

**PRARANCANGAN PABRIK KALSIMUM SULFAT DIHIDRAT (GIPSUM)
DARI BATUAN FOSFAT DAN ASAM SULFAT KAPASITAS
100.000 TON/TAHUN**

TUGAS AKHIR

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia**



Disusun Oleh:

Anta Ickhlasul Amal	19521151
Sheila Fathimatuz Zahra	19521142

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

2023

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL
PRARANCANGAN PABRIK KALSIUM SULFAT DIHIDRAT DARI
BATUAN FOFAT DAN ASAM SULFAT DENGAN KAPASITAS 100.000
TON/TAHUN

Kami yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	: Anta Ickhlasul Amal	Nama	: Sheila Fathimatuz Zahra
NIM	: 19521151	NIM	: 19521142

Yogyakarta, 08 Agustus 2023

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

Tanda tangan,



Anta Ickhlasul Amal

Tanda tangan,



Sheila Fathimatuz Zahra

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

**PRARANCANGAN PABRIK KALSIUM SULFAT DIHIDRAT DARI BATUAN
FOFAT DAN ASAM SULFAT DENGAN KAPASITAS 100.000 TON/TAHUN**

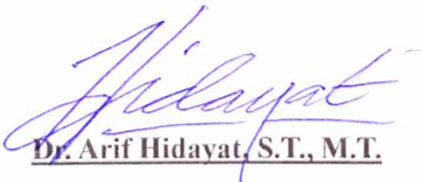
PRARANCANGAN PABRIK

Oleh:

Nama	: Anta Ickhlasul Amal	Nama	: Sheila Fathimatuz Zahra
NIM	: 19521151	NIM	: 19521142

Yogyakarta, 08 Agustus 2023

Pembimbing


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

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

PRANCANGAN PABRIK KALSIMUM SULFAT DIHIDRAT (GIPSUM) DARI BATUAN FOSFAT
DAN ASAM SULFAT DENGAN KAPASITAS 100.000 TON/TAHUN

PRARANCANGAN PABRIK

Oleh:

Nama: Anta Ickhlasul Amal

No. Mahasiswa: 19521151

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, 23 Agustus 2023

Tim Penguji

Ketua

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

Anggota I

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

Anggota II

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



Handwritten signatures of the examiners. The top signature is 'Arif Hidayat'. Below it are two other signatures, one of which includes the date '13/8/23'.

Mengetahui:

Ketua Program Studi Teknik Kimia

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia



Handwritten signature of Shaleh Ma'mun.

Shaleh Ma'mun, S.T., M.Eng., Ph.D.

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Alhamdulillah *abilalamin*, puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena dengan rahmat, karunia, serta taufik dan hidayah-Nya lah sehingga penulis dapat menyelesaikan seluruh rangkaian pelaksanaan tugas akhir yang berjudul **“Prarancangan Pabrik Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum) dari Batuan Fosfat dan Asam Sulfat Dengan Kapasitas 100.000 Ton/Tahun”** ini yang dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Kimia pada Program Studi Teknik Kimia, Universitas Islam Indonesia.

Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada junjungan kita Pemuda Arab Nabi besar Muhammad SAW, tercurahkan pula kepada keluarga, sahabat dan kita selaku umat-Nya hingga akhir zaman.

Dalam penulisan laporan Prarancangan Pabrik Kimia ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Allah SWT, atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat mengerjakan Laporan Prarancangan Pabrik kimia ini.
2. Kedua Orang Tua kami yang telah memberikan banyak do'a, motivasi serta dukungan dalam pelaksanaan Laporan Prarancangan Pabrik Kimia ini maupun dalam penyelesaian Laporan Prarancangan Pabrik Kimia ini Bapak Dr. Arif Hidayat, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan dalam penyusunan Prarancangan Pabrik Kimia ini.
3. Ibu Ifa Puspasari, S.T., M.Eng., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
4. Teman-teman mahasiswa Teknik Kimia, Universitas Islam Indonesia atas semua bantuan dan dukungannya selama ini.

5. Semua pihak yang tidak disebutkan yang telah banyak membantu terjalannya Laporan Prarancangan Pabrik Kimia ini.

Dalam penyusunan Laporan Prarancangan Pabrik Kimia ini disusun dengan sebaik-baiknya namun penulis menyadari bahwa masih banyak terdapat kekurangan dan keterbatasan, oleh karena itu penulis memohon maaf atas ketidaksempurnaan ini karena kesempurnaan hanyalah milik Allah SWT. Penulis berharap semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat dimanfaatkan dan dapat memberikan sumbangsih pemikiran untuk perkembangan pengetahuan bagi penulis maupun bagi pihak yang berkepentingan.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta, Agustus 2023

Penulis

LEMBAR PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirobbil' alamin

This Masterpiece was presented to

Allah SWT the Most Gracious and Merciful, I offer my heartfelt gratitude for His unwavering guidance and support throughout the completion of my final project. Without His divine assistance, I could not have achieved this milestone. Alhamdulillah (Praise be to Allah)!"

The one and only To my dear mother Siti Julaikha and my supportive Ayunie nurul azmi and Asmat dhani Zumardi, I want to express my heartfelt appreciation for your indirect yet invaluable contributions in helping me successfully complete my final project. Your unwavering encouragement, understanding, and presence have been my constant motivation. I couldn't have done it without you both. Thank you for always being there for me

To our esteemed mentor Dr. Arif Hidayat, S.T., M.T. I want to extend my sincere gratitude for your invaluable guidance and support, even amidst your busy schedule, to this humble and sometimes clueless student. Your patience, wisdom, and dedication have been instrumental in shaping my academic journey. I truly appreciate your unwavering belief in me. Thank you for everything.

Dear Sheila Fathimatuz Zahra, just like in a Taylor Swift song, you've been there through thick and thin, and I want to say thank you for being my partner in this incredible journey to earn our degrees. You've been the 'calm to my storm,' and I'll cherish the memories we've made. As Taylor Swift would sing it, 'You belong with me,' and I couldn't have asked for a better partner. Thank you for being my rock and my confidante. Here's to our 'long live' everyday since then.

Honorable to all my clueless friends that already exist in this damn world, even your existence disrupting the world balances (Banun Syafikurrosyad, Nabil Dzaky

Naufal, Muhammad Difa, Rifqi Arif Munandar, Irfan Muhammad, Fuad Alfandy, Zendi Ahmad Maghrobi, Muhammad Zulfikri, Imaduddin Abdul Karim, Kadek Helmy Attahanif Putra Artana, Ahmad Faishal Khawarizmi, Zahid Fajri Ramadhan). And my beloved college friends that give me a lesson how this world work (Syarif Luthfi Muhammad Azmi Assegaf, Yandi Riyanto, Sheren Isnaina Shafa, Silvi Zunyazizmy, Muhammad Satria Nuruddin, Nadia Chairunnisa Fitri, Azka Nabilah Auliyaurrohman, Dzulham Lour Mokobombang. There's nothing left to say than Thank you.

My comrades in Chemical Engineering who I can't mention them one by one. For all the memories I have gained in college. May we all be successful in this world and the hereafter.

All parties who have provided a lot of help and guidance in preparing this final assignment from start to finish.

Last but certainly not least, I wanna thank me, maybe I'm just not better than this I haven't tried, for all the voices that surrounding in my head contnously, for the day and night I spent, I just wish that I could wake up from the lifes that feels like daydream, cause I ain't tryna be the one been through this a thousand time, where I wish I was strong. Thank you, dear self, for getting this far and for the resilience to face the obstacles that lie ahead on this journey called life. As I reflect on the path I've walked, I acknowledge the strength and determination within me that have carried me through every challenge. I am my own hero, and I will continue to embrace the unknown with courage. Here's to a future filled with growth, learning, and unwavering self-belief.

Anta Ickhlasul Amal

Teknik Kimia 2019

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL	I
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....	II
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	III
KATA PENGANTAR	IV
LEMBAR PERSEMBAHAN	VI
DAFTAR ISI.....	VIII
DAFTAR TABEL.....	XII
DAFTAR GAMBAR	XVI
DAFTAR.....	XVII
LAMBANG/NOTASI/SINGKATAN	XVII
ABSTRAK	XIX
ABSTRACT.....	XX
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. LATAR BELAKANG	1
1.2. PENENTUAN KAPASITAS PABRIK.....	2
1.2.1. Kebutuhan Pemasaran Produk di Indonesia.....	3
1.2.2. Kapasitas Komersial	7
1.3. TINJAUAN PUSTAKA	9
1.3.1 Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum).....	9
1.3.2 Batuan Fosfat	10
1.3.3 Asam Sulfat	12
1.3.4 Asam Fosfat	13
1.4. PEMILIHAN PROSES	14
1.4.1 Pembuatan Gypsum dari CaCl_2 dan H_2SO_4	14
1.4.2 Pembuatan Gypsum dari Gypsum Rock.....	15
1.5. TINJAUAN TERMODINAMIKA DAN KINETIKA	17
1.5.1 Tinjauan Termodinamika.....	17
1.5.2 Tinjauan Kinetika	20

BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	22
2.1.1 Batuan Fosfat	22
2.1. SPESIFIKASI PRODUK.....	23
2.2. PENGENDALIAN KUALITAS.....	24
2.3.1. Pengendalian Kualitas Bahan Baku	25
2.3.2. Pengendalian Kualitas Proses Produksi	25
2.3.3. Pengendalian Kualitas Produk	27
2.3.4. Pengendalian terkait Waktu Produksi	27
BAB III PERANCANGAN PROSES.....	28
3.1 DIAGRAM ALIR PROSES DAN MATERIAL	28
3.2 URAIAN PROSES	30
3.2.1 Persiapan Bahan Baku	30
3.2.2 Tahap Reaksi	31
3.2.3 Tahap Pemisahan dan Pemurnian Produk	32
3.3 SPESIFIKASI ALAT	34
3.3.1 Spesifikasi Reaktor	34
3.3.2 Spesifikasi Alat Pemisah dan Operasi Pendukung	35
3.3.3 Spesifikasi Alat Penyimpan Bahan.....	41
3.3.4 Spesifikasi Alat Transportasi	45
3.3.5 Spesifikasi Alat Penukar Panas	52
3.4 NERACA MASSA	56
3.4.1 Neraca Massa Crusher	56
3.4.2 Neraca Massa Ball Mill	56
3.4.3 Neraca Massa Mixer	57
3.4.4 Neraca Massa Reaktor 1	57
3.4.5 Neraca Massa Reaktor 2	58
3.4.6 Neraca Massa Filter	59
3.4.7 Neraca Massa Rotary Dryer.....	60
3.4.8 Neraca Massa Evaporator	60
3.5 NERACA PANAS.....	61
3.5.1 Neraca Panas Mixer	61
3.5.2 Neraca Panas Reaktor 1	61
3.5.3 Neraca Panas Reaktor 2	61
3.5.4 Neraca Panas Filter	62
3.5.5 Neraca Panas Rotary Dryer.....	62
3.5.6 Neraca Panas Evaporator	62

BAB IV PERANCANGAN PABRIK	64
4.1 PENENTUAN LOKASI PABRIK	64
4.1.1 Faktor Primer	64
4.1.2 Faktor Sekunder	66
4.2 TATA LETAK PABRIK (PLAN LAYOUT)	67
4.3 TATA LETAK MESIN/ALAT PROSES (MACHINES LAYOUT)	69
4.3.1 Aliran Bahan Baku dan Produk	69
4.3.2 Aliran Udara	69
4.3.3 Pencahayaannya	70
4.3.4 Lalu lintas manusia dan kendaraan	70
4.3.5 Pertimbangan Ekonomi	70
4.3.6 Jarak Antar Alat Proses	70
4.4 ORGANISASI PERUSAHAAN	72
4.4.1 Bentuk Perusahaan	72
4.4.2 Struktur Organisasi	74
4.5 TUGAS DAN WEWENANG	76
4.5.1 Dewan Komisaris	76
4.5.2 Direktur Utama	76
4.5.3 Kepala Bagian	77
4.5.4 Kepala Seksi	78
4.6 JAM KERJA KARYAWAN	79
4.6.1 Karyawan non-shift	79
4.6.2 Karyawan Shift	79
4.7 STATUS, SISTEM PENGAJIAN, DAN PENGGOLONGAN PEKERJA	81
4.7.1 Jumlah Karyawan	81
4.7.2 Penggolongan jabatan	82
4.7.3 Sistem Gaji Pegawai	83
4.8 CATATAN	84
4.9 KESEJAHTERAAN PEGAWAI	85
4.9.1 Tunjangan	85
4.9.2 Cuti	85
4.9.3 Pakaian Pekerja	85
4.9.4 Pengobatan	86
4.9.5 Badan Penyelenggaraan Jaminan Sosial Tenaga Kerja	86
BAB V UNIT UTILITAS	87
5.1 UNIT PENYEDIAAN AIR DAN PENGOLAHAN AIR	87

5.1.1	Air Proses.....	88
5.1.2	Air Domestik	88
5.1.3	Air Layanan Umum (Service Water).....	90
5.1.4	Air Pendingin.....	90
5.1.5	Air Umpan Boiler	91
5.2	UNIT PEMBANGKIT STEAM.....	100
5.3	UNIT PEMBANGKIT LISTRIK	101
5.4	UNIT PENYEDIA UDARA TEKAN	103
5.5	UNIT PENYEDIA BAHAN BAKAR.....	104
5.6	UNIT PENGOLAHAN LIMBAH	104
5.7	SPESIFIKASI ALAT UTILITAS.....	105
BAB VI EVALUASI EKONOMI		117
6.1	PENAKSIRAN HARGA PERALATAN.....	118
6.2	PERHITUNGAN BIAYA.....	120
6.2.1	Total Capital Investement.....	120
6.2.2	Manufacturing Cost	120
6.2.3	General Expense	121
6.2.4	Analisa Kelayakan	121
6.2.5	Hasil Perhitungan.....	125
6.2.6	Analisa Keuntungan.....	128
6.2.7	Hasil Kelayakan.....	128
BAB VII PENUTUP		131
7.1	KESIMPULAN.....	131
7.2	SARAN.....	132
DAFTAR PUSTAKA		134
LAMPIRAN.....		136

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Kebutuhan Pemasaran Produk	3
Tabel 1. 2 Impor	4
Tabel 1. 3 Konsumsi Dalam Negeri	5
Tabel 1. 4 Kebutuhan Impor	6
Tabel 1. 5 Kapasitas Komersial dalam negeri.....	8
Tabel 1. 6 Kapasitas Komersial Luar negeri	8
Tabel 1. 7 Perbandingan Pemilihan Proses	17
Tabel 1. 8 Harga ΔH° Persamaan reaksi pembuatan Gypsum	18
Tabel 1. 9 Harga ΔG° Persamaan reaksi pembuatan Gypsum	19
Tabel 2. 1 kandungan Batuan Fosfat.....	22
Tabel 2. 2 Spesifikasi Bahan Baku	22
Tabel 2. 3 Spesifikasi Produk	23
Tabel 2. 4 Sifat Bahan dan produk.....	24
Tabel 3. 1 Spesifikasi Reaktor	34
Tabel 3. 2 Spesifikasi Crusher	35
Tabel 3. 3 Spesifikasi Ball Mill	36
Tabel 3. 4 Spesifikasi Vibrating Screen	37
Tabel 3. 5 Spesifikasi Mixer	37
Tabel 3. 6 Spesifikasi Filter	39
Tabel 3. 7 Spesifikasi Rotary Dryer	40
Tabel 3. 8 Spesifikasi Evaporator	40
Tabel 3. 9 Spesifikasi Gudang Batuan Fosfat	41
Tabel 3. 10 Spesifikasi Hopper	42
Tabel 3. 11 Spesifikasi Tangki Penyimpanan	43
Tabel 3. 12 Spesifikasi Silo.....	45
Tabel 3. 13 Spesifikasi Belt Conveyor.....	45
Tabel 3. 14 Spesifikasi Bucket Elevator	47

Tabel 3. 15 Spesifikasi Screw Conveyor	48
Tabel 3. 16 Spesifikasi Pompa	49
Tabel 3. Spesifikasi Pompa Lanjutan.....	50
Tabel 3. Spesifikasi Blower	52
Tabel 3. Spesifikasi Cooler	52
Tabel 3. Spesifikasi Heater	54
Tabel 3. Neraca Massa Crusher	56
Tabel 3. Neraca Massa Ball Mill.....	56
Tabel 3. 23 Neraca Massa Mixer	57
Tabel 3. Neraca Massa Reaktor 1	57
Tabel 3. Neraca Massa Reaktor 2	58
Tabel 3. Neraca Massa Filter	59
Tabel 3. Neraca Massa Rotary Dryer	60
Tabel 3. Neraca Massa Evaporator	60
Tabel 3. Neraca Panas Mixer	61
Tabel 3. Neraca Panas Reaktor 1	61
Tabel 3. Neraca Panas Reaktor 2	61
Tabel 3. 32 Neraca Panas Filter	62
Tabel 3. 33 Neraca Panas Rotary Dryer.....	62
Tabel 3. 34 Neraca. Panas Evaporator	62
Tabel 4. 1 Luas Wilayah Pabrik	68
Tabel 4. 2 Jadwal Karyawan	80
Tabel 4. 3 Jumlah Karyawan.....	81
Tabel 4. 4 Penggolongan Jabatan.....	82
Tabel 4. 5 Gaji Karyawan	83
Tabel 5. 1 Kebutuhan Air Proses	88
Tabel 5. 2 Kebutuhan Air Domestik	89
Tabel 5. 3 Air Pendingin	91
Tabel 5. 4 Kebutuhan Steam	101

Tabel 5. 5 Kebutuhan Listrik Proses	102
Tabel 5. 6 Kebutuhan Listrik Unit Utilitas	103
Tabel 5. Spesifikasi Pompa Utilitas	105
Tabel 5. Spesifikasi Pompa Lanjutan.....	106
Tabel 5. 9 Spesifikasi Pompa Lanjutan 1	108
Tabel 5. 10 Spesifikasi Pompa Utilitas Lanjutan 2	109
Tabel 5. 11 Spesifikasi Bak Utilitas	111
Tabel 5. 12 Spesifikasi Bak Utilitas Lanjutan.....	112
Tabel 5. 13 Spesifikasi Tangki Utilitas	112
Tabel 5. 14 Spesifikasi Tangki Utilitas Lanjutan.....	113
Tabel 5. 15 Spesifikasi Screening Utilitas	114
Tabel 5. 16 Spesifikasi Sand Filter Utilitas.....	114
Tabel 5. 17 Spesifikasi Cooling Tower Utilitas	115
Tabel 5. 18 Spesifikasi Mixed Bed Utilitas	115
Tabel 5. 19 Spesifikasi Deaerator Utilitas.....	116
Tabel 5. 20 Spesifikasi Blower Cooling Tower	116
Tabel 6. 1 Index Harga Alat	118
Tabel 6. 2 Physical Plant Cost	125
Tabel 6. 3 Direct Plant Cost (DPC).....	125
Tabel 6. 4 Fixed Capital Investment	125
Tabel 6. 5 Direct Manufacturing Cost.....	125
Tabel 6. 6 Indirect Manufacturing Cost	126
Tabel 6. 7 Fixed Manufacturing Cost.....	126
Tabel 6. 8 Manufacturing Cost	126
Tabel 6. 9 Working Capital.....	126
Tabel 6. 10 General Expense	127
Tabel 6. 11 Total Production Cost (TPC)	127
Tabel 6. 12 Fixed Cost (Fa)	127
Tabel 6. 13 Variable Cost	127

Tabel 6. 14 Regulated Cost (Ra) 127

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Kebutuhan Import	4
Gambar 1. 2 Konsumsi Dalam Negeri	5
Gambar 1. 3 Ekspor	6
Gambar 3. 1 Diagram Alir Kualitatif	28
Gambar 3. 2 Diagram Alir Kuantitatif	29
Gambar 4. 1 Rencana Lokasi Pendirian Pabrik	64
Gambar 4. 2 Layout pabrik	71
Gambar 4. 3 Jarak Antar Alat Proses	72
Gambar 4. 4 Struktur Organisasi.....	75
Gambar 5. 1 PEFD Utilitas	99
Gambar 6. 1 Grafik Evaluasi Ekonomi	129

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 penampang, ft ²
x	: Konversi, %
TD	: Titik Didih, °C
Dt	: Dimensi Reaktor, m
ID	: <i>inside</i> Diameter
OD	: <i>Outside</i> Diameter
ts	: Ketebalan Dinding, in
th	: Ketebalan <i>head</i> , in
P	: Power motor, hP

Re	: Bilangan Reynold
E	: Efisiensi Sambungan
Ri	: Jari-jari reaktor
C	: <i>Corossion allowance</i>
f	: <i>Allowable stress, psia</i>
icr	: Jari-jari sudut dalam,in
W	: faktor intensifikasi tegangan untuk jenis head
sg	: <i>Specific 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
N	: Kecepatan Pengaduk, rpm
Rd	: Faktor pengotor
H	: Efisiensi
N	: Jumlah Banyaknya lilitan
L	: Panjang Koil, m
P	: Panjang, m
L	: Lebar, m
hi	: <i>Inside film coefficien</i> , Btu/jam ft ² °F
hio	: <i>Outside film coefficien</i> , Btu/jam ft ² °F
jH	: <i>Heat Transfer factor</i>
LMTD	: <i>Long mean temperature diffrent</i>
Nt	: Jumlah <i>tube</i>

ABSTRAK

Pabrik Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum) dirancang untuk memenuhi kebutuhan Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum) di dalam maupun di luar negeri. Kapasitas yang direncanakan sebesar 100.000 ton/tahun. Pabrik ini beroperasi secara kontinyu selama 330 hari dalam setahun. Pabrik ini direncanakan berdiri di Gresik, Jawa Timur diatas tanah seluas 23.380 m². Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum) memiliki rumus molekul CaSO₄.2H₂O. Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum) berfungsi sebagai *cement retarder*, *wallboard*, kapur tulis, campuran cat dan lain-lain. Proses pembuatan Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum) dilakukan dalam Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB). Pada reaktor ini reaksi berlangsung pada fase cair-padat, *irreversible*, eksotermis, *isothermal* pada suhu 70 °C dan tekanan 1 atm, sehingga untuk menjaga suhu reaksi digunakan jaket pendingin. Pabrik ini digolongkan pabrik beresiko rendah (*low risk*) karena kondisi operasi relatif rendah. Untuk memproduksi Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum) sebesar 100.000 ton/tahun diperlukan bahan baku asam sulfat sebesar 6.685 kg/jam dan batuan fosfat sebesar 8.495 kg/jam. Utilitas pendukung proses meliputi penyediaan air proses sebesar 3.374 kg/jam, air pendingin sebesar 433.314 kg/jam, penyediaan *saturated steam* sebesar 47.007 kg/jam, penyediaan udara tekan sebesar 34 m³/jam, penyediaan listrik sebesar 1.134 kW diperoleh dari PLN dan 1 buah generator sebesar 1.600 kW dengan bahan bakar sebanyak 157 kg/jam. Pabrik Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum) ini direncanakan beroperasi pada tahun 2027 dengan menggunakan modal tetap sebesar Rp 769.523.326.468 dan modal kerja sebesar Rp 64.639.959.423. Dari analisis ekonomi terhadap pabrik ini menunjukkan keuntungan sebelum pajak Rp 178.809.652.485,90/tahun setelah dipotong pajak 35 % keuntungan mencapai Rp 116.226.274.1164/tahun. *Percent Return On Investment (ROI)* sebelum pajak 17,47% dan setelah pajak 11,74%. *Pay Out Time (POT)* sebelum pajak selama 5 tahun dan setelah pajak 4 tahun. *Break Even Point (BEP)* sebesar 50%, dan *Shut Down Point (SDP)* sebesar 20%. *Discounted Cash Flow Rate (DCFR)* terhitung sebesar 35 %. Dari data analisa kelayakan di atas disimpulkan, bahwa pabrik ini menguntungkan dan layak dipertimbangkan untuk pendirian di Indonesia.

Kata-kata kunci: Asam Sulfat, Batuan Fosfat, Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum), RATB

ABSTRACT

The gypsum plant is designed to meet the demand for gypsum at home and abroad. The planned capacity is 100,000 tons/year. This factory operates continuously for 330 days a year. This factory is planned to be built in Gresik, East Java on a land area of 23,380 m². Gypsum has the molecular formula CaSO₄·2H₂O. Gypsum functions as a cement retarder, wallboard, chalk, paint mixture and others. The gypsum manufacturing process is carried out in a Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR). In this reactor the reaction takes place in the liquid-solid phase, irreversible, exothermic, isothermal at a temperature of 70 °C and a pressure of 1 atm, so a cooling jacket is used to maintain the reaction temperature. This factory is classified as a low risk factory because the operating conditions are relatively low. To produce 100,000 tons/year of gypsum, 6,685 kg/hour of sulfuric acid and 8,495 kg/hour of rock phosphate are required. Process support utilities include the provision of process water of 3,374 kg/hour, cooling water of 433,314 kg/hour, provision of saturated steam of 47,007 kg/hour, provision of compressed air of 34 m³/hour, provision of electricity of 1,134 kW obtained from PLN and 1 unit generator of 1,600 kW with fuel of 157 kg/hour. The gypsum factory is planned to operate in 2027 using a fixed capital of IDR 769,523,326,468 and working capital of IDR 64,639,959,423. From the economic analysis of this factory, it shows that profit before tax is IDR 178,809,652,485.90/year after deducting 35% tax, profits reach IDR 116,226,274,1164/year. Percent Return On Investment (ROI) before tax is 37.47% and after tax is 11.74%. Pay Out Time (POT) before tax for 5 years and after tax for 4 years. Break Even Point (BEP) of 48%, and Shut Down Point (SDP) of 15%. Discounted Cash Flow Rate (DCFR) is calculated at 35%. From the feasibility analysis data above it is concluded that this factory is profitable and worthy of consideration for establishment in Indonesia.

Keywords : CSTR, Gypsum, Sulphuric Acid, Phosphate rock

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Menurut data dari Global Market Insights, pada tahun 2021, permintaan global untuk gypsum diperkirakan akan terus meningkat dengan laju pertumbuhan sebesar 4,6% per tahun pada periode 2021-2027. Hal ini disebabkan oleh meningkatnya kebutuhan untuk bahan bangunan yang ramah lingkungan dan efisien energi, serta pertumbuhan industri konstruksi di berbagai negara.

Di Indonesia, perkembangan industri konstruksi juga terus meningkat. Data dari Badan Pusat Statistik (BPS) menunjukkan bahwa pada triwulan I-2021, sektor konstruksi mencatat pertumbuhan sebesar 4,83% dibandingkan periode yang sama tahun sebelumnya. Kebutuhan akan gypsum sebagai bahan baku dalam pembuatan material bangunan semakin meningkat seiring dengan pertumbuhan industri konstruksi.

Namun, produksi gypsum di Indonesia masih belum mencukupi kebutuhan domestik. Data dari Kementerian Perindustrian menyebutkan bahwa konsumsi gypsum di Indonesia pada tahun 2019 mencapai sekitar 10 juta ton, namun produksi hanya sekitar 5,5 juta ton. Kondisi ini menunjukkan potensi besar untuk pengembangan industri gypsum di Indonesia, termasuk dengan pendirian pabrik gypsum yang efisien dan ramah lingkungan.

Berdasarkan studi pasar, kebutuhan gypsum di Indonesia diperkirakan mencapai sekitar 5 juta ton per tahun pada tahun 2023. Pendirian pabrik Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum) dari batuan fosfat dan asam sulfat dengan kapasitas produksi sebesar 100.000 ton per tahun dapat memenuhi sebagian kecil dari kebutuhan tersebut.

Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum) atau yang lebih dikenal dengan Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum) adalah salah satu jenis mineral yang banyak

dimanfaatkan untuk kebutuhan berbagai industri, sebagai contoh Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum) dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan semen portland dan pupuk. Selain itu, Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum) dimanfaatkan sebagai bahan bangunan, bahan dasar untuk pembuatan kapur tulis, tuangan logam, gigi palsu, bedak dan sebagainya. Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum) sebagai perekat mineral mempunyai sifat yang lebih baik dibanding dengan perekat organik sebab tidak menimbulkan pencemaran udara, murah, tahan api, dan tahan terhadap zat kimia.

Oleh karena itu, pabrik Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum) perlu didirikan di Indonesia dengan pertimbangan sebagai berikut:

- a. Kebutuhan Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum) di Indonesia hanya mampu dipenuhi oleh produksi dalam negeri sebesar 40% dan sisanya dipenuhi dengan cara impor sehingga pendirian pabrik Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum) di Indonesia diharapkan dapat mengurangi jumlah impor Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum).
- b. Sebagai pemasok bahan baku bagi industri dalam negeri yang memakai Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum) sebagai bahan baku maupun bahan pembantu sehingga dapat memacu perkembangan industri yang menggunakan Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum).
- c. Membuka lapangan pekerjaan di sekitar pabrik sehingga diharapkan jumlah pengangguran di Indonesia dapat berkurang. Berdasarkan pertimbangan pertimbangan tersebut maka pendirian pabrik Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum) di Indonesia diharapkan mempunyai prospek yang baik.

1.2. Penentuan Kapasitas Pabrik

Pendirian suatu pabrik bertujuan memenuhi kebutuhan tertentu, misalnya pengolahan lanjut untuk memberikan nilai tambah pada bahan baku yang banyak tersedia di Indonesia, memenuhi permintaan ekspor, atau menggantikan bahan

yang selama ini diperoleh dari impor. Setelah didapatkan hasil evaluasi ekonomi stoikiometri yang layak perlu ditemukan kapasitas pabrik yang tepat sehingga pabrik yang akan didirikan tidak rugi dan dapat menghasilkan keuntungan.

Pabrik Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum) dari Batuan Fosfat dan Asam Sulfat ini akan dibangun dengan kapasitas 100.000 ton/tahun (berpatokan pada kapasitas ekonomis) untuk pembangunan pabrik di tahun 2027. Penentuan kapasitas ini dapat ditinjau dari beberapa pertimbangan, antara lain :

1.2.1. Kebutuhan Pemasaran Produk di Indonesia

Produksi Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum) dalam negeri dapat dilihat dari pabrik yang sudah ada di Indonesia, seperti pada Tabel 1.1

Tabel 1. 1 Kebutuhan Pemasaran Produk

Nama pabrik	Kapasitas (Ton)
PT. Smelting	350.000
PT.Petro Jordan Abadi	1.100.000
PT. Iniko Karya Persada	100.000
PT.Petrokimia Gresik	800.000
Total	2.350.000

(Sumber: Badan Pusat Statistika, 2022)

Dari data tersebut, maka dapat diketahui jumlah total produksi Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum) di Indonesia sebesar 2.350.000 ton setiap tahunnya.

