{ kal/detik.cm.K}$$

### 8. Menentukan Kapasitas Panas Gas Umpan

Nilai-nilai koefisien diambil dari buku Chemical Properties Handbook, McGraw-Hill, Carl L.Yaws

Dengan rumus :

$$C_p = A + BT + CT^2 + DT^3 + ET^4$$

$$T_{ref} = 298,18 \text{ K}$$

$$T = 303,15 \text{ K}$$

$$T^2 = 122.605,0225 \text{ K}$$

Komponen	Yi	BM	Cp kJ/kg.K	Cpi =yi.Cp kJ/kg.K
CO	0,5506	28,01	1,0435	5,75E-01
Cl <sub>2</sub>	0,4405	70,905	0,4854	2,14E-01
H <sub>2</sub>	0,0088	2,016	14,3725	1,27E-01
COCl <sub>2</sub>	0	98,915	0,6145	0,00E+00
TOTAL	1		1,65E+01	9,15E-01

Komponen	Yi	BM	Cp (joule/mol.K)	Cp (kjoule /kmol.K)
CO	0,5506	28,01	2,922890E+01	2,922890E+01
Cl <sub>2</sub>	0,4405	70,905	3,442201E+01	3,442201E+01
H <sub>2</sub>	0,0088	2,016	2,897498E+01	2,897498E+01
COCl <sub>2</sub>	0	98,915	6,078912E+01	6,078912E+01
TOTAL	1		1,534150E+02	1,534150E+02

Komponen	Fi (kg/jam)	Fi.Cpi (Kjoule/jam. K)	Cp.yi (Kjoule/kmol.K)
CO	2645,07	2,760178E+03	1,609495E+01
Cl <sub>2</sub>	5356,63	2,600464E+03	1,516364E+01
H <sub>2</sub>	3,05	4,385916E+01	2,557484E-01
COCl <sub>2</sub>	0,00	0,000000E+00	0.000000E+00
TOTAL	8004,75	5404,50	31,51433392

$$\begin{aligned} \text{Cp campuran} &= 31,5143 \text{ Kjoule/kmol.K} \\ &= 5404,50049 \text{ Kjoule/jam.K} \\ &= 0,91533 \text{ Kjoule/kg.K} \end{aligned}$$

### 9. Menentukan $\Delta H_R$

Nilai-nilai koefisien diambil dari buku *Chemical Properties Handbook*, McGraw-Hill, Carl L. Yaws

$$T_{\text{umpan}} = 303,15 \text{ K}$$

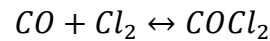
$$T_{\text{ref}} = 298,15 \text{ K}$$

$$T^2 = 122.605,0225 \text{ K}$$

$$T^3 = 42.930.148,63 \text{ K}$$

$$T^4 = 15.031.991.542 \text{ K}$$

Komponen	$\Delta H_f$ (kj/mol)	$\Delta H_f$ (kj/kmol)	$\Delta H$ (j/mol)	$\Delta H$ (kj/kmol)
CO	-110,5	-110.500	2,24E+03	2,24E+03
Cl <sub>2</sub>	0	0	2,61E+03	2,61E+03
H <sub>2</sub>	0	0	2,22E+03	2,22E+03
COCl <sub>2</sub>	-219,1	-219.100	4,48E+03	4,48E+03
TOTAL	-947,02	-329.600	1,15E+04	1,15E+04



$$\begin{aligned} \Delta H_r 298 &= \Delta H_f \text{ produk} - \Delta H_f \text{ reaktan} \\ &= -108.600 \text{ kJ/kmol} \end{aligned}$$

$$\Delta H_r = 4.852,542 \text{ kJ/kmol}$$

$$\Delta H_p = 4.475,046 \text{ kJ/kmol}$$

$$\Delta H_R = - 377,496 \text{ kJ/kmol}$$

$$= - 90,163 \text{ kkal/kmol} \quad \text{(Reaksi Eksotermis)}$$

### 10. Katalisator

Katalis = Karbon Aktif

Bentuk = Butiram

Diameter = 4 mm = 0,004 m

Porositas = 0,3

Densitas bulk = 1,35 gr/cm<sup>3</sup> = 1350 kg/cm<sup>3</sup>

### 11. Menentukan Ukuran Tube

Diameter reaktor dipilih berdasarkan pertimbangan agar perpindahan panas berjalan dengan baik. Pengaruh rasio Dp/Dt terhadap koefisien perpindahan dalam pipa yang berisi serbuk katalisator di bandingkan dengan pipa kosong (hw/h) yang telah diteliti oleh Colburn's yaitu :

Dp/Dt	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
hw/h	5,50	7,00	7,80	7,50	7,00	6,60

(Smith, Chem Kinetik Eng, P.571)

Dipilih Dp/Dt = 0,15

Dimana :

hw : Koefisien perpindahan panas dalam pipa berisi katalis

h : Koefisien perpindahan panas dalam pipa kosong

Dp : Diameter katalisator

Dt : Diameter tube

Jenis Tube	Steel pipe
------------	------------



IPS	3,00 in
OD	3,50 in
ID	3,068 in
Flow area per tube	7,38 in <sup>2</sup>
Sc. Num	40 ft
Surface per lin ft (Outside)	0,917 ft <sup>2</sup> /ft
Surface per lin ft (Intside)	0,804 ft <sup>2</sup> /ft

