

**PRARANCANGAN PABRIK *TRICRESYL PHOSPHATE* DARI *CRESOL* DAN
PHOSPHORUS OXYCHLORIDE KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN**

PRA RANCANGAN PABRIK

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



Disusun oleh:

Nama : Silvia Darwina

NIM : 18521204

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

2023

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL

**PRA RANCANGAN PABRIK *TRICRESYL PHOSPHATE* DARI *CRESOL*
DAN *PHOSPHORUS OXYCHLORIDE* KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Silvia Darwina

NIM : 18521204

Yogyakarta, 9 Maret 2023

Menyatakan bahwa seluruh hasil Pra Rancangan Pabrik ini telah disusun sesuai kaidah ilmiah. Jika dikemudian hari ditemukan pelanggaran, kami bersedia mempertanggungjawabkan sesuai peraturan yang berlaku. Demikian surat pernyataan ini kami buat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.



Silvia Darwina

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING
PRA RANCANGAN PABRIK *TRICRESYL PHOSPHATE* DARI *CRESOL*
DAN *PHOSPHORUS OXYCHLORIDE* KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN
PERANCANGAN PABRIK

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat

Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia

Oleh :

Nama : Silvia Darwina

NIM : 18521204

Yogyakarta, 9 Maret 2023

Pembimbing I



Dra. Kamariah, M.S

NIP: 825210201

Pembimbing I



Ajeng Yulianti Dwi Lestari, ST., M.T,

NIP: 155211305

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

**PRA RANCANGAN PABRIK *TRICRESYL PHOSPHATE* DARI *CRESOL*
DAN *PHOSPHORUS OXYCHLORIDE* KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN**

PERANCANGAN PABRIK

Oleh :

Nama : Silvia Darwina

NIM : 18521204

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, 3 April 2023

Tim Penguji

Dra. Kamariah, M.S

Ketua Penguji

Dr. Ariany Zulkania, S.t., M.Eng

Penguji I

Venitalitya Alethea Sari Augustia, S.T., M.Eng

Penguji II



4/4/2023

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Kimia
Fakultas Teknologi Industri



Cholifa Tamzysi, S.T., M.Eng.

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum 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 *Tricresyl phosphate* dari *Cresol* dan *Phosphorus oxychloride* Kapasitas 20.000 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. Allah SWT yang selalu melimpahkan Rahmat dan Hidayahnya yang senantiasa memberikan kemudahan dalam mengerjakan Tugas Akhir ini.
2. Orang Tua dan Keluarga yang selalu memberikan doa, semangat, dan dukungan yang tiada henti-hentinya.
3. Bapak Hari Purnomo, Prof., Dr., Ir., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Cholila Tamzysi, S.T., M.Eng. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia

5. Ibu Dra. Kamariah, M.S. selaku Dosen Pembimbing I dan Ibu Ajeng Yulianti Dwi Lestari, ST., M.T., selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
6. Seluruh civitas akademika di lingkungan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
7. Teman – teman Teknik Kimia 2018 yang selalu memberikan dukungan, semangat, dan kerja samanya.
8. 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, 9 Maret 2023



Silvia Darwina

LEMBAR PERSEMBAHAN

Puji syukur kami panjatkan kepada Allah SWT atas rahmatnya, karunianya kepada saya sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Saya sangat bersyukur kepada Allah SWT yang telah memberikan kesempatan untuk bisa menuntut ilmu dan menyelesaikan studi di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia. Atas kekuatan yang diberikan-Nya dan ridhonya, saya bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.

Terimakasih kepada Mama (Gusti Harni) dan Papa (Darwin) yang telah memberikan doa, semangat, motivasi dan kasih sayang yang sangat luar biasa. Terimakasih juga kepada uniang Seftia Wulan Darwina dan kakak Rossy Hardiyanti serta abang Perianto dan abang Juneldi yang selalu memberikan support dan semangat sehingga saya bisa berada di tahap ini. Tidak lupa saya ucapkan terimakasih kepada tiga keponakan saya, Adzka, Zivano dan Ken yang sangat saya sayangi.

Dosen pembimbing I Ibu Dra. Kamariah, M.S. dan Dosen pembimbing II Ibu Ajeng Yulianti Dwi Lestari, S.T., M.T. yang telah bersedia meluangkan waktu di tengah kesibukannya untuk membimbing, mengarahkan, memberi ilmu, dan menasehati saya.

Kontrakan kita (Hafni Khairani Siregar dan Gifty Dube Agdene), terimakasih telah membersamai perjalanan hidup saya selama di perantauan. Semoga bahagia selalu dan dimudahkan dalam mencapai segala impian yang diinginkan.

SM (Amel, Yogi, Clin dan Wahyu), terimakasih telah menjadi *support system* terbaik sedari Sekolah Menengah Pertama. Semoga bahagia selalu dan dimudahkan dalam mencapai segala impian yang diinginkan.

Teman-teman seperjuangan saya di Teknik Kimia yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu. Atas segala kenangan yang telah saya dapatkan di dalam kelas maupun di luar kelas. Semoga kita semua sukses baik dunia maupun akhirat. Semua pihak yang telah memberikan banyak bantuan dan arahan dalam penyusunan tugas akhir ini dari awal hingga akhir.

Last but not least, I wanna thank me, I wanna thank me for believing in me, I wanna 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 just being me at all times.

Silvia Darwina

Teknik Kimia UII 2018

DAFTAR ISI

HALAMAN DEPAN	i
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	iv
KATA PENGANTAR	v
LEMBAR PERSEMBAHAN	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR LAMBANG/NOTASI/SINGKATAN	xvii
ABSTRAK	xix
ABSTRACT	xx
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik	2
1.2.1 Kebutuhan Produk di Indonesia	2
1.2.2 Kapasitas Pabrik <i>Tricresyl Phosphate</i> yang Telah Berdiri	7
1.2.3 Ketersediaan Bahan Baku	7
1.3 Tinjauan Pustaka	8
1.3.1 <i>Tricresyl Phosphate</i> (TCP)	8
1.4 Proses Pembuatan <i>Tricresyl phosphate</i> (TCP)	9
1.5 Pemilihan Proses	10
1.5.1 Aspek Ekonomi	10
1.5.2 Aspek Teknik	12
1.6 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika Reaksi	13
1.6.1 Tinjauan Termodinamika	13
1.6.1.1 Panas Pembentukan Standar (ΔH_f^o)	13
1.6.1.2 Energi Gibbs (ΔG_f^o)	13
1.6.2 Tinjauan Kinetika Reaksi	15
BAB II PERANCANGAN PRODUK	16
2.1 Spesifikasi Bahan Baku	16

2.1.1	Bahan Baku	16
2.1.2	Impuritis Bahan Baku	18
2.2	Spesifikasi Bahan Pendukung	20
2.3	Spesifikasi Produk.....	21
2.4	Identifikasi Hazard	23
2.4.1	Identifikasi Hazard pada Bahan Baku.....	23
2.4.2	Identifikasi Hazard pada Bahan Pendukung	24
2.4.3	Identifikasi Hazard pada Produk.....	25
2.4.4	Identifikasi Hazard pada Produk Samping.....	25
2.5	Pengendalian Kualitas	26
2.5.1	Pengendalian Kualitas Bahan Baku	27
2.5.2	Pengendalian Kualitas Proses Produksi	27
2.5.3	Pengendalian Kualitas Produk	29
2.5.4	Pengendalian Kuantitas	29
BAB III PERANCANGAN PROSES.....		30
3.1.1	Spesifikasi Alat Pemisah.....	52
3.1.2	Neraca Massa Alat	64
3.1.3	SPESIFIKASI TANGKI PENYIMPANAN	54
BAB IV PERANCANGAN PABRIK		69
4.1	Lokasi Pabrik	69
4.1.1	Faktor Utama Penentuan Lokasi Pabrik.....	69
4.1.2	Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik	53
4.2	Tata Letak Pabrik	54
4.3	Tata letak alat proses	60
4.4	Organisasi Perusahaan	62
4.4.1	Bentuk Perusahaan	62
4.4.2	Struktur Organisasi	63
4.4.3	Tugas dan Wewenang	64
4.4.4	Menetapkan Jam Kerja.....	71
4.4.6	Fasilitas dan Hak Karyawan	75
BAB V.....		77
UTILITAS.....		77
5.1	Unit Penyedia dan Pengolahan Air (<i>Water Treatment System</i>)	78
5.1.1	Unit Penyedia Air.....	78

5.1.2	Unit Pengolahan Air.....	82
5.2	Unit Pembangkit Steam (<i>Steam Generation System</i>).....	88
5.3	Unit pembangkit Listrik (<i>Power Plant System</i>).....	89
5.4	Unit Penyedia Udara Tekan dan Bahan Bakar.....	94
5.5	Unit Pengolahan Limbah atau Air Buangan.....	94
5.6	Unit Penyedia <i>Dowtherm A</i>	95
5.7	Spesifikasi Alat Utilitas.....	96
BAB VI EVALUASI EKONOMI.....		116
6.1	Penaksiran Harga Alat.....	117
6.2	Dasar Perhitungan.....	119
6.3	Perhitungan Biaya.....	119
6.3.1	Modal (Capital Investment).....	119
6.3.2	Total Production Cost.....	121
6.4	Analisa Keuntungan.....	124
6.5	Analisa Kelayakan.....	124
6.5.1	Return On Investment (ROI).....	124
6.5.2	Pay Out Time (POT).....	125
6.5.3	Break Even Point (BEP).....	126
6.5.4	Shut Down Point (SDP).....	127
6.5.5	Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR).....	128
BAB VII PENUTUP.....		131
7.1	Kesimpulan.....	131
7.2	Saran.....	132
DAFTAR PUSTAKA.....		134
LAMPIRAN.....		137

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Data Impor <i>Tricresyl Phosphate</i> di Indonesia	3
Tabel 1.2 Produsen <i>tricresyl phosphate</i>	4
Tabel 2.1 Harga Bahan Baku dan Produk untuk Pembuatan <i>Tricresyl phosphate</i> dari dari <i>Cresol</i> dan <i>Phosphorus oxychloride</i>	8
Tabel 2.2 Harga Bahan Baku dan Produk untuk Pembuatan <i>Tricresyl phosphate</i> dari <i>Cresol</i> dan <i>Pentachloride</i>	8
Tabel 2.3 Pemilihan Proses berdasarkan Aspek Teknis.....	9
Tabel 2.4 Harga ΔH_f° masing - masing komponen.....	10
Tabel 2.5 Harga ΔG_f° masing - masing komponen	11
Tabel 2.6 Identifikasi Hazard Bahan Baku	21
Tabel 2.7 Identifikasi Hazard Bahan Pendukung.....	22
Tabel 2.8 Identifikasi Hazard Produk	22
Tabel 2.9 Identifikasi Hazard Produk Samping	23
Tabel 3.1 Neraca Massa Total.....	36
Tabel 3.2 Neraca Massa Mixer	36
Tabel 3.3 Neraca Massa Reaktor	37
Tabel 3.4 Neraca Massa Filter	37
Tabel 3.5 Neraca Massa Absorber	38
Tabel 3.6 Spesifikasi Heater 1 (HE-01).....	46
Tabel 3.7 Spesifikasi Cooler (CO-01)	46
Tabel 3.8 Neraca Panas Mixer	48
Tabel 3.9 Neraca Panas Reaktor	48
Tabel 3.10 Neraca Panas Rotary Vacuum Filter	48
Tabel 3.11 Neraca Panas Absorber.....	49
Tabel 3.12 Neraca Panas Heater.....	49
Tabel 3.13 Neraca Panas Cooler.....	49
Tabel 4.1 Rincian luas area pabrik	56
Tabel 4.2 Jadwal kerja karyawan non-shift.....	71
Tabel 4.3 Jadwal kerja karyawan khusus shift	72
Tabel 4.4 Jadwal Kerja Setiap Kelompok.....	75
Tabel 4.5 Jadwal Kerja Setiap Kelompok.....	75
Tabel 5.1 Kebutuhan Air Pendingin.....	86
Tabel 5.2 Kebutuhan Steam	86

Tabel 5.3 Kebutuhan air total	88
Tabel 5.4 Unit Pembangkit Listrik.....	90
Tabel 5.5 Kebutuhan Listrik Utilitas.....	90
Tabel 5.6 Kebutuhan Listrik	92
Tabel 5.7 Spesifikasi Pompa Utilitas 1	96
Tabel 5.8 Spesifikasi Pompa Utilitas 2.....	97
Tabel 5.9 Spesifikasi Pompa Utilitas 3.....	98
Tabel 5.10 Spesifikasi Pompa Utilitas 4.....	98
Tabel 5.11 Spesifikasi Pompa Utilitas 5.....	99
Tabel 5.12 Spesifikasi Pompa Utilitas 6.....	100
Tabel 5.13 Spesifikasi Pompa Utilitas 7.....	100
Tabel 5.14 Spesifikasi Pompa Utilitas 8.....	101
Tabel 5.15 Spesifikasi Pompa Utilitas 9.....	102
Tabel 5.16 Spesifikasi Pompa Utilitas 10.....	103
Tabel 5.17 Spesifikasi Pompa Utilitas 11.....	103
Tabel 5.18 Spesifikasi Pompa Utilitas 12.....	104
Tabel 5.19 Spesifikasi Pompa Utilitas 13.....	105
Tabel 5.20 Spesifikasi Pompa Utilitas 14.....	105
Tabel 5.21 Spesifikasi Pompa Utilitas 15.....	106
Tabel 5.22 Spesifikasi Pompa Utilitas 16.....	107
Tabel 5.23 Spesifikasi Pompa Utilitas 17.....	108
Tabel 5.24 Spesifikasi Pompa Utilitas 18.....	108
Tabel 5.25 Spesifikasi Pompa Utilitas 19.....	109
Tabel 5.26 Spesifikasi Pompa Utilitas 20.....	110
Tabel 5.27 Spesifikasi Pompa Utilitas 21.....	110
Tabel 5.28 Spesifikasi bak utilitas	111
Tabel 5.29 Spesifikasi Bak Penggumpal / Bak Flokulator	111
Tabel 5.30 Spesifikasi Clarifier/ Bak Pengendap I.....	112
Tabel 5.31 Spesifikasi Clarifier/ Bak Pengendap II.....	112
Tabel 5.32 Spesifikasi Penampung Sementara.....	112
Tabel 5.33 Spesifikasi Bak air pendingin I.....	113
Tabel 5.34 Spesifikasi Bak air pendingin II	113
Tabel 5.35 Spesifikasi Tangki Utilitas	113
Tabel 5.36 Spesifikasi Tangki Kaporit	114

Tabel 5.37 Spesifikasi Tangki Klorinasi	114
Tabel 5.38 Spesifikasi Tangki Air Bersih.....	114
Tabel 5.39 Spesifikasi Tangki Air Service	115
Tabel 5.40 Spesifikasi Tangki Air Bertekanan.....	115
Tabel 5.41 Spesifikasi Tangki NaCl	115
Tabel 5.42 Spesifikasi Tangki NaOH	115
Tabel 5.43 Spesifikasi Tangki Umpan Boiler	115
Tabel 5.44 Spesifikasi Tangki Air Demin	116
Tabel 5.45 Spesifikasi Tangki N ₂ H ₄	116
Tabel 5.46 Spesifikasi Screening.....	116
Tabel 5.47 Spesifikasi Bak Saringan Pasir	117
Tabel 5.48 Spesifikasi Cooling Tower	117
Tabel 5.49 Spesifikasi Blower Cooling Tower.....	117
Tabel 5.50 Spesifikasi Mixed Bed.....	117
Tabel 5.51 Spesifikasi Daerator	118
Tabel 6.1 Perencanaan Keuangan dan Analisis	120
Tabel 6.2 Direct Plant Cost (DPC).....	120
Tabel 6.3 Fixed Capital Investment (FCI)	120
Tabel 6.4 Working Capital (WC).....	121
Tabel 6.5 Direct Manufacturing Cost (DMC)	121
Tabel 6.6 Indirect Manufacturing Cost (IMC).....	122
Tabel 6.7 Fixed Manufacturing Cost (FMC)	122
Tabel 6.8 Manufacturing Cost (MC).....	123
Tabel 6.9 General Expenses (GE).....	123
Tabel 6.10 Total Production Cost (TPC)	123
Tabel 6.11 6.11 Fixed Cost (Fa).....	126
Tabel 6.12 Regulated Cost (Ra)	126
Tabel 6.13 Variable Cost (Va)	127
Tabel 6.14 Annual Sales (SA).....	127

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Grafik impor <i>triclesyl phosphate</i> di Indonesia	3
Gambar 1.2 Grafik Hubungan antara suhu terhadap konstanta kecepatan reaksi. 15	
Gambar 2.1 Struktur Molekul <i>Cresol</i>	15
Gambar 2.2 Struktur molekul <i>phosphorus oxychloride</i>	16
Gambar 2.3 Struktur molekul <i>phosphorus oxychloride</i>	17
Gambar 2.4 Struktur molekul <i>phenol</i>	18
Gambar 2.5 Struktur molekul <i>triclesyl phosphate</i>	19
Gambar 3.1 Diagram Alir Kualitatif	30
Gambar 4.1 Lokasi Pendirian Pabrik	50
Gambar 4.2 Tata Letak Pabrik	58
Gambar 4.3 Tata letak alat proses	61
Gambar 4.4 Struktur Organisasi	70
Gambar 4.5 Rincian Gaji Karyawan	74
Gambar 6.1 Grafik hubungan antara tahun dan indeks harga	118
Gambar 6.2 Grafik Break Even Point	129
Gambar 6.3 Break Even Point	130

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Perancangan Reaktor	136
Lampiran B Proses Engineering Flow Diagram (PEFD).....	153
Lampiran C Kartu Konsultasi Bimbingan Perancangan Pabrik.....	155



DAFTAR LAMBANG/NOTASI/SINGKATAN

T	: Suhu, °C
D	: Diameter, m
H	: Tinggi, m
P	: Tekanan, psia
μ	: Viskositas, cP
ρ	: Densitas, kg/m ³
Q	: Kebutuhan Kalor, kJ/Jam
A	: Luas Penampang, m ²
V	: Volume, m ³
T	: Waktu, jam
M	: Massa, kg
Fv	: Laju Volumetrik, m ³
Π	: Jari- jari, in
P	: Power motor, HP
Ts	: Tebal dinding, in
ΔP_T	: <i>Pressure drop</i> , psia
ID	: Diameter Dalam, in
OD	: Diameter Luar, in
Th	: Tebal Atap, in
Re	: Bilangan Reynold
Di	: Diameter pengaduk, m
ZL	: Tinggi cairan, m
Wb	: Lebar penyekat, m
Zi	: Jarak pengaduk dari tangki, in
F	: <i>Allowable Stress</i> , psia
E	: Efisiensi pengelasan
Icr	: Jari-jari sudut dalam, in
W	: Tinggi pengaduk, m

N : Kecepatan putaran, rpm

Ud : Koefisien transfer panas dalam keadaan kotor, Btu/jam ft²°F

Uc : Koefisien transfer panas dalam keadaan bersih, Btu/jam ft²°F

Rd : Faktor pengotor

Cp : Kapasitas Panas, Btu/lb °F

K : Konduktivitas termal, Btu/jam ft²°F

JH : *Heat transfer factor*

hi : *Inside film coefficient*, Btu/jam ft²°F

ho : *Outside film coefficient*, Btu/jam ft²°F

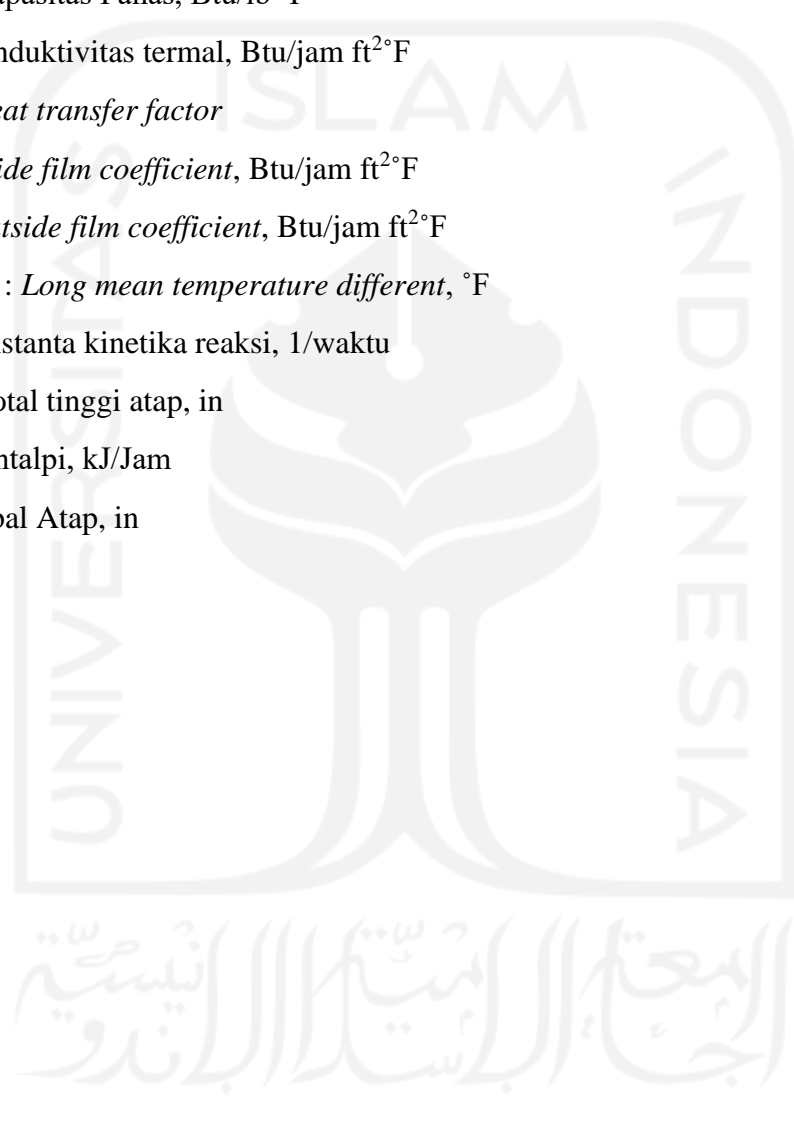
LMTD : *Long mean temperature different*, °F

k : Konstanta kinetika reaksi, 1/waktu

Wf : Total tinggi atap, in

ΔH : Entalpi, kJ/Jam

th : Tebal Atap, in



ABSTRAK

Tricresyl phosphate (TCP) merupakan bahan yang digunakan dalam aplikasi industri seperti *plasticizers* (bahan pelunak) di industri *Polyvinyl Chloride* (PVC), zat penghambat api pada plastik dan karet, serta sebagai bahan aditif tambahan dalam cairan. Pabrik *Tricresyl phosphate* dengan kapasitas produksi 20.000 ton/tahun direncanakan berdiri di Kawasan Industri JIPE, Kabupaten Gresik, Provinsi Jawa Timur. Bahan baku yang digunakan berupa *Cresol* dan *Phosphorus oxychloride* diperoleh dari Lanxess, Jerman. Sedangkan katalis magnesium klorida didapatkan dari China. Kebutuhan air diperoleh dari Sungai Bengawan Solo. Pabrik ini beroperasi selama 24 jam dengan jumlah tenaga kerja sebanyak 152 orang. Dalam proses pembuatan *tricresyl phosphate* dibutuhkan bahan baku *cresol* sebanyak 17.524,18466 ton/tahun, *Phosphorus oxychloride* sebanyak 8.282,42165 ton/tahun. Reaksi berlangsung dalam reaktor alir tangki berpengaduk (RATB) yang beroperasi pada suhu 200°C dan tekanan 1 atm. Produk reaktor kemudian dimurnikan dan diperoleh *tricresyl phosphate* 93%. Hasil evaluasi pabrik *tricresyl phosphate* ini menunjukkan modal tetap sebesar Rp. Rp322.205.248.466, modal kerja sebesar Rp. 203.412.450.966, keuntungan setelah pajak sebesar Rp. 110.683.540.696, ROI sebelum pajak 44,04% dan setelah pajak 34,35% POT sebelum dan sesudah pajak sebesar 1,9 dan 2,3 tahun. BEP sebesar 40,00%. Shut Down Point (SDP) sebesar 24,97% dan DCFR sebesar 26,03%. Berdasarkan evaluasi ekonomi dapat disimpulkan bahwa pabrik *tricresyl phosphate* secara ekonomi layak untuk didirikan dan memiliki potensi besar untuk dikembangkan baik dipasar nasional ataupun internasional.

Kata kunci: *Cresol, Perancangan Pabrik, Phosphorus oxychloride, Tricresyl Phosphate*

ABSTRACT

Tricresyl phosphate (TCP) is a material used in industrial applications such as plasticizers (softeners) in the Polyvinyl Chloride (PVC) industry, fire retardants in plastics and rubber, as well as additives in liquids. The *Tricresyl phosphate* factory with a production capacity of 20,000 tons/year is planned to be built in the JIPE Industrial Area, Gresik Regency, East Java Province. The raw materials used are *Cresol* and *Phosphorus oxychloride* obtained from Lanxess, Germany. While the magnesium klorida catalyst was obtained from China. The water requirement is obtained from the Bengawan Solo River. This factory operates 24 hours a day with a workforce of 152 people. In the process of making *tricresyl phosphate*, 17,524.18466 tons/year of *cresol* is required, and 8.282,42165 tons/year of *Phosphorus oxychloride*. The reaction takes place in a stirred tank flow reactor (RATB) operating at a temperature of 2000C and a pressure of 1 atm. The reactor product was then purified and 93% *tricresyl phosphate* was obtained. Based on the results of economic analysis, this *tricresyl phosphate* factory is a high risk factory, because it has an ROI value of 44.00%. The evaluation results for the *tricresyl phosphate* factory show that the fixed capital is Rp. IDR 322,205,248,466, working capital of IDR. 203,412,450,966, profit after tax of Rp. 110,683,540,696, POT before and after tax of 1.9 and 2.3 years. BEP of 40.00%. Shut Down Point (SDP) of 24.97% and DCFR of 26.03%. Based on the economic evaluation, it can be concluded that the *tricresyl phosphate* plant is economically feasible to establish and has great potential to be developed both in the national and international markets.

Keywords: *Cresol, Factory Design, Phosphorus oxychloride, Tricresyl Phosphate*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tricresyl phosphate (TCP) merupakan salah satu jenis organofosfat, banyak digunakan dalam aplikasi industri seperti *plasticizers* (bahan pelunak) dalam industri *Polyvinyl Chloride* (PVC), zat penghambat api pada plastik, dan karet, serta sebagai bahan aditif tambahan dalam cairan (Zhou, L., dkk: 2020). *Tricresyl phosphate* juga digunakan sebagai bahan pelarut untuk proses ekstraksi dengan memanfaatkan sifat hidrofobik *tricresyl phosphate* terhadap air, sebagai bahan pembuat vernis nitroselulosa, bahan peledak, insektisida, bahan pengkilap kuku, tinta cetak, *paper coating* dan bahan aditif *gasoline* untuk mengambil *tetraethyllead* dari campuran minyak yang diolah (Othmer: 1978). Wujud *tricresyl phosphate* berupa cairan kental, tidak berwarna, tidak berbau, tidak larut dalam air, larut dalam cairan organik dan tidak menyerap air.

Terdapat beberapa metode pembuatan *tricresyl phosphate* seperti pembuatan proses *tricresyl phosphate* dengan bahan baku *cresol* dan *phosphorus oxychloride* menggunakan katalis $MgCl_2$. Selain itu, juga terdapat pembuatan *tricresyl phosphate* dari proses dengan bahan baku *cresol* dan *phosphorus pentachloride*. Proses pembuatan *tricresyl phosphate* dengan bahan baku *cresol* dan *phosphorus oxychloride* menggunakan katalis $MgCl_2$ dipilih pada pendirian pabrik dengan pertimbangan harga bahan baku $POCl_3$ lebih murah dibandingkan dengan menggunakan bahan baku PCl_5 , tidak membutuhkan air untuk reaksi sehingga lebih efisien, dan telah banyak diaplikasikan pada berbagai pabrik.

Industri *triclesyl phosphate* saat ini belum tersedia. Selama ini *triclesyl phosphate* masih di impor dari Amerika dan Jepang. Impor *triclesyl phosphate* masih jauh dari kata cukup untuk memenuhi kebutuhan *triclesyl phosphate* di Indonesia. Dikutip dari data Badan Pusat Statistik (BPS) data impor *triclesyl phosphate* Indonesia pada tahun 2018 mencapai 21 ribu ton.

Atas dasar besarnya jumlah impor *triclesyl phosphate* Indonesia maka pendirian pabrik *triclesyl phosphate* akan memiliki prospek yang sangat menjanjikan. Disamping untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri yang terus bertambah setiap tahunnya, produk ini diharapkan mampu bersaing di pasar internasional. Hal inilah yang mendasari pendirian pabrik *triclesyl phosphate* dengan harapan dapat memenuhi kebutuhan *triclesyl phosphate* serta membantu perekonomian bangsa untuk kesejahteraan masyarakat serta menghemat devisa negara dengan berkurangnya ketergantungan impor.

1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik

Kapasitas produksi merupakan hasil maksimum dari produksi yang dapat dihasilkan dalam satuan waktu tertentu (Kusuma, 2019). Dalam penentuan kapasitas pabrik *triclesyl phosphate* terdapat beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan, antara lain: kapasitas pabrik yang telah berdiri, ketersediaan bahan baku dan kebutuhan produk.

1.2.1 Kebutuhan Produk di Indonesia

a. Supply

- **Impor**

Pemenuhan kebutuhan *triclesyl phosphate* selama ini dipenuhi oleh kegiatan impor. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistika (BPS) Indonesia,

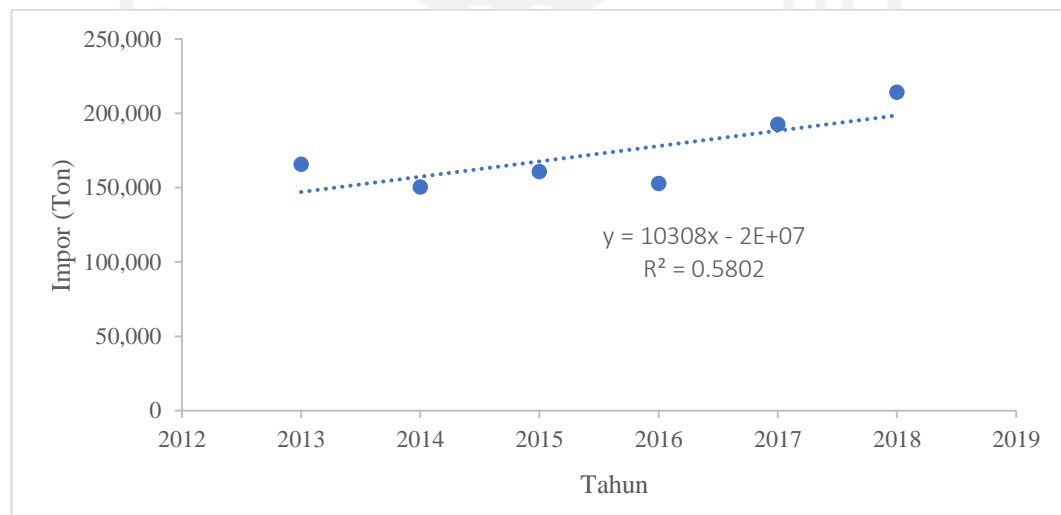
perkembangan jumlah kebutuhan impor *triclesyl phosphate* Indonesia pada tahun 2013-2018 ditunjukkan pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Data Impor *Triclesyl Phosphate* di Indonesia

Tahun	Impor (ton/tahun)
2013	16.584,583
2014	15.052,731
2015	16.091,243
2016	15.281,492
2017	19.269,505
2018	21.431,728

(Sumber: Badan Pusat Statistik, 2022)

Dari tabel 1.1. dapat dibuat persamaan grafiknya dengan metode regresi linear hubungan antara kebutuhan impor *triclesyl phosphate* pada tahun 2027.



Gambar 1.1. Grafik impor *triclesyl phosphate* di Indonesia

Dari gambar 1.1 grafik hubungan antara kebutuhan impor *triclesyl phosphate* pada tahun 2027 diperoleh persamaan $y = 10308x - 2E+07$. Jika pabrik

direncanakan akan dibangun pada tahun 2027 maka dengan menggunakan persamaan tersebut dapat diketahui bahwa jumlah impor benzena di Indonesia pada tahun 2027 sebesar:

$$y = 10308x - 2E+07$$

$$y = ((10308)*2027)-(20000000)$$

$$y = 894.316 \text{ ton/tahun}$$

- **Produksi**

Hingga saat ini pabrik Tricresyl Phosphate di Indonesia belum ada sehingga dalam data produksi dalam negeri belum tersedia.

b. Demand

- Ekspor

Kebutuhan Tricresyl phosphate dalam negeri hingga saat ini dipenuhi dengan kegiatan impor, selain itu pabrik tricresyl phosphate juga belum ada di Indonesia. Hal ini menunjukkan bahwa kegiatan ekspor tidak memungkinkan untuk dilakukan.

- Konsumsi

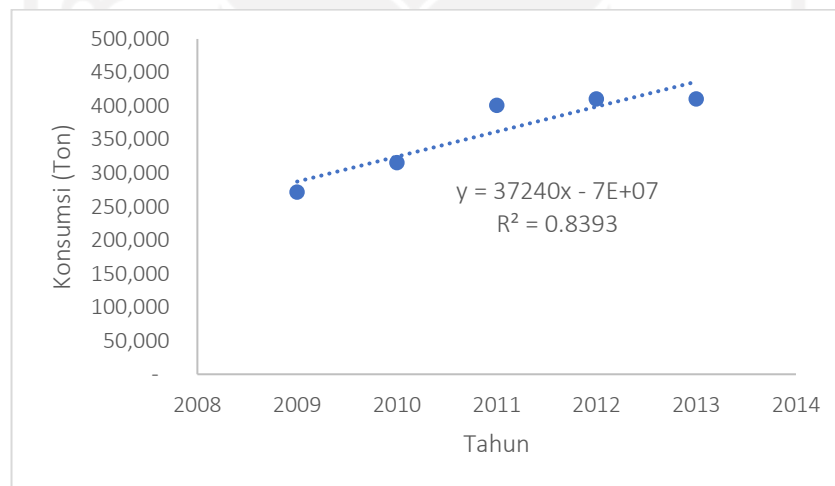
Untuk menentukan kapasitas produksi pabrik *tricresyl phosphate* juga dibutuhkan data konsumsi *tricresyl phosphate* di Indonesia. *Tricresyl phosphate* biasanya digunakan pada industri PVC. Adapun kapasitas pabrik PVC di Indonesia dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1.2 Data Konsumsi

Tahun	Konsumsi (Ton)
2009	271,700
2010	315,400
2011	400,900
2012	410,400
2013	410,400

(Sumber: Badan Pusat Statistik, 2022)

Dari tabel 1.2. dapat dibuat persamaan grafiknya dengan metode regresi linear hubungan antara konsumsi *tricresyl phosphate* pada tahun 2027.