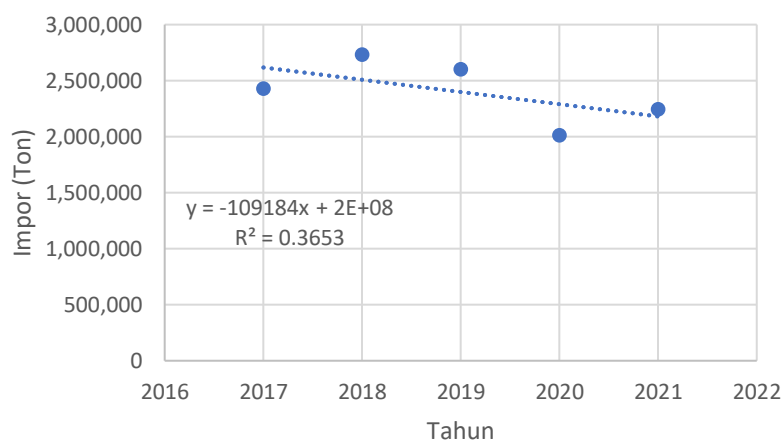
a. Impor

Data statistik yang diterbitkan Badan Pusat Statistik (BPS) tentang ekspor Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum) di Indonesia tiap tahun tidak stabil. Perkembangan data produksi impor di Indonesia pada tahun 2017 sampai tahun 2021 dapat dilihat pada Tabel 1.2:

Tabel 1. 2 Impor

Tahun	Kebutuhan Impor (Ton/Tahun)
2017	2.424.786
2018	2.726.284
2019	2.598.128
2020	2.007.840
2021	2.238.086

Dari data produksi Kalsium Sulfat Dihidrat (Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum) di atas dapat dibuat grafik linier antara data tahun pada sumbu x dan jumlah impor dari sumbu y, Grafik dapat dilihat pada Gambar 1.1



Gambar 1. 1 Kebutuhan Import

$$y = -105.185 (10) + 2.897.579$$

$$= 1.845.729$$

b. Konsumsi Dalam Negeri

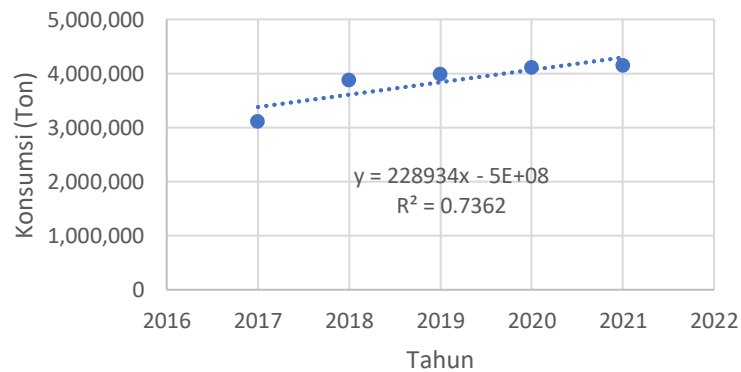
Data statistik yang diterbitkan Badan Pusat Statistik (BPS) tentang ekspor Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum) di Indonesia dari tahun ke tahun mengalami peningkatan. Perkembangan data produksi akan Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum) di Indonesia pada tahun 2017 hingga tahun 2021 pada ekspor yang meningkat dapat dilihat pada Tabel 1.3

Tabel 1. 3 Konsumsi Dalam Negeri

Tahun	Konsumsi (Ton/Tahun)
2017	3.106.867
2018	3.867.995
2019	3.980.167
2020	4.095.592
2021	4.137.736

(BPS, 2021)

Dari data produksi Kalsium Sulfat Dihidrat (Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum) di atas dapat dibuat grafik linier antara data tahun pada sumbu x dan jumlah konsumsidari sumbu y, Grafik dapat dilihat pada Gambar 1.2



Gambar 1. 2 Konsumsi Dalam Negeri

$$y = 212.934(10) + 3.030.871$$

$$= 5.160.211$$

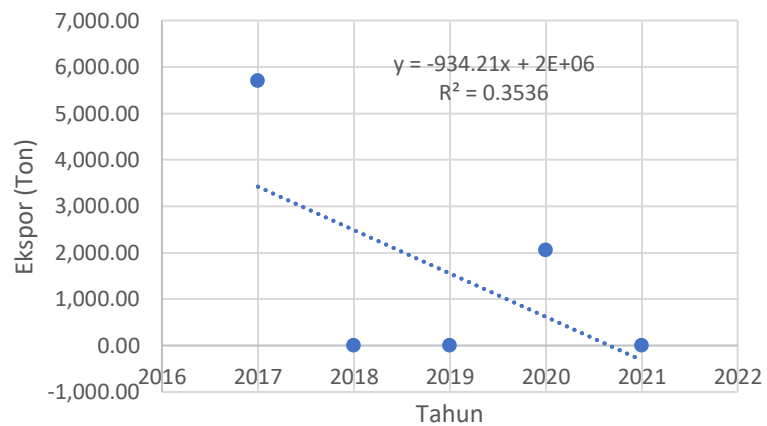
c. Ekspor

Data statistik yang diterbitkan Badan Pusat Statistik (BPS) tentang ekspor Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum) di Indonesia dari tahun ke tahun mengalami peningkatan. Perkembangan data produksi akan Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum) di Indonesia pada tahun 2017 sampai tahun 2021 dapat dilihat pada Tabel 1.4

Tabel 1. 4 Kebutuhan Impor

Tahun	Kebutuhan import (ton)
2017	5.700,20
2018	1,85
2019	1,85
2020	2.060,12
2021	0,035

Dari data ekspor Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum) di atas dapat dibuat grafik linier antara data tahun pada sumbu x dan data ekspor dari sumbu y, Grafik dapat dilihat pada Gambar 1.3



Gambar 1. 3 Ekspor

$$\begin{aligned}y &= -954,21 (10) + 5355,4 \\ &= -4186,7\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Supply} &= \text{impor} + \text{produksi} \\ &= (1.845.729 + 2.250.000) \text{ ton/tahun} \\ &= 4.095.729 \text{ ton/tahun}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Demand} &= \text{ekspor} + \text{konsumsi} \\ &= (-4186,7 + 5.160.211) \text{ ton/tahun} \\ &= 5.156.024,3 \text{ ton/tahun}\end{aligned}$$

Kapasitas pabrik

$$\begin{aligned}\text{Peluang} &= \text{demand} - \text{supply} \\ &= (5.156.024,3 - 4.095.729) \text{ ton/tahun} \\ &= 1.060.029,3 \text{ ton/tahun}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kapasitas} &= 10\% \times \text{peluang} \\ &= 10\% \times 1.060.029,3 \text{ ton/tahun} \\ &= 106.029,5 \text{ ton/tahun} \\ &= 100.000 \text{ Ton/Tahun}\end{aligned}$$

Kapasitas Pabrik terkecil yang ada di Indonesia.

1.2.2. Kapasitas Komersial

Dalam menentukan besar kecilnya kapasitas pabrik Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum) yang akan dirancang, kita harus mengetahui dengan jelas kapasitas pabrik yang sudah beroperasi dalam pembuatan Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum) baik di dalam negeri maupun diluar negeri atau biasanya disebut dengan kapasitas ekonomis. Hal ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui seberapa besar atau seberapa banyak pabrik dapat memproduksi Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum). Saat ini di Indonesia sendiri sudah

beroperasi pabrik pemproduksi Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum) dapat dilihat pada Tabel 1.5:

Tabel 1. 5 Kapasitas Komersial dalam negeri

Nama pabrik	Kapasitas (Ton)
PT. Smelting	350.000
PT.Petro Jordan Abadi	1.100.000
PT.Iniko Karya Persada	100.000
PT.Petrokimia Gresik	800.000
Total	2.350.000

Dari data tersebut, maka dapat diketahui jumlah total produksi Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum) di Indonesia sebesar 2.350.000 ton setiap tahunnya.

Sedangkan di luar negeri pabrik yang telah beroperasi dalam pembuatan Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum) dapat dilihat pada Tabel 1.6

Tabel 1. 6 Kapasitas Komersial Luar negeri

Pabrik	Kapasitas (Ton/Tahun)
Beijing Anshuntai Construction Technology (China)	1.200.000
Liaocheng Sanyou Sunshine Import & Export Co., Ltd. (China)	12.000.000
Market Success International MA SARL AU (Tunisia)	12.000.000
Pingyi Taifeng Medicine materials Imp. & Exp.Co., Ltd (China)	10.000.000
SAI RAM EXPORTS (India)	3.360.000

Dengan mempertimbangkan besarnya konsumsi Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum) di Indonesia dan jumlah bahan baku yang tersedia serta

data dari Pabrik Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum) yang telah berdiri di Indonesia, maka Pabrik Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum) dari batuan fosfat dan asam sulfat ini akan dibangun dengan kapasitas perancangan 100.000 ton/tahun pada tahun 2027 dengan harapan mampu mengurangi ketergantungan impor Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum) dari luar negeri walaupun tidak sepenuhnya mencukupi setidaknya dapat meminimalisir nilai impor dari produk tersebut. Dari data-data di atas, berikut cara mencari kapasitas pabrik:

$$\begin{aligned}\text{Kapasitas} &= \text{Demand} - \text{Supply} \\ &= (\text{konsumsi} + \text{ekspor}) - (\text{produksi} + \text{impor}) \\ &= (-4186,7 + 5.160.211) - (1.845.729 + 2.250.000) \\ &= 1.060.029,5\end{aligned}$$

Kapasitas pabrik = 100.000 ton / tahun

1.3. Tinjauan Pustaka

1.3.1 Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum)

Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum) merupakan salah satu mineral non logam dan salah satu contoh mineral dengan kadar kalsium yang mendominasi pada mineralnya. Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum) yang paling umum ditemukan adalah jenis hidrat kalsium sulfat dengan rumus kimia $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Contoh lain dari mineral-mineral tersebut adalah karbonat, borat, nitrat, dan sulfat. Mineral-mineral ini diendapkan di laut, danau, gua dan di lapisan garam karena konsentrasi ion-ion oleh penguapan. Ketika air panas atau air memiliki kadar garam yang tinggi, Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum) berubah menjadi basanit ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) atau juga menjadi anhidrit (CaSO_4). Bila dipanaskan atau dibakar pada suhu 190°C - 200°C akan menghasilkan kapur Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum) atau stucco yang dikenal dalam perdagangan sebagai plester paris. Pada suhu yang cukup tinggi yaitu lebih kurang 534°C akan dihasilkan anhidrit

(CaSO₄) yang tidak dapat larut dalam air dan dikenal sebagai Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum) mati. Proses kalsinasi Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum) terdiri atas α (alpha) hemidrat dan β (beta) hemidrat. Keduanya mempunyai bentuk kristal yang sama, tetapi sifat fisika yang berbeda. α (alpha) dilakukan dengan memanaskan (kalsinasi Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum) hasil preparasi), di dalam suatu lingkungan yang jenuh air pada suhu 97°C dengan tekanan tinggi yang dihasilkan dari *autoclave* dengan uap air (Kirk-Othmer, 1979).

1.3.2 Batuan Fosfat

Batuan Fosfat (*phosphate rock*) adalah nama umum yang digunakan untuk beberapa jenis batuan yang mengandung mineral fosfat dalam jumlah yang cukup signifikan, atau nama mineral yang mengandung ion fosfat dalam struktur kimianya.

Definisi fosfat alam menurut *American Geological Institute* adalah batuan sedimen yang tersusun terutama oleh mineral fosfat (Gary *at al.*, 1974). Berdasarkan pada komposisi mineralnya batuan sedimen fosfat dapat dibedakan atas fosfat-Ca, fosfat CaAl-Fe dan fosfat Fe-Al (McClellan dan Gremillon, 1980). Ketiga jenis fosfat tersebut dapat merupakan suatu sekuen pelapukan dengan fosfat Fe-Al adalah yang paling lapuk. Berdasarkan proses- proses pembentukannya fosfat alam dapat dibedakan atas tiga:

- Fosfat primer terbentuk dari pembekuan magma alkali yang mengandung mineral fosfat *apatite*, terutama *fluor apatite* {Ca₅(PO₄)₃F}. Apatit dapat dibedakan atas *Chlorapatite* 3Ca₃(PO₄)₂CaCl₂ dan 3Ca₃(PO₄)₂CaF₂.

- Fosfat sedimenter (marin), merupakan endapan fosfat sedimen yang terendapkan di laut dalam, pada lingkungan alkali dan lingkungan yang tenang. Fosfat alam terbentuk di laut dalam bentuk *calcium phosphate* yang disebut *phosphorite*. Bahan endapan ini dapat ditemukan dalam endapan yang berlapis-lapis hingga ribuan mil persegi. Elemen P berasal dari pelarutan batuan, sebagian P diserap oleh tanaman dan sebagian lagi terbawa oleh aliran ke laut dalam.
- Fosfat guano, merupakan hasil akumulasi sekresi burung pemakan ikan dan kelelawar yang terlarut dan bereaksi dengan batu gamping karena pengaruh air hujan dan air tanah.

Di Indonesia banyak dijumpai deposit fosfat alam, antara lain dijumpai di Tasikmalaya, Cileungsi, Ciamis, Bumiayu dan di Bangkalan sampai Sumenep. Umumnya deposit fosfat alam ditemukan di daerah-daerah yang banyak mengandung kapur. Namun fosfat alam di Indonesia umumnya mempunyai kandungan P yang rendah, sebagian besar kelas D atau E (*Sedyarso et al.*, 1982). Sekitar 80-90% batuan fosfat yang ditambang berasal dari batuan sedimen, 10- 20% berasal dari batuan beku (FAO, 2004), dan hanya 1-2% berasal dari guano terutama akumulasi hasil ekskresi burung dan kelelawar (van Straaten, 2002).

Fosfat alam merupakan sumber P yang dapat digunakan sebagai bahan baku industri seperti pupuk P yang mudah larut/*water-soluble P/WSP* (antara lain TSP, SP-18, SSP, DAP, MOP), bahan kimia, produk makanan dan suplemen hewan, dan detergen. Industri pupuk menggunakan sekitar 90% fosfat alam yang diproduksi di dunia. Konversi fosfat alam menjadi pupuk P yang mudah larut memerlukan biaya tinggi, pemborosan energi dan memerlukan jumlah bahan kimia seperti asam sulfat dan asam fosfat yang besar. Oleh karena itu diperlukan peningkatan efisiensi penggunaan pupuk

P. Salah satunya adalah menggunakan fosfat alam sebagai pupuk secara langsung (*direct application phosphate rock/DAPR*).

Pemakaian langsung fosfat alam sebagai pupuk diketahui hampir sama efektifnya dengan pupuk P cair di beberapa negara (*Engelstad et al., 1974; Chien dan Hammond, 1978*). Agar fosfat alam menjadi pupuk yang efektif, apatit yang terkandung didalamnya harus dapat larut secara cepat setelah digunakan (*Hughes dan Gilkes, 1984*). Fosfat alam mengandung P larut air yang sangat kecil, sehingga apabila digunakan dalam tanah sejumlah pelarutan hanya terjadi oleh reaksi antara fosfat alam dengan ion hidrogen yang ada. Dengan demikian kondisi tertentu diperlukan agar fosfat alam menjadi pupuk yang efektif. Kondisi tersebut antara lain fosfat alam harus reaktif sehingga mudah larut dalam tanah, sifat tanah harus mendukung pelarutan yang ekstensif dengan menyediakan ion hidrogen yang cukup, dan tanah harus basah sehingga difusi ion hidrogen, fosfat dan ion kalsium tidak terkendala.

1.3.3 Asam Sulfat

Asam sulfat yang mempunyai rumus kimia H_2SO_4 merupakan salah satu bahan penunjang yang sangat penting dan banyak dibutuhkan industri kimia, antara lain untuk produksi asam fosfat, yang digunakan untuk pembuatan pupuk fosfat, pengolahan minyak bumi, farmasi, kertas dan pulp. Asam sulfat memiliki banyak kegunaan, termasuk dalam kebanyakan reaksi kimia dan proses pembuatan. Kegunaan utama sekitar 60% dari total produksi asam sulfat di seluruh dunia dalam “metode basah” produksi asam fosfat, yang digunakan untuk membuat pupuk fosfat dan juga trinatrium fosfat untuk deterjen. Pada metode ini, batuan fosfat digunakan dan diproses lebih dari 100 juta ton setiap tahunnya.

Bahan baku pembuatan asam sulfat adalah belerang (S), *pyrite* (FeS) dan juga beberapa sulfid logam (CuS, ZnS, NiS). pada umumnya diproduksi dengan kadar 78%-100% serta bermacam-macam oleum. (Ullmann's, 1998).

Asam sulfat merupakan asam mineral (anorganik) yang kuat, tidak berwarna, dan memiliki sifat korosif yang tinggi. Asam sulfat sangat berbahaya bila terkena jaringan kulit karena sifatnya yang korosif, dan dengan sifatnya sebagai penarik air yang kuat (pendehidrasi) akan menimbulkan luka seperti luka bakar pada jaringan kulit. Semakin tinggi konsentrasi asam sulfat semakin bertambah bahayanya.

1.3.4 Asam Fosfat

Asam fosfat biasanya dikenal sebagai asam ortofosfat atau fosfat (V) asam (235), adalah mineral (anorganik) asam memiliki rumus kimia H_3PO_4 merupakan suatu senyawa kimia dalam bentuk cairan yang memiliki sifat tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak mudah menguap. Asam fosfat

H_3PO_4 mengandung tiga ion H^+ , dimana dengan kekuatan asam yang dimilikinya dari ion tersebut tidak sama. Asam fosfat yang murni adalah kristal padat (titik leleh $42,35\text{ }^{\circ}C$ atau $108,2^{\circ}F$). Asam fosfat dianggap sebagai asam mineral kedua yang diproduksi setelah asam sulfat. Bagian utama dari produksi asam fosfat (90%) didedikasikan untuk pupuk kimia (*Belboom et al.*, 2015), selebihnya digunakan sebagai bahan baku pembuatan detergen, bahan makanan hewani, bahan tambahan pada pasta gigi, bahan minuman tidak beralkohol seperti soda atau *cola* (*El-Asmy et al.*, 2007) dan dalam perawatan permukaan logam tahan karat (*El-Asmy et al.*, 2007; Becker, 1989). Asam fosfat pertama kali diproduksi pada tahun 1870 yang banyak digunakan untuk sumber bahan baku pupuk superfosfat, munculnya

asam fosfat sebagai perantara sentral penting dalam industri pupuk modern terjadi sebagai akibat dari permintaan untuk analisis tinggi dan pupuk multinutrien dan perkembangan yang diperlukan untuk memenuhi permintaan yang terus meningkat selama tahun 1930-1950.

Pada industri, selain banyak digunakan sebagai bahan baku pembuatan pupuk, asam fosfat juga dapat digunakan sebagai bahan pembuatan detergen, pembersih lantai, insektisida, industri makanan (pembuatan lysine dan MSG), industri tekstil, dan lain sebagainya.

Bahan dasar pembuatan asam fosfat adalah batuan fosfat. Fosfat memiliki rumus molekul P_2O_5 dapat diperoleh dari batuan fosfat sebanyak 40% berupa fluoro-apatik ($Ca_5F(PO_4)_2$) dan trikalsium fosfat ($Ca_3(PO_4)_2$). Fosfat juga terkandung dalam tulang sebanyak 53% berupa trikalsium Fosfat ($Ca_3(PO_4)_2$) dengan kadar fosfat sebanyak 28% - 56,3% (Austin, 1996)

1.4. Pemilihan Proses

Macam – macam proses pembuatan gipsum

- a. Pembuatan gipsum dari dari $CaCl_2$ dan H_2SO_4
- b. Pembuatan gipsum dari *gypsum rock*
- c. Pembuatan gipsum dari batuan kapur dan asam sulfat
- d. Pembuatan gipsum dari batuan fosfat dan asam sulfat dengan produk samping asam fosfat.

1.4.1 Pembuatan Gipsum dari $CaCl_2$ dan H_2SO_4

Pembuatan gipsum dengan proses ini yaitu dengan cara memasukan $CaCl_2$ ke dalam reaktor dengan ditambahkan H_2SO_4 pada suhu 50-80 °C pada tekanan 1 atm. Reaksi netralisasi terjadi di dalam reaktor dan menghasilkan $CaSO_4$ dan HCl dengan konversi 100%.

Reaksi yang terjadi:



Proses pemisahan CaSO_4 dan HCl berlangsung menggunakan *absorber* yang berupa larutan CaSO_4 diuapkan sehingga menghasilkan $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. selanjutnya produk dimasukkan kedalam *evaporator* untuk mengurangi kandungan air, kemudian masuk ke *crystalizer* sehingga akan terbentuk kristal. Setelah itu masuk ke *centrifuge* dan kristal yang keluar dari *centrifuge* dimasukkan ke dalam alat pengering (*Rotary Dryer*), kemudian di dinginkan dengan *rotary drum cooler* sehingga menghasilkan kemurnian gipsum hingga 91% (Kirk & Othmer, 1978).

1.4.2 Pembuatan Gypsum dari Gypsum Rock

Proses pembuatan gipsum dari *gypsum rock* yaitu dengan cara menghancurkan batuan-batuan gipsum yang diperoleh dari pegunungan. Penghancuran batuan-batuan ini menggunakan alat *primary crusher* kemudian di *screening* atau diayak agar diperoleh batuan yang halus. Proses ini dilakukan berulang kali hingga mendapatkan hasil seperti yang diinginkan. Setelah diayak dimasukkan ke *sink float* untuk membersihkan batuan-batuan dari kotoran yang masih menempel, selanjutnya dimasukkan ke dalam *secondary crusher* agar batu-batuan yang belum halus sebelumnya dapat dihancurkan kembali dan sebagian lagi masuk ke *fine grinding* untuk digiling menjadi butiran halus. Setelah dari *fine grinding* butiran yang halus di *calcining* dan menghasilkan *board plaster* dan sebagian setelah di *calcining* masuk ke *ball mill* dan menghasilkan *bagged plaster*.

Proses ini jika dilihat dari aspek ekonomi tidak menguntungkan sebab membutuhkan biaya investasi yang sangat besar yang digunakan untuk proses penambangan. Namun kapasitas produksi yang dihasilkan belum tentu besar (W.L., Faith dkk, 1957).

1.4.3 Pembuatan Gypsum dari Batuan Kapur dan Asam Sulfat

Pada proses pembuatan Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum) jenis ini, melewati proses kalsinasi, dimana gamping (CaCO_3) direaksikan dengan asam sulfat (H_2SO_4) encer di reaktor pada kondisi operasi suhu $93,33^\circ\text{C}$ dan tekanan 1 atm. Konversi yang dihasilkan dengan metode ini sebesar 90%. Produk yang dihasilkan dari reaktor kemudian dimasukkan ke dalam alat pemisah untuk menghilangkan impuritasnya dan kemudian untuk menghilangkan kadar impuritasnya dapat dilakukan dengan proses purifikasi. Kemurnian dari Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum) yang dihasilkan oleh proses ini lebih dari 91%.

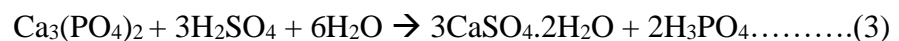
Reaksinya sebagai berikut:



(US Patents 6.613.141B)

1.4.4 Pembuatan Gypsum dari Batuan Fosfat dan Asam Sulfat

Pada proses pembuatan gypsum dengan jenis ini, menggunakan proses basah atau *wet process* Dimana reaksi yang terjadi:



Pada Proses basah ini asam sulfat yang digunakan 98% dan suhu reaksi yang digunakan tidak bisa terlalu tinggi agar zat yang nanti terendapkan merupakan gypsum dan bukan anhidritnya (Austin, 1996).

Reaksi yang berlangsung sangat cepat dan reaksi tersebut menghasilkan produk samping berupa asam fosfat. Campuran hasil reaksi akan membentuk *slurry* sehingga proses pemisahan dilakukan dengan filtrasi. Gypsum yang melewati filter akan di keringkan pada *rotary dryer* dan menghasilkan produk gypsum sebesar 92% dan Asam fosfat yang melewati filter kemudian ditampung sebagai produk, dengan metode ini

dapat dihasilkan asam fosfat dengan kadar 94-98% dan kandungan P_2O_5 sebanyak 30-38% (Austin, 1996).

Perbandingan proses secara teknis dapat ditinjau dari beberapa parameter yang ditunjukkan pada Tabel 1.7

Tabel 1. 7 Perbandingan Pemilihan Proses

No	Parameter	Proses I	Proses II	Proses III	Proses IV
1	Bahan Baku	CaCl ₂ dan H ₂ SO ₄	Batuan Gypsum	CaCO ₃ dan H ₂ SO ₄	Ca ₃ (PO ₄) dan H ₂ SO ₄
2	Kemurnian Produk	90%	Tergantung Bahan Baku	91-93%	92%
3	Persediaan Bahan Baku	Sangat Sedikit	Terbatas Jumlahnya	Berlimpah	Berlimpah
4	Produk Samping	-	-	-	Asam Fosfat

(W.L. Faith & D.B. Keyes, 1965)

Dari Tabel 1.7 maka yang memungkinkan perencanaan pendirian pabrik Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum) adalah dengan proses ke empat dengan batuan fosfat dan asam sulfat, berdasarkan pertimbangan persediaan bahan baku, kemurnian produk yang dihasilkan cukup besar dan menghasilkan produk samping berupa asam fosfat dimana asam fosfat yang dihasilkan dapat dijual ke pasaran.

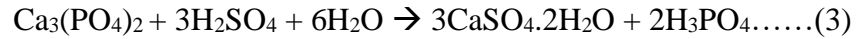
1.5. Tinjauan Termodinamika dan Kinetika

1.5.1 Tinjauan Termodinamika

Pada perancangan pabrik asam fosfat dari batuan fosfat ini reaksi dapat berjalan secara endotermis maupun eksotermis. Menurut Perry 2008, untuk menentukan sifat reaksi tersebut perlu pembuktian dengan menggunakan panas reaksi 1 atm. Panas reaksi (ΔH) dapat ditentukan menggunakan persamaan:

$$\Delta H^{\circ}_R = \sum \Delta H^{\circ}_f \text{produk} - \sum \Delta H^{\circ}_f \text{reaktan}$$

Persamaan Reaksi :



Data harga ΔH_f° untuk masing-masing komponen pada suhu 298 K :

Tabel 1. 8 Harga ΔH° Persamaan reaksi pembuatan Gypsum

Reaksi	ΔH_f°
$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	-984,89
H_2SO_4	-193,69
H_2O	-68,31
$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	-479,33
H_3PO_4	-309,32

Sumber: Perry, 2008

$$\begin{aligned}\Delta H_R^\circ &= \Sigma \Delta H_f^\circ \text{produk} - \Sigma \Delta H_f^\circ \text{reaktan} \\ &= (2 \cdot (309,32)) + (3 \cdot (-479,33)) - (-984,89) + (3 \cdot (-193,69)) \\ &\quad + (6 \cdot (68,3174)) \\ &= -80.7656 \text{ kkal/mol} \\ &= -338,1493 \text{ kj/mol}\end{aligned}$$

Berdasarkan hasil diatas membuktikan bahwa sifat reaksi pada proses pembuatan asam fosfat dari batuan fosfat berjalan secara eksotermis yang berarti reaksi ini menghasilkan panas. 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* dengan cara menghitung harga tetapan kesetimbangan (K) menggunakan data-data berikut pada suhu reaksi 298 K :

Tabel 1. 9 Harga ΔG° Persamaan reaksi pembuatan Gypsum

Reaksi	ΔG°
$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	-64,5
H_2SO_4	-64,93
H_2O	-56,689
$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	-345,41
H_3PO_4	-270

Sumber: Perry, 2008

$$\begin{aligned} \Delta G^\circ_R &= \Sigma \Delta G^\circ_f \text{produk} - \Sigma \Delta G^\circ_f \text{reaktan} \\ &= (2.(-270)) + (3.(-345,41)) - (-64,5) + (3.(-64,93)) + (6.(56,689)) \\ &= -976.806 \text{ kkal/mol} \\ &= -4089,6894 \text{ kj/mol} \end{aligned}$$

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

Menghitung konstanta kesetimbangan (K) standar pada 298 K :

$$\Delta G^\circ_R = -R.T.\ln K$$

$$-4089,6894 = -(8,314 \times 10^{-3}) \text{ kJ/mol K} \times 298 \text{ K} \times \ln K_{(298)}$$

$$K_{(298)} = \exp(7.40889)$$

$$= 1.650,5907$$

Untuk mengetahui reaksi berjalan secara *irreversible* atau *reversible* pada T operasi = 70°C = 343K dapat dihitung menggunakan Van't Hoff, yaitu :

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

$$\ln \frac{K}{1.650.590} = -\frac{3.411.538,944 \text{ kj/mol}}{0,00831 \frac{\text{kJ}}{\text{mol} \cdot \text{K}}} \times \left(\frac{1}{343} - \frac{1}{298} \right)$$

$$\ln \frac{K}{1.650.590} = -17,90506$$

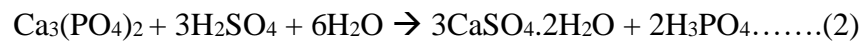
$$\ln \frac{K}{1.650.590} = 1,67467$$

$$K = 2.7642$$

Karena konstanta kesetimbangan lebih dari 1 maka reaksi berjalan *irreversible*.

1.5.2 Tinjauan Kinetika

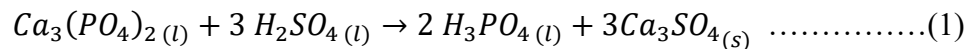
Reaksi pembentukan Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum):



Fase reaksi di reaktor merupakan fase padat-cair dan diketahui ukuran padatan akan menyusut. Mekanisme:

- a. Perpindahan massa $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ dari padatan ke permukaan padat- cair.
- b. Perpindahan massa $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ dari permukaan padat-cair ke dalam larutan.
- c. Reaksi kimia dalam larutan.

Reaksi pembentukan Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum) dari asam sulfat dan batuan fosfat merupakan reaksi orde satu terhadap batuan fosfat ($-r_A = k \cdot C_A$), dengan reaksi kimia pada persamaan (1):



Persamaan kecepatan reaksi ditunjukkan pada persamaan (2):

$$\frac{dC_A}{dt} = -k \cdot C_A \cdot C_B^3 \dots \dots (2)$$

Dimana:

C_A : Konsentrasi $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$

C_B : Konsentrasi asam sulfat

Konsentrasi asam sulfat dapat dianggap konstan bahwa persamaan (2) berubah menjadi:

$$\frac{dC_A}{dt} = -kC_A \dots\dots\dots(3)$$

$$\int_{C_{A0}}^{C_A} \frac{dC_A}{C_A} = -k \int_0^t dt \dots\dots\dots(4)$$

$$\ln C_A - \ln C_{A0} = -kt \dots\dots\dots(5)$$

persamaan Arrhenius:

$$k = Ae^{-Ea/RT} \dots\dots\dots(6)$$

Dimana:

E_a = *Activation Energy*

T = *Temperature (K)*

A = *Frequency Factor*

e = *Mathematical Quantity*

k = *Rate Constant*

Didapatkan $k = 1.1627 \text{ m}^3/\text{kmol.jam}$ (Pujiastuti, dkk, 2020).

Faktor yang mempengaruhi laju reaksi adalah konsentrasi optimal dan kecepatan reaksi. Semakin cepat reaksi, maka nilai konstanta laju reaksi juga lebih cepat meningkat. Konstanta laju dan energi aktivasi dihitung dengan persamaan diatas. 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 (Levenspiel, 1999).

