

**PRA RANCANGAN PABRIK ASAM FOSFAT DARI
BATUAN FOSFAT DAN ASAM SULFAT DENGAN
KAPASITAS 280.000 TON/TAHUN**

PRARANCANGAN PABRIK

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



Oleh:

Nama : Ranny Ramadhani

NIM : 19521107

Nama : Nur Farida Z

NIM : 19521171

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

2023

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL

PRA RANCANGAN PABRIK ASAM FOSFAT DARI BATUAN FOSFAT DAN ASAM SULFAT DENGAN KAPASITAS 280.000 TON/TAHUN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ranny Ramadhani

Nama : Nur Farida Z

NIM : 19521107

NIM : 19521171

Yogyakarta, 9 Oktober 2023

Menyatakan bahwa seluruh hasil Prarancangan Pabrik ini adalah hasil karya sendiri. Apabila dikemudian hari terbukti bahwa ada beberapa bagian dari karya ini adalah bukan hasil karya sendiri, maka saya siap menanggung risiko dan konsekuensi apapun. Demikian surat pernyataan ini saya buat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Td. Tangan



Ranny Ramadhani

Td. Tangan



Nur Farida Zulfalaila

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

PRA RANCANGAN PABRIK ASAM FOSFAT DARI BATUAN FOSFAT DAN ASAM SULFAT DENGAN KAPASITAS 280.000 TON/TAHUN

PRARANCANGAN PABRIK

Oleh :

Nama : Ranny Ramadhani

NIM : 19521107

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

Yogyakarta, 2 September 2025

Tim Penguji,

Prof. Ir. Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D. :

Ketua

Dr. Khamdan Cahyari, S.T., M.Sc. :

Anggota I

Dr. Dyah Retno Sawitri, S.T., M.Eng. :

Anggota II

Mengetahui:

Ketua Program Studi Teknik Kimia

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia



Prof. Ir. Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D.

KATA PENGANTAR

Assalamu 'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillah, segala puji syukur kehadiran Allah S.W.T yang telah melimpahkan segala rahmat, hidayah, dan karunia-Nya, sehingga kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir Pra Rancangan Pabrik dengan judul “Pra Rancangan Asam Fosfat dari Batuan Fosfat dan Asam Sulfat” tepat pada waktunya.

Tugas Akhir Pra Rancangan Pabrik ini disusun sebagai penerapan dari ilmu Teknik Kimia yang telah didapatkan selama menempuh pendidikan di kuliah, serta merupakan sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini kami menyadari bahwa selama penelitian dan penyusunan Tugas Akhir ini mendapatkan dukungan, bimbingan, dan bantuan dari beberapa pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah S.W.T atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga kami dapat menyelesaikan laporan penelitian dengan sebaik-baiknya.
2. Orang tua tercinta yang selalu mendo'akan, memberi semangat, cinta, motivasi dan dukungan moril serta material selama menempuh pendidikan di Program Studi Teknik Kimia Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Prof. Ir. Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia Universitas Islam Indonesia serta selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah banyak memberikan bimbingan serta ilmu selama proses penulisan dan penyusunan tugas akhir ini.
4. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Kimia Universitas Islam Indonesia atas segala ilmu yang telah diajarkan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini
5. Seluruh rekan – rekan seperjuangan Mahasiswa Teknik Kimia Universitas Islam Indonesia angkatan 2019 yang selalu memberikan semangat serta do'a.
6. Seluruh civitas akademik di lingkungan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
7. Semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu per satu dalam membantu penyusunan Tugas Akhir ini.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penyusunan ini. Oleh karena itu, saran dan kritik yang bersifat membangun sangat kami harapkan untuk menyempurnakan skripsi ini. Akhir kata, semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan, para pembaca, dan semua pihak yang berkepentingan.

Yogyakarta, Oktober 2023

Penulis

MOTTO DAN LEMBAR PERSEMBAHAN

MOTTO

“Rasakanlah setiap proses yang kamu tempuh dalam hidupmu, sehingga kamu tau betapa hebatnya dirimu sudah berjuang sampai detik ini”

“It will pass, everything you’ve gone through it will pass”

(Rachel Venny)

“Pencapaian terbesar dalam hidup bukanlah hidup tanpa pernah gagal, melainkan bangkit setiap kali kita terjatuh”

(Nelson Mandela)

“Setetes keringat orang tuaku, seribu langkah aku untuk maju”

PERSEMBAHAN

Dengan puji syukur kepada Allah S.W.T yang memberikan nikmat yang sangat luar biasa dengan memberi penulis kekuatan, membekali ilmu pengetahuan serta memperkenalkan penulis dengan cinta. Akhirnya tugas akhir ini dapat diselesaikan.

Penulis persembahkan kepada orang – orang yang saya cintai dan berarti dalam hidup penulis karena menjadi penyemangat atas segala perjuangan selama ini sehingga menjadi alasan terkuat dalam penyelesaian tugas akhir ini :

1. Cinta pertama dan panutanku, papa dan mama. Terima kasih penulis ucapkan atas segala pengorbanan dan ketulusan yang telah diberikan. Tak kenal lelah mendengar keluh kesah penulis sehingga selalu mendo’akan, mengusahakan, memprioritaskan pendidikan dan kebahagiaan anak – anaknya, memberikan dukungan baik secara moril maupun materi. Ketahuilah penulis bisa berada sampai dititik ini bukan penulis yang hebat, melainkan usaha, didikan dan do’a papa mama yang mampu membentuk diri ini menjadi sebaik – baiknya manusia. Suatu kebanggaan tiada tara menjadi anak perempuan pertama yang dididik dan tumbuh beriringan dengan papa dan mama. Penulis selalu berdo’a papa dan

mama sehat selalu dan selalu dalam lindungan Allah S.W.T.

2. Kedua adikku, Johan Alief dan Juan Wira Utomo. Terima kasih juga buat tawa bahagia yang selalu kalian hadirkan, do'a dan dukungan kalian yang luar biasa membuat penulis termotivasi untuk bisa terus belajar menjadi sosok kakak yang berusaha menjadi panutan yang baik dan memberikan pengaruh *positif*, baik dalam akademik maupun non akademik. Karena kalianlah penulis lebih semangat dalam menempuh sarjana. Semoga langkah kalian selalu diberikan perlindungan dan tumbuh menjadi versi paling hebat adikku.
3. Kepada nim 16524103 yang tak kalah penting kehadirannya. Terima kasih selalu meluangkan waktunya, materi, tenaga dan pikirannya, serta mendukung maupun menghibur penulis, juga memberi kepercayaan penuh bahwa penulis bisa berhasil menyelesaikan skripsi ini. Semoga segala harapan baik yang telah direncanakan bisa terwujud dikemudian hari dan sukses bersama.
4. Seluruh teman dekatku, fauzia natasya, kak tsabita putri pertiwi, dinda calista, amanda, anak – anak kost astrella, kak roni sumarja. Terima kasih telah mendukung, membantu, memberikan do'a dan meluangkan waktu untuk mendengar keluh kesah penulis disaat suka maupun duka.
5. Seseorang yang pernah bersama penulis yang tidak bisa disebut namanya dan juga ada teman yang pernah berjuang bersama. Terima kasih untuk patah hati yang diberikan saat proses penyusunan skripsi ini. Perginya kalian berdua memberikan penulis motivasi untuk terus maju dan berproses menjadi pribadi yang mengerti akan hal pendewasaan, pengalaman dan menerima arti kehilangan sebagai bentuk proses dinamika kehidupan.
6. Terakhir, terima kasih kepada diri saya sendiri yang selalu mengusahakan semua hal agar terlihat baik – baik saja. Terima kasih sudah sekuat ini dan memilih untuk bangkit kembali serta menyelesaikannya. Bagaimanapun kehidupanmu selanjutnya, hargai dirimu, rayakan dirimu, dan berbahagialah selalu atas segala proses yang berhasil dilalui untuk masa depan.

DAFTAR ISI

Table of Contents

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL	1
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING.....	2
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	3
KATA PENGANTAR.....	4
MOTTO DAN LEMBAR PERSEMBAHAN	6
DAFTAR ISI	8
DAFTAR TABEL	14
DAFTAR GAMBAR	17
DAFTAR LAMPIRAN	18
DAFTAR LAMBANG/NOTASI/SINGKATAN.....	19
ABSTRAK	22
BAB I.....	24
PENDAHULUAN.....	24
1.1 Latar Belakang	24
1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik	26
1.2.1 Kebutuhan Asam Fosfat.....	26
1.2.2 Ketersediaan Bahan Baku dan Produksi Asam Fosfat.....	26
1.2.3 Kapasitas Pabrik.....	28

2.3	Tinjauan Pustaka	32
2.3.1	Bahan Baku dan Produk	32
2.3.2	Macam-macam Proses	35
2.4	Tinjauan Termodinamika dan Kinetika	39
2.4.1	Tinjauan Termodinamika	39
2.4.2	Tinjauan Kinetika	41
BAB II		44
PERANCANGAN PRODUK		44
2.1	Spesifikasi Produk dan Bahan Baku	44
2.2	Pengendalian Kualitas	47
BAB III.....		50
PERANCANGAN PROSES.....		50
3.1	Diagram Alir Proses dan Material	50
3.2	Uraian Proses.....	52
3.2.1	Persiapan Bahan Baku dan Bahan Pendukung	52
3.2.2	Tahap Reaksi	53
3.2.3	Tahap Pemisahan dan Pemurnian Produk.....	53
3.3	Spesifikasi Alat	55
3.3.1	Spesifikasi Reaktor.....	55
3.3.2	Spesifikasi Alat Pemisah dan Unit Operasi Pendukung.....	56

3.3.3	Spesifikasi Alat Penyimpan Bahan	60
3.3.4	Spesifikasi Alat Transportasi.....	63
3.3.5	Spesifikasi Alat Penukar Panas	65
3.3.6	Neraca Massa	68
3.3.7	Neraca Massa Reaktor 1.....	68
3.3.8	Neraca Massa Reaktor 2.....	68
3.3.9	Neraca Massa Reaktor 3.....	69
3.3.10	Neraca Massa Filter	69
3.3.11	Neraca Massa Rotary Dryer	70
3.3.12	Neraca Massa Evaporator.....	70
3.3.13	Neraca Massa Separator	71
3.3.14	Neraca Massa Total	71
3.3.15	Neraca Panas	71
3.3.16	Neraca Panas Ball Mill	71
3.3.17	Neraca Panas Reaktor 1.....	72
3.3.18	Neraca Panas Reaktor 2.....	72
3.3.19	Neraca Panas Reaktor 3.....	72
3.3.20	Neraca Panas Filter	72
3.3.21	Neraca Panas Rotary Dryer	72
3.3.22	Neraca Panas Evaporator.....	73

3.3.23 Neraca Panas Condensor	73
3.3.24 Neraca Panas Heater	73
3.3.25 Neraca Panas Cooler-01	73
3.3.26 Neraca Panas Cooler-02	73
BAB IV	74
PERANCANGAN PABRIK.....	74
4.1 Lokasi Pabrik.....	74
4.1.1 Faktor Primer.....	75
4.1.2 Faktor Sekunder	76
4.2 Tata Letak Pabrik (Plant Layout).....	77
4.2.1 Perkantoran	78
4.2.2 Produksi	78
4.2.3 Instalasi dan Utilitas	79
4.2.4 Fasilitas Umum.....	79
4.2.5 Keamanan.....	79
4.2.6 Pengolahan Limbah	79
4.2.7 Perluasan	79
4.3 Tata Letak Alat Proses (Marchines Layout)	81
4.3.1 Aliran Bahan Baku dan Produk.....	81
4.3.2 Aliran Udara	82

4.3.3	Pencahayaan.....	82
4.3.4	Lalu Lintas Manusia dan Kendaraan.....	82
4.3.5	Pertimbangan Ekonomi	83
4.3.6	Jarak Antar Alat Proses	83
4.4	Organisasi Perusahaan	83
4.4.1	Bentuk Perusahaan	83
4.4.2	Struktur Organisasi	84
4.4.3	Tugas dan Wewenang.....	85
4.4.4	Status Penggolongan Jabatan dan Jumlah Karyawan.....	92
4.4.5	Pembagian Jam Kerja dan Sistem Gaji Karyawan	93
4.4.6	Ketenagakerjaan.....	98
BAB V	100
UTILITAS	100
5.1	Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (Water Treatment System).....	101
5.2	Unit Pembangkit Steam (Steam Generation System).....	109
5.3	Unit Pembangkit Listrik (Power Plant System)	110
5.4	Unit Penyediaan Udara Tekan (Instrument Air System)	113
5.5	Unit Penyediaan Bahan Bakar.....	113
5.6	Unit Pengolahan Limbah.....	114
5.7	Spesifikasi Alat Utilitas	116

BAB VI	124
EKONOMI	124
6.1 Penaksiran Harga Alat	125
6.2 Dasar Perhitungan	126
6.3 Perhitungan Biaya	126
6.4 Hasil Perhitungan	131
6.5 Hasil Analisis Keuntungan	134
6.6 Hasil Kelayakan Ekonomi.....	135
BAB VII	137
PENUTUP	137
7.1 Kesimpulan	137
7.2 Saran.....	139
DAFTAR PUSTAKA	140
LAMPIRAN	142

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Perusahaan Produksi Asam Fosfat di Indonesia.....	27
Tabel 1. 2 Perusahaan Produksi Asam Fosfat di Luar Negeri.....	27
Tabel 1. 3 Data Impor Asam Fosfat Tahun 2018 s.d. 2022.....	28
Tabel 1. 4 Data Expor Asam Fosfat Tahun 2018 s.d. 2022.....	30
Tabel 1. 5 Data Konsumsi Asam Fosfat di Indonesia.....	31
Tabel 1. 6 Perbandingan Jenis Proses	38
Tabel 1. 7 Harga ΔH_f° Pada Masing-masing Komponen	39
Tabel 1. 8 Harga ΔG_f° Pada Masing-masing Komponen	40
Tabel 2. 1 Spesifikasi Produk	44
Tabel 2. 2 Kemurnian Batuan Fosfat	45
Tabel 2. 3 Identifikasi Hazard Bahan Kimia dalam Proses	46
Tabel 3. 1 Spesifikasi Reaktor	55
Tabel 3. 2 Spesifikasi Reaktor (Lanjutan).....	55
Tabel 3. 3 Spesifikasi <i>Crusher</i>	56
Tabel 3. 4 Spesifikasi <i>Ball Mill</i>	56
Tabel 3. 5 Spesifikasi <i>Vibrating Screen</i>	57
Tabel 3. 6 Spesifikasi <i>Filter</i>	57
Tabel 3. 7 Spesifikasi <i>Rotary Dryer</i>	58
Tabel 3. 8 Spesifikasi <i>Separator</i>	58
Tabel 3. 9 Spesifikasi <i>Grinding</i>	59
Tabel 3. 10 Spesifikasi <i>Kompresor</i>	59
Tabel 3. 11 Spesifikasi Gudang Penyimpanan.....	60
Tabel 3. 12 Spesifikasi Tangki	60
Tabel 3. 13 Spesifikasi <i>Silo</i>	61
Tabel 3. 14 Spesifikasi <i>Hopper</i>	62
Tabel 3. 15 Spesifikasi <i>Belt Conveyor</i>	63
Tabel 3. 16 Spesifikasi <i>Bucket Elevator</i>	63
Tabel 3. 17 Spesifikasi Pompa.....	64
Tabel 3. 18 Spesifikasi Pompa Lanjutan.....	64
Tabel 3. 19 Spesifikasi <i>Evaporator</i>	65

Tabel 3. 20 Spesifikasi <i>Evaporator</i> (Lanjutan).....	65
Tabel 3. 21 Spesifikasi <i>Condensor</i>	66
Tabel 3. 22 Spesifikasi <i>Heater</i>	66
Tabel 3. 23 Spesifikasi <i>Heater</i> (Lanjutan)	67
Tabel 3. 24 Spesifikasi <i>Cooler</i>	67
Tabel 3. 25 Neraca Massa Reaktor 1	68
Tabel 3. 26 Neraca Massa Reaktor 2	68
Tabel 3. 27 Neraca Massa Reaktor 3	69
Tabel 3. 28 Neraca Massa <i>Filter</i>	69
Tabel 3. 29 Neraca Massa <i>Filter</i> (Lanjutan)	69
Tabel 3. 30 Neraca Massa <i>Rotary Dryer</i>	70
Tabel 3. 31 Neraca Massa <i>Evaporator</i>	70
Tabel 3. 32 Neraca Massa <i>Separator</i>	71
Tabel 3. 33 Neraca Massa Total	71
Tabel 3. 34 Neraca Panas <i>Ball Mill</i>	71
Tabel 3. 35 Neraca Panas Reaktor 1	72
Tabel 3. 36 Neraca Panas Reaktor 2.....	72
Tabel 3. 37 Neraca Panas Reaktor 3	72
Tabel 3. 38 Neraca Panas <i>Filter</i>	72
Tabel 3. 39 Neraca Panas <i>Rotary Dryer</i>	72
Tabel 3. 40 Neraca Panas <i>Evaporator</i>	73
Tabel 3. 41 Neraca Panas <i>Condensor</i>	73
Tabel 3. 42 Neraca Panas <i>Heater</i>	73
Tabel 3. 43 Neraca Panas <i>Cooler</i>	73
Tabel 3. 44 Neraca Panas <i>Cooler-02</i>	73
Tabel 4. 1 Perincian Luas Tanah dan Bangunan.....	80
Tabel 4. 2 Tata Letak Pabrik dan Alat Proses.....	81
Tabel 4. 3 Struktur Organisasi	85
Tabel 4. 4 Daftar Jabatan Perusahaan	93
Tabel 4. 5 Rincian Gaji Karyawan.....	96
Tabel 4. 6 Rincian Gaji Karyawan (Lanjutan).....	97
Tabel 5. 1 Kebutuhan <i>Cooling Water</i>	109
Tabel 5. 2 Kebutuhan <i>Steam</i>	109

Tabel 5. 3 Total Kebutuhan Listrik.....	111
Tabel 5. 4 Total Kebutuhan Listrik (Lanjutan)	112
Tabel 5. 5 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan Utilitas	116
Tabel 5. 6 Spesifikasi Bak Pengendap Awal	117
Tabel 5. 7 Spesifikasi Bak.....	117
Tabel 5. 8 Spesifikasi <i>Clarifier</i>	118
Tabel 5. 9 Spesifikasi Saringan Pasir SF	118
Tabel 5. 10 Spesifikasi Menara Pendingin.....	119
Tabel 5. 11 Spesifikasi Tangki Penukar Kation dan Anion.....	119
Tabel 5. 12 Spesifikasi Tangki Penukar Kation dan Anion.....	120
Tabel 5. 13 Spesifikasi Tangki NaCL dan NaOH.....	120
Tabel 5. 14 Spesifikasi Tangki Umpan Boiler dan Kondensat	121
Tabel 5. 15 Spesifikasi Tangki Umpan Boiler dan Kondensat (Lanjutan).....	121
Tabel 5. 16 Unit Udara Tekan	122
Tabel 5. 17 Spesifikasi <i>Boiler</i>	122
Tabel 5. 18 Spesifikasi <i>Boiler</i> (Lanjutan)	123
Tabel 5. 19 Spesifikasi Tangki Bahan Bakar.....	123
Tabel 6. 1 <i>Physical Plant Cost</i>	131
Tabel 6. 2 <i>Direct Plant Cost</i>	131
Tabel 6. 3 <i>Fixed Capital Investment</i>	131
Tabel 6. 4 <i>Direct Manufacturing Cost</i>	132
Tabel 6. 5 <i>Indirect Manufacturing Cost</i>	132
Tabel 6. 6 <i>Fixed Manufacturing Cost</i>	132
Tabel 6. 7 <i>Manufacturing Cost</i>	132
Tabel 6. 8 <i>Working Capital</i>	133
Tabel 6. 9 <i>General Expenses</i>	133
Tabel 6. 10 <i>Total Production Cost</i>	133
Tabel 6. 11 Fixed Cost (Fa)	133
Tabel 6. 12 Variable Cost (Va).....	134
Tabel 6. 13 Regulated Cost (Ra).....	134

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Grafik Impor Asam Fosfat Tahun 2018 s.d. 2022	29
Gambar 1. 2 Grafik Ekspor Asam Fosfat Tahun 2018 s.d. 2022	30
Gambar 1. 3 Grafik Konsumsi Asam Fosfat di Indonesia	31
Gambar 3. 1 Diagram Alir Kualitatif.....	50
Gambar 3. 2 Diagram Alir Kuantitatif.....	51
Gambar 4. 1 Rencana Lokasi Pendirian Pabrik	74
Gambar 6. 1 Grafik Hubungan antara Tahun dan Indeks Harga.....	125
Gambar 6. 2 Grafik Evaluasi Ekonomi.....	136

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Perhitungan Reaktor	142
Lampiran 2 Process Engineering Flow Diagram (PEFD).....	154
Lampiran 3 Kartu Konsultasi Bimbingan Prarancangan Pabrik.....	149

DAFTAR LAMBANG/NOTASI/SINGKATAN

T	: <i>Temperature</i> , °C
μ	: Viskositas, cP
ρ	: Densitas, kg/m ³
π	: Jari-jari, in
D	: Diameter, m
H	: Tinggi, m
V	: Volume, m ³
M	: Massa, kg
P	: Tekanan, psia
T	: Waktu, jam
K	: Konstanta kinetika reaksi, /menit
Fv	: Laju alir, m ³ /jam
Ms	: Massa <i>steam</i> , kg
A	: Luas bidang penumpang, ft ²
X	: Konversi, %
TD	: Titik didih, °C
Dt	: Dimensi reaktor, m
ID	: <i>Inside</i> diameter, in
OD	: <i>Outside</i> diameter, in
Ts	: Ketebalan dinding, in
Nt	: Jumlah tube
Th	: Ketebalan <i>head</i> , in

P	: <i>Power</i> motor, hP
Re	: Bilangan <i>Reynold</i>
E	: Efisiensi sambungan
Ri	: Jari – jari reactor
C	: <i>Corrision allowance</i>
F	: <i>Allowable stress</i> , psia
icr	: Jari-jari sudut dalam, in
W	: Faktor intensifikasi tegangan untuk jenis <i>head</i>
Sg	: <i>Spesific gravity</i>
Di	: Diameter pengaduk, m
W	: Tinggi pengaduk, m
Wb	: Lebar <i>baffle</i> , m
L	: Lebar pengaduk, m
Zi	: Jarak pengaduk, m
ZL	: Tinggi pengaduk, m
N	: Kecepatan pengadukan, rpm
Rd	: Faktor pengotor
H	: Efisiensi
N	: Jumlah banyaknya lilitan
L	: Panjang koil, m
P	: Panjang, m
L	: Lebar, m
Hi	: <i>Inside film coefficient</i> , Btu/jam ft ² °F

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

jH : *Heat transfer factor*

LMTD : *Long mean temperature different, °F*

ABSTRAK

Asam fosfat adalah mineral (anorganik) asam yang memiliki rumus kimia H_3PO_4 digunakan untuk industri tekstil, industri farmasi, industri gelas, dan industri ester organik. Pabrik asam fosfat dari batuan fosfat dan asam sulfat direncanakan akan didirikan di Gresik, Jawa Timur dan menghasilkan produk sebanyak 280.000 ton/tahun beroperasi 330 hari dalam setahun. Proses produksi asam fosfat menggunakan tiga Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) yang disusun secara seri pada kondisi operasi $70^{\circ}C$ dan tekanan 1 atm. Pabrik asam fosfat yang akan didirikan ini juga menghasilkan produk samping berupa gipsum. Dari studi evaluasi ekonomi, untuk menunjang proses produksi diperlukan modal investasi. Utilitas pabrik dibagi beberapa unit misalnya adalah penyedia pengolahan air yang akan digunakan untuk air make up, kemudian penyedia *steam*, dan instrument yang lain penunjang produksi pabrik ini. Jumlah karyawan berjumlah 160 orang. Sistem kerja karyawan berdasarkan pembagian jam kerja yang terdiri dari karyawan shift dan non shift. Pabrik ini tergolong dalam pabrik berisiko rendah dengan *Percent Return On Investment (ROI)* sebelum pajak 44.85% dan setelah pajak 29.15%. *Pay Out Time (POT)* sebelum pajak selama 2 tahun dan setelah pajak 3 tahun. *Break Even Point (BEP)* sebesar 51.28% dan *Shut Down Point (SDP)* sebesar 40.42%. *Discounted Cash Flow Rate (DCFR)* terhitung sebesar 12.96%. Dari data Analisa kelayakan di atas dapat disimpulkan bahwa pabrik ini menguntungkan dan layak dipertimbangkan untuk pendirian di Indonesia.

Kata Kunci : asam fosfat, asam sulfat, batuan fosfat, gipsum, RATB

ABSTRACT

Phosphoric acid is a mineral (inorganic) acid that has the chemical formula H_3PO_4 used for the textile industry, pharmaceutical industry, glass industry, and organic ester industry. Phosphoric acid plant from phosphate rock and sulfuric Acid is planned to be established in Gresik, East Java and produce products as much as 280,000 tons/year operating 330 days a year. The phosphoric acid production process uses three Continous Stirred Tank Reactor (CSTR) arranged in series at operating conditions of 70°C and 1 atm pressure. The phosphoric acid plant to be established also produces a by-product in the form of gypsum. From the economic evaluation study, to support the production process, capital investment is required. Factory utilities are divided into several units, for example, water treatment providers that will be used for make-up water, then steam providers, and other instruments supporting the production of this factory. The number of employees totals 160 people. The employee work system is based on division according to working hours consisting of shift and non-shift employees. This factory is classified as a low-risk factory using Percent Return on Investment (ROI) before tax 4.85% and after tax 29.15%. Pay Out Time (POT) before tax for 2 year and after tax 3 years. Break Even Point (BEP) of 51.28% and Shut Down Point (SDP) of 40.42%. Discounted Cash Flow Rate (DCFR) calculated at 12.96%. From the feasibility analysis data above, it can be concluded that this plant is profitable and worth considering for establishment in Indonesia.

Keywords: CSTR, gypsum, phosphoric acid, phosphate rock, sulfuric acid

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penduduk negara Indonesia setiap tahunnya bertambah semakin pesat, hal ini sangat berpengaruh terhadap kebutuhan primer, sekunder, maupun tersier dari setiap penduduknya. Kebutuhan tersebut dapat diatasi dengan memanfaatkan sumber daya alam Indonesia yang sangat melimpah. Indonesia merupakan negara berkembang yang dikenal sebagai negara agraris karena sebagian besar penduduknya hidup dari sektor pertanian dan sektor terkait. Pertanian merupakan salah satu sumber utama mata pencaharian maupun sumber devisa negara melalui ekspor produk pertanian. Oleh karena itu, pemerintah sangat memperhatikan sektor pertanian dan berusaha meningkatkan produktivitas dan kualitas produk pertanian untuk memenuhi kebutuhan domestik dan permintaan pasar global. Kondisi tanah di Indonesia menjadi salah satu faktor utama yang harus diperhatikan dari sistem pertanian karena sebagian besar lahan pertanian di Indonesia merupakan lahan dengan kandungan asam yang tinggi, sehingga dibutuhkan penyuburan lahan pertanian dengan pemberian pupuk tanaman dalam skala besar untuk melengkapi kandungan nutrisi pada tanah yang dapat memperkuat sistem akar, memperbaiki kualitas buah dan sayuran, serta mempercepat pertumbuhan tanaman.

Pupuk fosfat merupakan salah satu jenis pupuk yang sangat penting bagi pertanian di Indonesia karena memiliki peran penting dalam meningkatkan produktivitas dan kualitas produk pertanian. Pupuk ini mengandung unsur fosfor (P) yang sangat berguna bagi tumbuhan karena berfungsi untuk merangsang pertumbuhan akar terutama pada awal-awal pertumbuhan, mempercepat pembungaan, pemasakan biji dan buah. Kekurangan unsur hara makro ini dapat mengakibatkan kekurangan kemampuan tanaman untuk mengabsorpsi unsur hara lainnya. Asam fosfat dianggap sebagai asam mineral kedua yang paling banyak diproduksi setelah asam sulfat. Bagian utama dari produksi asam fosfat (90%) didedikasikan untuk pupuk kimia, sisanya digunakan sebagai bahan tambahan pangan dan bahan baku untuk produk lain seperti detergen, bahan baku farmasi, makanan hewan, aditif dalam pasta gigi, bahan minuman non alkohol seperti soda

atau cola, minyak goreng, kosmetik, dan dalam perawatan permukaan logam tahan karat (Mata dkk., 2017).

Pertumbuhan populasi dan urbanisasi yang cepat memerlukan produksi pertanian yang lebih efisien dan produktif yang dapat dicapai menggunakan pupuk fosfat. Asam fosfat memegang peran penting dalam memenuhi permintaan global untuk pupuk fosfat dengan memanfaatkan sumber daya alam lokal. Indonesia memiliki sumber daya alam yang cukup besar, batuan fosfat adalah bahan baku utama untuk memproduksi asam fosfat melalui proses kimia yang bisa didapatkan melalui sumber daya alam. Produksi asam fosfat di Indonesia masih belum mencukupi untuk memenuhi kebutuhan asam fosfat yang dibutuhkan, sehingga Indonesia masih bergantung pada impor dari luar negeri dengan biaya yang cukup tinggi.

Berdasarkan penjelasan di atas, untuk memenuhi kebutuhan asam fosfat yang semakin meningkat, maka perlu untuk didirikan pabrik asam fosfat di Indonesia guna membantu memenuhi kebutuhan asam fosfat dalam negeri. Selain pertimbangan tersebut, beberapa hal yang menjadi pertimbangan tentang pentingnya pendirian pabrik asam fosfat di Indonesia yaitu :

- a. Mendorong berdirinya industri hilir yang menggunakan asam fosfat sebagai bahan bakunya yang kemudian akan mendorong perkembangan industri di Indonesia.
- b. Memastikan bahwa kebutuhan asam fosfat di Indonesia tercukupi dan meminimalkan ketergantungan terhadap impor.
- c. Memberikan dampak positif terhadap perekonomian negara dengan meningkatkan kapasitas produksi, devisa negara, dan mengurangi beban impor.
- d. Indonesia juga akan memiliki pengaruh yang lebih besar dalam mempengaruhi harga dan ketersediaan pupuk fosfat di pasar global seraya memanfaatkan sumber daya alam.
- e. Menciptakan lapangan kerja bagi masyarakat sekitar dan membantu meningkatkan pembangunan ekonomi di daerah tersebut.

1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik

1.2.1 Kebutuhan Asam Fosfat

Pertumbuhan populasi global dan peningkatan permintaan makanan mendorong permintaan asam fosfat. Menurut sebuah laporan oleh Coherent Market Insights, pasar produk fosfat global diperkirakan akan tumbuh pada tingkat pertumbuhan tahunan gabungan sebesar 4.1% dari tahun 2020 hingga 2027. Permintaan asam fosfat juga dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti pertumbuhan ekonomi, kemajuan teknologi, dan kepedulian lingkungan.