Gambar 1.2 Grafik konsumsi PVC di Indonesia

Untuk menentukan nilai konsumsi *tricresyl phosphate* di Indonesia maka digunakan data konsumsi PVC dan diasumsikan *tricresyl phosphate* digunakan sebanyak 17% dari kapasitas produksi pabrik PVC di Indonesia. Dari grafik didapatkan persamaan $y = 37240x - 7E + 07$. Dengan menggunakan persamaan tersebut didapatkan bahwa konsumsi PVC sebesar :

$$y = 37240x - 7E + 07$$

$$y = (37240 \cdot 2027) - (70000000)$$

$$y = 932.532 \text{ ton/tahun.}$$

Kemudian, dari proyeksi impor, ekspor, konsumsi, dan produksi untuk tahun 2027.

Maka, peluang pasar tricresyl phosphate dapat ditentukan kapasitas rancangan pabrik sebagai berikut:

$$\text{Peluang} = \text{Demand} - \text{Supply}$$

$$\text{Peluang} = (\text{Ekspor} + \text{Konsumsi}) - (\text{Impor} + \text{Produksi})$$

$$\text{Peluang} = (0 + 932.532 \text{ ton/tahun}) - (894.316 + 0 \text{ ton/tahun})$$

$$\text{Peluang} = 38.216 \text{ ton/tahun}$$

Untuk kapasitas pabrik yang akan didirikan diambil 55% dari peluang sebesar:

$$\text{Kapasitas produksi} = 55\% \times \text{Peluang}$$

$$\text{Kapasitas Produksi} = 55\% \times 38.216 \text{ ton/tahun}$$

$$\text{Kapasitas Produksi} = 21.018 \text{ ton/tahun}$$

Dari data hasil perhitungan penentuan kapasitas rancangan pabrik diatas maka pabrik tricresyl phosphate akan dibangun dengan kapasitas sebesar 20.000 ton/tahun.

1.2.2 Kapasitas Pabrik *Tricresyl Phosphate* yang Telah Berdiri

Penentuan kapasitas pabrik *tricresyl phosphate* perlu mempertimbangkan pabrik yang telah berdiri. Hal ini diperlukan untuk memberikan rentang kapasitas pabrik yang layak untuk didirikan karena hanya pabrik yang menguntungkan yang akan tetap berdiri.

Tabel 1.3 Produsen *tricresyl phosphate*

No	Pabrik	Kapasitas (Ton/Tahun)
1	Ajinomoto Co., Inc (Yokkaichi, Japan)	10.000
2	Daihachi Chemical (Handa, Aichi, Japan)	10.000
3	Bayer AG (Leverkusen, Germany)	12.000
4	Zangjiagang Fortune Chem (China)	15.000
5	FMC Corp (Trafford Park, United Kingdom)	40.000

(Sumber: Rudnick & Shubkin: 1999)

Dari tabel di atas, dapat diketahui bahwa pendirian pabrik *tricresyl phosphate* akan beroperasi dengan baik dan menguntungkan pada rentang kapasitas yang lebar yaitu antara 10.000 – 40.000 ton/tahun.

1.2.3 Ketersediaan Bahan Baku

Pertimbangan lain dalam menentukan kapasitas pabrik *tricresyl phosphate* adalah ketersediaan bahan baku. Pabrik yang akan didirikan harus selalu mendapatkan *supply* bahan baku secara terus menerus dan sebisa mungkin didapatkan dari dalam negeri. Akan tetapi, jika tidak terdapat bahan baku dari dalam negeri maka akan dilakukan impor bahan baku dari luar negeri dengan pertimbangan dampak ekonomis. Ketersediaan bahan baku *cresol* dan *phosphorus*

oxychloride diimpor dari Lanxess, Jerman. Bahan baku katalis Magnesium Klorida ($MgCl_2$) diimpor dari Weifang Haizhiyuan Chemistry and Industry China.

Dalam menentukan kapasitas pabrik, terdapat dua metode analisis yaitu dengan menghitung kebutuhan produk di masa yang akan datang atau dengan mempertimbangkan ketersediaan bahan baku yang tersedia. Dalam hal ini metode yang digunakan adalah menghitung kebutuhan produk di masa yang akan datang. Hal ini dikarenakan ketergantungan impor yang terus meningkat.

Berdasarkan beberapa faktor diatas, maka dipilih kapasitas 20.000 ton/tahun sebagai kapasitas optimum pabrik ini, dengan harapan dapat memenuhi kebutuhan 55% kebutuhan *tricresyl phosphate* dalam negeri. Kapasitas 20.000 ton/tahun juga sudah termasuk dalam rentang kapasitas pabrik yang telah berdiri yaitu antara 10.000-40.000 ton/tahun.

1.3 Tinjauan Pustaka

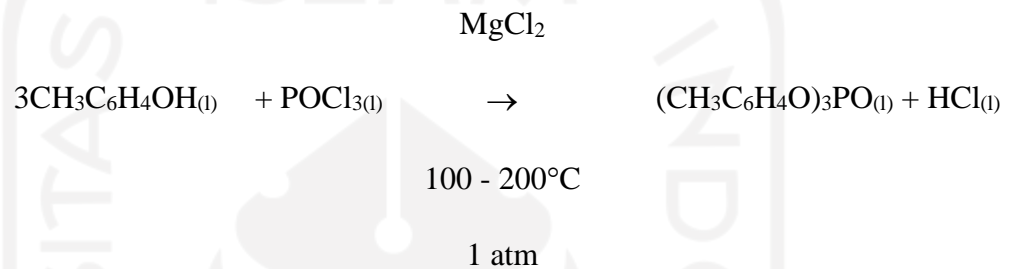
1.3.1 Tricresyl Phosphate (TCP)

Tricresyl phosphate atau *tri-p-tolyl phosphate* merupakan bahan kimia dengan rumus molekul $C_{21}H_{21}O_4P$ yang digunakan sebagai bahan plasticizer (bahan pelunak) dalam PVC. Menurut Waldo L. Semon (1926), PVC menjadi sangat elastis jika dipanaskan dalam cairan TCP. Semakin banyak TCP yang digunakan, maka PVC akan semakin elastis dan sebaliknya PVC akan menjadi keras jika TCP yang digunakan sedikit. Contoh aplikasi TCP dalam bidang industri adalah seperti kulit imitasi, plastik untuk alas meja dan sebagainya. TCP juga digunakan sebagai lubricants (bahan pelumas), *cable coating* (pelapis kabel) dan bahan penyusun cat kuku (Kirk and Othmer, 1978).

1.3.2 Proses Pembuatan *Tricresyl Phosphate* (TCP)

Beberapa proses produksi *tricresyl phosphate* (TCP) antara lain sebagai berikut.

1. Pembuatan TCP dengan bahan baku *Cresol* dan *Phosphorus oxychloride* menggunakan katalis MgCl_2 .

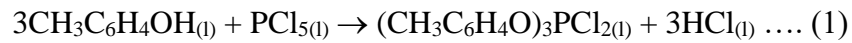


Reaksi antara *cresol* dan *phosphorus oxychloride* dijalankan dalam Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) pada suhu 100-200°C dan tekanan atmosferis. Perbandingan mol reaksi antara *Cresol* dan *Phosphorus oxychloride* yaitu 3:1 dengan waktu reaksi diantara 1-3 jam. Yield teknik yang diperoleh berdasarkan *cresol* sebesar 93-98%. (US Patent 2,960,524).

Katalis yang digunakan adalah katalis klorida Anhydrous Friedel-Crafts berbentuk bubuk seperti Al, Fe, Cr, Ti, Sn, Zn, Mg atau Ca. (US Patent 2,870,292). Katalis yang paling efektif untuk digunakan adalah magnesium klorida, karena dapat mempertahankan campuran reaksi berada pada fase cair sehingga mudah dalam proses pengadukan. Jumlah katalis yang digunakan antara 1-10% mol *phosphorus oxychloride* tetapi yang lebih sering digunakan 5%. (US Patent 2,960,524).

2. Pembuatan TCP dengan bahan baku *cresol* dan *phosphorus pentachloride*
Pembuatan TCP dari CaCl_2 dan H_2SO_4 . Salah satu proses dalam pembuatan

tricresyl phosphate adalah dengan mereaksikan senyawa *cresol* dengan *phosphorus penta chloride*, dengan reaksi sebagai berikut.



Dalam pembuatan *tricresyl phosphate* dengan bahan baku *cresol* dan *phosphorus pentachloride* adalah sebagai berikut. *Cresol* diinputkan ke dalam reaktor kemudian ditambahkan PCl_5 secara perlahan. Penambahan secara kontinyu dengan laju alir 5 lb per menit untuk 900 lb *cresol*. Air hangat yang berisi sejumlah uap air dihembuskan ke dasar reaktor. Panas reaktor didapat dari reaksi eksotermis dan temperature dipelihara pada suhu 80°C dengan cara mengatur laju alir penambahan PCl_5 . Setelah semua PCl_5 dimasukkan laju udara dari uap air dilanjutkan sampai reaksi hidrolisis sempurna. HCl yang diperoleh diambil dan dipindahkan ke *system recovery*. *Tricresyl phosphate* mentah kemudian dipindahkan dari reaktor dan dimurnikan. Konversi yang diperoleh sekitar 85 sampai 90 % dengan basis berat *cresol*.

1.3.3 Pemilihan Proses

a. Aspek Ekonomi

Tinjauan ekonomi dalam pemilihan proses pembuatan TCP dihitung dengan mengalikan mol reaksi, berat molekul dan harga dari setiap senyawa seperti yang disajikan pada tabel 2.1 dan 2.2 berikut.

Tabel 2.1. Harga Bahan Baku dan Produk untuk Pembuatan *Tricresyl phosphate* dari *Cresol* dan *Phosphorus oxychloride*

Komponen	BM (kg/mol)	Harga (U\$/kg)
HCl	36,5	0,45
POCl ₃	153,33	1,00
CH ₃ C ₆ H ₄ OH	108,14	1,00
(CH ₃ C ₆ H ₄ O) ₃ PO	386,36	6,00

(www.chemicalbook.com)

Berdasarkan data dari Tabel 2.1, maka dapat dilakukan perhitungan EP sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 EP &= [\text{BM} \times \text{Harga Produk}] - [\text{BM} \times \text{Biaya Bahan Baku}] \\
 &= [(386,36 \times \text{U\$ } 6,00) + (3 \times 36,5 \times \text{U\$ } 0,45)] - [(3 \times 108,14 \times \text{U\$ } \\
 &\quad 1) + (153,33 \times \text{U\$ } 1)] \\
 &= [(2210,16 + 49,275)] - [(324,42 + 153,33)] \\
 &= (2259,435 - 477,75) \\
 &= \text{U\$ } 1.781,685 / \text{kg } (\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_4\text{O})_3\text{PO}
 \end{aligned}$$

Tabel 2.2. Harga Bahan Baku dan Produk untuk Pembuatan *Tricresyl phosphate* dari *Cresol* dan *Pentachloride*

Komponen	BM (kg/mol)	Harga (U\$/kg)
HCl	36,5	0,45
PCl ₅	208,24	1,98
CH ₃ C ₆ H ₄ OH	108,14	1,00
(CH ₃ C ₆ H ₄ O) ₃ PO	386,36	6,00
H ₂ O	18	-

(www.chemicalbook.com)

$$\begin{aligned}
 EP &= [BM \times \text{Harga Produk}] - [BM \times \text{Biaya Bahan Baku}] \\
 &= [(1 \times 368,36 \times \text{U\$ } 6) + (5 \times 36,5 \times \text{U\$ } 0.45)] - [(3 \times 108,14 \times \text{U\$ } \\
 &1) + (1 \times 18 \times \text{U\$ } 0) + (1 \times 208,22 \times \text{U\$ } 1.98)] \\
 &= \text{U\$ } 1.555,59 / \text{kg } (\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_4\text{O})_3\text{PO}
 \end{aligned}$$

b. Aspek Teknik

Pertimbangan tinjauan teknis dilakukan berdasarkan analisa dari kondisi operasi dan alat yang digunakan.

Tabel 2.3. Pemilihan Proses berdasarkan Aspek Teknis

No.	Aspek Pertimbangan	Proses 1	Proses 2
1	Fase Reaksi	Cair-Cair	Cair-Cair
2	Suhu Reaksi	100-200°C	90-210°C
3	Tekanan Reaksi	1 atm	Tekanan Vacum
4	Katalis	MgCl ₂	Tanpa katalis
5	Bahan Pembantu	Tanpa Bahan Pembantu	CO ₂
6	Yield	95-98%	89,4%
7	reaktor	RATB	Batch
8	Produk Samping	HCl	HCl
9	Potensial Ekonomi	U\$ 1.781,685	U\$ 1.555,59

Berdasarkan berbagai peninjauan yang ditunjukkan tabel 2.3. maka dapat disimpulkan bahwa proses yang paling menguntungkan adalah proses 1 yakni pembuatan *tricresyl phosphate* dengan bahan baku *cresol* dan *phosphorus oxychloride* menggunakan katalis MgCl₂.

1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika Reaksi

1.4.1 Tinjauan Termodinamika

1.4.1.1 Panas Pembentukan Standar (ΔH_f°)

Aspek ini bertujuan untuk mengetahui panas reaksi dan reaksi berlangsung secara spontan atau tidak, serta arah reaksi (*reversible/irreversible*). Penentuan sifat reaksi eksotermis atau endotermis dapat ditentukan dengan perhitungan panas pembentukan standart (ΔH_f°) pada $P = 1 \text{ atm}$ dan $T = 298 \text{ K}$. Ditinjau dari segi termodinamika dengan harga-harga ΔH_f° masing-masing komponen pada suhu 25°C (298 K) dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2.4. Harga ΔH_f° masing - masing komponen

Komponen	ΔH_f° (kJ/mol)
HCl	-92,3
POCl ₃	-558,5
CH ₃ C ₆ H ₄ OH	-128,62
(CH ₃ C ₆ H ₄ O) ₃ PO	-851

(Yaws, 1999)

Maka,

$$\begin{aligned}
 \Delta H_r^\circ(298\text{K}) &= \sum \Delta H_f \text{ produk} - \sum \Delta H_f \text{ reaktan} \\
 &= (\Delta H_f (\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_4\text{O})_3 \text{ PO} + 3x\Delta H_f \text{ HCl}) - (3x (\Delta H_f \\
 &\quad \text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_4\text{OH} + \Delta H_f \text{ POCl}_3)) \\
 &= [(-851) + (3)] - [(3 \times (-92,30)) - [-128,62) + (-558,5)] \\
 &= -183,54 \text{ kJ/mol} \\
 &= -183540 \text{ J/mol}
 \end{aligned}$$

Harga ΔH yang dihasilkan bernilai negatif, maka reaksi bersifat **eksotermis**.

1.4.1.2 Energi Gibbs (ΔG_f°)

Perhitungan energi gibbs (ΔG_f°) digunakan untuk menentukan arah reaksi.

ΔG_f° bernilai positif (+) menunjukkan bahwa reaksi tersebut tidak dapat berlangsung secara spontan, sehingga dibutuhkan energi tambahan dari luar

yang cukup besar. Sedangkan ΔG_f° bernilai negatif (-) menunjukkan bahwa reaksi tersebut dapat berlangsung secara spontan. Berikut merupakan Harga ΔG_f° masing-masing komponen pada suhu 298 K dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2.5. Harga ΔG_f° masing - masing komponen

Komponen	ΔG_f° (kJ/mol)
HCl	-95,30
POCl ₃	-512,90
CH ₃ C ₆ H ₄ OH	-37,07
(CH ₃ C ₆ H ₄ O) ₃ PO	-1350,82

(Yaws, Carl L., 1999)

Bila ditinjau dari energi bebas Gibbs diperoleh:

$$\begin{aligned}
 \Delta G_r^\circ (298 \text{ K}) &= \sum \Delta G_f^\circ \text{ produk} - \sum \Delta G_f^\circ \text{ reaktan} \\
 &= \{[(1 \times (-1350,82)) + (3 \times (-95,30))] - [(3 \times (-37,07)) + (1 \times (-512,90))]\} \\
 &= [(-1636,72) - (-624,11)] \\
 &= -1012,61 \text{ kJ/mol}
 \end{aligned}$$

Nilai konstanta kesetimbangan pada keadaan standar.

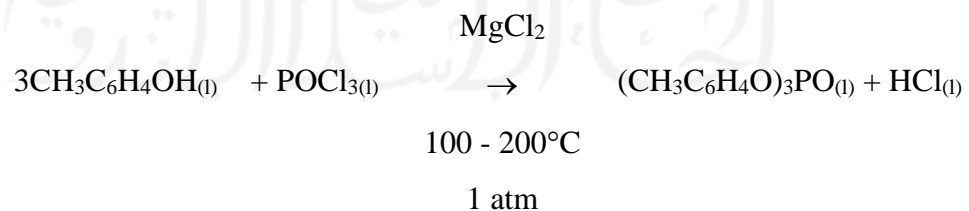
$$\begin{aligned}
 \Delta G_r^\circ (298 \text{ K}) &= -RT \ln K_{298} \\
 \ln K_{298} &= \frac{\Delta G_r^{298}}{-RT} \\
 \ln K_{298} &= \frac{-1012,61 \text{ kJ/mol}}{\frac{0,008314 \text{ kJ}}{\text{mol.K}} \times 298 \text{ K}} \\
 \ln K_{298} &= 408,7106 \\
 K_{298} &= e^{408,7106} \\
 K_{298} &= 3,1679 \times 10^{77}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \ln \frac{K_{473}}{K_{298}} &= \frac{-\Delta H_{298K}}{R} \left[\frac{1}{T_{473}} - \frac{1}{T_{298}} \right] \\ \ln \frac{K_{473}}{3,1679 \times 10^{177}} &= \frac{-(-183,54) \frac{kJ}{mol}}{0,0008314 \frac{kJ}{mol \cdot K}} \left[\frac{1}{473} - \frac{1}{298} \right] \\ \ln \frac{K_{473}}{3,1679 \times 10^{177}} &= -27,40825 \\ \ln \frac{K_{473}}{3,1679 \times 10^{177}} &= e^{-27,40825} \\ \frac{K_{473}}{3,1679 \times 10^{177}} &= 1,2495 \times 10^{-12} \\ K_{473} &= 3,9584 \times 10^{165} \\ K &= \frac{k_1}{k_2} \\ K &= 8,003 \times 10^{11} \\ \ln K_{473} &= -\frac{\Delta G_{473}}{RT} \\ \ln 3,9584 \times 10^{165} &= -\frac{\Delta G_{473}}{0,0008314 \frac{kJ}{mol \cdot K} \times 473K} \\ \Delta G_{473} &= -1,499,4799 \frac{kJ}{mol} \end{aligned}$$

Nilai yang didapat bernilai negatif (-), sehingga reaksi pada suhu 473 K berjalan spontan. Untuk harga konstanta kesetimbangan K (k_1/k_2) relatif besar dimana harga k_2 lebih kecil dibandingkan dengan harga k_1 sehingga reaksi dianggap berlangsung secara *irreversible*.

1.4.2 Tinjauan Kinetika Reaksi

Reaksi Pembentukan TCP



Berdasarkan penelitian kinetika reaksi Miroslav Magura (1988) reaksi pembentukan *Tricresyl phosphate* dari *Cresol* dan *Phosphorus oxychloride*

merupakan reaksi orde 2, sehingga kecepatan reaksi tersebut dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$(-r_a) = k \cdot (C_A) \cdot (C_B)$$

Dengan:

r = Laju Reaksi ($\text{mol}/\text{dm}^3 \cdot \text{jam}$)

k = konstanta laju reaksi ($\text{dm}^3/\text{mol} \cdot \text{jam}$)

C_A = Konsentrasi *Cresol* (mol/dm^3)

C_B = Konsentrasi *Phosphorus oxychloride* (mol/dm^3)

Tabel 2.6 Nilai k pada suhu 90 - 100C

T (°C)	k ($\text{dm}^3/\text{mol} \cdot \text{jam}$)
90	0.013
95	0.015
100	0.048
110	0.087

(Magura, dkk, 1988)

Untuk mendapatkan nilai k pada suhu operasi reaktor dilakukan ekstrapolasi dari data yang tersaji pada tabel menggunakan pendekatan persamaan Arrhenius sebagai berikut:

$$k = A \exp \frac{-E_a}{RT}$$

(Coker, 2001, pers 3-251 p:180)

Keterangan :

k : konstanta kecepatan reaksi ($\text{mol}/\text{dm}^3 \cdot \text{jam}$)

A : faktor frekuensi tumbukan reaksi (faktor pre-eksponensial, ($\text{dm}^3 / \text{mol} \cdot \text{jam}$))

E_a : energi atau tenaga aktivasi reaksi (kJ/mol atau J/mol)

T : suhu absolut (K)

Linearisasi persamaan (1) menjadi:

$$\ln k = \ln A - \frac{Ea}{RT} \quad \dots\dots (2)$$

Dengan melakukan regresi linear, persamaan (2) didekati dengan bentuk persamaan linear sebagai berikut:

$$Y = A' + BX$$

Keterangan :

Y : $\ln k$

A' : $\ln A$

B : $-Ea/R$

X : $1/T$

Menggunakan persamaan least square maka nilai A dan Ea dapat ditentukan sehingga proses ekstrapolasi nilai k pada suhu yang diinginkan dapat dilakukan :

$$\sum Y = A'n + B \sum X \quad \dots\dots(3)$$

$$\sum XY = A' \sum X + B \sum X^2 \quad \dots\dots(4)$$

Tabel 2.7 Data Linearisasi

T (°C)	T (K)	k (dm ³ /mol.jam)	Y = $\ln k$	X = $1/T$	XY	X ²
90	363	0.013	-4.342805	0.002754820	-0.01196365	0.0000075890
95	368	0.015	-4.199705	0.002717391	-0.01141224	0.0000073842
100	373	0.048	-3.036554	0.002680965	-0.008140896	0.0000071875
110	383	0.087	-2.44184	0.002610966	-0.006375580	0.0000068171
Jumlah			-14.02091	0.01076414	-0.03789237	0.0000289779

Substitusi nilai terhitung berdasarkan tabel diatas kedalam persamaan least square (3) dan (4) menjadi :

$$-14,0209 = 4 A + 0,01076 B \quad \dots(5)$$

$$-0,03789 = 0,01076 A + 0,000028978 B \quad \dots(6)$$

Eliminasi persamaan (5) dan (6) sebagai berikut :

$$-14,0209 = 4 A \quad + 0,01076 B \quad | \times 0,01976$$

$$-0,03789 = 0,01076 A + 0,000028978 B \quad | \times 4$$

$$-0,15092 = 0,04306 A + 0,000115867 B$$

$$-0,15157 = 0,04306 A + 0,000115912 B$$

$$0,000646 = -0,000000045102952 B$$

$$B = -14331,01731$$

Substitusi nilai B ke persamaan (5) sebagai berikut :

$$-14,0209 = 4 A + 0,01076 (-14331,01731)$$

$$A = 35,06005$$

Sehingga persamaan menjadi:

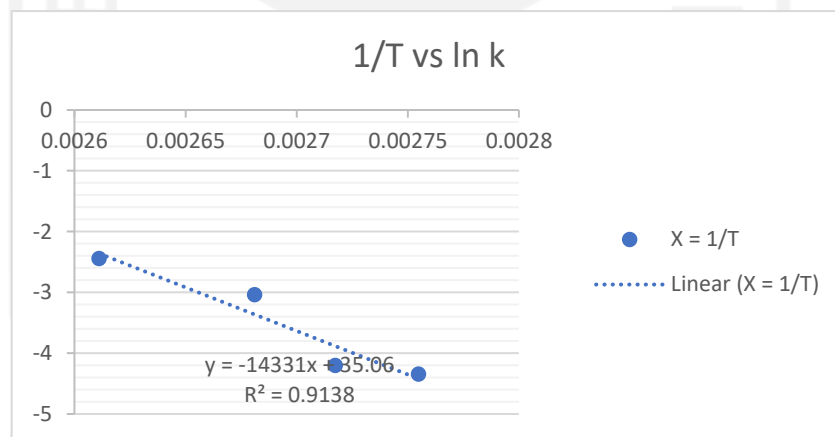
$$Y = A' + BX$$

$$Y = 35,06005 + (-14331,01731)$$

$$\ln k = \ln A - \frac{Ea}{RT}$$

$$\ln k = 35,06005 - \frac{14331,01731}{RT}$$

Berdasarkan data yang tersaji pada tabel diatas diperoleh hubungan antara $1/T$ (x) dan $\ln k$ (y) sebagai berikut:



Gambar 1.2 Hubungan antara suhu terhadap konstanta kecepatan reaksi

Dimana berdasarkan persamaan garis yang ada diperoleh:

$$A' = \ln A$$

$$\ln A = 35,06005$$

$$A = 1,6842 \times 10^{15} \text{ dm}^3/\text{mol.jam}$$

$$B = -Ea/R = -14331,0173$$

$$E_a/R = 14331,0173$$

$$E_a = 119148,0779 \text{ J/mol} = 119,1481 \text{ kJ/kmol}$$

$$\text{Maka nilai } k = 1,6842 \times 10^{15} e^{\frac{-14331,0173}{RT}}$$

Nilai k pada suhu 200°C

$$k = 1,6842 \times 10^{15} e^{\frac{-14331,0173}{(200+273)K}}$$

$$k = 116.971,8423 \text{ L/mol.jam}$$



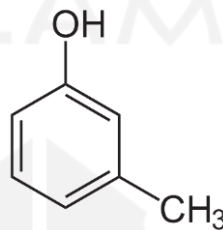
BAB II

PERANCANGAN PRODUK

2.1 Spesifikasi Bahan Baku

2.1.1 Bahan Baku

a. *Cresol*



Gambar 2.1 Struktur Molekul *Cresol*

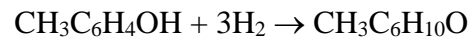
Sifat Fisik

Rumus Molekul	: $\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_4\text{OH}$
Berat Molekul	: 108,14 kg/kmol
Wujud	: Cair
Titik Didih	: 203°C
Densitas	: 1,135 g/ml
Viskositas	: 35,06 cP
Kemurnian	: 99,5%
Impurities	: <i>Phenol</i> ($\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$)
Flammable	: Lower 1,3%
Kelarutan dalam air	: 2.5g/100ml pada 20-25°C
Sifat Bahan	: Mudah terbakar, <i>non – volatile</i> dan korosif

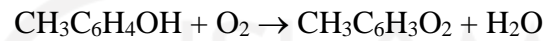
(Lanxess, Jerman)

Sifat Kimia

1. Hidrogenasi



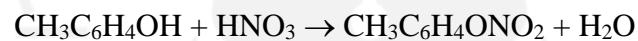
2. Oksidasi



2. Substitusi *cresol* dengan halogen

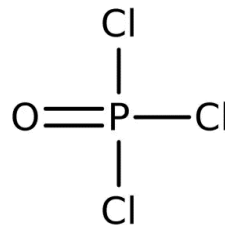


3. Nitrasi



(Kirk and Othmer: 1994)

b. *Phosphorus oxychloride*



Gambar 2.2 Struktur molekul *phosphorus oxychloride*

Sifat Fisika

Rumus Molekul : POCl_3

Berat Molekul : 153,33 kg/kmol

Wujud : Cair

Titik Didih : 223°C

Densitas : 1,645 g/ml

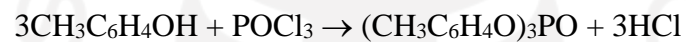
Viskositas	: 1,157 cP
Kemurnian	: 99,99%
Impurities	: PCl ₃
Sifat Bahan	: Tidak mudah meledak, korosif dan <i>volatile</i>
Kelarutan	: Reaktif terhadap air

(Lanxess, Jerman)

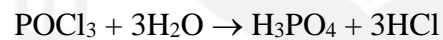
Sifat Kimia

1. POCl₃ bereaksi dengan *cresol* membentuk *tricresyl phosphate* dengan

HCl



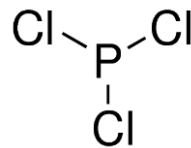
2. POCl₃ dalam air akan terurai atau terhidrolisis



(Kirk and Othmer: 1994)

2.1.2 Impuritis Bahan Baku

- a. *Phosphorus Trichloride*

Gambar 2.3 struktur molekul *phosphorus oxychloride***Sifat Fisika**

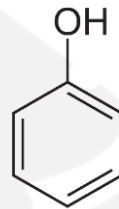
Rumus Molekul	: PCl ₃
Berat Molekul	: 137,33 kg/kmol
Wujud	: Cair
Titik Didih	: 76,25°C

Densitas : 1,566 g/ml
 Viskositas : 0,548 Cp
 Kelarutan : Larut dalam senyawa benzene
 Reaktif terhadap air

Sifat Bahan : Tidak mudah meledak, korosif dan *volatile*

(Lanxess, Jerman)

b. *Phenol*



Gambar 2.4 Struktur molekul *phenol*

Rumus Molekul : C_6H_5OH

Berat Molekul : 94,11 kg/kmol

Wujud : Cair

Titik Didih : 181,99°C

Densitas : 1,0722 g/ml

Viskositas : 3,49 cP

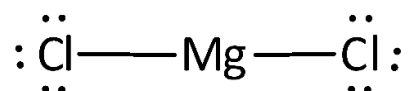
Sifat Bahan : Mudah terbakar, *non – volatile*, dan korosif

Kelarutan : 84gr/l dalam air pada suhu 20°C

(Lanxess, Jerman)

2.2 Spesifikasi Bahan Pendukung

a. Magnesium Klorida



Gambar 2.5 Struktur Molekul Magnesium Klorida

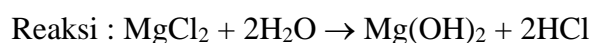
Sifat Fisika

Rumus Molekul	: MgCl ₂
Berat Molekul	: 95,21 kg/kmol
Wujud	: powder (bubuk)
Titik Didih	: 1412°C
Titik Lebur	: 714°C
Densitas	: 2,33 g/ml
Kemurnian	: 99,5%
Kelarutan pada air 20°C	: 54,6 g/100ml
Sifat Bahan	: Tidak mudah meledak dan tidak mudah terbakar

Kelarutan : Larut dalam air

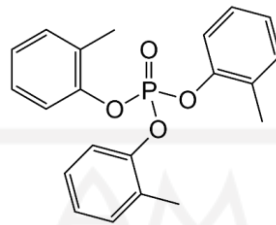
(Weifang Haizhiyuan Chemistry and Industry China)

Sifat Kimia



2.3 Spesifikasi Produk

a. *Tricresyl Phosphate*



Gambar 2.6 struktur molekul *tricresyl phosphate*

Sifat Fisika

Rumus Molekul	: $(\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_4\text{O})_3\text{PO}$
Berat Molekul	: 368,37 kg/kmol
Wujud	: Cair
Titik Didih	: 275°C
Densitas	: 1,165 g/ml
Viskositas	: 73,987 cP
Kemurnian	: 94%
Kelarutan	: Tidak larut dalam air
Sifat Bahan	: Mudah terbakar pada suhu tinggi

(Faith and Keyes, 1975)

Sifat Kimia

1. *Tricresyl phosphate* rentan terhadap pembentukan gas *phosphine* yang sangat beracun dan mudah terbakar dengan adanya zat pereduksi kuat seperti hidrida
2. *Tricresyl phosphate* terhidrolisis dengan cepat dalam larutan alkalin

(Inchem.org, 2022)

b. Hidrogen Klorida

H-Cl

Gambar 2.7 Struktur Molekul Hidrogen Klorida

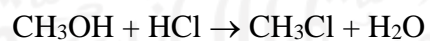
Sifat Fisika

Rumus Molekul	: HCl
Berat Molekul	: 36,46 kg/kmol
Wujud	: Cair
Titik Didih	: -84,85°C
Densitas	: 1,045 g/ml
Viskositas	: 0,045 cP
Kelarutan pada air 20°C	: 72 gr HCl/100 ml air
Sifat Bahan	: Tidak mudah meledak, beracun dan korosif

(Kirk Othmer: 1981)

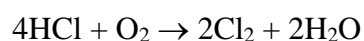
Sifat Kimia

1. HCl bereaksi dengan metanol pada suhu 340 – 350°C membentuk metil klorida



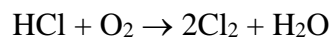
2. *The Deacon Process*

Oksidasi fase uap dengan udara atau oksigen dengan katalis mangan pada suhu optimum 430 – 475°C



3. Reaksi dengan zat pengoksidasi

HCl dan O₂ bereaksi dalam keadaan gas menghasilkan klorin



(Ullman, 1989)

2.4 Identifikasi Hazard

2.4.1 Identifikasi Hazard pada Bahan Baku

Tabel 2.6 Identifikasi Hazard Bahan Baku

Identifikasi Hazard Bahan Kimia dalam Proses									
Komponen	Hazard							Keterangan	Pengelolaan
	Explosiv	Flammab	Toxic	Corrosiv	Irritant	Oxidizin	Radioact		
<i>Phosphorus oxychloride</i>			✓	✓	✓				<p>Cuci muka, tangan, dan kulit yang terpapar secara menyeluruh setelah menangani</p> <p>Jangan makan, minum atau merokok saat menggunakan produk ini</p> <p>Jangan menghirup debu/asap/gas/kabut/uap/semprotan</p> <p>Gunakan hanya di luar ruangan atau di area yang berventilasi baik</p> <p>Kenakan pelindung pernapasan</p> <p>Kenakan sarung tangan pelindung/pakaian pelindung/pelindung mata/pelindung wajah</p> <p>Simpan hanya di wadah aslinya</p>
<i>Cresol</i>		✓	✓	✓					<p>Cuci muka, tangan, dan kulit yang terpapar secara menyeluruh setelah menangani</p> <p>Jangan makan, minum atau merokok saat menggunakan produk ini</p> <p>Kenakan sarung tangan pelindung/pakaian</p>

									pelindung/pelindung mata/pelindung wajah Jangan menghirup debu/asap/gas/kabut/uap/sem- rotan Gunakan hanya di luar ruangan atau di area yang berventilasi baik Jauhkan dari panas/percikan api/api terbuka/permukaan panas. - DILARANG MEROKOK
--	--	--	--	--	--	--	--	--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

2.4.2 Identifikasi Hazard pada Bahan Pendukung

Tabel 2.7 Identifikasi Hazard Bahan Pendukung

Identifikasi Hazard Bahan Kimia dalam Proses									
Komponen	Hazard							Ketera- ngan	Pengelolaan
	Explosiv	Flammab	Toxic	Corrosiv	Irritant	Oxidizin	Radioact		
Magnesium klorida					✓				Ventilasi umum yang baik harus cukup untuk mengontrol tingkat udara. Fasilitas penyimpanan atau pemanfaatan bahan ini harus dilengkapi dengan fasilitas pencuci mata dan pancuran keselamatan.