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1.1 Batuan Fosfat

BM : 310,1828 g/mol

Wujud : Putih Kotor (Kirk & Othmer, 1998)

Kemurnian : Kemurnian batuan fosfat setiap daerah berbeda-beda

Tabel 2.1 1 kandungan Batuan Fosfat

Kandungan	Kemurnian
$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	62-73%
SiO_2	62-73%
Al_2O_3	0,40%
Fe_2O_3	0,20%
$\text{Ca}(\text{OH})_2$	5-10%
CaF_2	10-18%

(Sumber: Ziad & Hammedh, 2007)

Tabel 2.2 2 Spesifikasi Bahan Baku

Spesifikasi	Batuan Fosfat (Bahan Baku)	Asam Sulfat (Bahan Pendukung)	Air
Rumus Kimia	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	H_2SO_4	H_2O
Wujud	Padat	Cair	Cair
Berat Molekul	310 g/mol	98 g/mol	18 g/mol
<i>Specific Gravity</i>	3,14	1,834	0,95838 g/ml
Titik Didih	338°C		100 °C
Densitas			

Spesifikasi	Batuan Fosfat (Bahan Baku)	Asam Sulfat (Bahan Pendukung)	Air
Titik leleh	1670	10,5 °C	
Kelarutan	Higroskopis		

2.1. Spesifikasi Produk

Spesifikasi Produk disajikan pada Tabel 2.3

Tabel 2.3 3 Spesifikasi Produk

Spesifikasi	Kalium Sulfat Dihidrat	Asam Fosfat
Rumus Kimia	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	H_3PO_4
Wujud	Padat	Cair
Berat Molekul	172,17 g/mol	98 gr/mol
<i>Specific Gravity</i>	2,32 g/m ³	1,67 g/m ³
Titik Didih	128°C	128°C
Densitas		1,685 gr/cm ³
Titik leleh	163°C	42,4
Kekerasan gypsum	1,5-2 skala mosh	
Kelarutan	0,24	

(Sumber: *Perry & Green*, 2008)

Pada masing-masing bahan dan produk. Identifikasi *hazard* bahan dalam proses dan pengelolaannya dapat dilihat pada Tabel 2.4 berikut:

Tabel 2. 4 Sifat Bahan dan produk

Komponen	Hazard	Keterangan	Pengelolaan
CaSO ₄ .2H ₂ O	<i>Irritation</i>	Tidak dianggap berbahaya sesuai dengan kriteria GHS (<i>Globaly Harmonized System</i>)	Simpan pada silo yang kering, jauh dari bahan yang tidak kompatibel
H ₃ PO ₄	<i>Corrosive</i>	Korosif pada logam, Kategori 1, H290 Korosi kulit, Kategori 1A, H314	Wadah yang tidak mengandung logam dan kondisi penyimpanan tertutup sangat rapat.
Batuan Fosfat	<i>Irritation</i>	Menyebabkan iritasi pada kulit, mata atau lender membran	Hindari menghirup bahan atau pembakaran produk samping dengan cara menegenakan pakaian pelindung lengkap dan alat bantu pernafasan mandiri (SCBA) yang disetujui NIOSH.
H ₂ SO ₄	<i>Corrosive</i>	Korosif pada logam, Kategori 1, H290 Korosi kulit, Kategori 1A, H314	Wadah jangan terbuat dari logam ringan hingga berat dan pastikan wadah dalam kondisi tertutup sangat rapat

2.2. Pengendalian Kualitas

Pada pabrik Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum) ini terdapat pengendalian kualitas (*Quality Control*) yang terdiri dari pengendalian bahan baku, pengendalian kualitas proses, dan pengendalian kualitas produk yang dihasilkan. Untuk menjaga dan memperoleh produk sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan, maka perlunya pengawasandan pengendalian agar proses berjalan sesuai dengan tahapan proses yang ada. Proses-proses yang dijalankan diharapkan

dapat menghasilkan produk dengan kualitas dan mutu yang tinggi sesuai dengan standar dan jumlah produksi yang telah ditetapkan. Selain itu, waktu pemroduksian produk berjalan sesuai dengan jadwal yang ada. Oleh karena itu, harus adanya pengendalian produksi antara lain:

2.3.1. Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Pengendalian kualitas dari bahan baku ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana kualitas yang dihasilkan bahan baku yang nantinya digunakan untuk membuat produk yang diinginkan. Pengendalian kualitas bahan baku ini untuk memperoleh produk yang berkualitas agar bisa dipasarkan. Produk yang dihasilkan harus diketahui sejauh mana kualitasnya dan apakah sesuai dengan spesifikasi yang sudah ditentukan. Maka dari itu, sebelum proses dijalankan harus dilakukan pengecekan dan pengujian bahan baku berupa batuan fosfat dan asam sulfat. Maka dari itu, melakukan pengecekan terhadap bahan baku yang berupa batuan fosfat dan asam sulfat sebelum melakukan proses sangat penting agar bahan yang digunakan dalam pembuatan produk sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan dalam pabrik.

2.3.2. Pengendalian Kualitas Proses Produksi

Pengendalian kualitas dalam sistem produksi merupakan pengendalian kualitas terhadap proses produksi untuk menjaga kualitas produk yang akan dihasilkan, dimulai dari bahan baku sampai menjadi produk sehingga membutuhkan alat kontrol untuk setiap proses. Pengendalian proses produksi terdiri dari aliran dan alat-alat yang berfungsi sebagai *system control*. Pengendalian dan pengawasan jalannya operasi dilakukan dengan alat pengendalian yang berpusat di *control room*, dilakukan dengan cara *automatic control* yang menggunakan indikator. Sebagai contoh proses pengendalian *level* cairan didalam suatu tangki yang dipengaruhi oleh aliran cairan masuk

dan keluar dari tangki, tinggi tangki serta *inlet* dan *outlet* perpipaan. Beberapa alat *control* yang dijalankan yaitu *control* terhadap kondisi operasi baik tekanan maupun suhu. Alat-alat *control* yang digunakan diantaranya:

a) *Level Control*

Level Controller merupakan alat yang dipasang pada bagian dinding tangki yang berfungsi sebagai pengendali volume cairan tangki/*vessel*. Jika belum sesuai dengan kondisi yang telah ditetapkan atau di set, maka akan menimbulkan isyarat atau tanda berupa lampu yang menyala dan bunyi alarm.

b) *Level Indicator Controller*

Level indicator controller merupakan alat yang memiliki peran mengontrol ketinggian dari larutan pada tangki alat proses.

c) *Flow Rate Controller*

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

d) *Temperature Controller*

Alat ini mempunyai *set point* atau batasan nilai suhu yang dapat diatur. Ketika nilai suhu aktual yang diukur melebihi atau kurang dari *set point*-nya maka nilai yang didapatkan dari pemberitahuan itu akan diteruskan ke alat *flow rate controller* untuk dialirkan ke *steam* maupun *cooling water* dari *heat exchanger* untuk ditindak lanjuti.

e) *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.

f) *Pressure Controller*

Pressure controller merupakan controller yang dipasang pada alat yang memerlukan tekanan diatas tekanan atmosfer. Alat ini juga menjaga agar tekanan tidak melebihi batas tekanan suatu alat yang diatur. Biasanya dipakai pada alat dengan fase gas.

2.3.3. 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 variable-variabel proses yang ada melalui sistem kontrol agar tetap sesuai dengan *set point* yang sudah ditentukan sebelumnya sehingga didapatkan produk yang berkualitas tinggi. Untuk mengetahui produk yang dihasilkan sesuai dengan standar pabrik dan bisa dipasarkan, diperlukan pengujian terhadap spesifikasi bahan baku, kemurnian produk serta komposisi komponen produk di laboratorium.

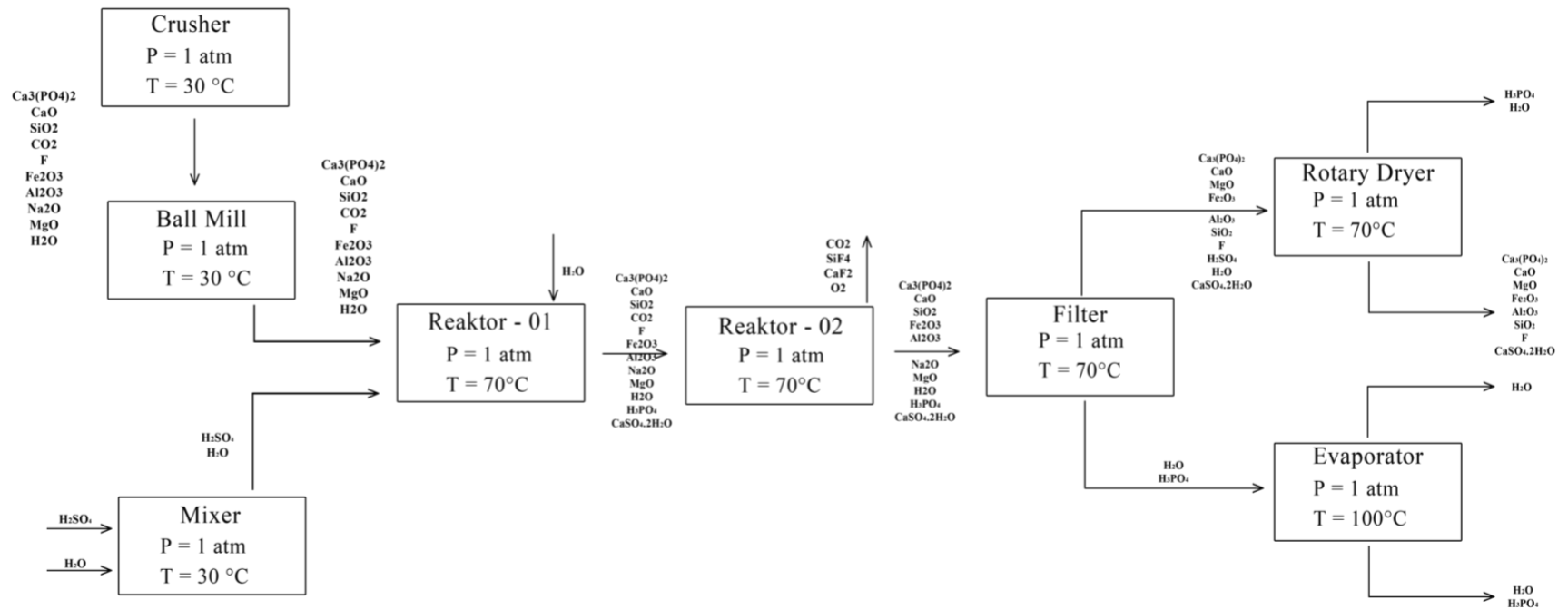
2.3.4. Pengendalian terkait Waktu Produksi

Dalam mencapai kuantitas/jumlah tertentu perlu adanya waktu tertentu yang harus diperhitungkan sebelumnya. Maka dari itu pengendalian waktu dibutuhkan untuk mengefisiensikan waktu yang digunakan selama proses produksi berlangsung agar nantinya produk yang dihasilkan sesuai dengan rencana dan target yang sudah dirancang.

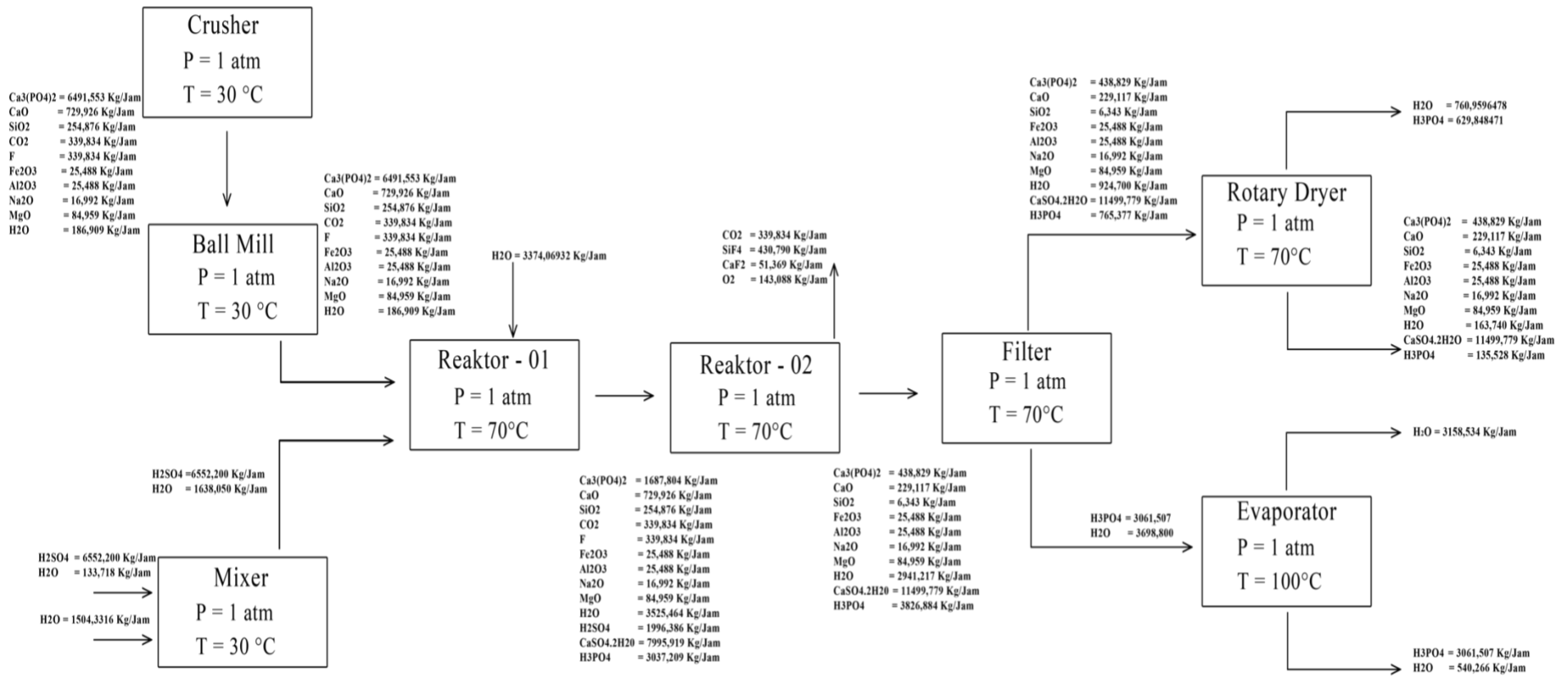
BAB III

PERANCANGAN PROSES

3.1 Diagram Alir Proses dan Material



Gambar 3. 1 Diagram Alir Kualitatif



Gambar 3. 2 Diagram Alir Kuantitatif

3.2 Uraian Proses

Uraian proses pembuatan kalsium sulfat dihidrat (Gypsum) dan asam fosfat menggunakan bahan utama batuan fosfat dan asam Sulfat sebagai bahan pendukung. Secara keseluruhan proses berlangsung pada tekanan 1 atm. Adapun tahapan proses dibagi menjadi tiga bagian yaitu:

3.2.1 Persiapan Bahan Baku

Tahap ini bertujuan untuk mempersiapkan bahan baku utama dalam pembentukan Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum) dan Asam Fosfat sesuai dengan kondisi Operasi yaitu:

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 harus memiliki kandungan sesuai dengan 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 satu minggu. Batuan fosfat diangkut menggunakan *Belt Conveyor* (BC-01) dan diangkat dengan *Bucket Elevator* (BE-01) untuk dimasukkan ke *Hopper* sebelum ke *Crusher* (CR-01) dengan tujuan untuk mendapatkan ukuran batuan fosfat yang lebih kecil berukuran kurang lebih 10 cm. Batuan fosfat hasil keluaran *Crusher* (CR-01) disaring menggunakan *Vibrating Screen* (VS-01) untuk menyeragamkan ukuran partikel bahan baku yang sama. Batuan fosfat dibawa menggunakan *Bucket Conveyor* (BC-02) lalu diangkut menggunakan *Bucket Elevator* (BE-02) untuk dimasukkan kedalam *Hopper* kemudian menuju *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-02) untuk mendapatkan ukuran yang sama. Hasil keluaran *Vibrating screen* (VS-02) dibawa menuju *Bucket Elevator* (BE-03) menggunakan *Screw Conveyor* (SC-01) untuk kemudian disimpan kedalam *Hopper* (H-01) sebelum dimasukkan kedalam Reaktor (R-01)

b. Asam Sulfat

Asam sulfat (H_2SO_4) yang digunakan merupakan bahan pendukung dalam pembuatan kalsium sulfat dihidrat (Gypsum) dan asam fosfat. Asam sulfat didapatkan dari PT. Petrokimia Gresik dengan kemurnian 98% yang disimpan pada suhu 30 °C dan tekanan 1 atm dalam tengki penyimpanan (T-01). Asam sulfat dipompa menuju *Mixer* untuk diencerkan hingga 80% dan bereaksi hingga suhu 82 °C kemudian suhu diturunkan melewati *Cooler* (CL-01) untuk menuju Reaktor 1 hingga suhu 70 °C (*US Patent 172.742*).

c. Air Proses

Air proses digunakan untuk memenuhi kebutuhan air dalam produksi. Air yang digunakan sebagai campuran batuan fosfat dipompa menuju Reaktor melewati *Heat Exchanger* (HE-01) untuk dialirkan suhunya hingga 70°C Dalam Reaktor 1 (R-01).

3.2.2 Tahap Reaksi

Bahan baku utama yaitu batuan fosfat, asam sulfat dan air dengan rasio 1:3:6 dialirkan masuk kedalam Reaktor 1 yang merupakan Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) yang dilengkapi dengan selimut pendingin dikarenakan reaksi yang terjadi bersifat eksotermis. Dalam Reaktor 1 (R-01) akan menghasilkan *slurry* yang terbentuk dari batuan fosfat, asam sulfat, dan air. Suhu pada proses ini dikontrol dengan 70°C yang bertujuan agar proses

dapat terus berjalan pada keadaan optimalnya. Reaksi yang terjadi sebagai Berikut:



Pemilihan jumlah reaktor didasarkan pada kapasitas produksi sedangkan untuk pemilihan tipe reaktor didasarkan pada fase reaktan dan kondisi operasi, melalui optimasi dapat disimpulkan bahwa akan digunakan 2 reaktor yang berjenis Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) yang dilengkapi dengan Jaket Pendingin.

3.2.3 Tahap Pemisahan dan Pemurnian Produk

Produk *slurry* dari Reaktor 2 (R-02) dialirkan menggunakan Pompa (P- 04) menuju *Rotary Vacuum Drum Filter* (F-01) untuk dipisahkan antara padatan dan cairan, dimana padatan (*Cake*) keluaran *Rotary Vacuum Drum Filter* (F-01) akan di bawa menuju *Rotary Dryer* (RD-01), sedangkan cairan (*Filtrat*) keluaran *Rotary Vacuum Drum Filter* (F-01) pada keadaan vakum dialirkan menuju *Evaporator* (EV-01) dengan pompa untuk dinaikan tekanannya menjadi 1 atm.

Padatan (*Cake*) yang dibawa menuju *Rotary Dryer* (RD-01) menggunakan *Screw Conveyor* (SC-03) yang bertujuan untuk mendapatkan kemurnian Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum) sebesar 91% dengan menguapkan sebagian asam sulfat dan air karena kemurnian *cake* yang dihasilkan *filter* masih rendah dan belum sesuai dengan standar nasional Indonesia yang ada. Proses purifikasi menggunakan *Rotary Dryer* tipe *Direct Counter Current* yang metode pengeringannya menggunakan hembusan udara panas yang berasal dari udara kering yang dipanaskan melalui *Heater* (HE-03) yang menggunakan *steam* sebagai pemanas.

Produk *liquid* dari *Rotary Vacuum Filter Drum* (F-01) yang terdiri dari air, asam fosfat dan impuritis dengan kadar yang sangat kecil dialirkan kedalam *Evaporator* (EV-01) melalui Pompa (P-05) yang bertujuan untuk memekatkan asam fosfat dengan cara menghilangkan sebagian air yang terkandung 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	Reaktor	
	R-01	R-02
Kode Alat		
Fungsi	Mereaksikan asam sulfat dengan batuan fosfat	Mereaksikan asam sulfat dengan batuan fosfat
Jenis	<i>Contious Stirred Tank</i>	<i>Contious Stirred Tank</i>
Bahan	<i>Stainless Stell SA 167 Grade 11 Type 316</i>	<i>Stainless Stell SA 167 Grade 11 Type 316</i>
Kapasitas (ton/tahun)	100.000	100.000
	Kondisi Operasi	
Suhu (°C)	70	70
Tekanan (atm)	1	1
	Dimensi	
Diameter (m)	2,900	2,900
Tinggi (m)	4,350	5,5587
Tebal <i>Shell</i> (in)	0,25	0,25
	<i>Head and Bottom</i>	
Tipe	<i>Torispherical Flanged and Dished Head</i>	<i>Torispherical Flanged and Dished Head</i>
Tebal (in)	0,3125	0,3125
Tinggi (m)	0,6173	0,6046
	Pengaduk	

Parameter	R-01	R-02
Jenis	<i>Turbine with 6 Flat Blades</i>	<i>Turbine with 6 Flat Blades</i>
Diameter (DI) (m)	0,9666 m	0,9666 m
Jarak (Zi)	1,2566 m	1,2566 m
Pengaduk Lebar (L)	0,2416 m	0,2416 m
Pengaduk <i>Power</i>	3	3
Jenis Pendingin: Jaket (<i>cooling water</i>)		
Luas Transfer Area	35,0046	7,4433
Mode Transfer Panas (U _D) (W/M ² K)	100	100
Tebal Jaket	0,00635	0,00635
Harga (\$)	413.062	413.062

3.3.2 Spesifikasi Alat Pemisah dan Operasi Pendukung

1. *Crusher*

Tabel 3. 2 Spesifikasi *Crusher*

Parameter	<i>Crusher</i>
Kode Alat	CR-01
Fungsi	Untuk mengecilkan ukuran batuan fosfat
Jumlah	1
Jenis	<i>Thooted Roll Crusher</i>
Kondisi Operasi	
Tekanan Operasi (atm)	1
Suhu Operasi (°C)	30

Parameter	Crusher
<i>Dimensi Crusher</i>	
Kapasitas (kg/jam)	10.195,030
Diameter <i>Roll</i> (in)	18
<i>Face Roll</i> (in)	18
<i>Roll Speed</i> (rpm)	150
<i>Power</i> (hP)	8
<i>Distance Between Rolls</i> (Dp)	0,0028 ft
Harga (\$)	240.953

2. *Ball Mill*

Tabel 3. 3 Spesifikasi *Ball Mill*

Parameter	Ball Mill
Kode Alat	BM-01
Fungsi	Untuk menghaluskan ukuran batuan
Jumlah	1
Jenis	<i>Marcy Ball Mill</i>
Kondisi Operasi	
Tekanan Operasi (atm)	1
Suhu Operasi (°C)	30
Dimensi	
Kapasitas (ton/tahun)	10,1950
Diameter (ft)	5
Panjang (ft)	4

Parameter	BM-01
<i>Mill Speed</i> (rpm)	27
<i>Power</i> (hP)	50
<i>Ball Charge</i> (ton)	5,25
Harga (\$)	203.995

3. *Vibrating Screen*

Tabel 3. 4 Spesifikasi *Vibrating Screen*

Parameter	<i>Vibrating Screen</i>	
Kode Alat	VS-01	VS-02
Fungsi	Menyeragamkan ukuran bahan baku sebesar 100 mesh	Menyeragamkan ukuran bahan baku sebesar 200 mesh
Jenis	<i>High Speed Vibrating Screen</i>	<i>High Speed Vibrating Screen</i>
Bahan Kostruksi	<i>Carbon Steel</i>	<i>Carbon Steel</i>
	<i>Dimensi Vibrating Screen</i>	
Kapasitas (kg/jam)	8.495,858	8.495,858
Luas (ft ²)	2,5484	68,4230
Harga (\$)	27.900	27.900

4. *Mixer*

Tabel 3. 5 Spesifikasi *Mixer*

Parameter	<i>Mixer</i>
Kode Alat	M-01

Parameter	Mixer
Fungsi	mencampurkan larutan H ₂ SO ₄ 98% dengan air sehingga diperoleh kadar 80% berat
Jenis	Tangki silinder tegak yang dilengkapi pengaduk
Bahan Konstruksi	<i>Stainless Steel 316 AISI</i>
	Kondisi Operasi
Suhu (°C)	30
Tekanan (atm)	1
	Dimensi
Diameter (m)	1,2571
Tinggi (m)	1,8857
Tebal <i>shell</i> (in)	0,25
Volume (m ³)	3,1194
	<i>Head and Bottom</i>
Tebal <i>head</i> (in)	0,25
Tinggi total (m)	4,1391
	Pengaduk
Diameter (m)	1,3748
Kecepatan (rpm)	206,9506
Panjang <i>blade</i> (m)	0,3437
Lebar <i>baffle</i> (m)	0,2749
<i>Power</i> (hP)	5
Harga (\$)	173.921

5. Filter

Tabel 3. 6 Spesifikasi *Filter*

Parameter	Filter
Kode Alat	F-01
Fungsi	Untuk memisahkan padatan dan filtrat
Jenis	<i>Rotary Filter Vacuum</i>
Bahan Kostruksi	<i>Stainless Steel SA 299 Grade 3 Type 304</i>
Kondisi Operasi	
Suhu (°C)	70
Tekanan (atm)	1
Dimensi Filter	
Diameter (m)	1,2536
Panjang (m)	2,5071
Luas Permukaan (m ²)	3,0928
Kecepatan Putar (rpm)	6,0786
Power (hP)	20
Harga (\$)	1.096.548

6. Rotary Dryer

Tabel 3. 7 Spesifikasi *Rotary Dryer*

Parameter	<i>Rotary Dryer</i>
Kode Alat	RD-01
Fungsi	Untuk mengurangi kandungan cairan dalam produk Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum)
Jenis	<i>Direct contact counter current</i>
Bahan Kostruksi	<i>Low-alloy steel SA 302 grade B</i>
Kondisi Operasi	
Suhu Bahan Masuk (°C)	70
Suhu Udara Masuk (°C)	150
Suhu Bahan Keluar (°C)	79,8215
Suhu Udara Keluar (°C)	81,3215
Diameter (m)	0,7335
Panjang (m)	9,6257
Tebal <i>Shell</i> (m)	0,0048
Power (hP)	2
Harga (\$)	230.928

7. Evaporator

Tabel 3. 8 Spesifikasi *Evaporator*

Parameter	<i>Evaporator</i>
Kode Alat	EV-01
Fungsi	Untuk menguapkan air yang terkandung pada asam fosfat

Parameter	EV-01
Jenis	<i>Long Tube Vertical Evaporator</i>
Bahan Konstruksi	<i>Stainless Steel SA 299 Grade 3 Type</i>
Kondisi Operasi	
Suhu (°C)	131
Tekanan (atm)	1
Dimensi	
Diameter (m)	2,2860
Tinggi (m)	6,1635
Tebal <i>Shell</i> (m ²)	0,3125
Tinggi <i>Head</i> (in)	17,4487
Jumlah <i>Tube</i>	45
<i>Pass</i>	2
<i>Pressure Drop</i>	43,66
Suhu Keluar Fluida Panas (°C)	170
Suhu Keluar Fluida Dingin (°C)	131
<i>Steam</i>	
Luas Transfer Panas (ft ²)	386,4729
Harga (\$)	43.118

3.3.3 Spesifikasi Alat Penyimpanan Bahan

1. Gudang Penyimpanan

Tabel 3. 9 Spesifikasi Gudang Batuan Fosfat

Parameter	Gudang Penyimpanan
Kode Alat	G-01

Parameter	G-01
Fungsi	Menyimpan bahan baku bantuan fosfat untuk kebutuhan selama 14 hari
Jumlah	1
Jenis	Bangunan atap tertutup
	Waktu Penyimpanan
Suhu (°C)	30
Tekanan (atm)	1
	Dimensi
Lebar (m)	15,1897
Panjang (m)	30,3794
Tebal (m)	3,6
Luas (m)	109,3657
Volume (m ²)	1661,2304
Harga (\$)	423.328

2. Hopper

Tabel 3. 10 Spesifikasi *Hopper*

Parameter	<i>Hopper</i>		
Kode Alat	H-01	H-02	H-03
Fungsi	Tempat penampungan sementara batuan fosfat sebelum masuk <i>crusher</i>	Tempat penampungan sementara batuan fosfat sebelum masuk <i>Ball Mill</i>	Tempat penampungan sementara batuan fosfat Sebelum masuk Reaktor

Parameter	H-01	H-02	H-03
Jenis	<i>Silinder Vertical dengan alas berbentuk kerucut</i>	<i>Silinder Vertical dengan alas berbentuk kerucut</i>	<i>Silinder Vertical dengan alas berbentuk kerucut</i>
Bahan Kostruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Jumlah (unit)	1	1	1
Kondisi Operasi			
Suhu (°C)	30	30	30
Tekanan (atm)	1	1	1
Dimensi			
Diameter (m)	1,2638	1,2638	1,2638
Tinggi (m)	2,5277	2,5277	2,5277
Tebal (in)	0,1695	0,1695	0,1695
Volume (m ³)	3,4334	3,4334	3,4334
Harga (\$)	13.889	13.889	13.889

3. Tangki

Tabel 3. 11 Spesifikasi Tangki Penyimpanan

Parameter	Tangki		
Kode Alat	T-01	T-02	T-03
Fungsi	Menyimpan kebutuhan H ₂ SO ₄ untuk proses produksi selama 7 hari	Menyimpan kebutuhan H ₂ O untuk proses produksi selama 7 hari	Menyimpan kebutuhan H ₃ PO ₄ untuk proses produksi selama 7 hari

Parameter	T-01	T-02	T-03
Jenis	<i>Cylinder vertical, flat bottom and conical head</i>	<i>Cylinder vertical, flat bottom and conical head</i>	<i>Cylinder vertical, flat bottom and conical head</i>
Bahan Konstruksi	<i>Stainless Steel SA-240 type 316</i>	<i>Stainless Steel SA-240 type 316</i>	<i>Stainless Steel SA-240 type 316</i>
Kapasitas (kg)	1.123.234,27	1.102.194,7854	605.097,8700
Kondisi Operasi			
Suhu (°C)	30	30	30
Tekanan (atm)	1	1	1
Dimensi			
Diameter (m)	13,7160	24,3840	24,3840
Tinggi (m)	5,4864	9,1440	9,1440
Tebal <i>Bottom</i> (in)	0,25	0,25	0,25
Tebal <i>Roof</i> (in)	1,75	0,75	0,75
Volume (m ³)	744,3189	1.292,8807	412,9891
Diameter Pipa Pengisian (in)	7,9810	19,25	19,25
Diameter Pipa Pengeluaran (in)	2,067	4,026	4,026
Harga (\$)	1.498.981	521.038	1.357.429