Keseimbangan penawaran atau permintaan untuk asam fosfat didorong oleh pasokan. Jika semua proyek yang diumumkan terwujud, tarif operasi akan meningkat. Daerah berkembang banyak berinvestasi di unit produksi pupuk fosfat hilir. Akibatnya, diharapkan bahwa unit produksi asam fosfat yang lebih tua di daerah tanpa cadangan batuan fosfat asli akan berada di bawah tekanan tambahan dan pada akhirnya akan dipaksa untuk ditutup.

1.2.2 Ketersediaan Bahan Baku dan Produksi Asam Fosfat

a. Bahan Baku Asam Fosfat

Asam fosfat diproduksi secara global dengan mengolah batuan fosfat yang merupakan mineral dengan kapasitas melimpah di banyak negara. Fosfat ditambang di Asia, Afrika Utara, Amerika Utara dan Timur Tengah dalam endapan bijih dengan berbagai kualitas dan ukuran.

Menurut survei Geologi AS, produsen batuan fosfat teratas pada tahun 2021 adalah Maroko dan Sahara Barat, Cina, dan Amerika Serikat. Batuan fosfat terdapat di beberapa wilayah Indonesia, antara lain di Provinsi Aceh, Sulawesi Selatan, dan Nusa Tenggara Timur. Umumnya deposit fosfat alam ditemukan di daerah-daerah yang banyak mengandung kapur. Batuan fosfat di beberapa daerah Indonesia seperti daerah Jawa memiliki kadar P_2O_5 33%. (fosfat alam).

Asam sulfat merupakan salah satu bahan penunjang yang sangat penting dan banyak dibutuhkan industri kimia. Kebutuhan asam fosfat di Indonesia dicukupi dengan produksi dalam negeri dan impor dari luar negeri. Beberapa perusahaan di Indonesia terlibat dalam produksi dan distribusi asam sulfat, antara lain produsen bahan kimia, perusahaan pertambangan, dan perusahaan perdagangan.

b. Produksi Asam Fosfat

Ada beberapa perusahaan Indonesia yang terlibat dalam produksi asam fosfat. Namun, kapasitas produksi di dalam negeri masih terbatas. Beberapa perusahaan yang memproduksi asam fosfat di Indonesia beserta kapasitas produksinya dapat dilihat pada Tabel 1.1.

Tabel 1. 1 Perusahaan Produksi Asam Fosfat di Indonesia

Perusahaan	Kapasitas (ton/tahun)
PT Petrokimia Gresik	400.000
PT Pupuk Sriwidjaja Palembang	200.000
PT Pupuk Kalimantan Timur	200.000

Adapun daftar nama perusahaan di luar negeri yang memproduksi asam fosfat beserta kapasitas produksinya dapat dilihat pada Tabel 1.2.

Tabel 1. 2 Perusahaan Produksi Asam Fosfat di Luar Negeri

Negara	Perusahaan	Kapasitas (ton/tahun)
Afrika Selatan	Foskor (Pty) Ltd	720.000
India	IFFCO	660.000
Afrika	Indorama (Industries Chimiques du Sénégal)	600.000
India	Jordan India Fertilizer Company LLC	475.000
Australia	Incitec Pivot	450.000
Israel	ICL Group Ltd	415.000
Maroko	Indo Maroc Phosphore SA (IMACID)	373.895
Brazil	Vale Fertilizantes	280.000
Maroko	Maroc Phosphare ¼	165.000

Produksi asam fosfat diperkirakan akan terus tumbuh, didorong oleh meningkatnya kebutuhan pangan, serta tumbuhnya industri lain yang menggunakan asam fosfat sebagai bahan baku. Namun, produksi asam fosfat juga menghadapi berbagai tantangan, antara lain peraturan

lingkungan, persaingan dari pupuk alternatif, dan kenaikan biaya input.

1.2.3 Kapasitas Pabrik

Kapasitas produksi dapat diartikan sebagai jumlah maksimum yang diproduksi oleh pabrik persatuan waktu tertentu. Adanya beberapa pertimbangan yang diperlukan agar mendapatkan laba maksimum dengan biaya minimum diantaranya yaitu *supply* dan *demand*.

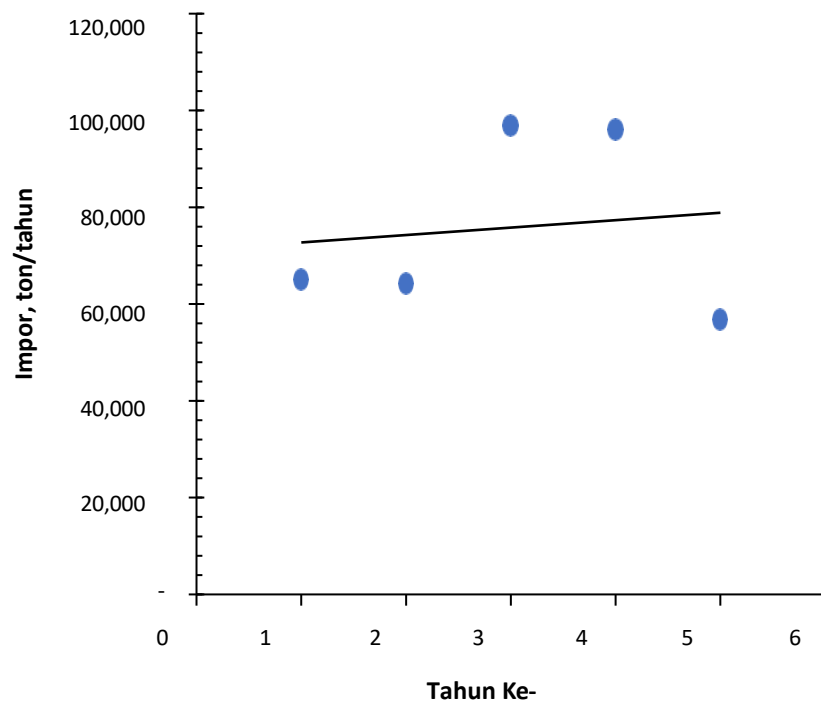
a. *Supply*

Supply suatu produk diperoleh dari impor dan produksi dalam negeri. Menurut data dari Badan Pusat Statistik, data impor asam fosfat di Indonesia menunjukkan angka yang fluktuatif namun cenderung naik setiap tahunnya. Data impor asam fosfat di Indonesia pada tahun 2018 sampai tahun 2022 dapat dilihat pada Tabel 1.3.

Tabel 1. 3 Data Impor Asam Fosfat Tahun 2018 s.d. 2022

TAHUN KE-	TAHUN	JUMLAH (TON)
1	2018	65.112
2	2019	64.155
3	2020	96.794
4	2021	96.103
5	2022	56.810

Berdasarkan data di atas, dapat diketahui bahwa industri di Indonesia membutuhkan asam fosfat dari luar negeri untuk memenuhi kebutuhan bahan baku dalam usahanya. Hasil regresi data impor asam fosfat di Indonesia dapat dilihat pada Gambar 1.3 yang dibuat grafik hubungan antara jumlah impor asam fosfat dan tahun import.



Gambar 1. 1 Grafik Impor Asam Fosfat Tahun 2018 s.d. 2022

Perkiraan impor asam fosfat di Indonesia pada tahun yang akan datang saat pembangunan pabrik dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$y = 1534,4x + 71192 \quad (1.1)$$

Dimana nilai x sebagai tahun dan y sebagai jumlah impor asam fosfat. Pabrik diproyeksikan akan dibangun pada tahun 2027, maka diproyeksi impor asam fosfat pada tahun 2027 (tahun ke-10) adalah :

$$y = 1534,4x + 71192$$

$$y = 1534,4 (10) + 71192$$

$$y = 86.536 \text{ ton/tahun}$$

Maka dari itu untuk menentukan *supply* adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Supply} &= \text{Impor} + \text{Produksi} \\ &= (86.536 + 800.000) \text{ ton/tahun} \\ &= 886.536 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

b. Demand

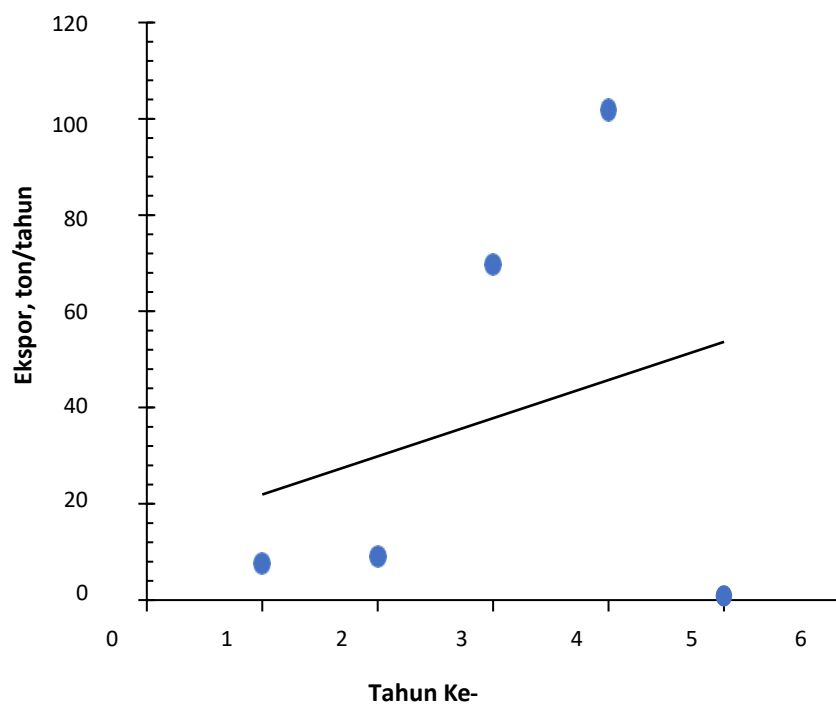
Nilai *demand* diperoleh dari nilai ekspor dan konsumsi asam fosfat.

Menurut data dari Badan Pusat Statistik data ekspor asam fosfat di Indonesia dari tahun 2018 sampai tahun 2022 dapat dilihat pada Tabel 1.4

Tabel 1. 4 Data Expor Asam Fosfat Tahun 2018 s.d. 2022

TAHUN KE-	TAHUN	JUMLAH (TON)
1	2018	7,624
2	2019	8,981
3	2020	69,700
4	2021	101,802
5	2022	0,860

Berdasarkan data di atas, dapat diketahui bahwa ekspor asam fosfat di Indonesia memiliki jumlah yang sangat sedikit. Hasil regresi data ekspor asam fosfat dapat dilihat pada Gambar 1.4 yang dibuat grafik hubungan antara jumlah ekspor asam fosfat dan tahun ekspor.



Gambar 1. 2 Grafik Ekspor Asam Fosfat Tahun 2018 s.d. 2022

Perkiraan ekspor asam fosfat di Indonesia pada tahun yang akan datang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$y = 7,9294x + 14,005 \quad (1.2)$$

Dimana nilai x sebagai tahun dan y sebagai jumlah ekspor asam fosfat.

Pabrik diproyeksikan akan dibangun pada tahun 2027, maka diproyeksi ekspor asam fosfat pada tahun 2027 adalah :

$$y = 7,9294x + 14,005$$

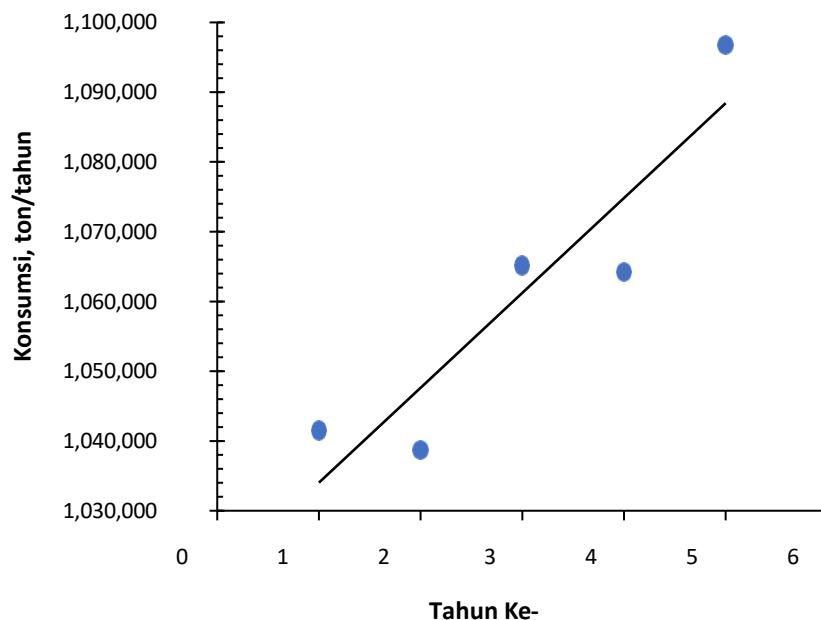
$$y = 7,9294 (10) + 14,005$$

$$y = 93,299 \text{ ton/tahun}$$

Menurut data statistik industri manufaktur yang diterbitkan oleh Badan Pusat Statistik mengenai kebutuhan asam fosfat di Indonesia dari setiap tahunnya mengalami peningkatan dan penurunan. Adapun data tersebut dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 1. 5 Data Konsumsi Asam Fosfat di Indonesia

TAHUN KE-	TAHUN	JUMLAH (TON)
1	2016	1.041.489
2	2017	1.038.637
3	2018	1.065.129
4	2019	1.064.157
5	2020	1.096.728



Gambar 1. 3 Grafik Konsumsi Asam Fosfat di Indonesia

Perkiraan ekspor asam fosfat di Indonesia pada tahun yang akan datang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$y = 13.600x + 10^6 \quad (1.3)$$

Dimana nilai x sebagai tahun dan y sebagai jumlah konsumsi asam fosfat. Pabrik diproyeksikan akan dibangun pada tahun 2027, maka proyeksi konsumsi asam fosfat pada tahun 2027 adalah :

$$y = 13.600x + 10^6$$

$$y = 13.600 (12) + 10^6$$

$$y = 1.163.200 \text{ ton/tahun}$$

Maka dari itu untuk menentukan *demand* dan kapasitas adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Demand} &= \text{Ekspor} + \text{Konsumsi} \\ &= (93,299 + 1.163.200) \text{ ton/tahun} \\ &= 1.163.293 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas} &= \text{Demand} - \text{Supply} \\ &= (1.163.293 - 886.536) \text{ ton/tahun} \\ &= 276.757 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil dari peluang kapasitas yang didapatkan dan berdasarkan kapasitas-kapasitas pabrik di dunia yang memproduksi asam fosfat dengan *range* sekitar 165.000 hingga 720.000 ton/tahun, maka perancangan pabrik asam fosfat yang akan didirikan ini memiliki kapasitas sebesar 280.000 ton/tahun dengan pertimbangan bahwasanya kapasitas konsumsi asam fosfat di Indonesia semakin meningkat, seiring dengan permintaan produk pangan dan pertanian yang terus meningkat.

Menurut Mordor Intelligence, pasar pupuk Indonesia diperkirakan akan tumbuh dengan laju pertumbuhan gabungan tahunan sebesar 6,3%. Meningkatnya permintaan asam fosfat didorong oleh pertumbuhan populasi, urbanisasi, dan kebutuhan untuk meningkatkan ketahanan pangan dan produktivitas pertanian.

2.3 Tinjauan Pustaka

2.3.1 Bahan Baku dan Produk

a. Batuan Fosfat

Batuan fosfat adalah jenis batuan sedimen yang terbentuk dari

endapan fosfat yang umumnya terdiri dari mineral fosfat seperti apatit, kalsit, dan fluoroapatit. Kandungan fosfat dalam batuan fosfat sangat tinggi dan oleh karena itu memiliki nilai ekonomi yang besar karena digunakan sebagai bahan baku dalam industri pupuk, makanan ternak, dan bahan kimia.

Batuan fosfat terbentuk dari deposisi fosfat dari air laut yang kaya akan nutrisi seperti guano dan plankton. Kondisi lingkungan yang sesuai untuk pembentukan batuan fosfat terjadi ketika kecepatan pengendapan fosfat melebihi kecepatan pelapukan fosfat oleh organisme laut. Batuan fosfat dapat terbentuk di dasar laut, perairan dangkal atau di danau yang terisolasi. Proses pembentukan batuan fosfat dapat melibatkan fosfat dari sumber organik dan anorganik

Batuan fosfat terdiri dari mineral fosfat seperti apatit, kalsit, dan fluoroapatit, serta mineral lainnya seperti silika, kalsit, dan pirit. Kandungan fosfat dalam batuan fosfat sangat bervariasi, mulai dari beberapa persen hingga lebih dari 30% beratnya. Selain itu, batuan fosfat juga dapat mengandung unsur-unsur lain seperti nitrogen, kalium, kalsium, dan magnesium.

b. Asam Sulfat

Asam sulfat adalah asam mineral kuat dengan rumus kimia H_2SO_4 . Asam sulfat dibuat dengan mereaksikan sulfur trioksida (SO_3) dengan air dan digunakan dalam berbagai aplikasi industri, seperti produksi pupuk, bahan bakar, dan kimia.

Asam sulfat adalah asam kuat yang memiliki kemampuan untuk membentuk ion hidrogen (H^+) ketika terlibat dengan air. Asam sulfat juga memiliki sifat oksidator dan menghasilkan panas ketika bereaksi dengan zat organik dan anorganik. Asam sulfat juga dapat mengikat udara (hidrasi) dan membentuk sejumlah besar panas.

Asam sulfat diproduksi secara industri dengan mereaksikan sulfur trioksida dengan udara. Sulfur trioksida diperoleh dari pembakaran sulfur atau dari proses pembuatan asam sulfat. Proses produksi asam sulfat melibatkan pengendapan gas sulfur trioksida pada katalisator atau

pengenceran gas sulfat trioksida dengan air.

c. Asam Fosfat

Asam fosfat juga dikenal sebagai ortofosfat, memiliki rumus kimia H_3PO_4 dan berbentuk cairan bening, tidak berwarna, dan tidak berbau. Asam fosfat adalah asam lemah yang umumnya digunakan dalam industri pupuk, makanan, minuman, dan kimia.

Asam fosfat merupakan senyawa asam lemah yang terbentuk dari reaksi antara fosfat dengan asam. Asam fosfat merupakan senyawa asam lemah yang biasanya memiliki pH sekitar 2,5 hingga 3,5. Dalam larutan air, asam fosfat terdisosiasi menjadi tiga ion hidrogen (H^+), yang dapat dianalisis dengan logam ion untuk membentuk garam fosfat. Ketika asam fosfat ditambahkan ke dalam larutan yang mengandung ion hidrogen karbonat (HCO^-), maka akan terjadi reaksi netralisasi dan menghasilkan karbon dioksida (CO_2).

Asam fosfat juga memiliki berbagai aplikasi di berbagai industri. Dalam industri pupuk, asam fosfat digunakan sebagai bahan baku untuk produksi pupuk fosfat. Dalam industri makanan dan minuman, asam fosfat digunakan sebagai bahan tambahan dalam pengolahan makanan, seperti minuman ringan, keju, dan roti. Dalam industri kimia, asam fosfat digunakan sebagai bahan baku untuk produksi senyawa kimia, seperti fosfat triamonium dan natrium fosfat. Dalam industri farmasi, asam fosfat digunakan sebagai bahan tambahan dalam pembuatan tablet dan suplemen. Selain itu, asam fosfat juga memiliki potensi sebagai bahan biomaterial untuk merekayasa jaringan tulang. Asam fosfat dapat membantu dalam pembentukan struktur mineral pada jaringan tulang dan mendorong pertumbuhan sel-sel tulang.

Dalam reaksi organik, asam fosfat juga dapat digunakan sebagai katalis dalam berbagai reaksi, seperti esterifikasi, transesterifikasi, dan hidrolisis. Asam fosfat bekerja dengan mengkatalis reaksi hidrolisis dan mempercepat laju reaksi, sehingga dapat meningkatkan efisiensi produksi senyawa organik.

d. Gypsum

Gypsum ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) adalah mineral alami yang terdiri dari kalsium sulfat dihidrat. Gypsum ditemukan di banyak tempat di seluruh dunia dan digunakan untuk berbagai keperluan, termasuk sebagai bahan bangunan, pupuk, dan bahan pengisi dalam produk seperti kertas dan cat. Gypsum terbentuk melalui proses deposisi kalsium sulfat dari udara yang jenuh dengan mineral ini. Proses ini dapat terjadi secara alami melalui proses geologi yang kompleks, atau dapat diinduksi oleh manusia melalui proses industri.

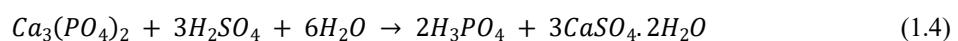
Gypsum memiliki banyak sifat yang berguna dalam aplikasinya, seperti kemampuan untuk membentuk plester yang kuat dan tahan lama, sifat insulasi termal dan akustik yang baik, serta kemampuan untuk mengikat logam berat dan zat kimia beracun. Namun, gipsium juga memiliki beberapa kelemahan, seperti kecenderungan mengembang saat terkena udara dan kemampuan menyebabkan iritasi pada kulit dan saluran pernapasan jika terhirup dalam jumlah besar. Oleh karena itu, perlu dilakukan penanganan yang hati-hati dalam penggunaannya.

2.3.2 Macam-macam Proses

Proses – proses yang umum digunakan untuk merancang pabrik pembuatan asam fosfat dari batuan fosfat dan asam sulfat adalah sebagai berikut:

a. Proses Basah (*Wet-Process*)

Proses basah (*wet-process*) adalah salah satu proses yang umum digunakan untuk pembuatan asam fosfat dari batuan fosfat. Ada tiga sub kelompok proses basah yang mungkin tergantung pada asam yang digunakan untuk pengasaman. Asam yang digunakan dapat berupa nitrat, hidroklorik, atau sulfat. Ada tiga jenis proses asam sulfat menyesuaikan dengan kondisi kalsium sulfat yang dihasilkan, karena dapat diperoleh dalam bentuk anhidrit, hemihidrat atau dihidrat. Pada proses ini, batuan fosfat dihancurkan dan dicampur dengan asam sulfat yang encer dalam sebuah reaktor. Reaksi utama dalam proses basah adalah sebagai berikut:



Reaksi ini berlangsung pada suhu dan tekanan tertentu dalam reaktor. Selama

proses, reaktor harus diaduk secara terus-menerus agar campuran batuan fosfat, asam sulfat, dan air tercampur dengan baik dan reaksi dapat berlangsung secara efektif. Setelah reaksi selesai, campuran di dalam reaktor dipompa ke dalam sebuah tangki pemisahan. Disini, gipsum dan campuran sisa diendapkan dan dipisahkan dari asam fosfat menggunakan proses pengendapan dan penyaringan. Asam fosfat kemudian disaring dan dikeringkan untuk dijadikan produk jadi.

Pembuatan asam fosfat dengan proses basah melibatkan beberapa tahap proses seperti penghancuran batuan fosfat, pengasaman dengan encer asam sulfat, reaksi kimia antara batuan fosfat dan asam sulfat, pengendapan gipsum dan penyaringan, dan pemurnian asam fosfat. Berikut ini beberapa macam proses basah yang sering digunakan dalam industri pembuatan asam fosfat:

1. Proses *Single Super Phosphate* (SSP)

Proses basah yang paling umum digunakan dalam pembuatan asam fosfat melibatkan penghancuran batuan fosfat, pencampuran dengan asam sulfat, dan reaksi kimia pada suhu dan tekanan yang sesuai. Campuran tersebut dipisahkan dan diendapkan untuk memisahkan asam fosfat dari gipsum yang dihasilkan sebagai limbah. Asam fosfat hasil produksi kemudian dikeringkan dan disaring untuk mendapatkan produk jadi.

2. Proses *Triple Superphosphate* (TSP)

Proses basah yang mirip dengan proses SSP, namun proses TSP menggunakan asam fosfat fasa cair sebagai agen pengasaman. Proses TSP menghasilkan produk yang lebih murni dan padat dibandingkan dengan SSP.

3. Proses *Di-Ammonium Phosphate* (DAP)

Proses basah yang melibatkan penggabungan asam fosfat dengan amonia untuk menghasilkan produk DAP. Proses ini memerlukan suhu dan tekanan yang lebih tinggi dibandingkan dengan proses SSP dan TSP.

4. Proses Nitrofosfat Proses Nitrofosfat atau proses Odda

Proses basah yang melibatkan penggabungan amonia, asam fosfat, dan nitrogen dari udara untuk menghasilkan produk fosfat dan nitrogen. Proses ini memerlukan suhu dan tekanan yang sangat tinggi dan kerumitan teknologi yang

tinggi, sehingga jarang digunakan.

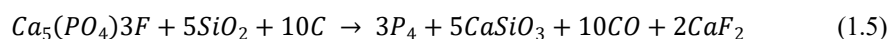
5. Proses Fosfat Asam Emulsi (EAP) Proses EAP

Proses basah yang relatif baru dalam pembuatan asam fosfat. Proses ini melibatkan penggunaan emulsi asam sulfat dan batuan fosfat yang dihasilkan oleh reaksi kimia antara surfaktan dan air. Proses EAP memerlukan suhu dan tekanan yang lebih rendah dibandingkan dengan proses SSP dan TSP, serta menghasilkan produk yang lebih murni. Namun, proses EAP memiliki biaya produksi yang lebih tinggi.

Proses basah memiliki beberapa kelebihan, seperti dapat menghasilkan asam fosfat dengan kualitas yang baik dan proses yang relatif mudah. Namun, proses ini juga memiliki beberapa kekurangan, seperti pembuangan gipsium yang dihasilkan sebagai limbah.

b. Proses Termal (*Thermal-Process*)

Proses pembuatan asam fosfat dengan proses termal, juga dikenal dengan nama proses pirofosfat, melibatkan penggunaan suhu tinggi untuk mereaksikan batuan fosfat dengan bahan pengoksidasi seperti silika atau kalsium karbonat. Reaksi kimia yang terjadi pada proses ini adalah sebagai berikut:



Fosforus (P_4) yang dihasilkan kemudian dioksidasi dengan oksigen dan diubah menjadi oksida fosforus (P_2O_5) pada suhu yang lebih rendah, sekitar 200 s.d. 300°C:



Oksida fosforus (P_2O_5) kemudian dicampur dengan air untuk membentuk asam fosfat, reaksinya adalah:



Terdapat beberapa macam *thermal process* yang digunakan dalam pembuatan asam fosfat. Berikut ini beberapa macam *thermal process* yang sering digunakan dalam industri pembuatan asam fosfat:

a. Proses Sinter

Pada proses sinter, batuan fosfat direduksi menggunakan kokas pada

suhu 1.200-1.350°C untuk menghasilkan bahan pirofosfat yang kemudian dicampur dengan asam sulfat untuk menghasilkan asam fosfat.

b. Proses Kiln

Pada proses kiln, batuan fosfat dipanaskan pada suhu 1.200- 1.300°C dengan bahan pengoksidasi seperti silika, alumina, dan kalsium karbonat. Hasil reaksi yang terjadi adalah bahan pirofosfat yang kemudian dicampur dengan asam sulfat untuk menghasilkan asam fosfat.

c. Proses Lender

Pada proses lender, batuan fosfat dipanaskan pada suhu 1.200 - 1.300°C dengan bahan pengoksidasi seperti silika, alumina, dan kalsium karbonat. Setelah ini, bahan fosfat yang dihasilkan dicampur dengan asam sulfat untuk menghasilkan asam fosfat.

d. Proses Fluidized Bed

Pada proses fluidized bed, batuan fosfat dipanaskan pada suhu 900-1.000°C dan direduksi dengan karbon monoksida untuk menghasilkan bahan pirofosfat. Hasil reaksi kemudian dicampur dengan asam sulfat untuk menghasilkan asam fosfat.

Dalam industri produksi, proses termal jarang digunakan untuk produksi asam fosfat karena biaya produksinya yang tinggi dan teknologi yang diperlukan cukup rumit.

Tabel 1. 6 Perbandingan Jenis Proses

PARAMETER	JENIS PROSES	
	<i>Wet Process</i>	<i>Thermal Process</i>
Suhu (°C)	80-100°C	Di atas 450°C
Tekanan	Rendah atau atmosfer	Tinggi, tergantung reaktor yang digunakan
Fase	Cairan atau suspensi	Gas
Konsentrasi	60-70%	95%
Waktu	30-60 menit	2-6 jam
Biaya Produksi	Rendah	Tinggi

Berdasarkan parameter – parameter yang ditinjau dari masing – masing proses tersebut, maka proses yang dipilih adalah *wet process* dikarenakan beberapa alasan, antara lain:

- Suhu dan tekanan operasi yang rendah dari *wet process* mengurangi risiko kerusakan lingkungan dan biaya operasional yang tinggi.
- Kualitas produk yang dihasilkan stabil dan konsisten.
- Pemrosesan bahan baku yang lebih mudah dan efisien
- Jenis produk *wet process* dapat menghasilkan berbagai jenis produk, seperti *Single Super Phosphate (SSP)*, *Triple Super Phosphate (TSP)*, dan *Di-Ammonium Phosphate (DAP)*.

2.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika

2.4.1 Tinjauan Termodinamika

Pada tinjauan termodinamika ditujukan untuk mengetahui sifat dari reaksi tersebut. Menurut Perry (2008) untuk menentukan sifat reaksi yang berjalan secara endotermis atau eksotermis perlu adanya pembuktian dengan menggunakan perhitungan panas pembentukan standar (ΔH_f°) pada suhu 298°K dan panas reaksi 1 atm.

Harga ΔH_f° masing-masing komponen persamaan 1.4 pada suhu 298°K dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 1. 7 Harga ΔH_f° Pada Masing-masing Komponen

KOMPONEN	HARGA ΔH_f°
$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	-984,89
H_2SO_4	-193,69
H_2O	-68,32
$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	-479,33
H_3PO_4	-309,32

$$\Delta H^\circ (298) = \Delta H_f^\circ \text{Produk} - \Delta H_f^\circ \text{Reaktan}$$

$$\Delta H^\circ (298) = [\Delta H_f^\circ(2\text{H}_3\text{PO}_4) + \Delta H_f^\circ(3\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O})] -$$

$$[\Delta H_f^\circ(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) + \Delta H_f^\circ(3\text{H}_2\text{SO}_4) + \Delta H_f^\circ(6\text{H}_2\text{O})]$$

$$\Delta H^\circ (298) = [(2 \cdot (-309,32)) + (3 \cdot (-479,33))] - [(-984,89) + (3 \cdot (-193,69)) + (6 \cdot (-68,32))]$$

$$\Delta H^\circ (298) = -80,7656 \text{ kkal/mol}$$

$$\Delta H^\circ (298) = -338,149$$

Secara termodinamika, reaksi antara batuan fosfat dan asam sulfat merupakan reaksi eksotermik. Hal ini karena reaksi melepaskan panas, sehingga perlu pengendalian suhu dalam proses produksi. Selain itu, reaksi antara batuan fosfat dan asam sulfat juga memerlukan tekanan yang cukup tinggi agar reaksi dapat berlangsung dengan efektif.