2.4.3 Identifikasi Hazard pada Produk

Tabel 2.8 Identifikasi Hazard Produk

Identifikasi Hazard Bahan Kimia dalam Proses									
Komponen	Hazard							Keterangan	Pengelolaan
	Explosiv	Flammab	Toxic	Corrosiv	Irritant	Oxidizin	Radioact		
<i>Tricresyl phosphate</i>		✓						Flash Point 234°C	Memakai alat pelindung diri/pelindung wajah. Pastikan ventilasi yang memadai. Menghindari pencernaan dan inhalasi. Hindari kontak dengan kulit, mata atau pakaian. Hindari pembentukan debu. Simpan wadah tertutup rapat di tempat yang kering, sejuk dan berventilasi baik. Cegah produk masuk ke saluran pembuangan. Jauhkan produk dari panas dan sumber api.

2.4.4 Identifikasi Hazard pada Produk Samping

Tabel 2.9 Identifikasi Hazard Produk Samping

Identifikasi Hazard Bahan Kimia dalam Proses									
Komponen	Hazard							Keterangan	Pengelolaan
	Explosiv	Flammab	Toxic	Corrosiv	Irritant	Oxidizin	Radioact		
Hydrogen Chloride			✓	✓					Kenakan sarung tangan pelindung, pakaian pelindung, pelindung mata, pelindung pernapasan, dan/atau pelindung wajah

									Simpan di tempat yang sejuk dan berventilasi baik. suhu tidak boleh melebihi 125°F (52°C) Jangan menghirup gas/uap Jangan sampai terkena mata, kulit, atau pakaian.
--	--	--	--	--	--	--	--	--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

2.5 Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas merupakan kegiatan yang dilakukan agar kebijaksanaan terkait standar atau mutu dapat tercermin pada hasil akhir. Pengawasan kualitas dapat membuat perusahaan selalu berusaha memperbaiki kualitas serta mengurangi kerugian akibat adanya kerusakan-kerusakan. (Sofyan Assauri, 2004). Dikutip dari sebuah jurnal oleh Heni Nastiti, Sofyan Assauri menjelaskan bahwa terdapat beberapa tujuan dilakukannya pengendalian kualitas antara lain sebagai berikut.

1. Agar barang hasil produksi berhasil memenuhi standar kualitas yang telah ditetapkan.
2. Agar biaya inspeksi menjadi serendah mungkin
3. Agar biaya untuk mendesain produk dan proses pada kualitas tertentu dapat menjadi serendah mungkin
4. Agar biaya produksi menjadi serendah mungkin

(Sumber: Sofyan Assauri: 2004).

Pengendalian kualitas pada pabrik *triclesyl phosphate* ini terdiri dari pengendalian kualitas bahan baku, pengendalian kualitas proses dan pengendalian kualitas produk. Agar produk yang diproduksi dapat sesuai dengan spesifikasi yang dirancang maka proses produksi memerlukan pengawasan dan pengendalian agar

didapatkan mutu sesuai standar serta waktu produksi berjalan sesuai jadwal yang ada.

2.5.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Pengendalian kualitas bahan baku dilakukan untuk mengawasi kualitas bahan baku yang akan digunakan dalam proses produksi agar memenuhi syarat yang ditentukan untuk proses. Pada pabrik *triclesyl phosphate* ini diharapkan produk hasil produksi dapat mencapai standar mutu yang telah ditentukan serta jumlah produksi dan jadwal yang tepat sesuai dengan perencanaan. Oleh karena itu, sebelum proses produksi dimulai perlu dilakukan pengecekan bahan baku berupa pengecekan kemurnian *cresol* dan *phosphorus oxychloride*, tekanan dan temperature pada gas, dan lainnya. Apabila didapatkan yang tidak sesuai maka akan dilakukan tindakan lebih lanjut.

2.5.2 Pengendalian Kualitas Proses Produksi

Dalam pengendalian proses produksi pabrik *triclesyl phosphate* dilakukan pada alat-alat pengendalian yang berfungsi sebagai *system control*. Adapun tujuan dilakukannya pengendalian kualitas proses produksi adalah agar proses dapat berjalan dengan lancar serta menghasilkan produk dengan kualitas tinggi dan seragam sesuai dengan spesifikasi yang ingin dicapai. Penerapan pengendalian kualitas proses produksi dilakukan pada setiap tahapan produksi dari awal hingga akhir. Semua kegiatan pengontrolan dilakukan di laboratorium atau menggunakan alat kontrol. Apabila terjadi ketidaksesuaian maka indikator yang telah dipasang akan mendeteksi dan memberikan peringatan seperti nyala lampu, alarm dan lainnya.

Adapun alat kontrol yang digunakan berupa kontrol terhadap kondisi proses seperti temperature dan tekanan. Terdapat beberapa alat kontrol yang memerlukan pengesetan pada situasi tertentu sebagai berikut.

1. Alat Sistem Kontrol

- a. Sensor, digunakan untuk identifikasi variabel proses. Alat yang digunakan manometer untuk sensor aliran fluida, tekanan dan level, *thermocouple*.
- b. *Controller* dan indikator, meliputi level indikator dan *control*, *temperature indicator control*, *pressure control*, *flow control*.
- c. *Actuator* digunakan untuk *manipulate* agar variabelnya sama dengan variabel *controller*. Alat yang digunakan *automatic control valve* dan *manual hand valve*. untuk sensor suhu.

2. Aliran Sistem Kontrol

- a. Aliran pneumatis (aliran udara tekan) digunakan untuk valve dari controller ke actuator. Contohnya : (≠)
- b. Aliran electric (aliran listrik) digunakan untuk suhu dari sensor ke controller. Contohnya : (----)
- c. Aliran mekanik (aliran gerakan/perpindahan level) digunakan untuk flow dari sensor ke *controller*. Contohnya : (___)

Terdapat beberapa metode yang dapat dilakukan dalam melaksanakan kegiatan pengendalian proses produksi antara lain sebagai berikut.

1. Pengawasan proses secara langsung dimana terdapat sebuah *team quality control* yang terjun langsung dalam mengawasi setiap proses mulai dari bahan maupun alat produksi.
2. Pengawasan otomatis melalui panel kontrol biasanya dipasang pada alat-alat produksi seperti tekanan, suhu, jumlah material dalam suatu alat dan sebagainya.
3. Pengawasan kondisi parameter mesin, pengawasan ini dilakukan dalam pengaturan parameter mesin produksi yang sedang bekerja. Apabila ditemukan ketidaksesuaian maka pengaturannya harus diatur lagi untuk memenuhi standar yang diinginkan.

2.5.3 Pengendalian Kualitas Produk

Pengendalian kualitas produk dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan produk yang sesuai dengan standar yang telah ditentukan. Untuk mendapatkan produk *tricresyl phosphate* yang bermutu maka harus dilakukan pengendalian kualitas bahan baku serta *system control* sehingga *tricresyl phosphate* siap untuk dipasarkan. Untuk mengetahui produk yang dihasilkan sesuai dengan standar yang ada maka dilakukan uji densitas, viskositas, volatilitas, kemurnian produk dan komposisi komponen produk.

2.5.4 Pengendalian Kuantitas

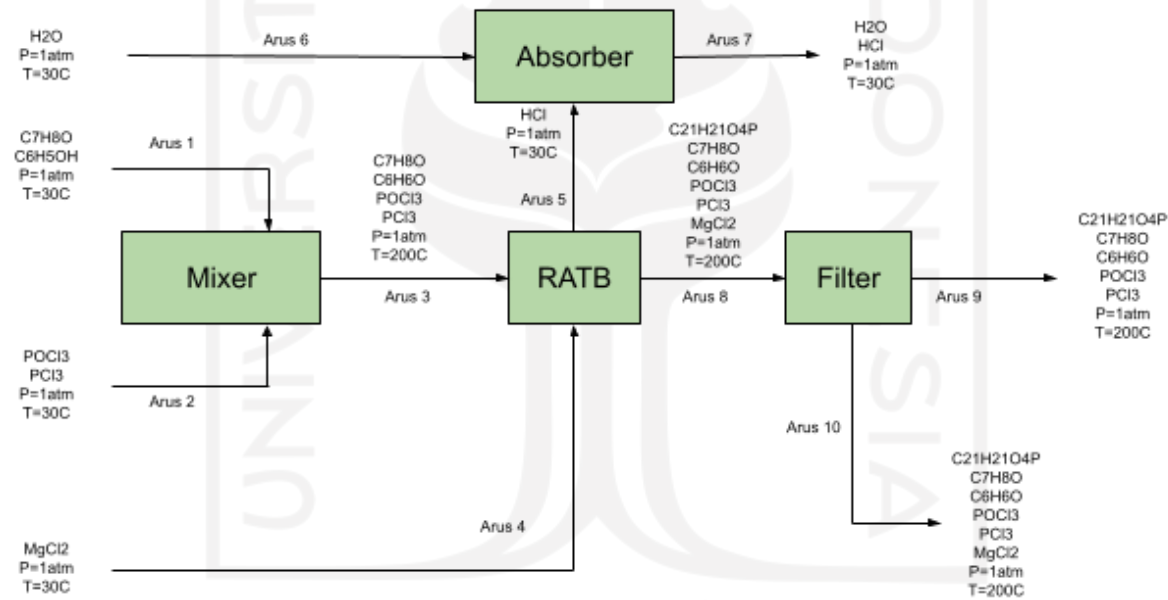
Pengendalian kuantitas digunakan untuk menjaga dan memelihara kuantitas yang diinginkan, disesuaikan dengan kebutuhan prospek usaha pabrik. Kesalahan dalam pengendalian kuantitas dapat terjadi karena beberapa faktor, diantaranya *human error*, kesalahan dalam mesin, *inventory control* yang tidak terkendali, dan

sebagainya. Perbaikan kuantitas tersebut dapat dilakukan dengan pengidentifikasian masalah dan melakukan evaluasi.

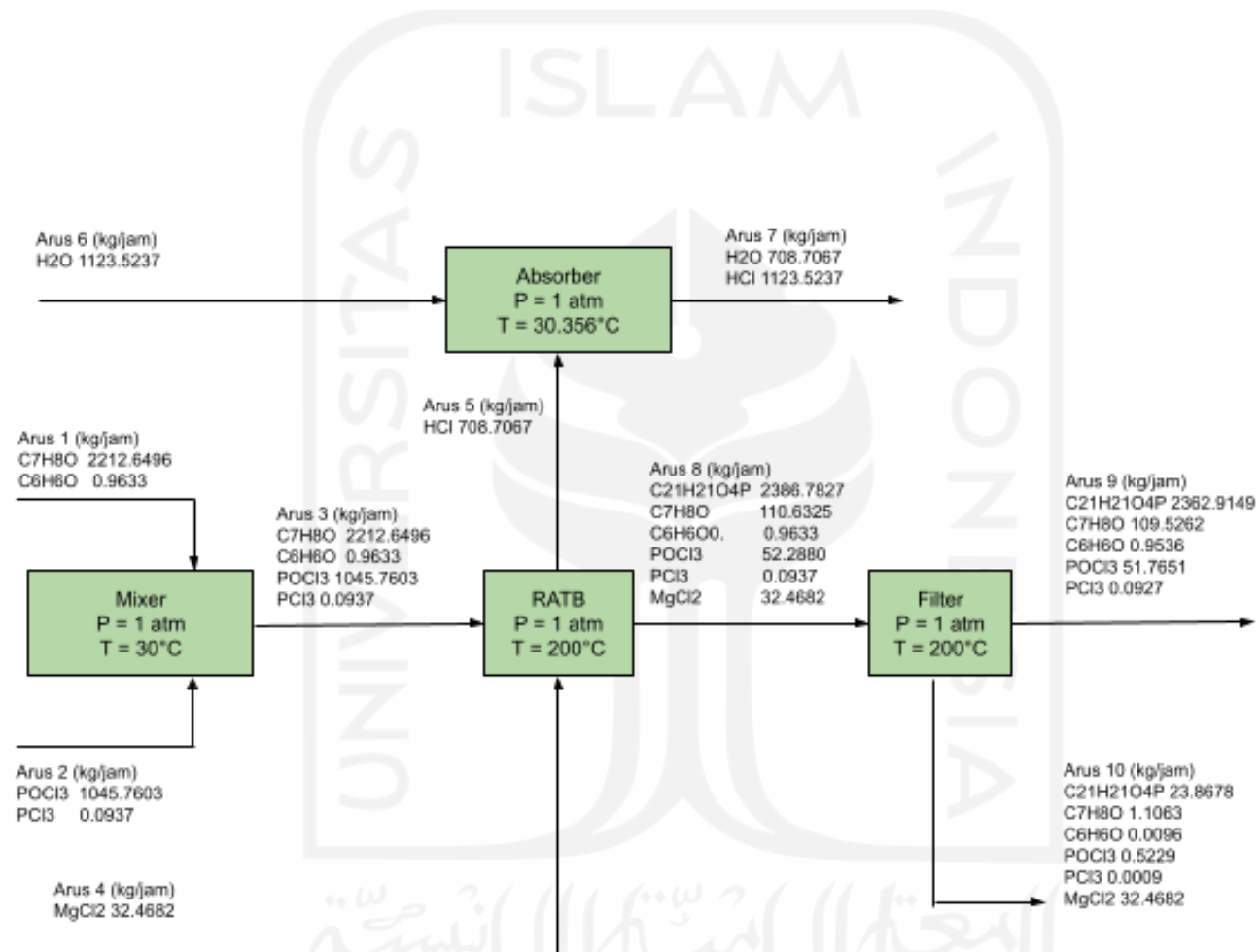


BAB III PERANCANGAN PROSES

3.1 Diagram Alir Proses dan Material



Gambar 3.1. Diagram Alir Kualitatif



Gambar 3.2 Diagram Alir Kuantitatif

3.2 Uraian Proses

Produksi *tricresyl phosphate* dari *cresol* dan *phosphorus oxychloride* secara umum dapat dibagi menjadi tahap persiapan bahan baku, reaksi, pemurnian hasil dan penyimpanan produk.

3.2.1 Tahap Persiapan Bahan Baku

Produksi *tricresyl phosphate* dengan kapasitas 20.000 ton/tahun Menggunakan bahan baku *cresol* dan *phosphorus oxychloride* serta katalis magnesium klorida. *Cresol* dan *phosphorus oxychloride* diperoleh dari Lanxess, Jerman dan selanjutnya disimpan dalam tangki penyimpanan (T-01 dan T-02) pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm. Kondisi ini dipilih karena pada suhu dan tekanan tersebut bahan baku berada pada kondisi cair dan tidak memerlukan peralatan tambahan dalam penyimpanan bahan baku. Selanjutnya kedua bahan tersebut dicampurkan di mixer dengan suhu operasi 30°C dan tekanan 1 atm. Setelah dicampur dalam mixer, selanjutnya bahan dipanaskan dalam heater hingga mencapai suhu 200°C lalu dialirkan menuju reactor. Sedangkan magnesium klorida berbentuk serbuk putih diperoleh dari Weifang Haizhiyuan Chemistry and Industry China dan disimpan dalam gudang pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm. Magnesium klorida selanjutnya akan diangkut oleh screw conveyor menuju bucket elevator dan selanjutnya diangkut menuju hopper. Hopper akan menampung katalis sebelum masuk ke reaktor.

3.2.2 Proses Pembuatan

Reaksi dijalankan pada reaktor alir tangki berpengaduk menggunakan katalis magnesium klorida pada suhu 200°C dan tekanan 1 atm. Reaktor dilengkapi dengan pengaduk sehingga suhu, komposisi dan tekanan di dalam reaktor seragam. Reaktor juga dilengkapi dengan jaket pendingin agar proses tetap berjalan secara isothermal walaupun reaksinya eksotermis. Pada reaksi menghasilkan hasil samping berupa gas HCl. Hasil keluaran reaktor berupa gas HCl selanjutnya dialirkan menuju absorber. Di dalam absorber gas HCl akan dilarutkan dengan air sehingga diperoleh larutan HCl yang selanjutnya akan disimpan dalam tangki penyimpanan (T-04). Sedangkan hasil reaksi selanjutnya dialirkan menuju rotary drum vacuum filter.

3.2.3 Proses Pemurnian

Hasil keluaran reaktor dipompa menuju rotary drum vacuum filter (RVF-01) dengan tujuan untuk menghilangkan padatan katalis MgCl_2 yang masih tercampur dengan produk. Rotary vacuum filter bekerja pada kondisi operasi tekanan 1 atm dan suhu 200°C . Keluaran dari rotary drum vacuum filter berupa padatan akan dibawa menuju UPL sedangkan keluaran berupa cairan akan dialirkan menuju cooler (CO-01) untuk diturunkan suhunya menjadi 30°C lalu dialirkan menuju tangki penyimpanan produk. Produk berupa *triclesyl phosphate* diinginkan memiliki kemurnian sebesar 93%.

Spesifikasi Alat

3.3.1 Reaktor

a) Spesifikasi Umum

Kode : R-01

Fungsi : Untuk mereaksikan *Cresol* (C_7H_8O) dengan *Phosphorus oxychloride* ($POCl_3$) menjadi *Tricresyl phosphate* ($C_7H_21O_4P$)

Jenis/Tipe : Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR)

Mode Operasi : Kontinyu

Jumlah : 1

Kondisi Operasi

Suhu : $200^{\circ}C$

Tekanan : 1 atm

Kondisi Proses : Isothermal

Konstruksi dan Material

Bahan Konstruksi : Stainless Steel SA 167 Grade 11 Type 316

Diameter (ID) Shell, m : 1,75545 m

Tebal Shell, in : 0,2500 m

Tinggi Total, m : 3,37453 m

Jenis Head : Torispherical Flanged & Dished Head

Spesifikasi Khusus

Tipe Pengaduk : Flat Six Blade Turbine Disk

Diameter Pengaduk, m : 0,58515 m

Kecepatan Pengaduk, rpm : 155 rpm

Jumlah *Baffle*, *m* : 4
 Lebar *Baffle*, *m* : 0,09948 m

Spesifikasi Khusus

Jenis Pendingin : *Dowtherm A*
 Konduktivitas panas larutan : 0,3168 Btu/hour.ft²(°F/ft)
 UD : 0,1927 Btu/jam.ft².°F
 OD : 78 in.

3.3.2 Spesifikasi Alat Pemisah

a) Mixer

Kode : M-01
 Fungsi : Mencampur *cresol* (C₇H₈O), *phenol* (C₆H₆O), *phosphorus oxychloride* (POCl₃) dan *phosphorus trichloride* (PCl₃)
 Jenis : Tangki campur berpenngaduk
 Material : Carbon Steel SA-299
 Kondisi Operasi : 30°C, 1 atm

Spesifikasi

Diameter : 1,3976 m
 Tinggi : 2,09641 m
 Tinggi cairan : 1,11793 m
 Volume mixer : 112,789 m³
 Volume head : 84,688 m³
 Tebal shell : 0,25 in

Tebal head : 0,1875 in
Jumlah pengaduk : 1
Power motor : 0,05 hp

b) **Rotary Vacum Filter**

Kode : RVF-01
Fungsi : Memisahkan $MgCl_2$ sebagai katalis,
Memisahkan filtrat dan cake, filtrat sebagai
produk
Jenis : Rotary Drum Vacuum Filter
Jumlah : 1
Suhu : 200°C
Tekanan : 1 atm
Diameter : 1,2274 m
Panjang : 2,454706 m
Luas permukaan : 23,037979 in
Kecepatan putar : 1 rpm

Tenaga putar : 15 HP

Waktu Siklus

Pembentukan Cake : 3,71 detik
First dewatering : 9,91 detik
Washing : 9 detik
Second Dewatering : 15 detik
Total Waktu Siklus : 37 detik

c) Absorber

Kode	: AB-01
Fungsi	:Menyerap gas HCl dengan cara mengontakkan HCl gas dengan solvent berupa air sehingga diperoleh larutan HCl sebesar 33%
Jenis	: Packed Tower
Material	: Stainless Steel 167 Grade 11 Type 316
Suhu	: 30°C
Tekanan	: 1 atm
Shell	
Diameter	: 0,7700 m
Tinggi Menara	: 8,5980 m
Tebal shell	: 0,1499 in
Jenis head	: Torispherical Flanged & Dished Head
Tinggi head	: 0,1822 m
Tebal head	: 0,1463 in
Menara Isian	
Jenis packing	: Rasching Ring
Bahan konstruksi	: Ceramic
Tinggi packing	: 6,5141 m

3.3.3 Spesifikasi Tangki Penyimpanan

1. Tangki Penyimpanan Bahan Baku Cresol

Kode : T-01
Fungsi : Menyimpan bahan baku *Cresol* (C_7H_8O)
Lama Penyimpanan : 30 hari
Fasa : Cair
Jumlah Tangki : 1
Jenis Tangki : Tangki Silinder Tegak Beratap Conical Head
Kondisi Operasi :
– Tekanan 1 atm
– Suhu 303K

Spesifikasi

Material : Stainless Steel SA-167 Grade 3 type 316
Volume Tangki : 1.862,7541 m³
Diameter : 21,3360 m
Tinggi : 7,3152 m
Jumlah Course : 4
Tebal Roof : 0,875 in
Tebal Bottom : 0,25 in

2. Tangki Penyimpanan Bahan Baku *Phosphorus oxychloride*

Kode : T-02
Fungsi : Menyimpan bahan baku *phosphorus oxychloride*
($POCl_3$)

Lama Penyimpanan : 30 hari
Fasa : Cair
Jumlah Tangki : 1
Jenis Tangki : Tangki Silinder Tegak Beratap Conical Head
Kondisi Operasi :
– Tekanan 1 atm
– Suhu 303K

Spesifikasi

Material : Stainless Steel SA-167 Grade 3 type 316
Volume Tangki : 545,0627 m³
Diameter : 13,7160 m
Tinggi : 5,4864 m
Jumlah Course : 3
Tebal Roof : 0,75 in
Tebal Bottom : 0,25 in

3. Tangki Penyimpanan Produk *Tricresyl phosphate*

Kode : T-03
Fungsi : Menyimpan produk *Tricresyl phosphate*
(C₂₁H₂₁PO₄)
Lama Penyimpanan : 30 hari
Fasa : Cair

Jumlah Tangki : 1
Jenis Tangki : Tangki Silinder Tegak Beratap Conical Head
Kondisi Operasi :
- Tekanan 1 atm
- Suhu 305K

Spesifikasi

Material : Stainless Steel SA-167 Grade 3 type 316
Volume Tangki : 1.866,5242 m³
Diameter : 21,3360 m
Tinggi : 7,3152 m
Jumlah Course : 4
Tebal Roof : 1 in
Tebal Bottom : 0,25 in

4. Tangki Penyimpanan Produk Samping Hydrogen Chloride

Kode : T-04
Fungsi : Menyimpan produk samping Hydrogen Chloride (HCl)
Lama Penyimpanan : 30 hari
Fasa : Cair
Jumlah Tangki : 1
Jenis Tangki : Tangki Silinder Tegak Beratap Torispherical Head
Kondisi Operasi :

- Tekanan 1 atm
- Suhu 303K

Spesifikasi

Material : Stainless Steel SA-167 Grade 3 type 316

Volume Tangki : 73,5838 m³

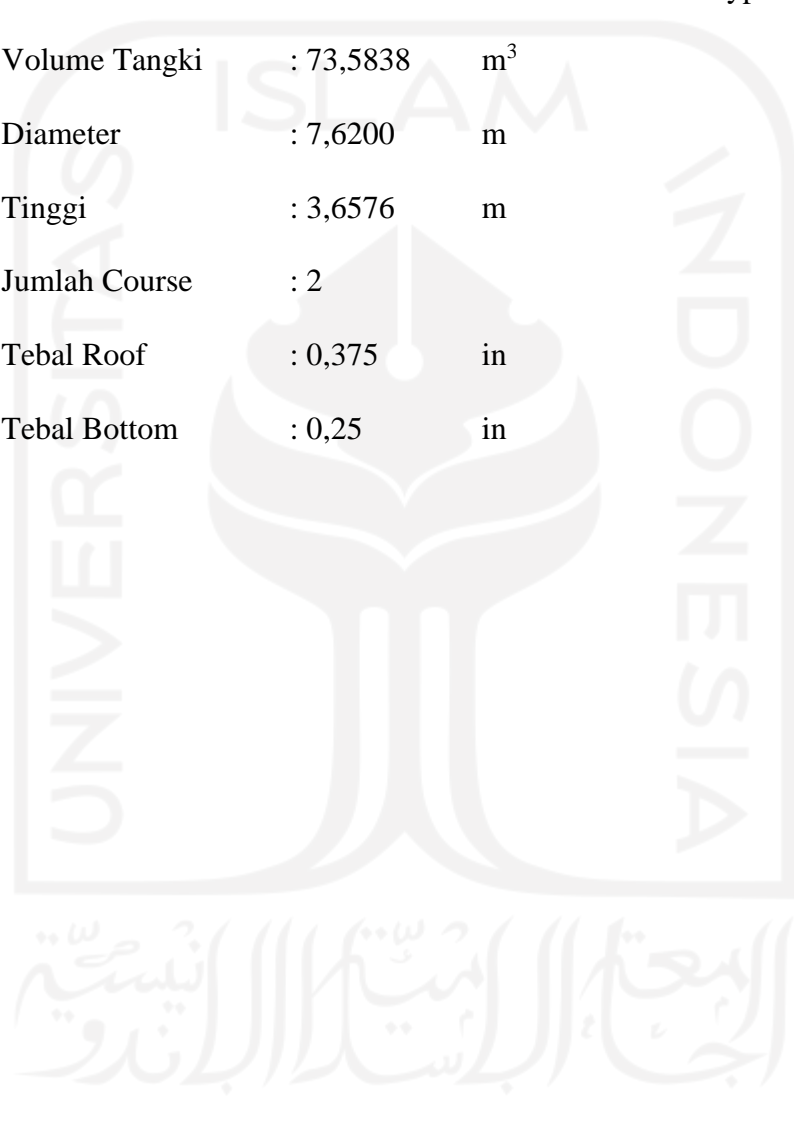
Diameter : 7,6200 m

Tinggi : 3,6576 m

Jumlah Course : 2

Tebal Roof : 0,375 in

Tebal Bottom : 0,25 in



3.3.1 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan

1. Pompa 1

Fungsi	: Mengalirkan bahan baku <i>Cresol</i> dari Tangki Penyimpanan (T-01) menuju Mixer (M-01)
Kode	: P-01
Viskositas	: 5,53 cP
Kapasitas	: 3,518 m ³ /jam
Suhu Fluida	: 303K
Jenis Pompa	: Centrifugal single stage
Daya Motor	: 0,083
Material	: Stainless Steel SA 167 Grade 11 Type 316

2. Pompa 2

Fungsi	: Mengalirkan bahan baku <i>Phosphorus oxychloride</i> dari Tangki Penyimpanan (T-02) menuju Mixer (M-01)
Kode	: P-02
Viskositas	: 1,1124363 cP
Kapasitas	: 0,757 m ³ /jam
Suhu Fluida	: 303K
Jenis Pompa	: Centrifugal single stage
Daya Motor	: 0,025
Material	: Stainless Steel SA 167 Grade 11 Type 316

3. Pompa 3

Fungsi	: Mengalirkan bahan baku <i>Cresol</i> dan <i>Phosphorus oxychloride</i> dari Mixer (M-01) menuju Reaktor (R-01)
Kode	: P-03
Viskositas	: 6,727629079 cP
Kapasitas	: 3,183 m ³ /jam
Suhu Fluida	: 303K

Jenis Pompa : Centrifugal single stage
Daya Motor : 0,151
Material : Stainless Steel SA 167 Grade 11
Type 316

4. Pompa 4

Fungsi : Memompakan fluida dari Rotary Dry Vacuum Filter (RVF-01) menuju Tangki penyimpanan produk *Tricresyl phosphate* (T-03)
Kode : P-05
Viskositas : 46,89728521 cP
Kapasitas : 2,592 m³/jam
Suhu Fluida : 305 K
Jenis Pompa : Centrifugal single stage
Daya Motor : 0,0242
Material : Stainless Steel SA 167 Grade 11
Type 316

5. Pompa 5

Fungsi : Memompakan fluida dari Absorber (AB-01) menuju Tangki penyimpanan HCl (T-04)
Kode : P-06
Viskositas : 0,630978466 cP
Kapasitas : 0,102 m³/jam
Suhu Fluida : 303 K
Jenis Pompa : Centrifugal single stage
Daya Motor : 0,004
Material : Stainless Steel SA 167 Grade 11 Type 316

6. Blower 1

Fungsi : Mengalirkan gas HCl dari Reaktor (R-01) ke Absorber (ABS-01)

Kode : B-01
 Tipe : Blower sentrifugal
 Suhu : 303 K
 Tekanan : 1 atm
 Daya Motor : 0,25
 Material : Stainless Steel SA 167 Grade 11 Type 316

3.3.2 Spesifikasi Alat Penukar Panas

1. Heater 1 (HE-01)

Tabel 3.1 Spesifikasi Heater 1 (HE-01)

Fungsi	Menaikkan temperatur umpan dari 30°C menjadi 200°C dari mixer (M-01) menuju reaktor (R-01)	
Jenis	Double Pipe Heat Exchanger	
Tipe	Saturated Steam	
Kondisi Operasi		
	Cold Fluid : Annulus	Hot Fluid : Inner pipe (Steam)
Suhu masuk	30	200
Suhu keluar	200	220
Tekanan	1 atm	1 atm
Beban Panas	1.010.360,389 Btu/jam	
Mechanical design		
	Annulus	Tube
Panjang	15	
Hairpin	2	
ID	4,5	3,5
OD	4,065	3,068
Pressure Drop	0,004	0,003
A	32,795 ft	
Rd	0,003	

2. Cooler 1 (CO-01)

Tabel 3.2 Spesifikasi Cooler (CO-01)

Kode	CO-01	
Fungsi	Menurunkan temperatur aliran keluar rotary vacuum filter (RVF-01) dari 200°C menjadi 32°C untuk dialirkan ke tangki penyimpanan (T-03)	
Jenis bahan	<i>Stainless Steel SA-167 type 316</i>	
Jumlah hairpin	12	Buah
Panjang hairpin	15	Ft
Cold Fluid : Annulus		
IPS	4	In
Flow area	314	In ²
OD	45	In
ID	4,0260	In
Surface Area	1,1780	(ft ² /ft)
Hot Fluid : Inner pipe		
IPS	3	In
Flow Area	7,88	In ²
OD	3,5	In
ID	3,06	In
Surface Area	0,917	(ft ² /ft)
A	55,020	ft ²
UD	45,3885	Btu/jam.ft ² .°F
Uc	236,2128	Btu/jam.ft ² .°F
Rd	0,0072	
Rd min	0,0178	

Jumlah Alat	1	
-------------	---	--



3.3 Neraca Massa Total

Tabel 3.3 Neraca Massa Total

Komponen	BM	Masuk (Kg/Jam)	Keluar (Kg/Jam)
MgCl ₂	108,1400	32,4682	32,4682
C ₂ H ₂ O ₄ P	153,3300	0,0000	2386,7827
C ₇ H ₈ O	368,3700	2212,6496	110,6325
C ₆ H ₆ O	94,1100	0,9633	0,9633
POCl ₃	137,3300	1045,7603	52,2880
PCl ₃	36,4600	0,0937	0,0937
HCl _(l)	95,2100	0,0000	707,998
HCl _(g)	95,2100	0,0000	0,7087
H ₂ O	18,0000	1.438,88938	1.438,88938
Total		4.730,82437	4.730,82437

3.4 Neraca Massa Alat

1. Mixer (M-01)

Tabel 3.4 Neraca Massa Mixer

Komponen	Masuk		Keluar
	Arus 1	Arus 2	Arus 3
C ₇ H ₈ O	2212,64958	-	2212,64958
C ₆ H ₆ O	0,96327	-	0,96327
POCl ₃	-	1045,76031	1045,76031
PCl ₃	-	0,09367	0,09367
Total	3259,46684		3259,46684

2. Reaktor (R-01)

Tabel 3.5 Neraca Massa Reaktor

Komponen	Masuk		Keluar	
	Arus 3	Arus 4	Arus 5	Arus 8
MgCl ₂		32,46815	0,00000	32,46815
C ₂ H ₂ O ₄ P	-	-	0,00000	2386,78269
C ₇ H ₈ O	2212,64958	-	0,00000	110,63248
C ₆ H ₆ O	0,96327	-	0,00000	0,96327
POCl ₃	1045,76031	-	0,00000	52,28802
PCl ₃	0,09367	-	0,00000	0,09367
HCl	0,00000	-	708,70671	0,00000
Total	3291,93499		3291,93499	