4. Silo

Tabel 3. 12 Spesifikasi Silo

Parameter	Silo
Kode Alat	SL-01
Fungsi	Menyimpan produk Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum) untuk kebutuhan selama 7 hari
Jenis	Slinder tegak dengan tutup datar dan alas berbentuk kerucut
Bahan Kostruksi	<i>Stainless steel SA-167 type 316</i>
Jumlah (unit)	1
	Kondisi Operasi
Suhu (°C)	30
Tekanan (atm)	1
	Dimensi
Diameter (m)	9,3731
Tinggi (m)	18,7461
Tebal (in)	0,6550
Volume (m ³)	1077,3660
Harga (\$)	894.968

3.3.4 Spesifikasi Alat Transportasi

1. *Belt Conveyor*

Tabel 3. 13 Spesifikasi *Belt Conveyor*

Parameter	<i>Belt Conveyor</i>		
Kode Alat	BC-01	BC-02	BC-03

Parameter	BC-01	BC-02	BC-03
Fungsi	Mengangkut batuan fosfat dari gudang menuju BE-01 untuk diumpangkan ke <i>Crusher</i>	Mengangkut batuan fosfat dari <i>Hopper</i> (H-01) untuk diumpangkan menuju ke <i>Crusher</i>	Mengangkut batuan fosfat dari <i>Screen</i> (VS-01) menuju BE-02 untuk diumpangkan ke <i>Ball Mill</i>
Jenis	<i>Troughed Antifriction Idlers</i> dengan sudut kemiringan 30 °C	<i>Troughed Antifriction Idlers</i> dengan sudut kemiringan 30 °C	<i>Troughed Antifriction Idlers</i> dengan sudut kemiringan 30 °C
Bahan Kostruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Kapasitas (kg/jam)	8.495,8580	8.495,8580	8.495,8580
Kondisi Operasi			
Suhu (°C)	30	30	30
Tekanan (atm)	1	1	1
Dimensi			
Ketinggian (ft)	3,6397	363,9702	363,9702
Panjang (ft)	10,6418	1064,1778	1064,1778
Lebar (in)	14	14	14
Kecepatan (ft/menit)	100	200	200
Power Motor (hP)	0,6181	17,6266	17,6266
Harga (\$)	59.664	59.664	59.664

2. *Bucket Elevator*

Tabel 3. 14 Spesifikasi *Bucket Elevator*

Parameter	<i>Belt Elevator</i>			
Kode Alat	BE-01	BE-02	BE-03	BE-04
Fungsi	Mengangkut batuan fosfat dari BC-01 untuk diumpankan ke <i>Crusher</i>	Mengangkut batuan fosfat dari BC-02 untuk diumpankan ke <i>Ball Mill</i>	Mengangkut batuan fosfat dari SC-01 ke <i>Hopper</i> untuk disimpan sementara	Mengangkut Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum) dari SC-04 ke Silo untuk disimpan sementara
Jenis	<i>Centrifugal Discharge Bucket</i>	<i>Centrifugal Discharge Bucket</i>	<i>Centrifugal Discharge Bucket</i>	<i>Centrifugal Discharge Bucket</i>
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>
Dimensi				
Kapasitas (ton/jam)	8,4959	8,4959	8,4959	12,6262
Panjang (in)	8	8	8	8
Lebar (in)	7,75	7,75	7,75	8
Tinggi (ft)	25	25	25	7,75
Kecepatan (ft/menit)	19,3994	19,3994	19,3994	25

Parameter	BE-01	BE-02	BE-03	BE-04
Power Motor (hP)	4,3	4,3	4,3	19,3994
Jumlah Bucket	22	22	22	4,3
Harga (\$)	14.885	14.885	14.885	22

3. *Screw Conveyor*

Tabel 3. 15 Spesifikasi *Screw Conveyor*

Parameter	<i>Screw Conveyor</i>			
Kode Alat	SC-01	SC-02	SC-03	SC-04
Fungsi	Mengangkut batuan fosfat dari <i>Screen</i> (VS-02) menuju BE-03	Mengangkut batuan fosfat dari <i>Hopper</i> menuju Reaktor	Mengangkut batuan fosfat dari <i>Filter</i> menuju <i>Rotary Dryer</i>	Mengangkut batuan fosfat dari <i>Rotary Dryer</i> menuju BE-04
Jenis	<i>Horizontal Screw</i>	<i>Horizontal Screw</i>	<i>Horizontal Screw</i>	<i>Horizontal Screw</i>
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 (°C)	30	30	30	30
Tekanan (atm)	1	1	1	1
Demensi				
Diameter (in)	16	16	16	16
Kecepatan (rpm)	45	45	45	45

Parameter	SC-01	SC-02	SC-03	SC-04
Power Motor (hP)	5	5	5	5
Harga (\$)	8.213	8.213	8.213	8.213

4. Pompa

Tabel 3. 16 Spesifikasi Pompa

Parameter	Pompa				
	P-01	P-02	P-03	P-04	P-05
Kode alat					
Fungsi	Mengalirkan Asam Sulfat dari Tangki (T-02) menuju <i>Mixer</i>	Mengalirkan Air dari Tangki (T-01) menuju <i>Mixer</i>	Mengalirkan Asam Sulfat dari <i>Mixer</i> menuju <i>Reaktor</i> melewati CL-01	Mengalirkan Air dari Tangki (T-01) menuju <i>Reaktor</i> melewati HE-01	Mengalirkan <i>slurry</i> (Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum) dari R-01 menuju R-02
Jenis	<i>Centrifugal pump, Mixed flow impellers</i>	<i>Centrifugal pump, Mixed flow impellers</i>	<i>Centrifugal pump, Mixed flow impellers</i>	<i>Centrifugal pump, Mixed flow impellers</i>	<i>Centrifugal pump, Mixed flow impellers</i>
Bahan Konstruksi	<i>Stainless Steel SA-167</i>	<i>Stainless Steel SA-167</i>	<i>Stainless Steel SA-167</i>	<i>Stainless Steel SA-167</i>	<i>Stainless Steel SA-167</i>
Kapasitas (gpm)	19,5087	7,7703	26,7327	7,7703	5,2834
	Dimensi				
IPS (in)	2	1	2	1,5	1

Parameter	P-01	P-02	P-03	P-04	P-05
<i>Schedule Number</i>	40	40	40	40	40
OD	2,38	1,32	2,38	1,66	1,32
ID (in)	2,067	1,049	2,067	1,38	1,049
<i>Total Head (m)</i>	6,9932	9,451	7,7647	7,4751	3,7081
Efisiensi Motor (%)	20	8	24	8	6
Motor Standar (hP)	1,5	1	1,5	2	1
<i>Spesific Speed (rpm)</i>	1.474,639	767,341	1.595,913	1.052,098	1.235,012
Harga (\$)	6.160	6.160	6.160	6.160	6.160

Tabel 3. 1717 Spesifikasi Pompa Lanjutan

Parameter	Pompa			
	P-06	P-07	P-08	P-09
Kode alat				
Fungsi	Mengalirkan <i>slurry</i> (Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum) dari R-02 menuju <i>Filter</i>	Mengalirkan Air dari Tangki (T-02) menuju <i>Filter</i>	Mengalirkan filtrat larutan asam dari <i>Filter</i> menuju <i>Evaporator</i>	Mengalirkan hasil <i>Evaporator</i> menuju T-03 melewati CL-01

Parameter	P-06	P-07	P-08	P-09
Jenis	<i>Centrifugal pump, Mixed flow impellers</i>	<i>Centrifugal pump, Mixed flow impellers</i>	<i>Centrifugal pump, Mixed flow impellers</i>	<i>Centrifugal pump, Mixed flow impellers</i>
Bahan Konstruksi	<i>Stainless Steel SA-167</i>	<i>Stainless Steel SA-167</i>	<i>Stainless Steel SA-167</i>	<i>Stainless Steel SA-167</i>
Kapasitas (gpm)	0,3265	8,6894	21,3244	9,1567
		Dimensi		
IPS (in)	0,5	1,25	2	2
<i>Schedule Number</i>	80	40	40	40
OD	0,546	1,66	2,38	2,38
ID (in)	0,84	1,38	2,067	2,067
<i>Total Head (m)</i>	3,2160	5,8020	8,3316	3,2949
Efisiensi Motor (%)	1	8	20	10
Motor Standar (hP)	5	1	1,5	1
<i>Spesific Speed (rpm)</i>	341,598	1.132,115	1.351,983	1.776,520
Harga (\$)	6.160	6.160	6.160	6.160

5. *Blower*

Tabel 3. 18 18 Spesifikasi *Blower*

Parameter	<i>Blower</i>
Kode alat	BL-01
Fungsi	Mengalirkan udara untuk dipanaskan di dalam <i>Heater</i> (HE-02) sebagai media pengeringan dalam <i>Rotary dryer</i>
Jenis	<i>Backward curve blade centrifugal blower</i>
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Jumlah (unit)	1
Jumlah Udara Masuk (lb/menit)	99.611,47 lb/jam
Laju Volumetrik Udara (ft ³ /menit)	43.396,0302
Tekanan (psia)	3,5049
<i>Power</i> (hP)	7,5

3.3.5 Spesifikasi Alat Penukar Panas

1. *Cooler*

Tabel 3. 19 19 Spesifikasi *Cooler*

Parameter	<i>Cooler</i>	
	CL-01	CL-02
Kode Alat		
Fungsi	Menurunkan suhu keluaran dari <i>Mixer</i> menuju R-01	Menurunkan suhu produk Asam Fosfat dari 100°C menjadi 30°C dari (EV-01) menuju Tangki Penyimpanan

Parameter	CL-01	CL-02
Jenis	<i>Double Pipe Heat Exchanger</i>	<i>Double Pipe Heat Exchanger</i>
Bahan Konstruksi	<i>Stainless Steel SA-167 tpe 316</i>	<i>Stainless Steel SA-167 tpe 316</i>
Jumlah (unit)	1	1
Jumlah Hairpin	2	12
	<i>Annulus</i>	
IPS	4	2
OD (in)	4,5	2,38
ID (in)	4,026	2,067
<i>Surface area</i>	1,178	0,622
Panjang (ft)	20	15
	<i>Inner Pipe</i>	
IPS	3	1,25
OD (in)	3,5	1,66
ID (in)	3,068	1,38
<i>Surface area (sqft/ft)</i>	0,917	0,435
Panjang (ft)	20	15
Luas Transfer Panas (ft ²)	17,5300	23,150
Ud (Btu/jam.ft ² .°F)	28,7263	450,000
Uc (Btu/jam.ft ² .°F)	31,435	789,472
Rd	0,0240	0,009
Rd min	0,003	0,001
Harga (\$)	1.570	1.570

2. Heater

Tabel 3. 20 Spesifikasi *Heater*

Parameter	<i>Heater</i>	Parameter	<i>Heater</i>
Kode Alat	HE-01	Kode Alat	HE-02
Fungsi	Menaikan suhu umpan Air dari 30°C menjadi 70°C dari tangka penyimpanan (T-01) menuju Reaktor dan <i>Filter</i>	Fungsi	Menaikan suhu udara dari suhu lingkungan menjadi 130°C
Jenis	<i>Double Pipe Heat Exchanger</i>	Jenis	<i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>	Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Jumlah (unit)	1	Jumlah (Unit)	1
Jumlah <i>Hairpin</i>	4	Luas Transfer Panas (m ²)	44,1142
	<i>Annulus</i>	Media Pendingin	<i>Steam</i>
IPS	2	Spesifikasi <i>Shell</i>	
OD (in)	2,380	ID <i>Shell</i> (in)	33

Kode Alat	HE-01	Kode Alat	HE-02
ID (in)	2,067	<i>Baffle Spacing</i> (in)	8,25
<i>Surface area</i> (ft ² /ft)	0,622	<i>Passes</i>	1
Panjang (ft)	15	<i>Pitch</i>	<i>Tringular</i>
	<i>Inner Pipe</i>		<i>Spesifikasi Tube</i>
IPS	1,25	ID <i>Tube</i> (in)	1,5
OD (in)	1,67	OD <i>Tube</i> (in)	1,28
ID (in)	1,375	BWG	12
<i>Surface area</i> (sqft/ft)	0,435	Panjang <i>Tube</i> (ft)	20
Panjang (ft)	15	<i>Passes</i>	2
Luas Transfer Panas (ft ²)	30,2322	Jumlah <i>Tube</i>	206
Ud (Btu/jam.ft ² .°F)	168,4970	Ud (Btu/jam.ft ² .°F)	60
Uc (Btu/jam.ft ² .°F)	184,8735	Uc (Btu/jam.ft ² .°F)	88,8714
Rd	0,001	Rd	0,046
Rd min	0,001	Rd min	0,001
Harga (\$)	1.449	Harga (\$)	32.248

3.4 Neraca Massa

3.4.1 Neraca Massa Crusher

Tabel 3. 21 Neraca Massa Crusher

Komponen	Massa <i>Input</i> (kg/jam)	Massa <i>Output</i> (kg/jam)
	Arus 1	Arus 2
Ca ₃ (PO ₄) ₂	6491,553	6491,553
CaO	729,926	729,926
SiO ₂	254,876	254,876
CO ₂	339,834	339,834
F	339,834	339,834
Fe ₂ O ₃	25,488	25,488
Al ₂ O ₃	25,488	25,488
Na ₂ O	16,992	16,992
MgO	84,959	84,959
H ₂ O	186,909	186,909
Total	8495,858	8495,858

3.4.2 Neraca Massa Ball Mill

Tabel 3. 22 Neraca Massa Ball Mill

Komponen	Massa <i>Input</i> (kg/jam)	Massa <i>Output</i> (kg/jam)
	Arus 3	Arus 4
Ca ₃ (PO ₄) ₂	6491,553	6491,553
CaO	729,926	729,926
SiO ₂	254,876	254,876
CO ₂	339,834	339,834
F	339,834	339,834
Fe ₂ O ₃	25,488	25,488
Al ₂ O ₃	25,488	25,488

Komponen	Massa Input (kg/jam) Arus 3	Massa Output (kg/jam) Arus 4
Na ₂ O	16,992	16,992
MgO	84,959	84,959
H ₂ O	186,909	186,909
Total	8495,858	8495,858

3.4.3 Neraca Massa Mixer

Tabel 3. 23 Neraca Massa Mixer

Komponen	Massa Input (kg/jam) Arus 4	Massa Input (kg/jam) Arus 5	Massa Output (kg/jam) Arus 6
H ₂ SO ₄	6552,1998		6552,1999
H ₂ O	133,7183	1504,3316	1638,0499
Subtotal	8495,858	1504,3316	8190,2499
Total	8190,2499		8190,2499

3.4.4 Neraca Massa Reaktor 1

Tabel 3. 24 Neraca Massa Reaktor 1

Komponen	Massa Input (kg/jam)			Massa Output (kg/jam)
	Arus 3	Arus 6	Arus 7	Arus 8
Ca ₃ (PO ₄) ₂	6.4091,553	0	0	1.687,804
CaO	729,926	0	0	729,926
SiO ₂	254,876	0	0	254,876
CO ₂	339,834	0	0	339,834
F	339,834	0	0	339,834
Fe ₂ O ₃	25,488	0	0	25,488
Al ₂ O ₃	25,488	0	0	25,488

Komponen	Massa Input (kg/jam)			Massa Output (kg/jam)
	Arus 3	Arus 6	Arus 7	Arus 8
Na ₂ O	16,992	0	0	16,992
MgO	84,959	0	0	84,959
H ₂ O	186,909	1638,050	3.374,069	3.525,464
H ₂ SO ₄	0	6552,200	0	1.996,386
CaSO ₄ .2 H ₂ O	0	0	0	7.995,919
H ₃ PO ₄	0	0	0	3.037,209
Total	8.495,858	8.190,250	3.374,069	20.060,177

3.4.5 Neraca Massa Reaktor 2

Tabel 3. 25 Neraca Massa Reaktor 2

Komponen	Massa Input (kg/jam)	Massa Output (kg/jam)	
	Arus 8	Arus 9	Arus 10
Ca ₃ (PO ₄) ₂	1.687,804	0	438,829
CaO	729,926	0	229,117
SiO ₂	254,876	0	6,343
CO ₂	339,834	339,834	0
F	339,834	0	0
Fe ₂ O ₃	25,488	0	25,488
Al ₂ O ₃	25,488	0	25,488
Na ₂ O	16,992	0	16,992
MgO	84,959	0	84,959
SiF ₄	0	430,790	0

Komponen	Massa Input (kg/jam)		Massa Output (kg/jam)	
	Arus 8	Arus 9	Arus 9	Arus 10
CaF ₂	0	51,369	0	0
O ₂	0	143,088	0	0
H ₂ O	3.525,464	0	2.941,217	0
H ₂ SO ₄	1.996,386	0	0	0
CaSO ₄ .2 H ₂ O	7.995,919	0	11.499,779	0
H ₃ PO ₄	3.037,209	0	3.826,884	0
Total	20.060,177	925,082	19.095,095	19.095,095

3.4.6 Neraca Massa Filter

Tabel 3. 26 Neraca Massa *Filter*

Komponen	Massa Input (kg/jam)		Massa Output (kg/jam)	
	Arus 10	Arus 11	Arus 12	Arus 13
Ca ₃ (PO ₄) ₂	438,829	0	438,829	0
CaO	229,117	0	229,117	0
SiO ₂	6,343	0	6,343	0
Fe ₂ O ₃	25,488	0	25,488	0
Al ₂ O ₃	25,488	0	25,488	0
Na ₂ O	16,992	0	16,992	0
MgO	84,959	0	84,959	0
H ₂ O	2.941,217	1.682,282	924,700	3.698,800
CaSO ₄ .2 H ₂ O	11.499,779	0	11.499,779	0
H ₃ PO ₄	3.826,884	0	765,377	3.061,507
Total	19.095,095	1.682,282	14.017,017	6.760,307

3.4.7 Neraca Massa Rotary Dryer

Tabel 3. 27 Neraca Massa *Rotary Dryer*

Komponen	<i>Massa Input</i> (kg/jam)		<i>Massa Output</i> (kg/jam)	
	Arus 12	Arus 14	Arus 15	Arus 16
Ca ₃ (PO ₄) ₂	438,829		0	438,829
CaO	229,117		0	229,117
SiO ₂	6,343		0	6,343
Fe ₂ O ₃	25,488		0	25,488
Al ₂ O ₃	25,488		0	25,488
Na ₂ O	16,992		0	16,992
MgO	84,959		0	84,959
H ₂ O	924,700		760,9596	163,740
CaSO ₄ .2 H ₂ O	11.499,779		0	11.499,779
H ₃ PO ₄	765,377		629,8485	135,528
Udara Panas		99611,471		
Total	14.017,017	99611,471	1.390,808	12.626,263

3.4.8 Neraca Massa Evaporator

Tabel 3. 28 Neraca Massa *Evaporator*

Komponen	<i>Massa Input</i> (kg/jam)		<i>Massa Output</i> (kg/jam)	
	Arus 13		Arus 17	Arus 18
H ₂ O	3.698,800		3.158,534	540,266
H ₃ PO ₄	3.061,507		0	3.061,507
Total	6.760,307		3.158,534	3601,773

3.5 Neraca Panas

3.5.1 Neraca Panas Mixer

Tabel 3. 29 Neraca Panas *Mixer*

komponen	Panas <i>Input</i> (kj/jam)	Panas <i>Output</i> (kj/jam)
ΔH Masuk	112.812,6186	
ΔH Keluar		938.355,3876
ΔH Reaksi		20.515,3200
Qpendingin	846.058,0890	
Total	958.870,7076	958.870,7076

3.5.2 Neraca Panas Reaktor 1

Tabel 3. 30 Neraca Panas Reaktor 1

komponen	Panas <i>Input</i> (kj/jam)	Panas <i>Output</i> (kj/jam)
ΔH Masuk	1.501.583,49	
ΔH Keluar		1.321.172,424
ΔH Reaksi		349.886,5204
Qpendingin	169.475,458	
Total	1.671.058,944	1.671.058,944

3.5.3 Neraca Panas Reaktor 2

Tabel 3. 31 Neraca Panas Reaktor 2

komponen	Panas <i>Input</i> (kj/jam)	Panas <i>Output</i> (kj/jam)
ΔH Masuk	1.321.172,424	
ΔH Keluar		1.208.410,73
ΔH Reaksi		349.886,5204
Qpendingin	237.124,828	

komponen	Panas <i>Input</i> (kj/jam)	Panas <i>Output</i> (kj/jam)
Total	1.558.297,252	1.558.297,252

3.5.4 Neraca Panas Filter

Tabel 3. 32 Neraca Panas Filter

komponen	Panas <i>Input</i> (kj/jam)	Panas <i>Output</i> (kj/jam)
ΔH Masuk	2.309.399,9124	
ΔH Keluar		2.285.519,4415
Qpendingin		23.880,4710
Total	2.309.399,9124	2.309.399,9124

3.5.5 Neraca Panas Rotary Dryer

Tabel 3. 33 Neraca Panas Rotary Dryer

komponen	Panas <i>Input</i> (kj/jam)	Panas <i>Output</i> (kj/jam)
ΔH Masuk	1.528.702,858	
ΔH Keluar		1.532.390,577
Qpemanas	3.928.290,564	
Qserap		3.924.602,845
Total	5.456.993.422	5.456.993.422

3.5.6 Neraca Panas Evaporator

Tabel 3. 34 Neraca. Panas Evaporator

komponen	Panas <i>Input</i> (kj/jam)	Panas <i>Output</i> (kj/jam)
ΔH Masuk	91.506.893,188	
ΔH Keluar		2.234.740,563
Qpendingin		89.272.152,625

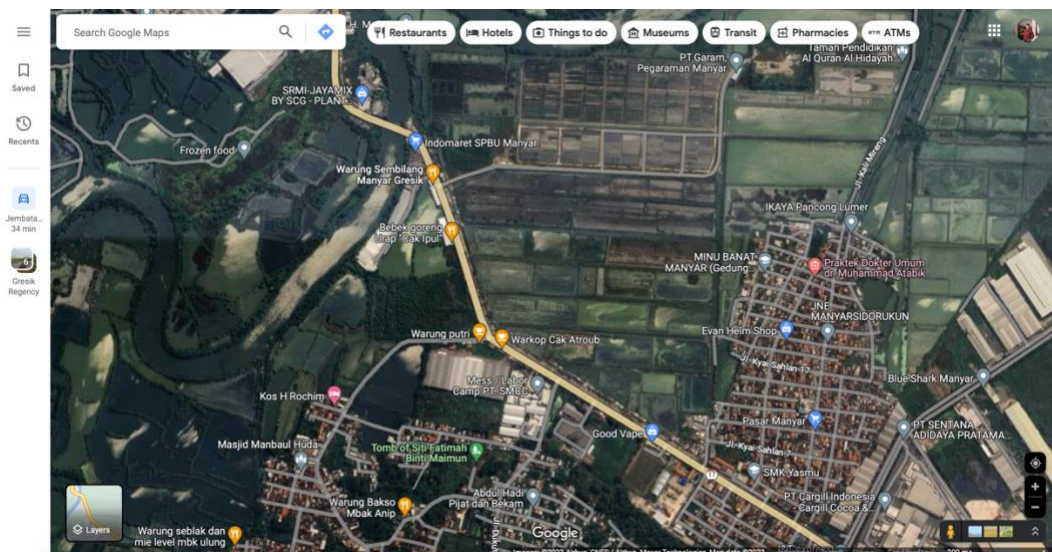
komponen	Panas <i>Input</i> (kj/jam)	Panas <i>Output</i> (kj/jam)
Total	91.506.893,188	91.506.893,188

BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1 Penentuan Lokasi Pabrik

Lokasi merupakan salah satu kegiatan awal yang harus ditentukan sebelum perusahaan mulai beroperasi. Penentuan lokasi pabrik merupakan salah satu faktor penting dalam perancangan suatu pabrik karena lokasi pabrik yang terencana dengan baik akan menentukan efisiensi dan efektivitas kegiatan produksi dan juga akan menjaga kelangsungan dan keberhasilan suatu pabrik serta berhubungan langsung dengan nilai ekonomis dari pabrik yang akan didirikan. Dengan pertimbangan tersebut, Perancangan pabrik Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum) dan asam fosfat dengan kapasitas 100.000 ton/tahun ini akan didirikan di Gresik, Jawa Timur. Lokasi pendirian pabrik dapat dilihat pada Gambar 4.1:



Gambar 4. 1 Rencana Lokasi Pendirian Pabrik

Adapun pertimbangan dalam pemilihan lokasi pabrik ini adalah sebagai berikut:

4.1.1 Faktor Primer

Faktor primer merupakan faktor yang secara langsung mempengaruhi tujuan utama dari usaha pabrik yang meliputi proses

produksi dan distribusi, berikut faktor-faktor primer yang berpengaruh secara langsung dalam pemilihan lokasi pabrik:

a. Penyediaan Bahan Baku

Lokasi pabrik sebaiknya dekat dengan penyediaan bahan baku dan pemasaran produk untuk menghemat biaya transportasi. Bahan baku pabrik Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum) dan asam fosfat yang akan didirikan ini seperti Batuan Fosfat dari PT. Petro Jordan Abadi, asam sulfat diperoleh dari PT. Petrokimia Gresik, serta air yang diperoleh dari air sungai yang telah diproses yang lokasinya tidak jauh dari pabrik.

b. Pemasaran Produk

Faktor yang perlu diperhatikan adalah letak wilayah pabrik yang membutuhkan Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum) dan jumlah kebutuhannya. Daerah Gresik merupakan daerah yang strategis untuk pendirian suatu pabrik karena dekat dengan pabrik-pabrik yang membutuhkan Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum) seperti pabrik semen Holcim Jatim, Petrojaya Plasterboard, PT. Knauf Gypsum (pabrik plester Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum), dan pabrik semen Merah Putih.

c. Penyediaan Utilitas

Utilitas yang diperlukan adalah unit pembangkit listrik, unit penyediaan bahan bakar, unit pembangkit *steam*, unit pengadaan dan pengolahan air. Kebutuhan listrik diperoleh dari PLN, akan tetapi pabrik memiliki generator pembangkit listrik sendiri untuk menjamin kelangsungan operasi pabrik yang bahan bakar generatornya diperoleh dari Pertamina.

d. Transportasi

Transportasi yang dapat digunakan untuk pembelian bahan baku dan pendistribusian produk hasil produksi dapat melalui dua jalur, yaitu jalur darat dan jalur laut. Letak geografis daerah yang dekat laut

mempermudah penggunaan fasilitas transportasi untuk mendistribusikan produk serta mengimpor bahan baku, letak pabrik juga didirikan dekat dengan perusahaan PT. Petro Jordan Abadi dan PT. Petrokimia Gresik sebagai produsen batuan fosfat dan asam sulfat yang merupakan bahan baku perancangan pabrik.

e. Tenaga Kerja

Tenaga kerja merupakan modal utama pendirian suatu pabrik. Untuk memenuhinya dapat diperoleh dari daerah sekitar lokasi pabrik. Sebagian besar tenaga kerja yang dibutuhkan adalah tenaga kerja yang berpendidikan kejuruan atau menengah dan sebagian sarjana. Selain itu, faktor kedisiplinan dan pengalaman kerja juga menjadi prioritas dalam perekrutan tenaga kerja sehingga dapat diperoleh tenaga kerja yang berkualitas.

4.1.2 Faktor Sekunder

Faktor sekunder tidak secara langsung berperan dalam proses operasional pabrik, akan tetapi berpengaruh dalam kelancaran proses operasional dari pabrik itu sendiri. Berikut faktor-faktor sekunder dalam pemilihan lokasi pabrik:

a. Kebijakan Pemerintah

Pendirian suatu pabrik perlu mempertimbangkan faktor kebijakan pemerintah yang terkait didalamnya. Kawasan yang dipilih merupakan kawasan industri sehingga pembangunan dan pengembangan di daerah tersebut tidak bertentangan dengan kebijakan pemerintah

b. Lingkungan Masyarakat Sekitar

Sikap masyarakat sekitar cukup terbuka dengan berdirinya pabrik Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum), hal ini disebabkan akan terjadi peningkatan kesejahteraan masyarakat karena akan tersedianya lapangan

pekerjaan baru bagi mereka. Selain itu pendirian pabrik ini tidak akan mengganggu keselamatan dan keamanan masyarakat di sekitarnya karena dampak dan faktor-faktornya sudah dipertimbangkan sebelum pabrik berdiri

c. 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 (Plan Layout)

Tata letak pabrik adalah 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.

Adapun perincian luas tanah sebagai bangunan pabrik dapat dilihat pada Tabel dibawah ini:

Tabel 4. 1 Luas Wilayah Pabrik

No	Nama Bangunan	Panjang, m	Lebar, m	Luas, m ²
1	Area Proses	70	35	2.450
2	Area Utilitas	50	25	1.250
3	Bengkel	12	24	288
4	Gudang Peralatan	22	10	220
5	Kantin	16	12	192
6	Kantor Teknik dan Produksi	20	14	280
7	Kantor Utama	44	14	616
8	Laboratorium	12	16	192
9	Parkir Utama	12	22	264
10	Parkir Truk	20	12	240
11	Ruang Timbang Truk	70	10	700
12	Poliklinik	12	10	120
13	Pos Keamanan	8	4	32
14	Control Room	28	10	280
15	Control Utilitas	10	10	100
16	Area Mess	16	36	576

	Nama Bangunan	Panjang, m	Lebar, m	Luas, m²
17	Masjid	14	12	168
18	Unit Pemadam Kebakaran	16	14	224
19	Unit Pengolahan Limbah	20	15	300
20	Taman	30	20	600
21	Jalan	30	20	600
22	Daerah perluasan	80	20	1.600
Luas Bangunan				11.292
Luas Tanah		612	365	223.380

4.3 Tata Letak Mesin/Alat Proses (Machines Layout)

Konstruksi yang ekonomis dan operasi yang efisien dari suatu unit proses akan tergantung kepada bagaimana peralatan proses itu disusun. Faktor- faktor yang dipertimbangkan dalam penyusunan tata letak alat proses adalah:

4.3.1 Aliran Bahan Baku dan Produk

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

4.3.2 Aliran Udara

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

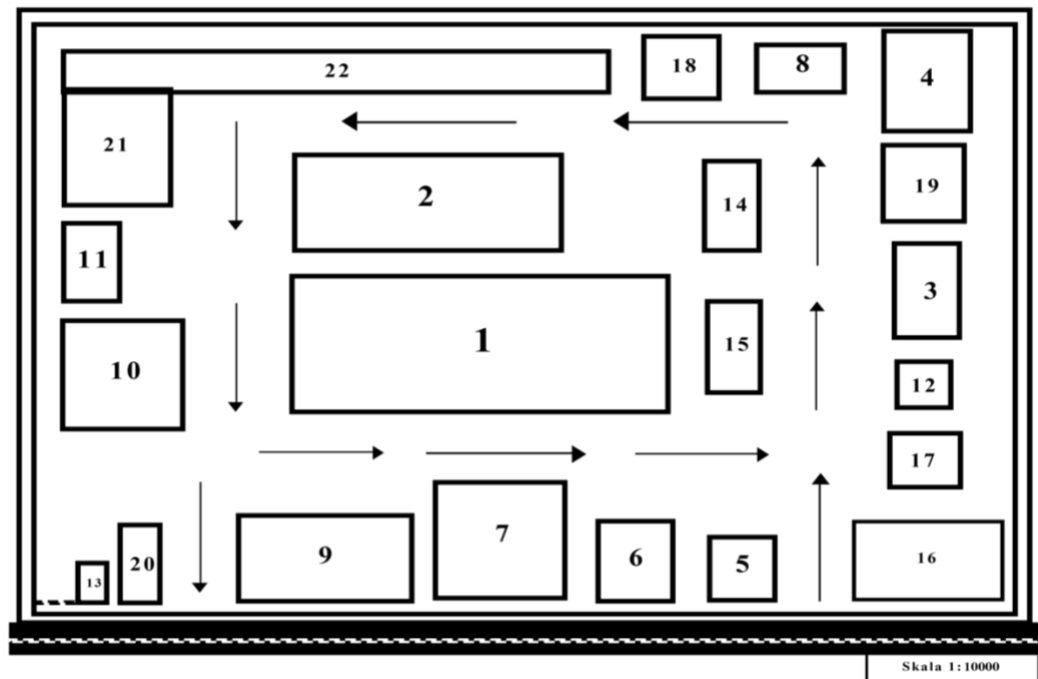
Dalam hal tata letak peralatan perlu diperhatikan agar para pekerja dapat menuju dan mencapai keseluruhan tempat alat proses dengan cepat dan mudah. Jika terjadi gangguan alat proses maka harus cepat dan tanggap untuk diperbaiki agar tidak terlalu mengganggu proses produksi yang sedang berjalan, selain itu keamanan para pekerja selama bertugas perlu diprioritaskan.