Setelah mengetahui nilai entalpi secara keseluruhan, kemudian menghitung nilai Gibbs keseluruhan pada reaksi yang sama dengan suhu 298°K. Perhitungan energi gibbs ΔG° digunakan untuk mengetahui reaksi kimia cenderung spontan atau tidak. Jika hasil perhitungan (-) menunjukkan bahwa reaksi kimia berjalan secara spontan, sedangkan jika hasil perhitungan (+) menunjukkan bahwa reaksi kimia berjalan secara tidak spontan. Selain itu perhitungan energi gibbs ΔG° juga digunakan untuk membuktikan reaksi berjalan secara *irreversible* atau *reversible*. Berikut merupakan tabel harga energi Gibbs pada masing – masing komponen, diantaranya adalah sebagai berikut:

Tabel 1. 8 Harga ΔG_f° Pada Masing-masing Komponen

KOMPONEN	HARGA ΔG_f°
$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	-64,5
H_2SO_4	-64,93
H_2O	-56,68
$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	-345,41
H_3PO_4	-270

$$\Delta G^\circ (298) = \Delta G_f^\circ \text{Produk} - \Delta G_f^\circ \text{Reaktan}$$

$$\Delta G^\circ (298) = [\Delta G_f^\circ(2\text{H}_3\text{PO}_4) + \Delta G_f^\circ(3\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O})] -$$

$$[\Delta G_f^\circ(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) + \Delta G_f^\circ(3\text{H}_2\text{SO}_4) + \Delta G_f^\circ(6\text{H}_2\text{O})]$$

$$\Delta G^\circ (298) = [(2.(-270)) + (3.(-345,41))] - [(-064,5) + (3.(-64,93)) + (6.(-56,689))]$$

$$\Delta G^\circ (298) = -976,806 \text{ kkal/mol} = -4089,6894 \text{ kJ/mol}$$

Berdasarkan perhitungan di atas menunjukkan hasil negatif (-) yang berarti bahwa reaksi yang terjadi pada pembuatan asam fosfat dari batuan fosfat dan asam sulfat suhu 298°K adalah spontan.

Menghitung konstanta kesetimbangan (K) standar pada 298°K dengan persamaan di bawah ini :

$$\Delta G^{\circ} = -R.T. \ln K \quad (1.8)$$

$$\begin{aligned} -4089,6894 \text{ kJ/mol} &= - (8,314/10^{-3})\text{kJ/mol K} \times 298 \text{ K} \times \ln K(298) \text{ K}(298) \\ &= \exp (7.40889) \\ &= 1.650,5907 \end{aligned}$$

Untuk mengetahui reaksi berjalan secara *irreversible* atau *reversible* pada $T_{operasi} = 70^{\circ}\text{C} = 343^{\circ}\text{K}$ dapat dihitung menggunakan persamaan Van,t Hoff, yaitu :

$$\ln \frac{K}{K_{298}} = -\frac{\Delta H}{R} \Delta HR \times \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_{ref}} \right)$$

$$\ln \frac{K}{1.650,5907} = -\frac{-338,149}{0.00831} \times \left(\frac{1}{343} - \frac{1}{298} \right)$$

$$\ln \frac{K}{1.650,5907} = 17,914686$$

$$K = 1.52561 \times 10^{11}$$

Reaksi berjalan *irreversible* apabila nilai $K > 1$, dari hasil perhitungan nilai kesetimbangan K_1 sebesar 1.650,5907 dan K_2 sebesar 2,7642, sehingga hal ini menunjukkan bahwa reaksi berjalan searah menuju produk atau *irreversible* karena nilai K positif (+). Reaksi *irreversible* dapat terjadi ketika energi bebas Gibbs dari produk lebih rendah daripada reaktan, sehingga energi yang dibutuhkan untuk mengubah produk menjadi reaktan lebih besar daripada energi yang dilepaskan selama reaksi. Akibatnya, reaksi tidak dapat dikembalikan dalam keadaan awal.

2.4.2 Tinjauan Kinetika

Kinetika adalah studi tentang laju reaksi kimia, yaitu seberapa cepat atau lambat reaksi kimia terjadi. Dalam kimia, reaksi kimia dapat terjadi dalam berbagai tingkat kecepatan tergantung pada faktor-faktor tertentu, seperti

konsentrasi reaktan, suhu, luas permukaan partikel, katalisator, dan sebagainya. Oleh karena itu, penting untuk memahami kinetika reaksi kimia karena dapat membantu dalam pengembangan dan perbaikan proses kimia yang melibatkan reaksi kimia.

Parameter dalam kinetika reaksi, seperti laju reaksi, orde reaksi, konstanta laju reaksi, energi aktivasi, dan sebagainya. Laju reaksi merupakan jumlah perubahan konsentrasi reaktan atau produk per satuan waktu, biasanya dalam satuan mol per liter per detik. Orde reaksi adalah tingkat pengaruh konsentrasi reaktan terhadap laju reaksi, sementara konstanta laju reaksi adalah konstanta proporsionalitas antara konsentrasi reaksi dan laju reaksi.

Faktor-faktor seperti suhu, konsentrasi reaktan, dan keberadaan katalisator dapat mempengaruhi laju reaksi dan orde reaksi. Misalnya, kenaikan suhu dapat meningkatkan laju reaksi karena meningkatkan energi kinetik partikel, sehingga meningkatkan kemungkinan tabrakan antar partikel. Selain itu, penambahan katalisator dapat menurunkan energi aktivasi dan meningkatkan laju reaksi.

Persamaan kecepatan reaksi ditunjukkan pada persamaan sebagai berikut:

$$\frac{dCA}{dt} = -k \cdot CA \cdot CB$$

Dimana: (1.10)

C_A = konsentrasi $Ca_3(PO_4)_2$

C_B = konsentrasi Asam Fosfat

Konsentrasi asam sulfat dapat dianggap konstan sehingga persamaan 1.10 berubah menjadi:

$$\frac{dCA}{dt} = -k \cdot CA \tag{1.11}$$

$$\int_{CA0}^{CA} \frac{dCA}{CA} = -k \cdot \int_0^t dt \tag{1.12}$$

$$\ln C_A - \ln C_{A0} = -k \cdot t \tag{1.13}$$

Konstanta laju dan energi aktivasi dihubungkan dengan persamaan *Arrhenius* pada persamaan sebagai berikut:

$$k = Ae^{-\frac{Ea}{RT}} \quad (1.14)$$

Dimana:

k = Konstanta Laju Reaksi A = Faktor Frekuensi

Ea = Energi Aktivasi

R = Konstanta Gas Ideal T = Suhu (K)

Didapatkan k = 0,1599/menit atau 0,002665/detik

Faktor yang mempengaruhi laju reaksi adalah konsentrasi optimal dan kecepatan reaksi. Semakin cepat reaksi, maka nilai konstanta laju reaksi lebih cepat meningkat. Konstanta laju dan energi aktivasi dihitung dalam persamaan di atas. Secara umum, semakin lama waktu reaksi maka konversi yang diperoleh semakin besar karena semakin lama reaktan saling kontak untuk menghasilkan perubahan (produk diperoleh). Dengan pengadukan, akan ada lebih banyak peluang untuk reagen bergabung satu sama lain.

BAB II

PERANCANGAN PRODUK

2.1 Spesifikasi Produk dan Bahan Baku

Tabel 2. 1 Spesifikasi Produk

SPESIFIKASI	PRODUK		BAHAN BAKU		
	ASAM FOSFAT	KALSIUM DIHIDRAT	BATUAN FOSFAT	ASAM SULFAT	AIR
Rumus Molekul	H_3PO_4	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	$Ca_3(PO_4)_2$	H_2SO_4	H_2O
Wujud	Cair	Padat	Padat	Cair	Cair
Kenampakan	Tidak berwarna	Serbuk putih			
Kemurnian	85%	>65% (<i>Low grade</i>)	Berbeda setiap daerah	98%	
Berat Molekul, gr/mol	98	172	310	98	18
Titik Didih, °C	158 pada 1 atm	-		337	100
Titik Leleh, °C	42	163		10,36	
Titik Lebur, °C	21	160			
Densitas, gr/cm ³	1,685 (85% solution)	2,32		1,837	1
Spesific Gravity, gr/ml				1,84	0,95838
Kelarutan Dalam Air, gr/mL	5,48	0,24		Mudah larut dalam air (<i>miscible</i>)	

Berikut kemurnian batuan fosfat di Jordan Phosphate Mine Co :

Tabel 2. 2 Kemurnian Batuan Fosfat

REAKSI	KEMURNIAN
$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	62-73%
CaO	0,7-1,7%
MgO	1,7%
Fe_2O_3	0,6%
SiO ₂	2,5%-5%
Al ₂ O ₃	1,3%%

Sumber : (PT. Petrokimia Gresik)

Tidak digunakannya bahan baku batuan fosfat di Indonesia dipengaruhi oleh beberapa pertimbangan yang meliputi:

a. Kualitas Bahan Baku

Batuan fosfat yang diperoleh dari Indonesia memiliki kualitas yang lebih rendah atau tidak sesuai dengan persyaratan teknik untuk produksi asam fosfat.

b. Ketersediaan dan Stabilitas Pasokan

Pasokan cadangan fosfat dari Indonesia tidak dapat diandalkan atau stabil.

c. Biaya dan Efisiensi

Memperoleh batuan fosfat dari Indonesia menyebabkan biaya produksi lebih tinggi atau kurang efisien dibandingkan dengan alternatif lain.

d. Kualitas Produk Akhir

Bahan baku dari Indonesia memiliki dampak negatif terhadap kualitas produk.

Setiap pembelian batuan fosfat kandungannya harus disesuaikan standar produksi yang ada. Dalam hal ini batuan fosfat yang sesuai dengan yang diinginkan ialah batuan fosfat dari Jordan Phosphate Mine Co., Yordania. Perusahaan tersebut merupakan salah satu produsen utama batuan fosfat yang memiliki kapasitas 1. 250 juta ton/tahun.

Batuan fosfat yang dijual oleh Jordan Phosphate Mine Company memiliki beberapa karakteristik diantaranya yaitu:

a. Kadar Fosfat

Batuan fosfat yang dihasilkan memiliki kadar fosfat yang bervariasi. Kadar fosfat yang tinggi umumnya diinginkan karena fosfat adalah nutrisi penting bagi

tanaman.

b. Kandungan Mineral

Batuan fosfat mengandung mineral seperti kalsium, magnesium, dan sedikit unsur lainnya. Kandungan mineral ini dapat mempengaruhi kemampuan batuan fosfat untuk menghasilkan nutrisi fosfat yang larut dalam tanah.

c. Kemampuan Pemrosesan

Batuan fosfat yang dijual dapat diproses untuk menghasilkan produk seperti asam fosfat atau pupuk fosfat. Oleh karena itu, kemampuan untuk mengolah menjadi produk akhir ini menjadi pertimbangan penting.

d. Ketahanan Terhadap Pelapukan

Kualitas batuan fosfat tercermin dari sejauh mana batuan ini tahan terhadap pelapukan dan dekomposisi di lingkungan tanah.

e. Tekstur dan Warna

Tekstur dan warna batuan fosfat bervariasi, mulai dari yang kasar hingga yang halus.

Pada masing-masing bahan dan produk. Identifikasi *hazard* bahan dalam proses dan pengelolannya dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 2. 3 Identifikasi Hazard Bahan Kimia dalam Proses

KOMPONEN	HAZARD	KETERANGAN	PENGELOLAAN
H_3PO_4	<i>Corrosive</i>	Korosif pada logam, kategori 1, H290 Korosi kulit, Kategori 1 A, H314	Wadah yang tidak mengandung logam dan kondisi penyimpanan tertutup sangat rapat.
$Ca_3(PO_4)_2$	<i>Irritation</i>	Menyebabkan iritasi pada kulit, mata atau lender membran	Hindari menghirup bahan atau pembakaran produk samping dengan cara mengenakan pakaian pelindung lengkap dan alat bantu pernafasan mandiri (SCBA) yang disetujui NIOSH.
H_2SO_4	<i>Corrosive</i>	Korosif pada logam, Kategori 1, H290 Korosi kulit, Kategori 1 A, H314	Wadah jangan terbuat dari logam ringan hingga berat dan pastikan wadah dalam kondisi tertutup sangat rapat.

2.2 Pengendalian Kualitas

Produk asam fosfat dapat diproduksi sesuai dengan spesifikasi dan kualitas yang telah direncanakan apabila melakukan suatu pengendalian kualitas (*quality control*). Pengendalian kualitas pada pabrik asam fosfat ini terdiri dari pengendalian kualitas bahan baku, pengendalian kualitas proses, dan pengendalian kualitas produk. Dalam kegiatan proses produksi diharapkan menghasilkan produk yang memiliki mutu dan kualitas tinggi sesuai dengan standar dan jumlah produksi yang telah ditetapkan. Selain itu, diharapkan pula waktu pemroduksian produk berjalan sesuai dengan jadwal yang ada. Oleh karena itu, harus adanya pengendalian produksi antara lain:

2.2.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Pengendalian kualitas dari bahan baku bertujuan untuk mengetahui kualitas yang dihasilkan dari suatu bahan baku agar dapat membuat produk yang diinginkan. Produk yang dihasilkan harus diketahui kualitasnya dan sesuai dengan spesifikasi yang sudah ditentukan untuk proses. Maka dari itu, sebelum dilakukan proses produksi perlu dilakukan pengecekan terkait pengujian kualitas bahan baku yang berupa batuan fosfat dan asam sulfat (H_2SO_4) bertujuan agar bahan baku yang digunakan dalam pembuatan produk sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan dalam pabrik.

2.2.2 Pengendalian Kualitas Proses Produksi

Pengendalian kualitas proses produksi pada pabrik asam fosfat ini menggunakan sistem kontrol otomatis (*automatic control system*) yang dilakukan di ruang kendali (*control room*). Pengendalian kualitas proses produksi yang dilakukan meliputi kontrol aliran (*flow controller* dan *level controller*) serta kontrol kondisi operasi (*temperature controller* dan *pressure controller*) terhadap bahan baku maupun produk. Jika terdapat indikasi penyimpangan proses, maka *controller* akan memberikan isyarat atau tanda, sehingga operator dapat segera melakukan tindakan untuk mengembalikan proses produksi seperti semula baik secara otomatis maupun manual.

Beberapa alat kontrol yang digunakan dan harus diatur pada kondisi tertentu adalah sebagai berikut:

a. *Flow Controller*

Flow Controller merupakan alat yang dipasang untuk mengatur laju alir suatu aliran fluida, baik aliran masuk maupun keluar dengan memanfaatkan sinyal *pneumatic* yang diubah menjadi sinyal elektrik berupa arus (*milliampere*) yang akan dikirim menuju *control valve* yang sebelumnya diubah lagi menjadi sinyal *pneumatic* sehingga mampu menggerakkan *valve*. Prinsip kerja secara umum pada alat ini yaitu memanfaatkan perbedaan tekanan dimana P1 lebih besar daripada P2 sehingga diperoleh nilai ΔP dan akan dikalibrasikan sesuai dengan *set point* yang diinginkan.

b. *Level Controller*

Alat yang dipasang pada bagian dinding tangki untuk mengukur ketinggian bahan pada suatu alat. Jika ketinggian atau level bahan kurang atau lebih dari kondisi yang telah ditetapkan, maka dapat diketahui dari tanda atau isyarat yang muncul. Alat tersebut memanfaatkan sinyal *pneumatic* yang diubah menjadi sinyal elektrik berupa arus (*milliampere*) yang akan dikirim menuju *control valve* yang sebelumnya diubah lagi menjadi sinyal *pneumatic* sehingga mampu menggerakkan *valve* sehingga tercapai level yang sesuai dengan kondisi yang ditetapkan.

c. *Temperature Controller*

Temperature controller merupakan alat yang dapat mendeteksi suhu bahan atau alat. Secara umum, *temperature controller* mempunyai *set point* atau batasan nilai suhu yang telah ditetapkan. Ketika nilai suhu bahan atau alat yang diukur melebihi atau kurang dari *set point*, maka alat ini akan memberikan sinyal sehingga dapat segera dilakukan pengendalian.

d. *Weight Controller*

Alat ini mempunyai *set point* atau batasan nilai berat yang sudah ditetapkan berdasarkan batas maksimum kemampuan dari alat penampung. *Weight controller* bertugas menunjukkan nilai berat bahan dalam alat penampung, informasi terkait nilai yang ditunjukkan ini akan diteruskan ke alat *flow rate controller* untuk ditindak lebih lanjut.

e. *Pressure Control*

Pressure controller merupakan alat yang digunakan untuk mengamati tekanan operasi suatu alat dan bila terjadi perubahan atau penyimpangan dari *set point* yang telah ditetapkan, alat ini akan memberikan sinyal sehingga dapat segera dilakukan pengendalian.

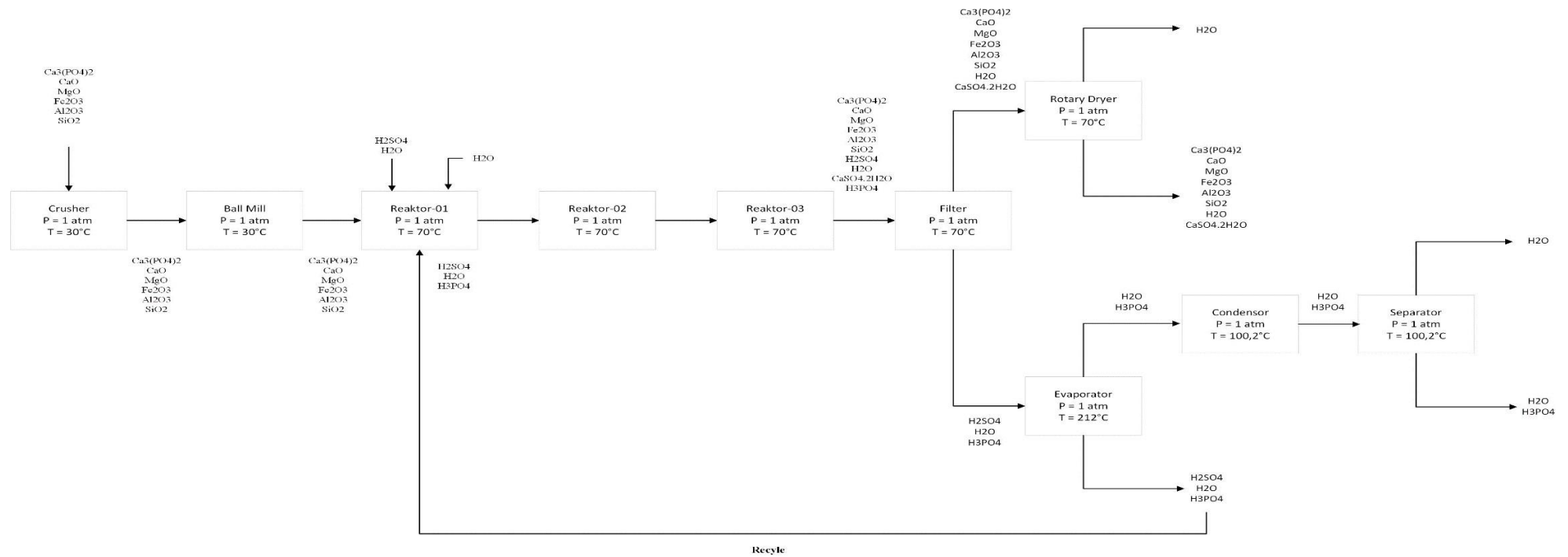
2.2.3 Pengendalian Kualitas Produk

Dalam menghasilkan asam fosfat sesuai yang diinginkan maka dibutuhkan pengendalian kualitas produk untuk memperoleh mutu produk standar dengan bahan yang berkualitas. Selain itu perlunya pengawasan terhadap variabel-variabel proses yang ada melalui sistem kontrol agar tetap sesuai dengan *set point* yang sudah ditentukan sebelumnya sehingga didapatkan produk berkualitas tinggi. Diperlukan pengujian terhadap spesifikasi bahan baku, kemurnian produk serta komposisi komponen produk di laboratorium untuk mengetahui produk sesuai dengan standar pabrik.

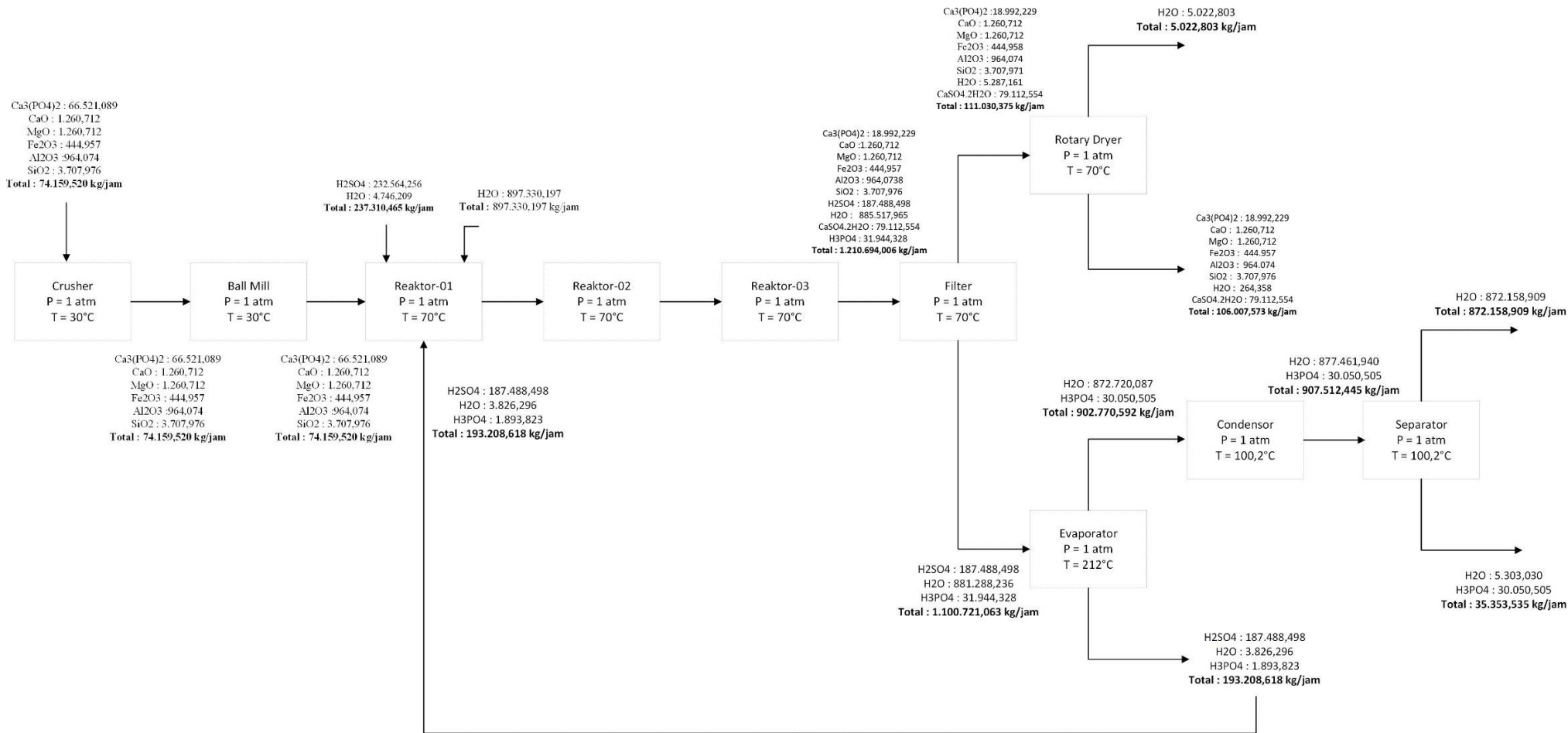
BAB III

PERANCANGAN PROSES

3.1 Diagram Alir Proses dan Material



Gambar 3. 1 Diagram Alir Kualitatif



Recyle
Gambar 3. 2 Diagram Alir Kuantitatif

3.2 Uraian Proses

Produk asam fosfat pada pabrik ini diproduksi melalui proses basah atau *wet process* dengan bahan baku utamanya yaitu batuan fosfat serta asam sulfat sebagai bahan pendukung. Pabrik ini dirancang dengan kapasitas 280.000 ton/tahun yang beroperasi selama 24 jam dalam sehari dan 330 hari dalam setahun. Secara umum, proses pembuatan asam fosfat dengan *wet process* terdiri dari beberapa tahapan sebagai berikut.

3.2.1 Persiapan Bahan Baku dan Bahan Pendukung

a. Batuan Fosfat

Batuan fosfat $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ merupakan bahan baku yang digunakan dalam pembuatan asam fosfat ini dibeli dari Jordan Phosphate Mine Co., Jordania. Setiap pembelian batuan fosfat kandungannya harus disesuaikan standar produksi yang ada. Batuan fosfat dalam fase padat pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm disimpan dalam gudang penyimpanan (G-01) dengan kapasitas pakai selama tujuh hari. Batuan fosfat yang disimpan diangkut menggunakan *Belt Conveyor* (BC-01) untuk dimasukkan ke *Crusher* (CR-01) dengan tujuan untuk mendapatkan ukuran batuan fosfat yang lebih kecil berukuran kurang lebih 10 cm. Batuan fosfat dibawa menggunakan *Bucket Conveyor* (BC-02) untuk dimasukkan ke dalam *Ball Mill* (M-01) yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi reaksi yang terjadi dalam reaktor.

Batuan fosfat hasil keluaran *Ball Mill* (BM-01) disaring menggunakan *Vibrating Screen* (VS-01) untuk mendapatkan ukuran partikel yang lebih kecil. Hasil keluaran *Vibrating Screen* (VS-01) disimpan dalam *Hopper* (HO-02) sebagai tempat penampungan batuan sementara sebelum dimasukkan ke dalam reaktor (R-01).

b. Asam Sulfat

Asam sulfat H_2SO_4 diperoleh dari PT. Petrokimia Gresik yang digunakan merupakan bahan pendukung dalam pembuatan asam fosfat. Asam sulfat yang digunakan disimpan pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm dengan kemurnian 98% dalam Tangki Penyimpanan (T-01). Asam sulfat dipompa menggunakan pompa (P-01) untuk dialirkan ke dalam Reaktor (R-01).

c. Air

Dalam memenuhi kebutuhan air untuk proses menggunakan air yang dialirkan dari unit utilitas sebagai air proses. Air ini digunakan sebagai campuran batuan fosfat dengan rasio massa air: batuan fosfat sebesar 12,1:1.

3.2.2 Tahap Reaksi

Bahan baku utama yang digunakan yaitu batuan fosfat, asam sulfat, dan air dengan rasio berat ketiganya yaitu 1 : 3,2 : 12,1. Bahan baku tersebut dialirkan ke dalam Reaktor (R-01) yang merupakan Reaktor Alir Berpengaduk (RATB) dilengkapi dengan koil pendingin dikarenakan reaksi yang terjadi bersifat eksotermis.

Dalam Reaktor (R-01) akan terjadi reaksi antara batuan fosfat, asam sulfat, dan air pada suhu yang dikontrol sebesar 70°C dengan tujuan agar proses dapat terus berjalan pada keadaan optimalnya dengan konversi sebesar 45%, kemudian bahan baku yang masih tersisa dialirkan ke dalam Reaktor (R-02) dan Reaktor (R-03) yang juga merupakan Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) dilengkapi dengan koil pendingin, kemudian direaksikan dengan kondisi yang sama dan konversi 45% untuk Reaktor (R-02) dan 4% untuk Reaktor (R-03).

Reaksi yang terjadi sebagai berikut:



Pemilihan jumlah reaktor berdasarkan pada kapasitas produksi sedangkan untuk pemilihan tipe reaktor berdasarkan pada fase reaktan dan kondisi operasi, melalui optimasi dapat disimpulkan bahwa akan digunakan 3 reaktor yang berjenis Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) yang dilengkapi dengan koil pendingin.

3.2.3 Tahap Pemisahan dan Pemurnian Produk

Produk *slurry* dari Reaktor (R-03) dialirkan ke dalam *Rotary Vacuum Drum Filter* (F-01) menggunakan Pompa (P-05) untuk dipisahkan antara padatan dan cairan, dimana padatan (*Cake*) keluaran *Rotary Vacuum Drum Filter* (F-01) akan dibawa menuju *Rotary Dryer* (RD-01), sedangkan cairan (Filtrat) keluaran *Rotary Vacuum Drum Filter* (F-01) dialirkan menuju Evaporator (EV-01). Padatan (*Cake*) dibawa menuju *Rotary Dryer* (RD-01) untuk mendapatkan gipsum sebagai produk samping. *Rotary Dryer* yang digunakan yaitu tipe *Direct Counter Current* sebagai

proses purifikasi yang dimana metode pengeringannya menggunakan hembusan udara panas berasal dari udara kering yang dipanaskan melalui *Heat Exchanger* (HE-01) menggunakan *steam* sebagai pemanas.

Produk liquid dari *Rotary Vacuum Filter Drum* (F-01) yang terdiri dari asam fosfat, asam sulfat, dan air dialirkan ke dalam Evaporator (EV- 01) melalui Pompa (P-06) yang bertujuan untuk menguapkan asam fosfat dan juga air untuk dapat memisahkan antara produk yang diinginkan dengan cairan lain yang masih tercampur di dalamnya. Asam sulfat, air, dan asam fosfat yang masih tercampur akan *directly* kembali ke dalam Reaktor (R-1) dikarenakan masih terdapat massa yang cukup banyak.

Uap dari evaporator diproses kembali menggunakan Condensor (CD- 01) yang bertujuan untuk mengubah fase uap bahan yang terkandung menjadi fase cair. *Liquid* dari Condensor (CD-01) dialirkan menuju Separator (SP-01) untuk menghilangkan uap air yang masih terkandung dalam produk, sehingga spesifikasi produk akhir asam fosfat sesuai dengan standar pasar.