3. Filter (F-01)

Tabel 3.6 Neraca Massa Filter

Komponen	Masuk	Keluar	
	Arus 8	Arus 9	Arus 10
MgCl ₂	32,46815	0,00000	32,46815
C ₂ H ₂ O ₄ P	2386,78269	2362,91486	23,86783
C ₇ H ₈ O	110,63248	109,52615	1,10632
C ₆ H ₆ O	0,96327	0,95364	0,00963
POCl ₃	52,28802	51,76514	0,52288
PCl ₃	0,09367	0,09274	0,00094
HCl	0,00000	0,00000	0,00000
Total	2583,22828	2583,22828	

4. Absorber (AB-01)

Tabel 3.7 Neraca Massa Absorber

Komponen	Masuk		Keluar	Komponen
	Arus 5	Arus 6	Arus 7	Arus 5
HCl gas	708,70671		HCl gas	708,70671
H ₂ O		1438.88938	H ₂ O	
HCl liquid			HCl liquid	
Total	2147,59609		2147,59609	

3.5 Neraca Panas

1. Mixer

Tabel 3.6 Neraca Panas Mixer

Komponen	Input	Output
	ΔH_{in}	ΔH_{out}
	kJ/jam	kJ/jam
Q _{in}	28934,097483	
Q _{out}		28934,09748
Total	28934,097483	28934,097483

2. Reaktor

Tabel 3.7 Neraca Panas Reaktor

Komponen	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
ΔH_1 (in)	1096571,5694	0
$\Delta H^\circ R$	1,189,2122	0

ΔH_2 (out)	0	155999,1994
Q (pendingin)	0	941761,5822
TOTAL	1097760,7816	1097760,7816

3. Rotary Vacuum Filter

Tabel 3.8 Neraca Panas Rotary Vacuum Filter

Komponen	Input	Output
	ΔH_{in}	ΔH_{out}
	kJ/jam	kJ/jam
Q _{in}	866662,443477	
Q _{out}		856365,471699
		10296,971778
Total	866662,443477	866662,443477

4. Absorber

Tabel 3.9 Neraca Panas Absorber

Komponen	Q _{in}	Q _{out}
HCl (g)	99210,62550	0,00000
HCl (l)	0,00000	582486,49849
H ₂ O (l)	-33655498,40442	-33655498,40442
Q _{pendingin}	483275,87299	0,00000
Total	-33073011,90593	-33073011,90593

5. Heater 1

Tabel 3.10 Neraca Panas Heater

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Masuk	28937,8386	
Keluar		1094924,615

steam	1065986,777	
Total	1094924,615	1094924,615

6. Cooler 1

Tabel 3.11 Neraca Panas Cooler

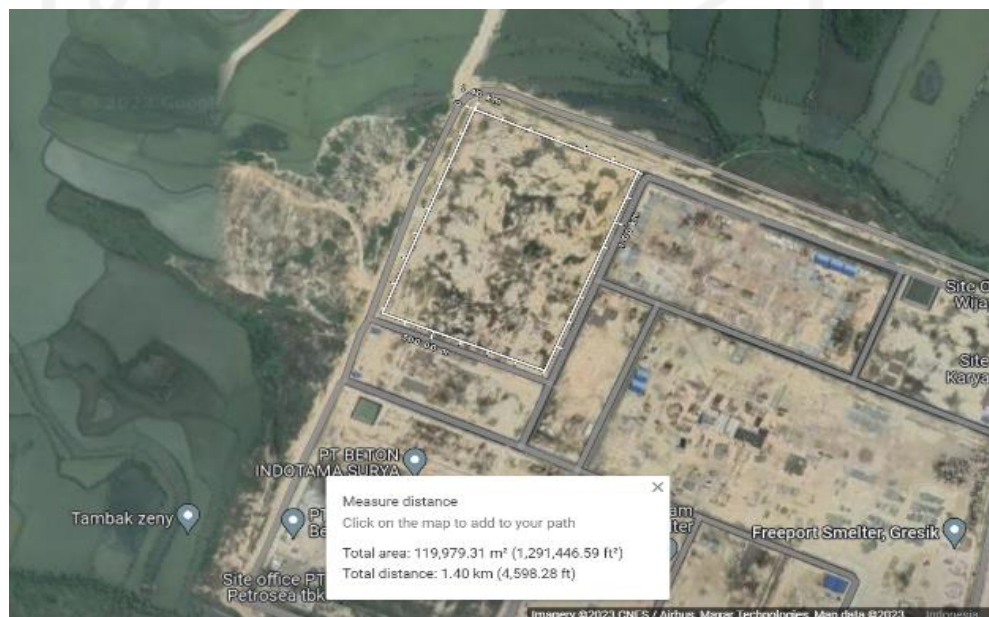
Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Masuk	8297,5069	
Keluar		5683,949
Dowtherm A		2613,5580
Total	8297,507	8297,507

BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1 Lokasi Pabrik

Pabrik *Tricresyl phosphate* direncanakan akan didirikan di Kawasan Industri JIPE Kabupaten Gresik, Provinsi Jawa Timur. Pemilihan lokasi yang lebih spesifik dapat dilihat pada Gambar 4.1



Gambar 4.1 Lokasi Pendirian Pabrik

Adapun pertimbangan dalam menentukan lokasi pabrik adalah sebagai berikut :

4.1.1 Faktor Utama Penentuan Lokasi Pabrik

Faktor utama adalah faktor yang mempengaruhi tujuan utama pendirian pabrik secara langsung. Hal ini mencakup proses produksi serta distribusi pada pabrik. Faktor utama yang mempengaruhi proses produksi dan distribusi yaitu :

1. Ketersediaan Bahan Baku

Pabrik sebaiknya didirikan tidak jauh dari lokasi penyediaan bahan baku dan pemasaran produk, hal ini dilakukan dengan harapan dapat menekan biaya transportasi. Selain itu, sebaiknya pabrik didirikan di lokasi yang dekat dengan Pelabuhan laut, jika terdapat bahan baku atau produk yang dikirim dari dan ke luar negeri.

Bahan baku pabrik *Tricresyl phosphate* yaitu *Cresol* yang didapatkan dari PT Lanxess yang diimpor dari Jerman, sedangkan *phosphorus oxychloride* juga diimpor dari PT Lanxess, Jerman. Untuk katalis magnesium klorida diimpor dari Cina.

2. Pemasaran

Daerah Gresik merupakan daerah yang strategis untuk mendirikan pabrik *Tricresyl phosphate* karena di daerah ini terdapat beberapa pabrik yang membutuhkan *Tricresyl phosphate* seperti PT. Wiharta Karya Agung yang merupakan industri plastic, lalu PT. Three Lines Indonesia yang bergerak di industri kabel, serta PT. Atlantic Ocean Paint yang merupakan perusahaan cat kayu.

3. Transportasi

Untuk transportasi di daerah ini terdapat sarana transportasi yang cukup lengkap, Hal ini dapat memberikan dampak yang cukup bagus dalam ketersediaan bahan baku, dan distribusi sehingga dapat mengurangi biaya logistik. Disini terdapat tol kebomas, tol KLBM, tol Trans Jawa, jalur karate api dan yang terpenting dekat dengan berbagai Pelabuhan

sehingga dapat membantu pemasaran produk baik ke dalam maupun luar negeri.

4. Utilitas

Dalam proses produksi dibutuhkan utilitas sebagai sarana pendukung berjalannya produksi sebuah pabrik. Adapun sarana tersebut yaitu air, listrik, bahan bakar dan lain-lain. Hal ini juga menjadi factor penting dalam penentuan lokasi pabrik karena lokasi yang dekat dengan sarana tersebut dapat menguntungkan bagi pabrik.

Kawasan industri JIPE Gresik berlokasi di dekat aliran sungai bengawan solo yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber pengadaan air untuk kebutuhan utilitas pada perusahaan. Untuk pengadaan listrik dapat diperoleh dari unit penyedia energi (power station) yang tersedia di Kawasan industri JIPE Gresik yang mampu memenuhi kebutuhan listrik hingga 660 MW sehingga dapat memasok energi untuk mendukung kegiatan produksi industri.

5. Keadaan Geografis dan Iklim

Secara geografis, Kabupaten Gresik terletak antara 112° - 113° Bujur Timur dan 7° - 8° Lintang Selatan. Gresik merupakan wilayah yang berpotensi tinggi sebagai Kawasan industri karena rata-rata temperaturnya adalah 28.5°C dengan kelembaban udara 75%. Selain itu tingkat curah hujan di wilayah ini cukup rendah yaitu 2.245 mm/tahun.

6. Tenaga Kerja

Berdirinya sebuah pabrik akan membuka banyak lapangan pekerjaan bagi masyarakat. Namun untuk menunjang keberlangsungan pabrik, dibutuhkan tenaga kerja yang mampu menjaga kualitas dan terampil dalam bekerja. Terdapat banyak kampus-kampus yang lulusannya berkualitas di Pulau Jawa yang nantinya dapat direkrut untuk menjadi karyawan.

4.1.2 Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik

a. Perluasan Pabrik

Pendirian sebuah pabrik tentu perlu mempertimbangkan perancangan perluasan area pabrik dengan tujuan peningkatan kapasitas pabrik guna mengantisipasi meningkatnya permintaan terhadap produk yang dihasilkan. Hal ini mendorong untuk memilih lokasi yang mempunyai lahan kosong cukup banyak. Kawasan industri Gresik JIPE memiliki lahan yang luas dan termasuk tanah datar sehingga memungkinkan untuk memperluas area pabrik.

b. Perizinan

Kawasan industri Gresik merupakan Kawasan yang disiapkan untuk industri sehingga dapat mendukung pengembangan industri-industri di wilayah tersebut.

c. Lingkungan Masyarakat Sekitar

Lingkungan masyarakat sekitar juga perlu diperhatikan saat mendirikan pabrik. Kawasan industri Gresik memiliki masyarakat yang cukup terbuka dalam pendirian sebuah pabrik karena selain membuka lapangan pekerjaan dan meningkatkan perekonomian, pendirian pabrik tidak akan mengganggu keamanan masyarakat karena sudah dipertimbangkan sebelum pabrik dibangun.

d. **Sarana Pendukung**

Sarana pendukung seperti sarana Kesehatan, Pendidikan, ibadah, perbankan dan perumahan turut dipertimbangkan dalam pendirian sebuah pabrik untuk menunjang kehidupan sosial para pekerja. Kawasan industri Gresik JIPE sudah menyediakan fasilitas umum yang memadai.

4.2 Tata Letak Pabrik

Tata letak pabrik adalah penataan lokasi pabrik yang efektif dan fungsional yang disediakan di area sedemikian rupa sehingga dapat mempercepat dan memudahkan pergerakan proses di pabrik. Lokasi pabrik memiliki tempat kerja untuk karyawan, gudang untuk bahan baku, fasilitas produksi, dan ruangan. Selain bangunan fisik penunjang produksi yang tidak termasuk dalam bangunan unit proses produksi. Bangunan fisik ini meliputi kantor, bengkel, laboratorium, kantin, pos jaga, perpustakaan, dll. Bangunan-bangunan, baik bangunan unit proses maupun bangunan pendukung

sebaiknya terletak di area yang tidak berbahaya dan tidak mengganggu proses produksi.

Tata letak pabrik dibuat dengan mempertimbangkan berbagai aspek, sehingga proses produksi yang berkelanjutan dan mobilitas karyawan dapat dilakukan dengan aman, mudah dan efisien. Untuk , penataan bangunan harus ditata secara sistematis dan idealnya harus terstruktur. Tata letak pabrik dapat dibagi menjadi beberapa area utama yang meliputi:

- a. Area administrasi/perkantoran, laboratorium dan sarana penunjang.
 1. Kantor merupakan pusat kegiatan administrasi pabrik.
 2. Laboratorium berfungsi sebagai pengawasan mutu bahan baku dan produk, serta sebagai pusat pengembangan.
 3. Fasilitas pendukung bagi karyawan seperti : kantin, masjid, klinik, taman, mess, dan lain lain
- b. Area proses, ruang kontrol dan area perluasan
Area proses merupakan lokasi dimana peralatan proses produksi, bahan baku dan produk ditempatkan, area ini juga merupakan tempat berlangsungnya kegiatan produksi.
Ruang kontrol merupakan area yang berfungsi sebagai pusat pengendalian dan pemantauan jalannya proses produksi. Sedangkan area perluasan adalah lahan kosong yang disediakan untuk perluasan pabrik jika diperlukan.
- c. Area penyimpanan, bengkel dan garasi

Area penyimpanan merupakan area yang berfungsi menyimpan hasil produksi yang berlebih dan alat pendukung proses lainnya.

Bengkel diperlukan untuk memperbaiki peralatan yang rusak.

Sedangkan garasi digunakan untuk menyimpan sarana transportasi seperti truk dan lain sebagainya.

d. Area utilitas dan power station

Merupakan lokasi yang menyediakan semua kebutuhan pendukung proses dan penyedia energi seperti unit penyedia listrik, air, steam, bahan bakar dan peralatan darurat seperti alat pemadam kebakaran.

e. Area pengolahan limbah

Aspek kelestarian lingkungan juga harus diperhatikan saat mendirikan pabrik. Untuk itu diperlukan suatu area khusus untuk dijadikan tempat pengolahan limbah agar tidak merusak lingkungan. Limbah produksi akan mengalami pemrosesan dan pengujian tambahan untuk memastikan bahan berbahaya berada dalam batas aman untuk dilepaskan ke lingkungan.

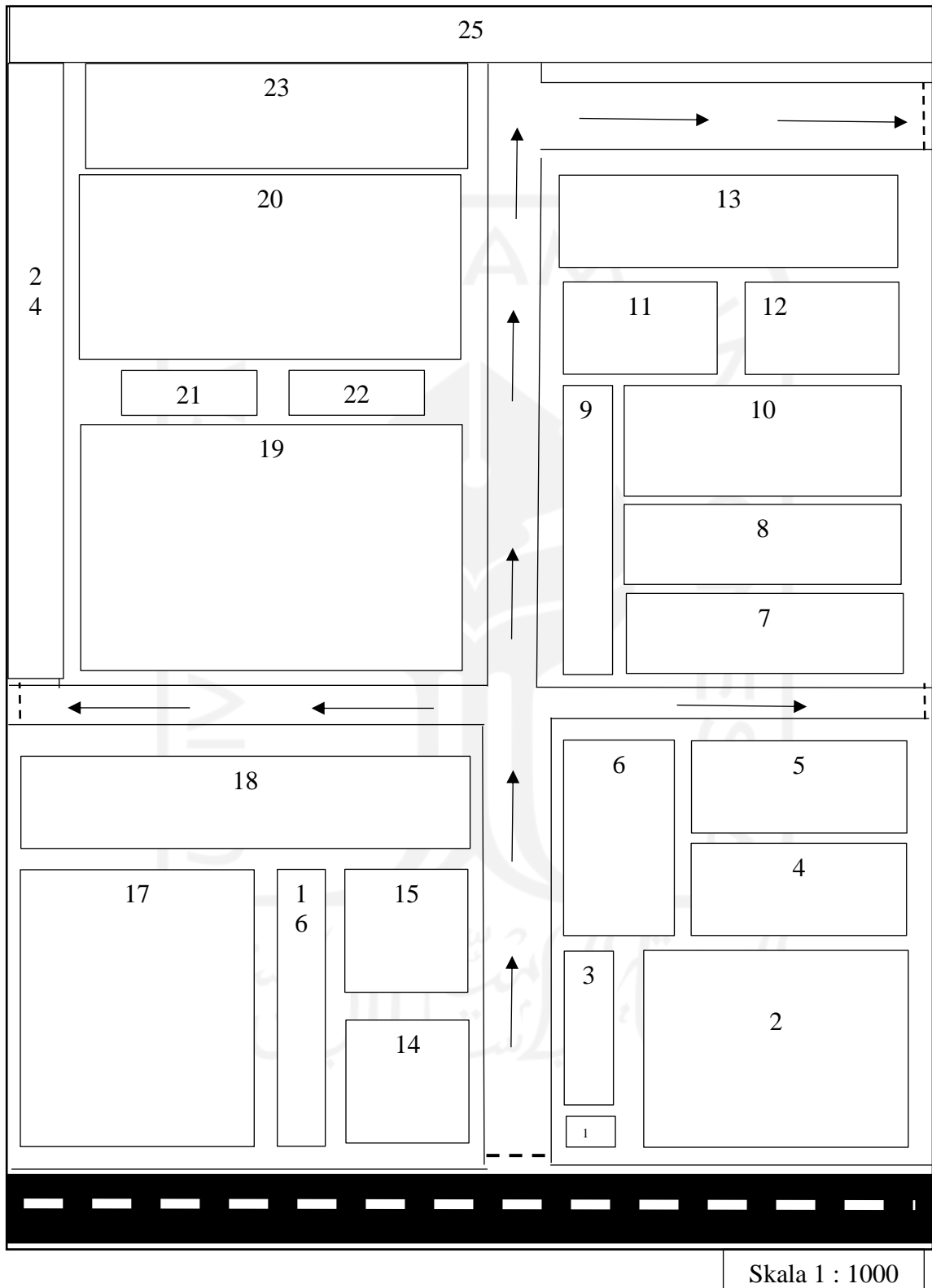
Rincian luas area pabrik ditunjukkan pada tabel 4.1 sedangkan untuk sketsa tata letak pabrik yang akan dibangun di Kawasan Industri JIPE Gresik dapat dilihat pada gambar diatas.

Tabel 4.1 Rincian luas area pabrik

No.	Lokasi	Panjang (m)	Lebar (m)	Luas (m ²)
1.	Pos Keamanan	5	8	40
2.	Kantor Utama	32	43	1376
3.	Taman 1	25	8	200

4.	Kantin	15	35	525
5.	Masjid	15	35	525
6.	Parkiran motor dan mobil	31.8	18	572.4
7.	Klinik	13	45	585
8.	Lab	13	45	585
9.	Taman 2	47	8	376
10.	Kantor Teknik dan produksi	18	45	810
11.	Unit pemadam kebakaran	15	25	375
12.	Bengkel	15	25	375
13.	Gudang	15	55	825
14.	Gedung serba guna	20	20	400
15.	Gedung olahraga	20	20	400
16.	Taman 3	45	7,8	351
17.	Mess	45	38	1710
18.	Parkiran truk	15	73	1095
19.	Area proses	40	62	2480
20.	Area utilitas	30	62	1860
21.	Ruang kendali proses	7.3	22,1	161,33
22.	Ruang kendali utilitas	7,3	22,1	161,33
23.	UPL	17,1	62,1	1061,91
24.	Area perluasan 1	100	9	900
25.	Area perluasan 2	9,2	150	1380
26.	Luas Bangunan			19129,97
27.	Luas Tanah			28694,955
28.	Total			47824,925

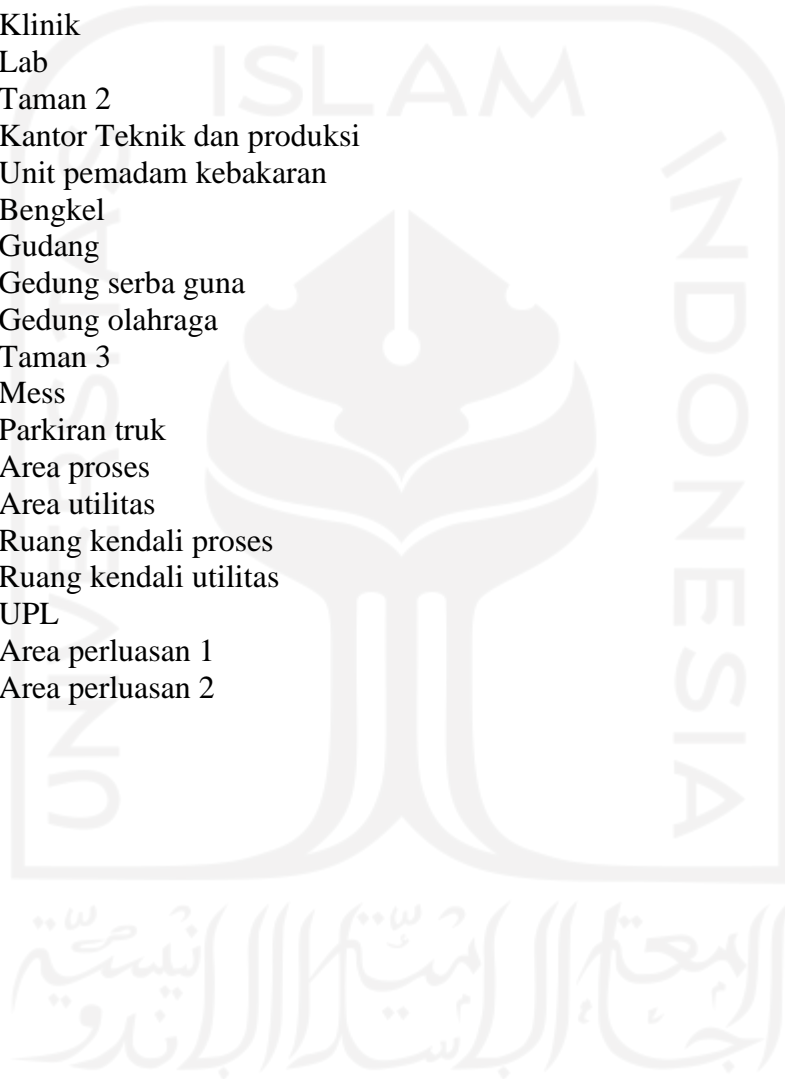
Tata letak pabrik secara keseluruhan tersaji dalam gambar :



Gambar 4.2 Tata Letak Pabrik

Keterangan :

1. Pos Keamanan
2. Kantor Utama
3. Taman 1
4. Ksntim
5. Masjid
6. Parkiran motor dan mobil
7. Klinik
8. Lab
9. Taman 2
10. Kantor Teknik dan produksi
11. Unit pemadam kebakaran
12. Bengkel
13. Gudang
14. Gedung serba guna
15. Gedung olahraga
16. Taman 3
17. Mess
18. Parkiran truk
19. Area proses
20. Area utilitas
21. Ruang kendali proses
22. Ruang kendali utilitas
23. UPL
24. Area perluasan 1
25. Area perluasan 2



4.3 Tata letak alat proses

Tata letak alat proses bertujuan untuk mengatur alat proses sesuai dengan urutan dan fungsi masing-masing alat. terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam merencanakan tata letak peralatan proses:

1. Aliran bahan baku dan produk

Aliran bahan baku dan produk yang bagus menghasilkan nilai ekonomi yang tinggi. Semakin dekat bahan baku dan produk ditempatkan ke jalur transportasi, semakin efisien dana yang digunakan.

2. Aliran Udara

Aliran udara di dalam dan sekitar area proses perlu diperhatikan supaya lancar.

3. Penerangan

Penerangan di seluruh fasilitas harus memadai, khususnya di area proses yang berbahaya atau berisiko. .

4. Penataan peralatan proses

Penataan peralatan proses yang benar mempercepat proses sehingga dapat mendukung kelancaran proses produksi.

5. Kelancaran lalu lintas

Kelancaran lalu lintas barang dan penumpang juga mempengaruhi jalannya proses produksi.

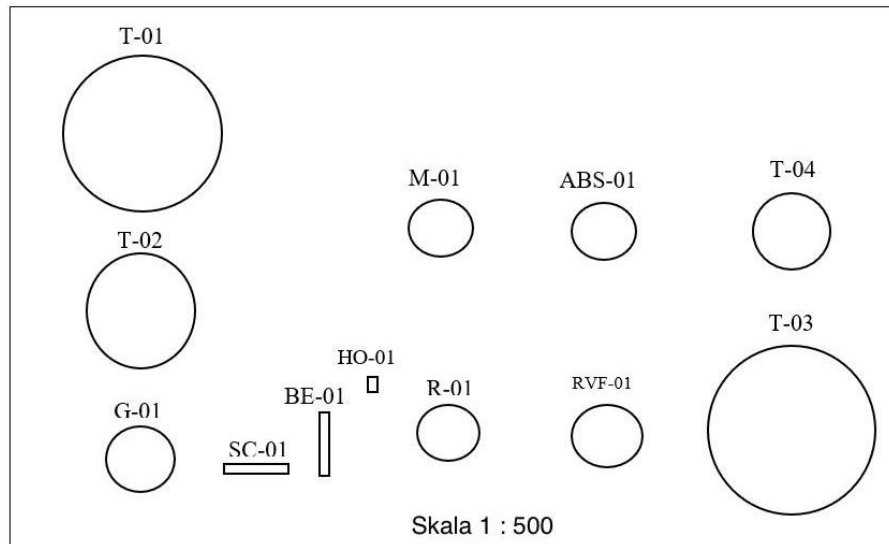
6. Penempatan Area Proses

Penempatan peralatan proses di pabrik bertujuan untuk menekan biaya operasional dan menjamin produksi pabrik sedemikian rupa sehingga menguntungkan secara ekonomis.

7. Jarak antar peralatan proses

Peralatan produksi yang mudah meledak atau mudah terbakar, sebaiknya diletakkan jauh dari peralatan lainnya, sehingga jika terjadi ledakan atau kebakaran tidak membahayakan peralatan lainnya

Tata letak alat proses tersaji dalam gambar 4.4 berikut :



Gambar 4.4 Tata letak alat proses

4.4 Organisasi Perusahaan

4.4.1 Bentuk Perusahaan

Pabrik *Tricresyl phosphate* dengan kapasitas 20.000 ton/tahun ini direncanakan akan didirikan dengan bentuk perusahaan berupa Perseroan Terbatas (PT) dimana perusahaan terdiri atas pemegang saham dan berbentuk badan hukum. Dalam Undang Undang No. 40 tahun 2007 Tentang Perseroan Terbatas (UUPT) sudah diatur ketentuan-ketentuan terkait perseroan terbatas (PT) yaitu terdapat tiga organ utama dalam perseroan yaitu; Direksi, Dewan Komisaris, dan Rapat Umum Pemegang Saham. Modal dari Perseroan Terbatas adalah dari penjualan saham, tiap sekutu turut mengambil bagian sebanyak satu saham atau lebih.

Aspek-aspek utama dalam pemilihan bentuk perusahaan perseroan terbatas adalah sebagai berikut:

1. Keberlanjutan perusahaan sebagai badan hukum lebih pasti karena tidak bergantung pada pemegang saham, dimana pemegang saham dapat berubah.
2. Pemegang saham mempunyai tanggung jawab terbatas atas hutang perseroan. Ini berarti bahwa risiko pemegang saham terbatas pada besarnya modal yang diinvestasikan.
3. Anda dapat memperluas industri karena lebih mudah mendapatkan tambahan modal dengan menjual saham baru

4. Hak kepemilikan mudah berpindah dengan menjual saham kepada orang lain.
5. Tata kelola dan sosialisasi yang baik memungkinkan pengelolaan sumber daya modal yang efisien.
6. Pemegang saham dapat memilih dewan yang memenuhi syarat dan kompeten untuk mengelola perusahaan dalam rapat umum.

4.4.2 Struktur Organisasi

Salah satu faktor yang mendukung keberhasilan suatu perusahaan adalah organisasi, karena organisasi berkaitan dengan kelancaran komunikasi yang pada akhirnya mempengaruhi jalannya perusahaan tersebut. Struktur organisasi membantu perusahaan mengatur dan membagi departemen, kedudukan, fungsi, wewenang dan tanggung jawab masing-masing divisi yang dibentuk di perusahaan. Divisi atau jabatan yang terbentuk di perusahaan ini dimulai dari jenjang tertinggi yang memiliki dua struktur organisasi yang baik yaitu sistem *line* dan staf.

Manfaat dari struktur organisasi adalah sebagai berikut:

1. Adanya persatuan dalam pengelolaan organisasi karena pembagian kekuasaan dan wewenang yang jelas.
2. Pimpinan dapat mengambil keputusan lebih cepat dengan memberikan perintah karena perintah tersebut dapat diberikan langsung kepada bawahan yang bersangkutan.

3. Mempertimbangkan biaya, karena pengelolaan berbagai kegiatan hanya dipegang oleh satu orang

4.4.3 Tugas dan Wewenang

4.4.3.1 Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS)

Pemegang saham (pemilik perusahaan) merupakan sekelompok orang yang mengumpulkan modal untuk kepentingan berdiri dan beroperasinya sebuah perusahaan. Badan tertinggi perusahaan dalam bentuk perseroan terbatas (PT) adalah rapat umum pemegang saham (RUPS). RUPS diselenggarakan minimal satu kali dalam setahun untuk memantau dan mengevaluasi kelancaran proses produksi. Namun jika ada hal mendesak, RUPS dapat diatur secara tiba-tiba sesuai dengan jumlah forum dan ketentuan lainnya dengan pemegang saham serta dewan komisaris turut menghadiri RUPS.

Adapun hak dan wewenang RUPS yaitu;

1. Berwenang meminta pertanggungjawaban Dewan Komisaris,
2. Berwewenang (dengan jalan musyawarah) melakukan pengangkatan dan pemberhentian Dewan Komisaris dan Direktur serta mengesahkan anggota pemegang saham apabila mengundurkan diri.
3. Menyetujui hasil-hasil usaha dan perhitungan laba rugi setiap tahun oleh perusahaan.

4. Menentukan alokasi laba tahunan yang didapatkan akan dibagikan, disimpan atau ditanamkan Kembali

4.4.3.2 Dewan Komisaris

Dewan komisaris dipilih RUPS sebagai pelaksana dari pemegang saham, oleh karena itu dewan komisaris bertanggung jawab kepada pemegang saham.

Adapun hak dan wewenang Dewan Komisaris adalah sebagai berikut :

1. Memimpin dan mengawasi seluruh kegiatan direktur serta pelaksanaan tugasnya.
2. Mengevaluasi dan menyetujui rencana direksi sehubungan dengan kebijakan umum, target laba perusahaan, alokasi sumber keuangan dan kebijakan pemasaran.
3. Membantu direktur utama dalam hal-hal penting.

4.4.3.3 Direktur Utama

Direktur Utama adalah pimpinan perusahaan yang tertinggi dan bertanggung jawab penuh atas kelancaran jalannya perusahaan sesuai dengan target RUPS. Direktur utama bertanggung jawab kepada Dewan Komisaris atas segala tindakan dan kebijakan yang diambil sebagai direktur perusahaan. Direktur utama membawahi Direktur Produksi dan teknik serta Direktur Administrasi umum dan Keuangan.

Adapun tugas Direktur Utama adalah sebagai berikut :

1. Membina dan memimpin perusahaan agar berjalan efektif dan efisien,
2. Mempersiapkan dan menerapkan kebijakan umum sesuai dengan kebijakan RUPS,
3. Mengadakan kerjasama serta mewakili perusahaan dalam hubungan maupun perjanjian dengan pihak luar demi keuntungan perusahaan,
4. Merencanakan dan memantau pelaksanaan tugas masing-masing staf yang bekerja di perusahaan.

Sekretaris, Direktur Produksi dan Teknik, serta Direktur Keuangan dan Umum membantu Direktur Utama dalam menjalankan tugasnya. Tugas yang diberikan kepada masing-masing adalah sebagai berikut:

1. Sekretaris

Direktur utama menunjuk sekretaris untuk mengangani surat untuk perusahaan, menangani arsip, dan tugas-tugas lain yang berkaitan dengan administrasi perusahaan.

2. Direktur Teknik dan Produksi

Direktur teknik dan produksi bertanggung jawab langsung kepada direktur utama. Salah satu tanggung jawab direktur teknik dan produksi yaitu memimpin semua kegiatan di perusahaan yang berkaitan dengan produksi, operasi, teknik, utilitas, pengembangan, pemeliharaan, pengadaan, dan

laboratorium. Dalam melaksanakan tugasnya, Direktur Teknik dan Produksi dibantu oleh dua kepala bagian yaitu:

- Kepala Bagian Produksi

Kepala Bagian produksi bertanggung jawab untuk mengarahkan dan memantau semua aktivitas perusahaan yang berkaitan dengan area produksi, proses, kontrol, dan laboratorium. Beberapa seksi, antara lain seksi proses & kontrol, seksi utilitas, dan seksi laboratorium, akan membantu kepala bagian produksi dalam menjalankan tugasnya.

- Kepala Bagian Teknik`

Tugas kepala bagian teknik adalah memantau dan mengelola semua aktivitas perusahaan yang berkaitan dengan teknik dan pemeliharaan. Kepala bagian teknik dibantu dalam menjalankan tugasnya oleh kepala seksi pemeliharaan, instrumentasi & elektrikal, dan mesin.

3. Direktur Keuangan dan Umum

Direktur Keuangan dan Umum bertanggung jawab langsung kepada direktur utama. Memimpin semua kegiatan yang berkaitan dengan administrasi bisnis, kepegawaian, keuangan, pemasaran, hubungan masyarakat, keamanan, dan keselamatan kerja adalah tanggung jawab direktur keuangan dan umum.

Beberapa kepala bagian yang membantu Direktur Keuangan dan Umum yaitu:

- Kepala bagian pemasaran

Tanggung jawab kepala pemasaran adalah mengelola dan memantau semua aktivitas perusahaan yang berkaitan dengan perolehan bahan baku dan pemasaran produk. Terdapat dua kepala seksi yang membantu kepala bagian pemasaran dalam menjalankan tugasnya yaitu seksi pemasaran dan pembelian.

- Kepala Bagian Keuangan dan Administrasi

Kepala bagian dan keuangan dan administrasi bertanggung jawab untuk mengelola, mengkoordinasikan, dan memantau semua kegiatan operasional perusahaan, termasuk pembukuan dan kebijakan karyawan. Terdapat dua kepala bagian yaitu bagian tata usaha dan bagian keuangan, yang akan membantu kepala bagian administrasi dan keuangan dalam menjalankan tanggung jawabnya.

- Kepala bagian umum

Kepala bagian umum bertanggung jawab untuk mengelola dan memantau semua aktivitas perusahaan yang melibatkan personel, hubungan masyarakat, dan keamanan. Terdapat 3 kepala seksi yaitu kepala bagian personalia, hubungan masyarakat, dan keamanan yang akan

memberikan bantuan kepada kepala bagian umum dalam pelaksanaan tugasnya.