Jenis = Karbon Aktif

Ukuran = D = 0,4 cm

L = 0,4cm

Bulk density = 1,35 gr/cm<sup>3</sup>

Bila dinyatakan dalam diameter bola secara ekivalen yang mempunyai volume yang sama dengan silinder (partikel), maka :

$$VS (\pi r^2 L) = 0.05024 \text{ cm}^3$$

$$Dp = 0,4$$

$$Dp/Dt = 0,15$$

$$Dt = 2,67 \text{ cm} = 1,05 \text{ in}$$

Dari Hasil Perhitungan, maka dipilih ukuran tube standart : Aliran dalam pipa adalah aliran transisi, maka  $N_{re} = 4200$

$$N_{re} = \frac{Gt \cdot Dt}{\mu}$$

$$Gt = \frac{\mu \cdot NRe}{Dt}$$

Dimana :

$$N_{re} = 4200$$

$$\mu = 0.06400 \text{ kg/m.jam}$$

$$Dt = 0.07792 \text{ m}$$

$$G \text{ (Umpan Total)} = 8.004,75 \text{ kg/jam}$$

$$= 2.223,5423 \text{ gr/detik}$$

$$Gt = \frac{\mu.NRe}{Dt} = 3.449,6845 \frac{kg}{m^2} \cdot jam$$

$$= 0,0958 \frac{g}{cm^2} \cdot s$$

$$At = \frac{G}{Gt} = 2,320 m^2$$

Ao = Luas Penampang Pipa

$$Ao = \frac{\pi}{4} ID^2 = 0,00476 m^2$$

Nt = (jumlah pipa) max

$$Nt = \frac{At}{Ao} = 486,7 \text{ buah}$$

$$\rho_b = 1,35 \text{ gram/cm}^3$$

$$P = 1,35 \text{ atm}$$

$$BM = 46.676 \text{ g/gmol}$$

$$R = 82,05 \text{ cm}^3 \cdot \frac{atm}{gmol} \cdot K$$

$$T_{udara} = 303,15 \text{ K}$$

$$P_g = 0,00220456$$

$$P_{udara} = \frac{\rho_{udara} \cdot BM_{udara}}{R \cdot T_{udara}}$$

$$= 0,5688815961$$

#### **Katalis Karbon Aktif :**

Bentuk = Granula

Re = 4200

Fd = 0,4 (Sources : Brownell Young, page 76, fig. 69)

$$V_{max} = \sqrt{\frac{4(\rho_b - \rho_g)g \cdot Dp}{3 \cdot \rho_g \cdot f_D}}$$

$$= 1.737,721 \text{ cm/det}$$

$$= 62.557,96 \text{ m/jam}$$

$$Q = \frac{G}{\rho g}$$

$$= 1.008.606,456 \text{ cm}^3/s$$

$$A_t = \frac{Q}{v_{max}}$$

$$= 580,419 \text{ cm}^2$$

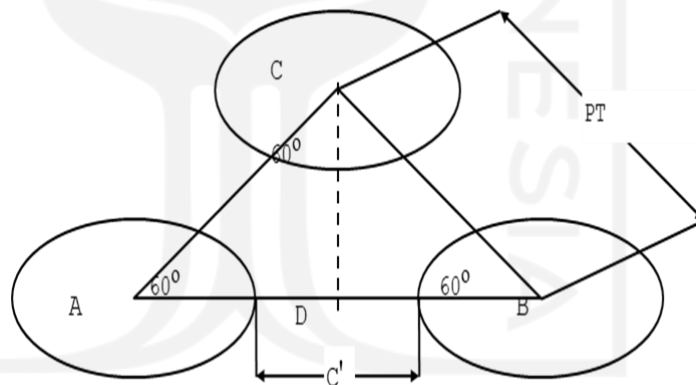
$$N_t \text{ min} = \frac{A_t}{A_o}$$

$$= 121.756 \text{ buah}$$

$$\text{Diambil } N_t = 121 \text{ buah}$$

## 12. Menentukan Diameter Reaktor

Pipa (tube) disusun dengan pola '*triangular pitch*' agar turbulensi yang terjadi pada aliran fluida dalam *shell* menjadi besar, sehingga akan memperbesar koefisien perpindahan panas konveksi ( $h_o$ ). Sehingga, transfer panas lebih baik dari pada susunan *square pitch* (Kern, 1983)



Gambar Susunan Tube dengan pola tringular

Susunan tube	= <i>triangular</i>
Pitch tube (PT)	= $1,25 \times O_{dt}$
	= 4,3750 in
	= 11,1125 cm
Clarence (C')	= $PT - O_{dt}$
	= 0,8750 in
	= 2,2225 cm

Untuk menghitung diameter shell, dicari luas penampang *shell* total (A total); Luas *shell* = Luas segitiga.

$$A_{total} = 2 \cdot Nt \cdot \text{Luas segitiga } ABC$$

$$\frac{\pi}{4} x ID_s^2 = 2 \cdot Nt / \left( \frac{1}{2} \cdot PT^2 \cdot \sin 60 \right)$$

$$\frac{\pi}{4} x ID_s^2 = 2 \cdot Nt / \left( \frac{1}{2} \cdot PT^2 \cdot 0,866 \right)$$

Jadi,

$$ID_s = \sqrt{\frac{4 \cdot Nt \cdot P_T^2 \cdot 0,866}{\pi}}$$

$$= 286,8496742 \text{ cm}$$

$$= 2,868496742 \text{ m}$$

$$= 112,9330036 \text{ in}$$

### 13. Menentukan Cp Pendingin

Jenis = Cooling water  
 Suhu (T) = 298,15 K = 25°C  
 Tekanan (P) = 1,35 atm

	K	C	F
<b>T in</b>	298,15	25	77
<b>T out</b>	303,15	30	86
<b>ΔT</b>	601,3	55	163

$$C_{pp} = 0,1152 + (0,0003402 \times T)$$

$$= 0,21663063 \text{ Cal/gr.K}$$

$$= 0,3902789921 \text{ Btu/lb.K}$$

$$= 0,0004771599 \text{ Btu/gr.K}$$

$$= 0,9068158172 \text{ J/gr.K}$$

**14. Menghitung Densitas Pendingin Pada T in**

$$\begin{aligned}\rho_p &= 1,3644 - (9,7073 \times 10^{-4} T_{in}) \\ &= 1,074976851 \text{ gram/cm}^3\end{aligned}$$