3.3 Spesifikasi Alat

3.3.1 Spesifikasi Reaktor

Tabel 3. 1 Spesifikasi Reaktor

PARAMETER	R-01	R-02	R-03
Fungsi	Mereaksikan asam sulfat dan batuan fosfat	Mereaksikan asam sulfat dan batuan fosfat	Mereaksikan asam sulfat dan batuan fosfat
Jenis/Tipe	<i>Continous Stirred Tank Reactor (CSTR)</i>	<i>Continous Stirred Tank Reactor (CSTR)</i>	<i>Continous Stirred Tank Reactor (CSTR)</i>
Bahan Konstruksi	<i>Stainless Steel SA 299 Grade 3 Type 304</i>	<i>Stainless Steel SA 299 Grade 3 Type 304</i>	<i>Stainless Steel SA 299 Grade 3 Type 304</i>
Jumlah	3	3	3
Kondisi Operasi			
Suhu	70°C	70°C	70°C
Tekanan	1 atm	1 atm	1 atm

Tabel 3. 2 Spesifikasi Reaktor (Lanjutan)

PARAMETER	R-01	R-02	R-03
Dimensi Reaktor			
Diameter	3,658 m	3,658 m	3,658 m
Tinggi	8, 681 m	8, 681 m	8, 681 m
Tebal <i>Shell</i>	0,065 in	0,065 in	0,065 in
Head and Bottom			
Tipe	<i>Torespherical Flanged & Dished Head</i>	<i>Torespherical Flanged & Dished Head</i>	<i>Torespherical Flanged & Dished Head</i>
Tebal	0,438 in	0,438 in	0,438 in
Tinggi	2.626 m	2.626 m	2.626 m
Pengaduk			
Jenis	<i>Flat Six Blade Turbine with Disk</i>	<i>Flat Six Blade Turbine with Disk</i>	<i>Flat Six Blade Turbine with Disk</i>
Diameter	1,212 m	1,212 m	1,212 m
Lebar <i>Baffle</i>	0,303 m	0,303 m	0,303 m
Lebar Sudut	0,242 m	0,242 m	0,242 m
Elevasi Pengaduk	1,143 m	1,143 m	1,143 m
Daya Penggerak	4,479 hp	4,479 hp	4,479 hp
Jenis Pendingin : Koil (<i>Cooling Water</i>)			
Diameter	2,545 m	2,545 m	3,662 m
Tinggi	1,334 m	0,651 m	
Keliling	7,995 m	7,995 m	
Jumlah lingkaran	8	1	

3.3.2 Spesifikasi Alat Pemisah dan Unit Operasi Pendukung

1. *Crusher*

Tabel 3. 3 Spesifikasi Crusher

PARAMETER	CR-01
Fungsi	Mengecilkan ukuran batuan fosfat
Jenis/Tipe	<i>Thooted Roll Crusher</i>
Kondisi Operasi	
Suhu	30°C
Tekanan	1 atm
Dimensi <i>Crusher</i>	
Diameter <i>Roll</i>	24 in
<i>Face Roll</i>	24 in
<i>Roll Speed</i>	125 rpm
<i>Power</i>	15 hp
<i>Distance Between Rolls</i>	0,016 ft

2. *Ball Mill*

Tabel 3. 4 Spesifikasi Ball Mill

PARAMETER	BM-01
Fungsi	Menghaluskan batuan fosfat
Jenis/Tipe	<i>Mercy Ball Mill</i>
Kondisi Operasi	
Suhu	30°C
Tekanan	1 atm
Dimensi <i>Crusher</i>	
Diameter	3,66 m
Panjang	3,66 m
Kecepatan Putar	9,16 rpm
Ukuran Bola	4 in
Berat Bola	461,46 kg
<i>Ball Charge</i>	90,5 ton
<i>Power</i>	25 hp

3. *Vibrating Screen*

Tabel 3. 5 Spesifikasi Vibrating Screen

PARAMETER	VS-01
Fungsi	Mendapatkan ukuran partikel yang seragam
Jenis/Tipe	<i>High Speed Vibrating Screen</i>
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel</i>
Dimensi <i>Vibrating Screen</i>	
Kapasitas	74,159 ton/jam
Luas	605,383 ft ²

4. *Filter*

Tabel 3. 6 Spesifikasi Filter

PARAMETER	F-01
Fungsi	Memisahkan padatan dan filtrat
Jenis/Tipe	<i>Rotary Drum Vacuum Filter</i>
Bahan Konstruksi	<i>Stainless Steel SA 299 Grade 3 Type 304</i>
Kondisi Operasi	
Suhu	70°C
Tekanan	1 atm
Dimensi Filter	
Diameter	2,03 m
Panjang	4,05 m
Luas Permukaan	13,12 m ²
Kecepatan Putar	4,931 rpm
<i>Power</i>	75 hp

5. *Rotary Dryer*

Tabel 3. 7 Spesifikasi Rotary Dryer

PARAMETER	RD-01
Fungsi	Mengurangi kandungan cairan dalam produk gipsum
Jenis/Tipe	<i>Direct Contact Counter Current</i>
Bahan Konstruksi	<i>Stainless Steel SA 302 Grade B</i>
Kondisi Operasi	
Suhu Bahan Masuk	70°C
Suhu Udara Masuk	120°C
Suhu Bahan Keluar	70°C
Suhu Udara Keluar	79,24°C
Diameter	4,127 m
Panjang	11,008 m
<i>Power</i>	125 hp

6. *Separator*

Tabel 3. 8 Spesifikasi Separator

PARAMETER	SP-01
Fungsi	Memisahkan antara uap asam fosfat dan asam fosfat cair
Jenis/Tipe	Silinder Vertikal
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>
Kondisi Operasi	
Suhu	100,2°C
Spesifikasi	
Luas Penampang	95,033 m ²
Diameter	11 m
Tinggi	33 m

7. *Grinding*

Tabel 3. 9 Spesifikasi Grinding

PARAMETER	GR-01
Fungsi	Mengurangi ukuran partikel dari besar diubah menjadi kecil
Kondisi Operasi	
Suhu	30°C
Spesifikasi	
<i>Size</i>	5' x 3'
Kapasitas	77 ton/jam
<i>Power</i>	40 hp

8. *Kompresor*

Tabel 3. 10 Spesifikasi Kompresor

PARAMETER	K-01
Fungsi	Menekan udara dari 1 atm sampai 14,804 atm
Jenis/Tipe	Kompresor sentrifugal
Spesifikasi	
Kapasitas	181.179,35 Nm ³ /jam
Suhu Masuk	30°C
Suhu Keluar	65,7°C
Tekanan masuk	1 atm
Tekanan keluar	14,804 atm
<i>Power</i>	2.500 hp

3.3.3 Spesifikasi Alat Penyimpan Bahan

9. Gudang Penyimpanan

Tabel 3. 11 Spesifikasi Gudang Penyimpanan

PARAMETER	G-01
Fungsi	Menyimpan batuan fosfat untuk kebutuhan selama 7 hari
Jenis/Tipe	Bangunan Atap Tertutup
Kondisi Operasi	
Suhu	30°C
Tekanan	1 atm
Dimensi	
Lebar	30,920 m
Panjang	61,839 m
Tebal	3,6 m
Luas	222,621 m ²
Volume	6.883,359 m ³

10. Tangki

Tabel 3. 12 Spesifikasi Tangki

PARAMETER	T-01	T-02
Fungsi	Menyimpan H ₂ SO ₄ selama 15 hari	Menyimpan H ₃ PO ₄ selama 15 hari
Jenis/Tipe	Silinder Tegak dengan <i>Flat Bottom & Conical Head</i>	Silinder Tegak dengan <i>Flat Bottom & Conical Head</i>
Bahan Konstruksi	<i>Stainless Steel SA 240 Type</i> 316	<i>Stainless Steel SA 240 Type</i> 316
Kondisi Operasi		
Suhu	30°C	30°C
Tekanan	1 atm	1 atm

Tabel 3.11 Spesifikasi Tangki (Lanjutan)

PARAMETER	T-01	T-02
Dimensi Tangki		
Diameter	30,48 m	30,48 m
Tinggi	16,459 m	12,802 m
Tebal	0,78 in	0,6 in
Volume Bahan	9.223,778 m ³	7.719,97 m ³
Volume Tangki	11.068,53 m ³	9.263,964 m ³

11. Silo

Tabel 3. 13 Spesifikasi Silo

PARAMETER	SL-01
Fungsi	Menyimpan produk <i>gypsum</i> selama 1 bulan
Jenis/Tipe	Silinder Tegak dengan Tutup Datar dan Alas Berbentuk Kerucut
Bahan Konstruksi	<i>Stainless Steel SA 167 Type 316</i>
Kondisi Operasi	
Suhu	30°C
Tekanan	1 atm
Dimensi Silo	
Diameter	45,619 m
Tinggi	91,239 m
Volume Bahan	31.069,57 m ³
Volume Silo	37.283,49 m ²

12. Hopper

Tabel 3. 14 Spesifikasi Hopper

PARAMETER	H-01	H-02
Fungsi	Tempat penampungan batuan fosfat sementara sebelum menuju CR-01	Tempat penampungan batuan fosfat sementara setelah VS-01
Jenis/Tipe	Silinder vertikal dengan alas berbentuk kerucut	Silinder vertikal dengan alas berbentuk kerucut
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>	<i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>
Kondisi Operasi		
Suhu	30°C	30°C
Tekanan	1 atm	1 atm
Dimensi Tangki		
Diameter	1,347 m	1,347 m
Tinggi	2,693 m	2,693 m
Tebal	1/5 in	1/5 in
Volume	4,155 m ³	4,155 m ³

3.3.4 Spesifikasi Alat Transportasi

13. Belt Conveyor

Tabel 3. 15 Spesifikasi Belt Conveyor

PARAMETER	BC-01	BC-02	BC-03	BC-04
Fungsi	Mengangkut batuan $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ dari <i>hopper</i> menuju <i>crusher</i>	Mengangkut batuan $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ dari <i>crusher</i> menuju <i>ball mill</i>	Mengangkut batuan $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ dari <i>ball mill</i> menuju VS-01	Mengangkut <i>gypsum</i>
Jenis/Tipe	<i>Troughed Belt</i> dengan Sudut Kemiringan 45°C	<i>Troughed Belt</i> dengan Sudut Kemiringan 45°C	<i>Troughed Belt</i> dengan Sudut Kemiringan 45°C	<i>Troughed Belt</i> dengan Sudut Kemiringan 45°C
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>	<i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>	<i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>	<i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>
Kondisi Operasi				
Suhu	30°C	30°C	30°C	80°C
Tekanan	1 atm	1 atm	1 atm	1 atm
Dimensi				
Kapasitas	88 ton/jam	96 ton/jam	88 ton/jam	132 ton
Panjang	90 m	18 m	20 m	120 m
Lebar	16 in	14 in	16 in	16 in
Kecepatan	61 m/menit	20 m/menit	61 m/menit	61 m/menit
<i>Power</i>	30 hp	10 hp	10 hp	60 hp

14. Bucket Elevator

Tabel 3. 16 Spesifikasi Bucket Elevator

PARAMETER	BE-01
Fungsi	Mengangkut <i>gypsum</i> menuju S-01
Jenis/Tipe	<i>Centrifugal Discharge Bucket</i>
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>
Kondisi Operasi	
Suhu	80°C
Tekanan	1 atm
Dimensi Silo	
Kapasitas	150 ton/jam
Lebar	18 in
Tinggi	25 ft
Kecepatan	91,4 m/menit
<i>Power</i>	75 hp

15. Pompa

Tabel 3. 17 Spesifikasi Pompa

PARAMETER	P-01	P-02	P-03	P04	P-05
Fungsi	Mengalirkan asam sulfat dari tangki pembelian unit ke T-01	Mengalirkan asam sulfat dari T-01 menuju R-01	Mengalirkan <i>slurry</i> dari R-01 menuju R-02	Mengalirkan <i>slurry</i> R-01 menuju R-02	Mengalirkan <i>slurry</i> dari R-03 menuju F-01
Jenis/Tipe	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>
Bahan Konstruksi	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>
Dimensi					
IPS	4 in	4 in	22 in	22 in	24 in
OD	0,139 m	0,114 m	0,559 m	0,559 m	0,609 m
ID	0,168	0,081 m	0,539 m	0,539 m	0,575 m
Head Pompa	16,008 m	11,723 m	9,881 m	9,892 m	4,719 m
Efisiensi Motor	85%	83%	88%	88%	87%
Motor Standar	10 hp	3 hp	60 hp	60 hp	25 hp
<i>Spesific Speed</i>	0,163 rad	0,107 rad	0,653 rad	0,651	0,673 rad

Tabel 3. 18 Spesifikasi Pompa Lanjutan

PARAMETER	P-06	P-07	P-08	P09
Fungsi	Mengalirkan filtrat dari F-01 menuju EV-01	Mengalirkan cairan dari EV-01 menuju R-01	Mengalirkan produk dari SP-01 menuju T-02	Memompa produk dari T-02
Jenis/Tipe	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>
Bahan Konstruksi	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>
Dimensi				
IPS	24 in	10 in	6 in	5 in
OD	0,609 m	0,273 m	0,168 m	0,141 m
ID	0,575 m	0,255 m	0,154 m	0,128 m
Head Pompa	6,449 m	9,433 m	19,051 m	30,928 m
Efisiensi Motor	86%	85%	83%	80%
Motor Standar	40 hp	10 hp	5 hp	7 1/2 hp
<i>Spesific Speed</i>	0,230 rad	0,118 rad	0,1205 rad	0,138 rad

3.3.5 Spesifikasi Alat Penukar Panas

16. Evaporator

Tabel 3. 19 Spesifikasi Evaporator

PARAMETER	EV-01
Fungsi	Menguapkan asam fosfat
Jenis/Tipe	<i>Long Tube Vertical Evaporator</i>
Bahan Konstruksi	<i>Stainless Steel SA 299 Grade 3 Type 304</i>
Kondisi Operasi	
Suhu	212°C
Tekanan	1 atm
Dimensi Evaporator	
Ukuran pipa	1,25 in

Tabel 3. 20 Spesifikasi Evaporator (Lanjutan)

PARAMETER	EV-01
BWG	14
OD	0,032 m
ID	0,0274 m
L	12 ft
Diameter	1,969 m
Tinggi	5,909 m
Luas Penampang	32,792 ft ²

17. Condensor

Tabel 3. 21 Spesifikasi Condensor

PARAMETER	CD-01	
Fungsi	Mengembunkan uap H ₃ PO ₄ menjadi cair	
Jenis/Tipe	<i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>	
Kondisi Operasi		
	<i>Shell</i>	<i>Tube</i>
Suhu Masuk	212°C	50°C
Suhu Keluar	100,2°C	19,16°C
Tekanan	1 atm	
Beban Panas	2.168.977.679kJ/jam	
Mechanical Design		
	<i>Shell</i>	<i>Tube</i>
Panjang		12 ft
BWG		14ft
<i>Baffle</i>	3,048 m	
ID	3,048 m	0,019 m
OD		0,015 m
Nt		14.459
<i>Pressure Drop</i>	37,129 Pa	21.444,78 Pa
Uc	0.583 kJ/m ² sK	
Ud	2.552 kJ/m ² sK	
Rd	1.292 m ² sK/kj	

18. Heater

Tabel 3. 22 Spesifikasi Heater

PARAMETER	HE-01	
Fungsi	Memanaskan udara dari kompresor	
Jenis/Tipe	<i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>	
Kondisi Operasi		
	<i>Shell</i>	<i>Tube</i>
Suhu Masuk	199,85°C	65,71°C
Suhu Keluar	199,85°C	189,85°C
Tekanan	1,48 atm	
Beban Panas	29.898.880,99 kJ/jam	

Tabel 3. 23 Spesifikasi Heater (Lanjutan)

PARAMETER	HE-01	
<i>Mechanical Design</i>		
	<i>Shell</i>	<i>Tube</i>
Panjang		12ft
BWG		14 ft
<i>Baffle</i>	1,676 m	
ID	1,676 m	0,015 m
OD		0,019 m
Nt		4.292
<i>Pressure Drop</i>	2,408 Pa	1452,769 Pa
Uc	3,435 kJ/m ² sK	
Ud	0,239 kJ/m ² sK	
Rd	3,892 m ² sK/kJ	

19. Cooler

Tabel 3. 24 Spesifikasi Cooler

PARAMETER	CL-01		CL-02	
Fungsi	Memanaskan udara dari kompressor		Mendinginkan cairan hasil bawah SP-01	
Jenis/Tipe	<i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>		<i>Shell and Tube Exchanger</i>	
Kondisi Operasi				
	<i>Shell</i>	<i>Tube</i>	<i>Shell</i>	<i>Tube</i>
Suhu Masuk	199,85°C	65,71°C	100,17°C	30°C
Suhu Keluar	199,85°C	189,85°C	50°C	40°C
Tekanan	1,48 atm		1 atm	
Beban Panas	29.898.880,99 kJ/jam		2.742.120,71 kJ/jam	
<i>Mechanical Design</i>				
	<i>Shell</i>	<i>Tube</i>	<i>Shell</i>	<i>Tube</i>
Panjang		12ft		12 ft
BWG		14 ft		14 ft
<i>Baffle</i>	1,676 m		0,356 m	
ID	1,676 m	0,015 m	0,356 m	0,015 m
OD		0,019 m		0,019 m
Nt		4.292		109
<i>Pressure Drop</i>	2,408 Pa	1452,769 Pa	370,735 Pa	3.111,063 Pa
Uc	3,435 kJ/m ² sK		3,499 m ² sK/kJ	
Ud	0,239 kJ/m ² sK		0,875 m ² sK/kJ	
Rd	3,892 m ² sK/kJ		0,857 m ² sK/kJ	

3.3.6 Neraca Massa

3.3.7 Neraca Massa Reaktor 1

Tabel 3. 25 Neraca Massa Reaktor 1

KOMPONEN	MASSA INPUT (kg/jam)				MASSA OUTPUT (kg/jam)
	Arus 3	Arus 4	Arus 5	Arus 6	Arus 7
Ca ₃ (PO ₄) ₂	66.521,089				36.307,482
CaO	519,117				519,117
MgO	1.260,712				1.260,712
Fe ₂ O ₃	444,957				444,957
Al ₂ O ₃	964,074				964,074
SiO ₂	3.707,976				3.707,976
H ₂ SO ₄		232.564,256			203.910,060
H ₂ O		4.746,209	897.330,197		891.550,375
CaSO ₄ . 2H ₂ O					50.291,038
H ₃ PO ₄				1.893,823	20.996,621
Total	1.210.694,006				1.210.694,006

3.3.8 Neraca Massa Reaktor 2

Tabel 3. 26 Neraca Massa Reaktor 2

KOMPONEN	MASSA INPUT (kg/jam)	MASSA OUTPUT (kg/jam)
	Arus 7	Arus 8
Ca ₃ (PO ₄) ₂	36.307,482	19.816,765
CaO	519,117	1.260,712
MgO	1.260,712	1.260,712
Fe ₂ O ₃	444,957	444,957
Al ₂ O ₃	964,074	964,074
SiO ₂	3.707,976	3.707,976
H ₂ SO ₄	203.910,060	188.270,477
H ₂ O	891.550,375	885.805,222
CaSO ₄ . 2H ₂ O	50.291,038	77.740,101
H ₃ PO ₄	20.996,621	31.423,009
Total	1.210.694,006	1.210.694,006

3.3.9 Neraca Massa Reaktor 3

Tabel 3. 27 Neraca Massa Reaktor 3

KOMPONEN	MASSA INPUT (kg/jam)	MASSA OUTPUT (kg/jam)
	Arus 8	Arus 9
Ca ₃ (PO ₄) ₂	19.816,765	18.992,229
CaO	1.260,712	1.260,712
MgO	1.260,712	1.260,712
Fe ₂ O ₃	444,957	444,957
Al ₂ O ₃	964,074	964,074
SiO ₂	3.707,976	3.707,976
H ₂ SO ₄	188.270,477	187.488,498
H ₂ O	885.805,222	885.517,965
CaSO ₄ . 2H ₂ O	77.740,101	79.112,554
H ₃ PO ₄	31.423,009	31.944,328
Total	1.210.694,006	1.210.694,006

3.3.10 Neraca Massa Filter

Tabel 3. 28 Neraca Massa Filter

KOMPONEN	MASSA INPUT (kg/jam)	MASSA OUTPUT (kg/jam)	
	Arus 9	Arus 10	Arus 11
Ca ₃ (PO ₄) ₂	18.992,229	18.992,229	
CaO	1.260,712	1.260,712	
MgO	1.260,712	1.260,712	
Fe ₂ O ₃	444,957	444,957	
Al ₂ O ₃	964,074	964,074	
SiO ₂	3.707,976	3.707,976	
H ₂ SO ₄	187.488,498		187.488,498

Tabel 3. 29 Neraca Massa Filter (Lanjutan)

KOMPONEN	MASSA INPUT (kg/jam)	MASSA OUTPUT (kg/jam)	
	Arus 9	Arus 10	Arus 11
H ₂ O	885.517,965	5.287,161	881.288,236
CaSO ₄ . 2H ₂ O	79.112,554	79.112,554	
H ₃ PO ₄	31.944,328		31.944,328
Total	1.211.751,438	1.211.751,438	

3.3.11 Neraca Massa Rotary Dryer

Tabel 3. 30 Neraca Massa Rotary Dryer

KOMPONEN	MASSA INPUT (kg/jam)	MASSA OUTPUT (kg/jam)	
	Arus 10	Arus 12	Arus 13
Ca ₃ (PO ₄) ₂	18.992,229		18.992,229
CaO	1.260,712		1.260,712
MgO	1.260,712		1.260,712
Fe ₂ O ₃	444,957		444,957
Al ₂ O ₃	964,074		964,074
SiO ₂	3.707,976		3.707,976
H ₂ SO ₄			
H ₂ O	5.287,161	5.022,803	264,358
CaSO ₄ . 2H ₂ O	79.112,554		79.112,554
H ₃ PO ₄			
Total	111.030,375	111.030,375	

3.3.12 Neraca Massa Evaporator

Tabel 3. 31 Neraca Massa Evaporator

KOMPONEN	MASSA INPUT (kg/jam)	MASSA OUTPUT (kg/jam)	
	Arus 11	Arus 14	Arus 15
Ca ₃ (PO ₄) ₂			
CaO			
MgO			
Fe ₂ O ₃			
Al ₂ O ₃			
SiO ₂			
H ₂ SO ₄	187.488,498		187.488,498
H ₂ O	881.288,236	877.461,940	3.826,296
CaSO ₄ . 2H ₂ O			
H ₃ PO ₄	31.944,328	30.050,505	1.893,823
Total	1.100.721,063	1.100.721,063	

3.3.13 Neraca Massa Separator

Tabel 3. 32 Neraca Massa Separator

KOMPONEN	MASSA INPUT (kg/jam)	MASSA OUTPUT (kg/jam)	
	Arus 17	Arus 18	Arus 19
Ca ₃ (PO ₄) ₂			
CaO			
MgO			
Fe ₂ O ₃			
Al ₂ O ₃			
SiO ₂			
H ₂ SO ₄			
H ₂ O	877.461,940	872.158,909	5.303,030
CaSO ₄ . 2H ₂ O			
H ₃ PO ₄	30.050,505		30.050,505
Total	907.512,445	907.512,445	

3.3.14 Neraca Massa Total

Tabel 3. 33 Neraca Massa Total

Arus masuk	kg/jam	Arus keluar	kg/jam
Arus 1	74159,52	Arus 13	35353,54
Arus 2	897330,20	Arus 14	867417,05
Arus 3	232568,61	Arus 16	106007,57
Arus 15	30291,41	Arus 17	244976,32
Total	1234349,74	Total	1253754,48

3.3.15 Neraca Panas

3.3.16 Neraca Panas Ball Mill

Tabel 3. 34 Neraca Panas Ball Mill

INPUT (kJ/jam)		OUTPUT (kJ/jam)	
Qin	2.838.447,3	Qout	2.838.447,344
Total	2.838.447,3		2.838.447,344

3.3.17 Neraca Panas Reaktor 1

Tabel 3. 35 Neraca Panas Reaktor 1

INPUT (kJ/jam)		OUTPUT (kJ/jam)	
Qin	184.779.236,5	Qout	182.289.119,2
		QPendingin	2.490.117,31
Total	184.779.236,5		184.779.236,5

3.3.18 Neraca Panas Reaktor 2

Tabel 3. 36 Neraca Panas Reaktor 2

INPUT (kJ/jam)		OUTPUT (kJ/jam)	
Qin	182.289.119,2	Qout	180.930.002,5
		QPendingin	1.359.116,685
Total	182.289.119,2		182.289.119,2

3.3.19 Neraca Panas Reaktor 3

Tabel 3. 37 Neraca Panas Reaktor 3

INPUT (kJ/jam)		OUTPUT (kJ/jam)	
Qin	180.930.002,5	Qout	180.862.046,7
		QPendingin	67.955,809
Total	180.930.002,5		180.930.002,5

3.3.20 Neraca Panas Filter

Tabel 3. 38 Neraca Panas Filter

INPUT (kJ/jam)		OUTPUT (kJ/jam)	
Qin	3.707.138,69	Qout	3.707.138,69
Total	3.707.138,69		3.707.138,69

3.3.21 Neraca Panas Rotary Dryer

Tabel 3. 39 Neraca Panas Rotary Dryer

INPUT (kJ/jam)		OUTPUT (kJ/jam)	
$\Delta H1$	2.343.301,91	$\Delta H2$	1.154.232,034
Qs	1.241.769	$\Delta H3$	2.430.838,876
Total	3.585.070,91		3.585.070,91

3.3.22 Neraca Panas Evaporator

Tabel 3. 40 Neraca Panas Evaporator

INPUT (kJ/jam)		OUTPUT (kJ/jam)	
$\Delta H1$	178.717.604,5	$\Delta H2$	2.318.772.141
Q_s	2.419.110.508	$\Delta H3$	279.055.970,9
Total	2.597.828.112		2.597.828.112

3.3.23 Neraca Panas Condensor

Tabel 3. 41 Neraca Panas Condensor

INPUT (kJ/jam)		OUTPUT (kJ/jam)	
Q_{in}	191.259.860,4	Q_{out}	1.977.717.819
$Q_{pendingin}$	1.786.457.959		
Total	1.977.717.819		1.977.717.819

3.3.24 Neraca Panas Heater

Tabel 3. 42 Neraca Panas Heater

INPUT (kJ/jam)		OUTPUT (kJ/jam)	
Q_{in}	76.030.993,55	Q_{out}	107.677.731,2
Q_{steam}	31.646.737,67		
Total	107.677.731,2		107.677.731,2

3.3.25 Neraca Panas Cooler-01

Tabel 3. 43 Neraca Panas Cooler

INPUT (kJ/jam)		OUTPUT (kJ/jam)	
$Q1$	5.078.032,26	$Q3$	115.895.679,1
$Q2$	110.817.646,8		
Total	115.895.679,1		115.895.679,1

3.3.26 Neraca Panas Cooler-02

Tabel 3. 44 Neraca Panas Cooler-02

INPUT (kJ/jam)		OUTPUT (kJ/jam)	
Q_{in}	4.393.894,2	Q_{out}	17.678.189
$Q_{pendingin}$	13.284.295		
Total	17.678.189		17.678.189

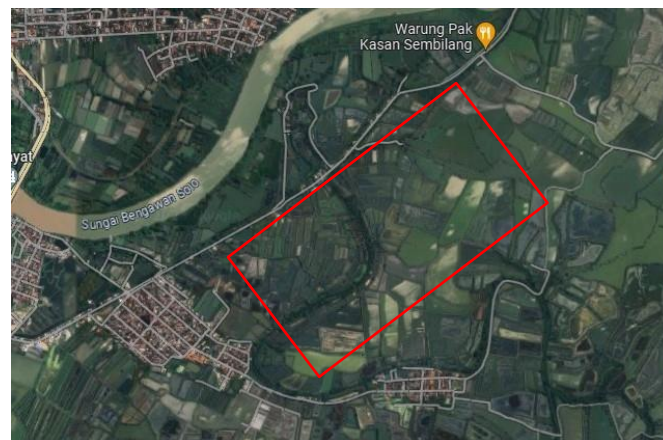
BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1 Lokasi Pabrik

Salah satu kegiatan awal yang harus ditentukan sebelum suatu perusahaan mulai beroperasi adalah menentukan lokasi. Penentuan dan pemilihan lokasi pendirian pabrik merupakan faktor yang penting untuk dipertimbangkan. Hal ini menjadi penting karena menyangkut keberlangsungan pabrik baik yang akan menentukan efisiensi dan efektivitas keberhasilan suatu pabrik secara ekonomi maupun operasional mulai dari produksi hingga distribusi dan pemasaran. Beberapa aspek yang menjadi pertimbangan dalam pemilihan lokasi pendirian pabrik diantaranya ketersediaan bahan baku, pemasaran, transportasi, lingkungan sekitar, sarana pendukung dan lain-lain.

Pabrik asam fosfat dengan kapasitas 280.000 ton/tahun direncanakan akan didirikan di Kabupaten Gresik, Jawa Timur. Lokasi pendiri pabrik dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 4. 1 Rencana Lokasi Pendirian Pabrik

Pemilihan lokasi ini berdasarkan beberapa pertimbangan sebagai berikut.

4.1.1 Faktor Primer

Faktor primer menjadi salah satu faktor yang secara langsung mempengaruhi tujuan utama dari usaha pabrik, meliputi proses produksi dan distribusi, berikut beberapa faktor primer yang mempengaruhi dalam pemilihan lokasi pabrik :

a. Ketersediaan Bahan Baku

Pemilihan lokasi pabrik yang dekat dengan sumber bahan baku dapat meminimalisir biaya transportasi bahan baku menuju pabrik. Oleh karena itu, pabrik asam fosfat yang direncanakan akan didirikan di Kabupaten Gresik yang dekat dengan sumber bahan baku batuan fosfat yang diperoleh dari PT. Petrokimia Gresik dan asam sulfat dari perusahaan PT. Petrokimia Gresik serta air yang diperoleh dari air sungai yang lokasinya tidak jauh dari pabrik.

b. Pemasaran

Pemasaran merupakan salah satu hal yang dapat mempengaruhi studi kelayakan proses. Lokasi pabrik diharapkan dekat dengan industri-industri lain yang membutuhkan asam fosfat sebagai bahan baku utama maupun pendukung. Gresik merupakan lokasi yang relatif strategis dalam pemasaran produk karena lokasinya yang tidak begitu jauh dengan kawasan industri besar di Pulau Jawa seperti kawasan industri di Cilegon, Banten dan Cikampek, yang banyak membutuhkan asam fosfat sebagai bahan baku. Asam Fosfat yang dihasilkan adalah produk intermediet untuk produksi pupuk fosfat, sehingga produk ini dapat dipasarkan untuk industri pupuk fosfat. Adapun pabrik - pabrik pupuk dalam negeri seperti PT Petrokimia Gresik, PT Pupuk Kalimantan Timur, dan PT Pupuk Sriwijaya Palembang.

c. Utilitas

Utilitas merupakan sarana yang sangat penting keberadaannya

dalam menunjang kelancaran proses produksi. Utilitas yang diperlukan adalah unit pembangkit listrik, unit penyediaan bahan bakar, unit pembangkit *steam*, unit pengadaan dan pengolahan air. Kebutuhan listrik diperoleh dari PLN, namun untuk menjamin kelangsungan operasi pabrik maka pabrik menggunakan generator pembangkit listrik sendiri yang bahan bakar generatornya diperoleh dari Pertamina. Bahan bakar generator yaitu solar.

d. Transportasi

Salah satu faktor penting dalam pemilihan lokasi pendirian pabrik adalah sarana transportasi yang memadai karena sangat diperlukan untuk penyediaan bahan baku, pengangkutan maupun pemasaran produk. Dari segi sarana transportasi Gresik relatif strategis karena dilengkapi dengan sarana transportasi darat yang memadai yang menghubungkan berbagai kota besar di Pulau Jawa seperti Surakarta, Semarang dan Surabaya. Selain itu Gresik juga dekat dengan dua pelabuhan yaitu Pelabuhan Gresik yang berada di Kab. Gresik dan Pelabuhan Tanjung Perak di Surabaya sehingga memudahkan pendistribusian bahan baku maupun produk.

e. Tenaga Kerja

Pendirian pabrik di suatu daerah tentu saja akan membuka lapangan pekerjaan yang luas bagi lingkungan sekitar. Akan tetapi, kebutuhan akan tenaga kerja yang terampil dan berkualitas menjadi satu hal yang penting bagi kegiatan produksi agar dapat berjalan dengan baik. Pulau Jawa menjadi lokasi keberadaan kampus - kampus yang berkualitas, sehingga menciptakan lulusan - lulusan terbaik dari kampus - kampus tersebut dapat direkrut untuk menjadi karyawan. Tenaga kerja yang dibutuhkan di pabrik ini adalah tenaga kerja yang berpendidikan kejuruan atau menengah serta tenaga kerja yang berpendidikan sarjana sesuai dengan kebutuhan pabrik.