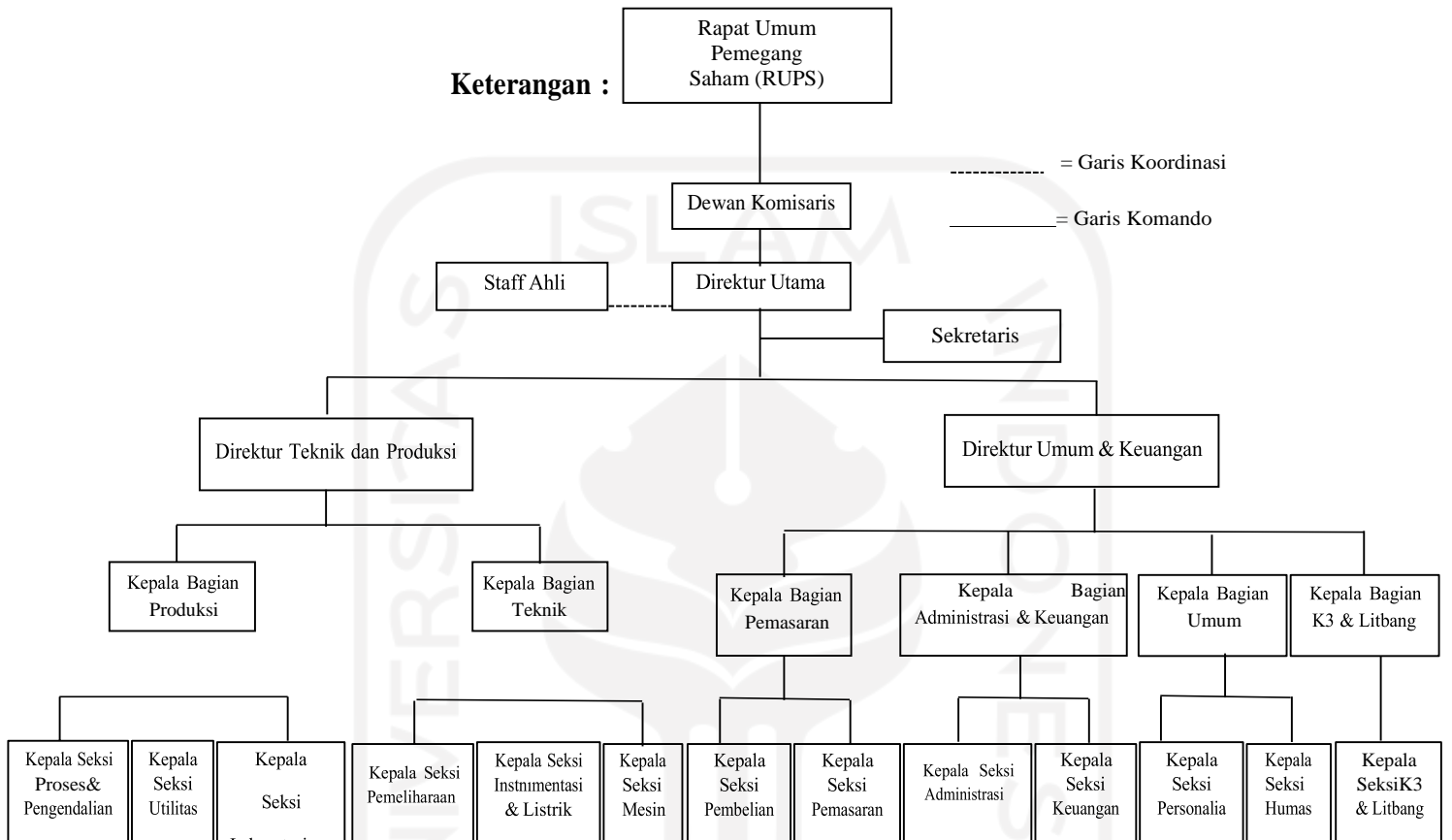
- Kepala Bagian K3 dan Litbang

Tanggung jawab kepala K3 dan litbang perusahaan adalah mengelola dan memantau pelaksanaan semua kegiatan yang berkaitan dengan K3 dan litbang. Terdapat dua kepala seksi yang akan membantu kepala bagian K3 dan litbang dalam menjalankan tugasnya yaitu seksi K3 dan seksi Litbang.

4.4.3.4 Staf Ahli

Anggota staf ahli memiliki tanggung jawab untuk memberikan masukan berupa rekomendasi, nasihat, dan pendapatnya tentang semua aspek operasional perusahaan.

STRUKTUR ORGANISASI PERUSAHAAN



Gambar 4.4 Struktur Organisasi

4.4.4 Menetapkan Jam Kerja

Pabrik *tricersyl phosphate* direncanakan untuk dapat berjalan terus menerus selama 330 hari, dan dalam 24 jam setiap hari, selama setahun penuh. Hari-hari diluar jadwal liburan dipergunakan untuk melakukan perbaikan, pembersihan, perawatan, atau *shut down*.

Berikut penggolongan karyawan berdasarkan jam kerja:

- a. Karyawan non shift, atau mereka yang bekerja total 40 jam per minggu selama 5 hari. Sedangkan hari Sabtu, Minggu, dan hari-hari besar diakui sebagai hari libur. Karyawan yang tidak mengelola proses produksi secara langsung dianggap sebagai pekerja non shift. Direktur Utama, Sekretaris, Direktur Teknik dan Produksi, Administrasi, Keuangan, dan Umum, Kepala Bagian, dan bawahannya yang berada di kantor semuanya termasuk pegawai non shift.

Rincian jam kerja karyawan non shift adalah sebagai berikut:

Jam kerja siang hari untuk karyawan non shift tercantum pada

Tabel 4.2 Jadwal kerja karyawan non-shift

Hari	Jam Kerja	Jam Istirahat
Senin – Kamis	07.00 – 16.00	12.00 – 13.00
Jum'at	07.00 – 16.00	11.00 – 13.00

- b. Karyawan shift, atau mereka yang mengelola atau menangani langsung produksi bagian-bagian tertentu dari perusahaan yang memiliki kaitan dengan kelancaran dan keamanan produksi dalam 24 jam setiap harinya. Operator bagian produksi,

engineering, gudang, dan bagian lain yang harus siaga menjaga keselamatan dan keamanan pabrik termasuk dalam karyawan shift. Ditinjau dari segi jam kerja, karyawan shift dibagi menjadi 3 shift per hari, antara lain sebagai berikut:

Tabel 4.3 Jadwal kerja karyawan khusus shift

Kelompok kerja	Jam kerja	Jam Istirahat
Shift 1	07:00–15:00	11:00–12:00
Shift 2	15:00–23:00	19:00–20:00
Shift 3	23:00–07:00	03:00–04:00

Pada tiap hari kerja, hanya tiga dari empat kelompok (A/B/C/D) yang masuk, sedangkan satu kelompok lagi tidak masuk atau libur. Setiap kelompok bekerja enam hari dalam seminggu dan mendapatkan libur 2 hari. Jika ada libur nasional, pegawai yang mempunyai jadwal kerja pada hari itu tidak dapat libur akan tetapi dianggap lembur dan akan memperoleh insentif tambahan.

Setiap shift akan dipimpin oleh 1 orang kepala shift.

Adapun jadwal kerja setiap kelompok yaitu:

Tabel 4.4 Jadwal Kerja Setiap Kelompok

Kelompok	Tanggal														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	P	P	P	L	S	S	S	L	M	M	M	L	P	P	P
B	M	M	L	P	P	P	L	S	S	S	L	M	M	M	L
C	S	L	M	M	M	L	P	P	P	L	S	S	S	L	M
D	L	S	S	S	L	M	M	M	L	P	P	P	L	S	S

Tabel 4.5 Jadwal Kerja Setiap Kelompok

Kelompok	Tanggal														
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
A	L	S	S	S	L	M	M	M	L	P	P	P	L	S	S
B	P	P	P	L	S	S	S	L	M	M	M	L	P	P	P
C	M	M	L	P	P	P	L	S	S	S	L	M	M	M	L
D	S	L	M	M	M	L	P	P	P	L	S	S	S	L	M

Keterangan :

P = *Shift* Pagi (07.00 – 15.00)

S = Shift Sore (15.0 – 23.00)

M = Shift Malam (23.00 – 07.00)

L = Libur

4.4.5 Jumlah Karyawan dan Sistem Gaji

Jumlah tenaga kerja disesuaikan dengan kebutuhan agar pekerjaan dapat diselesaikan secara efektif.. Berikut dibawah ini rincian jumlah tenaga kerja dan sistem gaji masing-masing.

Tabel 4.6 Rincian Gaji Karyawan

No	Jabatan	Jumlah	Gaji/bln	Jumlah	Gaji/tahun	Jumlah
1	Direktur Utama	1	40.000.000	40.000.000	480.000.000	480.000.000
2	Staff Ahli	1	18.000.000	18.000.000	216.000.000	216.000.000
3	Sekretaris	1	18.000.000	18.000.000	216.000.000	216.000.000
4	Direktur Utama	1	30.000.000	30.000.000	360.000.000	360.000.000
5	Direktur Keuangan	1	30.000.000	30.000.000	360.000.000	360.000.000
6	Kepala Bagian Umum	1	16.000.000	16.000.000	192.000.000	192.000.000
7	Kepala Bagian Pemasaran	1	16.000.000	16.000.000	192.000.000	192.000.000
8	Kepala Bagian Keuangan	1	16.000.000	16.000.000	192.000.000	192.000.000
9	Kepala Bagian Teknik	1	16.000.000	16.000.000	192.000.000	192.000.000
10	Kepala Bagian Produksi	1	16.000.000	16.000.000	192.000.000	192.000.000
11	Kepala Bagian Litbang	1	16.000.000	16.000.000	192.000.000	192.000.000
12	Kepala Seksi Personalia	1	15.000.000	15.000.000	180.000.000	180.000.000
13	Kepala Seksi Humas	1	15.000.000	15.000.000	180.000.000	180.000.000
14	Kepala Seksi Keamanan	1	15.000.000	15.000.000	180.000.000	180.000.000
15	Kepala Seksi Pembelian	1	15.000.000	15.000.000	180.000.000	180.000.000
16	Kepala Seksi Pemasaran	1	15.000.000	15.000.000	180.000.000	180.000.000
17	Kepala Seksi Administrasi	1	15.000.000	15.000.000	180.000.000	180.000.000
18	Kepala Seksi Kas/Anggaran	1	15.000.000	15.000.000	180.000.000	180.000.000
19	Kepala Seksi	1	15.000.000	15.000.000	180.000.000	180.000.000
20	Kepala Seksi	1	15.000.000	15.000.000	180.000.000	180.000.000
21	Kepala Seksi	1	15.000.000	15.000.000	180.000.000	180.000.000
22	Kepala Seksi	1	15.000.000	15.000.000	180.000.000	180.000.000
23	Kepala Seksi	1	15.000.000	15.000.000	180.000.000	180.000.000
24	Kepala Seksi	1	15.000.000	15.000.000	180.000.000	180.000.000
25	Kepala Seksi	1	15.000.000	15.000.000	180.000.000	180.000.000
26	Karyawan Personalia	4	8.000.000	32.000.000	96.000.000	384.000.000
27	Karyawan Humas	4	8.000.000	32.000.000	96.000.000	384.000.000
28	Karyawan Pembelian	4	8.000.000	32.000.000	96.000.000	384.000.000
29	Karyawan Pemasaran	4	8.000.000	32.000.000	96.000.000	384.000.000
30	Karyawan Administrasi & Keuangan	5	8.000.000	40.000.000	96.000.000	480.000.000
31	Karyawan Proses	10	8.000.000	80.000.000	96.000.000	960.000.000
32	Karyawan Pengendalian	3	8.000.000	24.000.000	96.000.000	288.000.000
33	Karyawan Laboratorium	3	8.000.000	24.000.000	96.000.000	288.000.000
34	Karyawan Pemeliharaan	3	8.000.000	24.000.000	96.000.000	288.000.000
35	Karyawan Utilitas	8	8.000.000	64.000.000	96.000.000	768.000.000
36	Karyawan K3	4	8.000.000	32.000.000	96.000.000	384.000.000
37	Karyawan Litbang	4	8.000.000	32.000.000	96.000.000	384.000.000
38	Operator Proses	22	6.000.000	132.000.000	72.000.000	1.584.000.000
39	Operator Utilitas	14	6.000.000	84.000.000	72.000.000	1.008.000.000
40	Dokter	2	8.000.000	16.000.000	96.000.000	192.000.000
41	Perawat	4	5.000.000	20.000.000	60.000.000	240.000.000
42	Satpam	6	4.600.000	27.600.000	55.200.000	331.200.000
43	Supir	6	5.000.000	30.000.000	60.000.000	360.000.000
44	Cleaning Service	5	4.600.000	23.000.000	55.200.000	276.000.000
	Total	140		Rp1.222.600.000		Rp14.671.200.000

4.4.6 Fasilitas dan Hak Karyawan

Fasilitas dan hak-hak karyawan yang diberikan oleh perusahaan untuk menunjang kegiatan karyawan bagi karyawan, dalam daftar di bawah ini antara lain.

1. Hak Cuti

2. Hari Libur Nasional

Hari libur nasional adalah hari libur kerja untuk karyawan harian (non shift). Sedangkan untuk karyawan shift, pada hari libur nasional tetap masuk kerja dengan catatan hari tersebut diperhitungkan sebagai hari kerja (lembur).

3. Perpanjangan waktu

Jika ada pekerjaan mendesak yang harus segera diselesaikan, kerja lembur dilakukan atas persetujuan kepala seksi.

4. Pakaian kerja

Perusahaan mendistribusikan dua pasang pakaian kerja setiap tahun untuk mencegah kesenjangan antar karyawan. Selain itu, masker ditawarkan sebagai alat keselamatan di tempat kerja.

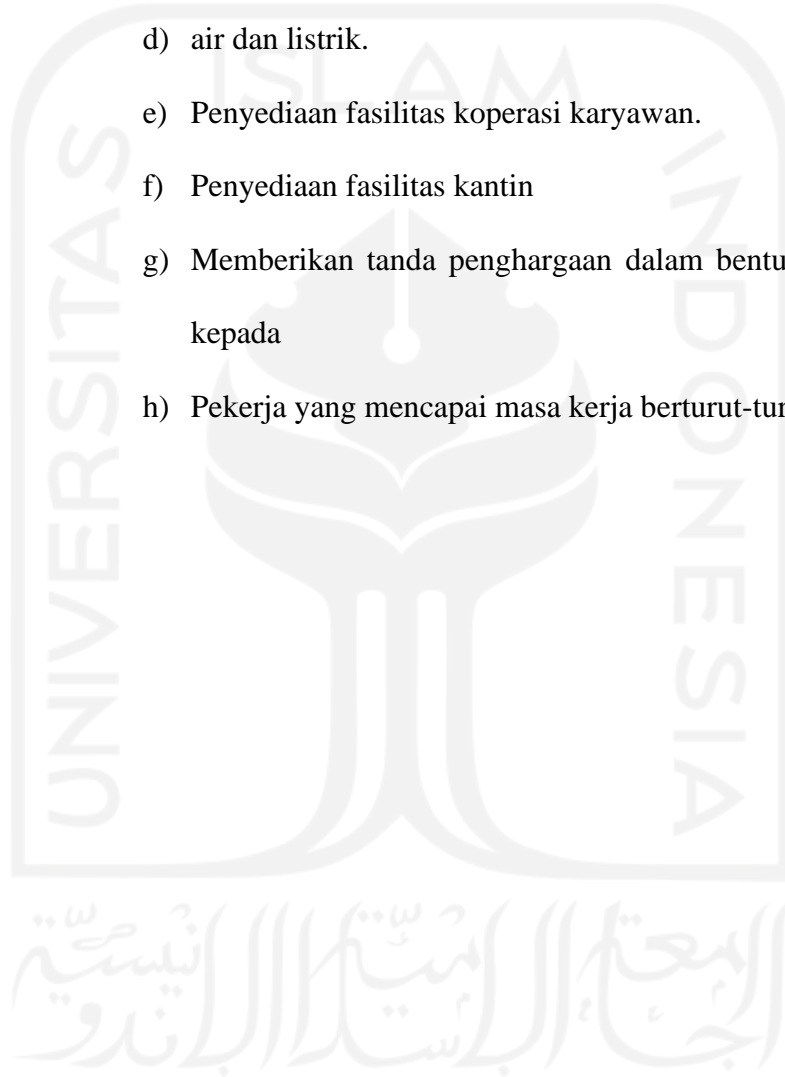
5. Jaminan Sosial

Jamsostek merupakan perusahaan asuransi jiwa dan asuransi kecelakaan yang bertujuan untuk memberikan rasa aman kepada penumpang dan karyawan selama melakukan pekerjaan.

6. Menyediakan fasilitas bagi pekerja

- a) Penyediaan sarana transportasi/bus karyawan.

- b) Penyediaan fasilitas poliklinik yang ditangani oleh dokter dan perawat.
- c) Penyediaan fasilitas tempat ibadah yang dilengkapi dengan sarana
 - d) air dan listrik.
 - e) Penyediaan fasilitas koperasi karyawan.
 - f) Penyediaan fasilitas kantin
 - g) Memberikan tanda penghargaan dalam bentuk tanda mata kepada
 - h) Pekerja yang mencapai masa kerja berturut-turut 10 tahun



BAB V

UTILITAS

Unit utilitas merupakan sekumpulan unit yang bertugas menyediakan sarana penunjang proses produksi. Unit ini keberadaannya sangat penting dan harus ada dalam rancangan suatu pabrik.

Salah satu faktor yang menunjang kelancaran suatu proses produksi didalam pabrik yaitu penyediaan utilitas. Penyediaan utilitas meliputi :

a. Unit Pengolahan Air (*Water Treatment System*)

Unit ini berfungsi menyediakan air domestik, *air service*, air umpan boiler, dan air pendingin

b. Unit Pembangkit Steam (*Steam Generation System*)

Unit ini berfungsi menyediakan panas yang digunakan untuk pemanas pada heater, dan vaporizer

c. Unit Penyedia *Dowtherm A*

Unit ini berfungsi untuk menyediakan pendingin pada alat reaktor (R-01).

d. Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*)

Unit ini berfungsi menyediakan tenaga penggerak untuk peralatan proses dan penerangan. Listrik diperoleh dari PLN dan Generator Set sebagai cadangan apabila PLN mengalami gangguan.

e. Unit Penyedia Bahan Bakar

Unit ini berfungsi menyediakan bahan bakar untuk furnace, dan generator.

f. Unit Pengadaan Udara Tekan (*Power Air System*)

Unit ini berfungsi menyediakan udara tekan untuk menjalankan sistem instrumentasi. Udara tekan diperlukan untuk alat *control pneumatic*.

5.1 Unit Penyedia dan Pengolahan Air (*Water Treatment System*)

5.1.1 Unit Penyedia Air

Unit penyedia dan pengolahan air ini dikenal dengan unit *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 air sumur, air sungai, air danau, dan air laut. Adapun unsur-unsur yang membentuk suatu sistem penyediaan air meliputi:

1. Sumber Pengadaan Air

Sumber pengadaan air untuk *industry* dapat diperoleh dari berbagai sumber, seperti sungai, waduk, sumber air tanah (sumur) ataupun air laut.

2. Sarana Penampungan

Untuk menunjang kebutuhan air, maka diperlukan adanya sarana penampungan air. Biasanya letak penampungan air diletakkan didekat sumber penyediaannya.

3. Sarana Penyaluran

Untuk menyalurkan air menuju sarana pengolahan, maka diperlukan adanya sarana penyaluran.

4. Sarana Pengolahan

Karena air yang didapat dari sumbernya belum dapat digunakan secara langsung, maka diperlukan sarana pengolahan agar mutu air sesuai dengan ketentuan.

5. Sarana-sarana Distribusi

Untuk membagikan air yang sudah diolah ke berbagai unit, maka diperlukan adanya sarana distribusi.

Air yang akan digunakan untuk memenuhi kebutuhan operasional pada prarancangan pabrik *Tricresyl phosphate* yaitu air yang berasal dari DAS (Daerah Aliran Sungai) Bengawan Solo dan masih mengandung pasir, mineral-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. Pemilihan air sungai memiliki pertimbangan sebagai berikut.

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

Air yang diperlukan di lingkungan pabrik digunakan untuk:

1. Air Pendingin

Sumber air yang sudah diolah agar kualitasnya sesuai dengan syarat air pendingin. Ada beberapa syarat kandungan zat yang tidak diperbolehkan ada dalam air pendingin, seperti:

- Besi, karena dapat menyebabkan korosi
- Silica, karena dapat menyebabkan kerak
- Oksigen terlarut, karena dapat menyebabkan korosi
- 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 boiler disediakan dengan *excess 20%*. *Excess* merupakan pengganti steam yang hilang karena kebocoran transmisi 10% serta factor keamanan sebesar 20%. Air yang digunakan untuk boiler harus memenuhi persyaratan agar air tidak merusak boiler. Berikut adalah beberapa hal yang perlu diperhatikan diantaranya :

➤ Tidak membuih (berbusa)

Busa disebabkan adanya solid matter, suspended matter, dan kebasaan yang tinggi. Berikut adalah kesulitan yang dihadapi dengan adanya busa:

- Kesulitan dalam pembacaan tinggi liquid dalam boiler

- Menyebabkan percikan air yang kuat dan dapat mengakibatkan penempelan padatan yang menyebabkan terjadinya korosi apabila terjadi pemanasan lanjut.

Untuk mengatasi hal-hal berikut maka diperlukan pengontrolan terhadap kandungan lumpur, kerak, dan alkanitas air umpan boiler.

- Tidak membentuk kerak dalam boiler

Dengan terbentuknya kerak di dinding boiler dapat menyebabkan isolasi terhadap panas sehingga mempengaruhi terhambatnya proses perpindahan panas dan dapat menimbulkan kebocoran apabila kerak yang terbentuk pecah.

- Tidak menyebabkan korosi pada pipa

Penyebab pipa dapat mengalami korosi yaitu pH rendah, minyak, lemak, *bikarbonat*, dan bahan organik serta gas-gas H_2S , SO_2 , NH_3 , CO_2 , O_2 yang terlarut dalam air. Lapisan pelindung anti korosi pada permukaan baja dapat terjadi karena adanya reaksi elektro kimia antara besi dan air.

3. Air Sanitasi

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

- Syarat fisika, meliputi:
 - Suhu : dibawah suhu udara

- Warna : jernih
- Rasa : tidak berasa
- Bau : tidak berbau
- Syarat kimia, meliputi :
 - pH netral (6,5 – 7,5)
 - Tidak mengandung zat organik dan anorganik yang terlarut dalam air
 - Tidak mengandung logam berat yang berbahaya seperti air raksa (Hg) dan timbal (Pb)
- Syarat bakteriologis, Meliputi:
 - Tidak mengandung bakteri-bakteri, terutama *bakteri pathogen*
 - Tidak mengandung mikroba penghasil *toksin*

(Nafiatud., 2008)

5.1.2 Unit Pengolahan Air

Air yang berasal dari DAS (Daerah Aliran Sungai) Bengawan Solo akan diolah di unit pengolahan air dengan tahapan pengolahan sebagai berikut:

a. Screening

Air dari DAS (Daerah Aliran Sungai) Bengawan Solo akan dilakukan penyaringan terlebih dahulu agar kandungan padatan seperti sampah, daun, plastik dan lainnya yang terbawa oleh air dapat terpisah.

b. Sedimentasi

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

c. Flokulator

Setelah proses pengendapan, air diendapkan kembali kotorannya yang berupa *disperse 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.

d. *Clarifier*

Kemudian air keluaran flokulator yaitu air baku dimasukkan kedalam 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 tinggi dan diharapkan akan menjadi turun setelah keluar dari *clarifier*.

e. 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*).

f. Penampung Sementara

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

g. 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 ditangki air bersih yang nantinya akan didistribusikan untuk kebutuhan air domestik.

h. Tangki *Air Service*

Air dari tangki *air service* 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 service*.

i. Bak Air Pendingin

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

j. *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 ke air pendingin. Air pembuangan dari *cooling tower* / *blowdown* dikeluarkan dari *cooling tower* untuk menjaga konsentrasi partikel yang ada didalamnya.

k. *Mixed Bed*

Air dari bak penampung sementara dialirkan menuju *mix bed* atau tangki *cation-anion exchanger* yang bertujuan untuk menghilangkan ion-ion yang terkandung pada *filtered water*. Sehingga air tersebut dapat digunakan sebagai air umpan boiler.

l. Deareasi

Proses pembebasan air umpan boiler dari oksigen (O_2) dan gas-gas terlarut (CO_2). Air yang sudah mengalami proses demineralisasi (polish water) akan dipompakan ke dalam deaerator dan diinjeksikan larutan hidrazin (N_2H_4) 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:



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

Untuk proses pengolahan air dapat dilihat pada Gambar dibawah ini

1. Unit Kebutuhan Air

a. Kebutuhan Air Pendingin

Tabel 5.1 Kebutuhan Air Pendingin

No.	Alat	Kode Alat	Kebutuhan Air (Kg/jam)
1	Absorber	ABS-01	482.693,38649
Total			482.693,38649

Total kebutuhan air pendingin	= 482.693,38649	Kg/jam
Perancangan dibuat <i>over design</i> 20%	= 579.232,0638	Kg/jam
Jumlah air yang menguap (We)	= 9.846,945084	Kg/jam
<i>Drift loss</i> (Wd)	= 115,8464128	Kg/jam
<i>Blowdown</i> (Wb)	= 3.166,468615	Kg/jam
<i>Make up Water</i> (Wm)	= 13.129,26011	Kg/jam
Perancangan Wm <i>over design</i> 20%	= 15.755,11213	Kg/jam

b. Kebutuhan Air Steam

Tabel 5.2 Kebutuhan Steam

No.	Alat	Kode Alat	Kebutuhan Steam (Kg/jam)
1	Heater	HE-01	388,281
Total			388,281

Total kebutuhan air untuk steam	= 388,281	Kg/jam
Perancangan dibuat <i>over design</i> 20%	= 465,93725	Kg/jam
Jumlah air yang menguap (We)	= 23,29686	Kg/jam
<i>Blowdown</i> (Wb)	= 69,89059	Kg/jam
<i>Make up Water</i> (Wm)	= 93,18745	Kg/jam

Perancangan Wm *over design* 20% = 111,82494 Kg/jam

c. Kebutuhan Air Domestik

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

- Kebutuhan karyawan

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

Jumlah karyawan	: 152 orang
Perkiraan Kebutuhan air tiap orang	: 100 L/hari
Kebutuhan air tiap karyawan	: 4,072936237 Kg/jam
Kebutuhan air semua karyawan	: 619,086308 Kg/ jam
	: 14.858,07139 Kg/hari

- Kebutuhan air untuk tempat tinggal

Jumlah Rumah	: 24 Rumah
Perkiraan penghuni Rumah	: 60 Orang
Kebutuhan air tiap orang	: 100 L/hari
Kebutuhan air untuk rumah	: 6.138,077923 Kg/jam
	: 147.313,8702 Kg/hari

Total kebutuhan total air domestik	: 6.757,164231 Kg/jam
	: 162.171,9416 Kg/hari

d. Kebutuhan air untuk *service water*

Kebutuhan *service water* diperkirakan sekitar 500 kg/jam. Perkiraan kebutuhan air ini nantinya akan digunakan untuk bengkel, laboratorium, pemadam kebakaran, kantin, dan lain-lain.

e. Kebutuhan air proses

Air proses merupakan air yang digunakan dalam pengolahan bahan baku untuk menghasilkan sebuah produk. Kebutuhan air proses pada absorber sebagai media pelarut sebesar 1.123,52367 kg/jam.

Kebutuhan air total dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 5.3 Kebutuhan air total

No.	Keperluan	Jumlah (Kg/jam)
1	<i>Domestik Water</i>	6.757,1642
2	<i>Service Water</i>	500,00000
3	<i>Cooling Water</i>	579.232,064
4	<i>Steam Water</i>	465,9373
5	<i>Process Water</i>	1.121,6914
Total		586.955,1653

5.2 Unit Pembangkit Steam (*Steam Generation System*)

Untuk memenuhi kebutuhan steam pada proses produksi dibutuhkan unit pembangkit steam dengan spesifikasi :

- Kapasitas = 1600 kW
- Jenis = AC Generator
- Tegangan = 220/360
- Jumlah = 1

Boiler dilengkapi dengan unit *economizer safety valve* sistem dan pengaman-pengaman yang bekerja secara otomatis.

Air yang berasal dari unit pengolahan air akan digunakan sebagai umpan boiler terlebih dahulu diatur kadar silika, O₂, 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 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.

5.3 Unit pembangkit Listrik (*Power Plant System*)

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 untuk proses

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

Tabel 5.4 Unit Pembangkit Listrik

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
Pompa-01	P-01	0,0427	31,8780
Pompa-02	P-02	0,0201	15,0188
Pompa-03	P-03	0,1067	79,5400
Pompa-04	P-04	0,1031	76,9059
Pompa-05	P-05	0,1935	144,2810
Pompa-06	P-06	0,0030	2,2480
Blower-01	B-01	0,2452	182,8205
Total		0,7144	532,6922

b. Kebutuhan Listrik Utilitas

Sama halnya dengan peralatan proses, peralatan utilitas juga terdapat sejumlah daya yang dibutuhkan. Kebutuhan tersebut dapat dilihat pada **Tabel 5.5** sebagai berikut :

Tabel 5.5 Kebutuhan Listrik Utilitas

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
Bak Penggumpal (Koagulasi dan Flokulasi)	BU-01	2,0000	1.491,4000
Blower Cooling Tower	BL-01	75,0000	55.927,5000
Kompresor Udara	CP-01	2,0000	1.491,4000
Pompa Utilitas-01	PU-01	35,5761	26.529,1337
Pompa Utilitas-02	PU-02	55,5216	41.402,4556

Pompa Utilitas-03	PU-03	51,4749	38.384,8268
Pompa Utilitas-04	PU-04	0,0042	3,1330
Pompa Utilitas-05	PU-05	54,5934	40.710,2666
Pompa Utilitas-06	PU-06	49,3369	36.790,5365
Pompa Utilitas-07	PU-07	17,2329	12.850,5823
Pompa Utilitas-08	PU-08	32,7894	24.451,0799
Pompa Utilitas-09	PU-09	0,3422	255,1982
Pompa Utilitas-10	PU-10	0.0000002989	0,0002
Pompa Utilitas-11	PU-11	45,9105	34.235,4799
Pompa Utilitas-12	PU-12	45,9105	34.235,4799
Pompa Utilitas-13	PU-13	0,0156	11,6532
Pompa Utilitas-14	PU-14	0,0160	11,8964
Pompa Utilitas-15	PU-15	23,1745	17.281,2080
Pompa Utilitas-16	PU-16	23,1745	17.281,2080
Pompa Utilitas-17	PU-17	0,0279	20,8254
Pompa Utilitas-18	PU-18	0,0312	23,2677
Pompa Utilitas-19	PU-19	0,0260	19,3606
Pompa Utilitas-20	PU-20	0,0260	19,3719
Pompa Utilitas-21	PU-21	0,0260	19,3606
Total		517,2813	385.736,6974

c. Kebutuhan Lain –lain

- Kebutuhan listrik untuk penerangan : 57,9404 Kw
- Kebutuhan listrik untuk AC : 57,9404 Kw
- Kebutuhan listrik untuk Laboratorium dan Bengkel : 57,9404 Kw
- Kebutuhan listrik untuk *instrumentasi* : 96,5673 kW

Kebutuhan listrik secara lebih lengkap dapat dilihat pada Tabel 5.6 sebagai berikut:

Tabel 5.6 Kebutuhan Listrik

Keperluan	Kebutuhan (kW)
Power Plant	0,5327
Utilitas	385,7367
Penerangan	57,9404
Peralatan Kantor	57,9404
Laboratorium dan bengkel	57,9404
Alat Control	96,5673
Perumahan	24,0000
Total	680,6580

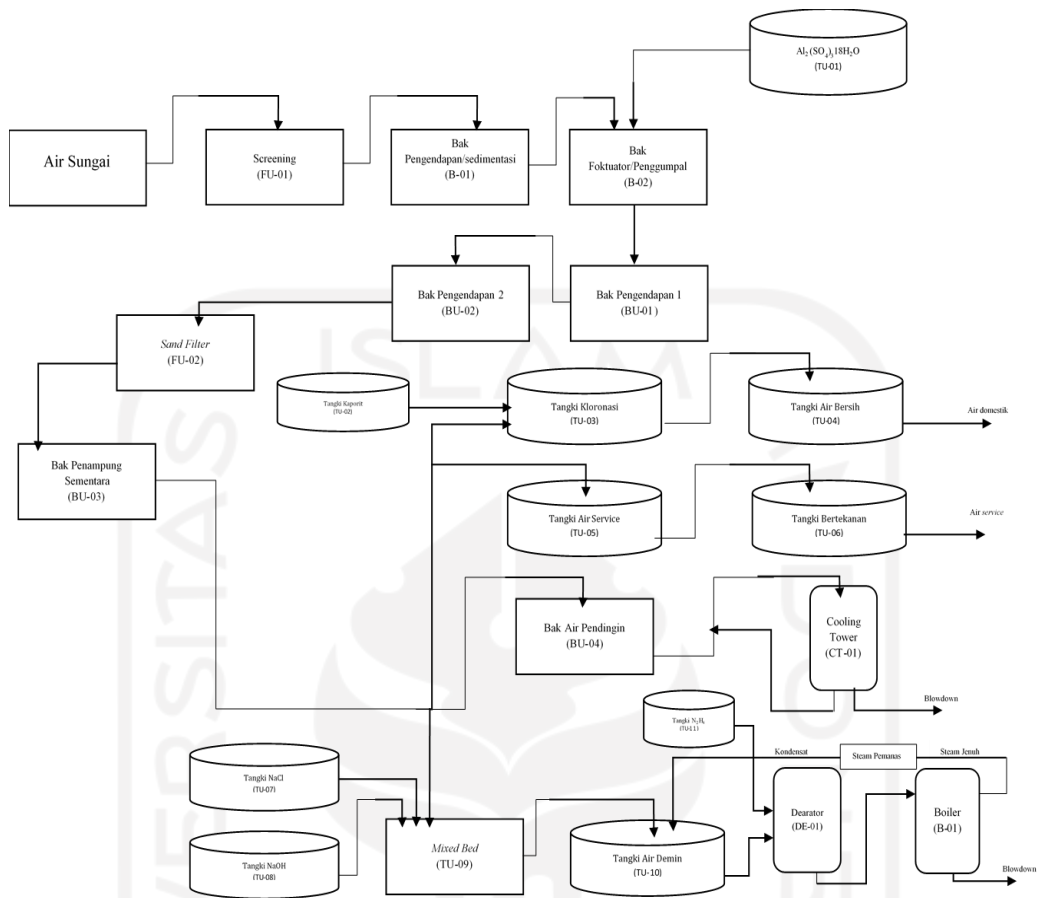
Kebutuhan listrik diperoleh dari dua sumber yaitu Perusahaan Listrik Nasional (PLN) dan generator. Generator berfungsi untuk tenaga cadangan ketika PLN terjadi gangguan dan untuk menggerakkan alat-alat seperti boiler, pengaduk dan sejumlah pompa. Generator beroperasi menggunakan solar dan udara yang di tekan untuk menghasilkan panas. Panas yang dihasilkan akan digunakan untuk memutar poros engkol sehingga generator dapat menghasilkan listrik, kemudian listrik tersebut didistribusikan menggunakan panel. Energi listrik dari generator digunakan sebagai sumber utama untuk menggerakkan alat proses. Berikut merupakan spesifikasi generator yang digunakan :

Kebutuhan Listrik : 680,6580 kW

Jenis : AC Generator

Tegangan : 220/360

Jumlah : 1



Gambar 4.5 Diagram Alir Pompa Utilitas

5.4 Unit Penyedia Udara Tekan dan Bahan Bakar

Tekan Unit penyedia udara tekan diperlukan untuk pemakaian alat *pneumatic control*. Udara tekan dipilih memiliki tekanan 6,35 bar dan suhu 30°C. Adapun jumlah alat control sebanyak 9 buah dengan total kebutuhan udara tekan keseluruhan sebesar 16,8221 m³/jam. Kebutuhan udara tekan diperoleh dari kompresor yang dilengkapi dengan dryer yang berisi *silika gel*.

