

No: TA/TK/2022

**PRA RANCANGAN PABRIK PHOSPHORIC ACID
DARI *PHOSPHATE ROCK* DENGAN KAPASITAS
100.000 TON/TAHUN**

PRARANCANGAN PABRIK

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



Oleh:

Nama : Siti Berlian Ifada Nani Nama : Dwi Ramadhanti Putri

No. Mahasiswa : 18521045 No. Mahasiswa : 18521135

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2022**

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

PRA RANCANGAN PABRIK *PHOSPHORIC ACID* DARI *PHOSPHATE ROCK*
DENGAN KAPASITAS 100.000 TON/TAHUN

PRARANCANGAN PABRIK

Oleh:

Nama : Siti Berlian Ifada Nani

Nama : Dwi Ramadhanti Putri

No. Mahasiswa : 18521045

No. Mahasiswa : 18521135

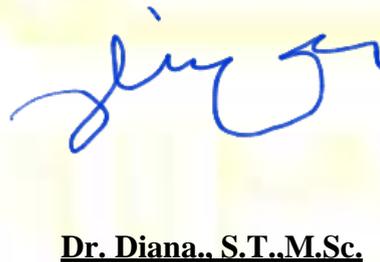
Yogyakarta, 26 Juli 2022

Pembimbing I,

Pembimbing II



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



Dr. Diana., S.T., M.Sc.

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

PRA RANCANGAN PABRIK *PHOSPHORIC ACID*
DARI *PHOSPHATE ROCK* DENGAN KAPASITAS 100.000 TON/TAHUN

PRARANCANGAN PABRIK

Oleh:

Nama : Siti Berlian Ifada Nani Nama : Dwi Ramadhanti Putri

No. Mahasiswa : 18521045 No. Mahasiswa : 18521135

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, 3 Agustus 2022

Tim Penguji
Ketua
Dr. Arif Hidayat, S.T., M.T.
Anggota I
Nur Indah Fajar Mukti, S.T., M.Eng.
Anggota II
Cholila Tamzysi, S.T., M.Eng.


15/8/22



Mengetahui:

Ketua Program Studi Teknik Kimia
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia



Dr. Suharno Rusdi

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Alhamdulillah *rabilalamin*, 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 *Phosphoric Acid* dari *Phosphate Rock* 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 1 yang telah

memberikan pengarahan dan bimbingan dalam penyusunan Prarancangan Pabrik Kimia ini.

3. Ibu Diana, Dr., ST., M.Sc selaku Dosen Pembimbing 2 yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan dalam penyusunan dan penulisan Prarancangan Pabrik Kimia ini.
4. Bapak Dr. Suharno Rusdi selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
5. Teman-teman mahasiswa Teknik Kimia, Universitas Islam Indonesia atas semua bantuan dan dukungannya selama ini.
6. 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, Juli 2022

Penulis

LEMBAR PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirobbil 'alamin.

Tugas akhir ini saya persembahkan kepada:

Allah SWT karena sudah mengabulkan doa doa yang saya panjatkan setiap harinya, melindungi saya, Dan hanya dengan izin-NYA semata saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

Teruntuk Mama (Fitriana Buhang) dan Papa (Asripan Nani) yang tidak henti-hentinya memberikan doa, semangat, dorongan, kasih sayang dan kepercayaan. Semoga kelak saya dapat membalas jasa yang telah diberikan. Tidak lupa juga terimakasih kepada Kakak (Fiqriansyah) dan adik (Bilqys) saya tercinta.

Dosen pembimbing I dan II yang telah bersedia meluangkan waktu di tengah kesibukannya untuk membimbing, mengarahkan, memberi ilmu, dan menasehati kami.

Dwi Ramadhanti *Partner* saya mulai dari Kerja Praktek, Penelitian, sampai Tugas akhir. Terimakasih atas perjuangan, kerjasama, kesabaran dan semua yang telah dilewatkan semoga ilmu yang kita dapatkan berkah dan bermanfaat untuk sekitar.