4.1.2 Faktor Sekunder

Dalam faktor sekunder secara tidak langsung berperan dalam proses

operasional pabrik, namun berpengaruh dalam kelancaran proses operasional dari pabrik itu sendiri. Adapun faktor - faktor sekunder dalam pemilihan lokasi pabrik :

1. Kebijakan Pemerintah

Pemerintah telah menetapkan daerah Gresik sebagai kawasan industri yang terbuka bagi investor. Hal ini dilakukan sesuai dengan kebijakan pengembangan industri. Kemudian, dari sikap masyarakat diperkirakan mendukung pendirian pabrik pembuatan asam fosfat karena akan menjamin tersedianya lapangan kerja bagi mereka. Selain itu, diperkirakan tidak akan mengganggu keselamatan dan keamanan masyarakat di sekitarnya.

2. Lingkungan Masyarakat Sekitar

Pada masyarakat sekitar Gresik cukup terbuka dengan perkembangan Kab. Gresik sebagai kota industri. Hal ini dikarenakan pendirian sebuah industri akan membuka lapangan pekerjaan yang luas bagi masyarakat dan meningkatkan perekonomian masyarakat secara keseluruhan.

3. Sarana dan Prasarana Sosial

Sarana dan prasarana harus tersedia seperti jalan, transportasi, tempat ibadah, sarana pendidikan, rumah sakit, bank, hiburan, perumahan, serta adanya penyediaan bengkel industri sehingga dapat meningkatkan kesejahteraan dan taraf hidup.

4.2 Tata Letak Pabrik (*Plant Layout*)

Tata letak pabrik atau *plant layout* merupakan tempat kedudukan dari bagian-bagian pabrik yang meliputi tempat bekerjanya karyawan, tempat peralatan, tempat penyimpanan bahan baku dan produk, dan sarana lain seperti utilitas, taman dan tempat parkir. Tujuan utama dari tata letak pabrik ini adalah untuk meminimalisir biaya dan meningkatkan efisiensi dalam pengaturan segala fasilitas produksi dan area kerja sehingga proses produksi dapat berjalan lancar, efektif, dan efisien. Desain tata letak pabrik harus seefisien mungkin baik dari segi fungsi maupun ekonomi agar

dapat memperkirakan biaya secara akurat sebelum mendirikan pabrik serta pabrik dapat berjalan maksimal. Berikut faktor-faktor yang perlu diperhatikan :

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

4.2.1 Perkantoran

Daerah perkantoran merupakan pusat kegiatan administrasi dan keuangan pabrik, serta untuk urusan dengan pihak luar maupun pihak dalam pabrik itu sendiri. Daerah ini biasanya berada di bagian depan area pabrik.

4.2.2 Produksi

Daerah produksi adalah tempat berlangsungnya kegiatan operasional produksi. Daerah ini meliputi tempat penyimpanan bahan baku dan produk, penempatan alat-alat proses dan ruang pengendalian (*control room*). Daerah ini berada di tempat yang terpisah dengan daerah lainnya berfungsi untuk keamanan.

4.2.3 Instalasi dan Utilitas

Daerah instalasi dan utilitas merupakan tempat yang menyediakan kebutuhan-kebutuhan penunjang proses, seperti kebutuhan air, *steam* pemanas, air pendingin, listrik dan bahan bakar.

4.2.4 Fasilitas Umum

Daerah ini merupakan pusat fasilitas umum yang dapat digunakan oleh karyawan meliputi *mess*/tempat tinggal karyawan, poliklinik, tempat ibadah, kantin, taman dan sebagainya.

4.2.5 Keamanan

Keamanan adalah tempat untuk menyimpan alat-alat keamanan dalam rangka mengantisipasi dan meminimalisir dampak yang ditimbulkan apabila terjadi ledakan, asap, kebakaran, kebocoran gas beracun dan hal lainnya. Oleh karena itu, perlu disediakan alat pemadam kebakaran di beberapa titik yang berbahaya yang dapat memicu kebakaran.

4.2.6 Pengolahan Limbah

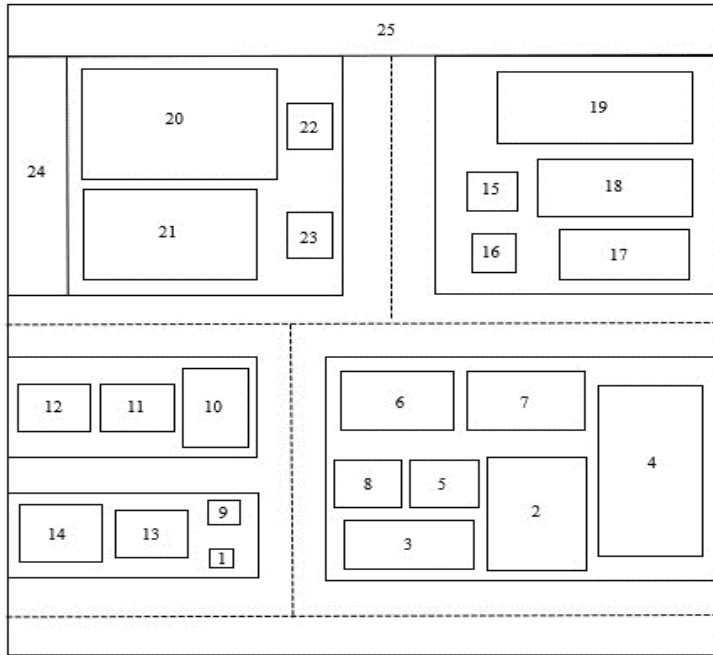
Pendirian suatu pabrik juga harus memperhatikan aspek kelestarian lingkungan. Untuk itu perlu adanya daerah khusus yang digunakan sebagai tempat pengolahan limbah agar tidak merusak lingkungan sekitar. Limbah produksi akan mengalami pengolahan dan pengujian lebih lanjut untuk memastikan batas komponen berbahaya yang terkandung sehingga aman jika dibuang ke lingkungan.

4.2.7 Perluasan

Dalam rangka mengantisipasi kemungkinan adanya peningkatan kapasitas produksi yang disebabkan oleh permintaan produk yang meningkat, perlu dipertimbangkan untuk menyediakan lahan kosong sebagai daerah perluasan pabrik apabila dibutuhkan di masa mendatang.

Tabel 4. 1 Perincian Luas Tanah dan Bangunan

No.	Lokasi	Luas (m ²)
1.	Pos Keamanan	38
2.	Kantor Utama	1.500
3.	Parkir Utama	560
4.	Perumahan/Mess Karyawan	2.100
5.	Kantin	150
6.	Masjid	500
7.	Poliklinik	500
8.	Taman 1	150
9.	Taman 2	40
10.	Parkir Truk	700
11.	Ruang Timbang Truk	400
12.	Laboratorium	400
13.	Gedung Serbaguna	350
14.	Fasilitas Olahraga	450
15.	Kantor Teknik Dan Produksi	250
16.	Unit Pemadam Kebakaran	230
17.	Bengkel	650
18.	Gudang Alat	800
19.	Unit Pengolahan Limbah	900
20.	Area Proses	3.500
21.	Area Utilitas	2.500
22.	Ruang Kendali Proses	150
23.	Ruang Kendali Utilitas	150
24.	Area Perluasan 1	2.000
25.	Area Perluasan 2	3.000
26.	Jalan	3.000
Luas tanah		15.878
Luas bangunan		24.968



Keterangan :

- | | |
|------------------------|--------------------------------|
| 1. Pos Keamanan | 14. Fasilitas Olahraga |
| 2. Kantor Utama | 15. Unit Pemadam Kebakaran |
| 3. Parkir Utama | 16. Kantor Teknik dan Produksi |
| 4. Perumahan/mess | 17. Bengkel |
| 5. Kantin | 18. Gudang Alat |
| 6. Masjid | 19. Unit Pengolahan Limbah |
| 7. Poliklinik | 20. Area Proses |
| 8. Taman 1 | 21. Area Utilitas |
| 9. Taman 2 | 22. Ruang Kendali Proses |
| 10. Parkir Truk | 23. Ruang Kendali Utilitas |
| 11. Ruang Timbang Truk | 24. Area Perluasan 1 |
| 12. Laboratorium | 25. Area Perluasan 2 |
| 13. Gedung Serbaguna | 26. Jalan |

Skala 1 : 2000

Tabel 4. 2 Tata Letak Pabrik dan Alat Proses

4.3 Tata Letak Alat Proses (*Marchines Layout*)

Tata letak alat proses merupakan pengaturan yang optimum terhadap alat- alat proses pabrik. Konstruksi yang ekonomis dan operasi yang efisien dari suatu unit proses akan tergantung kepada bagaimana peralatan proses itu disusun. Perancangan tata letak alat proses yang optimum dapat menguntungkan secara ekonomi karena dapat meminimalisir biaya konstruksi dan kegiatan operasional produksi dapat berjalan secara efisien. Beberapa hal yang menjadi pertimbangan dalam mengatur tata letak alat proses sebagai berikut.

4.3.1 Aliran Bahan Baku dan Produk

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

4.3.2 Aliran Udara

Aliran udara didalam dan sekitar area proses perlu diperhatikan kelancarannya. Hal ini bertujuan untuk menghindari terjadinya stagnasi udara pada suatu tempat berupa penumpukan atau akumulasi bahan kimia berbahaya yang dapat membahayakan keselamatan pekerja, selain itu perlu memperhatikan arah hembusan angin agar dapat menjaga keselamatan paratenaga kerja yang bekerja di ketinggian dan agar gas buangan pabrik tidak mengarah ke area perumahan warga.

4.3.3 Pencahayaan

Penerangan pada seluruh pabrik harus memadai dan sesuai standar pabrik, terpenting pada tempat-tempat proses yang berbahaya atau berisiko tinggi perlu dijaga agar tidak terjadi ledakan atau percikan pada penerangan di tempat-tempat proses tersebut berlangsung hal ini bertujuan untuk mengurangi kemungkinan terjadinya kecelakaan dalam pabrik.

4.3.4 Lalu Lintas Manusia dan Kendaraan

Lalu lintas dalam segi manusia dan kendaraan di area proses harus menjadi perhatian termasuk jarak antar alat, lebar jalan dan kemudahan akses bagi karyawan untuk mencapai alat-alat proses. Hal ini dilakukan agar apabila terjadi gangguan pada alat, karyawan dapat dengan cepat untuk memperbaiki sehingga dapat meminimalisir potensi bahaya yang dapat ditimbulkan. Selain itu, jika terjadi ledakan atau kebakaran pada alat, kendaraan dan alat pemadam kebakaran dapat dengan mudah menjangkau alat tersebut.

4.3.5 Pertimbangan Ekonomi

Penyusunan tata letak alat proses yang tepat dan optimum diharapkan dapat meminimalisir biaya operasi sehingga dapat menguntungkan secara ekonomi, namun tetap harus mengedepankan aspek keamanan dan keselamatan.

4.3.6 Jarak Antar Alat Proses

Dalam mengatur tata letak alat proses, jarak antar alat proses harus diperhitungkan secara cermat, terutama pada alat-alat yang beroperasi pada suhu dan tekanan yang tinggi. Jarak antar alat proses yang mempunyai suhu dan tekanan operasi yang tinggi sebaiknya dipisahkan dari alat proses lainnya, maka dari itu apabila terjadi ledakan atau kebakaran pada alat tersebut tidak akan membahayakan alat proses lainnya.

4.4 Organisasi Perusahaan

4.4.1 Bentuk Perusahaan

Bentuk perusahaan yang direncanakan untuk pabrik asam fosfat ini adalah Perseroan Terbatas (PT). Perseroan terbatas merupakan bentuk perusahaan yang modal awalnya diperoleh dari penjualan saham, dimana tiap pemegang saham turut mengambil bagian sebanyak satu saham atau lebih. Saham adalah surat berharga yang dikeluarkan oleh perusahaan atau PT tersebut dan orang yang memiliki saham berarti telah menyetorkan modal ke perusahaan, yang berarti pula ikut memiliki perusahaan. Beberapa hal yang menjadi pertimbangan dalam pemilihan bentuk perusahaan ini adalah sebagai berikut.

4. Mudah Mendapatkan Modal

Dalam perseroan terbatas, modal diperoleh melalui penjualan saham di pasar modal. Modal terbagi dalam saham-saham, sehingga hal ini menjadi mungkin apabila ada orang yang ingin ikut serta menanamkan modal dalam jumlah kecil namun tidak menghalangi

pemasukan modal dalam jumlah besar. Sehingga akan memudahkan pergerakan di pasar modal dan pengumpulan modal dengan penjualan saham menjadi efektif.

5. Wewenang dan Tanggungjawab Pemegang Saham Terbatas

Dalam perseroan terbatas, pemegang saham hanya bertanggung jawabmenyetor penuh jumlah modal yang disebutkan dalam tiap-tiap saham tanpa ikut andil dalam mengelola perusahaan. Hal ini membuat kelancaran produksi relatif lebih stabil karena pengelolaan perusahaan hanya dipegangoleh pimpinan perusahaan.

6. Pemilik dan Pengurus Perusahaan Terpisah Satu Sama Lain

Pemilik perusahaan merupakan para pemegang saham, sementara pengurus perusahaan adalah direksi beserta jajarannya yang diawasi oleh Dewan Komisaris.

7. Kelangsungan Hidup Perusahaan Lebih Terjamin

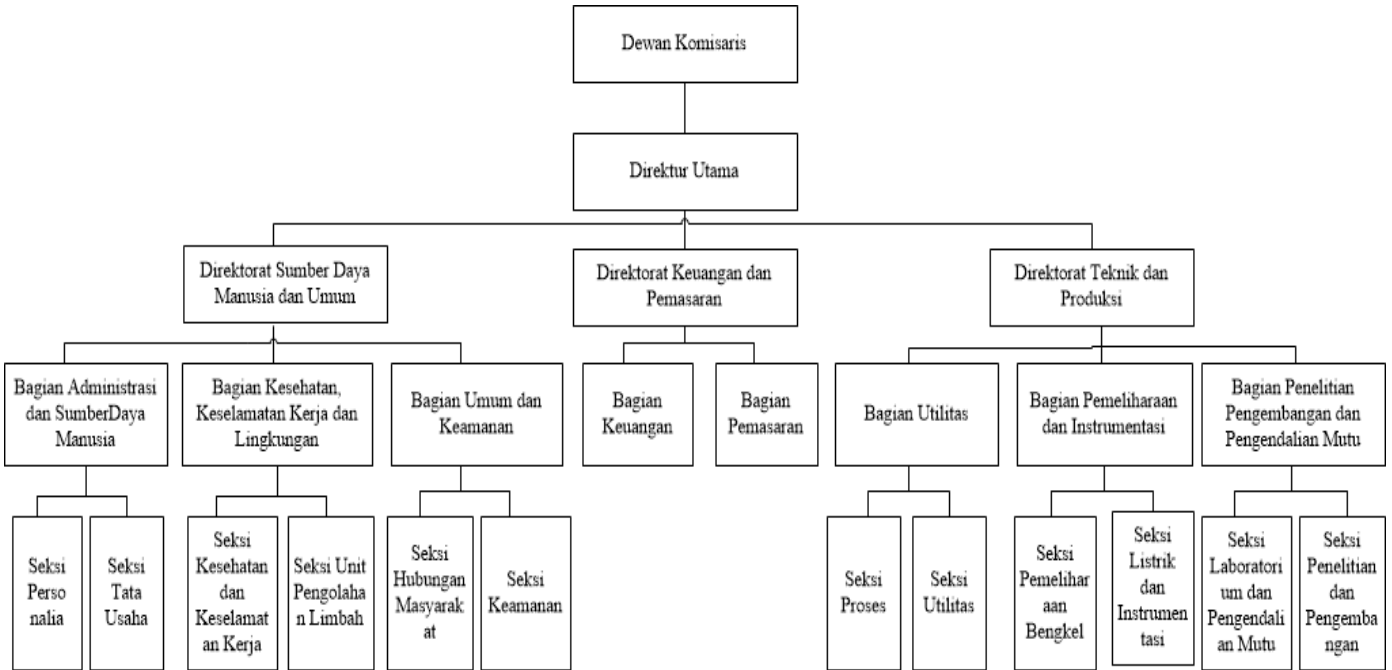
Jika terjadi pergantian pemegang saham dari jabatannya, tidak akan berpengaruh terhadap direksi, staf, maupun karyawan yang bekerja di dalamnya. Hal ini dikarenakan para pemilik saham tidak ikut andil secara langsung dalam mengelola perusahaan.

4.4.2 Struktur Organisasi

Struktur organisasi merupakan salah satu unsur yang sangat diperlukan dalam suatu perusahaan. Dalam rangka menjalankan suatu proses pabrik dengan baik dalam hal ini di suatu perusahaan, diperlukan suatu manajemen atau organisasi yang memiliki pembagian tugas dan wewenang yang baik agar dapat memahami posisi masing-masing. Berikut merupakan jenjang kepemimpinan dalam perusahaan, yaitu:

- a. Dewan Komisaris
- b. Direktur Operasi dan Produksi
- c. Direktur Administrasi dan Umum
- d. Kepala Bagian
- e. Kepala Seksi

f. Karyawan dan Operator



Tabel 4. 3 Struktur Organisasi

4.4.3 Tugas dan Wewenang

a. Pemegang Saham

Pemegang saham merupakan orang yang memberikan modal untuk perusahaan dengan cara membeli saham perusahaan. Sehingga, para pemilik saham juga merupakan pemilik perusahaan. Tugas dan wewenang pemegang saham adalah sebagai berikut:

- 1) Mengangkat dan memberhentikan Dewan Komisaris dan Direktur.
- 2) Mengesahkan hasil-hasil usaha dan neraca perhitungan untung rugi tahunan perusahaan.
- 3) Mengadakan Rapat Umum Pemegang Saham minimal satu kali dalam setahun.

b. Dewan Komisaris

Dewan komisaris merupakan pelaksana tugas sehari-hari dari pemegang saham dan bertanggung jawab penuh kepada pemegang saham. Tugas dan wewenang Dewan Komisaris adalah sebagai berikut.

- 1) Menilai dan menyetujui rencana direksi tentang kebijakan umum, target perusahaan, alokasi sumber dana dan pengarahan pemasaran.
- 2) Mengawasi tugas-tugas direksi.
- 3) Membantu direksi dalam tugas-tugas penting.

c. Direktur Utama

Direktur utama merupakan pimpinan tertinggi dalam perusahaan yang bertanggung jawab penuh terhadap jalannya perusahaan kepada Dewan Komisaris. Tugas dan wewenang Direktur Utama adalah sebagai berikut.

- 1) Mengatur dan melaksanakan kebijakan perusahaan.
- 2) Bertanggung jawab kepada Dewan Komisaris dan pemegang saham atas pekerjaannya pada akhir jabatannya.
- 3) Menjaga kestabilan organisasi perusahaan dan kontinuitas hubungan baik antara pemilik saham, pimpinan, konsumen serta karyawan.
- 4) Mengangkat dan memberhentikan kepala bagian atas persetujuan para pemegang saham.
- 5) Mengkoordinir kerjasama antara direktorat, bagian dan seksi di bawahnya.

Direktur Utama membawahi beberapa direktorat, antara lain:

1. Direktorat Sumber Daya Manusia dan Umum

Direktorat Sumber Daya Manusia dan Umum memiliki tugas dan wewenang dalam hal yang berhubungan dengan administrasi, personalia, humas, keamanan, dan keselamatan kerja. Direktorat

Sumber Daya Manusia dan Umum membawahi beberapa bagian, antara lain Bagian Kesehatan, Keselamatan Kerja dan Lingkungan, Bagian Administrasi dan Sumber Daya Manusia, serta Bagian Umum dan Keamanan.

2. Direktorat Keuangan dan Pemasaran

Direktorat Keuangan dan Pemasaran memiliki tugas dan wewenang dalam menyusun dan mengalokasikan anggaran dan pendapatan perusahaan serta melaksanakan kebijakan pemasaran. Direktorat Keuangan dan Pemasaran membawahi beberapa bagian, antara lain Bagian Keuangan dan Bagian Pemasaran.

3. Direktorat Teknik dan Produksi

Direktorat Teknik dan Produksi memiliki tugas dan wewenang dalam merumuskan kebijakan teknik operasi serta mengawasi kesinambungan operasional pabrik. Direktorat Teknik dan Produksi membawahi beberapa bagian, antara lain Bagian Proses dan Utilitas, Bagian Pemeliharaan, Listrik dan Instrumentasi, serta Bagian Penelitian, Pengembangan dan Pengendalian Mutu.

d. Bagian

Setiap bagian memiliki tugas dan wewenang dalam mengatur, mengkoordinir dan mengawal pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan garis wewenang yang diberikan oleh pimpinan perusahaan dan bertanggung jawab kepada direktorat yang menaunginya. Bagian-bagian tersebut terdiri dari:

a. Bagian Administrasi dan Sumber Daya Manusia

Bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan dengan administrasi, kesekretariatan dan pengembangan sumber daya manusia.

b. Bagian Kesehatan, Keselamatan Kerja dan Lingkungan.

Bertanggung jawab terhadap kesehatan dan keselamatan kerja

karyawan serta pelestarian lingkungan.

c. Bagian Umum dan Keamanan

Bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan masyarakat umum serta menjaga keamanan perusahaan.

d. Bagian Keuangan

Bertanggung jawab terhadap kegiatan pengelolaan keuangan, pengadaan barang, serta pembukuan keuangan.

e. Bagian Pemasaran

Bertanggung jawab terhadap kegiatan distribusi dan pemasaran produk.

f. Bagian Proses dan Utilitas

Bertanggung jawab terhadap kegiatan pabrik dalam bidang proses, penyediaan bahan baku dan utilitas.

g. Bagian Pemeliharaan, Listrik, dan Instrumentasi

Bertanggung jawab terhadap kegiatan pemeliharaan, perawatan dan penyediaan fasilitas penunjang kegiatan produksi.

h. Bagian Penelitian, Pengembangan dan Pengendalian Mutu

Bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan dengan penelitian, pengembangan perusahaan, dan pengawasan mutu.

e. Seksi

Setiap seksi memiliki tugas dan wewenang dalam melaksanakan pekerjaan dalam lingkungan seksinya sesuai dengan rencana yang telah diatur oleh Kepala Bagian masing-masing. Setiap seksi bertanggung jawab kepada bagian yang menaunginya. Seksi-seksi tersebut terdiri dari:

1) Seksi Personalia

Bertanggung jawab dalam melaksanakan kegiatan yang berhubungan dengan kepegawaian dan pengembangan sumber daya manusia.

2) Seksi Tata Usaha

Bertanggung jawab dalam mengurus kebijakan teknis di bidang administrasi, kesekretariatan, perencanaan dan pelaporan, perlengkapan serta aset perusahaan.

3) Seksi Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3)

Bertanggung jawab dalam memastikan kesehatan karyawan dan keluarga, serta menangani masalah keselamatan kerja di perusahaan.

4) Seksi Unit Pengolahan Limbah

Bertanggung jawab dalam melaksanakan pengolahan limbah hasil produksi.

5) Seksi Hubungan Masyarakat

Bertanggung jawab menyelenggarakan kegiatan yang berkaitan dengan relasi perusahaan dengan pemerintah, masyarakat dan industri-industri lain.

6) Seksi Keamanan

Bertanggung jawab dalam menyelenggarakan kegiatan yang berkaitan dengan mengawasi langsung masalah keamanan perusahaan.

7) Seksi Proses

Bertanggung jawab dalam melaksanakan dan memastikan kelancaran kegiatan produksi di pabrik.

8) Seksi Utilitas

Bertanggung jawab dalam penyediaan air, *steam*, bahan bakar, dan udara tekan baik untuk proses maupun instrumentasi.

- 9) Seksi Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3)
Bertanggung jawab dalam memastikan kesehatan karyawan dan keluarga, serta menangani masalah keselamatan kerja di perusahaan.
- 10) Seksi Unit Pengolahan Limbah
Bertanggung jawab dalam melaksanakan pengolahan limbah hasil produksi.
- 11) Seksi Hubungan Masyarakat
Bertanggung jawab menyelenggarakan kegiatan yang berkaitan dengan relasi perusahaan dengan pemerintah, masyarakat dan industri-industri lain.
- 12) Seksi Keamanan
Bertanggung jawab dalam menyelenggarakan kegiatan yang berkaitan dengan mengawasi langsung masalah keamanan perusahaan.
- 13) Seksi Proses
Bertanggung jawab dalam melaksanakan dan memastikan kelancaran kegiatan produksi di pabrik.
- 14) Seksi Utilitas
Bertanggung jawab dalam penyediaan air, steam, bahan bakar, dan udara tekan baik untuk proses maupun instrumentasi.
- 15) Seksi Pemeliharaan dan bengkel
Bertanggung jawab dalam melakukan perawatan, pemeliharaan dan penggantian alat- alat serta fasilitas pendukung proses produksi.
- 16) Seksi Listrik dan Instrumentasi
Bertanggung jawab dalam memastikan ketersediaan energi listrik

dan instrumentasi yang dibutuhkan agar proses produksi dapat berjalan dengan baik.

17) Seksi Laboratorium dan Pengendalian Mutu

Bertanggung jawab dalam melaksanakan pengendalian mutu bahan baku, bahan pembantu dan produk.

18) Seksi Penelitian dan Pengembangan

Bertanggung jawab dalam melaksanakan penelitian dan pengembangan perusahaan.

f. Staf Ahli

Staf Ahli bertugas memberi masukan, baik berupa saran, nasihat, dan pandangan terhadap segala aspek operasional perusahaan. Staf ahli terdiri dari tenaga ahli yang bertugas membantu direksi dalam menjalankan tugasnya baik yang berhubungan dengan teknik, keuangan dan pemasaran maupun sumber daya manusia dan umum. Staf ahli bertanggung jawab kepada direktur utama sesuai dengan bidang keahliannya masing-masing. Tugas dan wewenang sebagai berikut:

- 1) Memberikan nasihat dan saran dalam perencanaan dan pengembangan perusahaan.
- 2) Memperbaiki proses dari pabrik atau perencanaan alat dan pengembangan produksi.
- 3) Mempertinggi efisiensi kerja.

4.4.4 Status Penggolongan Jabatan dan Jumlah Karyawan

a. Status Karyawan

Berdasarkan statusnya karyawan dibedakan menjadi beberapa golongan, antara lain:

1) Karyawan Tetap

Karyawan tetap merupakan karyawan yang diangkat dan diberhentikan dengan Surat Keputusan (SK) dari direksi. Dan mendapat gaji bulanan sesuai dengan kedudukan, keahlian dan masa kerjanya.

2) Karyawan Harian

Karyawan harian merupakan karyawan yang diangkat dan diberhentikan tanpa Surat Keputusan (SK) dari direksi. Dan mendapat gaji harian yang dibayar tiap akhir pekan.

3) Karyawan Borongan

Karyawan borongan merupakan karyawan yang bekerja di pabrik atau perusahaan jika diperlukan saja. Karyawan ini menerima gaji borongan untuk suatu pekerjaan yang telah disetujui.

b. Penggolongan Karyawan

Jabatan dalam struktur organisasi perusahaan diisi oleh orang-orang dengan spesifikasi pendidikan dan keahlian sesuai jabatan dan tanggung jawabnya. Karyawan pada perusahaan ini terdiri dari beragam jenjang pendidikan, mulai dari lulusan Sekolah Menengah Pertama (SMP) hingga Magister (S-2). Rincian penggolongan jabatan beserta jenjang pendidikannya dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4. 4 Daftar Jabatan Perusahaan

Jabatan	Pendidikan
Komisaris Utama	S2
Direktur Utama	S2
Kepala Bagian	S1
Kepala Seksi	S1
Staff Ahli	S1
Sekretaris	S1
Karyawan dan Operator	D3/S1
Dokter	S1
Perawat	D3/S1
Supir	SMP-SMA
<i>Cleaning Service</i>	SMP-SMA

c. Jumlah Karyawan

Jumlah karyawan pada perusahaan harus diperhitungkan secara cermat agar pekerjaan dapat diselesaikan secara efektif dan efisien. Jumlah karyawan pada setiap posisi tergantung pada kebutuhan.

4.4.5 Pembagian Jam Kerja dan Sistem Gaji Karyawan

a. Pembagian Jam Kerja

Pabrik asam fosfat akan beroperasi 330 hari selama satu tahun dalam 24 jam sehari. Sisa hari yang bukan merupakan hari libur digunakan untuk perbaikan, perawatan atau *shut down*. Berdasarkan jamkerjanya, karyawan perusahaan dapat digolongkan menjadi 2 golongan karyawan *non-shift* (harian) dan karyawan *shift*.