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 19.676 BTU/lb dengan efisiensi pembakaran 80%. Bahan bakar yang dibutuhkan sebesar 116,7861lb/jam.

5.5 Unit Pengolahan Limbah atau Air Buangan

Limbah yang diperoleh dari pabrik *Tricresyl phosphate* ini adalah limbah cairan.

a. Limbah Sanitasi

Limbah sanitasi pembuangan air yang sudah terpakai untuk keperluan kantor dan pabrik lainnya seperti pencucian, air masak dan lain- lain. Penanganan limbah ini tidak memerlukan penanganan khusus karena seperti limbah rumah tangga lainnya, air buangan ini tidak mengandung bahan-bahan kimia yang berbahaya. Yang perlu diperhatikan disini adalah volume buangan yang diijinkan dan kemana pembuangan air limbah ini.

b. Air Limbah Laboratorium dan Limbah Cair dari Proses

Secara umum air limbah yang berasal dari setiap kegiatan di pabrik *Tricresyl phosphate* ini harus diolah agar dapat dibuang ke lingkungan dengan kisaran parameter air yang sesuai dengan peraturan pemerintah, yaitu :

- COD : maks. 100 mg/l
- BOD : maks. 20 mg/l
- TSS : maks. 80 mg/l
- Oil : maks. 5 mg/l
- pH : 6,5 – 8,5

c. Limbah Hasil Proses

Pada pabrik ini menghasilkan limbah berupa senyawa dengan fase cair. Untuk menghindari dampak negatif dari limbah ini maka sebelum dibuang ke lingkungan, limbah tersebut diolah terlebih dahulu hingga memenuhi baku mutu lingkungan.

5.6 Unit Penyedia *Dowtherm A*

Dowtherm A digunakan sebagai pendingin pada Reaktor (R-01), dan Cooler-01 (CL-01). Alasan dipilihnya pendingin jenis *Dowtherm* yaitu jenis pendingin ini mampu bekerja pada suhu tinggi. Apabila menggunakan air pendingin biasa untuk menurunkan suhu maka proses pendinginan akan menjadi tidak efektif. Hal ini disebabkan air pendingin pada saat proses pendinginan dimungkinkan ikut menjadi panas dan menguap sebagian terlebih dahulu sebelum proses pendinginan berakhir. Oleh karena itu, pemilihan jenis pendingin yang digunakan memiliki sifat fisik dan kimia yang lebih ringan sehingga dapat bertahan pada suhu tinggi

Dowtherm adalah cairan yang dapat digunakan dalam fase cair atau fase uap. Kisaran aplikasi normal adalah 60 °F sampai 750 °F (15-400) °C dan kisaran tekanan adalah 1 atm – 152,2 psig (10,6 bar). Fluida ini stabil tidak mudah terurai pada suhu tinggi, dan dapat digunakan secara efektif baik dalam fase cair atau fase uap. Viskositasnya rendah sepanjang rentang operasi pada perpindahan panas yang efisien sehingga tidak ada masalah dalam pemompaan. Fluida ini *non-Corrosive* untuk logam biasa dan paduan.

(msdssearch.dow.com)

Pendingin *dowtherm* terdiri dari senyawa *dipenil eter* dan *bipenil eter*. *Dowtherm* dapat digunakan dalam fase cair atau fase uap, Jumlah *dowtherm* yang dibutuhkan untuk reaktor (R-01) sebesar 342,0416 Kg/jam. Jumlah *dowtherm* yang dibutuhkan untuk Cooler-01 (CL-01) sebesar 2.499,761 kg/jam. Maka total kebutuhan *dowtherm* setelah *over design* 20% sebagai faktor keamanan alat adalah 3.410,1631 Kg/jam.

5.7 Spesifikasi Alat Utilitas

a. Pompa Utilitas

Tabel 5.7 Spesifikasi Pompa Utilitas 1

Kode	PU-01	
Fungsi	Mengalirkan Air dari sungai menuju Screening	
Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>	
Impeller	<i>Axial flow impellers</i>	
Jumlah	1	buah
Bahan Konstruksi	<i>Commercial Steel</i>	

Spesifikasi Pompa					
Kapasitas	3.924,3808	gal/min			
Rate Volumetrik	8,7436	ft ³ /s			
Kecepatan Aliran	5,3902	ft/s			
Ukuran Pipa	ID	17,250	in	0,4382	m
	OD	18,000	In	0,4572	m
	IPS	18,000	In	0,4572	m
	Flow Area	234,000	In ²	0,1510	m ²
Efisiensi Pompa	78%				
Power Pompa	35,6472	Hp	26.582,1069	Watt	
Power motor	60,0000	Hp	44.742,0000	Watt	

Tabel 5.8 Spesifikasi Pompa Utilitas 2

Kode	PU-02				
Fungsi	Mengalirkan air sungai dari screening menuju Reservoir/sedimentasi (BU-01)				
Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>				
Impeller	<i>Axial flow impellers</i>				
Jumlah	1	buah			
Bahan Konstruksi	<i>Commercial Steel</i>				
Spesifikasi Pompa					
Kapasitas	3.364,6660	gal/min			
Rate Volumetrik	7,4965	ft ³ /s			
Kecepatan Aliran	4,6214	ft/s			
Ukuran Pipa	ID	17,250	in	0,4382	m
	OD	18,000	In	0,4572	m
	IPS	18,000	In	0,4572	m
	Flow Area	234,000	In ²	0,1510	m ²
Efisiensi Pompa	90%				

Power Pompa	49,9694	Hp	37.262,2100	Watt
Power motor	60,0000	Hp	44.742,0000	Watt

Tabel 5.9 Spesifikasi Pompa Utilitas 3

Kode	PU-03				
Fungsi	Mengalirkan air dari Bak Sedimentasi (BU-01) menuju Bak Koagulasi dan Flokulasi (BU-02)				
Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>				
Impeller	<i>Axial flow impellers</i>				
Jumlah	1	buah			
Bahan Konstruksi	<i>Commercial Steel</i>				
Spesifikasi Pompa					
Kapasitas	3.541,7536	gal/min			
Rate Volumetrik	7,8911	ft ³ /s			
Kecepatan Aliran	4,8646	ft/s			
Ukuran Pipa	ID	17,250	in	0,4382	m
	OD	18,000	In	0,4572	m
	IPS	18,000	In	0,4572	m
	Flow Area	234,000	In ²	0,1510	m ²
Efisiensi Pompa	90%				
Power Pompa	51,4749	Hp	38.384,8268	Watt	
Power motor	60,0000	Hp	44.742,0000	Watt	

Tabel 5.10 Spesifikasi Pompa Utilitas 4

Kode	PU-04				
Fungsi	Mengalirkan air dari Tangki Alum (TU-01) menuju Bak Koagulasi dan Flokulasi (BU-02)				
Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>				
Impeller	<i>Radial flow impellers</i>				

Jumlah	1	buah			
Bahan Konstruksi	<i>Commercial Steel</i>				
Spesifikasi Pompa					
Kapasitas	0,1731	gal/min			
Rate Volumetrik	0.0004	ft ³ /s			
Kecepatan Aliran	0.5340	ft/s			
Ukuran Pipa	ID	0,364	in	0,0092	m
	OD	0,54	In	0,0137	m
	IPS	0,25	In	0,0064	m
	Flow Area	0,10	In ²	0,0001	m ²
Efisiensi Pompa	20%				
Power Pompa	0,0042	Hp	3,1330	Watt	
Power motor	0,5000	Hp	372,8500	Watt	

Tabel 5.11 Spesifikasi Pompa Utilitas 5

Kode	PU-05				
Fungsi	Mengalirkan air dari Bak Koagulasi dan Flokulasi (BU-02) menuju Bak Pengendapan 1 (BU-03)				
Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>				
Impeller	<i>Axial flow impellers</i>				
Jumlah	1	buah			
Bahan Konstruksi	<i>Commercial Steel</i>				
Spesifikasi Pompa					
Kapasitas	3.541,7536	gal/min			
Rate Volumetrik	7,8911	ft ³ /s			
Kecepatan Aliran	4,8646	ft/s			
Ukuran Pipa	ID	17,250	in	0,4382	m
	OD	18,00	In	0,4572	m
	IPS	18,00	In	0,4572	m
	Flow Area	234,00	In ²	0,1510	m ²

Efisiensi Pompa	20%			
Power Pompa	54,5934	Hp	40.710,2666	Watt
Power motor	75,0000	Hp	55.927,5000	Watt

Tabel 5.12 Spesifikasi Pompa Utilitas 6

Kode	PU-06				
Fungsi	Mengalirkan air dari Bak Pengendapan 1 (BU-03) menuju Bak Pengendap 2 (BU-04)				
Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>				
Impeller	<i>Axial flow impellers</i>				
Jumlah	1	buah			
Bahan Konstruksi	<i>Commercial Steel</i>				
Spesifikasi Pompa					
Kapasitas	3.364,6660	gal/min			
Rate Volumetrik	7,4965	ft ³ /s			
Kecepatan Aliran	4,6214	ft/s			
Ukuran Pipa	ID	17,250	in	0,4382	m
	OD	18,00	In	0,4572	m
	IPS	18,00	In	0,4572	m
	Flow Area	234,00	In ²	0,1510	m ²
Efisiensi Pompa	79%				
Power Pompa	49,3369	Hp	36.790,5365	Watt	
Power motor	60,0000	Hp	44.742,0000	Watt	

Tabel 5.13 Spesifikasi Pompa Utilitas 7

Kode	PU-07				
Fungsi	Mengalirkan air dari Bak Pengendapan II (BU-04) menuju Bak Saringan Pasir (FU-02)				
Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>				

Impeller	<i>Axial flow impellers</i>				
Jumlah	1	buah			
Bahan Konstruksi	<i>Commercial Steel</i>				
Spesifikasi Pompa					
Kapasitas	3.196,4327	gal/min			
Rate Volumetrik	7,1217	ft ³ /s			
Kecepatan Aliran	4,3903	ft/s			
Ukuran Pipa	ID	17,250	in	0,4382	m
	OD	18,00	In	0,4572	m
	IPS	18,00	In	0,4572	m
	Flow Area	234,00	In ²	0,1510	m ²
Efisiensi Pompa	78%				
Power Pompa	17,2329	Hp	12.850,5823	Watt	
Power motor	20,0000	Hp	14.914,0000	Watt	

Tabel 5.14 Spesifikasi Pompa Utilitas 8

Kode	PU-08				
Fungsi	Mengalirkan air dari Bak Sand Filter/ Bak Saringan Pasir (FU-02) menuju Bak Penampung Sementara (BU-05)				
Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>				
Impeller	<i>Axial flow impellers</i>				
Jumlah	1	buah			
Bahan Konstruksi	<i>Commercial Steel</i>				
Spesifikasi Pompa					
Kapasitas	3.036,6110	gal/min			
Rate Volumetrik	6,7656	ft ³ /s			
Kecepatan Aliran	5,3365	ft/s			
Ukuran Pipa	ID	15,250	in	0,3874	m
	OD				

	OD	16,00	In	0,4064	m
	IPS	16,00	In	0,4064	m
	Flow Area	183,00	In ²	0,1181	m ²
Efisiensi Pompa	78%				
Power Pompa	32,7894	Hp	24.451,0799	Watt	
Power motor	40,0000	Hp	29.828,0000	Watt	

Tabel 5.15 Spesifikasi Pompa Utilitas 9

Kode	PU-09				
Fungsi	Mengalirkan air dari Bak Penampung Sementara (BU-05) menuju area kebutuhan air				
Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>				
Impeller	<i>Mixed flow impellers</i>				
Jumlah	1	buah			
Bahan Konstruksi	<i>Commercial Steel</i>				
Spesifikasi Pompa					
Kapasitas	34,6669	gal/min			
Rate Volumetrik	0,0772	ft ³ /s			
Kecepatan Aliran	2,3243	ft/s			
Ukuran Pipa	ID	2,469	in	0,0627	m
	OD	2,88	In	0,0732	m
	IPS	2,50	In	0,0635	m
	Flow Area	4,79	In ²	0,0031	m ²
Efisiensi Pompa	78%				
Power Pompa	0,3422	Hp	255,1982	Watt	
Power motor	0,5000	Hp	372,8500	Watt	

Tabel 5.16 Spesifikasi Pompa Utilitas 10

Kode	PU-10				
Fungsi	Mengalirkan Kaporit dari Tangki Kaporit (T-03) menuju Tangki Klorinasi (TU-02)				
Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>				
Impeller	<i>Radial flow impellers</i>				
Jumlah	1	Buah			
Bahan Konstruksi	<i>Commercial Steel</i>				
Spesifikasi Pompa					
Kapasitas	0,0002	gal/min			
Rate Volumetrik	0,000000555	ft ³ /s			
Kecepatan Aliran	0,0014	ft/s			
Ukuran Pipa	ID	0,269	in	0,0068	m
	OD	0,41	In	0,0103	m
	IPS	0,13	In	0,0032	m
	Flow Area	0,06	In ²	0,000037	m ²
Efisiensi Pompa	20%				
Power Pompa	0,00000030	Hp	0,0002	Watt	
Power motor	0,0500	Hp	37,2850	Watt	

Tabel 5.17 Spesifikasi Pompa Utilitas 11

Kode	PU-11				
Fungsi	Mengalirkan air dari tangki klorinasi menuju tangki air bersih (TU-04)				
Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>				
Impeller	<i>Axial Flow Impellers</i>				
Jumlah	1	Buah			
Bahan Konstruksi	<i>Carbon steel SA 203 Grade C</i>				

Spesifikasi Pompa					
Kapasitas	3.035,2491	gal/min			
Rate Volumetrik	6,7626	ft ³ /s			
Kecepatan Aliran	5,8883	ft/s			
Ukuran Pipa	ID	13,2500	in	0,3366	m
	OD	14,0000	In	0,3556	m
	IPS	14,0000	In	0,3556	m
	Flow Area	115,0000	In ²	0,0742	m ²
Efisiensi Pompa	78%				
Power Pompa	45,9105	Hp	34.235,4799	Watt	
Power motor	60,000	Hp	44.742,0000	Watt	

Tabel 5.18 Spesifikasi Pompa Utilitas 12

Kode	PU-12				
Fungsi	Mengalirkan air dari tangki bersih (TU-04) menuju Area Domestik				
Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>				
Impeller	<i>Axial Flow Impellers</i>				
Jumlah	1	Buah			
Bahan Konstruksi	<i>Carbon steel SA 203 Grade C</i>				
Spesifikasi Pompa					
Kapasitas	3.031,6385	gal/min			
Rate Volumetrik	6,7545	ft ³ /s			
Kecepatan Aliran	5,8813	ft/s			
Ukuran Pipa	ID	13,2500	in	0,3366	m
	OD	14,0000	In	0,3556	m
	IPS	14,0000	In	0,3556	m
	Flow Area	115,0000	In ²	0,0742	m ²
Efisiensi Pompa	78%				

Power Pompa	45,9105	Hp	3.4154,7925	Watt
Power motor	60,000	Hp	4.4742,0000	Watt

Tabel 5.19 Spesifikasi Pompa Utilitas 13

Kode	PU-13				
Fungsi	Mengalirkan air dari tangki air servis (TU-05) menuju Tangki air bertekanan (TU-06)				
Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>				
Impeller	<i>Mixed Flow Impellers</i>				
Jumlah	1	Buah			
Bahan Konstruksi	<i>Carbon steel SA 203 Grade C</i>				
Spesifikasi Pompa					
Kapasitas	2,5827	gal/min			
Rate Volumetrik	0,0058	ft ³ /s			
Kecepatan Aliran	1,2955	ft/s			
Ukuran Pipa	ID	0,8240	in	0,0209	m
	OD	1,0500	In	0,0267	m
	IPS	0,7500	In	0,0191	m
	Flow Area	0,5340	In ²	0,0003	m ²
Efisiensi Pompa	20%				
Power Pompa	0,0156	Hp	11.6532	Watt	
Power motor	0,050	Hp	37,2850	Watt	

Tabel 5.20 Spesifikasi Pompa Utilitas 14

Kode	PU-14				
Fungsi	Mengalirkan air dari tangki air bertekanan (TU-06) menuju area kebutuhan servis				
Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>				

Impeller	<i>Mixed Flow Impellers</i>				
Jumlah	1	Buah			
Bahan Konstruksi	<i>Carbon steel SA 203 Grade C</i>				
Spesifikasi Pompa					
Kapasitas	2,5827	gal/min			
Rate Volumetrik	0,0058	ft ³ /s			
Kecepatan Aliran	1,2955	ft/s			
Ukuran Pipa	ID	0,8240	in	0,0209	m
	OD	1,0500	In	0,0267	m
	IPS	0,7500	In	0,0191	m
	Flow Area	0,5340	In ²	0,0003	m ²
Efisiensi Pompa	20%				
Power Pompa	0,0160	Hp	11,8964	Watt	
Power motor	0,050	Hp	37,2850	Watt	

Tabel 5.21 Spesifikasi Pompa Utilitas 15

Kode	PU-15				
Fungsi	Mengalirkan air dari Bak Air Dingin (BU-06) menuju ke Cooling Tower (CT-01)				
Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>				
Impeller	<i>Axial flow impellers</i>				
Jumlah	1	Buah			
Bahan Konstruksi	<i>Carbon steel SA 203 Grade C</i>				
Spesifikasi Pompa					
Kapasitas	2.991,9976	gal/min			
Rate Volumetrik	6,6662	ft ³ /s			
Kecepatan Aliran	5,8044	ft/s			
Ukuran Pipa	ID	13,2500	in	0,3366	m

	OD	14,0000	In	0,3556	m
	IPS	14,0000	In	0,3556	m
	Flow Area	138,0000	In ²	0,0890	m ²
Efisiensi Pompa	79%				
Power Pompa	23,0992	Hp	17.225,0839	Watt	
Power motor	30,000	Hp	22.371,0000	Watt	

Tabel 5.22 Spesifikasi Pompa Utilitas 16

Kode	PU-16				
Fungsi	Mengalirkan air dari Cooling Tower (CT-01) menuju recycle dari bak air dingin				
Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>				
Impeller	<i>Axial flow impellers</i>				
Jumlah	1	Buah			
Bahan Konstruksi	<i>Carbon steel SA 203 Grade C</i>				
Spesifikasi Pompa					
Kapasitas	2.991,9976	gal/min			
Rate Volumetrik	6,6662	ft ³ /s			
Kecepatan Aliran	5,8044	ft/s			
Ukuran Pipa	ID	13,2500	in	0,3366	m
	OD	14,0000	In	0,3556	m
	IPS	14,0000	In	0,3556	m
	Flow Area	138,0000	In ²	0,0890	m ²
Efisiensi Pompa	79%				
Power Pompa	23,0992	Hp	17.225,0839	Watt	
Power motor	30,000	Hp	22.371,0000	Watt	

Tabel 5.23 Spesifikasi Pompa Utilitas 17

Kode	PU-17				
Fungsi	Mengalirkan air dari Tangki Penampung NaCl (TU-07) menuju Mixed Bed (MB-01)				
Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>				
Impeller	<i>Mixed flow impellers</i>				
Jumlah	1	buah			
Bahan Konstruksi	<i>Carbon steel SA 203 Grade C</i>				
Spesifikasi Pompa					
Kapasitas	2,4068	gal/min			
Rate Volumetrik	0,0054	ft ³ /s			
Kecepatan Aliran	2,1188	ft/s			
Ukuran Pipa	ID	0,6220	in	0,0158	m
	OD	0,8400	In	0,0213	m
	IPS	0,5000	In	0,0127	m
	Flow Area	0,3040	In ²	0,0002	m ²
Efisiensi Pompa	20%				
Power Pompa	0,0279	Hp	20,8254	Watt	
Power motor	0,050	Hp	37,2850	Watt	

Tabel 5.24 Spesifikasi Pompa Utilitas 18

Kode	PU-18				
Fungsi	Mengalirkan air dari Mixed Bead (MB-01) menuju Tangki air Demin (TU-10)				
Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>				
Impeller	<i>Radial flow impellers</i>				
Jumlah	1	Buah			
Bahan Konstruksi	<i>Carbon steel SA 203 Grade C</i>				

Spesifikasi Pompa					
Kapasitas	2,4068	gal/min			
Rate Volumetrik	0,0054	ft ³ /s			
Kecepatan Aliran	2,1188	ft/s			
Ukuran Pipa	ID	0,6220	in	0,0158	m
	OD	0,8400	In	0,0213	m
	IPS	0,5000	In	0,0127	m
	Flow Area	0,3040	In ²	0,0002	m ²
Efisiensi Pompa	20%				
Power Pompa	0,0312	Hp	23,2677	Watt	
Power motor	0,050	Hp	37,2850	Watt	

Tabel 5.25 Spesifikasi Pompa Utilitas 19

Kode	PU-19				
Fungsi	Mengalirkan air dari Tangki air Demin (TU-10) menuju Tangki Deaerator (DE-01)				
Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>				
Impeller	<i>Mixed flow impellers</i>				
Jumlah	1	buah			
Bahan Konstruksi	<i>Carbon steel SA 203 Grade C</i>				
Spesifikasi Pompa					
Kapasitas	2,4068	gal/min			
Rate Volumetrik	0,0054	ft ³ /s			
Kecepatan Aliran	2,1188	ft/s			
Ukuran Pipa	ID	0,6220	in	0,0158	m
	OD	0,8400	In	0,0213	m
	IPS	0,5000	In	0,0127	m
	Flow Area	0,3040	In ²	0,0002	m ²
Efisiensi Pompa	20%				

Power Pompa	0,0260	Hp	19,3606	Watt
Power motor	0,050	Hp	37,2850	Watt

Tabel 5.26 Spesifikasi Pompa Utilitas 20

Kode	PU-20				
Fungsi	Mengalirkan larutan Hydrazine dari Tangki N ₂ H ₄ (TU-11) menuju Tangki Deaerator (DE-01)				
Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>				
Impeller	<i>Mixed flow impellers</i>				
Jumlah	1	buah			
Bahan Konstruksi	<i>Carbon steel SA 203 Grade C</i>				
Spesifikasi Pompa					
Kapasitas	2,4068	gal/min			
Rate Volumetrik	0,0054	ft ³ /s			
Kecepatan Aliran	2,1188	ft/s			
Ukuran Pipa	ID	0,6220	in	0,0158	m
	OD	0,8400	In	0,0213	m
	IPS	0,5000	In	0,0127	m
	Flow Area	0,3040	In ²	0,0002	m ²
Efisiensi Pompa	20%				
Power Pompa	0,0260	Hp	19,3606	Watt	
Power motor	0,050	Hp	37,2850	Watt	

Tabel 5.27 Spesifikasi Pompa Utilitas 21

Kode	PU-21				
Fungsi	Mengalirkan air dari Deaerator (DE-01) menuju Boiler				
Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>				
Impeller	<i>Mixed flow impellers</i>				

Jumlah	1	buah			
Bahan Konstruksi	<i>Carbon steel SA 203 Grade C</i>				
Spesifikasi Pompa					
Kapasitas	2,4068	gal/min			
Rate Volumetrik	0,0054	ft ³ /s			
Kecepatan Aliran	2,1188	ft/s			
Ukuran Pipa	ID	0,6220	in	0,0158	m
	OD	0,8400	In	0,0213	m
	IPS	0,5000	In	0,0127	m
	Flow Area	0,3040	In ²	0,0002	m ²
Efisiensi Pompa	20%				
Power Pompa	0,0260	Hp	19,3606	Watt	
Power motor	0,050	Hp	37,2850	Watt	

Tabel 5.28 Spesifikasi bak utilitas

1. Bak Pengendapan		
Kode	BU-01	
Fungsi	Mengendapkan kotoran dan lumpur yang terbawa dari air sungai	
Jenis	Berbentuk bak persegi	
Bahan	Beton	
Volume	4.686,2240	m ³
Tinggi	10,5420	m
Panjang	21,0839	m
Lebar	21,0839	m

Tabel 5.29 Spesifikasi Bak Penggumpal / Bak Flokulator

2. Bak Penggumpal / Bak Flokulator	
Kode	BU-02
Fungsi	Mengendapkan kotoran yang berupa dispersi koloid dalam air dengan menambahkan koagulan untuk menggumpalkan kotoran .
Jenis	Bak Silinder Tegak
Bahan	Beton

Volume	821,4463	m ³
Tinggi	10,1524	m
Panjang	10,1524	m
Lebar	0,3384	m

Tabel 5.30 Spesifikasi Clarifier/ Bak Pengendap I

3. Clarifier/ Bak Pengendap I		
Kode	BU-03	
Fungsi	Mengendapkan endapan yang berbentuk flok yang terbawa dari air sungai dengan proses flokulasi (menghilangkan flokulasi)	
Jenis	Berbentuk bak persegi yang diperkuat beton bertulang.	
Bahan	Beton	
Volume	4.932,8674	m ³
Tinggi	10,7237	m
Panjang	21,4475	m
Lebar	21,4475	m

Tabel 5.31 Spesifikasi Clarifier/ Bak Pengendap II

4. Clarifier/ Bak Pengendap II		
Kode	BU-04	
Fungsi	Mengendapkan endapan yang berbentuk flok yang terbawa dari sungai dengan proses flokulasi (memberi kesempatan untuk proses flokulasi 02)	
Jenis	Berbentuk bak persegi yang diperkuat beton bertulang.	
Bahan	Beton	
Volume	4.686,2240	m ³
Tinggi	10,5420	m
Panjang	21,0839	m
Lebar	21,0839	m

Tabel 5.32 Spesifikasi Penampung Sementara

5. Penampung Sementara		
Kode	BU-05	
Fungsi	Menampung sementara raw water setelah disaring di sand filter	
Jenis	Bak persegi yang diperkuat beton bertulang dan dilapisi porselin	
Bahan	Beton	
Volume	704,2875	m ³
Tinggi	5,6048	m

Panjang	11,2097	m
Lebar	11,2097	m

Tabel 5.33 Spesifikasi Bak air pendingin I

6. Bak air pendingin I		
Kode	BU-06	
Fungsi	Menampung kebutuhan air pendingin	
Jenis	Bak persegi panjang	
Bahan	Beton	
Volume	16.681,8834	m ³
Tinggi	16,0964	m
Panjang	32,1928	m
Lebar	32,1928	m

Tabel 5.34 Spesifikasi Bak air pendingin II

7. Bak air pendingin II		
Kode	BU-07	
Fungsi	Menampung air make up dan air pendingin proses yang sudah didinginkan	
Jenis	Bak persegi panjang	
Bahan	Beton	
Volume	695,0785	m ³
Tinggi	5,5803	m
Panjang	11,1606	m
Lebar	11,1606	m

Tabel 5.35 Spesifikasi Tangki Utilitas

1. Tangki Larutan Alum		
Kode	TU-01	
Fungsi	Menyiapkan dan menyimpan larutan alum 5 % untuk 2 minggu operasi	
Jenis	Tangki silinder tegak	
Bahan	Carbon Steel	
Volume	33,4596	m ³
Diameter	2,7725	m
Tinggi	5,5450	m

Tabel 5.36 Spesifikasi Tangki Kaporit

2. Tangki Kaporit		
Kode	TU-02	
Fungsi	Menampung kebutuhan kaporit selama 1 minggu yang akan dimasukkan kedalam tangki Klorinasi (TU-01)	
Jenis	Tangki silinder berpengaduk	
Bahan	Carbon Steel	
Volume	0,0177	m ³
Diameter	0,2827	m
Tinggi	0,2827	m

Tabel 5.37 Spesifikasi Tangki Klorinasi

3. Tangki Klorinasi		
Kode	TU-03	
Fungsi	Mencampur klorin dalam bentuk kaporit ke dalam air untuk kebutuhan rumah tangga	
Jenis	Tangki silinder berpengaduk	
Bahan	Carbon Steel	
Volume	8,0500	m ³
Diameter	2,1726	m
Tinggi	2,1726	m

Tabel 5.38 Spesifikasi Tangki Air Bersih

4. Tangki Air Bersih		
Kode	TU-04	
Fungsi	Menampung air untuk keperluan kantor dan rumah tangga	
Jenis	Tangki silinder tegak	
Bahan	Carbon Steel	
Volume	16902.9012	m ³
Diameter	27,8204	m
Tinggi	27,8204	m

Tabel 5.39 Spesifikasi Tangki Air Service

5. Tangki Air Service		
Kode	TU-05	
Fungsi	Menampung air untuk keperluan layanan umum.	
Jenis	Tangki silinder tegak	
Bahan	Carbon Steel	
Volume	14,4000	m ³
Diameter	2,6373	m

Tinggi	2,6373	m
--------	--------	---

Tabel 5.40 Spesifikasi Tangki Air Bertekanan

6. Tangki Air Bertekanan		
Kode	TU-06	
Fungsi	Menampung air untuk keperluan layanan umum.	
Jenis	Tangki silinder tegak	
Bahan	Carbon Steel	
Volume	14,4000	m ³
Diameter	2,6373	m
Tinggi	2,6373	m

Tabel 5.41 Spesifikasi Tangki NaCl

7. Tangki NaCl		
Kode	TU-07	
Fungsi	Menampung larutan NaCl yang akan digunakan untuk meregenerasi kation exchanger	
Jenis	Tangki silinder	
Bahan	Carbon Steel	
Volume	0,1939	m ³
Diameter	0,6274	m
Tinggi	0,6274	m

Tabel 5.42 Spesifikasi Tangki NaOH

8. Tangki NaOH		
Kode	TU-08	
Fungsi	Menampung larutan NaOH yang akan digunakan untuk meregenerasi Anion exchanger.	
Jenis	Tangki silinder	
Bahan	Carbon Steel	
Volume	0,0987	m ³
Diameter	0,5010	m
Tinggi	0,5010	m

Tabel 5.43 Spesifikasi Tangki Umpan Boiler

9. Tangki Umpan Boiler		
Kode	TU-09	
Fungsi	Mencampur kondensat sirkulasi dan make up air umpan boiler sebelum dibangkitkan sebagai steam dalam boiler	

Jenis	Tangki silinder tegak	
Bahan	Carbon Steel	
Volume	0,5591	m ³
Diameter	0,8931	m
Tinggi	0,8931	m

Tabel 5.44 Spesifikasi Tangki Air Demin

10. Tangki Air Demin		
Kode	TU-10	
Fungsi	Menampung air bebas mineral sebagian air proses dan air umpan boiler	
Jenis	Tangki silinder tegak	
Bahan	Carbon Steel	
Volume	13,4190	m ³
Diameter	2,5760	m
Tinggi	2,5760	m

Tabel 5.45 Spesifikasi Tangki N2H4

11. Tangki N2H4		
Kode	TU-11	
Fungsi	Menyimpan larutan N2H4	
Jenis	Tangki silinder tegak	
Bahan	Carbon Steel	
Volume	0,5683	m ³
Diameter	0,8979	m
Tinggi	0,8979	m

Tabel 5.46 Spesifikasi Screening

1. Saringan/Screening		
Kode	FU-01	
Fungsi	Menyaring kotoran-kotoran yang berukuran besar misalnya ; daun,ranting, dan sampah-sampah lainnya.	
Jenis	Tangki silinder tegak	
Bahan	Aluminium	
Panjang	3,048	m ³
Lebar	2,438	m

Tabel 5.47 Spesifikasi Bak Saringan Pasir

2. Bak Saringan Pasir		
Kode	FU-02	
Fungsi	Menyaring partikel-partikel halus yang ada dalam air sungai	
Jenis	Sand Filter	
Bahan	Spheres	
Ukuran Pasir	0,0280	In
Diameter	0,0023	Ft
Tinggi Lapisan Pasir	0,5252	m
Panjang	4,3023	m ³
Volume	39,8160	m
Lebar	4,3023	m
Tinggi	2,1511	m

Tabel 5.48 Spesifikasi Cooling Tower

1. Cooling Tower		
Kode	CT-01	
Fungsi	Mendinginkan air pendingin setelah digunakan	
Tinggi	3,5717	m
Panjang	8,2617	m
Lebar	8,2617	m

Tabel 5.49 Spesifikasi Blower Cooling Tower

2. Blower Cooling Tower		
Kode	BL-01	
Fungsi	Untuk menghisap udara sekeliling agar dikontakkan dengan air yang akan didinginkan	
Efisiensi Motor	90	%
Tenaga Motor	75	Hp

Tabel 5.50 Spesifikasi Mixed Bed

1. Mixed Bed		
Kode	MB-01	
Fungsi	Menghilangkan kesadahan air yang disebabkan oleh kation seperti Ca dan Mg, serta anion seperti Cl, SO ₄ , dan NO ₃	
Diameter	0,22036	m
Tinggi	1,5240	Ft
Tinggi Bed	1,2700	m

Volume Bed	1,7096	ft ³
Volume Bak Resin	292,6418	m ³
Tebal	0,1875	in

Tabel 5.51 Spesifikasi Daerator

1. Daerator		
Kode	DE-01	
Fungsi	Menghilangkan gas CO ₂ dan O ₂ yang terikat dalam feed water yang menyebabkan kerak pada reboiler.	
Volume	0,5591	m ³
Diameter	0,8931	m
Tinggi	0,8931	m

BAB VI

EVALUASI EKONOMI

Untuk mengetahui apakah pabrik yang didirikan dapat menguntungkan dan layak atau tidak untuk didirikan dari segi ekonomi, maka diperlukan evaluasi ekonominya. Evaluasi ekonomi dapat meninjau kebutuhan modal investasi, besar keuntungan yang diperoleh, lama modal investasi dapat dikembalikan, dan titik terjadinya impas yaitu total biaya produksi sama dengan keuntungan yang diperoleh. Sehingga dapat menjadi suatu dasar kelayakan untuk mendirikan suatu pabrik. Faktor yang mempengaruhi evaluasi ekonomi diantaranya, yaitu:

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

Sebelum melakukan analisa terhadap faktor diatas, maka perlu dilakukan perkiraan terhadap beberapa hal, yaitu:

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)

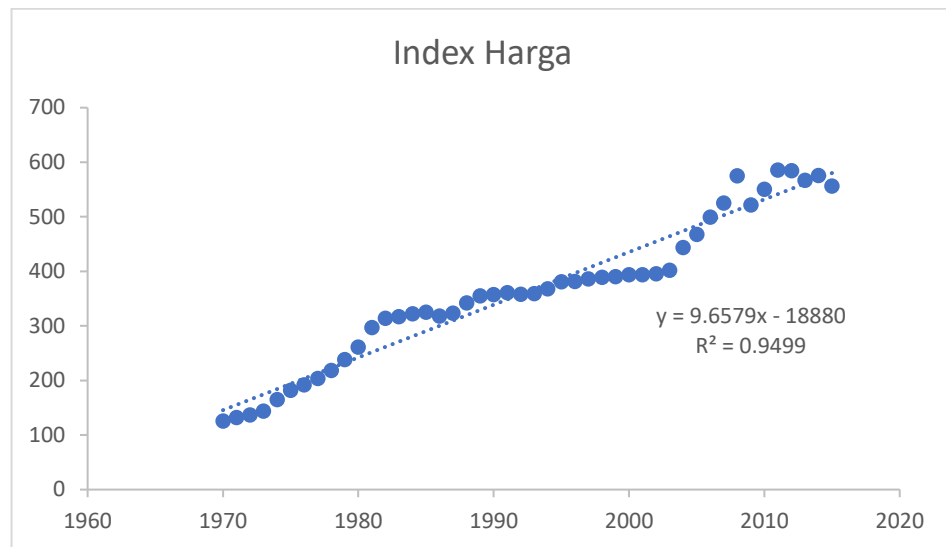
Untuk mengetahui titik impas, maka diperlukan beberapa perkiraan meliputi:

- a. Biaya Tetap (Fixed Cost)
- b. Biaya Tidak Tetap (Regulated Cost)
- c. Biaya Variabel (Variable Cost)

6.1 Penaksiran Harga Alat

Harga peralatan akan berubah setiap saat tergantung pada kondisi ekonomi yang mempengaruhinya. Oleh karena itu, untuk mengetahui harga peralatan diperlukan metode atau cara untuk memperkirakan harga alat tertentu. Harga peralatan proses produksi pada tahun rencana pendirian pabrik yaitu pada tahun 2026 ditentukan menggunakan indeks harga alat pada tahun tersebut.