**15. Menghitung Konduktivitas Termal Pendingin Pada T in**

$$\begin{aligned}K_p &= 1,512 - 0,0010387 \times T_{in} \\ &= 1,202311595 \text{ cal/cm.jam.K} \\ &= 0,5033838186 \text{ kJ/m.jam.K} \\ &= 1,240655949 \text{ Btu/ft.jam.F}\end{aligned}$$

**16. Menghitung Viskositas Pendingin Pada T in**

$$\begin{aligned}\mu_p &= 35,5898 - 0,04212 \times T_{in} \\ \mu_p &= 23,031722 \text{ gr/cm.jam} \\ &= 0,006397700556 \text{ gr/cm.det} \\ &= 2,3031722 \text{ kg/m.jam} \\ &= 1,547658373 \text{ lb/ft.jam}\end{aligned}$$

**17. Menentukan Pendingin yang Dibutuhkan**

Pendingin yang dipakai adalah Cooling water :

$$\text{Suhu steam masuk (T in)} = 25 \text{ }^\circ\text{C} = 298,15 \text{ K} = 77 \text{ F}$$

$$\text{Suhu steam keluar (T out)} = 30 \text{ }^\circ\text{C} = 303,15 \text{ K} = 86 \text{ F}$$

$$C_p \text{ Cooling water} = 0,21663063 \text{ Cal/gr.K}$$

$$Q_h = -721736,3 \text{ kcal/jam}$$

$$= -721736302,1 \text{ kal/jam}$$

$$W_p = \frac{Q_H}{C_p \times \Delta T}$$

$$= 5540736,329 \text{ gr/jam}$$

$$= 5540,736329 \text{ kg/jam}$$

$$= 43882631,72 \text{ kg/tahun}$$

**18. Menghitung Koefisien Perpindahan Panas Overall (Ud)**

a. Tube Side

$$\begin{aligned} C_p &= 31,514334 \text{ kJ/kmol.K} \\ &= 0,91533 \text{ kJ/kg.K} \\ &= 0,26403672 \text{ Btu/lb.F} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu &= 0,0218873 \text{ g/cm.s} \\ &= 0,0126462 \text{ lb/ft.h} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k &= 6,33\text{E-}02 \text{ W/m.k} \\ &= 3,66\text{E-}02 \text{ Btu/ft.h.F} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} PR &= \frac{C_p \cdot \mu}{k} \\ &= 8,98\text{E-}01 \end{aligned}$$

$$G_T = 0,09582456983 \frac{\text{gram}}{\text{cm}^2} \cdot \text{detik}$$

$$D_t = 7,79272 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} Re &= \frac{G_T D_T}{\mu} \\ &= 4200 \end{aligned}$$

$$j_H = 16 \quad (\text{Dari figure 24 kern, Page 834 didapatkan nilai})$$

$$j_H = 12)$$

$$\begin{aligned} h_i &= j_H \cdot \left[ \frac{k}{IDt} \right] \cdot (Pr)^{1/3} \\ &= 0,763569 \frac{\text{btu}}{\text{jam}} \cdot \text{ft}^2 \cdot F \end{aligned}$$

$$h_{io} = 0,669322 \frac{\text{btu}}{\text{jam}} \cdot \text{ft}^2 \cdot F$$

*b. Shell Side*

Didalam shell digunakan pendingin, dengan spesifikasi sebagai berikut :

Sifat fisis pendingin → *liquid*

$$T = 350,15 \text{ K}$$

$$\begin{aligned} \mu_s &= 23,031722 \text{ gr/cm.jam} \\ &= 0,00639770 \text{ gr/cm.det} \\ &= 1,5476583 \text{ lb/ft.jam} \end{aligned}$$

CPs :

$$\begin{aligned} T &= 350,15 \text{ K} \\ \text{CPs} &= 0,21663063 \text{ Cal/gr.K} \\ &= 99,88490738 \text{ btu/lb.F} \\ &= 0,906815817 \text{ J/gr.K} \end{aligned}$$

Ks :

$$\begin{aligned} T &= 350,15 \text{ K} \\ \text{Ks} &= 1,240655949 \text{ Btu/ft.jam.F} \end{aligned}$$

Jadi :

$$\begin{aligned} \text{CPs} &= 99,88490738 \text{ btu/lb.F} \\ \mu_s &= 1,547653837 \text{ lb/ft.jam} \\ \text{Ks} &= 1,240655949 \text{ Btu/ft.jam.F} \end{aligned}$$

Menghitung bilangan Reynold di Shell (Res)

$$\begin{aligned} \text{IDs (diameter dalam shell)} &= 112,9330036 \text{ in} \\ \text{B (baffle Spacing)} &= 84,69975268 \text{ in (0,75*IDs)} \\ &\dots \text{ Kern, 1965} \end{aligned}$$

$$\text{PT (Pitch Tube)} = 4,3750 \text{ in}$$

$$\text{C' (jarak antar tube)} = 0,8750 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} \text{Ws (Laju aliran pemanas)} &= 5540,736329 \text{ kg/jam} \\ &= 12215,21813 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$