1) Karyawan *non shift*

Karyawan *non shift* adalah para karyawan yang tidak menangani proses produksi secara langsung. Yang termasuk para karyawan *non shift* adalah direktur, staf ahli, kepala bagian, kepala seksi serta

seluruh yang tugasnya berada di kantor. Karyawan *non shift* dalam satu minggu bekerja selama 5 hari dengan jam kerja sebagai berikut:

Senin s.d. Kamis : 08.00 s.d. 17.00 WIB (istirahat 12.00 s.d. 13.00)

Jumat : 08.00 s.d. 17.00 (istirahat 11.30 s.d. 13.30) Sabtu s.d. Minggu

: Hari libur, termasuk hari libur nasional

2) Karyawan *shift*

Karyawan *shift* adalah karyawan yang langsung menangani proses produksi atau mengatur bagian-bagian tertentu dari pabrik yang mempunyai hubungan dengan masalah keamanan dan kelancaran produksi sehingga tidak dapat ditinggalkan. Yang termasuk karyawan *shift* ini adalah operator produksi, sebagian dari bagian teknik, bagian gudang dan bagian utilitas, pengendalian, laboratorium, termasuk petugas keamanan yang menjaga keamanan selama proses produksi berlangsung. Para karyawan akan bekerja secara bergantian sehari semalam. Karyawan *shift* dibagi dalam 3 shift dengan pengaturan sebagai berikut :

Shift Pagi : 08.00 s.d. 17.00

Shift Sore : 17.00 s.d. 00.00

Shift Malam : 00.00 s.d. 08.00

Jadwal kerja terbagi menjadi empat minggu dan empat kelompok. Setiap kelompok kerja mendapatkan libur satu kali dari tiga kali *shift*. Setiap kelompok mendapatkan giliran 6 hari kerja dan satu hari libur untuk setiap *shift* dan masuk lagi untuk *shift* berikutnya. Untuk hari libur atau hari besar yang ditetapkan oleh pemerintah, regu yang bertugas tetap masuk. Berikut adalah jadwal kerja karyawan *shift*:

Tabel 4.3 Jadwal Shift Kerja Karyawan

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

Keterangan :

P = Pagi

S = Siang

M = Malam

L = Libur

b. Sistem Gaji Karyawan

Sistem pembagian gaji pada perusahaan ini terbagi menjadi tiga jenis, yaitu:

1) Gaji Bulanan

Gaji yang diberikan kepada karyawan tetap dengan jumlah sesuai peraturan perusahaan dan dibayarkan pada tanggal 1 setiap bulannya.

2) Gaji Harian

Gaji yang diberikan kepada karyawan tidak tetap atau buruh harian dan karyawan borongan.

3) Gaji Lembur

Gaji tambahan yang diberikan kepada karyawan yang bekerja melebihi jam kerja pokok.

Tabel 4. 5 Rincian Gaji Karyawan

NO.	JABATAN	JUMLAH	GAJI/BULAN	TOTAL GAJI
1.	Dewan komisaris	1	Rp 55.000.000	Rp 55.000.000
2.	Direktur Utama	1	Rp 45.000.000	Rp 45.000.000
3.	Direktur Operasi dan Produksi	1	Rp 35.000.000	Rp 35.000.000
4.	Direktur Adminitrasi dan Umum	1	Rp 35.000.000	Rp 35.000.000
5.	Ka. Bag. Proses dan Utilitas	1	Rp 35.000.000	Rp 35.000.000
6.	Ka. Bag. Perencanaan dan pemeliharaan	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000
7.	Ka. Bag. Teknologi	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000
8.	Ka. Bag. Adminitrasi Keuangan	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000
9.	Ka. Bag. PSDM	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000
10.	Ka. Bag. Umum	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000
11.	Ka. Bag. IT	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000
12.	Ka. Sek. Proses	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000

Tabel 4. 6 Rincian Gaji Karyawan (Lanjutan)

NO.	JABATAN	JUMLAH	GAJI/BULAN	TOTAL GAJI
13.	Ka. Sek. Utilitas	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
14.	Ka. Sek. Bengkel dan Pemeliharaan	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
15.	Ka. Sek. Operasi dan Pemeliharaan	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
16.	Ka. Sek. Adminitrasi Pemasaraan	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
17.	Ka. Sek. Adminitrasi Penjualan	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
18.	Ka. Sek. Pengolahan Energi	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
19.	Ka. Sek. Pengendalian Kualitas	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
20.	Ka. Sek. Keamanan	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
21.	Ka. Sek. Pelayanan Umum	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
22.	Ka. Sek. Akutansi Biaya	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
23.	Ka. Sek. Pelapor Keuangan dan Manajemen	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
24.	Ka. Sek. Keuangan	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
25.	Ka. Sek. Kesehatan dan Keselamatan kerja	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
26.	Karyawan pemasaran	5	Rp 10.000.000	Rp 50.000.000
27.	Karyawan K3	6	Rp 10.000.000	Rp 60.000.000
28.	Karyawan Kas/Anggaran	4	Rp 10.000.000	Rp 40.000.000
29.	Karyawan Proses dan Utilitas	36	Rp 10.000.000	Rp 360.000.000
30.	Karyawan Pemeliharaan	5	Rp 10.000.000	Rp 50.000.000
31.	Perawat	4	Rp 5.000.000	Rp 20.000.000
32.	Satpam	8	Rp 4.000.000	Rp 32.000.000
33.	Supir	10	Rp 4.000.000	Rp 40.000.000
34.	Cleaning Service	10	Rp 3.500.000	Rp 35.000.000
Total		113	Rp 586.500.000	Rp 1.207.000.000

4.4.6 Ketenagakerjaan

Setiap karyawan mempunyai hak dalam hal ketenagakerjaan seperti yang tertuang dalam peraturan perundang-undangan. Hak-hak tersebut antara lain:

a. Tunjangan

Tunjangan karyawan terdiri dari:

Tunjangan yang berupa gaji pokok yang diberikan berdasarkan golongan karyawan yang bersangkutan. Tunjangan jabatan yang diberikan berdasarkan jabatan yang dipegang oleh karyawan.

- 1) Tunjangan lembur yang diberikan kepada karyawan yang bekerja di luar jam kerja berdasarkan jumlah jam kerja.
- 2) Tunjangan hari raya (THR), diberikan sebesar nilai satu bulan gaji kepada karyawan setiap tahunnya saat menjelang hari raya Idul Fitri.

b. Hari Libur Nasional

Untuk karyawan harian (*non-shift*), hari libur nasional dihitung sebagai hari libur kerja. Sedangkan bagi karyawan *shift*, hari libur nasional dihitung sebagai kerja lembur (*overtime*).

c. Hak Cuti

Hak cuti karyawan terdiri dari:

- 1) Cuti tahunan diberikan kepada setiap karyawan selama 12 hari kerja dalam satu tahun. Apabila hak cuti tersebut tidak dipergunakan maka hak tersebut akan hilang untuk tahun tersebut.
- 2) Cuti sakit diberikan kepada setiap karyawan yang menderita sakit berdasarkan keterangan dokter, termasuk kepada karyawan wanita yang melahirkan.

d. Fasilitas Karyawan

Dalam rangka meningkatkan produktivitas karyawan, perusahaan menyediakan berbagai fasilitas yang dapat digunakan oleh karyawan untuk menjaga kondisi jasmani dan rohani karyawan, sehingga mereka

tidak merasa jenuh dalam menjalankan pekerjaan sehari-hari dan kegiatan dalam perusahaan dapat berjalan dengan lancar. Fasilitas yang disediakan perusahaan meliputi:

1) Poliklinik

Poliklinik disediakan bertujuan untuk menjaga kesehatan karyawan yang merupakan salah satu hal yang berpengaruh dalam efisiensi produksi pabrik. Poliklinik yang disediakan ditangani oleh dokter dan perawat.

2) Tempat Ibadah

Tempat ibadah yang disediakan perusahaan berupa masjid, agar karyawan tetap dapat melaksanakan kewajiban rohani dan aktivitas keagamaan lainnya.

3) Pakaian Kerja

Perusahaan memberikan dua pasang pakaian kerja setiap tahunnya kepada semua karyawan untuk menghindari kesenjangan antar karyawan. Selain itu, perusahaan menyediakan masker dan berbagai alat pelindung diri (APD) lain sebagai alat pengaman kerja.

4) Makan dan Minum

Makan dan minum disediakan sebanyak satu kali dalam sehari oleh perusahaan yakni pada jam makan siang. Makanan dan minuman direncanakan akan dikelola oleh perusahaan catering yang ditunjuk perusahaan.

5) Transportasi

Untuk meringankan beban pengeluaran karyawan, perusahaan menyediakan alat transportasi bagi karyawan yang tidak menggunakan transportasi pribadi berupa *shuttle bus*. Bus akan beroperasi di beberapa titik tempat tinggal karyawan untuk mengantar dan menjemput karyawan

saat akan berangkat dan pulang bekerja.

e. **Jaminan Ketenagakerjaan**

Perusahaan menyediakan asuransi pertanggungjawaban jiwa dan asuransi kecelakaan kerja bagi karyawan yang dikelola oleh Badan Penyelenggaraan Jaminan Sosial (BPJS).

BAB V

UTILITAS

Utilitas merupakan bagian yang penting untuk kelancaran jalannya proses

produksi di industri kimia. Sarana penunjang adalah sarana lain yang diperlukan selain bahan baku dan bahan pembantu agar proses produksi dapat berjalan sesuai yang diinginkan. Proses produksi suatu pabrik industri kimia tidak akan berjalan dengan baik jika tidak ada unit utilitas di dalamnya. Adapun unit utilitas yang diperlukan dalam perancangan pabrik, meliputi :

- a. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (*Water Treatment System*)
- b. Unit Pembangkit *Steam* (*Steam Generation System*)
- c. Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*)
- d. Unit Penyediaan Udara Tekan (*Instrument Air System*)
- e. Unit Penyediaan Bahan Bakar
- f. Unit Pengolahan Limbah

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

Unit penyediaan dan pengolahan air berfungsi sebagai penyedia kebutuhan air dan mengolah air bersih yang akan digunakan untuk memenuhi kebutuhan air di pabrik.

a. Unit Penyediaan Air

Dalam unit ini terjadi proses pengolahan air baku menjadi air bersih, karena air yang berasal dari alam masih banyak mengandung kotoran (*impurities*) yang dapat menyebabkan kerak (*fouling*). *Impurities* yang terkandung dalam air ini terdiri dari *suspended solid* yaitu *impurities* yang tidak terlarut dan diproses pada proses klarifikasi serta *dissolved solid* yaitu *impurities* yang terlarut dan diproses pada proses demineralisasi. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengolahan air baku baik secara fisik maupun kimia.

Air baku yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan pabrik asam fosfat ini berasal dari Sungai Bengawan Solo. Beberapa hal yang menjadi pertimbangan dalam menggunakan air sungai sebagai sumber untuk mendapatkan air adalah sebagai berikut.

1. Air sungai merupakan sumber air yang kontinuitasnya relatif tinggi, sehingga kendala mengalami kekeringan maupun kekurangan air dapat terjaga.

2. Pengolahan air sungai relatif lebih mudah, sederhana, serta biaya pengolahannya lebih murah dibandingkan dengan pengolahan air laut yang lebih rumit dan biayanya cukup besar karena memiliki kandungan mineral dan garam yang perlu dipisahkan.

Secara umum, kebutuhan air yang diperlukan sebagai utilitas pabrik asam fosfat digunakan untuk keperluan sebagai berikut :

1. Air Domestik (*Domestic Water*)

Domestic water merupakan air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan karyawan seperti air minum, toilet, perumahan dan sebagainya. Air domestik yang digunakan harus memenuhi persyaratan, seperti :

- a) Air jernih
- b) Tidak berbau
- c) Tidak berasa
- d) Tidak mengandung zat organik dan anorganik
- e) Tidak beracun

2. Air Layanan Umum (*Service Water*)

Service water merupakan air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan layanan umum atau karyawan seperti bengkel, klinik, laboratorium, masjid dan sebagainya. Kriteria *service water* yang digunakan sama seperti *domestic water*.

3. Air Pendingin (*Cooling Water*)

Air pendingin merupakan air yang digunakan sebagai media pendingin pada proses produksi. Beberapa hal yang menjadi pertimbangan digunakannya air pendingin sebagai media pendingin, antara lain:

- a) Air dapat diperoleh dengan mudah dan dalam jumlah besar.
- b) Mudah dilakukan pengaturan dan pengolahan.
- c) Memiliki daya serap terhadap panas per satuan volume cukup tinggi.
- d) Tidak terdekomposisi.

Namun, terdapat beberapa syarat kandungan zat yang tidak diperbolehkan ada dalam air pendingin, seperti:

- a) Besi, karena dapat menyebabkan korosi.
- b) Silika, karena dapat menyebabkan kerak.
- c) Oksigen terlarut, karena dapat menyebabkan korosi.
- d) Minyak, karena dapat menyebabkan gangguan pada *film corrosion inhibitor*, penurunan *heat exchanger coefficient* dan menimbulkan endapan karena minyak dapat menjadi makanan bagi mikroba.

4. Air Umpan *Boiler* (*Boiler Feed Water*)

Air umpan *boiler* merupakan air yang digunakan untuk menghasilkan *steam* yang digunakan untuk menunjang kelangsungan proses produksi. Berikut merupakan beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam menangani air umpan *boiler* antara lain:

- a) Zat yang menyebabkan korosi

Beberapa kandungan yang dapat menyebabkan korosi pada *boiler* adalah larutan asam dan gas-gas terlarut seperti CO_2 , O_2 , NH_3 , H_2S dan SO_2 .

- b) Zat yang menyebabkan kerak

Dapat menyebabkan kerak pada *boiler* adalah adanya kesadahan dan suhu tinggi yang biasanya berupa garam karbonat dan silika.

5. Air Proses

Air proses merupakan air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan air pada area proses produksi. Air proses yang digunakan harus memenuhi persyaratan, seperti:

- a) Air jernih
- b) Tidak berbau
- c) Tidak berasa
- d) Tidak mengandung zat organik dan anorganik

b. Unit Pengolahan

Pengolahan air berfungsi untuk menghasilkan air yang dapat digunakan baik untuk menunjang proses produksi maupun kebutuhan-kebutuhan lainnya di seluruh area pabrik. Air baku dari Sungai Bengawan Solo harus mengalami beberapa tahap pengolahan baik secara fisik maupun kimia agar dapat digunakan. Tahapan-tahapan pengolahan air di pabrik asam fosfat ini adalah sebagai berikut.

1. Penghisapan

Tahap awal yang dilakukan adalah penghisapan. Pengambilan air dari sungai dilakukan dengan penghisapan menggunakan pompa. Kemudian air akan dialirkan ke penyaring (*screener*).

2. Penyaringan (*Screening*)

Screening merupakan bagian dari proses memisahkan kotoran-kotoran yang berukuran besar seperti daun, ranting, dan sampah lainnya tanpa menggunakan bahan kimia. Sementara kotoran-kotoran yang berukuran lebih kecil akan terikut dengan aliran air kemudian dipisahkan pada tahap selanjutnya. Pada *screener* terdapat bagian pembilas yang bertujuan untuk membersihkan *screener* dari kotoran-kotoran yang tersangkut agar tidak menghalangi aliran air.

3. Pengendapan Awal (*Sedimentation*)

Selanjutnya, air akan melalui proses sedimentasi. Sedimentasi merupakan proses pemisahan kotoran dengan memanfaatkan gaya gravitasi. Pada proses ini, kotoran-kotoran kecil yang tidak tersaring pada proses penyaringan sebelumnya seperti lumpur dan pasir akan mengendap pada bagian bawah bak karena gaya gravitasi.

4. Bak Penggumpal

Pada alat ini terjadi proses koagulasi. Koagulasi merupakan proses penggumpalan akibat penambahan zat kimia yang disebut koagulan ke dalam air sehingga partikel-partikel tersebut akan menjadi stabil atau netral dan membentuk endapan. Koagulan yang digunakan adalah tawas atau aluminium

sulfat (Al_2SO_4)₃.

5. Bak Pengendap I dan II

Selanjutnya, air yang telah menggumpal dan membentuk flok-flok akan mengalami proses flokulasi. Flokulasi adalah proses penggabungan flok-flok yang telah terbentuk pada proses koagulasi menjadi partikel yang lebih besar sehingga lebih mudah untuk mengendap. Agar proses flokulasi dapat berjalan efektif, dapat ditambahkan kapur yang berfungsi untuk mengurangi atau menghilangkan kesadahan karbonat dalam air dan membuat suasana basa sehingga mempermudah penggumpalan. Selain itu, dapat ditambahkan juga *soda caustic* (NaOH) sebagai alkali untuk menjaga pH sehingga pH pada *outlet* dijaga berkisar antara 6,5 – 7,5.

6. Sand Filter

Setelah keluar dari bak koagulasi dan flokulasi, air dialirkan ke *sand filter*. Di dalam *sand filter*, air akan mengalir dari bagian atas ke bawah melalui suatu media *filter (spheres)* yang akan menyaring partikel pengotor seperti *suspended solid*. *Output* dari *sand filter* mempunyai kandungan *suspended solid* kurang dari 1 ppm dan pH = 6,5 - 7,5. Air yang telah mengalami filtrasi akan ditampung di *filtered water storage tank*.

7. Tangki Penampung Air Bersih (*Filtered Water Storage Tank*)

Air bersih dari *sand filter* atau disebut biasa disebut *filtered water* ditampung di dalam tangki penampungan sementara. Air bersih ini kemudian akan didistribusikan dan diolah lebih lanjut untuk dapat digunakan sebagai air domestik (*domestic water*), air layanan umum (*service water*), air pendingin (*cooling water*), air umpan boiler (*boilerfeed water*), dan air proses.

8. Klorinasi

Untuk dapat digunakan sebagai air minum pada perkantoran maupun perumahan, air bersih (*filtered water*) harus melalui tahap klorinasi. Klorinasi

adalah proses penambahan klorin dalam bentuk kaporit pada air yang berfungsi untuk membunuh kuman, bakteri, jamur, dan mikroorganisme lain sehingga air layak untuk dikonsumsi dan digunakan. Selanjutnya, air yang telah mengalami klorinasi akan ditampung di dalam tangki penyimpanan air bersih.

9. *Cooling Tower*

Cooling tower merupakan alat yang digunakan untuk menghasilkan air dingin yang dapat digunakan sebagai pendingin pada alat-alat proses. Proses yang terjadi pada *cooling tower* adalah pengolahan air panas menjadi air dingin menggunakan udara sebagai media pendinginnya. *Initial water* ke *cooling tower* berasal dari *filtered water storage tank* dengan suhu sekitar 38°C yang dialirkan ke atas *cooling tower* melalui distributor. Air akan mengalami evaporasi, sehingga air akan dialirkan ke bawah melalui lubang saluran (*swirl*). Bersamaan dengan proses ini, terjadi pelepasan panas laten, sehingga sebagian air akan menguap ke atmosfer. Untuk itu, dibutuhkan *make-up water* sebagai kompensasi terjadinya *evaporation loss*. *Make-up water* juga berasal dari *filtered water storage tank*. Air yang mengalami evaporasi di *cooling tower* akan sama jumlahnya dengan *flow make-up water* yang masuk, sehingga kesetimbangan perpindahan panas antara udara dan air akan tetap stabil. Suhu air yang telah melalui proses pendinginan akan turun menjadi 30°C. Air pendingin harus mempunyai sifat-sifat yang tidak korosif, tidak menimbulkan kerak, dan tidak mengandung mikroorganisme yang bisa menimbulkan lumut. Untuk mengatasi hal tersebut, maka perlu ditambahkan bahan-bahan kimia seperti *corrosion inhibitor*, *scale inhibitor*, *non-oxidizing biocide*, *dispersant*, *pH control* dan *oxidizing biocide*.

10. Demineralisasi

Air yang digunakan sebagai air umpan *boiler* untuk memproduksi *steam water* tidak cukup hanya air bersih saja, tetapi juga harus air murni yang terbebas dari kandungan mineral-mineral terlarut. Untuk itu, perludilakukan proses demineralisasi. Demineralisasi adalah proses

menghilangkan ion-ion yang terkandung pada *filtered water* dengan jalan penukaran ion. Proses demineralisasi terjadi di alat-alat berikut berikut.

a) Kation *Exchange*

Kation *exchanger* merupakan unit yang berisi resin yang digunakan untuk menukar ion-ion positif atau kation. Kation yang terkandung dalam air seperti kalsium (Ca^{2+}), magnesium (Mg^{+}), natrium (Na^{+}), potassium (K^{+}), mangan (Mn^{2+}), besi (Fe^{2+}) dan aluminium (Al^{3+}) diganti dengan ion H^{+} atau Na^{+} dari resin. Kation-kation tersebut harus digantikan karena dapat menyebabkan *fouling* (kerak) pada *boiler* yang dapat mengganggu operasi. Reaksi penukaran kation yang terjadi dalam kation *exchanger* adalah sebagai berikut:

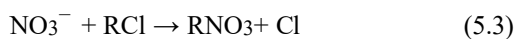


Kation resin ini perlu diregenerasikan kembali dengan NaCl apabila dalam waktu tertentu telah mengalami jenuh. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



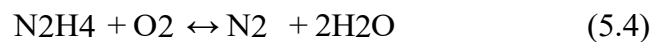
b) Anion *Exchange*

Anion *exchanger* merupakan unit yang berisi resin yang digunakan untuk menukar ion-ion negatif atau anion. Anion yang terkandung dalam air seperti bikarbonat (HCO_3^-), sulfat (SO_4^{2-}), klorida (Cl^-), nitrat (NO_3^-), dan silika (SiO_2^-), diganti dengan resin yang memiliki sifat basa dan mempunyai formula RCI . Anion-anion tersebut harus digantikan karena dapat menyebabkan korosi pada *boiler* yang dapat mengganggu operasi. Reaksi penukaran anion yang terjadi dalam anion *exchanger* adalah sebagai berikut :



c) *Deaerator*

Air umpan *boiler* yang telah mengalami demineralisasi (*demin water*) pada kation *exchanger* dan anion *exchanger* akan mengalami proses deaerasi pada *deaerator*. Deaerasi adalah proses pembersihan air umpan *boiler* dari gas-gas yang darbon dioksida (CO₂). *Demin water* dipompakan menuju *deaerator* kemudian diinjeksikan bahan kimia berupa hidrazin (N₂H₄) yang berfungsi untuk mengikat oksigen (O₂) sehingga dapat mencegah terjadinya korosi pada *tube boiler*. Reaksi yang terjadi sebagai berikut :



c. Kebutuhan Air

Rincian kebutuhan air pada pabrik asam fosfat ini adalah sebagai berikut.

1. Kebutuhan Air Domestik (*Domestic Water*)

Kebutuhan air domestik meliputi kebutuhan air karyawan dan kebutuhan air perumahan.

a) Kebutuhan Air Kantor

Jumlah karyawan = 175 orang
Kebutuhan air setiap orang = 150 L/hari
Total kebutuhan air kantor = 1.093,75 kg/jam

b) Kebutuhan Air Perumahan

Jumlah rumah = 5 rumah
Jumlah orang tiap unit = 6 orang Kebutuhan air setiap orang
= 300 L/hari Total kebutuhan air
perumahan = 375 kg/jam

2. Kebutuhan Air Layanan Umum (*Service Water*)

Untuk kebutuhan *service water* diasumsikan sekitar 1468,75 kg/jam. Asumsi kebutuhan air ini kemudian digunakan untuk konsumsi umum seperti laboratorium, masjid, pemadam kebakaran, kantin, bengkel, dan lain-lain.

3. Kebutuhan Air Pendingin

Tabel 5. 1 Kebutuhan *Cooling Water*

NAMA ALAT	KODE	JUMLAH (kg/jam)
Reaktor	R-01	23.805,841
Reaktor	R-02	2.923.499,216
Reaktor	R-03	146.174,91
Condensor	CD-01	26.072.964,85
<i>Cooler</i>	CL-01	1.196.706,455
<i>Cooler</i>	CL-01	65.504,634
Total		30.428.655,9

Kebutuhan air *make up* untuk pendingin dengan prediksi 12.5% dari massa air pendingin yang diperlukan sebesar 3.803.581,988 kg/jam

4. Kebutuhan Air Umpan *Boiler* (*Boiler Feed Water*)

Tabel 5. 2 Kebutuhan Steam

NAMA ALAT	KODE	JUMLAH (kg/jam)
<i>Evaporator</i>	EV-01	1.150.459,649
<i>Heater</i>	HE-01	15.409,785
Total		1.165.869,433

Kebutuhan air *make up* untuk *steam* dengan prediksi 10% dari *steam* yang dibangkitkan sebesar 116.037,687 kg/jam

5. Kebutuhan Air Proses (*Process Water*)

Kebutuhan air proses pada alat Reaktor adalah sebesar 897.330,197 kg/jam.

5.2 Unit Pembangkit Steam (*Steam Generation System*)

Unit Pembangkit *Steam* bertugas menyediakan kebutuhan *steam* yang akan digunakan sebagai media pemanas dalam proses produksi. Jenis *steam* yang digunakan adalah *steam* jenuh

suhu 222°C. Alat yang digunakan untuk menunjang kebutuhan *steam* pada pabrik asam fosfat adalah *boiler* dengan spesifikasi:

Kapasitas = 1.165.869,4 kg/jam

Jumlah = 1

Boiler tersebut dilengkapi dengan sebuah *unit economizer safety valve system* dan pengaman yang bekerja secara otomatis. Air dari *filtered water storage tank* yang akan digunakan sebagai umpan *boiler* terlebih dahulu mengalami proses demineralisasi dan deaerasi. Selain itu air juga perlu diatur pH-nya menjadi sekitar 10,5-11,5 karena pada pH yang terlalu tinggi korosifitasnya juga tinggi.

Sebelum masuk ke *boiler*, umpan dimasukkan dahulu ke dalam *economizer*, yaitu alat penukar panas yang memanfaatkan panas dari gas sisa pembakaran yang keluar dari *boiler*. Di dalam *boiler*, api yang keluar dari alat pembakaran (*burner*) bertugas untuk memanaskan lorong api dan pipa-pipa api. Gas sisa pembakaran ini masuk ke *economizer* sebelum dibuang melalui cerobong asap, sehingga air di dalam *boiler* menyerap panas dari dinding-dinding dan pipa-pipa api maka air menjadi mendidih. Uap air yang terbentuk terkumpul sampai mencapai tekanan 101,3 kPa, baru kemudian dialirkan ke *steam header* untuk didistribusikan ke area-area proses.

5.3 Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*)

Unit Pembangkit Listrik bertugas menyediakan kebutuhan listrik untuk menggerakkan alat proses, alat utilitas, elektronik, penerangan, dan fasilitas lainnya di seluruh area pabrik. Sumber listrik utama yang digunakan pada pabrik asam fosfat ini berasal dari PLN. Namun, pabrik ini juga dilengkapi dengan pembangkit listrik mandiri berupa sebuah generator. Generator berfungsi untuk menjadi sumber listrik cadangan apabila sumber listrik dari PLN mengalami gangguan atau pemadaman secara tiba-tiba. Adapun generator yang digunakan adalah jenis generator diesel dengan arus bolak-balik dengan kapasitas 8.000 kW. Jenis ini dipilih dengan pertimbangan sebagai berikut.

- a. Tenaga listrik yang dihasilkan cukup besar.

- b. Tegangan dapat dinaikan dan diturunkan sesuai kebutuhan.

Rincian kebutuhan listrik pada pabrik asam fosfat ini adalah sebagai berikut.

Tabel 5. 3 Total Kebutuhan Listrik

NO	ALAT	hp	kW
1.	Crusher (CR-01)	15	11.186
2.	Ball Mill (BM-01)	25	18.643
3.	Vibrating Screen (VS-01)	4	2.983
4.	Reaktor (R-01)	22.5	16.779
5.	Reaktor (R-02)	22.5	16.779
6.	Reaktor (R-03)	22.5	16.779

Tabel 5. 4 Total Kebutuhan Listrik (Lanjutan)

NO	ALAT	hp	kW
7.	Filter	75	55.928
8.	Rotary Dryer (RD-01)	125	93.214
9.	Kompresor (K-01)	2500	1864.280
10.	Conveyor-01	30	22.371
11.	Conveyor-02	10	7.457
12.	Conveyor-03	10	7.457
13.	Conveyor-04	60	44.743
14.	Elevator-01	75	55.928
15.	Pompa-01	10	7.457
16.	Pompa-02	3	2.237
17.	Pompa-03	60	44.743
18.	Pompa-04	60	44.743
19.	Pompa-05	25	18.643
20.	Pompa-06	40	29.828
21.	Pompa-07	10	7.457
22.	Pompa-08	5	3.729
23.	Pompa-09	7 1/2	5.593
24.	Pengaduk (RMT)	0.5	0.373
25.	Rake/Penggaruh (Clarifier)	2	1.491
26.	Fan (CT)	3500	2609.993
27.	Kompresor Udara	0.5	0.373
28.	PompaPU01	200	149.142
29.	PompaPU02	100	74.571
30.	PompaPU03	200	149.142
31.	PompaPU05	600	447.427
32.	PompaPU06	2800	2087.994
33.	Crusher (CR-01)	15	11.186
34.	Ball Mill (BM-01)	25	18.643
35.	Vibrating Screen (VS-01)	4	2.983
36.	Reaktor (R-01)	22.5	16.779
37.	Reaktor (R-02)	22.5	16.779

38.	Reaktor (R-03)	22.5	16.779
Total		10.620	7.919,463

Kebutuhan listrik untuk penerangan, kantor, bengkel dirancang sebesar 7500 kW, maka daya total yang dibutuhkan sebesar 15.419,463 kW

5.4 Unit Penyediaan Udara Tekan (*Instrument Air System*)

Unit Penyediaan Udara Tekan bertugas memenuhi kebutuhan udara tekan untuk alat-alat yang bekerja dengan prinsip *pneumatic* terutama alat-alat kontrol. Pada dasarnya, proses yang terjadi pada unit ini adalah mengurangi berat jenis udara dari kandungan kondensat sebelum masuk ke unit instrumen udara. Kebutuhan udara tekan diperkirakan sebesar 2 m³/jam dengan tekanan 4 bar.

5.5 Unit Penyediaan Bahan Bakar

Unit Penyediaan Bahan Bakar bertugas menyediakan kebutuhan bahan bakar pabrik. Bahan bakar yang disediakan pada unit ini adalah kebutuhan bahan bakar untuk *boiler* dan generator. Bahan bakar yang digunakan untuk *boiler* adalah *fuel oil* sebesar 88.344,347 liter/jam dan bahan bakar untuk generator adalah solar sebesar 262.187,6 liter/tahun.