4.3.5 Pertimbangan Ekonomi

Biaya produksi diminimalisasi dengan cara menempatkan peralatan sedemikian rupa sehingga alat transportasi yang digunakan lebih efisien akan tetapi tetap mengedepankan keamanan produksi.

4.3.6 Jarak Antar Alat Proses

Jarak antar alat proses yang mempunyai suhu dan tekanan operasi yang tinggi sebaiknya dipisahkan dari alat proses lainnya, sehingga apabila terjadi ledakan atau kebakaran pada alat tersebut tidak membahayakan alat proses lainnya. Adapun Gambar tata letak pabrik, yaitu:



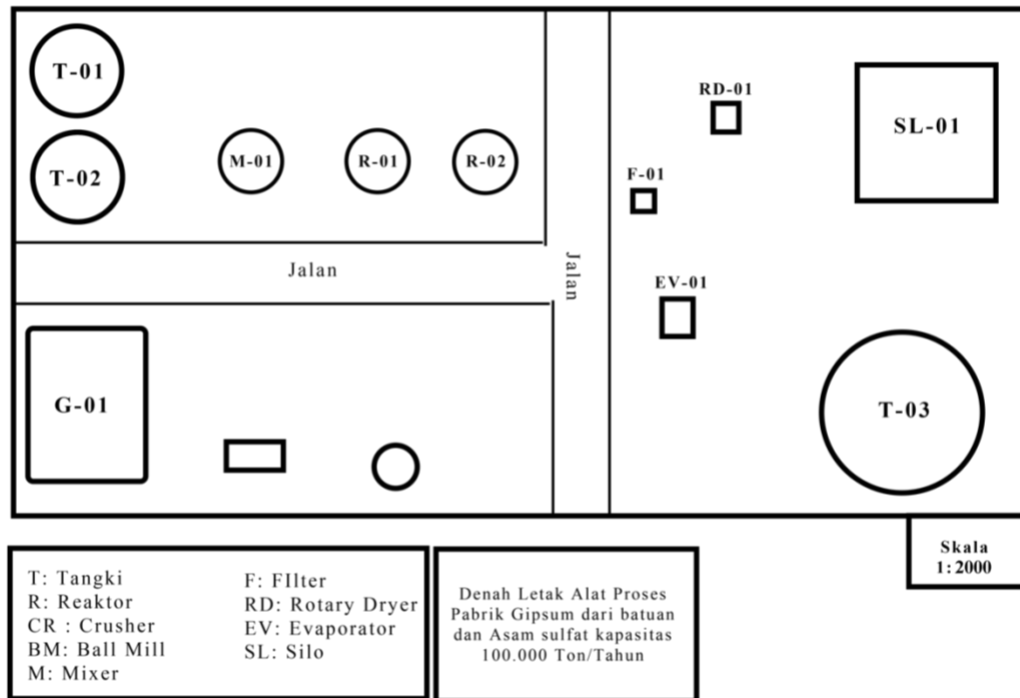
Gambar 4. 2 Layout pabrik

Keterangan Gambar:

- | | | | |
|---|----------------------------|----|------------------------|
| 1 | Area Proses | 13 | Pos keamanan |
| 2 | Area Utilitas | 14 | Control Room |
| 3 | Bengkel | 15 | Control Utilitas |
| 4 | Gudang peralatan | 16 | Area Mess |
| 5 | Kantin | 17 | Masjid |
| 6 | Kantor Teknik dan Produksi | 18 | Unit Pemadam Kebakaran |
| 7 | Kantor Utama | 19 | Unit Pengolahan Limbah |
| 8 | Laboratorium | 20 | Taman |
| 9 | Parkir Utama | 21 | Daerah Perluasan |
| | | 22 | Daerah Perluasan |

10 Parkir Truk

11 Ruang Timbang Truk



Gambar 4. 3 Jarak Antar Alat Proses

4.4 Organisasi Perusahaan

4.4.1 Bentuk Perusahaan

Dalam menjalankan Pabrik Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum) dari batuan fosfat dan Asam Sulfat ini diperlukan manajemen yang baik, maka dari itu diperlukan suatu struktur organisasi yang baik dan terstruktur sehingga tanggungjawab dan pembagian tugas jelas dan berjalan dengan baik. Pabrik dengan kapasitas 100.000 ton/tahun yang akan didirikan ini direncanakan berbentuk Perseroan Terbatas (PT). Lalu Perseroan Terbatas (PT) merupakan bentuk perusahaan yang mendapatkan modalnya dari penjualan saham dimana tiap sekutu turut mengambil bagian sebanyak satu saham atau lebih. Dalam Perseroan Terbatas (PT) pemegang saham hanya bertanggungjawab menyeter

penuh jumlah yang disebutkan dalam tiap saham. Berikut merupakan alasan dipilihnya bentuk perusahaan (PT), yaitu:

- a. Mudah mendapatkan modal yaitu dengan menjual saham perusahaan.
- b. Tanggung jawab pemegang saham terbatas, sehingga kelancaran produksi hanya dipegang oleh pemimpin perusahaan.
- c. Kelangsungan hidup perusahaan lebih terjamin, karena tidak terpengaruh berhentinya pemegang saham, direksi beserta stafnya atau karyawan perusahaan.
- d. Efisiensi dari manajemen para pemegang saham dapat memilih orang yang ahli sebagai dewan komisaris dan direktur yang cukup cakap dan berpengalaman.
- e. Lapangan usaha lebih luas karena suatu perseroan terbatas dapat menarik modal yang sangat besar dari masyarakat, sehingga dengan modal ini PT dapat memperluas usaha.
- f. Pemilik dan pengurus perusahaan merupakan orang-orang yang berbeda satu sama lain, pemilik perusahaan yaitu para pemegang saham dan pengurus perusahaan yaitu direksi beserta staffnya yang diawasi oleh dewan komisaris.

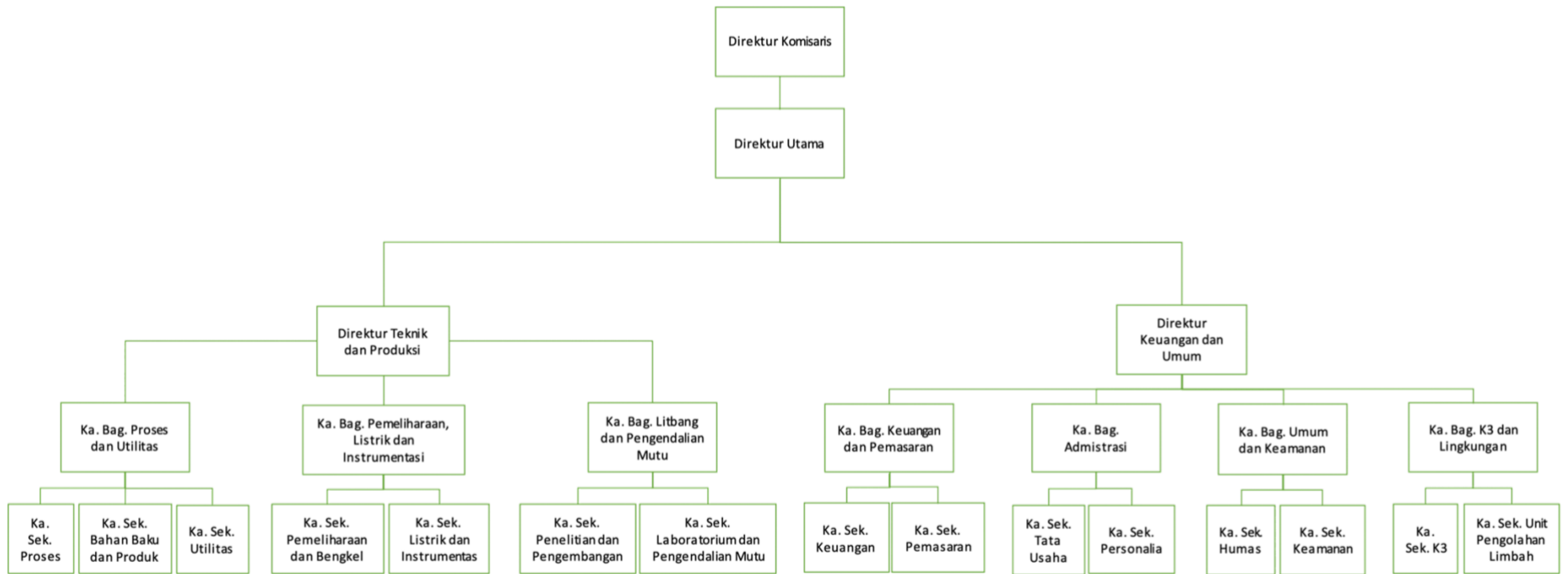
Adapun ciri-ciri perseroan terbatas yaitu

- a. Perusahaan didirikan dengan akta notaris berdasarkan kitab undang undang hukum dagang.
- b. Pemilik perusahaan adalah pemegang saham.
- c. Biasanya modal ditentukan dalam akta pendirian dan terdiri dari saham-saham.
- d. Pembinaan personalia sepenuhnya diserahkan kepada direksi dengan memperhatikan undang-undang perburuhan.

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



Gambar 4. 4 Struktur Organisasi

4.5 Tugas dan Wewenang

4.5.1 Dewan Komisaris

Dewan komisaris atau pemilik saham memegang kekuasaan tertinggi dalam suatu perusahaan. Dewan komisaris terdiri dari beberapa orang yang mengumpulkan modal untuk usaha untuk menjalankan pabrik. Tugas dan wewenang pemegang saham antara lain:

- a. Mengangkat dan memberhentikan Dewan Komisaris.
- b. Mengangkat dan memberhentikan Direktur.
- c. Mengesahkan hasil-hasil usaha serta perhitungan untung rugi tahunan dari perusahaan.

4.5.2 Direktur Utama

Direktur utama merupakan pimpinan tertinggi dalam perusahaan. Direktur utama bertanggungjawab kepada dewan komisaris terhadap segala kebijakan perusahaan yang telah diambil. Tugas dan wewenang direktur umum antara lain:

- a. Menjaga kestabilan organisasi perusahaan, sehingga komunikasi antara pemilik saham, pimpinan, karyawan, dan konsumen dapat berlangsung dengan baik.
- b. Mengangkat dan memberhentikan kepala bagian dengan persetujuan rapat pemegang saham.
- c. Mengkoordinasi kerja sama antara bagian produksi dan bagian umum.

Dalam pelaksanaannya, Direktur utama membawahi Direktur Operasi & Produksi dan Direktur Administrasi & Umum.

4.5.3 Kepala Bagian

Kepala bagian bertanggung jawab kepada direktur utama. Tugas umum kepala bagian adalah mengkoordinasi, mengatur, dan mengawasi pelaksanaan kerja sesuai bidangnya. Berdasarkan bidangnya, kepala bagian terdiri dari:

a. Kepala Bagian proses dan Utilitas

Tugas: Mengatur dan menjaga kelancaran unit proses dan unit utilitas agar *rate production* pabrik tercapai dengan mengatur jalannya proses produksi. Dalam pelaksanaannya, Kepala Bagian Proses dan Utilitas membawahi Seksi Proses, dan Seksi Utilitas.

b. Kepala Bagian perencanaan dan pengendalian pemeliharaan

Tugas: Mengatur dan menjaga jumlah pasokan Listrik agar selalu mencukupi kebutuhan pabrik serta secara rutin melakukan uji kelayakan terhadap setiap instrument dalam area pabrik. Kepala Bagian Perencanaan Dan Pengendalian Pemeliharaan membawahi seksi Pemeliharaan dan bengkel dan seksi listrik dan instrumentasi.

c. Kepala Bagian Teknologi

Tugas: Bertanggungjawab atas penyediaan mesin untuk keberlangsungan proses terkait peralatan dan kebutuhan listrik untuk kelancaran produksi. Melakukan pengecekan terkait perawatan mesin proses

d. Kepala bagian Administrasi Keuangan

Tugas: Mencatat dan menghitung aliran dana keluar dan masuk perusahaan. Kepala Bagian Administrasi Keuangan membawahi seksi keuangan, Pelaporan Keuangan & manajemen dan seksi akuntansi biaya.

e. Kepala bagian pengembangan dan sumber daya manusia

Tugas: Menjaga kualitas SDM dalam perusahaan melalui pelatihan kerja dan lain lain sehingga dapat tetap menjaga etos kerja dari setiap pegawai.

f. Kepala Bagian UMUM

Tugas: Mengatur kegiatan-kegiatan penunjang dalam pabrik seperti menjaga kebersihan kantor, keamanan dan lain lain. Kepala bagian UMUM membawahi Seksi Pelayanan Umum, dan Seksi Keamanan.

g. Kepala bagian IT

Tugas: Mengatur dan menjaga aliran informasi, dan menjaga kualitas peralatan penunjang dalam pabrik seperti komputer, alat kontrol dan lain lain.

4.5.4 Kepala Seksi

Kepala seksi adalah pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan rencana yang telah diatur oleh para Kepala Bagian masing- masing. Setiap kepala seksi bertanggungjawab terhadap kepala bagian masing- masing sesuai dengan seksinya.

- a. Kepala Seksi Proses
- b. Kepala Seksi Utilitas
- c. Kepala Seksi Bngkel dan Pemeliharaan
- d. Kepala Seksi Operasi dan Pemeliharaan
- e. Kepala Seksi Administrasi Pemasaran
- f. Kepala Seksi Administrasi Penjualan
- g. Kepala Seksi Pengolahan Energi
- h. Kepala Seksi Pengendalian Kualitas
- i. Kepala Seksi Pelayanan Umum
- j. Kepala Seksi Akuntansi Biaya

- k. Kepala Seksi Pelapor Keuangan & Manajemen
- l. Kepala Seksi Keuangan
- m. Kepala Seksi Kesehatan dan Keselamatan Kerja

4.6 Jam Kerja Karyawan

Pabrik Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum) 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 jam kerjanya, karyawan perusahaan dapat digolongkan menjadi 2 golongan karyawan *non-shift* (harian) dan karyawan *shift*.

4.6.1 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-Kamis: 08.00-16.00 WIB (istirahat 12.00-13.00)

Jumat: 08.00-16.00 (istirahat 11.30-13.30)

Sabtu-Minggu: Hari libur, termasuk hari libur nasional

4.6.2 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

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: 08.00-16.00

Shift Sore: 16.00-00.00

Shift Malam: 00.00-08.00

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. 2 Jadwal Karyawan

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

P = Pagi S = Siang M = Malam

4.7 Status, Sistem Penggajian, dan Penggolongan Pekerja

4.7.1 Jumlah Karyawan

Tabel 4. 3 Jumlah Karyawan

No	Jabatan	Jumlah
1	Dewan komisaris	2
2	Direktur Utama	1
3	Direktur Operasi dan Produksi	1
4	Direktur Adminitrasi dan Umum	1
5	Ka. Bag. Proses dan Utilitas	1
6	Ka. Bag. Perencanaan dan Pengendalian	1
7	Ka. Bag. Teknologi	1
8	Ka. Bag. Adminitrasi Keuangan	1
9	Ka. Bag. PSDM	1
10	Ka. Bag. Umum	1
11	Ka. Bag. IT	1
12	Ka. Sek. Proses	1
13	Ka. Sek. Utilitas	1
14	Ka. Sek. Bengkel dan Pemeliharaan	1
15	Ka. Sek. Operasi dan Pemeliharaan	1
16	Ka. Sek. Adminitrasi Pemasaraan	1
17	Ka. Sek. Adminitrasi Penjualan	1
18	Ka. Sek. Pengolahan Energi	1
19	Ka. Sek. Pengendalian Kualitas	1
20	Ka. Sek. Keamanan	1
21	Ka. Sek. Pelayanan Umum	1
22	Ka. Sek. Akuntansi Biaya	1

23	Ka. Sek. Pelapor Keuangan dan Manajemen	1
24	Ka. Sek. Keuangan	1
25	Ka. Sek. Kesehatan dan Keselamatan Kerja	1
26	Karyawan Pemasaran	5
27	Karyawan K3	6
28	Karyawan Kas/Anggaran	4
29	Karyawan Proses dan Utilitas	36
30	Karyawan Pemeliharaan	5
31	Perawat	4
32	Satpam	8
33	Supir	10
34	Cleaning Service	10
Total		113

4.7.2 Penggolongan jabatan

Dalam mendirikan suatu pabrik harus adanya penggolongan jabatan, karena hal ini akan berkaitan dengan keberlangsungan pabrik untuk bersaing di bersaing di pasaran. Berikut rincian penggolongan jabatan.

Tabel 4. 4 Penggolongan Jabatan

Jabatan	Penggolongan
Dewan Komisaris	S-2
Direktur Utama	S-2
Kepala Bagian	S-1
Kepala Seksi	S-1
Perawat	D-3/D-4/S-1
Karyawan	D-3/S-1

Satpan	SLTA
Supir	SLTA
Cleaning Service	SLTA

4.7.3 Sistem Gaji Pegawai

A. Gaji Harian

Gaji harian adalah gaji yang diberikan kepada karyawan tidak tetap.

B. Gaji Bulanan

Gaji bulanan adalah gaji yang diberikan kepada pegawai tetap dengan jumlah sesuai peraturan perusahaan.

C. Gaji Lembur

Gaji lembur adalah gaji yang diberikan kepada karyawan yang bekerja melebihi jam kerja pokok yang sudah ditentukan.

Perincian Gaji sesuai dengan jabatan adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 5 Gaji Karyawan

No	Jabatan	Jumlah	Gaji/Bulan	Total Gaji
1	Dewan komisaris	1	Rp 45.000.000	Rp 45.000.000
2	Direktur Utama	1	Rp 35.000.000	Rp 35.000.000
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
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

No	Jabatan	Jumlah	Gaji/Bulan		Total Gaji	
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	581.500.000	Rp	1.202.000.000

4.8 Catatan

a. Cuti Tahunan

Karyawan mempunyai hak cuti tahunan selama 12 hari setiap tahun. Bila dalam waktu 1 tahun hak cuti tersebut tidak dipergunakan maka hak tersebut akan hilang untuk tahun itu dan tidak bisa diakumulasikan.

b. Hari Libur Nasional

Bagi karyawan harian (*non-shift*), hari libur nasional tidak masuk kerja. Sedangkan bagi karyawan shift, hari libur nasional tetap masuk kerja dengan catatan hari itu diperhitungkan sebagai kerja lembur (*overtime*).

c. Kerja Lembur (*Overtime*)

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

d. Sistem Gaji Karyawan

Gaji karyawan dibayarkan setiap bulan pada tanggal 1. Bila tanggal tersebut merupakan hari libur, maka pembayaran gaji dilakukan sehari sebelumnya.

4.9 Kesejahteraan Pegawai

Kesejahteraan sosial yang diberikan oleh perusahaan kepada karyawan, diantaranya sebagai berikut:

4.9.1 Tunjangan

- a. Tunjangan yang berupa gaji pokok yang diberikan berdasarkan golongan karyawan yang bersangkutan.
- b. Tunjangan jabatan yang diberikan berdasarkan jabatan yang dipegang.
- c. Tunjangan lembur untuk karyawan yang bekerja di luar jam kerja diberikan berdasarkan jumlah jam kerja.

4.9.2 Cuti

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

4.9.3 Pakaian Pekerja

Pakaian kerja yang diberikan kepada setiap karyawan sejumlah tiga pasang untuk setiap tahunnya.

4.9.4 Pengobatan

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

4.9.5 Badan Penyelenggaraan Jaminan Sosial Tenaga Kerja

BPJSTK diberikan oleh perusahaan bila jumlah karyawan lebih dari 10 orang dengan gaji karyawan Rp 1.000.000,00 per bulan. Fasilitas untuk kemudahan bagi karyawan dalam melaksanakan aktivitas selama di pabrik antara lain:

- a. Penyediaan mobil dan bus untuk transportasi antar jemput karyawan.
- b. Kantin, untuk memenuhi kebutuhan makan karyawan terutama makan siang.
- c. Sarana peribadatan seperti masjid.
- d. Pakaian seragam kerja dan peralatan-peralatan keamanan seperti *safety helmet*, *safety shoes* dan kacamata, serta tersedia pula alat-alat keamanan lain seperti masker, *ear plug*, sarung tangan tahan api.
- e. Fasilitas kesehatan seperti tersedianya poliklinik yang dilengkapi dengan tenaga medis dan paramedi.

BAB V

UNIT UTILITAS

Utilitas merupakan bagian yang sangat penting bagi jalannya proses produksi pada suatu industri kimia. Proses produksi suatu pabrik industri kimia tidak akan berjalan dengan baik jika tidak ada unit utilitas di dalamnya dikarenakan utilitas sangat penting dalam menunjang proses produksi dalam pabrik. Adapun unit-unit utilitas yang harus ada dalam pabrik, yaitu :

5.1 Unit Penyediaan Air dan Pengolahan Air

Unit penyediaan dan pengolahan merupakan unit yang berfungsi sebagai penyedia kebutuhan air untuk seluruh kegiatan di pabrik dan mengolah air proses, air sanitasi, air pendingin serta air pemadaman kebakaran yang siap digunakan ketika terjadi kebakaran. Air berperan penting dalam suatu pabrik karena air merupakan salah satu bahan penunjang yang sangat dibutuhkan dalam proses produksi maupun kegiatan dalam pabrik. Dalam industri ini pada umumnya kebutuhan air dipenuhi dari air sumur, air sungai air danau dan air laut. Dalam perancangan pabrik asam fosfat ini, sumber air yang digunakan berasal dari air sungai Bengawan Solo yang berada di dekat daerah pabrik. Adapun beberapa pertimbangan dalam menggunakan air sungai sebagai sumber air, diantaranya:

- a. Air Sungai adalah sumber air yang kontinuitasnya relatif tinggi jika dibandingkan dengan air sumur, sehingga kecil kemungkinan akan mengalami kekeringan dan ketersediaan air akan selalu terjaga
- b. Pengolahan air sungai relatif lebih mudah, sederhana serta biaya pengolahannya relatif lebih murah dibandingkan dengan pengolahan air laut yang lebih rumit dan membutuhkan biaya yang cukup besar karena memiliki kandungan garam dan mineral didalamnya yang perlu dipisahkan.

- c. Letak sungai berada tidak jauh dari lokasi air yang digunakan sebagai utilitas pabrik dalam proses produksi antara lain sebagai berikut:

5.1.1 Air Proses

Sumber air proses yang akan digunakan diambil dari air sungai. Air sungai mengalami pengolahan agar memenuhi syarat untuk digunakan sebagai air proses. Air proses merupakan air pada area proses produksi. Adapun hal yang harus diperhatikan dalam pengolahan air sungai, diantaranya:

- a. Partikel makroba maupun mikroba yang terdapat pada air sungai
- b. Kesadahan yang dapat menimbulkan kerak pada alat proses.
- c. Beberapa logam larut dalam air seperti besi, aluminium dapat menimbulkan korosi.

Tabel 5. 1 Kebutuhan Air Proses

Nama Alat	Jumlah (kg/jam)
Reaktor	3.374
Filter	1.682,2
Mixer	1.504,7
Total	6.560

5.1.2 Air Domestik

Sumber air untuk sanitasi juga berasal dari air sungai yang sudah melalui proses pengolahan. Air sanitasi digunakan untuk keperluan rumah tangga perusahaan dan kantor seperti air minum. Adapun syarat kimia, fisik serta bakteriologis air sanitasi yang harus dipenuhi antara lain:

a. Syarat Kimia:

- Tidak Mengandung zat organik maupun anorganik
- Tidak beracun

b. Syarat Fisik

- Suhu normal dibawah suhu udara luar
- Warna jernih
- Tidak berasa
- Tidak berbau

c. Syarat bakteri biologis

Tidak mengandung bakteri-bakteri, terutama bakteri patogen, seperti *Salmonella*, *Pseudomonas*, *Eschericia coli*.

Tabel 5. 2 Kebutuhan Air Domestik

No	penggunaan	jumlah kg/hari
1	karyawan	11300
2	mess	19200
3	kantor	11300
4	pemadam kebakaran	300
5	bengkel	300
6	poliklinik	1000
7	laboraturium	1000
8	pemadam kebakaran	3000
9	kantin, musholla, dan kebun	5600
	Jumlah	53000

5.1.3 Air Layanan Umum (*Service Water*)

Air *service* digunakan sebagai air untuk memenuhi kebutuhan layanan umum seperti laboratorium, kantin, masjid, bengkel, poliklinik, pemadam kebakaran apabila terjadi timbulnya api, dan lain-lain. Syarat- syarat kimia, fisik serta bakteriologis air sanitasi yang harus dipenuhi samaseperti air domestik. Kebutuhan air *service water* diperkirakan sekitar 233 kg/jam. Perkiraan kebutuhan air ini nantinya akan digunakan untuk layanan umum yang meliputi laboratorium, masjid, pemadam kebakaran, kantin, bengkel dan lain-lain.

5.1.4 Air Pendingin

Sumber air pendingin diperoleh dari air sungai yang sudah melalui proses pengolahan. Air pendingin mengolah unit air melalui proses pendinginan untuk dapat digunakan sebagai air dalam proses pendingin pada alat penukar panas (*Heat-Exchanger*) dari alat yang membutuhkan pendingin seperti pada reaktor. Pada umumnya, ada beberapa faktor yang menyebabkan air digunakan sebagai media pendingin yaitu:

- a. Air merupakan materi yang dapat diperoleh dalam jumlah besar dengan biaya yang murah
- b. Mudah dalam pengaturan dan pengolahannya
- c. Dapat menyerap sejumlah panas persatuan volume yang tinggi dan tidak terkomposisi
- d. Tidak mudah menyusut secara berarti dalam batasan dengan adanya temperatur dingin.

Tabel 5. 3 Air Pendingin

NO.	Alat	Kode alat	Kebutuhan Air (Kg/Jam)
1	Reaktor-01	R-01	4288,0994
2	Reaktor-02	R-02	2680,1757
3	Cooler-01	CL-01	3987,2205
4	Cooler-02	CL-02	8974,8478
Jumlah			19930,3435

Perancangan dibuat *overdesign* sebesar 20%, maka dibutuhkan air pendingin menjadi:

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan air pendingin} &= 20\% \times 19.930,3435 \text{ kg/jam} \\ &= 23.916,4122 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Jumlah air yang menguap

$$\begin{aligned} (W_e) &= 0,00085 \times W_c \times (T_{in} - T_{out}) \gg (\text{Perry, Pers. 12-14c}) \\ &= 0,00085 \times 23.916,41 \times (313 - 303) \text{ K} \\ &= 203,2895 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Drift Loss } (W_d) &= 0,0002 \times W_c \gg (\text{Perry, Pers. 12-14c}) \\ &= 0,0002 \times 23.916,41 \\ &= 4,7833 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Blowdown (Wb) (Cycle yang dipilih 4kali)

$$\begin{aligned} (W_b) &= \frac{W_e - (\text{cycle} - 1)W_d}{\text{cycle} - 1} \\ &= 62,9799 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

5.1.5 Air Umpan Boiler

Air umpan *boiler* yang digunakan sudah melalui proses pengolahan secara kimiawi terlebih dahulu sebelum digunakan. air yang digunakan untuk

menghasilkan *steam* untuk kelangsungan proses. Ada beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam penanganan air umpan *boiler*.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penanganan air untuk umpan *boiler*, diantaranya :

- a. Zat-zat yang dapat menyebabkan korosi

Korosi disebabkan air mengandung larutan-larutan asam, gas-gas terlarut seperti O₂ dan CO₂ yang masuk ke badan air.

- b. Zat yang menyebabkan kerak (*scale reforming*)

Pembentukan kerak disebabkan karena adanya kesadahan dan suhu tinggi, yang biasanya berupa garam-garam karbonat dan silikat. Air sadah dapat menyebabkan terbentuknya kerak pada dasar ketel yang selalu digunakan untuk memanaskan air. Sehingga untuk memanaskan air tersebut diperlukan pemanasan yang lebih lama. Hal ini merupakan pemborosan energi.

- c. Zat yang dapat menyebabkan *foaming* dan *priming*

Foaming adalah terbentuknya gelembung atau busa dipermukaan air dan keluar bersama steam. Air yang diambil kembali dari proses pemanasan bisa menyebabkan *foaming* pada boiler karena adanya zat-zat organik dan anorganik dalam jumlah cukup besar. Efek pembusaan terjadi pada alkalinitas tinggi.