Sahabat sahabat saya yang mendukung saya baik dukungan moril maupun materiil. *We Bare Bears*, *PGirls* (Abay, Agrif, Ame, Amy, Arsyah, Caca, Devana, Inay, Najwa, Putmir, Rhanny, Zalza, Tasya), UC (Adis, Azis, Avina, Aqiel, Duta, Eq, Ido, Ijal, Ismail, Abdul, Skp), BGkw (Dimas, Rama, Farrel, rawr, kubil), Paokz (Botol, Farid, Ais, Bimbim), Selebew (Desvy, Naritha, Widya, Dytasya, Vannisya,

Rara, Intan, dan Erika).

Teman-teman seperjuangan saya di Teknik Kimia yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu. Atas segala kenangan yang telah saya dapatkan di bangku kuliah. Semoga kita semua sukses baik dunia maupun akhirat.

Semua pihak yang telah memberikan banyak bantuan dan arahan dalam penyusunan tugas akhir ini dari awal hingga akhir.

Last but not least, I wanna thank me, I wanna thank me for believing in me, I wanna thank me for doing all this hard work, I wanna thank me for having no days off, I wanna thank me for never quitting, I wanna thank me for just being me at all times.

Siti Berlian Ifada Nani

Teknik Kimia 2018

LEMBAR PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirobbil 'alamin.

Tugas akhir ini saya persembahkan kepada:

Allah SWT karena sudah mengabulkan doa doa yang saya panjatkan setiap harinya, melindungi saya, Dan hanya dengan izin-NYA semata saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

Mama (Elis Atiyawati) dan Ayah (Sutarman) yang tidak henti-hentinya memberikan doa, semangat, dorongan, kasih sayang dan kepercayaan. Semoga kelak saya dapat membalas jasa yang telah diberikan. Tidak lupa juga terimakasih kepada aak (Eka Setianingsih), adik (Carissa Tri Ramadhani) saya tercinta dan keluarga besar Alm. Mahadi dan Sumar yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

Dosen pembimbing I Bapak Arif Hidayat, Dr., S.T., M.T. dan Dosen pembimbing II Ibu Diana, Dr., S.T., M.Sc. yang telah bersedia meluangkan waktu di tengah kesibukannya untuk membimbing, mengarahkan, memberi ilmu, dan menasehati kami.

Siti Berlian Ifada Nani *Partner* saya mulai dari Kerja Praktek, Penelitian, sampai Tugas akhir. Terimakasih atas perjuangan, kerjasama, kesabaran dan semua yang telah dilewatkan semoga ilmu yang kita dapatkan berkah dan bermanfaat untuk sekitar.

Semua teman dan sahabat yang selalu mendukung saya dalam keadaan apapun. *Especially Larcenciel* (Nurul, Annisa, Maulidyah, Jihan, Amelia), *Alaydrus* (Faguita, Callista, Shakila, Chindy, Sauli, Wanda, Rizky, Rania), *KPB* (Havez,

Nandib, Salas, Imam, Aqil, Fajar, Alfin, Dimas, Ghea), *dgam's* (Anisa, Muti, Shafa), Imelza, Irsyad, Alif dan Garin.

Teman-teman seperjuangan Teknik Kimia 18 yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu. Atas segala kenangan yang telah saya dapatkan di bangku kuliah. Semoga kita semua sukses baik dunia maupun akhirat. Serta semua pihak yang telah memberikan banyak bantuan dan arahan dalam penyusunan tugas akhir ini dari awal hingga akhir.

Last but not least, to my self, thank you for struggling even though it is not easy. Thank you for wanting to survive until now, let's get an adventure to continue the challenging things in the future! and be thankful for everything that happens in your life, it's all an experience.