$$a_s = \frac{\text{IDs} \cdot \text{C}' \cdot \text{B}}{144 \cdot \text{PT}}$$

$$\begin{aligned} \text{As (flow area pada shell, } ft^2) &= 13,28527427 \text{ in}^2 \\ &= 0,092258111 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} G_s &= \frac{W_s}{a_s} \\ &= 417,0584828 \text{ lb/ft}^2 \cdot \text{h} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{De (Diameter Equivalen)} &= 2,53304 \text{ in} \\ &= 0,21107834 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Re_s &= \frac{G_s \cdot De}{\mu_s} \\ &= 682,596639 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 jH &= 14 \text{ (Dari figure 24 kern,} \\
 &\quad \text{Page 834 didapat } jH = 720) \\
 Ho &= jH \left( \frac{Ks}{De} \right) \left( \frac{Cps \cdot \mu s}{ks} \right)^{1/3} \\
 &= 411,001681 \frac{btu}{jam} \cdot ft^2 \cdot F
 \end{aligned}$$

c. *Clean Overall Coefficient (Uc)*

$$\begin{aligned}
 Uc &= \frac{h_{oo} \cdot h_o}{h_{io} + h_o} \\
 &= 0,6682346 \frac{btu}{jam} \cdot ft^2 \cdot F
 \end{aligned}$$

**19. Menentukan Rd (Dirty Factor)**

Dari buku kern, 1983 P. 107 didapatkan :

$$Rd \text{ Shell} = 0,0028 \text{ (Sources : Fig. 29, Kern, Page 839)}$$

$$Rd \text{ Tube} = 0,0003 \text{ (Sources : Fig. 26, Kern, Page 836)}$$

$$Rd = 0,0031 \text{ hr} \cdot ft^2 \cdot F$$

$$\begin{aligned}
 Ud &= \frac{1}{Rd + \frac{1}{Uc}} \\
 &= 0,6668398 \frac{btu}{jam} \cdot ft^2 \cdot F \\
 &= 3,2555122 \frac{kkal}{jam} \cdot m^2 \cdot K \\
 &= 0,7775660 \frac{Kj}{jam} \cdot m^2 \cdot K
 \end{aligned}$$

**20. Menghitung Panjang Reaktor**

Persamaan yang digunakan adalah :

- a. Persamaan neraca massa pada elemen volume

$$\frac{dx}{dZ} = \frac{(-r_A) \cdot Nt \cdot \pi \cdot (IDT)^2}{4 \cdot FA_0}$$

- b. Persamaan neraca panas pada elemen volume

$$\frac{dT}{dZ} = \frac{(-\Delta H_R) \cdot FA_0 \cdot \frac{dx}{dZ} - Ud \cdot \pi \cdot Od \cdot Nt \cdot (T - Tp)}{\sum Fi \cdot Cpi}$$

Dimana,



$$\Delta HR = \Delta HR_{298} + \int_{298}^1 \Delta C_p \cdot dT$$

c. Persamaan neraca panas pendingin

$$\frac{dT_s}{dz} = \frac{U_d \cdot \pi \cdot OD_t \cdot N_t \cdot (T - T_p)}{W_p \cdot C_{p_p}}$$

d. Persamaan Pressure drop

$$\frac{dP}{dz} = \frac{Gt}{\rho \cdot gc \cdot D_p} \cdot \frac{(1-\epsilon)}{(\epsilon)^3} \cdot \left( \frac{150 \cdot (1-\epsilon) \cdot \mu}{D_p} + 1,75 \cdot Gt \right)$$

$$(-r_A) = k_o \cdot \exp\left(\frac{-E_a}{R \cdot T}\right) \cdot \frac{F_{AO} \cdot (1-x)}{F_{TO}}$$

Pendekatan menghitung Pressure Drop dengan menggunakan Ergun Equation.

(Fogler, P. 154)

Dimana :

P = Pressure

$\phi$  = Porosity

gc = 32,1740 ft/s<sup>2</sup>.lbf (Conversion factor)

= 4,17E+08 lbf.ft/h<sup>2</sup>.lbf

(recall that for the metric system g, = 1.0)

D<sub>p</sub> = Diameter katalis

$\mu$  = Viskositas gas

z = Panjang pipa

u = superficial velocity

(volumetric flow:luas area pipa (m/jam))

$\rho$  = densitas gas

G =  $\rho \cdot u$

(superficial mass velocity, g/cm<sup>2</sup>.s)

D<sub>t</sub> = Diameter pipa

$\Delta P$  = Besarnya harus 0.01-0.00001 atm/cm<sup>2</sup> per tube

atau Pressure Drop total harus 3-15% tekanan

total

(Ullrich & H. f Rase)

(Ullrich & H. f Rase)