Tabel 5. 4 Air Umpan *Boiler*

Penggunaan	Jumlah (Kg/Jam)
<i>Heater-01</i>	203,68

<i>Heater-02</i>	1236,54
<i>Evaporator-01</i>	3655,84
Jumlah	5096,07

Perancangan dibuat *Overdesign* Sebesar 20% maka dibutuhkan air *Steam* Menjadi:

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan air } \textit{Steam} &= 20\% \times 5096,07 \\ &= 6.115,2 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \textit{Blowdown} &= 15\% \text{ dari kebutuhan } \textit{Steam} \\ &= 917,2927 \text{ Kg/Jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan } \textit{Make up} \text{ Air untuk steam} &= 5\% \text{ dari kebutuhan } \textit{steam} \\ &= 305,7642 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Sebelum menggunakan air sungai harus diproses dahulu agar dapat digunakan untuk memenuhi syarat untuk dapat digunakan menjadi air proses, air umpan *boiler*, air pendingin maupun air untuk kegiatan dalam pabrik. Adapun tahapan dalam pengolahan air sungai ini antara lain:

a. Penghisapan

Air diambil dari sungai dilakukan pemompaan sebelum dialirkan menuju alat penyaringan awal yang bertujuan untuk menghilangkan partikel kotoran yang berukuran cukup besar.

b. Penyaringan Awal/*Screen*

Sebelum mengalami proses pengolahan, air dari sungai harus mengalami pembersihan awal dimana air sungai dilewatkan *Screen* (penyaringan awal) yang berfungsi untuk menahan kotoran-kotoran yang

berukuran besar seperti kayu, ranting, daun, sampah dan sebagainya. Kemudian air akan ditampung didalam *reservoir*.

c. Bak Penggumpal

Air kemudian dialirkan ke bak penggumpal untuk menggumpalkan koloid-koloid tersuspensi dalam cairan (larutan) yang tidak mengendap di bak pengendap dengan cara menambahkan senyawa kimia. Umumnya flokulan yang biasa digunakan adalah tawas atau aluminium sulfat ($Al_2(SO_4)_3$) dan Na_2CO_3 yang merupakan garam yang berasal dari asam kuat dan basa lemah sehingga dalam air yang mempunyai suasana basa akan mudah terhidrolisa. Proses flokulasi bertujuan untuk menggumpalkan partikel-partikel menjadi flok dengan ukuran yang memungkinkan untuk dipisahkan dengan sedimentasi dan filtrasi. Alasan ditambahkan kapur karena kapur berfungsi untuk mengurangi atau menghilangkan kesadahan karbonat dalam air untuk mempermudah penggumpalan karena membuat suasana basa.

d. Bak pengendap

Air sungai setelah melalui bak penggumpal dialirkan ke bak pengendap awal. Untuk mengendapkan flok atau gumpalan zat padat berukuran besar yang terbentuk. Setelah flok mengendap selanjutnya dapat dibuang (*blow down*) dan kemudian dialirkan untuk difiltrasi.

e. Penyaringan (*Sand Filter*)

Air dari bak pengendap yang masih mengandung padatan tersuspensi dialirkan memasuki penyaringan untuk dilakukan filtrasi untuk menghilangkan mineral-mineral yang terkandung didalam air (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{2+}) dengan menggunakan resin. Filtrasi bertujuan untuk menyaring partikel-partikel halus yang masih lolos atau yang masih terdapat dalam air dan belum terendapkan. penyaringan dan pengendapan secara bertahap ini bertujuan untuk memastikan bahwa air benar-benar

bersih dari kotoran sehingga aman digunakan untuk proses produksi maupun kegiatan pabrik lainnya. Penyaringan pada tahap ini menggunakan *sand filter* yang terdiri dari antrasit, pasir, dan kerikil sebagai media penyaring. *Sand Filter* dicuci bila sudah dianggap kotor (*back wash, rinse*).

f. Bak penampung Air Bersih

Tangki air bersih ini fungsinya untuk menampung air bersih yang telah diproses. Air yang sudah melewati tahap penyaringan menggunakan *Sand Filter* biasa disebut sebagai air bersih dan dapat ditampung dalam bak penampung air bersih sehingga dapat didistribusikan sebagai air *service*, air domestik, *air cooling tower*, dan lain lain.

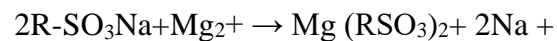
g. Demineralisasi

Demineralisasi bertujuan untuk menyiapkan air murni bebas mineral-mineral terlarut (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{2+}) sehingga didapatkan air bermutu tinggi dan memenuhi persyaratan.

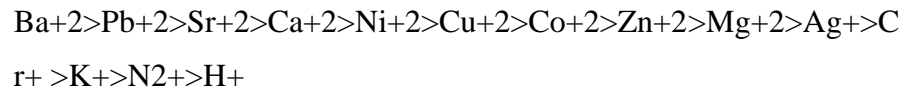
h. Tangki *Cation Exchanger*

Air dari bak penampung air bersih selanjutnya diumpankan ke tangki *Cation exchanger*. Tangki ini berisi resin untuk ditukar sebagai pengganti ion-ion positif (Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+ , Fe^{++} , Mn^{++} , Al^{+++}) yang terkandung dalam air yang menjadi penyebab terjadinya kerak-kerak pada *boiler* diganti dengan ion H^+ atau Na^+ sehingga air yang akan keluar dari *Cation Exchanger* adalah air yang mengandung anion dan ion H^+ .

Reaksi Penukaran Kation:



Ion Mg^{2+} dapat menggantikan ion Na^+ yang ada dalam resin karena selektivitas Mg^{2+} lebih besar dari selektivitas Na^+ . Urutan selektivitas kation adalah sebagai berikut:



Saat resin kation telah jenuh, maka resin penukar kation akan diregenerasi kembali. Larutan peregenerasi yang digunakan adalah NaCl. Reaksi regenerasinya:



i. Tangki *Anion Exchanger*

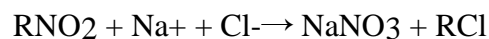
Air yang keluar dari tangki *Cation exchanger* kemudian diumpankan ke tangki *anion exchanger*. Tangki ini berfungsi untuk mengikat ion-ion negatif (anion) yang terlarut dalam air dengan resin yang bersifat basa, sehingga anion-anion seperti (HCO_3^- , Cl^- , NO_3^- , SiO_2 dan SO_4^{2-}) akan terikat dengan resin yang bersifat basa, yang memiliki formula RCl. Reaksi Pertukarannya yaitu:



Dapat menggantikan ion Cl^- yang ada dalam resin karena selektivitas NO_3^- lebih besar dari selektivitas OH^- . Urutan selektivitas anion adalah sebagai berikut:



Saat resin anion telah jenuh, maka resin penukar anion akan diregenerasi kembali. Larutan peregenerasi yang digunakan adalah NaCl. Reaksi Regenerasi:



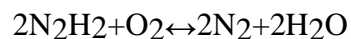
j. Mixed Bed

Tempat pembersihan air yang terakhir yang akan dipakai untuk mengisi *Boiler* bertekanan tinggi dimana resin anion dan resin kation digabungkan dalam satu *vessel*. Kation akan terambil oleh resin kation dan anion terambil oleh resin anion. Apabila *mixed bed* sudah jenuh,

maka dilakukan regenerasi, sehingga kondisi resin dapat berfungsi kembali seperti semula.

k. Unit *Deaerator* (DE)

Deaerasi adalah proses pembebasan air umpan boiler dari gas-gas yang dapat menimbulkan korosi pada boiler seperti oksigen (O₂) dan karbondioksida (CO₂). Gas yang dihilangkan bertujuan agar tidak menyebabkan korosi pada alat proses. Air yang telah mengalami demineralisasi (*kation exchanger dan anion exchanger*) dipompakan menuju *deaerator*. Pada pengolahan air tidak boleh mengandung gas terlarut dan padatan terlarut, terutama yang dapat menimbulkan korosi. Reaksi yang disebabkan oleh gas-gas tersebut menyebabkan terbentuknya bitnik-bintik pada pipa yang semakin menebal dan akhirnya menutupi permukaan pipa. Sehingga diperlukan pemanasan agar gas-gas terlarut tersebut dapat dihilangkan. Dalam *deaerator*, dengan menggunakan koil pemanas, air dipanaskan hingga suhu mencapai 90°C. Di dalam *deaerator* diinjeksikan bahan kimia berupa hidrazin (N₂H₂) yang berfungsi untuk mengikat oksigen berdasarkan reaksi:

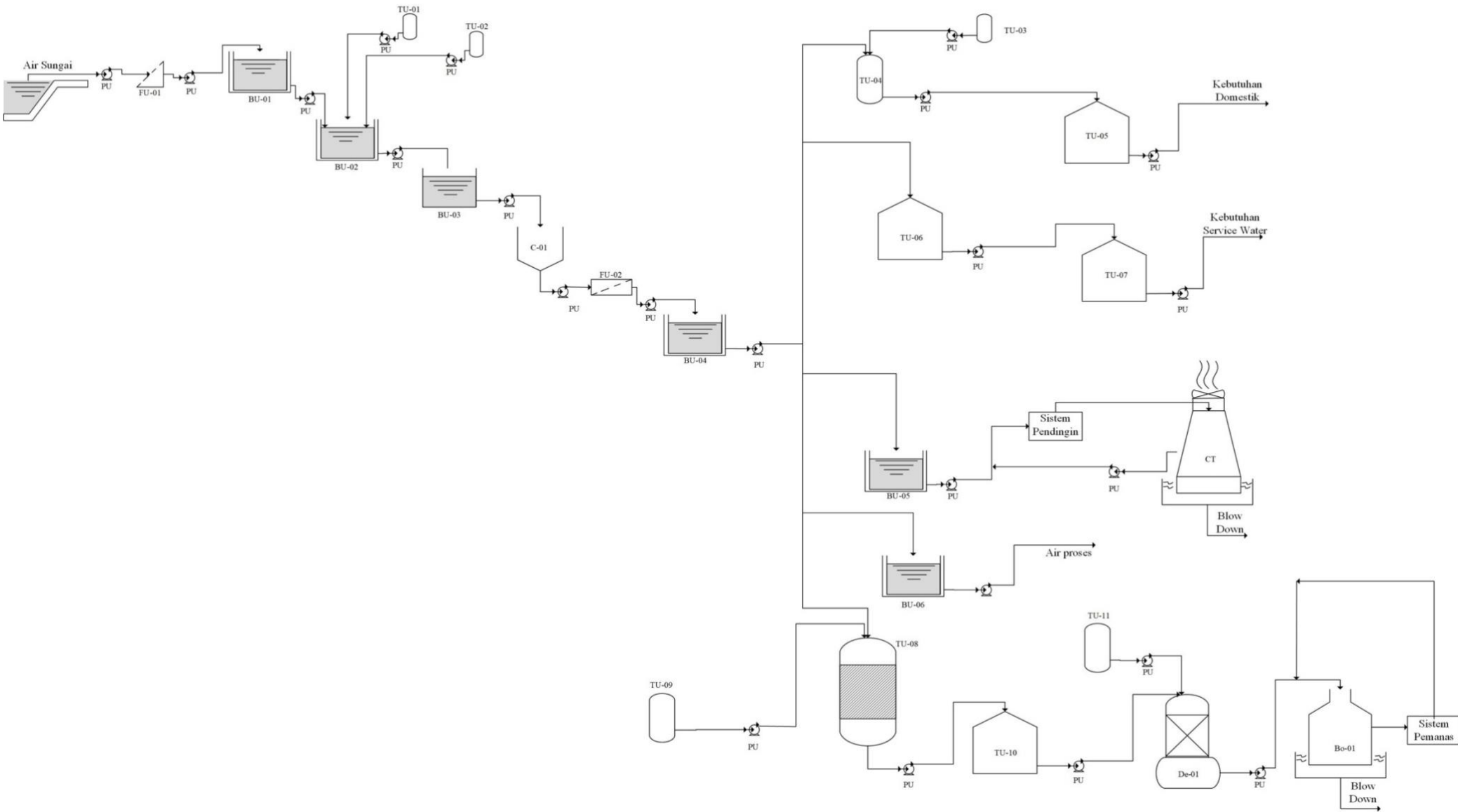


l. Bak Air Pendingin

Pendingin yang digunakan dalam proses sehari-hari berasal dari air yang telah digunakan dalam pabrik kemudian didinginkan dalam *cooling tower*. Kehilangan air karena penguapan, terbawa udara maupun dilakukannya *blow down* di *cooling tower*, diganti dengan air yang disediakan di bak air bersih. 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 kedalam air pendingin diinjeksikan bahan-bahan kimia sebagai berikut:

- Fosfat, berguna untuk mencegah timbulnya kerak
- Klorin, untuk membunuh mikroorganisme
- Zat *Dispersant*, Untuk mencegah timbulnya penggumpalan

PROSES ENGINEERING FLOW DIAGRAM UTILITAS



Gambar 5. 1 PEFD Utilitas

Keterangan :

1. PU : Pompa Utilitas
2. FU : Screening
3. BO : Boiler
4. BU : Bak Sedimentasi
5. TU : Tangki Alumn
6. BU : Bak Koagulasi dan Floakulasi
7. SF : Sand Filter
8. BU : Bak Pengendap I
9. TU : Tangki Klorinasi
10. TU : Tangki Kaporit
11. TU : Tangki Air Bersih
12. TU : Tangki *Service Water*
13. TU : Tangki NaCl
14. BU : Bak Pebgendap II
15. BU : Bak Penampung Sementara
16. CT : *Cooling Tower*
17. MB : *Mixed Bed*
18. TU : Tangki Air Demin
19. TU : Tangki N₂H₄
20. BU : Bak Aor Pendingin
21. DE : Deaeorator
22. BLU : Blower *Cooling Tower*

5.2 Unit Pembangkit Steam

Unit ini bertujuan untuk mencukupi kebutuhan *steam* pada proses produksi yaitu dengan cara menyediakan *steam* dan *boiler*. Sebelum masuk *boiler* air harus

dihilangkan kesadahnya. karena air yang sadah akan menimbulkan kerak di dalam *boiler*. Kebutuhan *steam* untuk penguapan sebanyak 917.29 kg/jam

Tabel 5. 4 Kebutuhan Steam

No	Alat	Kode	Kebutuhan Steam (Kg/jam)
1	<i>Heat Exchanger 1</i>	HE-01	203,6839
2	<i>Heat Exchanger 2</i>	HE-02	1236,5463
3	<i>Evaporator</i>	EV-01	3655,8405
Jumlah			5096,0707

Perancangan dibuat *overdesign* sebesar 20%, maka dibutuhkan air *steam* menjadi:

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan air steam} &= 20\% \times 1.223,0569 \text{ kg/jam} \\ &= 917,2927 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Blowdown} &= 15\% \text{ dari kebutuhan steam} \\ &= 917,2927 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

5.3 Unit Pembangkit Listrik

Kebutuhan listrik pada pabrik ini dipenuhi oleh dua sumber, yaitu: PLN, dan listrik cadangan dari generator pabrik. Bertujuan sebagai tenaga cadangan apabila PLN mengalami gangguan sehingga proses akan tetap berjalan. Kelebihan PLN sebagai tenaga listrik adalah biayanya yang murah, sedangkan kekurangannya adalah tenaganya tidak terlalu tetap sehingga penyediaan listrik kurang terjamin. Generator yang digunakan pada pabrik ini yaitu generator arus bolak balik. Alasan menggunakan generator ini karena tenaga listrik yang dihasilkan cukup besar dan tegangan dapat dinaikkan maupun diturunkan sesuai kebutuhan. Dengan adanya generator maka penyediaan listrik terjamin tetapi dengan memperhatikan biaya bahan bakar dan perawatan generator tersebut. Energi listrik dibutuhkan untuk alat proses, alat utilitas, instrumentasi, penerangan, dan alat-alat kontrol. Rincian kebutuhan listrik untuk pabrik Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum) meliputi:

Tabel 5. 5 Kebutuhan Listrik Proses

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
Toothed Roller Crusher	CR-01	8	5965,6
Ball Mill	BM-01	50	37285
Mixer	M-01	5	3728,5
Reaktor	R-01	3	2237,1
Reaktor	R-02	3	2237,1
Filter	F-01	16	11772,5
Rotary Dryer	RD-01	2	1263,0
Evaporator	EV-01	0	0
Belt Conveyor	BC-01	1	745,7
Belt Conveyor	BC-02	1	745,7
Belt Conveyor	BC-03	1	745,7
Bucket Elevator	BE-01	4,3	3206,51
Bucket Elevator	BE-02	4,3	3206,51
Bucket Elevator	BE-03	4,3	3206,51
Bucket Elevator	BE-04	4,3	3206,51
Screw Conveyor	SC-01	4,8	3576,2
Screw Conveyor	SC-02	4,8	3596,2
Screw Conveyor	SC-03	4,8	3592,6
Vibrating Screen	VB-01	4	2982,8
Vibrating Screen	VB-02	4	2982,8
Pump	P-01	1,5	1118,55
Pump	P-02	1	745,7
Pump	P-03	1,5	1118,55
Pump	P-04	2	1491,4
Pump Slurry	P-05	5	3728,5
Pump Slurry	P-06	5	3728,5
Pump	P-07	0,75	559,275
Pump	P-08	1,5	1118,55
Pump	P-09	0,75	559,275
Total		148,1170296	110450,869

Tabel 5. 6 Kebutuhan Listrik Unit Utilitas

Alat	Kode Alat	Daya Hp	Watt
Bak Penggumpal (Koagulasi dan Flokulasi)	BU	2	1491,4
Blower Cooling Tower	BL	15	11185,5
Kompresor Udara	CP	5	3728,5
Pompa-01	PU	1 1/2	1118,55
Pompa-02	PU	1 1/2	1118,55
Pompa-03	PU	2	1491,4
Pompa-04	PU	0,05	37,285
Pompa-05	PU	2	1491,4
Pompa-06	PU	1/2	372,85
Pompa-07	PU	1/2	372,85
Pompa-08	PU	1 1/2	1118,55
Pompa-09	PU	1	745,7
Pompa-10	PU	0,05	37,285
Pompa-11	PU	3/4	559,275
Pompa-12	PU	1/2	372,85
Pompa-13	PU	0,05	37,285
Pompa-14	PU	3/4	559,275
Pompa-15	PU	2	1491,4
Pompa-16	PU	0,05	37,285
Pompa-17	PU	0,167	124,2833333
Pompa-18	PU	0,5	372,85
Pompa-19	PU	0,167	124,2833333
Pompa-20	PU	0,167	124,2833333
Pompa-21	PU	1	745,7
Pompa-22	PU	0,5	372,85
Total		39,2	29231,44

5.4 Unit Penyedia Udara Tekan

Unit ini bertujuan untuk menyediakan kebutuhan udara yang dibutuhkan oleh alat *controller*. Kebutuhan udara tekan untuk pabrik kalsium sulfat dihidrat

(gypsum) dan asam fosfat dari batuan fosfat dan asam sulfat ini diperkirakan sebesar 50,9760 m³/jam

5.5 Unit Penyedia Bahan Bakar

Unit ini bertujuan untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar yang dibutuhkan pada boiler dan diesel untuk generator pembangkit listrik. Jenis bahan bakar yang dipilih adalah solar sebanyak 29,3452 kg/jam. Alasan menggunakan solar karena mudah didapat, ekonomis, dan mudah dalam penyimpanannya. Bahan bakar solar ini didapatkan dari PT. Pertamina.

5.6 Unit Pengolahan Limbah

Unit ini bertujuan untuk mengolah limbah yang dihasilkan dalam pabrik, sehingga tidak mencemari lingkungan sekitar. Limbah yang dihasilkan dari proses pabrik ini diolah terlebih dahulu sehingga memenuhi baku mutu lingkungan. limbah yang dihasilkan sebagai berikut:

- a. Limbah cair berasal dari pembuangan air sanitasi seperti bekas pencucian, air masak, dan lain-lain. penanganan limbah ini tidak membutuhkan penanganan khusus karena tidak mengandung bahan kimia yang berbahaya
- b. Air sisa pencucian peralatan biasanya masih mengandung *Total Dissolved Solid* (TDS) maupun komponen padat yang tidak terlarut. komponen-komponen tersebut berasal dari sisa bahan yang menempel pada peralatan setelah pabrik dioperasikan. Pemisahan dari TDS dan komponen yang tidak terlarut ini akan diolah lebih lanjut dan air yang sudah tidak dapat dipisahkan dari TDS akan dibuang sebagai limbah.
- c. Air buangan yang berasal dari unit demineralisasi dan sisa regenerasi resin. Air ini bersifat asam atau basa sehingga diperlukan penetralan (hingga pH 7) menggunakan H₂SO₄ atau NaOH sebelum dialirkan menuju penampungan akhir dan dibuang.
- d. Gas buangan

5.7 Spesifikasi Alat Utilitas

Tabel 5. 7 Spesifikasi Pompa Utilitas

Spesifikasi	Pompa Utilitas			
	Kode Alat	P-01	P-02	P-03
Fungsi	Mengalirkan air dari sungai menuju <i>Screening</i>	Mengalirkan air sungai dari <i>Screener</i> (FU-01) ke Reservoir (Bak Pengendapan Awal/Seimentasi) (BU-01)	Mengalirkan air dari Bak Reservoir (BU-01) menuju Bak Penggumpal (Koagulasi dan Flokulasi) (BU-02)	Mengalirkan larutan alumunium 5% dari Tangki Larutan Alumunium (TU-01) ke Bak Penggumpalan
Jenis	<i>Centrifugal Pump Single Stage</i>			
Bahan	<i>Commercial Steel</i>			
Kapasitas (gpm)	4.750,4224	4.512,9012	227,0108	0,000691
Head (m)	4,7500	5,0310	5,0310	2,3423
	Ukuran			
ID ((in)	19,250	19,250	19,250	0,215
OD (in)	20,0	20,0	20,0	0,41
Sch	20	20	20	80
IPS	20	20	20	0,13

Spesifikasi	P-01	P-02	P-03	P-04
Tenaga Pompa (hP)	24,2330	24,3829	24,3829	0,0001373
Tenaga Motor (hP)	30	30	30	1
Harga (\$)	10.700	10.700	10.700	10.700

Tabel 5. 8 Spesifikasi Pompa Lanjutan

Spesifikasi	Pompa Utilitas					
Kode Alat	P-05	P-06	P-07	P-08	P-09	P-10
Fungsi	Mengalirkan air dari Bak Penggumpal (Koagulasi dan Flokulasi) (BU-02) ke Bak Pengendap (BU-03)	Mengalirkan air dari Bak Pengendap I (BU-03) ke Bak Pengendap II (BU-04)	Mengalirkan air dari Bak Pengendap II (BU-04) menuju <i>Sand Filter</i>	Mengalirkan air dari <i>Sand Filter</i> (FU-02) ke Bak Penampungan Sementara (BU-05) ke area kebutuhan air	Mengalirkan air dari Bak Penampungan Sementara (BU-05) ke area kebutuhan air	Mengalirkan air dari Kaporit Tangki Kaporit (TU-03) ke Tangki Klorinasi (TU-02)

Spesifik asi	P-05	P-06	P-07	P-08	P-09	P-10
Jenis	<i>Centrifugal Pump Single Stage</i>					
Bahan	<i>Commercial Steel</i>					
Kapasitas (gpm)	4.512,90 12	36,8367	34,9948	3.869,2487	3.675,7863	0,000047
Head (m)	5,0310	2,9811	4,1501	8,5447	6,3600	0,1624
	Ukuran					
ID (in)	19,250	3,068	3,068	17,250	17,250	0,215
OD (in)	20,0	3,50	3,50	18	18	0,41
Sch	20	40	40	20	20	40
IPS	20	3,00	3,00	18	18	0,13
Tenaga Pompa (hP)	24,3829	0,3583	0,4739	36,4283	26,0975	0,000001
Tenaga Motor (hP)	30	1	1	60	30	1
Harga (\$)	10.700	10.700	6.900	6.900	1.200	6.200

Tabel 5. 9 Spesifikasi Pompa Lanjutan 1

Spesifikasi	Pompa Utilitas						
	Kode	P-11	P-12	P-13	P-14	P-15	P-16
Alat							
Fungsi	Mengalirkan air dari tangki klorinasi menuju tangki air bersih	Mengalirkan air dari Tangki Air Bersih (TU-04) ke area domestik	Mengalirkan air dari tangki air service menuju kebutuhan air service	Mengalirkan air dari Bak Air Dingin (BU-03) menuju ke <i>Cooling Tower</i> (CT-01)	Mengalirkan air dari <i>Cooling Tower</i> (CT-01) ke <i>recycle</i> dari Bak Air Dingin (BU-06)	Mengalirkan air dari <i>Cooling Tower</i> (CT-01) ke <i>recycle</i> dari Bak Air Dingin (BU-06)	Mengalirkan air dari Tangki larutan NaCl menuju Mixed Bed (TU-05)
Jenis	<i>Centrifugal Pump Single Stage</i>						
Bahan	<i>Commercial Steel</i>						
Kapasitas (gpm)	6,5633	6,5633	1,2051	40,9170	3.610,321	0,0542	
Head (m)	5,9500	3,3508	1,9887	5,2415	7,1181	1,2659	
	Ukuran						
ID ((in)	1,049	1,049	0,622	2,469	17,250	0,215	

Spesifik asi	P-11	P-12	P-13	P-14	P-15	P-16
OD (in)	1,32	1,32	0,84	2,88	18	0,41
Sch	40	40	40	40	20	40
IPS	1,00	1,00	0,50	2,50	18	0,13
Tenaga Pompa (hP)	0,6626	0,3732	0,2033	0,5054	27,9527	0,0058
Tenaga Motor (hP)	1	1	1	1	30	1
Harga (\$)	8.600	8.600	8.600	8.600	8.600	8.600

Tabel 5. 10 Spesifikasi Pompa Utilitas Lanjutan 2

Spesifikasi	Pompa Utilitas				
Kode Alat	P-17	P-18	P-19	P-20	P-21
Fungsi	Mengalirkan air dari Mixed Bead (TU-05) menuju Tangki air Demin	Mengalirkan air dari Tangki air Demin (TU-08) menuju Tangki <i>Deaerator</i> (De-01)	Mengalirkan larutan dari Tangki N2H4 (T-08) menuju Tangki	Mengalirkan air dari <i>Deaerator</i> (De-01) menuju <i>Boiler</i>	Mengalirkan air dari Tangki air <i>Service</i> menuju area kebutuhan <i>service</i>

<i>Deaerator</i>					
<i>(De-01)</i>					
Spesifikasi	P-17	P-18	P-19	P-20	P-21
Jenis	<i>Centrifugal Pump Single Stage</i>				
Bahan	<i>Commersial Steel</i>				
Kapasitas (gpm)	4,7374	4,7374	4,7374	4,7374	1,2051
Head (m)	1,5408	4,5024	2,3992	1,3002	6,8096
	Ukuran				
ID ((in)	1,049	1,049	1,049	1,610	0,622
OD (in)	1,32	1,32	1,32	1,90	0,84
Sch	40	40	40	40	40
IPS	1,00	1,00	1,00	1,50	0,50
Tenaga Pompa (hP)	0,2108	0,3619	0,1929	0,1045	0,3481
Tenaga Motor (hP)	1	1	1	1	1
Harga (\$)	8.600	8.500	6.400	6.400	7.100

Tabel 5. 11 Spesifikasi Bak Utilitas

Spesifikasi	Bak		
	BU-01	BU-02	BU-03
Kode Alat			
Fungsi	Mengendapkan endapan yang berbentuk flok yang terbawa dari Sungai dengan proses flokulasi (memberi kesempatan untuk proses flokulasi O ₂)	Mengendapkan kotoran yang berupa dispresi koloid dalam air dengan menambahkan koagulan yang berfungsi untuk menggumpalkan kotoran	Mengendapkan endapan yang berbentuk flok yang terbawa dari air sungai dengan proses flokulasi (menghilangkan flokulasi)
Jenis	Bak Persegi		
Bahan	Beton bertulang dilapisi porselin		
Panjang (m)	8,5884		4,6845
Lebar (m)	8,5884		4,6845
Tinggi (m)	4,2942	2,5446	2,3422
Diameter (m)		2,8273	
Jumlah (Unit)	1	1	1
Harga (\$)	750	1.500	750

Tabel 5. 12 Spesifikasi Bak Utilitas Lanjutan

Spesifikasi	Bak		
	Kode Alat	BU-04	BU-05
Fungsi	Mengendapkan endapan yang berbentuk flok yang terbawa dari sungai dengan proses flokusasi	Menampung sementara raw water setelah disaring di sand filter	Menampung kebutuhan air pendingin
Jenis	Bak Persegi		
Bahan	Beton bertulang dilapisi porselin		
Panjang (m)	4,6050	4,4127	2,4715
Lebar (m)	4,6050	4,4127	2,4715
Tinggi (m)	2,3025	2,2064	1,2358
Jumlah (Unit)	1	1	1
Harga (\$)	3.800	3.800	9.700

Tabel 5. 13 Spesifikasi Tangki Utilitas

Spesifikasi	Tangki			
	Kode alat	TU-01	TU-02	TU-03
Fungsi	Menyiapkan dan	klorin dalam bentuk kaporit	Menampung kebutuhan	Menampung air untuk

	menyimpan larutan alum 5% untuk 1 minggu operasi	ke dalam air untuk kebutuhan rumah tangga	kaporit selama 1 minggu yang akan dimasukkan ke dalam tangki klorinasi	keperluan kantor dan rumah tangga
Jenis	Silinder tegak	Silinder tegak	Silinder tegak	Silinder tegak
Bahan	<i>Carbon Steel</i>			
Tinggi (m)	2,2587	1,2478	0,1624	5,907
Diameter (m)	1,1294	1,2478	0,1624	5,907
Volume (m ³)	2,2616	1,5250	0,0033592	161,2800
Jumlah	1	1	1	1

Tabel 5. 14 Spesifikasi Tangki Utilitas Lanjutan

Spesifikasi	Tangki			
	TU-05	TU-06	TU-07	TU-08
Fungsi	Menampung air bertekanan untuk keperluan layanan umum	Menampung / menyimpan larutan NaCl yang akan digunakan untuk	Menampung air untuk umpan boiler	Menyimpan larutan N ₂ H ₄

meregenerasi <i>kationexchanger</i>				
Spesifikasi	TU-05	TU-06	TU-07	TU-08
Jenis	Silinder tegak			
Bahan	<i>Carbon Steel</i>			
Tinggi (m)	2,2587	1,6764	3,2286	1,1254
Diameter (m)	1,1294	0,3457	3,2286	1,1254
Volume (m ³)	2,2616	0,1310	26,4180	1,1189
Jumlah	1	1	1	1

Tabel 5. 15 Spesifikasi *Screening* Utilitas

Spesifikasi	<i>Screener</i>
Fungsi	Menyaring kotoran-kotoran yang berukuran besar
Bahan	Alumunium
Lebar (ft)	8
Panjang (ft)	10
Diameter (cm)	1
Jumlah	1
Harga (\$)	23.100

Tabel 5. 16 Spesifikasi *Sand Filter* Utilitas

Spesifikasi	<i>Sand Filter</i>
Fungsi	Menyaring partikel-partikel halus yang ada dalam air sungai
Bahan	Bak berbentuk balok

Spesifikasi	<i>Sand Filter</i>
Material	<i>Spheres</i>
Lebar (m)	8
Panjang (m)	10
Diameter (cm)	1
Jumlah	1
Harga (\$)	23.100

Tabel 5. 17 Spesifikasi *Cooling Tower* Utilitas

Spesifikasi	<i>Cooling Tower</i>
Fungsi	Menyaring partikel-partikel halus yang ada dalam air sungai
Jenis	<i>Cooling Tower Induced Darft</i>
Tinggi (m)	3,5717
Panjang (m)	1,65
Lebar (m)	1,65
Jumlah	1
Harga (\$)	154.500

Tabel 5. 18 Spesifikasi *Mixed Bed* Utilitas

Spesifikasi	<i>Mixed Bed</i>
Fungsi	
Jenis	Tangki Silinder Tegak
Resin	792,1723
Diameter Tangki (m)	0,3457
Tinggi Tangki (m)	1,6764
Volume Bed (m ³)	0,1310
Volume Bak Resin (m ³)	792,1723

Spesifikasi	<i>Mixed Bed</i>
Tebal (in)	0,1875
Jumlah	1
Harga (\$)	68.240

Tabel 5. 19 Spesifikasi Deaerator Utilitas

Spesifikasi	Deaerator
Fungsi	Menghilangkan gas CO ₂ dan O ₂ yang terikat dalam <i>feed water</i> yang menyebabkan kerak pada reboiler dan turbin
Jenis	Tangki Silinder Tegak
Diameter (m)	1,1
Tinggi (m)	2
Volume (m ³)	2,1

Tabel 5. 20 Spesifikasi *Blower Cooling Tower*

Spesifikasi	<i>Blower Cooling Tower</i>
Fungsi	Menghembuskan Udara ke <i>Cooling Tower</i>
Jenis	<i>Centrifugal Blower</i>
Bahan	Carbon Steel SA-285 grade C
Kapasitas (ft ³ /Jam)	21.184.221,87
Efisiensi	0,84
Power (hP)	100
Jumlah	1
Harga (\$)	169.452

BAB VI

EVALUASI EKONOMI

Evaluasi ekonomi sangat diperlukan dalam prarancangan pabrik yang bertujuan untuk mendapatkan perkiraan tentang kelayakan investasi modal dalam suatu kegiatan produksi suatu pabrik dengan meninjau kebutuhan modal investasi, selain itu juga untuk mengetahui apakah pabrik yang akan didirikan menguntungkan dan layak didirikan atau tidak layak didirikan. Berikut merupakan faktor-faktor yang dapat ditinjau dalam evaluasi ekonomi:

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

Sebelum dilakukan Analisa terhadap kelima faktor tersebut, maka perlu dilakukan perkiraan terhadap beberapa hal, yaitu:

1. Penentuan modal industri (*Total Capital Investment*), Meliputi:
 - a. Modal Tetap (*Fixed Capital Investment*)
 - b. Modal Kerja (*Working Capital Investment*)
2. Penentuan biaya produksi total (*Total Production Cost*), Meliputi:
 - a. Biaya pembuatan (*Manufacturing Cost*)
 - b. Biaya pengeluaran umum (*General Expenses*)
3. Pendapatan modal

Untuk mengetahui titik impas, maka perlu dilakukan perkiraan terhadap:

- a. Biaya tetap (*Fixed Cost*)
- b. Biaya Variable (*Variable Cost*)
- c. Biaya Mengambang (*Regulated Cost*)

6.1 Penaksiran Harga Peralatan

Harga peralatan setiap saat akan berubah tergantung dengan kondisi ekonomi yang mempengaruhinya. Dalam analisa ekonomi harga alat maupun harga lain diperhitungkan pada tahun analisa. Untuk mencari harga pada tahun analisa, maka dicari index pada tahun analisa. Dimana tahun analisa perancangan pabrik ini adalah:

Tabel 6. 1 Index Harga Alat

No	(Xi)	Index (Yi)
1	1980	261
2	1981	297
3	1982	314
4	1983	317
5	1984	323
6	1985	325
7	1986	318
8	1987	324
9	1988	343
10	1989	355
11	1990	356
12	1991	361,3
13	1992	358,2
14	1993	359,2
15	1994	368,1
16	1995	381,1
17	1996	381,7
18	1997	386,5
19	1998	389,5

No	(Xi)	Index (Yi)
20	1999	390,6
21	2000	394,1
22	2001	394,3
23	2002	395,6
24	2003	402
25	2004	444,2
26	2005	468,2
27	2006	499,6
28	2007	525,4
29	2008	575,4
30	2009	521,9
31	2010	550,8
32	2011	585,7
33	2012	584,6
34	2013	567,3
35	2014	576,1
36	2015	556,8

Harga-harga alat dan lainnya diperhitungkan pada tahun evaluasi. Selain itu, harga alat dan lainnya ditentukan juga dengan referensi (Peters dan Timmerhaus, 1990 dan Aries dan Newton,1955). Adapun persamaan evaluasi harga alat, yaitu:

$$E_x = \left(\frac{N_x}{N_y}\right) E_y \quad (\text{Aries \& Newton, 1955})$$

Keterangan:

E_x : Harga pembelian pada tahun 2015

E_y : Harga pembelian pada tahun referensi

N_x : Index harga pada

N_y : Index harga pada tahun referensi

6.2 Perhitungan Biaya

6.2.1 *Total Capital Investement*

Capital Investment merupakan jumlah pengeluaran yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik dan untuk mengoperasikannya. *Capital investment* terdiri dari:

a. *Fixed Capital Investement*

Biaya yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik.

b. *Working Capital Investement*

Biaya yang diperlukan untuk menjalankan usaha atau modal untuk menjalankan operasi dan suatu pabrik selama waktu tertentu.