Untuk mengetahui harga alat pada tahun pendirian pabrik yaitu tahun 2026, maka dicari indeks pada tahun tersebut. Harga indeks tahun 2026 dapat diperkirakan dengan data indeks dari tahun-tahun sebelumnya. Pada analisis ini digunakan data indeks harga dari tahun 2014 sampai 2026 yang kemudian dicari dengan menggunakan persamaan regresi linier. Grafik hubungan antara tahun dan indeks harga ditunjukkan pada Gambar 6.1.



Gambar. 6.1 Grafik hubungan antara tahun dan indeks harga

Dengan asumsi kenaikan indeks linear, berdasarkan data di atas maka didapatkan persamaan berikut:

$$y = 9,6579x - 18880$$

Dimana:

y = Indeks harga

x = Tahun pembelian

Dari persamaan di atas didapat harga indeks pada tahun 2026 adalah 686,9054. Harga alat pada tahun pabrik didirikan dapat ditentukan berdasarkan harga pada tahun referensi dikalikan dengan rasio indeks harga (Aries dan Newton, 1955)

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

(Aries & Newton, 1955)

Keterangan:

E_x = Harga pembelian pada tahun 2026

E_y = Harga pembelian pada tahun referensi

N_x = Index harga pada tahun 2026

N_y = Index harga pada tahun referensi

6.2 Dasar Perhitungan

Kapasitas pabrik : 20.000 ton/tahun

Satu tahun operasi : 330 hari

Umur pabrik : 10 tahun

Tahun pendirian pabrik : 2026

Kurs mata uang (1 US\$) : Rp 15.239,00

6.3 Perhitungan Biaya

6.3.1 Modal (Capital Investment)

Capital investment merupakan jumlah pengeluaran yang dibutuhkan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik dan untuk mengoperasikan pabrik. Capital investment terdiri dari:

a. Fixed Capital Investment

Fixed capital investment merupakan biaya yang dibutuhkan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas suatu pabrik.

Tabel 6.1 Perencanaan Keuangan dan Analisis

No.	Type of Capital Investement	Harga (Rp)	Harga (\$)
1.	<i>Purchased Equipment Cost</i>	44.372.309.371,08	35.783.338.563,35
2.	<i>Delivered Equipment Cost</i>	11.093.077.342,77	8.945.834.640,84
3.	<i>Instalasi</i>	22.740.633.361,79	18.338.819.733,83
4.	<i>Pemipaan</i>	42.392.685.818,27	34.186.902.839,75
5.	<i>Instrumentasi</i>	13.998.044.123,62	11.288.498.597,43
6.	<i>Insulasi</i>	4.121.744.176,60	3.323.914.608,75
7.	<i>Listrik</i>	6.655.846.405,66	5.367.500.784,50
8.	<i>Bangunan</i>	47.768.910.000,00	47.768.910.000,00
9.	<i>Land & Yard Improvement</i>	46.999.940.000,00	58.749.925.000,00
Physical Plant Cost (PPC)		240.143.190.599,79	223.753.644.768,44

Tabel 6.2 Direct Plant Cost (DPC)

No.	Type of Capital Investement	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Engineering and construction</i>	44.750.728.953,69	2.936.592,23
2	<i>Physical Plant Cost (PPC)</i>	223.753.644.768,44	14.682.961,14
Direct Plant Cost (DPC)		268.504.373.722,13	17.619.553,36

Tabel 6.3 Fixed Capital Investment (FCI)

No.	Type of Capital Investement	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Direct Plant Cost (DPC)</i>	268.504.373.722,13	17.619.553,36
2	<i>Contractor's fee</i>	26.850.437.372,21	1.761.955,34
3	<i>Contigency</i>	26.850.437.372,21	1.761.955,34
Fixed Capital Investment (FCI)		322.205.248.466,56	21.143.464,04

b. Working Capital Investment

Working capital investment merupakan biaya yang dibutuhkan untuk mengoperasikan suatu pabrik selama waktu tertentu.

Tabel 6.4 Working Capital (WC)

No.	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1.	<i>Raw Material Inventory</i>	31.096.157.688,75	2.040.564,19
2.	<i>Inproses Onventory</i>	20.780.223.048,30	1.363.621,17
3.	<i>Product Inventory</i>	41.560.446.096,61	2.727.242,35
4.	<i>Extended Credit</i>	68.415.178.036,27	4.489.479,50
5.	<i>Available Cash</i>	41.560.446.096,61	2.727.242,35
Working Capital (WC)		203,412,450,966,54	13,348,149,55

6.3.2 Total Production Cost

a. Manufacturing Cost

Manufacturing cost merupakan biaya yang dibutuhkan untuk kegiatan produksi suatu produk. Manufacturing cost merupakan jumlah dari direct, indirect, dan fixed manufacturing cost yang berkaitan dengan proses pembuatan produk. Menurut Aries dan Newton, manufacturing cost meliputi:

- Direct Manufacturing Cost (DMC)

Direct Manufacturing cost atau biaya langsung adalah biaya pengeluaran yang masih berkaitan langsung dalam pembuatan produk yang berhubungan dengan memproduksi suatu produk dalam pabrik.

Tabel 6.5 Direct Manufacturing Cost (DMC)

No.	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1.	<i>Raw Material</i>	342.057.734.576,25	22.449.580,95
2.	<i>Labor</i>	2.336.760.000,00	153.577,01
3.	<i>Supervision</i>	233.676.000,00	15.357,70
4.	<i>Maintenance</i>	6.444.104.969,33	453.843,68

5.	<i>Plant Supplies</i>	966.615.745,40	68.076,55
6.	<i>Royal and Patents</i>	7.525.669.583,99	489.565,97
7.	<i>Utilities</i>	25.998.903.421,14	1.706.076,74
<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>			385.563.464.296,10

- Indirect Manufacturing Cost (IMC)

Indirect manufacturing cost atau biaya tidak langsung adalah biaya-biaya yang tidak ikut terkait langsung oleh unit produksi dalam pabrik.

Tabel 6.6 Indirect Manufacturing Cost (IMC)

No.	<i>Komponen</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1.	<i>Payroll Overhead</i>	350.5140,00	23.001,11556
2.	<i>Laboratory</i>	2.336.760,00	15.334,07704
3.	<i>Plant Overhead</i>	11.683.800,00	76.670,3852
4.	<i>Packaging and Shipping</i>	376.283.479,20	246.9213,723
<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>		393.809.179,20	2.584.219,3

- Fixed Cost

Fixed cost merupakan biaya pengeluaran yang bersifat tetap, tidak dipengaruhi oleh tingkat produksi dan waktu atau pengeluaran ketika pabrik beroperasi maupun tidak beroperasi.

Tabel 6.7 Fixed Manufacturing Cost (FMC)

No.	<i>Komponen</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1.	<i>Depreciation</i>	25.776.419.877,32	1.691.477,12
2.	<i>Property taxes</i>	3.222.052.484,67	211.434,64
3.	<i>Insurance</i>	3.222.052.484,67	211.434,64

<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	32.220.524.846,66	2.114.346,40
----------------------------------------------	--------------------------	---------------------

Tabel 6.8 Manufacturing Cost (MC)

No.	<i>Komponen</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1.	<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	385.563.464.296,10	25.301.100,09
2.	<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	39.380.917.919,95	2.584.219,30
3.	<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	32.220.524.846,66	2.114.346,40
	<i>Manufacturing Cost (MC)</i>	457.164.907.062,70	29.999.665,80

B. General Expenses

General expenses merupakan biaya yang dibutuhkan untuk menjalankan fungsi-fungsi perusahaan yang tidak termasuk dalam manufacturing cost. General expense dapat dilihat pada Tabel 4.50.

Tabel 6.9 General Expenses (GE)

No.	<i>Komponen</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1.	<i>Administration</i>	22.577.008.751,97	1.481.528,23
2.	<i>Sales Expense</i>	90.308.035.007,87	5.926.112,93
3.	<i>Research</i>	30.102.678.335,96	1.975.370,98
4.	<i>Finance</i>	10.512.353.988,66	689.832,27
	<i>General Expenses (GE)</i>	Rp153.500.076.084,46	\$10.072.844,42

Tabel 6.10 Total Production Cost (TPC)

No.	<i>Komponen</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1.	<i>Manufacturing Cost (MC)</i>	457.164.907.062,70	29.999.665,80
2.	<i>General Expenses (GE)</i>	153.500.076.084,46	10.072.844,42
	<i>Total Production Cost (TPC)</i>	Rp610.664.983.147,17	\$40.072.510,21

6.4 Analisa Keuntungan

Total penjualan	: Rp752.566.958.398,95
Total biaya produksi	: Rp610.664.983.147,17
Keuntungan Sebelum Pajak	: Total penjualan - Total biaya produksi : Rp141.901.975.251,78
Keuntungan Sesudah Pajak	
Pajak 22% dari keuntungan	: Rp. 29.387.818.681,10
Keuntungan setelah pajak	: Keuntungan sebelum pajak – pajak : Rp. 104.193.175.323,90

6.5 Analisa Kelayakan

Analisa atau evaluasi kelayakan suatu perancangan pabrik dilakukan untuk mengetahui keuntungan yang diperoleh. Studi kelayakan dari pabrik *Tricresyl phosphate* dapat dilihat dari parameter-parameter ekonomi. Beberapa cara yang digunakan untuk menyatakan kelayakan adalah:

6.5.1 Return On Investment (ROI)

Return on investment adalah perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahun, didasarkan pada kecepatan pengembalian modal tetap yang diinvestasikan. Persamaan yang digunakan untuk menghitung percent return on investment adalah

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

Keuntungan atau profit dihitung berdasarkan annual sales (Sa) dan total manufacturing cost. Finance akan dihitung sebagai komponen yang berisikan pengembalian hutang selama pembangunan pabrik. Pabrik dengan risiko rendah

mempunyai minimum ROI before tax sebesar 11%, sedangkan pada pabrik dengan resiko tinggi mempunyai minimum ROI before tax sebesar 44%.

- a. ROI sebelum pajak (ROI b)

$$\text{ROI b} = 44\%$$

- b. ROI setelah pajak (ROI a)

$$\text{ROI a} = 34\%$$

6.5.2 Pay Out Time (POT)

Pay out time merupakan waktu pengembalian modal yang dihasilkan berdasarkan keuntungan yang diperoleh. Perhitungan ini dilakukan untuk mengetahui berapa tahun modal investasi yang dilakukan akan kembali. Persamaan yang digunakan untuk menghitung pay out time adalah:

$$POT = \frac{\text{Fixed Capital Investment}}{\text{Keuntungan Tahunan} + \text{Depresiasi}} \times 100 \%$$

Pada pabrik dengan resiko rendah mempunyai nilai POT maksimal 5 tahun, sedangkan pada pabrik dengan resiko tinggi mempunyai nilai POT maksimal 2 tahun.

- a. POT Sebelum Pajak (POTb)

$$\text{POT b} = 1,9 \text{ tahun}$$

- b. POT setelah pajak (POTa)

$$\text{POT a} = 2,3 \text{ tahun}$$

6.5.3 Break Even Point (BEP)

Break even **point merupakan** titik impas dimana pabrik tidak mengalami keuntungan maupun kerugian. Pada kondisi ini kapasitas produksi pada saat sales sama dengan total cost. Pabrik akan mengalami kerugian apabila beroperasi di bawah nilai BEP, dan akan mengalami keuntungan apabila beroperasi di atas nilai BEP. Nilai BEP pada umumnya memiliki nilai berkisar antara 40% - 60%. Persamaan yang digunakan untuk menghitung break even point adalah:

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

Keterangan:

Fa = Annual fixed manufacturing cost pada produksi maksimum

Ra = Annual regulated expenses pada produksi maksimum

Sa = Annual variable value pada produksi maksimum

Va = Annual sales value pada produksi maksimum

Tabel 6.11 Fixed Cost (Fa)

No.	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1.	<i>Depreciation</i>	25,776.419.877,32	1.691.477,12
2.	<i>Property Taxes</i>	3.222.052.484,67	211.434,64
3.	<i>Insurance</i>	3.222.052.484,67	211.434,64
	<i>Fixed Cost (Fa)</i>	Rp32.220.524.846,66	\$2.114.346,40

Tabel 6.12 Regulated Cost (Ra)

No.	Type of Capital Investment	Harga (Rp)	Harga (\$)
1.	<i>Gaji Karyawan</i>	Rp15.578.400.000,00	\$1.022.271,80
2.	<i>Payroll overhead</i>	Rp350.514.000,00	\$23.001,12

3.	<i>Supervision</i>	Rp233.676.000,00	\$15.334,08
4.	<i>Plant Overhead</i>	Rp1.168.380.000,00	\$76.670,39
5.	<i>Laboratory</i>	Rp233.676.000,00	\$15.334,08
6.	<i>General Expense</i>	Rp153.500.076.084,46	\$10.072.844,42
7.	<i>Maintenance</i>	Rp6.444.104.969,33	\$422.869,28
8.	<i>Plant supplies</i>	Rp966.615.745,40	\$63.430,39
Regulated Cost (Ra)		Rp178.475.442.799,19	\$11.711.755,55

Tabel 6.13 Variable Cost (Va)

No.	<i>Komponen</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1.	<i>Raw Material</i>	Rp342.057.734.576,25	\$22.446.206,09
2.	<i>Packaging</i>	Rp30.102.678.335,96	\$1.975.370,98
3.	<i>Shipping</i>	Rp7.525.669.583,99	\$493.842,74
4.	<i>Utilities</i>	Rp25.998.903.421,14	\$1.706.076,74
5.	<i>Royalty & Patents</i>	Rp7.525.669.583,99	\$493.842,74
Variable Cost (Va)		Rp413.210.655.501,32	\$27.093.053,52

Tabel 6.14 Annual Sales (SA)

No.	<i>Komponen</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1.	<i>Annual Sales (SA)</i>	Rp752.566.958.398,95	\$49.384.274,45
Total		Rp752.566.958.398,95	\$49.384.274,45

Dengan menggunakan data yang sudah didapatkan pada tabel diatas, maka didapatkan nilai BEP sebesar :

$$\text{BEP} = 40,00\%$$

6.5.4 Shut Down Point (SDP)

Shut down point merupakan titik dimana suatu kegiatan produksi dihentikan. Penghentian ini bisa terjadi karena keputusan manajemen yang

dikarenakan kegiatan produksi yang tidak ekonomis, atau bisa juga diakibatkan oleh variable cost yang terlalu tinggi.

Dalam setahun, persen kapasitas minimum pabrik bisa mencapai kapasitas produk yang diinginkan. Namun jika pabrik tersebut dalam setahun tidak bisa mencapai kapasitas minimum yang diinginkan maka operasi pabrik harus dihentikan. Hal tersebut diakibatkan karena biaya yang akan dikeluarkan untuk melanjutkan proses operasi akan lebih mahal dibandingkan dengan biaya yang digunakan untuk membayar fixed cost dan menutup pabrik. Persamaan yang digunakan untuk menentukan shut down point adalah:

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

Didapatkan SDP sebesar 24,97%

6.5.5 Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR)

Discounted cash flow rate of return merupakan perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahunnya. Didasarkan atas investasi yang tidak kembali pada setiap akhir tahun selama umur pabrik. Persamaan yang digunakan untuk menghitung discounted cash flow rate of return adalah:

$$n = n - 1$$

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

$$n = 0$$

Dimana :

FC = Fixed capital

WC = Working capital

SV = Salvage value

C = Cash flow

= (keuntungan setelah pajak + depresiasi + finance)

N = Umur pabrik

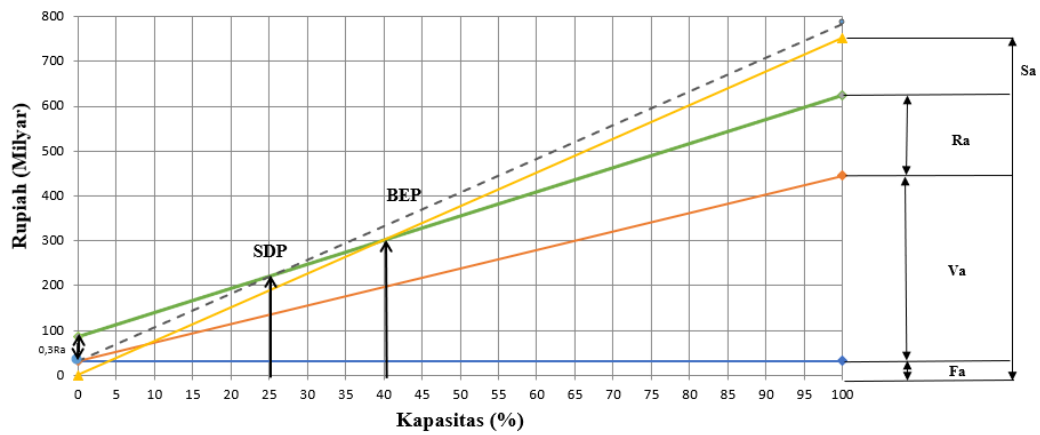
I = nilai DCFR

Dengan trial dan error didapatkan nilai DCFR yaitu :

DCFR = 26.03%

Parameter	Terhitung	Pernyataan	Kriteria
ROI sebelum pajak	44,04%	<ul style="list-style-type: none"> • Pabrik High Risk min. 44% • Pabrik Low Risk min. 11% 	Memenuhi, termasuk High Risk
POT sebelum pajak	1,9	<ul style="list-style-type: none"> • Pabrik High Risk maks. 2 tahun • Pabrik Low Risk maks. 5 tahun 	Memenuhi
BEP	40,00%	40 – 60 %	Memenuhi
SDP	24,97%	20 – 30%	Memenuhi
DCFR	26,03%	<i>Interest = 1,5 x bunga</i> simpanan bank (1,5 x 5,7% = 8,63%)	Memenuhi

Hasil kalkulasi kelayakan ekonomi pendirian Pabrik *Tricresyl phosphate* dari *Cresol* dan *Phosphorus oxychloride* dapat dipahami melalui grafik Break Even Point berikut:



Gambar 6.3 Grafik Break Even Point

BAB VII

PENUTUP

7.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan perancangan pabrik *tricresyl phosphate* dengan kapasitas 20.000 ton/tahun baik ditinjau secara teknis maupun ekonomi, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pabrik *Tricresyl phosphate* berbentuk Perseroan Terbatas (PT) dan akan didirikan di daerah Kawasan Industri JIPE Gresik, Jawa Timur.
2. Berdasarkan tinjauan kondisi operasi, pemilihan bahan baku, jenis produk, dan analisis ekonomi POT dan ROI maka pabrik *Tricresyl phosphate* tergolong sebagai pabrik beresiko tinggi (*high risk*).
3. Pendirian pabrik *Tricresyl phosphate* dengan kapasitas 20.000 ton/tahun ini didirikan dengan pertimbangan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, mengurangi ketergantungan impor dari luar negeri, menciptakan lapangan kerja baru, serta mendorong berkembangnya industri lainnya yang berbahan baku *Tricresyl phosphate*.
4. Berdasarkan hasil perhitungan analisa terhadap aspek ekonomi yang telah dilakukan pada pabrik ini didapatkan sebagai berikut:
 - a. *Return On Investment (ROI)*
 - ROI sebelum pajak
 - ROI setelah pajak
 - b. *Pay Out Time (POT)*
 - POT sebelum pajak

- POT setelah pajak

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

c. *Break Event Point (BEP)* = 40,00 %

Nilai BEP untuk pabrik pada umumnya berada pada rentang 40% - 60%.

d. *Shut Down Point (SDP)* = 24,97 %

Nilai SDP pada umumnya berkisar lebih dari 20%.

e. *Discounted Cash Flow Rate (DCFR)* = 26,03%

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

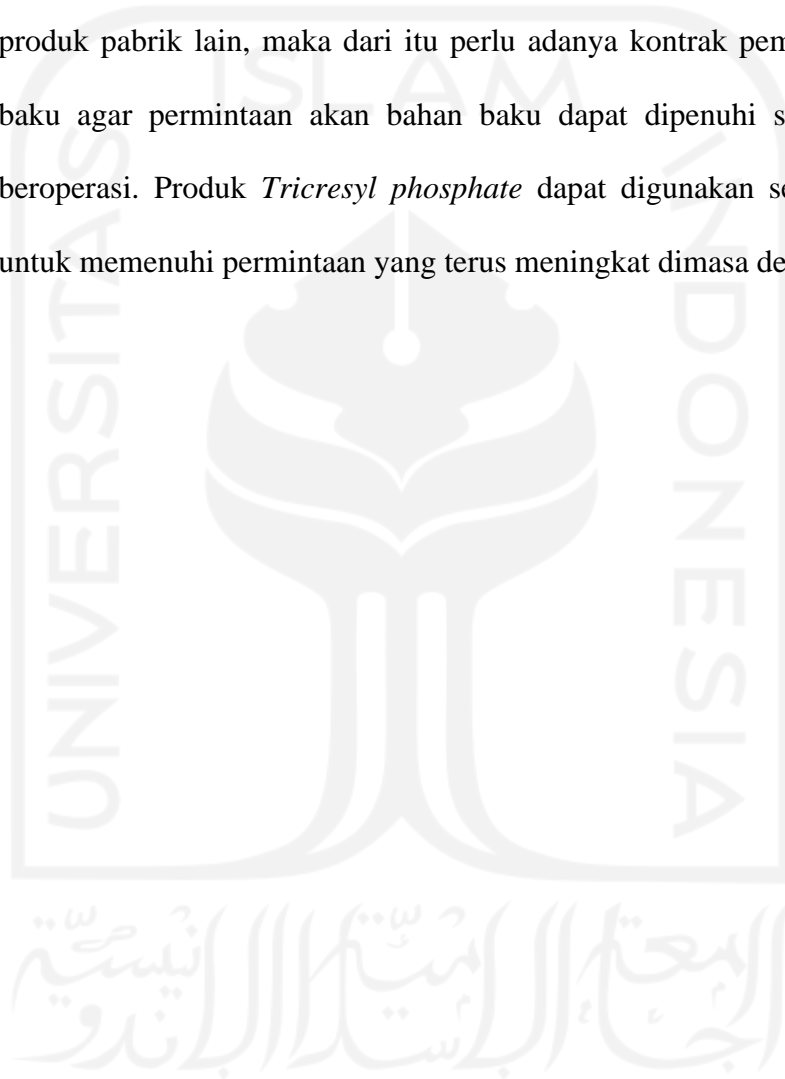
Dengan pertimbangan hasil diatas, maka pabrik *tricresyl phosphate* dari *cresol* dan *phosphorus oxychloride* dengan kapasitas 20.000 ton/tahun layak dari aspek teknis dan menarik untuk dikaji lebih lanjut.

7.2 Saran

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

1. Perancangan pabrik kimia tidak lepas dari produksi limbah, sehingga diharapkan berkembangnya pabrik-pabrik kimia yang lebih ramah lingkungan.

2. Pengoptimalan pemilihan seperti alat proses atau alat penunjang dan bahan baku perlu diperhatikan sehingga akan lebih mengoptimalkan keuntungan yang diperoleh.
3. Pemenuhan bahan baku tergantung dari produksi pabrik yang diperoleh dari produk pabrik lain, maka dari itu perlu adanya kontrak pembelian bahan baku agar permintaan akan bahan baku dapat dipenuhi selama pabrik beroperasi. Produk *Tricresyl phosphate* dapat digunakan sebagai sarana untuk memenuhi permintaan yang terus meningkat dimasa depan.



DAFTAR PUSTAKA

- Aries, R.S., and Newton, R.D. (1955). *Chemical Engineering Cost Estimation*. McGraw-Hill Book Company, Inc. New York.
- Brown, G. G. (1977). *Unit Operations*. CBS, New Delhi.
- Brownell, L. E. (1959). *Equipment Design*. John Wiley & Sons, Inc.
- Coulson, J.M. and Richardson, J.F. (1983). *Chemical Engineering*. Pergamon Press, Oxford.
- Faith, Keyes and Clark's, 1975, —Industrial Chemicals 4th ed. New York: John Wiley and Sons Inc.
- Kern, D. Q. 1965. *Process Heat Transfer*. McGraw-Hill Book Company. Japan
- Kirk, R.E. and Othmer, D.F., 1952, *Encyclopedia of Chemical Technology*, 3rd ed., Vol. 1, The Inter Science Encyclopedia, Inc., New York.
- Magura, Miroslav., Jan Vojtko., Eva Zemanova., Alexander Kaszonyi dan Jan Ilavsky, 1988, —*Estherification Kinetics of Phenol With Phosphorus Oxychloride*”, *Collect Czech Chem Commun*, vol 54., Departement of Organic Technology, Slovak Technical University.
- McCabe, Warren L., Julian C. Smith, and Peter Harriot, 1993, *Unit Operations of Chemical Engineering*, 5th edition, Singapore: McGraw-Hill International Editions
- Perry, Robert H., and Don W. Green, 1999, *Perry's Chemical Engineers' Handbook* 7th edition, New York: McGraw-Hill Companies, Inc
- Perry, Robert H., and Don W, Green, 2008, *Perry's Chemical Engineers' Handbook* 8th edition, New York: McGraw-Hill Companies, Inc
- Peters, Max S., and Klaus D. Timmerhaus, 1991, *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*, 4th edition, Singapore: McGraw-Hill International Editions
- Smith, J.M., Van Ness, H.C., and Abbott M. 1997. “*Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*”, 6ed, McGraw-Hill, Int.ed., New York.
- Timmerhaus, K.D., Max S.P., and Ronald E.W. 1990. *Plant Design and Economics*

for Chemical Engineers, Mc.Graw Hill Book Company Inc., New York

Treyball, R. E, 1980, Mass Transfer Operations, 3rd edition, Tokyo: McGraw Hill Kogakusha, Ltd

Ullman, 1989, Ullman's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Vol. A-16, Interscience Encyclopedia, Inc., New York.

US Patent 2, 870,192. 1959. —*Tricresyl phosphate Process*".

US Patent 2,960,524. 1960. "Manufacture of Aryl Phosphate Ester".

Wallas, S.M. 1990. Chemical Process Equipment, Butterworth-Heinemann Washington.