5.6 Unit Pengolahan Limbah

Pabrik asam fosfat ini menghasilkan limbah buangan baik yang berasal dari proses produksi, utilitas maupun kegiatan-kegiatan lain. Untuk itu, perlu dilakukan pengolahan terhadap limbah-limbah tersebut sebelum dibuang ke lingkungan sehingga tidak merusak lingkungan sekitar. Limbah yang dihasilkan dari pabrik butil oleat ini terdiri limbah cair dan padatan. Pengolahan limbah tersebut harus disesuaikan dengan jenis limbahnya. Proses pengolahan limbah pada pabrik ini adalah sebagai berikut.

a. Limbah Cair

Limbah cair yang dihasilkan berasal dari air proses, utilitas dan sanitasi. Pengolahan limbah cair harus memperhatikan parameter air buang yang sesuai dengan peraturan pemerintah, yaitu:

1. COD : maks. 100 mg/l
2. BOD : maks. 20 mg/l
3. TSS : maks. 80 mg/l
4. Oil : maks. 5 mg/l
5. pH : 6,5 - 8,5

Pengolahan untuk masing-masing limbah tersebut adalah sebagai berikut.

1. Limbah Air Proses

Pengolahan air berminyak yang berasal dari buangan alat proses dilakukan dengan pemisahan berdasarkan perbedaan berat jenisnya. Minyak akan berada di bagian atas dan dialirkan ke penampungan minyak untuk kemudian dibakar di dalam tungku pembakar. Sedangkan air yang berada di bagian bawah dialirkan ke penampungan akhir untuk kemudian dibuang.

2. Limbah Utilitas

Air sisa regenerasi pada proses demineralisasi pada unit utilitas dinetralkan dengan menambahkan asam sulfat (H_2SO_4) jika pH air buangan lebih dari 7,0. Namun jika pH buangannya kurang dari 7,0 maka perlu ditambahkan NaOH. Air hasil dari proses penetralan kemudian dialirkan ke

kolam penampungan akhir.

3. Limbah Sanitasi

Air buangan sanitasi yang berasal perkantoran, perumahan, toilet dan lain-lain pengolahannya tidak memerlukan penanganan khusus, yaitu dengan cara diolah pada unit stabilisasi menggunakan lumpur aktif, aerasi, dan injeksi klorin.

b. Limbah Padat

Limbah padat berasal dari proses proses pengolahan air (*water treatment system*) pada unit utilitas. Limbah padat tersebut berupa lumpur yang banyak mengandung padatan yang sering disebut *sludge*. Lumpur tersebut dapat diolah menjadi abu dengan kadar 0,3% melalui beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Pengentalan atau pemekatan lumpur (*sludge thickening*)
2. Stabilisasi lumpur (*sludge stabilization*)
3. Pengeluaran air (*sludge dewatering*)
4. Pengeringan lumpur (*sludge drying*)

5.7 Spesifikasi Alat Utilitas

Tabel 5. 5 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan Utilitas

Spesifikasi	Pompa Utilitas					
	Kode	P-01	P-02	P-03	P-04	P-05
Fungsi	Memompa air sungai sebanyak 6002692 kg/jam ke bak pengendap awal	Memompa air sungai sebanyak 5716849,2 kg/jam ke bak pengendap awal	Memompa air sungai sebanyak 5444618,2 kg/jam ke bak pengendap awal	Memompa air sungai sebanyak 5444118,2 kg/jam ke bak pengendap awal	Memompa air sungai sebanyak 5184874,5 kg/jam ke bak pengendap awal	Memompa air sungai sebanyak 4326738,4 kg/jam ke bak pengendap awal
Jenis Bahan	<i>Centrifugal Pump Commercial Steel</i>	<i>Centrifugal Pump Commercial Steel</i>	<i>Centrifugal Pump Commercial Steel</i>	<i>Centrifugal Pump Commercial Steel</i>	<i>Centrifugal Pump Commercial Steel</i>	<i>Centrifugal Pump Commercial Steel</i>
Suhu (K)	303,15	303,15	303,15	303,15	303,15	303,15
Kecepatan Massa	6002691,6	5716849,2	5444618,2	5444118,2	5184874,5	4326738,4
Rapat Massa	995,61	995,61	995,61	995,61	995,61	995,61
Viskositas (cP)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Tekanan	1,01325	1,01325	1,01325	1,01325	1,01325	1,01325
Diameter optimum (m)	1,1231497	1,0987591	1,0748981	1,0748537	1,0515118	0,9692911
NPS (in)	45	45	44	44	44	40
Sch.	40	40	40	40	40	40
OD (in)	46	46	44	44	44	40
ID (in)	45,25	45,25	43,25	43,25	43,25	39,25
Luas aliran (in ²)	1608,1518	1608,1518	1469,1364	1469,1364	1469,1364	1209,955
Kekasaran pipa (ft)	0,00015	0,00015	0,00015	0,00015	0,00015	0,00015
Kecepatan putar (rpm)	178,6	178,6	178,6	178,6	178,6	178,6
Effisiensi	93%	92%	93%		95%	94%
Daya (hp)	200	100	200		600	400

Tabel 5. 6 Spesifikasi Bak Pengendap Awal

Spesifikasi Kode	BP
Fungsi	Mengendapkan kotoran kasar yang terbawa oleh air Sungai
Jenis Bahan	Bak persegi Panjang Beton bertulang
Lebar (ft)	120,3281
Panjang (ft)	360,9843
Diameter (m)	4
Jumlah	1

Tabel 5. 7 Spesifikasi Bak

Spesifikasi Kode	Bak		
	B-01 (BP)	BP-02 (BAB)	BP-02 (BAM)
Fungsi	Mencampur bahan kimia penggumpal dan pengurung kesadahan	Mengendapkan menampung air bersih dari saringan pasir	Menampung air bersih dari saringan pasir
Jenis Bahan	Bak persegi Panjang Beton bertulang	Bak persegi Panjang Beton bertulang	Bak persegi Panjang Beton bertulang
Suhu Operasi (K)	303,15	303,15	303,15
Tekanan (bar)	1,01325	1,01325	1,01325
Kecepatan Massa (kg/jam)	6002692	5444118,24	2937,5
Rapat Massa (kg/m ³)	995	995	995
Waktu Tinggal (jam)	24	8	24
Volume Air	144788,5	43771,80495	70,85427136
Volume Bak	173746,2	52526,16594	85,02512563
Ukuran Bak			
Lebar (m)	120,3281	66,16026371	2,661846565
Panjang (m)	360,9843	198,4807911	7,985539695

Tabel 5. 8 Spesifikasi Clarifier

Spesifikasi Kode	Clarifier
Fungsi	Mencampur bahan kimia penggumpal dan pengurung kesadahan
Jenis Bahan	Bak persegi Panjang Beton bertulang
Suhu operasi	303,15 K
Tekanan operasi	1,01325 bar
Kecepatan massa air (kg/jam)	5716849
Rapat massa (kg/m ³)	995
Waktu tinggal	5 jam
Volume air (m ³)	28727,89
Volume Clarifier (m ³)	34473,46
Diameter (m ³)	12,58053
Tinggi (m)	6,290
Daya (hp)	1,546
Motor Standard (hp)	2 hp

Tabel 5. 9 Spesifikasi Saringan Pasir SF

Spesifikasi Kode	Saringan Pasir SF
Fungsi	Menyaring kotoran-kotoran yang masih terbawa air dari clarifier
Jenis Bahan	Bak empat persegi Panjang
Suhu operasi	303,15 K
Tekanan operasi	1,01325 bar
Kecepatan massa air (kg/jam)	5444118
Rapat massa (kg/m ³)	995
Flux Volume (gallon/menit ft ²)	2,5
Luas aliran (m)	29,92186
Tebal (in)	48
Tinggi tumbukan (m)	1,2192

Tabel 5. 10 Spesifikasi Menara Pendingin

Spesifikasi Kode	Menara Pendingin (CT-01)
Fungsi	Memulihkan suhu air dari 323.15 K sampai 303.15 K
Jenis Bahan	Menara pendingin jujut tarik
Suhu Masuk, T1	323,15 k
Suhu Keluar, T2	303,15 K
Tekanan	1,01325 bar
Kecepatan massa air (kg/jam)	30287169
Rapat massa (kg/m ³)	995
Kapasitas panas udara (kJ/kg K)	1,008
Kapasitas panas uap air (kJ/kg K)	1,884
Enthalpy penguapan, hvap (kJ/kg)	2302
Massa air menguap (kg/jam)	742664,1
Flux Volume (gallon/menit ft ²)	1,75
Luas Penampang, A (m ²)	7115,580562
Panjang (m)	84,35390069
Lebar (m)	84,35390069
Tinggi (ft)	30
Motor Standard (hp)	3500

Tabel 5. 11 Spesifikasi Tangki Penukar Kation dan Anion

Spesifikasi Kode	Tangki	
	T-01 (Kation)	T-02 (Anion)
Fungsi	Menghilangkan mineral yang masih terkandung dalam air	Menghilangkan mineral yang masih terkandung dalam air
Jenis Bahan	Tangki silinder tegak Baja karbon	Tangki silinder tegak Baja karbon

Tabel 5. 12 Spesifikasi Tangki Penukar Kation dan Anion

Spesifikasi Kode	Tangki	
	T-01 (Kation)	T-02 (Anion)
Waktu Operasi	7 hari	7 hari
Kadar Mineral (ppm)	35	35
Kecepatan massa air (kg/jam)	1396041	1396041
Rapat massa (kg/m ³)	995	995
Kadar Mineral (ppm)	35	35
Kemampuan Resin (kg /m ³)	8	25
Volume Resin (m ³)	29,05564	65,08462263
Diameter (m)	3,332065	4,359762551
Tinggi (m)	3,998478	5,231715061

Tabel 5. 13 Spesifikasi Tangki NaCL dan NaOH

Spesifikasi Kode	Tangki	
	T-03 (NaCL)	T-04 (NaOH)
Fungsi	Melarutkan NaCl untuk regenerasi penukar kation	Melarutkan NaOH untuk regenerasi penukar kation
Jenis Bahan	Tangki silinder tegak Baja karbon	Tangki silinder tegak Baja karbon
Suhu Operasi	303,15 K	303,15 K
Tekanan Operasi	1,01325	1,01325
Rapat massa (kg/m ³)	995	995
Volume Resin (m ³)	29,0556351	65,08462263
Kebutuhan Bahan (kg)	930,8689116	2085,146362
Massa Air (kg)	17686,50932	39617,78088
Volume Larutan (m ³)	18,7109329	41,91248969
Volume Tangki (m ³)	22,45311948	50,29498762
Diameter (m)	2,877410694	3,764880472
Tinggi (m)	2,877410694	3,764880472
Pengaduk	Manual	Manual

Tabel 5. 14 Spesifikasi Tangki Umpan Boiler dan Kondensat

Spesifikasi Kode	Tangki	
	T-03 (NaCL)	T-04 (NaOH)
Fungsi	Menyimpan air umpan boiler selama 8 jam	Melarutkan NaOH untuk regenerasi penukar kation
Jenis Bahan	Tangki silinder tegak Baja karbon	Tangki silinder tegak Baja karbon
Suhu Operasi	303,15 K	303,15 K
Tekanan Operasi	1,01325	1,01325
Kecepatan massa (kg/jam)	1396040,912	1163367,426
Rapat massa (kg/m3)	995	995

Tabel 5. 15 Spesifikasi Tangki Umpan Boiler dan Kondensat (Lanjutan)

Spesifikasi Kode	Tangki	
	T-03 (NaCL)	T-04 (NaOH)
Waktu Tinggal (jam)	8	1
Volume Air (m3)	11224,44954	1169,213494
Volume Tangki (m3)	13469,33945	1403,056193
Diameter (m)	17,88044764	8,413072722
Panjang (m)	53,64134293	25,23921817

Tabel 5. 16 Unit Udara Tekan

Spesifikasi Kode	Unit Udara Tekan		
	Kompresor	Tangki Silika	Tangki Udara Tekan
Fungsi	Menekan udara sebanyak 2 Nm ³ /jam dari 1.01325 bar sampai 4 bar	Menghilangkan uap air yang terkandung dalam udara	Menampung udara tekan selama 120 menit
Jenis Bahan	Kompresor sentrifugal	Tangki silinder tegak Baja karbon	Tangki silinder horizontal Baja karbon
Suhu air (K)	303,15		
Tekanan, P1 (bar)	1,01325	1,01325	4
Tekanan, P2 (bar)	4	-	-
Kecepatan (kmol/jam)	0,089235032	388,5793004	0,089235032
Stage	1		
Daya (hp)	3,95846E-05		
Motor Standard (hp)	0,5		
Diameter (m)		0,790915209	0,781484943
Tinggi (m)		0,790915209	3
Jumlah	1	2	1
Volume (m3)		0,3885793	1,124535008

Tabel 5. 17 Spesifikasi Boiler

Spesifikasi Kode	Boiler
Fungsi	Membuat steam jenuh pada tekanan
Jenis Bahan	Boiler lorong api
Suhu air (K)	303,15
Tekanan (bar)	4,7617
Suhuh steam (K)	495,15
Kecepatan Massa Air	1279704
Steam dihasilkan (kg/jam)	1163367
Kapasitas Panas Air (kJ/kg K)	4,184
Panas Penguapan Air (kJ/kg K)	2112,821
Nilai Bakar (kJ/liter)	43938

Tabel 5. 18 Spesifikasi Boiler (Lanjutan)

Spesifikasi Kode	Boiler
Effisiensi Pembakaran	90%
Kecepatan volume fuel oil (liter/jam)	88154,75645
NPS (in)	2,5
Sch.	40
OD (in)	2,88
ID (in)	2,469
Luas Permukaan Luar, a'' (m)	0,229813786
Panjang (m)	3,6576
Luas perpindahan kalor, A (m ²)	10038,14682
Jumlah Pipa	11942

Tabel 5. 19 Spesifikasi Tangki Bahan Bakar

Spesifikasi Kode	Tangki Bahan Bakar
Fungsi	Menyimpan minyak bakar selama 15 hari
Jenis Bahan	Tangki standart dengan ukuran 16000 liter
Suhu (K)	303,15
Tekanan (bar)	1,01325
Kecepatan volume (m ³ /jam)	88,15476
Volume Tangki (m ³)	38082,8548
Diameter (m)	60,96
Tinggi (m)	14,6304
Efisiensi Pembakaran	90%
Volume Solar	262187,6
Waktu Penyimpanan	15 hari
Energi bakar solar (kJ/tahun)	10368000000

BAB VI

EKONOMI

Suatu pabrik memerlukan evaluasi ekonomi yang bertujuan untuk mengetahui apakah pabrik yang didirikan menguntungkan, layak berdiri dan mendapatkan kelayakan investasi modal dalam suatu kegiatan produksi dalam meninjau kebutuhan modal investasi, besar keuntungan yang diperoleh, lama modal investasi yang dapat dikembalikan, dan titik terjadinya impas yaitu total biaya produksi sama dengan keuntungan yang diperoleh. Berikut merupakan faktor-faktor yang dapat ditinjau dalam evaluasi ekonomi :

- a. *Return On Investment (ROI)*
- b. *Pay Out Time (POT)*
- c. *Discounted Cash Flow Rate Of Return (DCFR)*
- d. *Break Even Point (BEP)*
- e. *Shut Down Point (SDP)*

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

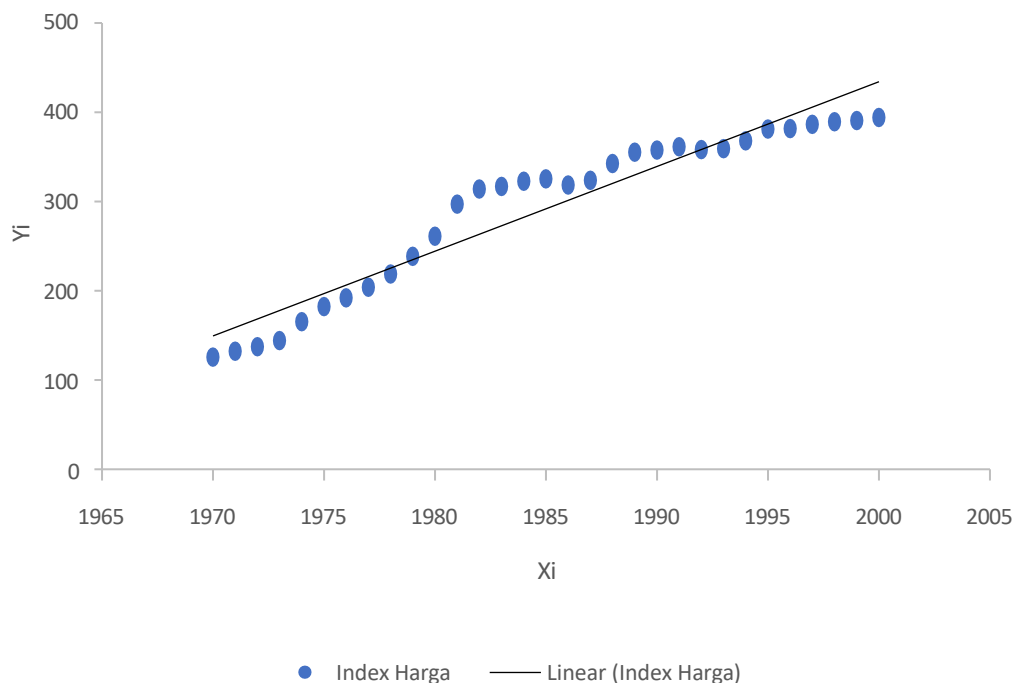
- a. Penentuan modal industri (*Fixed capital investment*), meliputi :
 1. Modal tetap (*fixed capital investment*)
 2. Modal kerja (*working capital investment*)
- b. Penentuan total biaya produksi (*Total production cost*), meliputi :
 1. Biaya pembuatan (*Manufacturing cost*)
 2. Biaya pengeluaran umum (*General expenses*)
- c. Pendapatan Modal

Perkiraan yang perlu diperlukan untuk mengetahui titik impas, adalah sebagai berikut :

1. Biaya tetap per tahun (*Fixed cost annual*)
2. Biaya variable per tahun (*Variable cost annual*)
3. Biaya mengambang (*Regulated cost annual*)

6.1 Penaksiran Harga Alat

Harga peralatan akan berubah setiap tahun tergantung dengan kondisi ekonomi yang mempengaruhinya. Sehingga untuk mengetahui harga peralatan diperlukan metode atau cara untuk memperkirakan harga alat tertentu. Untuk mencari harga pada tahun tertentu dengan mencari tahu terlebih dahulu harga indeks peralatan operasi pada tahun tersebut.



Gambar 6. 1 Grafik Hubungan antara Tahun dan Indeks Harga

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

$$y = 9,4935x - 18.553 \quad (6.1)$$

Dimana :

y = indeks harga

x = tahun pembelian

Dari persamaan di atas didapat harga indeks pada tahun 2027 adalah 690.3245. Harga alat pada tahun pabrik didirikan dapat ditentukan berdasarkan harga pada tahun referensi dikalikan dengan rasio index harga (Aries dan Newton, 1955).

$$Ex = Ey \frac{Nx}{Ny} \quad (6.2)$$

Dimana :

Ex : Harga alat pada tahun pembelian

Ey : Harga alat pada tahun referensi

Nx : Indeks harga pada tahun pembelian

Ny : Indeks harga pada tahun referensi

6.2 Dasar Perhitungan

Dasar perhitungan yang digunakan dalam analisis ekonomi pabrik asam fosfat adalah:

Kapasitas pabrik	= 280.000 ton/tahun
Satu tahun operasi	= 330 hari
Umur pabrik	= 10 tahun
Tahun pendirian pabrik	= 2027
Kurs mata uang	= 1 US\$ = Rp 15.092
Harga bahan baku (batuan fosfat)	= Rp 670.746.164.674,27/tahun
Harga bahan baku (asam sulfat)	= Rp 5.431.751.778.337,95/tahun
Harga produk utama (asam fosfat)	= Rp 10.446.078.720.000 /tahun
Harga produk samping (gypsum)	= Rp 4.425.275.251.312,94 /tahun

6.3 Perhitungan Biaya

a. Total Capital Investment

Capital investment merupakan jumlah pengeluaran yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik dan untuk mengoperasikan pabrik (Peters dan Timmerhaus, 2004). *Capital investment* terdiri dari:

1 *Fixed Capital Investment*

Fixed capital investment merupakan biaya yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas suatu pabrik (Peters dan Timmerhaus, 2004). Selanjutnya, melakukan perhitungan rencana maka pabrik asam fosfat ini memerlukan rencana *physical plant cost*, *direct plant cost*, *fixed capital instrument*.

2. *Working Capital Investment*

Working capital investment merupakan biaya yang diperlukan untuk menjalankan usaha atau modal dari suatu pabrik selama waktu tertentu.

b. Manufacturing Cost

Manufacturing Cost merupakan jumlah yang diperlukan untuk kegiatan produksi suatu produk. *Manufacturing Cost* adalah jumlah dari *Direct, Indirect* dan *Fixed Manufacturing Cost*, yang bersangkutan dalam pembuatan produk. Menurut Aries and Newton, 1955 *Manufacturing Cost* meliputi :

1) *Direct Cost*

Direct cost merupakan biaya pengeluaran yang berhubungan langsung dalam proses pembuatan suatu produk.

2) *Indirect Cost*

Indirect cost merupakan biaya pengeluaran sebagai akibat tidak langsung karena operasi suatu pabrik.

3) *Fixed Manufacturing Cost*

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

c. General Expenses

General Expenses atau pengeluaran umum merupakan biaya pengeluaran yang berkaitan dengan fungsi perusahaan dan tidak termasuk *manufacturing cost*. *General Expenses* meliputi :

1. Administrasi

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

2. Sales

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

3. Riset

Penelitian diperlukan untuk menjaga mutu dan inovasi ke depan. Untuk

industri kimia, dana riset sebesar 2,8% dari hasil penjualan.

d. Analisa Kelayakan

Analisa kelayakan merupakan suatu perancangan pabrik yang dilakukan untuk mengetahui keuntungan yang akan diperoleh tergolong besar atau tidak, sehingga dapat dikatakan pabrik tersebut potensial atau tidak. Studi kelayakan dari pabrik asam fosfat dilihat dari parameter-parameter ekonomi. Berikut beberapa cara yang menyatakan kelayakan adalah :

1. Return On Investment (ROI)

Return on investment adalah tingkat keuntungan yang dapat dihasilkan dari tingkat investasi yang telah dikeluarkan. Syarat ROI sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan risiko tinggi minimum adalah 44% (Aries dan Newton, 1955). Persamaan yang digunakan untuk menghitung percent return on investment adalah :

$$ROI = \frac{\text{keuntungan}}{\text{fixed capital}} \times 100\% \quad (6.3)$$

Profit suatu pabrik dapat dihitung berdasarkan *annual sales* (Sa) dan total *manufacturing cost*. *Finance* dapat dikatakan sebagai komponen yang berisikan pengembalian hutang selama pembangunan pabrik. Kondisi pabrik dengan risiko rendah mempunyai minimum ROI before tax sebesar 11%, sedangkan dalam pabrik dengan resiko tinggi mempunyai minimum ROI before tax sebesar 44%.

2. Pay Out Time (POT)

Pay out time adalah lama waktu pengembalian modal yang dihasilkan berdasarkan keuntungan yang dicapai. Syarat POT sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan risiko tinggi maksimal adalah 2 tahun (Aries dan Newton, 1955). Persamaan yang digunakan untuk menghitung POT adalah:

$$POT = \frac{\text{fixed capital investment}}{\text{keuntungan tahunan} + \text{depresiasi}} \quad (6.4)$$

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

3. Break Event Point (BEP)

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

$$BEP = \frac{Fa + 0,3 Ra}{(Sa - Va - 0,7 Ra)} \times 100\% \quad (6.5)$$

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

Terdapat tujuan utama perusahaan yaitu mendapatkan keuntungan atau laba secara maksimal bisa dilakukan dengan beberapa langkah sebagai berikut :

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

4. Shut Down Point (SDP)

Shut down point adalah tingkat produksi di mana biaya untuk melanjutkan operasi pabrik akan lebih mahal daripada biaya untuk menutup pabrik dan membayar *fixed cost*. Persamaan untuk menghitung SDP adalah sebagai berikut :

$$SDP = \frac{0,3 \times 332.754.994.287}{(Sa - Va - 0,7 Ra)} \times 100\% \quad (6.6)$$

5. Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR)

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

$$(FC + WC)(1 + i)^n = \sum_{n=0}^{n=n-1} (1 + i)^n + WC + SV \quad (6.7)$$

Keterangan :

FC = *Fixed capital*

WC = *Working capital*

SV = *Salvage value*

C = *Cash flow*

= (keuntungan setelah pajak + depresiasi + finance)

n = Umur pabrik

I = Nilai DCFR

6.4 Hasil Perhitungan

Dalam mendirikan pabrik asam fosfat memerlukan perencanaan keuangan dan analisis yang baik untuk meninjau apakah pabrik yang akan didirikan layak untuk didirikan atau tidak.

Tabel 6. 1 Physical Plant Cost

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Purchased Equipment cost</i>	554.948.123.878,22	36.771.012,71
2	<i>Delivered Equipment Cost</i>	138.737.030.969,56	9.192.753,18
3	Instalasi cost	86.,793.886.574,55	5.750.986,39
4	Pemipaan	128.609.227.708,78	8.521.682,20
5	Instrumentasi	138.015.598.408,51	9.144.950,86
6	Insulasi	20.671.817.614,46	1.369.720,22
7	Listrik	55.494.812.387,82	3.677.101,27
8	Bangunan	47.634.000.000	3.156.241,72
9	<i>Land & Yard Improvement</i>	149.808.000.000	9.926.318,58
<i>Physical Plant Cost (PPC)</i>		1.320.712.497.541,91	87.510.767,13

Tabel 6. 2 Direct Plant Cost

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Teknik dan Konstruksi	264.142.499.508,38	17.502.153,43
<i>Total (DPC + PPC)</i>		1.584.854.997.050,29	105.012.920,56

Tabel 6. 3 Fixed Capital Investment

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Total DPC + PPC	1.584.854.997.050,29	105.012.920,56
2	Kontraktor	63.394.199.882,01	4.200.516,82
3	Biaya tak terduga	158.485.499.705,03	10.501.292,06
<i>Fixed Capital Investment (FCI)</i>		1.806.734.696.637,33	119.714.729,44

Tabel 6. 4 Direct Manufacturing Cost

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp.)	Harga (\$)
1	<i>Raw Material</i>	6.102.497.943.052,22	404.353.163,47
2	<i>Labor</i>	14.484.000.000,00	959.713,76
3	<i>Supervision</i>	2.172.600.000,00	143.957,06
4	<i>Maintenance</i>	36.134.693.932,75	2.394.294,59
5	<i>Plant Supplies</i>	5.420.204.089,91	359.144,19
6	<i>Royalty and Patents</i>	148.713.541.713,13	9.853.799,48
7	<i>Utilities</i>	4.793.521.251.676,12	317.620.014,03
<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>		11.102.944.234.464,10	735.684.086,57

Tabel 6. 5 Indirect Manufacturing Cost

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp.)	Harga (\$)
1	<i>Payroll Overhead</i>	2.172.600.000,00	143.957,06
2	<i>Laboratory</i>	1.448.400.000,00	95.971,38
3	<i>Plant Overhead</i>	7.242.000.000,00	479.856,88
4	<i>Packaging and Shipping</i>	594.854.166.852,52	39.415.197,91
<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>		605.717.166.852,52	40.134.983,23

Tabel 6. 6 Fixed Manufacturing Cost

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp.)	Harga (\$)
1	<i>Depreciation</i>	144.538.775.730,99	9.577.178,35
2	<i>Propertu taxes</i>	18.067.346.966,37	1.197.147,29
3	<i>Insurance</i>	18.067.346.966,37	1.197.147,29
<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>		180.673.469.663,73	11.971.472,94

Tabel 6. 7 Manufacturing Cost

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp.)	Harga (\$)
1	<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	11.102,944.234.464,10	735.684.086,57
2	<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	605.717.166.852,52	40.134.983.23
3	<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	180.673.469.663,73	11.971.472.94
<i>Manufacturing Cost (MC)</i>		11.889.334870.980,40	787.790.542.74

Tabel 6. 8 Working Capital

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp.)	Harga (\$)
1	<i>Raw Material Inventory</i>	1.664.317.620.832,42	110.278.135,49
2	<i>In Process Inventory</i>	1.621.272.936.951,87	107.425.983,10
3	<i>Product Inventory</i>	1.080.848.624.634,58	71.617.322,07
4	<i>Extended Credit</i>	4.055.823.864.903,53	268.739.985,75
5	<i>Available Cash</i>	3.242.545.873.903,74	214.851.966,20
<i>Working Capital (WC)</i>		11.664.808.921.226,10	772.913.392,61

Tabel 6. 9 General Expenses

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp.)	Harga (\$)
1	<i>Administration</i>	237.786.697.419,61	15.755.810,85
2	<i>Sales expense</i>	1.426.720.184517,65	94.534.865,13
3	<i>Research</i>	237.786.697.419,61	15.755.810,85
4	<i>Finance</i>	269.430.872.357,27	17.852.562,44
<i>General Expense (GE)</i>		2.171.724.451.714,13	143.899.049,28

Tabel 6. 10 Total Production Cost

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp.)	Harga (\$)
1	<i>Manufacturing Cost (MC)</i>	11.889.334.870.980,40	787.790.542,74
2	<i>General Expense (GE)</i>	2.171.724.451.714,13	143.899.049,28
<i>Total Production Cost (TPC)</i>		14.061.059.322.694,50	931.689.592,02

Tabel 6. 11 Fixed Cost (Fa)

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp.)	Harga (\$)
1	<i>Depreciation</i>	144.538.775.730,99	9.577.178,35
2	<i>Property taxes</i>	18.067.346.966,37	1.197.147,29
3	<i>Insurance</i>	18.067.346.966,37	1.197.147,29
<i>Fixed Cost (Fa)</i>		180.673.469.663,73	11.971.472,94

Tabel 6. 12 Variable Cost (Va)

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp.)	Harga (\$)
1	<i>Raw material</i>	6.102.497.943.052,22	404.353.163,47
2	<i>Packaging & shipping</i>	594.854.166.852,52	39.415.197,91
3	<i>Utilities</i>	4.793.521.251.676,12	317620.014,03
4	<i>Royalties and Patents</i>	148.713.541.713,13	9.853.799,48
<i>Variable Cost (Va)</i>		11.639.586.903.294,00	771.242.174,88

Tabel 6. 13 Regulated Cost (Ra)

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp.)	Harga (\$)
1	<i>Labor cost</i>	14.484.000.000	959.713,76
2	<i>Plant overhead</i>	7.242.000.000	479.856,88
3	<i>Payroll overhead</i>	2.172.600.000	143.957,06
4	<i>Supervision</i>	2.172600.000	143.957,06
5	<i>Laboratory</i>	1.448.400.000	95.971,38
6	<i>Administration</i>	237.786.697.419,61	15.755.810,85
7	<i>Finance</i>	269.430872357,27	17.852.562,44
8	<i>Sales expense</i>	1,426.720.184.517,65	94.534.865,13
9	<i>Research</i>	237.786.697.419,61	15.755.810,85
10	<i>Maintenance</i>	36.134.693.932,75	2.394.294,59
11	<i>Plant supplies</i>	5.420.204.089,91	359.144,19
<i>Regulated Cost (Ra)</i>		2.240.798.949.736,79	148.475.944,19

6.5 Hasil Analisis Keuntungan

<i>Annulus sales (Sa)</i>	= Rp. 14.871.354.171.313
Total <i>production cost</i>	= Rp. 14.061.059.322.695
Keuntungan sebelum pajak	= Rp. 810.294.848.618,43
Pajak pendapatan	= 35 % (Aries & Newton, P.190)
	= Rp. 283.603.197.016
Keuntungan setelah pajak	= Rp. 526.691.651.602

6.6 Hasil Kelayakan Ekonomi

a. Return On Investment (ROI)

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

ROI sebelum pajak = 44,85%

ROI sesudah pajak = 29,15%

b. Pay Out Time (POT)

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

POT sebelum pajak = 2 tahun

POT sesudah pajak = 3 tahun

c. Break Event Point (BEP)

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

BEP = 51,28%

d. Shut Down Point (SDP)

$$SDP = \frac{0,3 \times 332.754.994.287}{(Sa - Va - 0,7 Ra)} \times 100\%$$

SDP = 40,42%

e. Discounted Cash Flow Rate Of Return (DCFR)

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

Umur pabrik = 10 tahun

Fixed Capital Investmen = Rp 1.806.734.696.637

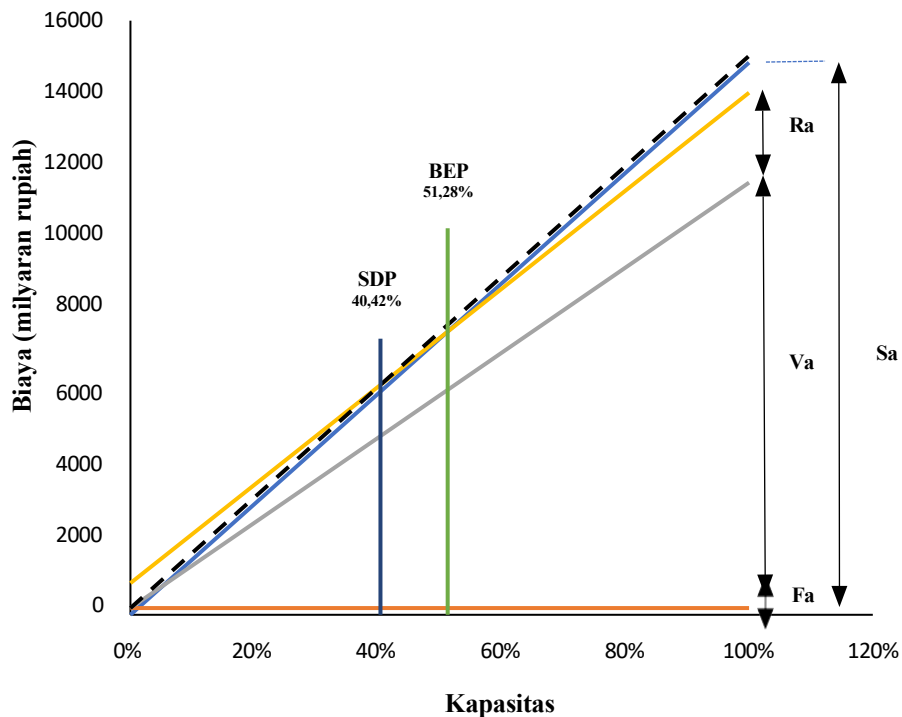
Working Capital = Rp 11.664.808.921.226

Salvage Value (SV) = Rp 144.538.775.731

Cash Flow (CF) = Rp 940.661.299.690

Sehingga diperoleh *trial & error* dapat dihitung nilai DCFR. Diperoleh nilai DCFR adalah:

DCFR = 12,96%



Gambar 6. 2 Grafik Evaluasi Ekonomi

Grafik BEP digunakan untuk mengetahui berapa total kapasitas yang harus di produksi dari kapasitas keseluruhan pabrik, dimana pabrik dalam kondisi untung dan tidak rugi atau dalam kata lain kembali modal. Sementara jika pabrik telah memproduksi produk dengan kapasitas produksi diatas titik BEP, pabrik akan disebut menguntungkan. Tetapi sebaliknya, jika pabrik memproduksi kurang dari titik BEP, maka dapat dikatakan pabrik mengalami kerugian. SDP adalah titik atau batas yang mengharuskan pabrik untuk ditutup karena mengalami kerugian besar.