6.2.2 *Manufacturing Cost*

Manufacturing Cost merupakan jumlah *Direct*, *Indirect* dan *Fixed Manufacturing Cost*, yang bersangkutan dalam pembuatan produk. Menurut Aries and Newton, 1955 *Manufacturing Cost* meliputi:

a. *Direct Cost*

Direct Cost Adalah pengeluaran yang berkaitan langsung dengan pembuatan produk.

b. *Indirect Cost*

Indirect Cost adalah pengeluaran-pengeluaran sebagai akibat tidak langsung operasi pabrik.

c. *Fixed Cost*

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

6.2.3 General Expense

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

a. Administrasi

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

b. Sales

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

c. Riset

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

6.2.4 Analisa Kelayakan

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

1. *Percent Return On Investment (ROI)*

Return On Investment adalah tingkat keuntungan yang dapat dihasilkan dari tingkat investasi yang dikeluarkan.

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

2. *Pay Out Time (POT)*

Pay Out Time Merupakan jumlah tahun yang telah berselang, sebelum didapatkan suatu penerimaan yang melebihi investasi awal atau jumlah tahun yang diperlukan untuk kembalinya *Capital Investment* dengan profit sebelum dikurangi depresi.

- Waktu minimum teoritis yang dibutuhkan untuk pengembalian modal tetap yang ditanamkan atas dasar keuntungan setiap tahun ditambah dengan penyusutan.
- Waktu pengembalian modal yang dihasilkan berdasarkan keuntungan yang diperoleh. Perhitungan ini diperlukan untuk mengetahui dalam berapa tahun investasi yang telah dilakukan akan kembali.

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

3. *Break Even Point (BEP)*

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

sales sama dengan *total cost*. Pabrik akan rugi jika beroperasi dibawah BEP dan akan untung jika beroperasi di atas BEP. Salah satu tujuan utama perusahaan adalah 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, manapun kuantitasnya tetap dipertahankan sebisa mungkin
- b) Penentuan harga jual sedemikian rupa menyesuaikan tingkat keuntungan yang diinginkan/dikehendaki
- c) Volume kegiatan ditingkatkan dengan semaksimal mungkin.

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

4. *Shut Down Point (SDP)*

Shut Down Point merupakan:

- a. Suatu titik atau saat penentuan suatu aktivitas produksi dihentikan. Penyebabnya antara lain *Variable Cost* yang terlalu tinggi, ataupun dikarenakan keputusan manajemen akibat tidak ekonomisnya suatu aktivitas produksi (tidak mau menghasilkan *profit*).
- b. Persen kapasitas minimal suatu pabrik dapat mencapai kapasitas produk yang diharapkan dalam setahun. Apabila tidak mampu mencapai persen minimal kapasitas tersebut dalam satu tahun maka pabrik harus berhenti beroperasi atau tutup.
- c. *Level* produksi dimana biaya untuk melanjutkan operasi pabrik akan lebih mahal daripada biaya untuk menutup pabrik dan membayar *Fixed Cost*.

- d. Merupakan titik produksi dimana pabrik mengalami kebangkrutan sehingga pabrik harus berhenti atau tutup.

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

5. *Discontinued Cash Flow rate of return (DCFR)*

Discounted Cash Flow Rate Of Return (DCFR) merupakan:

- Analisa kelayakan ekonomi dengan menggunakan DCFR dibuat dengan menggunakan nilai uang yang berubah terhadap waktu dan dirasakan atau investasi yang tidak kembali pada akhir tahun selama umur pabrik.
- Laju bunga maksimal dimana suatu proyek dapat membayar pinjaman beserta bunganya kepada bank selama umur pabrik.
- Merupakan besarnya perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahun, didasarkan atas investasi yang tidak kembali pada setiap akhir tahun selama umur pabrik.

Berikut adalah persamaan yang digunakan dalam penentuan DCFR

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

Dimana:

- | | |
|----|--|
| FC | : Fixed Capital |
| WC | : Working Capital |
| SV | : Salvage Value |
| C | : Cash Flow |
| N | : <i>Profit After Taxes + Depresiasi + Finance</i> |
| n | : Umur Pabrik = 10 Tahun |
| i | : Nilai DCFR |

6.2.5 Hasil Perhitungan

Hasil rancangan perhitungan rencana pendirian pabrik Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum) dari Batuan Fosfat disajikan pada table sebagai berikut:

Tabel 6. 2 *Physical Plant Cost*

No	<i>Type of Capital Investment</i>		Harga (Rp)		Harga (\$)
1	<i>Purchased Equipment cost</i>	Rp	144.660.212.410	\$	9,580,147
2	<i>Delivered Equipment Cost</i>	Rp	36.165.053.103	\$	2,395,037
3	Instalasi cost	Rp	22.630.390.714	\$	1,498,701
4	Pemipaan	Rp	33.527.598.051	\$	2,220,371
5	Instrumentasi	Rp	35.978.032.356	\$	2,382,651
6	Insulasi	Rp	5.389.457.521	\$	356,918
7	Listrik	Rp	17.359.225.489	\$	1,149,618
8	Bangunan	Rp	28.230.000.000	\$	1,869,536
9	<i>Land & Yard Improvement</i>	Rp	446.760.000.000	\$	29,586,755
	<i>Physical Plant Cost (PPC)</i>	Rp	770.699.969.643	\$	51,039,733

Tabel 6. 3 *Direct Plant Cost (DPC)*

No	<i>Type of Capital Investment</i>		Harga (Rp)		Harga (\$)
1	Teknik dan Konstruksi	Rp	154.139.993.929	\$	10,207,947
	<i>Total (DPC + PPC)</i>	Rp	924.839.963.572	\$	61,247,680

Tabel 6. 4 *Fixed Capital Investment*

No	<i>Type of Capital Investment</i>		Harga (Rp)		Harga (\$)
1	Total DPC + PPC	Rp	924.839.963.572	\$	61,247,680
2	Kontraktor	Rp	73.987.197.086	\$	4,899,814
3	Biaya tak terduga	Rp	92.483.996.357	\$	6,124,768
	<i>Fixed Capital Investment (FCI)</i>	Rp	1.091.311.157.015	\$	72,272,262

Tabel 6. 5 *Direct Manufacturing Cost*

No	<i>Type of Expense</i>		Harga (Rp)		Harga (\$)
1	<i>Raw Material</i>	Rp	280.468.460.765	\$	18,574,070.25
2	<i>Labor</i>	Rp	14.424.000.000	\$	955,231.79
3	<i>Supervision</i>	Rp	3.606.000.000	\$	238,807.95
4	<i>Maintenance</i>	Rp	43.652.446.281	\$	2,890,890.48
5	<i>Plant Supplies</i>	Rp	6.547.866.942	\$	433,633.57

6	<i>Royalty and Patents</i>	Rp	39.061.303.460	\$	2,586,841.29
7	<i>Utilities</i>	Rp	32.862.060.614	\$	2,176,295.40
<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>		Rp	420.622.138.061	\$	27,855,771

Tabel 6. 6 *Indirect Manufacturing Cost*

No	<i>Type of Expense</i>		Harga (Rp)		Harga (\$)
1	<i>Payroll Overhead</i>	Rp	2.596.320.000	\$	171,942
2	<i>Laboratory</i>	Rp	2.163.600.000	\$	143,285
3	<i>Plant Overhead</i>	Rp	9.375.600.000	\$	620,901
4	<i>Packaging and Shipping</i>	Rp	189.726.331.091	\$	12,564,658
<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>		Rp	203.861.851.091	\$	13,500,785

Tabel 6. 7 *Fixed Manufacturing Cost*

No	<i>Type of Expense</i>		Harga (Rp)		Harga (\$)
1	<i>Depreciation</i>	Rp	92.761.448.346	\$	6,143,142
2	<i>Propertu taxes</i>	Rp	19.643.600.826	\$	1,300,901
3	<i>Insurance</i>	Rp	10.913.111.570	\$	722,723
<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>		Rp	123.318.160.743	\$	8,166,766

Tabel 6. 8 *Manufacturing Cost*

No	<i>Type of Expense</i>		Harga (Rp)		Harga (\$)
1	<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	Rp	420.622.138.061	\$	27,855,771
2	<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	Rp	203.861.851.091	\$	13,500,785
3	<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	Rp	123.318.160.743	\$	8,166,766
<i>Manufacturing Cost (MC)</i>		Rp	747.802.149.895	\$	49,523,321

Tabel 6. 9 *Working Capital*

No	<i>Type of Expense</i>		Harga (Rp)		Harga (\$)
1	<i>Raw Material Inventory</i>	Rp	76.491.398.390	\$	5,065,656
2	<i>In Process Inventory</i>	Rp	101.973.020.440	\$	6,753,180
3	<i>Product Inventory</i>	Rp	67.982.013.627	\$	4,502,120
4	<i>Extended Credit</i>	Rp	304.373.793.195	\$	20,157,205
5	<i>Available Cash</i>	Rp	203.946.040.880	\$	13,506,360
<i>Working Capital (WC)</i>		Rp	754.766.266.533	\$	49,984,521

Tabel 6. 10 *General Expense*

No	<i>Type of Expense</i>		Harga (Rp)		Harga (\$)
1	<i>Administration</i>	Rp	22.434.064.497	\$	1,485,700
2	<i>Sales expense</i>	Rp	89.736.257.987	\$	5,942,799
3	<i>Research</i>	Rp	29.912.085.996	\$	1,980,933
4	<i>Finance</i>	Rp	36.921.548.471	\$	2,445,136
	<i>General Expense (GE)</i>	Rp	179.003.956.951	\$	11,854,567

Tabel 6. 11 *Total Production Cost (TPC)*

No	<i>Type of Expense</i>		Harga (Rp)		Harga (\$)
1	<i>Manufacturing Cost (MC)</i>	Rp	747.802.149.895	\$	49,523,321
2	<i>General Expense (GE)</i>	Rp	179.003.956.951	\$	11,854,567
	<i>Total Production Cost (TPC)</i>	Rp	926.806.106.846	\$	61,377,888

Tabel 6. 12 *Fixed Cost (Fa)*

No	<i>Type of Expense</i>		Harga (Rp)		Harga (\$)
1	<i>Depreciation</i>	Rp	92.761.448.346	\$	6,143,142
2	<i>Property taxes</i>	Rp	19.643.600.826	\$	1,300,901
3	<i>Insurance</i>	Rp	10.913.111.570	\$	722,723
	<i>Fixed Cost (Fa)</i>	Rp	123.318.160.743	\$	8,166,766

Tabel 6. 13 *Variable Cost (Va)*

No	<i>Type of Expense</i>		Harga (Rp)		Harga (\$)
1	<i>Raw material</i>	Rp	280.468.460.765	\$	18,574,070
2	<i>Packaging & shipping</i>	Rp	189.726.331.091	\$	12,564,658
3	<i>Utilities</i>	Rp	32.862.060.614	\$	2,176,295
4	<i>Royalties and Patents</i>	Rp	39.061.303.460	\$	2,586,841
	<i>Variable Cost (Va)</i>	Rp	542.118.155.930	\$	35,901,865

Tabel 6. 14 *Regulated Cost (Ra)*

No	<i>Type of Expense</i>		Harga (Rp)		Harga (\$)
1	<i>Labor cost</i>	Rp	14.424.000.000	\$	955,232
2	<i>Plant overhead</i>	Rp	9.375.600.000	\$	620,901
3	<i>Payroll overhead</i>	Rp	2.596.320.000	\$	171,942
4	<i>Supervision</i>	Rp	3.606.000.000	\$	238,808
5	<i>Laboratory</i>	Rp	2.163.600.000	\$	143,285
6	<i>Administration</i>	Rp	22.434.064.497	\$	1,485,700

7	<i>Finance</i>	Rp	36.921.548.471	\$	2,445,136
8	<i>Sales expense</i>	Rp	89.736.257.987	\$	5,942,799
9	<i>Research</i>	Rp	29.912.085.996	\$	1,980,933
10	<i>Maintenance</i>	Rp	43.652.446.281	\$	2,890,890
11	<i>Plant supplies</i>	Rp	6.547.866.942	\$	433,634
	<i>Regulated Cost (Ra)</i>	Rp	261.369.790.174	\$	17,309,258

6.2.6 Analisa Keuntungan

Annual Sales (Sa)	=	Rp. 1.116.037.241.714
Total Cost	=	Rp. 926.806.106.846
Keuntungan Sebelum Pajak.	=	Rp. 189.231.134.867,60
Pajak Pendapatan	=	35 % (Aries & Newton 1989)
Keuntungan Setelah pajak	=	Rp. 123.000.237.664

6.2.7 Hasil Kelayakan

- a. Return on Investement (ROI)

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

ROI Sebelum Pajak = 17 %

ROI Setelah Pajak. = 11%

- b. Pay Out Time (POT)

$$POT = \frac{Fixed\ Capital\ Investement}{Keuntungan\ Tahunan + Depresiasi}$$

POT Sebelum Pajak = 4 Tahun

POT setelah Pajak. = 5 Tahun

- c. Break Even Point

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

BEP = 51,6 %

- d. Shut Down Point

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

SDP = 20 %

e. Discontinued Cash Flow Rate

Umur Pabrik = 10 Tahun

Fixed Capital Investment = Rp. 1.091.311.157.015

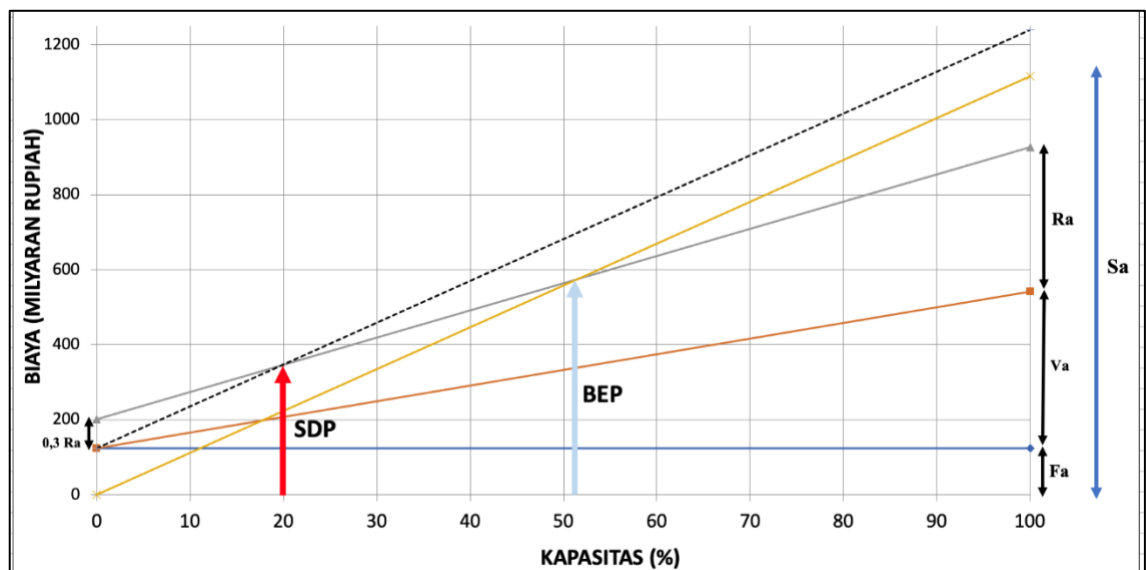
Working Capital = Rp. 754.766.266.533

Salvage Value (SV) = Rp. 92.761.448.346

Cash Flow (CF) = Rp. 235.843.209.631

Sehingga diperoleh *trial & error* dapat dihitung nilai DCFR adalah

DCF_R = 35 %



Gambar 6. 1 Grafik Kelayakan 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 Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum) dari Batuan Fosfat dan Asam Sulfat dengan kapasitas 100.000 ton/tahun digolongkan sebagai pabrik beresiko rendah karena tekanan operasi umumnya sedang yaitu ($<10\text{atm}$) suhu operasi umumnya sedang yaitu ($<1000\text{ K}$), 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 Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum) dari Batuan Fosfat dan Asam Sulfat dengan kapasitas produksi 100.000 Ton/tahun diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Pendirian pabrik asam fosfat dengan kapasitas 100.000 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 Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum) dari Batuan Fosfat dan Asam sulfat dengan kapasitas 100.000 ton/tahun didapatkan :
 - a. Keuntungan sebelum pajak
= Rp. 189.231.134.867,60
 - b. Keuntungan setelah pajak
= Rp. 123.000.237.664
 - c. *Return of investment* sebelum pajak (ROIb)
= 17% Syarat ROI sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan risiko rendah minimum 11%. (*Aries & Newton, 1955*)
 - d. *Return On Investement Setelah Pajak (ROI)*

= 11%
 - e. *Pay Out Time (POT)*

= 4 Tahun
 - f. *Pay Out Time Setelah Pajak (POT)*

= 5 Tahun. Syarat POT Sebelum pajak untuk pabrik kimia risiko rendah maksimum adalah 5 tahun (*Aries & Newton, 1955*)

g. *Break Even Point (BEP)*

= 51,6%. Syarat BEP untuk pabrik kimia pada umumnya 40-60% (*Aries & Newton, 1955*).

h. *Shut Down Point (SDP)*

= 20 %

i. *Discontinued Cash Flow rate (DCFR)*

= 35 % Syarat DCFR minimum untuk pabrik kimi 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 Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum) dan asam fosfat dari Asam sulfat dan batuan fosfat 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:

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

2. Optimasi pemilihan seperti alat proses atau alat penunjang dan bahan baku perlu diperhatikan sehingga akan lebih mengoptimalkan keuntungan yang diperoleh.
3. Pemenuhan bahan baku tergantung dari produksi pabrik yang diperoleh dari produk pabrik lain, maka dari itu perlu adanya kontrak pembelian bahan baku agar permintaan akan bahan baku dapat dipenuhi selama pabrik beroperasi.
4. Produk Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum) dan Asam Fosfat dapat digunakan sebagai sarana untuk memenuhi permintaan yang terus meningkat dimasa depan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aries, R., & Newton, R. (1955). *Estimation Chemical Engineering Cost*. New York: Mc Graw Hill Inc.
- Abu-Eishah, S. Abu-Jabal, N. (2001). *Parametric Study on The Production of Phosphoric Acid by The Dihydrate Process*. Jordan: Jordan University of Science and Technology.
- Austin, T. George. (1984). “*Shreve’s Chemical Process Industries*”. *Fifth Edition*. Brown, G. G. (n.d.). Unit Operation. Modern Asia ed. Tokyo, japan: Tuttle Company Inc.
- Badan Pusat Statistik. 2016-2021, Statistic Indonesia, www.bps.go.id, Indonesia.
- Balsubramanian, A. (2017). *Size Reduction by Grinding Method*. Mysore: University of Mysore.
- Becker, P., (1989). *Phosphates and phosphoric acid, raw materials, technology, and economics of the wet process. 2nd Edition*, Marcel Dekker, Inc., New York, 760pp.
- Brownell, L. E. (1979). *Equipment Design*. New Delhi: Wiley Eastern Limited.
- Brown, G. G., (1978). *Unit Operation*. New Delhi: CBS Publisher.
- Chaabouni, A., El Feki, H. (2013). *Kinetic Study of the Dissolution of Tunisian Natural Phosphate or Francolite in Industrial Phosphoric Acid*. Tunisia: University of Sfax.
- Cornelis, A. & Waller, A. (1972). *Process /For The Preparation of Phosphoric Acid ana Gypsum from Phosphate Rock*. United of America.
- Coulson, J. a. (2005). *Chemical Engineering, An Introducing*. Oxford: Pergamon Press.
- Feng Yisheng. (2007). *Method Preparing Wet Process Phosphoric Acid*. US Patent 7172742B2.
- Geankoplis, C. 1. (2003). *Transport Processes and Unit Operations*. New Jersey: 135 Prentice-Hall International, Inc.
- Hamatth., Z (2007). Geology, geochemistry and ore characteristics of the Jordanian phosphates. Jordan: University Al-Salt.
- Ichromantoro, A., Saputra, Y. (2017). *Pemodelan Keputusan Membuat dan atau Membeli Bahan Baku pada Sistem Produksi Asam Fosfat untuk Mengoptimalkan Pendapatan di PT Petro Jordan Abadi*. Indonesia: Institut Teknologi Sepuluh November.
- Kent James, A. (2007). *Kent and Riegel’s Handbook of Industrial Chemistry 11th ed*. United State: Springer.
- Kern Donald, Q. (1965). *Process Heat Transfer*. New York: Mc Graw Hill.
- Key Jerry, F. (2003). *Recovery of Cement Kiln Dust Through Precitation of Calcium Sulfate Using Sulfuric Acid Solution*. United State of America.
- Levenspiel Octave. (1999). *Chemical Reaction Engineering, 3rd Ed*. New York: John Wiley & Sons.

- McKetta and Cunningham. (1977). *Encyclopedia of Chemical Processing and Design* Vol. 5. New York: Marcel Decker Inc.
- Meyers Fred. (1993). *Plant Layout and Material Handling*. New Jersey: Prentice Hall International.
- Ozkar, S. (2001). *Kinetics of gypsum formation and growth during the dissolution of colemanite in sulfuric acid*. Turkey: Middle East Technical University
- Perry, R. a. (2008). *Perry's Chemical Engineer's Handbook 8 ed*. New York: Mc 136 Graw Hill Book Co., Inc.
- Perry Robert H. and Green Don W. (1999). *Perry's Chemical Engineers' Handbook*. New York: Mc-Graw Hill Professional.
- Peter Max S. and Klaus Timmerhauss D. (1991). *Plant Design and Economics For Chemical Engineering*. New York: Mc Graw Hill Inc.
- Rase H. F. (1977). *Chemical Reactor Design for Process Plants [Book]*. - Canada: Wiley Interscience.
- Smith Robin. (2005). *Chemical Process Design and Integration [Report]*. New York: John Wiley & Sons.
- Surya Ahmad Fathir. (2014). *Gypsum [Report]*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Walas, S. (1959). *Reaction Kinetics for Chemical Engineer*. New York: Mc Graw Hill Book Co., Inc.
- Yaws, C. 1. (1999). *Chemical Properties Handbook*. New York: Mc. Graw Hill Book Company

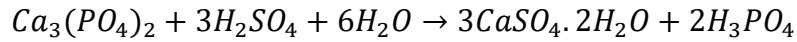
LAMPIRAN

PERANCANGAN REAKTOR

Pada keadaan *steady state* dapat dituliskan:

$$(\text{Rate of Flow of Input}) - (\text{Rate of Flow of Output}) - (\text{Rate of Reaction}) = \text{Rate of Acc}$$

Reaksi yang terjadi:



Berdasarkan stoikiometri didapatkan rumus:

$$(-r_A) = KC_A \cdot C_B^3 C_C^6$$

Akan tetapi pereaktan asam sulfat dan air dibuat berlebih dengan perbandingan reaksi 1:3:6 sehingga didapatkan rumus :

$$(-r_A) = KC_A$$

1. Menentukan optimasi jumlah reaktor

Tujuan optimasi reaktor untuk mendapatkan jumlah dan volume optimal ditinjau dari konversi dan harga reaktor. Penurunan persamaan volume RATB.

Persamaan Neraca Massa:

$$(\text{Rate of Flow of Input}) - (\text{Rate of Flow of Output}) - (\text{Rate of Reaction}) = \text{Rate of Accumulation}$$

$$F_{A0} - F_A - (-r_A)V = 0$$

Dari stoikiometri

$$F_A = F_{A0} - F_{A0} \cdot X$$

diubah menjadi

$$0 = F_{A0} - F_A - F_{A0} \cdot X \quad F_{A0} \cdot X = F_{A0} - F_A$$

Persamaan (1) dan (2) disubstitusikan menjadi:

$$F_{A0} - F_A - (-r_A)V = 0$$

$$V = \frac{F_{A0} \cdot X}{(-r_A)}$$

$$-r_A = k \cdot C_A$$

$$V = \frac{F_{A0} \cdot X}{k \cdot C_A}$$

$$C_A = C_{A0} C_{A0} \cdot X$$

$$C_A = C_{A0}(x - 1)$$

Jadi, pada reaksi ini dapat dituliskan rumus untuk mencari volume reaktor yaitu:

$$V = \frac{F_{A0} \cdot X}{k \cdot (C_{A0}(1 - x))}$$

$$F_{V0} = \frac{\text{massa total}}{\text{densitas total}}$$

$$= 11,666 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$F_{A0} = C_{A0} \times V_0$$

$$= 20,940 \text{ kmol/jam}$$

$$C_{A0} = \frac{F_{A0}}{F_{V0}}$$

$$= 1,795 \text{ kmol/m}^3$$

Sehingga

$$C_{A1} = C_{A0} \times (1 - x_{A1})$$

$$= 0,8166 \text{ kmol/m}^3$$

$$= \frac{dC_A}{dt}$$

$$= -k \cdot C_A$$

$$= \int_{C_{A0}}^{C_A} \frac{dC_A}{C_A}$$

$$= -k \int_0^t dt$$

$$= \ln C_A - \ln C_{A0}$$

$$= -k \cdot t$$

Waktu reaksi = 78 menit

$$= 1,3 \text{ jam}$$

$$= 1,15 \text{ m}^3/\text{kmol.jam}$$

$$X_A = 93 \%$$

$$= 0,93$$

2. Menghitung jumlah reaktor

- Untuk 1 Reaktor

$$V = \frac{F_{A0} \cdot x}{k \cdot C_{A0}(1 - x)}$$

$$X_0 = 0 \quad \quad \quad X_{A0} \quad \quad t = 11,4 \text{ jam}$$

$$X_1 = 0,93 \quad \quad \quad V_1 = 133,7887 \text{ m}^3$$

- Untuk 2 Reaktor

$$V = \frac{F_{A1} \cdot x}{k \cdot C_{A1}(1 - x)}$$

X ₀	= 0	t	= 1,3 jam
X ₁	= 0,731	V ₁	= 15,95 m ³
X ₂	= 0,93	V ₂	= 15,95 m ³

- Untuk 3 Reaktor

$$V = \frac{F_{A2} \cdot X}{k \cdot C_{A2}(1 - x)}$$

X ₀	= 0	t	= 0,7 jam
X ₁	= 0,577	V ₁	= 8,181 m ³
X ₂	= 0,828	V ₂	= 8,181 m ³
X ₃	= 0,93	V ₃	= 8,181 m ³

- Untuk 4 Reaktor

$$V = \frac{F_{A3} \cdot X}{k \cdot C_{A3}(1 - x)}$$

X ₀	= 0	T	= 0,46 jam
X ₁	= 0,468	V ₁	= 5,417 m ³
X ₂	= 0,729	V ₂	= 5,417 m ³
X ₃	= 0,862	V ₃	= 5,417 m ³
X ₄	= 0,93	V ₄	= 5,417 m ³

N	X _{A0}	X _{A1}	X _{A2}	X _{A3}	X _{A4}
1	0	0,93			
2	0	0,731	0,93		
3	0	0,577	0,828	0,93	
4	0	0,468	0,729	0,862	0,93

N	V ₁ (gallon)	V ₂ (gallon)	V ₃ (gallon)	V ₄ (gallon)
1	35.343,226			
2	4.213,543	4.213,543		
3	2.161,191	2.161,191	2.161,191	
4	1.431,020	1.431,020	1.431,020	1.431,020

3. Menghitung jumlah reaktor yang optimal

Menurut Aries dan Newton, 1995 perhitungan harga total reaktor menyatakan

bahwa:

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

Dengan :

C_a = Kapasitas alat a

C_b = Kapasitas alat b

E_a = Harga pembelian alat a

E_b = Harga pembelian alat b

Kondisi operasi:

1 atm = 14,7 psi

Bahan = stainless steel

Basis = Volume 100 gallons

= \$ 15.000,00 (Peter dan Timmerhaus, 1991)

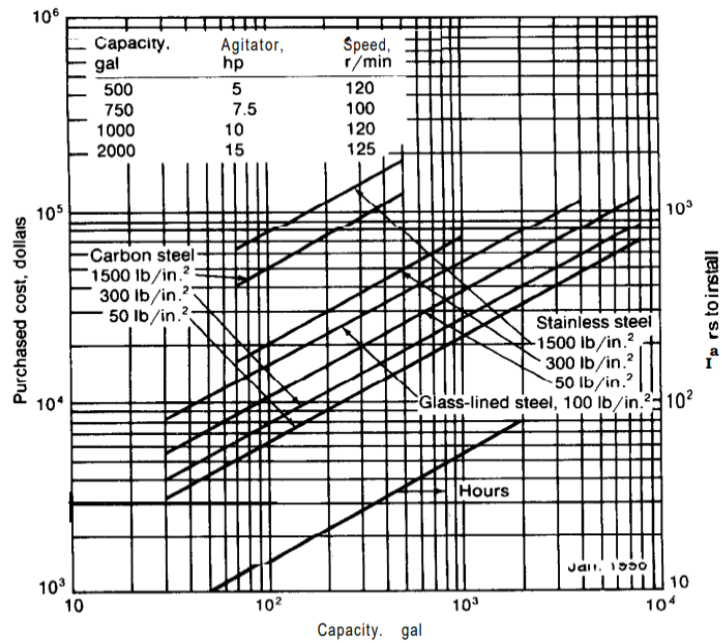


FIGURE 16-35
Cost and installation time of jacketed and stirred reactors.