Yaws, Carl L. 1999. Chemical properties handbook : physical, thermodynamic, environmental, transport, safety, and health related properties for organic and inorganic chemicals. New York :McGraw-Hill,

<https://www.bi.go.id/id/default.aspx> Suku Bunga. Diakses pada 10 Februari 2023

<http://www.matche.com> Diakses 5 Februari 2023

<https://m.chemicalbook.com/> Diakses pada 3 Desember 2022



LAMPIRAN A

LAMPIRAN

1. Perancangan Reaktor

REAKTOR

Fungsi : Untuk mereaksikan *Cresol* (C_7H_8O) dengan *Phosphorus oxychloride* ($POCl_3$) menjadi *Tricresyl phosphate* ($C_7H_21O_4P$)

Jenis : Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)

Kondisi Operasi

Tekanan (P) : 1 atm

suhu (T) : 200°C

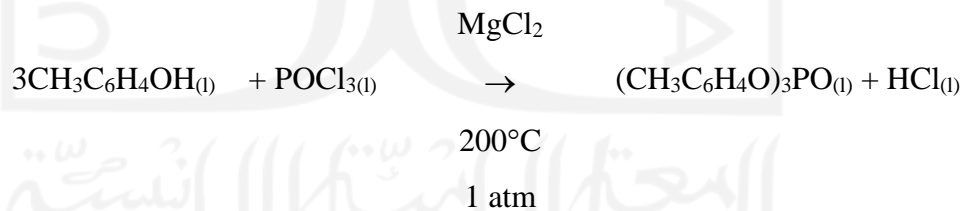
Sifat Reaksi : Eksotermis

Data diperoleh dari (US Patent 2,960,524) diketahui bahwa :

- Rasio mol : C_7H_8O : $POCl_3$ = 3 : 1
- Jumlah katalis yang digunakan 5% dari mol *Phosphorus oxychloride*
- Konversi 95%

A. Menentukan Kinetika Reaksi

Reaksi :



Disederhanakan menjadi : $3A + B \rightarrow C + D$

Diketahui nilai dari masing masing persamaan *arhenius* yaitu :

$$A = 1,6842 \times 10^{15} \text{ dm}^3 / \text{mol} \cdot \text{jam}$$

$$E_a = 119148,0779 \text{ J/mol}$$

$$R = 8.314 \text{ J}/(\text{mol K})$$

$$T = 200^\circ C ; \quad 473 \text{ K}$$

Maka dari persamaan *Arhenius* yaitu :

$$k = A \exp \frac{-E_a}{RT}$$

Didapatkan nilai

$$k = 0.1169718 \text{ m}^3/\text{mol.jam}$$

B. Perancangan Reaktor

Pada keadaan *steady State* dapat dituliskan:

$$(\text{Rate of Input}) - (\text{Rate of Output}) - (\text{Rate of Reaction}) = \text{Rate of acc (1)}$$

Tabel 7.1 *Stokiometri Reaksi*

Komponen	Mula-Mula	Reaksi	Sisa
C ₇ H ₈ O	F _{AO}	(F _{AO} *X _A)	F _A =F _{AO} -F _{AO} *X _A
POCl ₃	F _{BO}	1/3(F _{AO} *X _A)	F _B =F _{BO} -1/3(F _{AO} *X _A)
C ₂ H ₅ O ₄ P	F _{CO}	1/3(F _{AO} *X _A)	F _C =1/3(F _{AO} *X _A)
HCl	F _{DO}	(F _{AO} *X _A)	F _D =(F _{AO} *X _A)
Total	F_{TO}	0	F_T=F_{TO}

Berdasarkan kondisi stoikiometri : F_A = F_{AO} - F_{AO}.X diubah menjadi

$$F_{AO}.X = F_{AO} - F_A$$

$$F_{AO} - F_A - (-r_A).V = 0$$

$$F_{AO} - F_A = (-r_A).V$$

$$V = \frac{F_{AO} - F_A}{(-r_A)}$$

$$V = \frac{F_{AO} - F_A.F_v}{(-r_A)}$$

$$\frac{V}{F_v} = \frac{C_{AO} - C_A}{k.C_A.C_B}$$

$$\frac{V}{F_v} = \frac{C_{AO} - C_{AO}(1-X_A)}{k.C_{AO}(1-X_A1).(C_{BO}-\frac{1}{3}.C_{AO}.X_A1)}$$

$$\frac{V}{F_v} = \frac{C_{AO}X_A}{k.C_{AO}(1-X_A1).(C_{BO}-\frac{1}{3}.C_{AO}.X_A1)}$$

$$\frac{V}{Fv} = \frac{CA_0 X_A}{k.CA_0(1-XA_1).(CA_0(\frac{CB_0}{CA_0} - \frac{1}{3}.XA_1))}$$

$$\frac{V}{Fv} = \frac{CA_0 X_A}{k.CA_0(1-XA_1).(CA_0(M - \frac{1}{3}.XA_1))}$$

$$\frac{V}{Fv} = \frac{X_A}{k.CA_0(1-XA_1).(M - \frac{1}{3}.XA_1)}$$

$$V = \frac{X_A.Fv}{k.CA_0(1-XA_1).(M - \frac{1}{3}.XA_1)}$$

Fv = massa total umpan reactor / massa jenis campuran umpan masuk reaktor

$$V = 3.53875 \text{ m}^3$$

C. Optimasi Jumlah Reaktor

- Untuk 1 Reaktor

$$V = \frac{X_A.Fv}{k.CA_0(1-XA_1).(M - \frac{1}{3}.XA_1)}$$

- Untuk 2 Reaktor

$$V = \frac{X_A.Fv}{k.CA_0(1-XA_2).(M - \frac{1}{3}.XA_2)}$$

- Untuk 3 Reaktor

$$V = \frac{X_A.Fv}{k.CA_0(1-XA_3).(M - \frac{1}{3}.XA_3)}$$

- Untuk 4 Reaktor

$$V = \frac{X_A.Fv}{k.CA_0(1-XA_4).(M - \frac{1}{3}.XA_4)}$$

Dengan cara trial dengan solver add-in untuk memperoleh konversi masing – masing reaktor yang disusun seri, maka diperoleh :

n	XA ₁	XA ₁	XA ₁	XA ₁	Total
1	0.95				
2	0.80	0.95			
3	0.68	0.88	0.95		

4	0.60	0.82	0.91	0.95	
---	------	------	------	------	--

Optimasi reaktor dengan menentukan jumlah reaktor yang digunakan, harga reaktor diperoleh dari www.matche.com

n	Volume (l)	Harga @(USD)	Harga total (USD)
1	3540	119000	119000
2	560	58000	116000
3	260	38900	116700
4	160	30300	122200

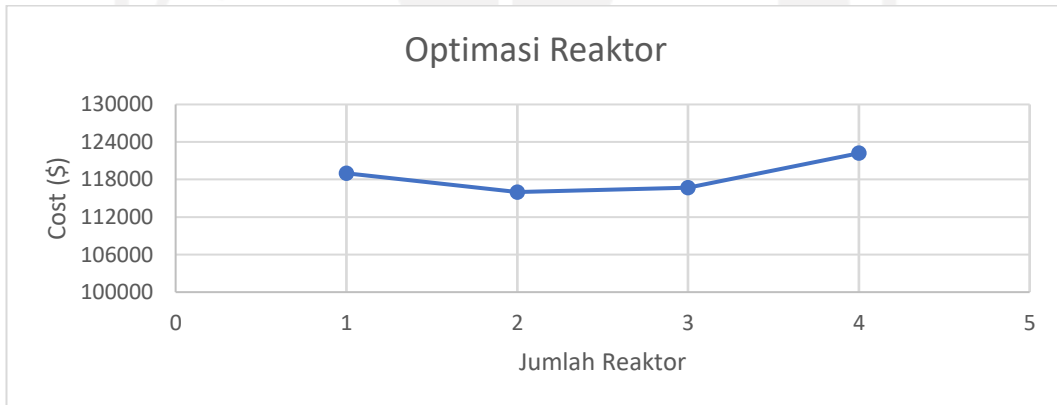


Figure 7.1 Optimasi Reaktor

Berdasarkan optimasi yang dilakukan, maka dipilih jumlah 1 buah reaktor dengan pertimbangan untuk 1 reaktor dengan volume sebesar 3,54 m³ sudah ideal serta selisih harga tidak terlalu jauh dengan 2 reaktor.

D. Menentukan Dimensi Reaktor

Komponen masuk reaktor :

Senyawa	BM (Kmol/Kg)	N (Kmol/Jam)	F (Kg/Jam)	ρ (Kg/m ³)	Fv (m ³ /jam)
<i>Cresol</i>	108.14000	20.46097	2,212.64958	0.88363	2,504.03649
Phosporus Oxychlorida	153.33000	6.82032	1,045.76031	1.31203	797.05676
<i>Tricresyl phosphate</i>	368.37000	0.00000	0.00000	1.16500	0.00000
<i>Phenol</i>	94.11000	0.01024	0.96327	0.90994	1.05862

<i>Phosphorus Trichloride</i>	137.33000	0.00068	0.09367	1.16288	0.08055
Magnesium klorida	MgCl ₂	95.21000	0.34102	32.46815	
Total		956.49000	27.63323	3,291.93499	

Perancangan ini menggunakan 1 reaktor dengan volume reactor :

$$V_{shell} =$$

$$V_{over\ design} =$$

Reaktor yang digunakan berbentuk silinder tegak, sehingga :

$$V = \frac{\pi}{4} D^2 H$$

$$V = \frac{\pi}{4} D^3$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{4V}{\pi}}$$

Dengan rancangan $D = H$ (Brownell & Young, 1959)

$$D = 1.755445227 \quad \text{m}$$

$$D = 69.11205412 \quad \text{in}$$

$$D = 5.7592647 \quad \text{ft}$$

Perancangan ini memilih $H = 1.5D$ sehingga

$$H = 3 \quad \text{m}$$

$$H = 104 \quad \text{in}$$

$$H = 9 \quad \text{ft}$$

$$V_{dish} = 0.000049D^3 \quad \text{(Brownell & Young, 1959)}$$

$$V_{dish} = 0.0002651 \quad \text{m}^3$$

$$V_{dish} = 16.1754535 \quad \text{ft}^3$$

$$V_{sf} = \frac{\pi}{4} D^2 \frac{sf}{144}$$

Dipilih $sf = 2,5 \text{ in}$

$$V_{sf} = 0.001066732327 \quad \text{m}^3$$

$$V_{sf} = 0.0376713321 \quad \text{ft}^3$$

$$V_{sf} = 65.09595349 \text{ in}^3$$

$$V_{head} = V_{dish} + V_{sf}$$

$$V_{head} = 0.0013318 \text{ m}^3$$

$$V_{head} = 0.04703214255 \text{ ft}^3$$

$$V_{head} = 81.27140701 \text{ in}^3$$

$$V_{reaktor} = V_{shell} + 2V_{head}$$

$$V_{reaktor} = 3.54$$

Menghitung Volume dan Tinggi cairan dalam Shell

$$V_{bottom} = 0.5 \times V_{head}$$

$$V_{bottom} = 0.0006659003552 \text{ m}^3$$

$$V_{bottom} = 0.02351607127 \text{ ft}^3$$

$$V_{bottom} = 40.6357035 \text{ in}^3$$

$$V_{cairan} = V_{shell} - V_{bottom}$$

$$V_{cairan} = 3.54 \text{ m}^3$$

$$V_{cairan} = 124.9464873 \text{ ft}^3$$

$$V_{cairan} = 215907.1706 \text{ in}^3$$

$$h_{cairan} = \sqrt[3]{4V / \pi d^2}$$

$$\text{tinggi cairan} = 1.462595748 \text{ m}$$

$$\text{tinggi cairan} = 4.798484132 \text{ ft}$$

$$V_{cairan \text{ dalam shell}} = V_{shell} - V_h - V_{sf}$$

$$V_{cairan \text{ dalam shell}} = 3.54 \text{ m}^3$$

Menghitung Tebal Shell (ts)

Digunakan persamaan;

$$t_s = \frac{P \cdot r_i}{f E - 0.6P} + C \quad (\text{Eq.13-12, P.25 Brownell \& Young})$$

Sehingga, didapatkan nilai ts:

$$t_s = 0.1713980751 \text{ in}$$

$$t_s \text{ standar} = 0.25 \text{ in}$$

$$\text{ID shell} = 69.11205412 \text{ in}$$

$$\text{OD shell} = 69.61205412 \text{ in}$$

$$\text{OD standar} = 72 \text{ in}$$

$$i_{cr} = 4.375 \text{ in}$$

$$r = 72 \text{ in}$$

$$E = 80\%$$

$$C = 0.125 \text{ in}$$

$$f = 18750 \text{ psia}$$

(Brownell & Young, 1959)

Menentukan Tebal Head (th) dan Tebal Bottom

Bahan konstruksi : Stainless Steel SA- 167 Grade 11 Type 316

(Brownell & Young, 1959, p.342)

Bentuk head : Torispherical Flanged & Dished Head

(Brownell & Young, 1959, p.87)

1. Menghitung ketebalan torispherical head

$$th = \frac{Prw}{(2fE - 0.2P)} + C$$

$$w = \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{r}{i_{cr}}} \right)$$

(Brownell & Young, 1959, p.138)

$$w = 1.764185106$$

$$th = 0.210 \text{ in}$$

Berdasarkan th standar pada tabel 5.6 Brownell & Young (hal. 88) :

digunakan tebal standar 1/4 in

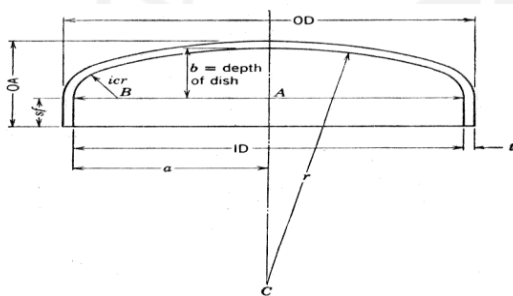
$$th = 0.25 \text{ in}$$

Menentukan Tinggi Reaktor Total

Untuk $th = 1/4$ in pada tabel Brownell & Young, hal 88 diperoleh $sf = 1 \frac{1}{2} - 2 \frac{1}{4}$

$$\text{diambil } sf = 2.25 \text{ in}$$

$$0.05715 \text{ m}$$



$$ID = OD \text{ standart} - (2 * ts)$$

$$ID = 71.5 \text{ in}$$

$$ID = 5.958333333 \text{ ft}$$

$$a = ID/2 \text{ (jari-jari dalam shell)}$$

$$a = 35.75 \text{ in}$$

$$a = 2.979166667 \text{ ft}$$

$$AB = a - icr$$

$$AB = 31.375 \text{ in}$$

$$BC = r - icr$$

$$BC = 67.625 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} AC &= \sqrt{BC^2 + AB^2} \\ &= 59.90617664 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b &= r-AC \\ &= 12.09382336 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{h head total} &= sf + b + t \text{ head} \\ &= 14.59382336 \text{ in} \\ &= 0.3706831133 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{h reaktor total} &= 2 \times \text{h head total} + \text{h shell} \\ &= 3.3745 \text{ m} \\ &= 11.07130599 \text{ ft} \end{aligned}$$

Menghitung Spesifikasi Pengaduk

Kondisi Operasi :

$$\begin{aligned} T \text{ operasi} &= 200 \text{ C} \\ \mu &= 0.77875 \text{ Cp} \\ \rho &= 997.75704 \text{ kg/m}^3 \\ &= 62.28797638 \text{ lb/ft}^3 \\ &= 0.03604626784 \text{ lb/in}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Volume cairan yang diaduk} = 3.54 \text{ m}^3$$

Berdasarkan fig 10.57 hal 419 Coulson. μL = (propeller atau turbin dengan 420 epm) dan volume 3.2713 m³

dipilih :

turbin, karena :

- Hp turbin tidak dipengaruhi Viskositas diatas reynold 500-1000

- Percampuran sangat baik, bahkan dalam skala mikro

Dilihat dari nilai viskositas cairan, maka pengaduk absorber dapat dipilih jenis blade turbine. Dengan spesifikasi pengaduk "flat six blade turbine with disk" karena turbin ini dapat digunakan pada kecepatan tinggi pada cairan yang mempunyai viskositas sedang dan tidak terlalu kental.

Dari Brown, 1978 page 507 diperoleh data:

$$Dt/Di = 3$$

$$Zl/Di = 2,7 - 3,9 = 3,9$$

$$Zi/Di = 0,75 - 1,3 = 1.3000$$

$$Wb/Di = 0.17$$

jumlah *baffle* = 4 terpisah 90° satu sama lain

jumlah sudut (blade) = 6

Di = diameter pengaduk

Dt = diameter dalam reaktor

ZL = tinggi cairan dalam reaktor

wb = lebar *baffle*

Zi = jarak pengaduk dari dasar tangki

L = lebar pengaduk

W = tinggi pengaduk

Sehingga didapatkan :

$$Dt = 69.1121 \text{ in} = 1.755445227 \text{ m}$$

$$Di = 23.03735137 \text{ in} = 0.5851484089 \text{ m}$$

$$W = 89.8457 \text{ in} = 2.2821 \text{ m}$$

$$Zi = 29.9486 \text{ in} = 0.7607 \text{ m}$$

$$Wb = 3.9163 \text{ in} = 0.0995 \text{ m}$$

$$L = 5.7593 \text{ in} = 0.1463 \text{ m}$$

Menghitung Jumlah Impeller

WELH (Water Equivalen Liquid High)

$$WELH = \text{tinggi bahan} \times \frac{\rho_{\text{cairan}}}{\rho_{\text{air}}}$$

$$WELH = 1.7269961283099 \text{ m}$$

$$\Sigma \text{ impeller} = \frac{WELH}{D}$$

$$\Sigma \text{ impeller} = 0.9837937988$$

$$= 1 \text{ Pengaduk}$$

Maka jumlah pengaduk yang dibutuhkan adalah 1 buah

Menghitung Putaran Pengaduk

$$\frac{WELH}{2DI} = \left(\frac{\pi DI N}{600} \right)^2$$

$$N = \frac{600}{\pi DI} \sqrt{\frac{WELH}{2DI}}$$

$$N = 120.9131366 \text{ rpm} = 2.015218944 \text{ rps}$$

Jenis motor : dipilih tipe fixed speed belt (paling ekonomis, mudah dalam pemasangan dan perbaikan)

$$\text{Kecepatan standar pengaduk} = 155 \text{ rpm} = 2.583333333 \text{ rps}$$

Menghitung Power Pengaduk

$$Re = \frac{\rho N DI^2}{\mu}$$

$$\rho = 997.75704 \text{ kg/m}^3 = 62.28797638 \text{ lb/ft}^3$$

$$N = 2.583333333 \text{ Cp} = 0.000523295 \text{ lb/ft.s}$$

$$DI = 1.9197549 \text{ ft}$$

$$\mu = 0.77875 \text{ rps}$$

$$Re = 1133258.085$$

$$Pa = N_p \cdot P \cdot N_i^3 \cdot D_i^3$$

$$Pa = 9.486525492 \text{ watt} = 0.012721639 \text{ hP}$$

Maka, berdasarkan peters hal. 512 didapatkan efisiensi motor adalah 80% :

Sehingga, nilai P = 0.01017731151 hP

Dipilih power standar P = 0,05 hP

(Berdasarkan standar NEMA, Rase & Barrow p. 358)

Neraca panas :

Tabel 7.2 Neraca Panas Reaktor

	Input (kJoule/jam)	Output (kJoule/jam)
ΔH_1 (in)	1096571.5694	0
$\Delta H^\circ R$	-1,189.2122	0
ΔH_2 (out)	0	155999.1994
Q (pendingin)	0	939383.1578
TOTAL	1097760.7816	1095382.3572

Menghitung Dimensi Pendingin Reaktor

Neraca Panas Reaktor

$$T \text{ fluida panas in} = 200 \text{ } ^\circ\text{C} = 473\text{K}$$

$$T \text{ fluida panas out} = 200 \text{ } ^\circ\text{C} = 473\text{K}$$

$$T \text{ media pendingin in} = 30 \text{ } ^\circ\text{C} = 303\text{K}$$

$$T \text{ media pendingin out} = 40 \text{ } ^\circ\text{C} = 413\text{K}$$

$$\text{Kebutuhan dowtherm : } m = \frac{Q}{\Delta H}$$

$$Q_{\text{pendingin}} = 939.383,1578 \text{ kg/jam}$$

$$\Delta H = 63,37 \text{ kJ/kg}$$

$$m = 14,824.4677 \text{ kg/jam}$$

Menghitung luas transfer panas

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{(T_2 - t_1) - (T_1 - t_2)}{\ln \frac{T_2 - t_1}{T_1 - t_2}}$$

$$= 296.9091 \text{ F}$$

$$A = \frac{Q}{UD \Delta LMTD}$$

Nilai UD untuk Heavy organics (hot) dan water (cold) sebesar 5-75 Btu/ft².F jam

$$UD = 75 \quad \text{btu/jam.ft}^2.\text{oF}$$

$$Q = 224367,8126 \quad \text{kcal/jam}$$

$$= 890348,4627 \quad \text{btu/jam}$$

Sehingga luas transfer panas 39,9830 ft²

Menghitung Luas Selubung Reaktor

A = Luas selimut reaktor + Luas penampang bawah reaktor

$$A = OD \times H + \left(\frac{\pi}{4}\right) \times OD^2$$

$$A = 156.2302501 \text{ft}^2$$

Luas area reaktor \geq luas transfer panas sehingga digunakan jaket pendingin.

Menghitung Dimensi Jaket Pendingin

$$P_{\text{desain}} = 1,2 \times P_{\text{operasi}}$$

$$= 20,1242 \text{ psia}$$

Bahan yang digunakan adalah stainless steel SA-167 grade 11 type 316 dikarenakan tahan korosi dan allowable stress cukup tinggi.

$$t = \frac{P \cdot r_i}{f \cdot E - 0,6P} + C$$

$$t_s = 0.2217 \text{ in}$$

Diambil t_s standar 0.3125 in.

$$OD = (2 \times r) + (2 \times \text{tebal shell})$$

$$OD = 76.6250 \text{ in}$$

Diambil OD standar 78 in.

Sehingga diperoleh nilai i_{cr} 4,75 in dan r 78 in.

Menghitung tebal bottom

$$t_b = \frac{Pr_w}{(2FE - 0.2P)} + c$$

$$t_b = 0.2102 \text{ in}$$

Diambil t_b standar 0.3125 in. Dan dipilih sf standar 2 in.

$$a = 38.6875 \text{ in}$$

$$AB = 33.9375 \text{ in}$$

$$BC = 73.25 \text{ in}$$

$$AC = 64.9139 \text{ in}$$

$$b = 13.0861 \text{ in}$$

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

$$= 15.3986 \text{ in}$$

$$= 0.3911263608 \text{ m}$$

Menghitung Luas Transfer Panas Jacket

Luas permukaan untuk tebal > 1 in (Brownell dan Young, 1959, hal. 88)

$$D_e = OD + \frac{OD}{24} + 2sf + \frac{2}{3} icr$$

$$D_e = 87.0238 \text{ in}$$

$$D_e = 7.2520 \text{ ft}$$

Sehingga luas transfer panas jacket:

$A = \text{Luas selimut jacket} + \text{Luas penampang bawah jacket}$

$$A = OD \times H + \left(\frac{\pi}{4} \times OD^2\right)$$

$$A = 6.297,5576 \text{ in}^2$$

$$A = 43,7332 \text{ ft}^2$$

Menghitung Koefisien Perpindahan Panas antara Reaktor dan Jacket

Dari persamaan 20.10, Kern, hal. 718:

$$\frac{h_i \cdot D_i}{k} = 0,36 \left(\frac{L^2 N \rho}{\mu} \right)^{\frac{2}{3}} \left(\frac{C_p \cdot \mu}{k} \right)^{\frac{1}{3}} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0,14}$$

Dengan $\mu = \mu_w$

Dimana

D_i	=Diameter reaktor (ID shell)	= 5.7593 ft
h_i	= koefisien perpindahan panas	= 114.6887 Btu/hour.ft ² (°F/ft)
ρ	=densitas campuran,	= 62.2880 lb/ft ³
C_p	= kapasitas panas larutan	= 0.8237 Btu/lb.°F
D_I	=Diameter pengaduk	= 1.9198 ft
N	= Kecepatan rotasi pengaduk	= 2.0152 rps
k	=Konduktivitas panas larutan	= 0.3168 Btu/hour.ft ² (°F/ft)
μ	= Viskositas larutan	= 0.7787 lb/ft.hr
h_i		= 415.8605 Btu/jam ft ² F

Menghitung h_{i0}

Dari persamaan 6.5, Kern, hal. 105:

$$h_{i0} = h_i \frac{ID}{OD}$$

$$h_{i0} = 384.2847038 \text{ Btu/jam.ft}^2 \cdot \text{°F}$$

Menghitung H_o

G_t = kecepatan alir massa / luas penampang

$$G_t = 310.3664 \text{ lb/ft}^2$$

$$v = G_t / \rho$$

$$v = 4.9267 \text{ ft/jam}$$

sehingga,

$$Re = \frac{ID}{\mu}$$

$$Re = 65,2726$$

Dari grafik 24, Kern, hal. 834, diperoleh:

$$jH = 3$$

$$h_o = jH \frac{k}{De} \left(\frac{c_p \mu}{k} \right)^{1/3} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{-0,14}$$

$$h_o = 0.1929 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{j} \cdot ^\circ\text{F}$$

Menghitung Clean Overall Coefficient (UC) dan Designed Overall Coefficient (UD)

Berdasarkan persamaan 6.38, Kern, hal. 121:

$$UC = \frac{h_{io} h_o}{h_{io} + h_o}$$

$$UC = 0.1928 \text{ Btu/jam} \cdot \text{ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$$

Didapatkan nilai fouling factor (tabel 12, Kern, hal. 845):

$$R_d = 0,004 \text{ ft/jam}^\circ\text{F/Btu}$$

$$h_D = 1/R_d$$

$$h_D = 250$$

Berdasarkan example 20.1, Kern, hal. 720:

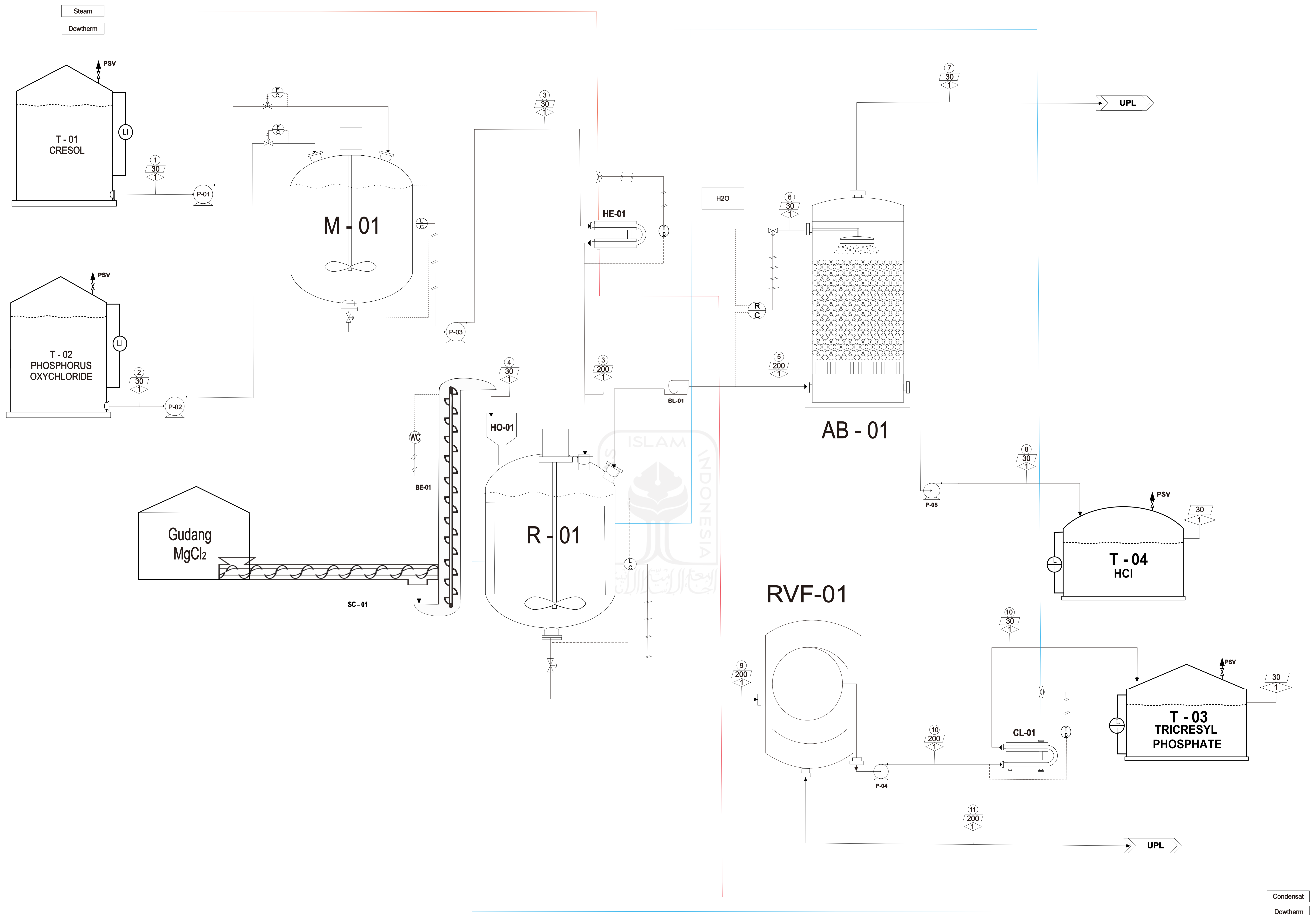
$$UD = \frac{U_c h_D}{U_c + h_D}$$

$$UD = 0.1927 \text{ Btu/jam} \cdot \text{ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$$



LAMPIRAN B

Process Engineering Flow Diagram
 Prarancangan Pabrik Kimia Tricresyl Phosphate dari Cresol dan Phosphorus Oxychloride
 Kapasitas 20.000 Ton/Tahun



Komponen	BM	Arus 1	Arus 2	Arus 3	Arus 4	Arus 5	Arus 6	Arus 7	Arus 8	Arus 9	Arus 10	Arus 11
MgCl ₂	108.14000	0.00000	0.00000	0.00000	32.46815	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	32.46815	0.00000	32.46815
C ₂ H ₂ O ₄ P	153.33000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	2386.78269	2362.91486	23.86783
C ₇ H ₈ O	368.37000	2212.64958	0.00000	2212.64958	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	110.63248	109.52615	1.10632
C ₆ H ₆ O	94.11000	0.96327	0.00000	0.96327	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.96327	0.95364	0.00963
POCl ₃	137.33000	0.00000	1045.76031	1045.76031	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	52.28802	51.76514	0.52288
PCl ₃	36.46000	0.00000	0.09367	0.09367	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.09367	0.09274	0.00094
HCl	95.21000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	708.70671	0.00000	0.7087	707.99800	0.00000	0.00000	0.00000
H ₂ O	18.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	1438.88938	0.00000	1438.88938	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Total		2213.61285	1045.85398	3259.46684	32.46815	708.70671	1438.88938	0.70871	2146.88738	2583.22828	2525.25253	57.97575

KETERANGAN			
AB	Absorber	RC	Ratio Control
M	Mixer	WC	Weight Control
CL	Cooler	LI	Level Indicator
RVF	Rotary Vacuum Filter	TC	Temperature Control
R	Reaktor	FC	Flow Control
G	Gudang	○	Nomor Arus
HE	Heater	—	Suhu (C)
HO	Hopper	◇	Tekanan (atm)
P	Pompa	---	Sinyal elektrikal
SC	Screw Conveyor	##	Sinyal pneumatic
BE	Bucket Elevator	⊠	Valve
T	Tangki	—	Pipa
BL	Blower		

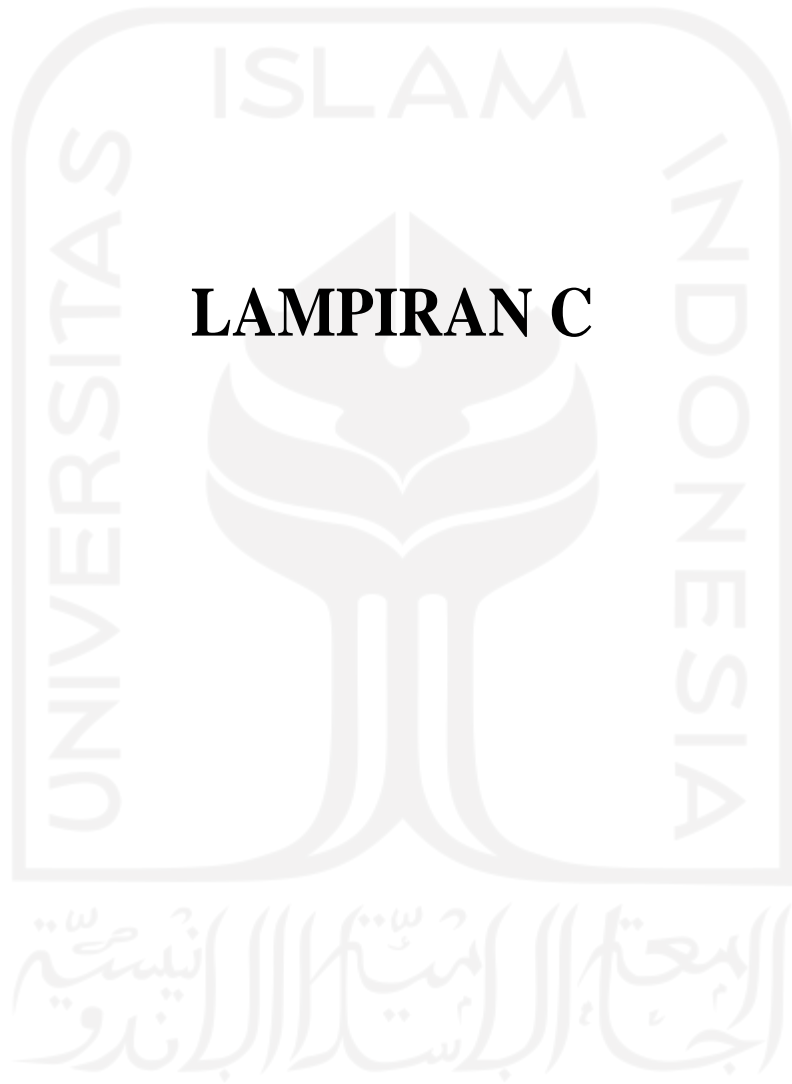


JURUSAN TEKNIK KIMIA
 FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 YOGYAKARTA
 2022

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
 PRA RANCANGAN PABRIK TRICRESYL PHOSPHATE
 DARI CRESOL DAN PHOSPHORUS OXYCHLORIDE
 KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN

DISUSUN OLEH :
 Silvia Darwina
 18521204

DOSEN PEMBIMBING:
 Dra. Kamariah, M.S.
 Ajeng Yu Iianti Dwi Lestari, S.T., M.T.



LAMPIRAN C

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN





Nama Mahasiswa : Silvia Darwina








No. Mhs : 18521204

Judul Prarancangan : Prarancangan Pabrik *Tricresyl phosphate* Dari *Cresol* dan *Phosphorus oxychloride*
Kapasitas 20.000 Ton/Tahun

Mulai Masa Bimbingan : 30 Desember 2021

Batas Akhir Bimbingan : 9 Mei 2023

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1	30-12-21	Perkenalan dan diskusi awal mengenai tahap prarancangan pabrik	
2	01-01-22	Penentuan kapasitas pabrik, latar belakang pendirian pabrik, tinjauan Pustaka,	
3	18-01-22	Revisi luaran tahap 1 dan 2, spesifikasi bahan baku dan produk	
4	09-03-22	Tinjauan kinetika	

5	11-03- 22	Pengesahan luaran tahap 1, 2 dan 3	
6	30-03- 22	Pembuatan diagram alir kualitatif	
7	31-08- 22	Bimbingan terkait judul baru	
8	14-11- 22	Bimbingan terkait kapasitاس, spesifikasi bahan dan diagram alir	
9	15-11- 22	Bimbingan terkait neraca massa	
10	18-11- 22	Bimbingan terkait neraca massa (2)	
11	24-11- 22	Bimbingan terkait kinetika reaksi	
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			

20			
21			
22			



Pembimbing I,

Kamariah, Dra. M.S

NIP: 825210201

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

Nama Mahasiswa : Silvia Darwina





No. Mhs : 18521204











Judul Prarancangan : Prarancangan Pabrik *Tricresyl phosphate* Dari *Cresol* dan *Phosphorus oxychloride*

Kapasitas 20.000 Ton/TahunMulai

Masa Bimbingan : 30 Desember 2021

Batas Akhir Bimbingan : 9 Mei 2023

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1	30-12-21	Perkenalan dan diskusi awal mengenai tahap prarancangan pabrik	
2	01-01-22	Penentuan kapasitas pabrik, latar belakang pendirian pabrik, tinjauan Pustaka,	
3	18-01-22	Revisi luaran tahap 1 dan 2, spesifikasi bahan baku dan produk, MSDS	
4	09-03-22	Tinjauan kinetika	

5	11-03- 22	Pengesahan luaran tahap 1, 2 dan 3	
6	30-03- 22	Pembuatan diagram alir kualitatif	
7	11-06- 22	Neraca massa	
8	31-08- 22	Bimbingan terkait judul baru (tahap 1-3)	
9	12-09- 22	Bimbingan terkait diagram alir	
10	30-11- 22	Bimbingan terkait neraca massa dan reaktor	
11	12-12- 22	Bimbingan terkait alat besar dan pefd	
12	15-12- 22	ACC luaran 8	
13	14-01- 23	Bimbingan terkait alat penyimpanan, alat transportasi, alat penukar panas, neraca panas dan tata letak	
14	14-02- 23	ACC luaran 9-13	
15	23-02- 23	ACC luaran	

16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			

Pembimbing 2,



Ajeng Yulianti Dwi Lestari, ST., M.T.

NIP: 155211305