Persamaan diatas diselesaikan dengan cara euler

**Kondisi Masuk Reaktor :**

konversi awal ( $X_o$ ) = 0

posisi awal katalis ( $Z_o$ ) = 0

Temperature gas di tube ( $T_o$ ) = 350,15 K

Tekanan masuk pipa ( $P_o$ ) = 1,35 Atm

Temperatur pendingin ( $T_p$ ) = 298,15 K

Temperature referensi ( $T_{ref}$ ) = 298 K

Laju alir masuk ( $F_{ao}$ ) = 171,49 kmol/jam

Aliran total massa masuk ( $F_{to}$ ) = 8004,75 kg/jam

Suhu pendingin masuk shell ( $T_s$ ) = 298,15 K

Aliran massa pendingin masuk shell ( $W_s$ ) = 5540,73632 kg/jam

Diameter dalam tube ( $I_{dt}$ ) = 0,779272 m

Diameter luar tube ( $O_{dt}$ ) = 0,0889 m

Jumlah tube ( $N_t$ ) = 604 buah

Koef. perpindahan panas overall ( $U_d$ ) = 0,777566086 kJ/jam.m<sup>2</sup>.K

Diameter katalis ( $D_p$ ) = 0,004 m

Void Fraction ( $\epsilon$ ) = 0,3

Panas pembentukan standar ( $\Delta H_R$ ) = -108600 kJ/kmol

Konstanta kecepatan reaksi ( $k_o$ ) = 21,06919482 kmol/m<sup>3</sup>.jam

Kecepatan massa per satuan luas ( $G_t$ ) = 3449,684514 kg/m<sup>2</sup>.jam

$$\text{Konstanta gravitasi (g)} = 12713760000 \text{ m/jam}^2$$

$$\text{Kapasitas panas pendingin (cp p)} = 0,9068158172 \text{ kj/kg.K}$$

$$\text{cp s} = 0,21663063 \text{ kal/gr.K}$$

$$\text{Rg} = 1,987 \text{ kal/mol.K}$$

Dari data-data diatas, dapat ditentukan panjang pipa yang nantinya akan memengaruhi tinggi reaktor. Untuk menentukan tinggi reaktor tersebut, dilakukanlah iterasi dengan metode Runge-Kutta yang mana  $\Delta Z = 0,6$ . Dari hasil iterasi tersebut didapatkan :

Konversi (x)		
Suhu Gas Masuk (Tin)	350,15	K
Suhu Gas Keluar (Tout)	346,04232	K
Z (Panjang Pipa Tube)	14	M
Tekanan Masuk (P in)	1,35	atm
Tekanan Keluar (P out)	1,35	atm
Diameter Shell (IDS)	2,8684967	m
Suhu Pendingin Masuk (Ts in)	298,15	K
Suhu Pendingin Keluar (Ts out)	313,57161	K

## 21. Mechanical Design

### a. Tube

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

$$\text{OD} = 3,5 \text{ in}$$

$$\text{Sc Number} = 40 \text{ ft}$$

$$\text{ID} = 3,068 \text{ in}$$

$$\text{Flow area per tube} = 7,38 \text{ in}^2$$

Surface per lin.ft :

$$\text{Outside} = 0,917 \text{ ft}^2/\text{ft}$$

<i>Inside</i>	=	0,804 ft <sup>2</sup> /ft
<i>Weight per lin ft</i>	=	7,58 lb steel
Panjang pipa <i>tube</i>	=	551,1811024 in
Susunan <i>tube</i>	=	<i>Triangular pitch</i>
Jumlah pipa	=	604 buah
<i>Pitch</i> ( jarak antara 2 pusat pipa )	=	4,3750 in
<i>Clearance</i> ( jarak antara 2 pipa )	=	0,8750 in

Cek SC yang dipilih :

IDt	=	3,068 in
ODt	=	3,5 in
ketebalan	=	1,966 in
Tebal <i>Tube</i>	=	$\frac{P \times r}{f \times E - 0,6P} + C$
	=	0,125009175 in
Tekanan yang diijinkan ( f )	=	17500 psi
<i>Efficiency</i> pengelasan ( E )	=	0,85 (double welded butt joint)
Faktor korosi ( c )	=	0,125 in

(Sources : Brownell & Young page 342)

#### b. *Shell*

a) Tekanan Desain (maksimal *over design* 20%)

Tekanan Operasi	=	1,35 atm
	=	1,9845 psi
	=	1,3678875 bar

Tekanan Desain	=	2,3814 psi
----------------	---	------------

b) Bahan Konstruksi *Shell*

Dipilih material *Carbon Steel* SA 212 Grade B

(Brownell, P.253)

Dengan pertimbangan bahwa reaktor tidak berisi larutan maupun gas yang beracun dan juga suhu operasi antara -20 s/d 650°F

c) Tebal Dinding *Shell*

Tebal dinding shell dihitung dengan persamaan :

$$ts = \frac{P \times r}{f \times E - 0,6P} + c$$

(Sources : Brownell & Young, page 254)

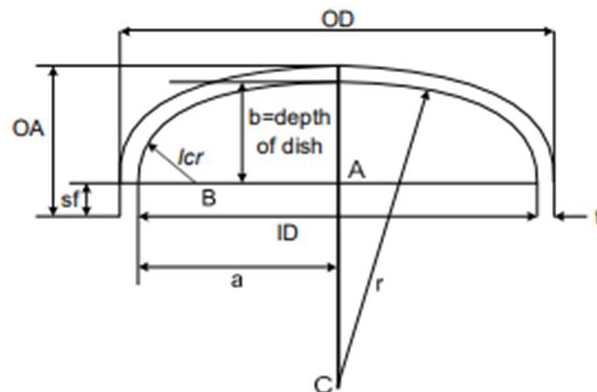
Dimana :

Ts	=	tebal dinding shell (in)
P	=	tekanan design (psi)
r = ( IDs/2 )	=	radius dalam shell (in)
E	=	efisiensi sambungan
f	=	allowable working stress (psi)
c	=	faktor korosi (in)
Tekanan yang diijinkan ( f )	=	17500 psi
Efficiency pengelasan ( E )	=	0,85
Faktor korosi ( c )	=	0,125 in
Dengan IDs	=	112,9329426 in
Tebal shell (ts)	=	0,134040818 in
Dipilih tebal dinding standar	=	0,625 in
ODs	=	IDs + 2 (Tebal <i>Shell</i> )
	=	114,1829426 in
OD Standar	=	46 in

c. Head Reaktor

a) Bentuk *Head*

Bentuk *Head* = *Ellipsoidal Head*



b) Bahan Kontruksi Head

Dipilih material **Carbon Steel SA 283 Grade C**

Dengan pertimbangan reaktor tidak berisi larutan maupun gas yang beracun dan suhu operasi antara -20 s/d 650°F

c) Tebal Head (tH)

Untuk *elipstical dished head*, Tebal head dihitung dengan persamaan 13.10 (Brownell and Young, 1959).