N	V reactor (gallon)	Z (gallon)	Cost / unit \$	Cost
1	35.343,226	35.343,226	\$ 505.078,2378	\$ 505.078,2378
2	4.213,543	8.427,087	\$ 141.540,1795	\$ 283.080,359
3	2.161,191	6.483,573	\$ 9.4821,575	\$ 284.464,725

N	V reactor (gallon)	Z (gallon)	Cost / unit \$	Cost
4	1.431,020	5.724,079	\$ 74.042,083	\$ 296.168,3339



NERACA MASSA REAKTOR 1

Komponen	Masuk Reaktor 1				
	Kg/ Jam	Kmol/Jam	Kg/jam	Kmol/Jam	%F
Ca ₃ (PO ₄) ₂	6.491,5	20,9			32%
CaO	729,9	13,0			4%
SiO ₂	254,9	4,2			1%
CO ₂	339,8	7,7			2%
F	339,8	17,8			2%
Fe ₂ O ₃	25,4	0,15			0%
Al ₂ O ₃	25,4	0,24			0%
Na ₂ O	16,9	0,27			0%
MgO	84,9	2,1			0%
SiF ₄	0	0			0%
CaF ₂	0	0			0%
O ₂	0	0			0%
H ₂ O	3.560,9	197,8	1.638,0	91,0	26%
H ₂ SO ₄	0	0	6.552,1	66,8	33%

Komponen	Masuk Reaktor 1				
	Kg/ Jam	Kmol/Jam	Kg/jam	Kmol/Jam	%F
CaSO ₄ .2H ₂ O	0	0			0%
H ₃ PO ₄	0	0			0%
Subtotal	11.869,9	264,5	8.190,2	157,8	100%
Total (kg/jam)	20.060,1				

NERACA MASSA REAKTOR 2

Komponen	Masuk Reaktor 2		
	Kg/ Jam	Kmol/Jam	%F
Ca ₃ (PO ₄) ₂	1.687,8	5,4	8%
CaO	729,9	13,0	4%
SiO ₂	254,8	4,2	1%
CO ₂	339,8	7,7	2%
F	339,8	17,8	2%
Fe ₂ O ₃	25,4	0,16	0%
Al ₂ O ₃	25,4	0,25	0%
Na ₂ O	16,9	0,27	0%
MgO	84,9	2,1	0%
SiF ₄	0	0	0%
CaF ₂	0	0	0%
O ₂	0	0	0%
H ₂ O	3.525,9	195,8	18%
H ₂ SO ₄	1.996,3	20,3	10%
CaSO ₄ .2H ₂ O	7.995,9	46,4	40%
H ₃ PO ₄	3.037,2	30,9	15%
Total	20.060,1	344,8	100%

NERACA PANAS REAKTOR 1

Komponen	Q masuk Reaktor (kj/jam)			Q keluar Reaktor (kj/jam)
	Arus 3	Arus 6	Arus 7	Arus 8
Ca ₃ (PO ₄) ₂	37.221,729			9.677,649
CaO	25.759,206			25.759,206
SiO ₂	8.695,727			8.695,727

Komponen	Q masuk Reaktor (kj/jam)			Q keluar Reaktor (kj/jam)
	Arus 3	Arus 6	Arus 7	Arus 8
CO ₂	13.597,798			13.597,798
F				
Fe ₂ O ₃	771,552			771,552
Al ₂ O ₃	937,363			937,363
Na ₂ O	2.673,806			2.673,806
MgO	3.641,922			3.641,922
H ₂ O	35.149,901	308.050,085	634.524,196	662.995,291
H ₂ SO ₄		430.560,196		131.187,122
CaSO ₄ .2H ₂ O				97.903,515
H ₃ PO ₄				363.331,464
Total	128.449,008	738.610,281	634.524,196	11.321.172,424

NERACA PANAS REAKTOR 2

Komponen	Q masuk Reaktor (kj/jam)	Q keluar Reaktor (kj/jam)	
	Arus 8	Arus 10 (Filter)	Arus 9
Ca ₃ (PO ₄) ₂	9.677,649	2.516,188	
CaO	25.759,206	8.085,590	
SiO ₂	8.695,727	216,402	
CO ₂	13.597,798		12.596,182
F			
Fe ₂ O ₃	771,552	771,552	
Al ₂ O ₃	937,363	937,363	
Na ₂ O	2.673,806	2.673,806	
MgO	3.641,922	3.641,922	
SiF ₄			14.234,557
CaF ₂			4.073,193
O ₂			5.938,417
H ₂ O	662.995,291	553.122,472	
H ₂ SO ₄	131.187,122		
CaSO ₄ .2H ₂ O	97.903,515	140.805,438	
H ₃ PO ₄	363.331,464	457.797,644	
Total	11.321.172,424	1.170.568,382	37.842,350

PERANCANGAN REAKTOR 1

Kode : R-01

Fase : Padat – Cair

Bentuk : *Silinder vertical dengan head and bottom berbentuk torispherical*

Jenis : Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)

Fungsi : Mereaksikan $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ dengan H_2SO_4 dan H_2O untuk menghasilkan $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ dan H_3PO_4

Bahan : *Stainless Steel SA 167 Grade 11 Type 316*

Konstruksi

Kondisi : Suhu : 70

Operasi

Waktu Tinggal : 1,3 Jam

Tekanan : 1 atm

A. Menghitung Dimensi Reaktor

Komponen masuk Reaktor:

No	Komponen	BM	F (Kmol/Jam)	M (Kg/ Jam)	ρ (kg/m^3)	Fv (m^3/jam)
1	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	310	20,9	6.491,5	3140	2,0
2	CaO	56	13,0	729,9	3340	0,21
3	SiO_2	60	4,2	254,8	2650	0,09
4	CO_2	44	7,7	339,8	1530	0,22
5	F	19	17,8	339,8	1310	0,25
6	Fe_2O_3	160	0,15	25,4	5250	0,004
7	Al_2O_3	102	0,24	25,4	3970	0,006
8	Na_2O	62	0,27	16,9	2300	0,007

No	Komponen	BM	F (Kmol/Jam)	M (Kg/ Jam)	ρ (kg/m ³)	Fv (m ³ / jam)
9	MgO	40	2,1	84,9	3580	0,02
13	H ₂ O	18	288,8	5.199	1000	5,1
14	H ₂ SO ₄	98	66,85	6.552	1840	3,5
Total			422,3	20060,1		11,6

B. Menentukan Diameter dan Tinggi Reaktor

$$Fv = 11,6660 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Perancangan yang dibuat ini memilih *overdesign* 20%, sehingga volume reaktor menjadi:

Dari optimasi jumlah reaktor diperoleh:

$$V_{shell} = 15,95 \text{ m}^3$$

Volume desain reactor memilih *overdesign* 20% sehingga diperoleh:

$$\begin{aligned} \text{Volume reaktor (V}_r) &= 1,2 \times V_{Shell} \\ &= 1,2 \times 15,95 \text{ m}^3 \\ &= 19,14 \text{ m}^3 \\ &= 675,923 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

Untuk desain optimum menggunakan perbandingan diameter dan tinggi reaktor yang optimum (D:H = 1) digunakan persamaan

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

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

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

$$= \sqrt[3]{\frac{4 \times 19,14}{3,14}}$$

$$= 2,900 \text{ m}$$

$$= 114,163 \text{ in}$$

$$= 9,514 \text{ ft}$$

$$H \text{ (tinggi reactor)} = 1,5 \times D$$

$$= 4,350 \text{ m}$$

$$= 171,244 \text{ in}$$

$$= 14,270 \text{ ft}$$

Bentuk reaktor dipilih *vertical vessel* dengan *torispherical dished head* (Brownell, hal 88).

Dasar pemilihan digunakan untuk tangka dengan tekanan dalam 1 atm

$$V_{\text{dish}} = 0,000049D^3$$

$$= 0,0012 \text{ m}^3$$

$$= 72,9068 \text{ in}^3$$

$$= 0,0422 \text{ ft}^3$$

$$V_{\text{sf}} = \frac{\pi}{4} D^2 \frac{sf}{144} \text{ (dipilih sf: 2in)}$$

$$= \frac{3,14}{4} (2,4363)^2 \times \frac{2\text{in}}{144}$$

$$= 0,0035 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{head}} = 2V_{\text{dish}} + V_{\text{sf}}$$

$$= 0,0012 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{reaktor}} = V_{\text{shell}} + V_{\text{head}}$$

$$= 19,14 \text{ m}^3 + (\times 0,0012)$$

$$= 19,1494 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{Bottom}} = 0,5 V_{\text{head}}$$

$$= 0,5 \times 0,0012 \text{ m}^3$$

$$= 0,0047 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned}
 V_{\text{Cairan}} &= V_{\text{shell}} - V_{\text{Bottom}} \\
 &= 19,14 \text{ m}^3 - 0,0047 \text{ m}^3 \\
 &= 19,1353 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_{\text{Cairan}} &= \frac{4V}{\pi D^2} \\
 &= \frac{4 \times 19,1353}{3,14 \times (2,900)^2} \\
 &= 2,8990 \text{ m} \\
 &= 9,5112 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan tersebut, maka didapatkan spesifikasi sebaga berikut:

Diameter <i>shell</i>	: 2,900 m
Tinggi <i>shell</i>	: 4,350 m
Volume <i>shell</i>	: 19,14 m ³
Volume <i>head</i>	: 0,0094 m ³
Volume reaktor	: 19,1494 m ³
Volume cairan	: 19,1353 m ³
Volume <i>Bottom</i>	: 0,0047 m ³
Tinggi cairan dalam <i>shell</i>	: 2,8990 m
Volume cairan dalam <i>shell</i>	: 19,1224 m ³

C. Menghitung Tebal Dinding Reaktor

$$\begin{aligned}
 \text{Volume cairan} &= h_{\text{cairan}} \times \frac{\pi D^2}{4} \\
 H_{\text{cairan}} &= 2,8990 \text{ m} \\
 \text{Tekanan hidrostatik} &= \rho \times g \times h_{\text{cairan}} \\
 &= 132,5986 \text{ kg/m}^3 \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 2,8990 \text{ m} \\
 &= 37.518,7145 \text{ N/m}^2 \\
 &= 5,4416 \text{ psia}
 \end{aligned}$$

D. Menghitung Tebal Dinding Reaktor

Digunakan persamaan dari Pers. 13.1, Brownell & Young, 1959 hal. 254

$$ts = \frac{Pr}{(fE - 0,6P)} + C$$

Reaktor terdiri atas dinding (*Shell*), tutup atas dan tutup bawah (*head*). *Head* atas dan *head* bawah berbentuk *torispherical*. Bahan untuk reaktor adalah *stainless steel SA 299 grade 3 type 304*

Spesifikasi:

Max Allowable stress (f) = 18750 psia (Coulson hal 812) Efisiensi

sambungan (E) = 0,80 (Tabel 13.2 brownell 1959:254)

Faktor koreksi (C) = 0,125 in (Tabel 6, Timmerhaus, 1991:542)

Jari-jari *shell* (ri) = 57,0813 in

Tekanan (P) = Poperasi + Phidrostatik

= 24,1650 psia

Sehingga,

= 0,2170 in

Tebal Shell (Ts) standar = 0,25 in

Jadi, tebal shell minimum yang dibutuhkan sebesar 0,25 in Berdasarkan Tabel 5.7 Brownell & Young, hal 90 maka dipilih ts standar : (3/16) in

E. Menghitung Ukuran Head Reaktor

Dipilih *head* dengan bentuk *Torispherical Flanged & Dished Head*, dengan pertimbangan harganya cukup ekonomis dan digunakan untuk tekanan operasi hingga 15 bar.

$$t_h = \frac{P \cdot r_c \cdot w}{2fE - 0,2P} + C$$

Th = tebal *head*, m

W = faktor intensifikasi tegangan untuk jenis *head*

F = allowable stress = 18.750 psi

E = joint efisiensi = 0,8

C = corrosion allowance, = 0,125 in

ID shell = 114,163 in

OD shell = ID + 2ts
= 114,6622 in

Berdasarkan Tabel 5.7 (Brownell & Young, 1959), untuk OD standar
makadiambil OD terdekat yaitu :

OD = 120

Icr = 7,25 in

r = 114 in

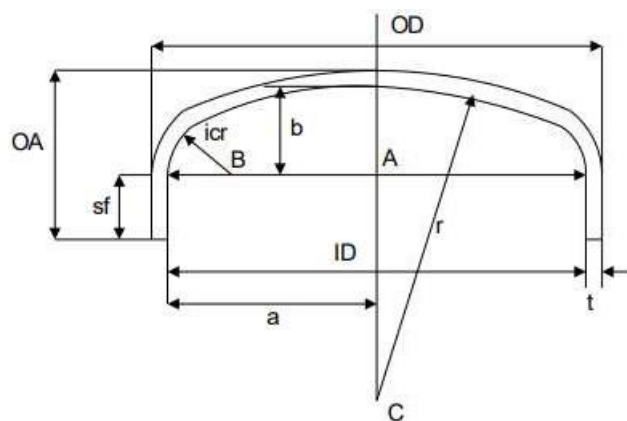
W = factor intensifikasi tegangan untuk jenis head, in

$$= \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{r}{144}} \right)$$

$$= 1,7413$$

$$Th = 00,258 \text{ in}$$

F. Menghitung Tinggi Head Reaktor



Keterangan Gambar:

ID : diameter dalam head

icr : inside corner radius

OD : diameter luar *head*

b : *deep of dish*

a : jari-jari *head*

sf : *straight of flanged*

t : tebal *head*

OA : tinggi *head*

r : jari-jari dalam *head*

Dengan *th* sebesar 1/4 in in maka nilai *sf* adalah 1½-2 sehingga dipilih nilai *sf* sebesar 2 in

$$ID = OD - 2ts$$

$$= 119,5 \text{ in}$$

$$= 9,95435 \text{ ft}$$

$$a = \frac{ID}{2} \text{ —}$$

$$= 59,75 \text{ in}$$

$$AB = a - icr$$

$$= 52,5 \text{ in}$$

$$BC = r - icr$$

$$= 106,75 \text{ in}$$

$$AC = \sqrt{BC^2 + AB^2}$$

$$= \sqrt{106,75^2 + 52,5^2}$$

$$= 92,9479 \text{ in}$$

$$B = r - AC$$

$$= 21,0521 \text{ in}$$

Tinggi *head* total

$$H_{\text{head}} = th + b + sf$$

$$OA = 24,3021 \text{ in}$$

$$= 0,6173 \text{ m}$$

$$H_{\text{reaktor}} = 2_{\text{head}} + h_{\text{shell}}$$

$$= (2 \times 0,6173 \text{ m}) + 4,350 \text{ m}$$

$$= 5,5841 \text{ m}$$

G. Menghitung Ukuran Pengaduk

Pada reaktor alir tangki berpengaduk (RATB) dibutuhkan pengaduk untuk mencampurkan beberapa senyawa menjadi satu agar tercampur secara homogen.

Berikut perhitungan pengaduk:

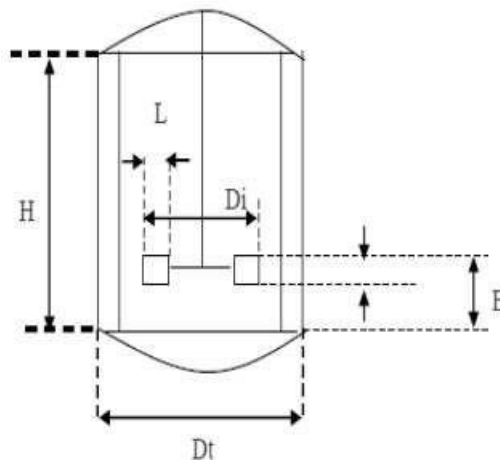
$$\text{Volume cairan} = 19,1353 \text{ m}^3$$

$$= 5055,0137 \text{ gallon}$$

$$\text{Viskositas cairan} = 2,3204 \text{ cP}$$

$$= 0,0015 \text{ lb/ft.s}$$

Bahan yang diaduk merupakan cairan yang mengandung *solid (solid suspension)* maka jenis pengaduk yang dipilih adalah *turbine impeller with 6 blades*. (Rase.1970)



ID : diameter dalam pengaduk jarak pengaduk dengan dasar tangki

Di : diameter pengaduk J : lebar *baffle*

L : Panjang sudut pengaduk H : tinggi cairan

W : lebar sudut pengaduk

Data pengaduk dari Brown "*Unit Operation*" p.507 (Eq. 8-8,P345 Rase, 1977)

$$Dt/Di = 3$$

$$L/Di = 0,25$$

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

$$wb/Di = 0,17$$

$$Zi/Di = 0,75 - 1,3 = (1,3)$$

$$Dt = 114,163 \text{ in}$$

$$= 2,900 \text{ m}$$

Diameter pengaduk (D_i):

$$D_i = \frac{Dt}{3}$$

$$= 0,9666 \text{ m}$$

Tinggi pengaduk (W)

$$W = D_i * 3,9$$

$$= 3,7697 \text{ m}$$

Lebar pengaduk (L)

$$L = D_i * 0,25$$

$$= 0,2416 \text{ m}$$

Lebar *baffle* (B)

$$W_b = D_i * 0,17$$

$$= 0,1643 \text{ m}$$

Jarak pengaduk dengan dasar tangki (Z_i)

$$Z_i = D_i * 1,3$$

$$= 1,2566 \text{ m}$$

H. Menghitung Kecepatan Putaran Pengaduk (N)

Keterangan:

N = kecepatan putar pengaduk, rpm

D = diameter pengaduk, ft

ZL = tinggi cairan dalam tangka, m

Sg = *specific gravity*

WELH = *water equivalent liquid height*, ft

Sg (specific gravity) = $\rho_{\text{cairan}}/\rho_{\text{air}}$

$$= 1,3404 \text{ kg/m}^3$$

WELH = 3,8859 m

$$= 12,7489 \text{ ft}$$

$$\text{Jumlah Pengaduk} = \frac{WELH}{\frac{ID}{2,900}}$$

$$= 1,3401$$

$$= 1 \text{ buah}$$

Maka jumlah pengaduk yang digunakan adalah 1 buah, didapatkan

kecepatanputar pengaduk sebesar:

N = 47,1655 rpm

$$= 0,7860 \text{ rps}$$

I. Menghitung Power Pengaduk

$$\rho = 8,2170 \text{ lb/ft.s}$$

$$= 131,6245 \text{ kg/m}^3$$

$$\mu = 0,0015 \text{ lb/ft.s}$$

$$D_i = 3,1712 \text{ ft}$$

$$= 0,96656 \text{ m}$$

$$N = 0,7833 \text{ rps}$$

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

$$= 446,8373$$

$$P_a = 1.140,0994 \text{ watt}$$

$$= 1,4100 \text{ kW}$$

$$= 1,8909 \text{ hP}$$

Maka, berdasarkan peters hal. 512 didapatkan efisiensi motor adalah

$$82\% : P = 2,3060 \text{ hP}$$

$$\text{Power standar } P = 3 \text{ hP}$$

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

J. Menghitung Dimensi Pendingin Reaktor 1

$$T_{h \text{ in}} 70^\circ\text{C} = 158^\circ\text{F} \quad T_{h \text{ out}} 70^\circ\text{C} = 158^\circ\text{F}$$

$$T_{c \text{ in}} 30^\circ\text{C} = 86 \quad T_{c \text{ out}} 30^\circ\text{C} = 113^\circ\text{F}$$

Inisial	Fluida Panas (°F)		Fluida Dingin(°F)	ΔT (°F)
ΔT_2	158	<i>Lower Temp</i>	113	45
ΔT_1	158	<i>Higher Temp</i>	86	72

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}}$$

$$\Delta T_{LMTD} = 57,4464 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$Q \text{ pendingin} = 530.297,5827 \text{ kJ/Jam}$$

$$C_p \text{ air} = 4,1799 \text{ kJ/Kg } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 15 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$m_w = \frac{Q_w}{C_p(T_{out} - T_{in})}$$

$$m = 12.604,375 \text{ kg/jam}$$

Menghitung Luas Transfer Panas

Berdasarkan Tabel 8 page 840 (Kern, 1965), nilai UD berkisar 250-500

Btu/ft².F.jam:

$$UD = 250-500 \text{ Btu/ft}^2 \cdot ^\circ\text{F.jam (Kern table 8 pg 840)}$$

$$\text{Diambil UD} = 500 \text{ Btu/ft}^2 \cdot ^\circ\text{F.jam}$$

$$A = \frac{Q}{U_D \Delta T_{LMTD}}$$

$$A = 3,2519 \text{ m}^2$$

Menghitung Luas selubung

$$A = \pi \cdot D \cdot H$$

$$A = 48,8825 \text{ m}^2$$

Karena luas transfer panas lebih kecil dari luas selubung reaktor maka menggunakan jaket pendingin.

Menghitung Ukuran Jaket Pendingin

$$\begin{aligned} \text{ID} &= \text{OD tangka} + 2 \text{ jw} \\ &= 124 \text{ in} \end{aligned}$$

Menghitung Tebal Dinding Jaket

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

$$ts = 0,1875$$

$$\text{OD} = 124,375 \text{ in}$$

$$\text{ID} = 125,625 \text{ in}$$

Menghitung U_c dan U_D

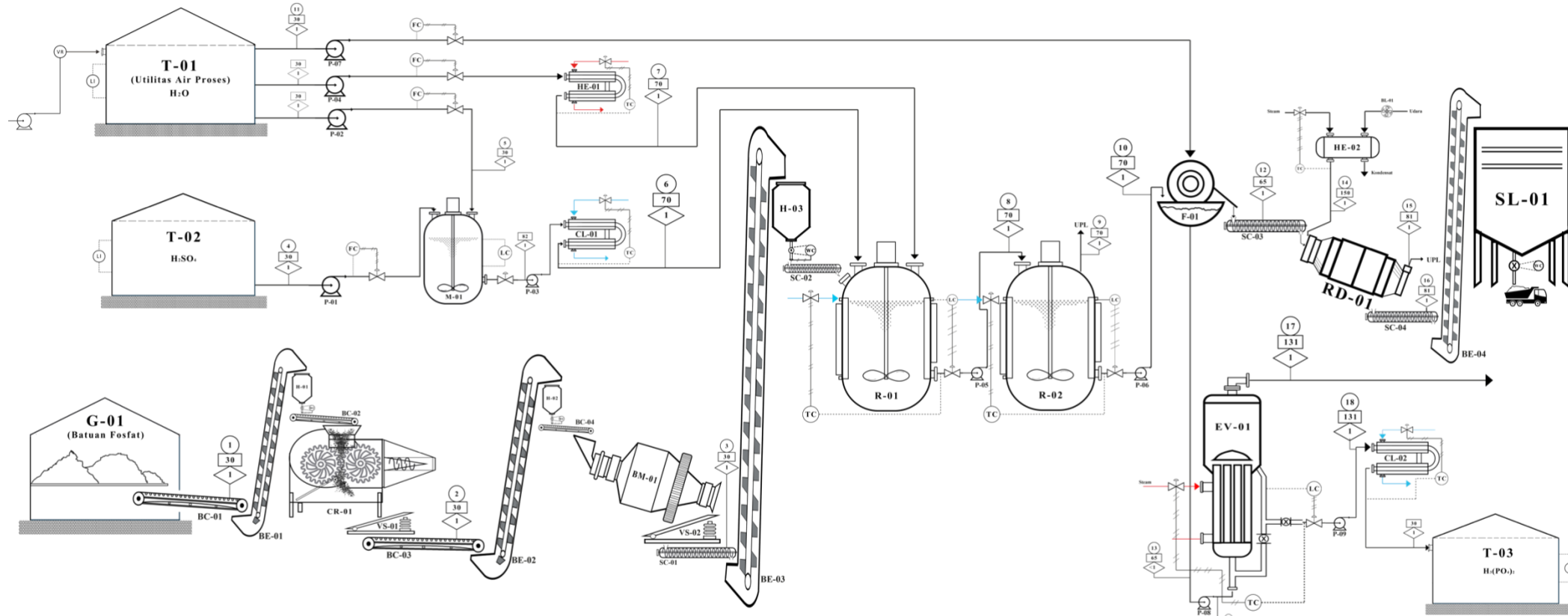
$$U_c = h_{i_0} h_o / h_{i_0} + h_o$$

$$U_c = 58,0437 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{j} \cdot ^\circ\text{F}$$

$$U_D = \frac{U_c h_o}{U_c + h_o}$$

$$U_D = 54,8595 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{j} \cdot ^\circ\text{F}$$

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM PRARANCANGAN PABRIK KIMIA KALSIMUM SULFAT DIHIDRAT DARI BATUAN FOSFAT DAN ASAM SULFAT KAPASITAS PRODUKSI 100.000 TON/TAHUN



KOMPONEN	Kg/Jam																			
	Arus 1	Arus 2	Arus 3	Arus 4	Arus 5	Arus 6	Arus 7	Arus 8	Arus 9	Arus 10	Arus 11	Arus 12	Arus 13	Arus 14	Arus 15	Arus 16	Arus 17	Arus 18		
Kalsium Fosfat (Ca ₃ (PO ₄) ₂)	6491,553	6491,553	6491,553					1687,804		438,829		438,829				438,829				
Kalsium Oksida (CaO)	729,926	729,926	729,926					729,926		229,117		229,117				229,117				
Silikon Dioksida (SiO ₂)	254,876	254,876	254,876					254,876		6,343		6,343				6,343				
Karbon Dioksida (CO ₂)	339,834	339,834	339,834					339,834	339,834	25,488		25,488				25,488				
Flour (F)	339,834	339,834	339,834					339,834	339,834	25,488		25,488				25,488				
Ferrioksida (Fe ₂ O ₃)	25,488	25,488	25,488					25,488	16,992	16,992		25,488				25,488				
Aluminium Oksida (Al ₂ O ₃)	25,488	25,488	25,488					25,488	84,959	84,959		25,488				25,488				
Sodium Oksida (Na ₂ O)	16,992	16,992	16,992					16,992	16,992	16,992		16,992				16,992				
Magnesium Oksida (MgO)	84,959	84,959	84,959					84,959	84,959	84,959		84,959				84,959				
Silikon Tetrafluorida (SiF ₄)									430,790											
Kalsium Fluorida (CaF ₂)									51,369											
Oksigen (O ₂)									143,088											
Air (H ₂ O)	186,909	186,909	186,909	113,718	1504,331	1638,050	3374,069	3525,464		2941,217	1682,282	924,700	3698,507		760,959	163,740	3158,534	540,266		
Asam Sulfat (H ₂ SO ₄)				6552,200		6552,200		1996,836												
Kalsium Sulfat Dihidrat (CaSO ₄ ·2H ₂ O)								1996,836												
Asam Fosfat (H ₃ (PO ₄) ₂)								3037,209												
Udara Panas													99611,4			629,848	135,528			3061,507
Total	8495,858	8495,858	8495,858	6685,918	1504,331	8190,250	3374,069	20060,177	965,082	19095,095	1682,282	14017,071	6760,307	99611,4	101002,28	12626,263	3158,543	3601,773		

KETERANGAN			
CR	Crusher	(FC)	Flow Controller
BM	Ball Mill	(LC)	Level Controller
BC	Belt Conveyor	(V)	Temp. Controller
BE	Bucket Elevator	(VR)	Volume Recorder
SC	Screw Conveyor	(A)	Tekanan (Atm)
VS	Vibrating Screen	(WC)	Weight Controller
H	Hopper	(LI)	Level Indicator
P	Pompa	(N)	Nomor Arus
R	Reaktor	(TC)	Temperature (C)
M	Mixer	(T)	Tekanan (Atm)
HE	Heat Exchanger	(S)	Sinyal Elektrik
F	Filter	(SP)	Sinyal Pneumatic
RD	Rotary Dryer		
BL	Blower		
EV	Evaporator		
CL	Cooler		
SL	Silo		

JURUSAN TEKNIK KIMIA
 FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 YOGYAKARTA
 2023

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
 PRARANCANGAN PABRIK KALSIMUM SULFAT DIHIDRAT
 DARI BATUAN FOSFAT DAN ASAM SULFAT DENGAN
 KAPASITAS 100.000 TON/TAHUN

Disusun Oleh :
 Nama : Anta Ickhlad Amal (19521151)
 Sheila Fatmahan Zahra (19521142)

Dosen Pembimbing : Dr. Anif Hidayat S.T., M.T