Dwi Ramadhanti Putri

Teknik Kimia 2018

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	i
LEMBAR KEASLIAN HASIL PRARANCANGAN PABRIK.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	iii
KATA PENGANTAR	iv
LEMBAR PERSEMBAHAN.....	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xviii
DAFTAR LAMBANG/NOTASI/SINGKATAN.....	xix
ABSTRAK	xii
ABSTRACT	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik	4
1.2.1 Kebutuhan Produk	4
1.2.2 Produksi Produk	6
1.2.3 Ketersediaan Bahan Baku	9
1.2.4 Penentuan Kapasitas Pabrik	11
1.3 Tinjauan Pustaka.....	17
1.3.1 Asam Fosfat.....	17
1.3.2 Batuan Fosfat.....	20
1.3.3 Asam Sulfat	23
1.3.4 Gypsum.....	24
1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika	25
1.4.1 Tinjauan Termodinamika.....	25
1.4.2 Tinjauan Kinetika	27
BAB II PERANCANGAN PRODUK	30
2.1 Spesifikasi Bahan Baku	30
2.1.1 Batuan Fosfat.....	30
2.2 Spesifikasi Produk	31
2.3 Pengendalian Kualitas.....	32

2.3.1	Pengendalian Kualitas Bahan Baku.....	33
2.3.2	Pengendalian Kualitas Proses Produksi	33
2.3.3	Pengendalian Kualitas Produk.....	35
2.3.4	Pengendalian Terkait Waktu Produksi.....	36
BAB III PERANCANGAN PROSES.....		37
3.1	Diagram Alir Proses dan Material	37
3.2	Uraian Proses.....	39
3.2.1	Persiapan bahan baku dan bahan pendukung.....	39
3.2.2	Tahap reaksi	41
3.2.3	Tahap pemisahan dan pemurnian produk	41
3.3	Spesifikasi Alat.....	43
3.3.1	Spesifikasi Reaktor	43
3.3.2	Spesifikasi Alat Pemisah.....	44
3.3.3	Spesifikasi Alat Penyimpanan Bahan	46
3.3.4	Spesifikasi Alat Transportasi	48
3.3.5	Spesifikasi Alat Penukar Panas	52
3.4	Neraca Massa	54
3.4.1	Neraca Massa <i>Crusher</i>	54
3.4.2	Neraca Massa <i>Ball Mill</i>	54
3.4.3	Neraca Massa <i>Vibrating Screen</i>	55
3.4.4	Neraca Massa Reaktor 1	55
3.4.5	Neraca Massa Reaktor 2	55
3.4.6	Neraca Massa Reaktor 3	56
3.4.7	Neraca Massa <i>Filter</i>	56
3.4.8	Neraca massa <i>Rotary Dryer</i>	57
3.4.9	Neraca Massa <i>Evaporator</i>	57
3.5	Neraca Panas	58
3.5.1	Neraca Panas <i>Mill</i>	58
3.5.2	Neraca Panas Reaktor 1	58
3.5.3	Neraca Panas Reaktor 2	58
3.5.4	Neraca Panas Reaktor 3	59
3.5.5	Neraca Panas <i>Filter</i>	59
3.5.6	Neraca Panas <i>Rotary Dryer</i>	59
3.5.7	Neraca Panas <i>Evaporator</i>	59

BAB IV PERANCANGAN PABRIK.....	60
4.1 Penentuan Lokasi Pabrik.....	60
4.1.1 Faktor Primer.....	61
4.1.2 Faktor Sekunder.....	63
4.2 Tata Letak Pabrik (<i>Plant Layout</i>)	64
4.3 Tata Letak Mesin/Alat Proses (<i>Machines layout</i>)	66
4.3.1 Aliran Bahan Baku dan Produk.....	67
4.3.2 Aliran Udara.....	67
4.3.3 Pencahayaan	67
4.3.4 Lalu Lintas Manusia dan kendaraan	68
4.3.5 Pertimbangan Ekonomi.....	68
4.3.6 Jarak antar alat proses	68
4.4 Organisasi Perusahaan	70
4.4.1 Bentuk Perusahaan.....	70
4.4.2 Struktur Organisasi	72
4.5 Tugas dan Wewenang	74
4.5.1 Dewan Komisaris	74
4.5.2 Direktur Utama.....	74
4.5.3 Kepala Bagian	75
4.5.4 Kepala Seksi.....	77
4.6 Jam Kerja Karyawan.....	77
4.6.1 Karyawan <i>non shift</i>	78
4.6.2 Karyawan <i>shift</i>	78
4.7 Status, sistem penggajian, dan penggolongan pekerja.....	80
4.7.1 Jumlah Pekerja.....	80
4.7.2 Penggolongan Jabatan.....	81
4.7.3 Sistem gaji pegawai	81
4.8 Catatan	82
4.9 Kesejahteraan Pegawai	83
4.9.1 Tunjangan.....	83
4.9.2 Cuti	84
4.9.3 Pakaian Kerja	84
4.9.4 Pengobatan	84
4.9.5 Badan Penyelenggaraan Jaminan Sosial Tenaga Kerja (BPJSTK)...	85