$$tH = \frac{pdi}{4fE-0,4p}$$

Dimana,

P = Tekanan Perancangan, Psi

f = Tekanan maksimum yang diizinkan pada bahan, Psi

C = Joint efficiency, in

E = Corrosion Allowance, in

Dipilih material Carbon Steel SA 283 Grade C, dari Brownell

Tabel 13.1, P.251 diperoleh :

P (Tekanan Design) = 2,3814 psi

d (Diameter) = 112,9329426 in

f (Tekanan maksimum) = 12650 psi

= 12635,3 psig

E (Efisiensi Pengelasan)= 0,85

= 85%

$$C \text{ (Faktor Korosi)} = 0,125 \text{ in}$$

$$\text{Tebal head reaktor (tH)} = 0,1312667941 \text{ in}$$

$$\text{Dipilih tebal head standar} = 0,3125 \text{ in}$$

(T-5.7, Hal. 89, Brownell and Young, 1959)

d) Tinggi Head

Dari Tabel 5,7 Brownell hal 90

$$t_s = 0,3125 \text{ in}$$

Didapat :

$$i_{cr} = 6 \frac{7}{8} \text{ in}$$

$$r = 114 \text{ in}$$

$$a = 0,5 * ID$$

$$= 56,4664713 \text{ in}$$

$$AB = a - i_{cr}$$

$$= 49,5915 \text{ in}$$

$$BC = r - i_{cr}$$

$$= 107,1250 \text{ in}$$

$$AC = (BC^2 - AB^2)^{1/2}$$

$$= 94,95499776 \text{ in}$$

$$b = r - AC$$

$$= 19,04500224 \text{ in}$$

Dari Tabel 5.6 Brownell hal 88 didapatkan :

$$S_f = 1 \frac{1}{2} - 4 \frac{1}{2} \text{ in (1,5 - 4,5 in)}$$

$$\text{Perancangan digunakan } s_f = 3 \text{ in}$$

$$\text{Tinggi Head (OA)} = t_h + b + s_f$$

$$= 22,35750224 \text{ in}$$

$$= 0,567880556 \text{ m}$$

e) Tinggi Reaktor

$$t_R = \text{Panjang tube} + \text{top tinggi head}$$

$$= 14,5679 \text{ m}$$

d. Volume Reaktor (VR)

$$a) \text{ Volume head (VH)} = 0.000049 \times ID_s^3$$

(Sources : Eq 5.11, P.88, Brownell, 1959)

$$= 70,576158 \text{ in}^3$$

$$= 0,0011565 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{b) Volume Shell (VS)} &= \frac{\pi}{4} \cdot (ID_s)^2 \cdot z \\ &= 5518299,459 \text{ in}^3 \\ &= 90,42892506 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c) Volume Reaktor (VR)} &= \text{Vol shell} + (\text{Vol top head}) \\ &= 5518370,035 \text{ in}^3 \\ &= 90,4300816 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{d) Waktu Tinggal (t)} &= V/Q \\ \text{Volume Tube} &= 4072,627471 \text{ in}^3 \\ &= 0,066738553 \text{ m}^3 \\ Q &= 0,002234948 \text{ m}^3/\text{s} \\ t &= 29,86133798 \text{ s} \end{aligned}$$

e. Spesifikasi Nozzle

Dipilih jenis *tube Carbon Steel*

a) Diameter Saluran Gas Umpan

$$D_{opt} = 293G^{0,53} \rho^{-0,37}$$

Dimana :

$$G \text{ (Kecepatan Umpan Masuk)} = 2,223542304 \text{ kg/s}$$

$$\rho \text{ (Densitas gas umpan mix)} = 2,20456878 \text{ kg/m}^3$$

$$D_{opt} = 334,0195826 \text{ mm}$$

$$= 13,15038437 \text{ in}$$

Kern, Tabel 11, Hal. 844, dipilih ukuran standart (Sch 20) :

$$ID = 13,25 \text{ in}$$

$$OD = 14 \text{ in}$$

b) Diameter Saluran Gas Keluar

Komposisi Keluar Reaktor (Gas) :

Komponen	Kmol/Jam	Yi	BM	BM.Yi
----------	----------	----	----	-------



CO	20.398	0.2092 963981	28.010	5.8624
Cl2	1.511	0.0155 034369	70.905	1.0993
H2	1.514	0.0155 317570 2	2.016	0.0313
COCl2	74.036	0.7596 68408	98.915	75.1426
total	97.458	1.000	199.846	82.136

$$\text{Densitas gas out } (\rho) = \frac{P \cdot BM}{R \cdot T}$$

$$P = 3,907707123 \text{ kg/m}^3$$

$$D_{opt} = 293G^{0,53} \rho^{-0,37}$$

Dimana :

$$G \text{ (Kecepatan Umpan Keluar)} = 2,223542304 \text{ kg/s}$$

$$\rho \text{ (Densitas gas keluar)} = 3,907707123 \text{ kg/m}^3$$

$$D_{opt} = 270,2654549 \text{ mm}$$

$$= 10,64037799 \text{ in}$$

Kern, Tabel 11. Hal 844, dipilih ukuran standart (Sch 20) :

$$ID = 12,09 \text{ in}$$

$$OD = 12,75 \text{ in}$$

c) Diameter Pendingin Masuk

$$\rho_p = 1,3644 - (9,7073 \times 10^{-4} T_{in})$$

$$= 1,074976851 \text{ gr/cm}^3$$

$$= 1074,976851 \text{ kg/m}^3$$

$$D_{opt} = 293G^{0,53} \rho^{-0,37}$$

(Sources : Coulson and Richardson vol.6, 1983, P.221, Eq 5.14)