Pabrik pembuatan asam fosfat dari batuan fosfat dan asam sulfat dengan kapasitas 280.000 ton/tahun digolongkan sebagai pabrik berisiko rendah karena tekanan operasi umumnya sedang yaitu (<10 atm), suhu operasi umumnya sedang yaitu (<1000°K), bahan yang digunakan juga umumnya mudah ditangani dan bukan merupakan bahan yang dilarang oleh pemerintah.

BAB VII

PENUTUP

7.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis, perancangan pabrik asam fosfat dari batuan fosfat dan asam sulfat dengan kapasitas 280.000 ton/tahun diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Pendirian pabrik asam fosfat dengan kapasitas 280.000 ton/tahun direncanakan akan didirikan di daerah Pangkah Kulon, Gresik, Jawa Timur. Pendirian pabrik bertujuan untuk memenuhi kebutuhan asam fosfat dalam negeri sehingga dapat mengurangi angka impor dari luar negeri, serta menciptakan lapangan kerja baru.
2. Ditinjau dari sifat bahan baku yang tidak berbahaya dan kondisi operasi pada suhu dan tekanan rendah, pabrik asam fosfat berisiko rendah.
3. Berdasarkan hasil analisis ekonomi perancangan pabrik asam fosfat dari batuan fosfat dan asam sulfat dengan kapasitas 280.000 ton/tahun didapatkan:
 - a. Keuntungan sebelum pajak
= Rp 810.294.848.618,43/tahun
 - b. Keuntungan setelah pajak
= Rp 526.691.651.602/tahun
 - c. *Return of investment* sebelum pajak (ROIb)
= 44,85%. Syarat ROI sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan risiko rendah minimum 11%. (Aries & Newton, 1955)
 - d. *Return of investment* setelah pajak (ROIa)
= 29,15 %
 - e. *Pay Out Time* sebelum pajak (POTb)
= 2 tahun.
 - f. *Pay Out Time* setelah pajak (POTa)
= 3 tahun. Syarat POT sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan risiko rendah maksimum adalah 5 tahun (Aries & Newton, 1955)
 - g. *Break Even Point* (BEP)
= 51,28 %. Syarat BEP untuk pabrik kimia pada umumnya 40-60% (Aries & Newton, 1955)

- h. *Shut Down Point (SDP)*
= 40,42%. Syarat SDP minimum untuk pabrik kimia pada umumnya 20% (Aries & Newton, 1955)
 - i. *Discounted Cash Flow Rate (DCFR)*
= 12,96%. Syarat DCFR minimum untuk pabrik kimia pada umumnya adalah 1,5 x bunga simpanan bank ($1,5 \times 3,5\% = 5,25\%$) (Aries & Newton, 1955).
4. Dari hasil seluruh tinjauan yang dilakukan mulai dari ketersediaan bahan baku, kondisi operasi proses serta hasil analisis ekonomi dapat disimpulkan bahwa pabrik asam fosfat dari batuan fosfat dan asam sulfat layak untuk didirikan.

7.2 Saran

Perancangan suatu pabrik kimia diperlukan pemahaman konsep dasar yang dapat meningkatkan kelayakan pabrik untuk didirikan, konsep-konsep tersebut diantaranya :

- a. Perancangan pabrik kimia tidak lepas dari produksi limbah, sehingga diharapkan berkembangnya pabrik-pabrik kimia yang lebih ramah lingkungan.
- b. Optimasi pemilihan seperti alat proses atau alat penunjang dan bahan baku perlu diperhatikan sehingga akan lebih mengoptimalkan keuntungan yang diperoleh.
- c. 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.
- d. Produk Asam Fosfat dapat digunakan sebagai sarana untuk memenuhi permintaan yang terus meningkat di masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik Republik Indonesia. (2022). Data Impor Minyak Kelapa Sawit Nasional. Diakses 2 Februari 2023, dari www.bps.go.id.
- Becker, P. (1989). *Phosphate and Phosphoric Acid, Raw Material, Technology, and Economics of The Wet Process*. 2nd Edition, Marcel Dekker, Inc., New York, 760pp.
- Brown, G. (1978). *Unit Operation*. Tokyo: Mc Graw Hill International Book Company
- Brownell, L. E. (1992). *Equipemnt Design*. New Delhi: Wiley Eastern Limited
- Chien, S. H. (1992). *Reactions of phosphate rock with acid soils of the humid tropics*. Proc. Workshop on Phosphate Sources for Acid Soil in the Humid Tropics of Asia. Kuala Lumpur, Malaysia.
- Coulson, J. a. (2005). *Chemical Engineering, An Introducing*. Oxford: Pergamon Press.
- Geankoplis, C. 1. (2003). *Transport Processes and Unit Operations*. New Jersey: Prentice-Hall International, Inc.
- Global phosphoric acid market size, *analysis report, 2020-2027*. Market Research Reports & Consulting | Grand View Research, Inc.
- Hammond, L. L., and L. A. Leon. (1978). *Agronomic effectiveness of natural and altered phosphate rocks from Latin America*. p. 503 – 518. IMPHOS Proc. 3rd Int. Cong. Phosphorus Compounds 4 – 6 Okt. 1983. Brussels, Belgium.
- Kern, D. (1965). *Process Heat Transfer*. Kogakusha: Mc. Graw Hill Book.
- McClellan, G.H. and Wheeler. (1979). *Mineralogy and Reactivity of Phosphate Rock for Direct application*. In Seminar on Phosphate rock for direct application. IFDC. pp.57-81.
- Moersidi, S. (1999). *Fosfat Alam sebagai Bahan Baku dan Pupuk Fosfat*. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat Bogor, Bogor, hal 1 – 39.
- Mc Cabe, W. L. (1976). *Unit Operation of Chemical Engineering*, 3rd ed. Singapore: Mc Graw Hill, Kogakusha , Ltd.
- Mineral commodity summaries 2011. (2011).

- Perry, R. a. (2000). *Perry's Chemical Engineer's Handbook* 7ed. New York: Mc Graw Hill Book Co., Inc.
- Perry, R. a. (2008). *Perry's Chemical Engineer's Handbook* 8 ed. New York: Mc Graw Hill Book Co., Inc.
- Yaws, C. L. (1999). *Chemical Properties Handbook: Physical, Thermodynamic, Environmental, Transport, Safety, and Health Related Properties for Organic and Inorganic Chemicals*, McGrawHill handbooks.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Perhitungan Reaktor

Kode	: R 01-03
Fase	: Padat-Cair
Jenis	: Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)
Bentuk	: <i>Silinder vertikal dengan head and bottom berbentuk torispherical</i>
Bahan Konstruksi	: <i>Stainless Steel SA 299 Grade 3 Type 304</i>
Fungsi	: Mereaksikan senyawa $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ dengan H_2SO_4 serta H_2O
Kondisi Operasi	: Suhu : 70°C Tekanan : 1 atm
Konversi	: 95%

A. Menentukan Ukuran Reaktor

1. Ukuran Reaktor

$$\begin{aligned}V_l &= 91,478 \text{ m}^3 \\V_t &= \text{Overdesign} \times V_l \\&= 120\% \times 91,477 \text{ m}^3 \\&= 109,774 \text{ m}^3 \quad = 28.999,202 \text{ gallon} \\&= 28.999,202 \text{ gallon}/3 = 9.666,401 \text{ gallon}\end{aligned}$$

Reaktor Standart

$$\begin{aligned}\text{Kapasitas nominal} &= 10.000 \text{ gallon} \\ \text{Kapasitas terpasang} &= 10.775 \text{ gallon} \\ \text{Diameter luar, } D_o &= 144 \text{ in} = 3,658 \text{ m} \\ \text{Tinggi reaktor, } h &= 135 \text{ in} = 3,429 \text{ m} \\ \text{Luas perpindahan kalor yang tersedia} &= 230 \text{ ft}^2 = 21,368 \text{ m}^2\end{aligned}$$

2. Tebal Dinding Reaktor

<i>Allowable Stress (Fall)</i>	= 18.750 psi	= 129.276,7 kPa
Faktor Korosi (<i>C''</i>)	= 1,5 mm	= 0,0015 m
Faktor korosi berkisar antara	0,13 mm sampai 0,15 mm/tahun	
<i>Overdesign</i>	= 0,15 mm/tahun	
Umur Reaktor	= 10 tahun	
Effisiensi Sambungan (<i>e</i>)	= 0,85	
Tekanan Perancangan	= 1,5 x tekanan operasi	
	= 1,5 atm x 1 atm	
	= 1,5 atm	= 151,988 kPa
Tekanan Lingkungan	= 1 atm	= 101,325 kPa
<i>P_{gauge}</i>	= tekanan perancangan - tekanan lingkungan	
	= 151,988 kPa - 101,325 kPa	
	= 50,6625 kPa	
Jari-jari Luar (<i>R_o</i>)	= <i>D_o</i> /2	
	= 3,658 m	
	= 1,829 m	

Tebal Dinding

$$ts = \frac{P_{gauge} R_o}{fall \varepsilon + 0.4 P_{gauge}} + C''$$

Keterangan :

<i>ts</i>	: Tebal dinding, m
<i>P_{gauge}</i>	: Tekanan terukur, kPa
<i>R_o</i>	: Jari-jari luar vessel, m
<i>Fall</i>	: <i>Allowable Stress</i> , kPa
<i>e</i>	: Effisiensi Sambungan
<i>C''</i>	: Faktor korosi, m

$$ts = \frac{50,6625 \text{ kPa} \times 1,829 \text{ m}}{129276,7 \text{ kPa} + 0.4 \times 50,6625 \text{ kPa}} + 0,00015 \text{ m}$$

$$= 0,002343 \text{ m} = 1/16 \text{ in}$$

Dipilih tebal standart (*t*) = 7/16 in

$$\begin{aligned} BC &= r - icr \\ &= 3,658 \text{ m} - 0,222 \text{ m} \\ &= 3,435 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b &= r - (BC^2 - AB^2)^{0,5} \\ &= 3,658 \text{ m} - ((3,435 \text{ m})^2 - (1,595 \text{ m})^2)^{0,5} \\ &= 0,615 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} OA &= t + b + sf \\ &= 0,111 \text{ m} + 0,615 \text{ m} + 0,0508 \text{ m} \\ &= 2,623 \text{ m} \end{aligned}$$

Tinggi Reaktor

$$\begin{aligned} H_{total} &= H_t + 2 \times \text{tinggi head} \\ &= 3,429 \text{ m} + 2 \times 2,623 \text{ m} \\ &= 8,682 \text{ m} \end{aligned}$$

B. Menentukan Pengaduk

1. Jenis Pengaduk

Jenis = *Flat Six Blade Turbine with Disk*

2. Ukuran Pengaduk

B = Lebar *Baffle*, m

Di = Diameter pengaduk, m

Ht = Tinggi lurus reaktor, m

W = Lebar sudut, m

Z = Elevasi pengaduk, m

r = Panjang *blade impeler*

s = Panjang *blade* dari pusat bantalan

$$\begin{aligned} Di &= 1/3 \times Dt \\ &= 1/3 \times 3,635 \text{ m} \\ &= 1,212 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B &= 1/12 \times Dt \\ &= 1/12 \times 3,635 \text{ m} \\ &= 0,303 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W &= 1/5 \times D_i \\
 &= 1/5 \times 1,212 \text{ m} \\
 &= 0,242 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 r &= 1/4 \times D_i \\
 &= 1/4 \times 1,212 \text{ m} \\
 &= 0,303 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 s &= 1/8 \times D_i \\
 &= 1/8 \times 1,212 \text{ m} \\
 &= 0,151 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 z &= 1/3 \times H_t \\
 &= 1/3 \times 3,429 \text{ m} \\
 &= 1,143 \text{ m}
 \end{aligned}$$

3. Kecepatan Putar Pengaduk

Kecepatan putar berkisar 500ft/menit sampai 700 ft/menit

$$v = 500 \text{ ft/menit} = 152,4 \text{ m.menit}$$

$$\begin{aligned}
 \text{rpm} &= v \times (1/\pi \times D_i) \\
 &= 152,4 \text{ m.menit} \times (1/\pi \times 1,212 \text{ m}) \\
 &= 40,032 \text{ rotasi/menit}
 \end{aligned}$$

Tabel Lampiran 1 Viskositas Fluida yang Diaduk

KOMPONEN	Kg/jam	FRAKSI MASSA	μ (cP)	$x_{\text{massa}} \cdot \mu$
H ₂ SO ₄	232564.256	0.20496732	6.784956465	1.3906943
H ₂ O	902076.4063	0.79503268	0.400987652	0.3187983
H ₃ PO ₄			0.90658769	0
Total	1134640.662	1		1.7094926

Viskositas fluida yang diaduk

$$\mu_l = 1,7095 \text{ cP} = 0,001709 \text{ kg/m.s}$$

Rapat massa

$$\begin{aligned}\rho_l &= \text{Kecepatan massa/ kecepatan volume} \\ &= 1134640.662 \text{ kg/jam}/0,0293 \text{ m}^3/\text{s} \\ &= 1.075,701 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}N &= \text{rpm}/60 \\ &= 40,032 \text{ rotasi/menit}/60 \\ &= 0,667 \text{ s}^{-1}\end{aligned}$$

Bilangan Reynold

$$Re = \frac{\rho_l N D_i^2}{\mu_l}$$

Keterangan :

Re : Bilangan Reynold
 μ_l : Viskositas fluida yang diaduk, kg/m.s

$$\begin{aligned}Re &= \frac{1.075,701 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 0,667 \text{ m}^{-1} \times (1,212 \text{ m})^2}{0,0017709 \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}}} \\ &= 616.504,581\end{aligned}$$

4. Daya Penggerak

$$Po = N_p \rho_l N^3 D_i^5$$

Keterangan :

Di : Diameter pengaduk, m
N : Kecepatan putar, 1/s
Np : Bilangan daya
Po : Daya penggerak, watt
 ρ_l : Rapat massa fluida yang diaduk, kg/m³

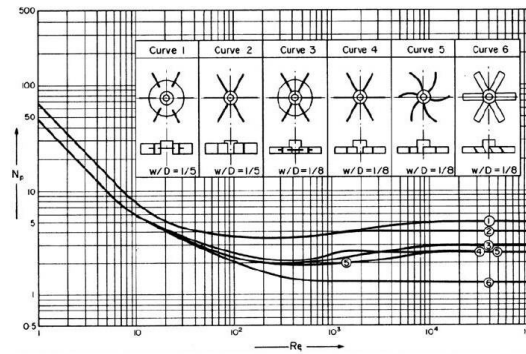


Figure 10.59. Power correlations for baffled turbine impellers, for tank with 4 baffles [from Uhl and Gray (1967) with permission]. w = impeller width, D = impeller diameter.

Gambar Lampiran 2 Power Correlations

$Re > 100.000$ dari gambar di atas diperoleh $N_p = 4$

$$P_o = 4 \times 1.075,701 \text{ kg/m}^3 \times (0,667 \text{ s}^{-1})^3 \times (1,212 \text{ m})^5$$

$$P_o = 3.339,329 \text{ kg.m m/s}^2 \cdot \text{s} = 3.339,33 \text{ watt}$$

$$= 4,478 \text{ hp}$$

Table 3.1. Approximate Efficiencies of Electric Motors

Size (kW)	Efficiency (%)
5	80
15	85
75	90
200	92
750	95
>4000	97

Gambar Lampiran 3 Effisiensi Motor

Effisiensi motor = 80%

Daya Penggerak Motor yang Diperlukan

Daya = Effisiensi/ P_o

$$= 80\%/3.339,33 \text{ watt}$$

$$= 4.174,161 \text{ watt} = 5,598 \text{ hp}$$

Maka, motor standar yang digunakan ialah motor induksi dengan daya sebesar $7 \frac{1}{2}$ hp

C. Perpindahan Kalor

1. Neraca Panas Reaktor

Kecepatan panas masuk - kecepatan panas keluar + panas yang timbul
karena reaksi - panas yang harus diserap = akumulasi

$$Q_{reaktan} + Q_{reaksi} + Q_{produk} - Q_{pp} = 0$$

$$T_{ref} = 25^{\circ}\text{C}$$

$$T_{in} = 70^{\circ}\text{C}$$

Tabel Lampiran 2 Qreaktan

KOMPONEN	ARUS 3	ARUS 4	ARUS 5	ARUS 6	$\int C_p \cdot dT$ (kJ/kmol.k)	$Q = n_i \cdot \int C_p \cdot dT$ (kJ/jam)
Ca ₃ (PO ₄) ₂	66521,0898				1777.5	381423.3456
CaO	1260,7118				1894.05	42640.20132
MgO	1260,7118				1708.722609	53855.17089
Fe ₂ O ₃	444,9571				4666.5	12977.45257
Al ₂ O ₃	964,0738				3751.283898	35456.02345
SiO ₂	3707,9760				2047.050938	126506.9298
H ₂ SO ₄		232564,2560			6439.806478	15282334.72
H ₂ O		4746,2093	897330,1970		3385.062502	169643612.1
CaSO ₄ · 2H ₂ O					2106	0
H ₃ PO ₄	66521,0898			1.893,823	4770	92178.94635
Total		1210694,0059			32545.97642	185670984.8

$$Q_{reaktan} = 185.670.984,8 \text{ kJ/jam}$$

Enthalpy reaksi pada keadaan standart

$$\Delta H_{r0} = 10.219,88 \text{ kJ/kmol}$$

$$Q_r = -F_{a0} \cdot x_a \cdot \Delta H_{r0}$$

$$= 214,5842 \text{ kmol/jam} \times 0.454195926 \times 10.219,88 \text{ kJ/kmol}$$

$$= -996.062,735 \text{ kJ/jam}$$

Panas yang dibawa oleh produk keluar

$$T_{ref} = 25^{\circ}\text{C}$$

$$T_{out} = 70^{\circ}\text{C}$$

Tabel Lampiran 3 Qproduk

KOMPONEN	ARUS 7 (Kg/Jam)	Ni	fCp.dT (kj/kmol.k)	Q = ni.fCp.dT (kj/jam)
Ca ₃ (PO ₄) ₂	36307.48184	117.1209092	1777.5	208182.416
CaO	1260.711847	22.51271155	1894.05	42640.20132
MgO	1260.711847	31.51779617	1708.722609	53855.17089

Tabel Lampiran 3 Qproduk (Lanjutan)

KOMPONEN	ARUS 7 (Kg/Jam)	Ni	fCp.dT (kj/kmol.k)	Q = ni.fCp.dT (kj/jam)
Fe ₂ O ₃	444.9571225	2.780982015	4666.5	12977.45257
Al ₂ O ₃	964.0737653	9.451703582	3751.283898	35456.02345
SiO ₂	3707.97602	61.79960034	2047.050938	126506.9298
H ₂ SO ₄	203910.0601	2080.714899	6439.806478	13399401.28
H ₂ O	891550.3751	49530.57639	3385.062502	167664096.9
CaSO ₄ . 2H ₂ O	50291.03777	292.3897545	2106	615772.823
H ₃ PO ₄	20996.62051	214.2512297	4770	1021978.366
Total	1210694.006	52363.11598	32545.97642	183180867.5

$$Q_{\text{produk}} = 183.180.867,5 \text{ kJ/jam}$$

Panas yang diserap oleh media pendingin

$$Q_{\text{pp}} = Q_{\text{reaktan}} + Q_{\text{r}} - Q_{\text{produk}}$$

$$= 185.670.984,8 \text{ kJ/jam} + (-996.062,735 \text{ kJ/jam}) - 183.180.867,5 \text{ kJ/jam}$$

$$= 1.494.054,58 \text{ kJ/jam}$$

Neraca Panas Total

Tabel Lampiran 4 Neraca Panas Reaktor

Masuk	kJ/jam	Keluar	kJ/jam
Arus Masuk	185670984.8	Arus Keluar	183180867.5
		Pendingin	2490117.31
Total	185670984.8		185670984.8

2. Menentukan Kebutuhan Pendingin

Media pendingin adalah *cooling water*

$$\text{Suhu air masuk (t1)} = 30^{\circ}\text{C} = 303,15^{\circ}\text{K}$$

$$\text{Suhu air keluar (t2)} = 45^{\circ}\text{C} = 318,15^{\circ}\text{K}$$

$$\text{Suhu rerata (tav)} = 37,5^{\circ}\text{C} = 310,65^{\circ}\text{K}$$

Sifat fisi air pada suhu rerata

$$\text{Kapasitas panas (cP air)} = 4,184 \text{ kJ/kg.K}$$

$$\text{Viskositas (\mu air)} = 0,7 \text{ cP}$$

$$\text{Rapat massa (\rho_{air})} = 991,056 \text{ kg/m}^3$$

Massa air pendingin yang diperlukan

$$m_{air} = \frac{Q_t}{c_{p_{air}} (t_2 - t_1)}$$

Keterangan :

cPair : Kapasitas panas air, kJ/kg.K

mair : Kecepatan massa air, kg/jam

Qt : Beban panas total, kJ/jam

t1 : Suhu air pendingin masuk, °K

t2 : Suhu air pendingin keluar, °K

$$\begin{aligned} m_{air} &= \frac{1.494.054,58 \text{ kJ/jam}}{4,184 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \cdot \text{K} (318,15^{\circ}\text{K} - 303,15^{\circ}\text{K})} \\ &= 23.805,841 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Beda suhu rerata

$$\text{LMTD} = \frac{\Delta t_2 - \Delta t_1}{\ln\left(\frac{\Delta t_2}{\Delta t_1}\right)}$$

$$\text{LMTD} = \frac{40 - 25}{\ln\left(\frac{40}{25}\right)}$$

$$\text{LMTD} = 31,915^{\circ}\text{K}$$

3. Menghitung Luas Transfer Panas

Nilai U_d untuk *aqueous solutions* dan *water* ialah 400-700 J/m².sK

$$U_d = 700 \text{ J/m}^2.\text{sK} = 0,7 \text{ kJ/m}^2.\text{sK}$$

$$A = \frac{Q_{pp}}{U_d LMTD}$$
$$A = \frac{1.494.054,58 \text{ kJ/jam} / 3600}{0,7 \text{ kJ/m}^2.\text{sK} \times 31,915 \text{ K}}$$
$$A = 18,58 \text{ m}^2$$

4. Menghitung Luas Selubung Reaktor

Luas selimut

$$\text{Atersedia} = \pi \times D_t \times H$$
$$= \pi \times 3,635 \text{ m} \times 0,8 \times 3,429 \text{ m}$$
$$= 31,521 \text{ m}^2$$

5. Perancangan Coil Pendingin

$$t_{av} = \frac{303,15 + 318,15}{2} = 310,65^\circ\text{K}$$

$$q_f = \text{mair/rapat massa air}$$
$$= 23.805,841 \text{ kg/jam} / 991,056 \text{ kg/m}^3 / 3600$$
$$= 0,01 \text{ m}^3/\text{s} = 0,2357 \text{ ft}^3/\text{s}$$

$$p_f = \text{mair} \times (0,3048)^3 / 0,4536$$
$$= 991,056 \text{ kg/m}^3 \times (0,3048)^3 / 0,4536$$
$$= 61,869 \text{ lb}^3/\text{s}$$

$$\text{Diopt} = 3,9 \times q_f^{0,45} \times p_f^{0,13}$$
$$= 3,9 \times (0,2357 \text{ ft}^3/\text{s})^{0,45} \times (61,869 \text{ lb}^3/\text{s})^{0,13}$$

Pipa standart

$$\text{Dipilih} = 3 \text{ in Sch. No40}$$
$$\text{Diameter luar (OD)} = 3,5 \text{ in} = 0,0889 \text{ m}$$
$$\text{Diameter dalam (ID)} = 3,068 \text{ in} = 0,0779 \text{ m}$$

Luas permukaan luar pipa

$$a'' = \pi \cdot OD$$

$$a'' = \pi \times 0,0889 \text{ m}$$

$$a'' = 0,2793 \text{ m}$$

Panjang pipa

$$L = A/a''$$

$$= 18,58 \text{ m}^2 / 0,2793 \text{ m}$$

$$= 66,516 \text{ m}$$

Pipa dilengkungkan dalam bentuk *coil*, dengan diameter = 0,7Dt

$$Dc = 0,7 \times Dt$$

$$= 0,7 \times 3,635 \text{ m}$$

$$= 2,545 \text{ m}$$

$$\text{Keliling (K)} = \pi \times Dc$$

$$= \pi \times 2,545 \text{ m}$$

$$= 7,995 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah lingkaran koil} = L/K$$

$$= 66,516 \text{ m} / 7,995 \text{ m}$$

$$= 8$$

$$\text{Tinggi koil (H)} = \text{Jumlah lingkaran koil} \times OD + (\text{Jumlah lingkaran koil} - 1) \times OD$$

$$= 8 \times 0,0889 \text{ m} + (8 - 1) \times 0,0889 \text{ m}$$

$$= 1,335 \text{ m}$$


Lampiran 3 Kartu Konsultasi Bimbingan Prarancangan Pabrik

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

1. Nama Mahasiswa : Nur Farida Zulfalaila
No. MHS 19521171
 2. Nama Mahasiswa : Ranny Ramadhani
No. MHS 19521107
- Judul Prarancangan *) :

**PRA RANCANGAN PABRIK ASAM FOSFAT DARI BATUAN FOSFAT DAN
ASAM SULFAT DENGAN KAPASITAS 280.000 TON/TAHUN**

- Mulai Masa Bimbingan : 10 Oktober 2022
Batas Akhir Bimbingan : 06 Oktober 2023

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1.	10/10/2022	Perkenalan dan pengarahan awal	
2.	25/10/2022	Kinetika reaksi dan penentuan kapasitas	
3.	30/11/2022	Konsultasi pergantian judul	
4.	15/02/2023	Pengecekan luaran 1 dan pemilihan proses	
5.	21/03/2023	Konsultasi spesifikasi bahan baku dan neraca massa	
6.	23/05/2023	Penyampaian progress	
7.	29/05/2023	Optimasi dan perancangan reaktor	
8.	20/06/2023	Alat besar dan alat kecil	
9.	17/07/2023	Penyampaian progress	
10.	4/08/2023	Evaluasi ekonomi dan Penyampaian progress	

**Disetujui Draft Penulisan:
Yogyakarta, 8 Agustus 2023
Pembimbing,**



Prof. Ir. Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph. D.

- *) Judul PraRancangan Ditulis dengan Huruf Balok
- Kartu Konsultasi Bimbingan dilampirkan pada Laporan PraRancangan
- Kartu Konsultasi Bimbingan dapat difotocopy