BAB V UNIT UTILITAS.....	86
5.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air	86
5.1.1 Air proses	87
5.1.2 Air Domestik	88
5.1.3 Air Layanan Umum (<i>Service Water</i>).....	89
5.1.4 Air pendingin.....	89
5.1.5 Air umpan <i>boiler</i>	91
5.2 Unit Pembangkit <i>Steam</i>	101
5.3 Unit Pembangkit Listrik.....	102
5.4 Unit Penyedia Udara Tekan	104
5.5 Unit Penyedia Bahan Bakar	104
5.6 Unit Pengolahan Limbah.....	104
5.7 Spesifikasi Alat Utilitas	105
BAB VI EVALUASI EKONOMI.....	113
6.1 Penaksiran Harga Peralatan.....	114
6.2 Perhitungan Biaya.....	116
6.2.1 <i>Total Capital Investment</i>	116
6.2.2 <i>Manufacturing Cost</i>	116
6.2.3 <i>General Expenses</i>	117
6.2.4 Analisa Kelayakan	118
6.2.5 Hasil Perhitungan	122
6.2.6 Analisa Keuntungan.....	127
BAB VII PENUTUP.....	131
7.1 Kesimpulan.....	131
7.2 Saran	133
DAFTAR PUSTAKA.....	134
LAMPIRAN	137

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1	Produksi Asam Fosfat Di Seluruh Dunia.....	8
Tabel 1. 2	Produksi Asam Fosfat di Indonesia.....	8
Tabel 1. 3	Produksi Batuan Fosfat di Seluruh Dunia	10
Tabel 1. 4	Produksi Asam Sulfat di Indonesia	11
Tabel 1. 5	Impor Asam Fosfat di Indonesia	12
Tabel 1. 6	Data Ekspor Asam Fosfat	13
Tabel 1. 7	Data Konsumsi Asam Fosfat di Indonesia.....	15
Tabel 1. 8	Harga ΔH° Persamaan Reaksi Pembuatan Asam Fosfat.....	25
Tabel 1. 9	Harga ΔG° Persamaan Reaksi Pembuatan Asam Fosfat.....	26
Tabel 2. 1	Kemurnian Batuan Fosfat	30
Tabel 2. 2	Spesifikasi Bahan Baku	30
Tabel 2. 3	Spesifikasi Produk.....	31
Tabel 2. 4	Identifikasi <i>Hazard</i> Bahan Kimia Dalam Proses	31
Tabel 3. 1	Spesifikasi Reaktor (Jumlah alat = 3).....	43
Tabel 3. 2	Spesifikasi <i>Crusher</i> (Jumlah Alat = 1).....	44
Tabel 3. 3	Spesifikasi <i>Ball Mill</i> (Jumlah Alat = 1).....	44
Tabel 3. 4	Spesifikasi <i>Vibrating Screen</i> (Jumlah Alat = 2).....	45
Tabel 3. 5	Spesifikasi <i>Filter</i> (Jumlah Alat = 1).....	45
Tabel 3. 6	Spesifikasi <i>Rotary Dryer</i> (Jumlah Alat = 1)	46
Tabel 3. 7	Spesifikasi Gudang Penyimpanan (Jumlah Alat = 1).....	46
Tabel 3. 8	Spesifikasi <i>Hopper</i> (Jumlah Alat = 1)	47
Tabel 3. 9	Spesifikasi Tangki (Jumlah Alat = 2).....	47
Tabel 3. 10	Spesifikasi Silo (Jumlah Alat = 1).....	48
Tabel 3. 11	Spesifikasi <i>Belt Conveyor</i> (Jumlah Alat = 2).....	48
Tabel 3. 12	Spesifikasi <i>Bucket Elevator</i> (Jumlah Alat = 4)	49
Tabel 3. 13	Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> (Jumlah Alat = 4).....	49
Tabel 3. 14	Spesifikasi Pompa (Jumlah Alat = 6)	50
Tabel 3. 15	Spesifikasi Pompa Lanjutan.....	50
Tabel 3. 16	Spesifikasi <i>Blower</i> (Jumlah Alat = 1).....	51
Tabel 3. 17	Spesifikasi <i>Cooler</i> (Jumlah Alat = 1)	52
Tabel 3. 18	Spesifikasi <i>Evaporator</i> (Jumlah Alat = 1)	52
Tabel 3. 19	Spesifikasi <i>Heater</i> (Jumlah Alat = 3)	53
Tabel 3. 20	Neraca Massa <i>Crusher</i>	54
Tabel 3. 21	Neraca Massa <i>Ball Mill</i>	54
Tabel 3. 22	Neraca Massa <i>Vibrating Screen</i>	55
Tabel 3. 23	Neraca Massa Reaktor 1	55
Tabel 3. 24	Neraca Massa Reaktor 2	55
Tabel 3. 25	Neraca Massa <i>Filter</i>	56
Tabel 3. 26	Neraca Massa <i>Rotary Dryer</i>	57
Tabel 3. 27	Neraca Massa <i>Evaporator</i>	57
Tabel 3. 28	Neraca Panas <i>Mill</i>	58
Tabel 3. 29	Neraca Panas Reaktor 1	58
Tabel 3. 30	Neraca Panas Reaktor 2	58