Dimana :

$$\begin{aligned}
 G \text{ (Kecepatan Aliran Pendingin)} &= 2,223542304 \text{ kg/s} \\
 \rho \text{ (Densitas Pendingin)} &= 1074,976851 \text{ kg/m}^3 \\
 D_{opt} &= 33,82081035 \text{ mm} \\
 &= 1,331528686 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Kern, Tabel 11. Hal 844, dipilih ukuran standart (Sch 80):

$$\begin{aligned}
 ID &= 1,5 \text{ in} \\
 OD &= 1,9 \text{ in}
 \end{aligned}$$

d) Diameter Pendingin Keluar

$$\begin{aligned}
 \rho_p &= 1,3644 - (9,7073 \times 10^{-4} T_{in}) \\
 T_{\text{Pendingin Out}} &= 303,15 \text{ K} \\
 \rho_p &= 1,070123201 \text{ gr/cm}^3 \\
 &= 1070,123201 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

$$D_{opt} = 293G^{0,53}\rho^{-0,37}$$

Dimana :

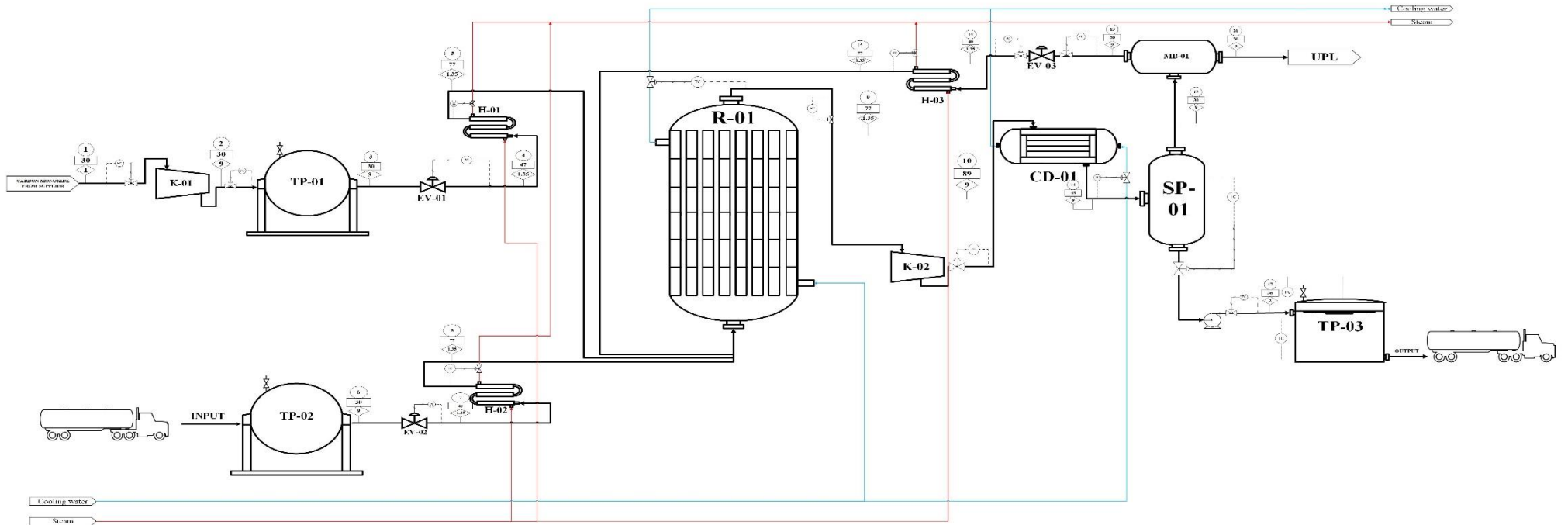
$$\begin{aligned}
 G \text{ (Kecepatan Aliran Pendingin)} &= 2,223542304 \text{ kg/s} \\
 \rho \text{ (Densitas Pendingin)} &= 1070,123201 \text{ kg/m}^3 \\
 D_{opt} &= 33,87748659 \text{ mm} \\
 &= 1,333760035 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Kern, Tabel 11. Hal 844, dipilih ukuran standart (Sch 80):

$$\begin{aligned}
 ID &= 1,5 \text{ in} \\
 OD &= 1,9 \text{ in}
 \end{aligned}$$

# LAMPIRAN B

## PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM PRA RANCANGAN PABRIK FOSGEN DARI KARBON MONOKSIDA DAN KLORIN KAPASITAS 56.000 TON/TAHUN



Komponen	ARUS																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
CO	2645.07	2645.07	2645.07	2645.07	2645.07	-	-	-	2645.07	571.34	571.34	541.75	541.75	541.75	541.75	-	29.58
Cl <sub>2</sub>	-	-	-	-	-	5356.63	5356.63	5356.63	107.13	107.13	107.13	36.76	36.76	36.76	36.76	-	70.37
COCl <sub>2</sub>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7323.23	7323.23	898.01	898.01	898.01	898.01	-	6425.22
H <sub>2</sub>	2.90	2.90	2.90	2.90	2.90	0.15	0.15	0.15	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	0.00
Total	2647.97	2647.97	2647.97	2647.97	2647.97	5356.78	5356.78	5356.78	8004.75	8004.75	8004.75	1479.57	1479.57	1479.57	1479.57	3.05	6525.18
Vaporfraction	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	99.95%	97.92%	18.45%	100%	100%	100%	100%	100%	0%

Keterangan Simbol	
	Trikoran, air
	Suhu, °C
	Saluran uap
	Control valve
	Pipa
	Sensor elektrik
	Sensor pressure

Instrumen Kontrol	
TC	Temperature Controller
PC	Pressure Controller
LC	Level Controller
FI	Flow Indicator

Keterangan Alat	
K	Kompresor
EV	Valve
IV	Injection Valve
I	Isenar
R	Reaktor
CD	Condenser
SP	Separator
AB	Absorber

**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**  
 FAKULTAS ENJINERAN INDUSTRI  
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
 SURABAYA 60132

PROSES ENJINERAN DI GW DIABERAMI  
 PRA RANCANGAN PABRIK FOSGEN DARI KARBON MONOKSIDA DAN  
 KLORIN  
 KAPASITAS 56.000 TON/TAHUN  
 DISUSUN OLEH:

1. Tereza Dharinda Akmaliah (1851070)  
 2. Nabila Isabella Yofani (18521090)

DIPERIKSA DAN DITUNJUKI OLEH:  
 DR. ANI PRAMUDHINI, S.T., M.T., S.T.  
 Chellia Tanayati, S.T., M.Eng.