Tabel 3. 31 Neraca Panas <i>Filter</i>	59
Tabel 3. 32 Neraca Panas <i>Rotary Dryer</i>	59
Tabel 3. 33 Neraca Panas <i>Evaporator</i>	59
Tabel 4. 1 Perincian Luas Tanah dan Bangunan Pabrik	66
Tabel 4. 2 Jadwal shift kerja karyawan.....	79
Tabel 4. 3 Jumlah Pekerja	80
Tabel 4. 4 Jumlah Penggolongan Jabatan	81
Tabel 4. 5 Rincian Gaji Karyawan	82
Tabel 5. 1 Kebutuhan Air Proses.....	87
Tabel 5. 2 Kebutuhan Air Domestik.....	89
Tabel 5. 3 Kebutuhan Air Pendingin	90
Tabel 5. 4 Kebutuhan Air <i>Steam</i>	92
Tabel 5. 5 kebutuhan listrik proses	102
Tabel 5. 6 Kebutuhan Listrik Utilitas	103
Tabel 5. 7 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan Utilitas (1).....	105
Tabel 5. 8 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan Utilitas (2).....	106
Tabel 5. 9 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan Utilitas (3).....	107
Tabel 5. 10 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan Utilitas (4).....	108
Tabel 5. 11 Spesifikasi Bak Utilitas (1)	108
Tabel 5. 12 Spesifikasi Bak Utilitas (2)	109
Tabel 5. 13 Spesifikasi Tangki (1).....	109
Tabel 5. 14 Spesifikasi Tangki (2).....	110
Tabel 5. 15 Spesifikasi <i>Screener</i> Utilitas	110
Tabel 5. 16 Spesifikasi <i>Sand Filter</i> Utilitas	111
Tabel 5. 17 Spesifikasi <i>Cooling Tower</i> Utilitas	111
Tabel 5. 18 Spesifikasi <i>Mixed-Bed</i> Utilitas	111
Tabel 5. 19 Spesifikasi <i>Deaerator</i> Utilitas.....	112
Tabel 5. 20 Spesifikasi <i>Blower Cooling Tower</i> Utilitas.....	112
Tabel 6. 1 Indeks Harga Alat.....	114
Tabel 6. 2 <i>Physical Plant Cost</i>	122
Tabel 6. 3 <i>Direct Plant Cost</i> (DPC).....	123
Tabel 6. 4 <i>Fixed Capital Investment</i> (FCI)	123
Tabel 6. 5 <i>Direct Manufacturing Cost</i> (DMC).....	123
Tabel 6. 6 <i>Indirect Manufacturing Cost</i> (IMC).....	124
Tabel 6. 7 <i>Fixed Manufacturing Cost</i> (FMC)	124
Tabel 6. 8 <i>Manufacturing Cost</i> (MC)	124
Tabel 6. 9 <i>Working Capital</i> (WC)	125
Tabel 6. 10 <i>General Expense</i> (GE).....	125
Tabel 6. 11 Total Biaya Produksi	125
Tabel 6. 12 <i>Fixed Cost</i> (Fa).....	126
Tabel 6. 13 <i>Variable Cost</i> (Va)	126
Tabel 6. 14 <i>Regulated Cost</i> (Ra)	126

DAFTAR GAMBAR

Gambar1. 1 Diagram Konsumsi Asam Fosfat Dunia	5
Gambar1. 2 Diagram Negara Dengan Cadangan Batuan Fosfat Terbanyak.....	9
Gambar1. 3 Grafik Data Impor Asam Fosfat	12
Gambar1. 4 Data Ekspor Asam Fosfat	14
Gambar1. 5 Grafik Data Konsumsi Asam Fosfat.....	15
Gambar 3. 1 Diagram Alir Kualitatif.....	37
Gambar 3. 2 Diagram Alir Kuantitatif	38
Gambar 4. 1 Rencana Lokasi Pendirian Pabrik.....	60
Gambar 4. 2 Tata Letak Pabrik dan Alat Proses Skala 1:1000	69
Gambar 4. 3 Tata Letak Alat Proses	70
Gambar 4. 4 Struktur Organisasi	73
Gambar 6. 1 Grafik Evaluasi Ekonomi.....	129

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran-1	Perancangan Reaktor
Lampiran-2	Process Engineering Flow Diagram (PEFD)
Lampiran-3	Kartu Konsultasi Bimbingan Prarancangan Pabrik

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, in
OD	: <i>Outside</i> diameter, in
ts	: Ketebalan dinding, in
th	: Ketebalan <i>head</i> , in
P	: <i>Power</i> motor, hP
Re	: Bilangan <i>Reynold</i>
E	: Efisiensi Sambungan
Ri	: Jari-jari reaktor
C	: <i>Corrosion allowance</i>
f	: <i>Allowable stress</i> , psia
icr	: Jsri-jari sudut dalam, in
W	: Faktor intensifikasi tegangan untuk jenis head
sg	: <i>Spesific gravity</i>
Di	: Diameter pengaduk, m
W	: Tinggi pengaduk, m
Wb	: Lebar <i>baffle</i> , m
L	: Lebar pengaduk, m
Zi	: Jarak pengaduk, m
ZL	: Tinggi pengaduk, m
N	: Kecepatan pengadukan, rpm
Rd	: Faktor pengotor
H	: Efisiensi
N	: Jumlah banyaknya lilitan

L : Panjang koil, m
p : Panjang, m
l : lebar, m
hi : *Inside film coefficient*, Btu/jam ft²°F
hio : *Outside film coefficient*, Btu/jam ft²°F
jH : *Heat transfer factor*
LMTD : *Long mean temperatur different*, °F
Nt : Jumlah tube