### LAMPIRAN C

#### KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

1. Nama Mahasiswa : Tsania Rodhiati Al walidah  
No. MHS : 18521078
2. Nama Mahasiswa : Sakila Isabela Yafani  
No. MHS : 18521090

Judul Prarancangan :

Prarancangan Pabrik Fosgen dari Karbon Monoksida dan Klorin Kapasitas 58.000 ton/tahun

Mulai Masa Bimbingan : 13 Mei 2022

Batas Akhir Bimbingan : 9 November 2022

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1	3 Juni 2022	Pemilihan Judul Pra Rancangan Pabrik	
3	7 Juni 2022	Penentuan Judul	
2	4 Oktober 2022	Membuat Spesifikasi Alat	
3	5 Oktober 2022	Membuat Spesifikasi Alat	
4	19 Oktober 2022	Membuat Spesifikasi Alat	

5	20 Oktober 2022	Membuat Spesifikasi Alat	<i>Ha.</i>
6	21 Oktober 2022	Membuat spesifikasi Alat	<i>Ha.</i>
7	27 Oktober 2022	Membuat spesifikasi Alat	<i>Ha.</i>
8	28 Oktober 2022	Membuat spesifikasi Alat	<i>Ha.</i>
9	31 Oktober 2022	Membuat Neraca Panas	<i>Ha.</i>
10	1 November 2022	Membuat Neraca Panas	<i>Ha.</i>
11	7 November 2022	Menentukan Tata Letak	<i>Ha.</i>

Dosen Pembimbing 1

*Hidayat*  
 Dr. Arif Hidayat, S.T., M.T.

### KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN






1. Nama Mahasiswa : Tsania Rodhiati Al walidah  
No. MHS : 18521078
2. Nama Mahasiswa : Sakila Isabela Yafani  
No. MHS : 18521090

Judul Prarancangan :

Prarancangan Pabrik Fosgen dari Karbon Monoksida dan Klorin Kapasitas 58.000 ton/tahun

Mulai Masa Bimbingan : **13 Mei 2022**

Batas Akhir Bimbingan : **9 November 2022**

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1	3 Juni 2022	Pemilihan Judul Pra Rancangan Pabrik	
2	22 Juni 2022	Menentukan Kapasitas Pabrik	
3	12 Juli 2022	Menentukan Kapasitas Pabrik	
4	21 Juli 2022	Menentukan Proses Pembuatan Produk	
5	25 Juli 2022	Meninjau Termodinamika dan Kinetika	

6	27 Juli 2022	Menentukan Spesifikasi Bahan Baku dan Produk serta Hazard	<i>Apri</i>
7	4 Agustus 2022	Menentukan diagram alir	<i>Apri</i>
8	10 Agustus 2022	Menentukan Neraca Massa	<i>Apri</i>
9	16 Agustus 2022	Menentukan Neraca Massa	<i>Apri</i>
10	7 September 2022	Menentukan Neraca Massa	<i>Apri</i>

Dosen Pembimbing 2

*Apri*

Cholila Tamzysi, S.T., M.Eng.

### KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

1. Nama Mahasiswa : Tsania Rodhiati Al walidah  
No. MHS : 18521078
2. Nama Mahasiswa : Sakila Isabela Yafani  
No. MHS : 18521090

Judul Prarancangan :

Prarancangan Pabrik Fosgen dari Karbon Monoksida dan Klorin Kapasitas 58.000 ton/tahun

Mulai Masa Bimbingan : **10 Oktober 2022**

Batas Akhir Bimbingan : **8 April 2023**

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1	10 November 2022	Menentukan Layout Pabrik	
2	29 November 2022	Menentukan Utilitas	
3	9 Desember 2022	Menentukan Utilitas	
4.	12 Januari 2023	Tinjauan Naskah	

Dosen Pembimbing 1

  
Dr. Ari Hidayat, S.T., M.T.



### KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

3. Nama Mahasiswa : Tsania Rodhiati Al 154alidah

No. MHS : 18521078

4. Nama Mahasiswa : Sakila Isabela Yafani






No. MHS : 18521090

Judul Prarancangan :

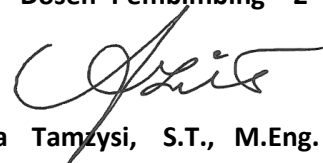
Prarancangan Pabrik Fosgen dari Karbon Monoksida dan Klorin Kapasitas 58.000 ton/tahun

Mulai Masa Bimbingan : **10 Oktober 2022**

Batas Akhir Bimbingan : **8 April 2023**

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1	21 November 2022	Menentukan Spesifikasi Alat	
2	30 November 2022	Menentukan PEFD	
3	5 Desember 2022	Menentukan PEFD	
4	14 Desember 2022	Menentukan Utilitas	
5.	10 Januari 2023	Tinjauan Naskah	

Dosen Pembimbing 2



Cholila Tamzysi, S.T., M.Eng.