ABSTRAK

Asam fosfat adalah mineral (anorganik) asam yang memiliki rumus kimia H_3PO_4 digunakan untuk industri tekstil, industri farmasi, industri gelas, dan industri ester organik. Pabrik *Phosphoric Acid* dari *Phosphate Rock* direncanakan akan didirikan di Gresik, Jawa Timur dan menghasilkan produk sebanyak 100.000 Ton/Tahun beroperasi 330 hari dalam setahun. Proses produksi asam fosfat menggunakan dua Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) yang disusun secara seri pada kondisi operasi $70^\circ C$ dan tekanan 1 atm. Pabrik asam fosfat yang akan didirikan ini juga menghasilkan produk samping berupa gipsum. Produk keluaran reaktor melalui proses pemisahan pertama menggunakan alat *Rotary Filter Drum Vacuum Filter* yang kemudian dialirkan ke *Rotary Dryer* untuk dikurangi kadar air pada gipsum, sedangkan produk cair (asam fosfat, asam sulfat, dan air) dialirkan menuju *Evaporator* untuk proses pemisahan antara asam fosfat dan asam sulfat. Hasil keluaran atas *Evaporator* yang merupakan produk asam fosfat dengan kemurnian 79% dialirkan menuju tangki penyimpanan, sedangkan produk samping gipsum hasil keluaran bawah *rotary dryer* diangkut menuju silo. Dari studi evaluasi ekonomi, untuk menunjang proses produksi diperlukan modal investasi. Untuk memproduksi asam fosfat sebanyak 100.000 ton/tahun diperlukan bahan baku batuan fosfat sebanyak 244.963 ton/tahun, asam sulfat sebanyak 189.392 ton/tahun dan air sebanyak 146.964 ton/tahun. Utilitas untuk mendukung proses produksinya, diperlukan air proses sebanyak 156.538 ton/tahun, air pendingin sebanyak 811.150 ton/tahun, air *service* sebanyak 2.113 ton/tahun, air *steam* sebanyak 186.735 ton/tahun. Penyediaan udara tekan sebanyak 50,9760 m^3 /jam, bahan bakar sebanyak 26.621 ton/tahun, dan listrik sebanyak 172.433 Kw. Pabrik ini direncanakan beroperasi pada tahun 2025 dan digolongkan pabrik beresiko rendah dengan menggunakan modal tetap sebesar Rp 805.718.618.651 dan modal kerja sebesar Rp 788.474.769.582. *Percent Return On Investment* (ROI) sebelum pajak 17% dan setelah pajak 11%. *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak selama 4 tahun dan setelah pajak 5 tahun. *Break Even Point* (BEP) sebesar 51% dan *Shut Down Point* (SDP) sebesar 22%. *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR) terhitung sebesar 25%. Dari data Analisa kelayakan di atas dapat disimpulkan bahwa pabrik ini menguntungkan dan layak dipertimbangkan untuk pendirian di Indonesia.

Kata-kata kunci:

Asam fosfat, asam sulfat, batuan fosfat, gipsum, RATB.

ABSTRACT

Phosphoric acid is a mineral (inorganic) acid that has the chemical formula H_3PO_4 used for the textile industry, pharmaceutical industry, glass industry, and organic ester industry. The Phosphoric Acid Factory from Phosphate Rock is planned to be established in Gresik, East Java and produces 100,000 tons/year of product, operating 330 days a year. The phosphoric acid production process uses Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR) arranged in series at 70°C operating conditions and 1 atm pressure. The phosphoric acid plant to be established will also produce a by-product in the form of gypsum. Reactor output products go through the first separation process using a Rotary Filter Drum Vacuum Filter to separate the slurry (gypsum) which is then flowed to the Rotary Dryer to reduce the water content of the gypsum, while the liquid products (phosphoric acid, sulfuric acid, and water) are flowed to the Evaporator for separation process between phosphoric acid and sulfuric acid. The output from the evaporator, which is a phosphoric acid product with a purity of 79%, is transported to the storage tank, while the gypsum by-product from the bottom of the rotary dryer is transported to a silo for storage. From the economic evaluation study, to support the production process, investment capital is needed. To produce 100,000 tons of phosphoric acid/year, 244,963 tons/year of phosphate rock are needed, 189,392 tons/year of sulfuric acid and 156,538 tons of water/year. Utilities to support the production process require 156,538 tons/year of process water, 811,150 tons/year of cooling water, 2,113 tons/year of service water, 186,735 tons/year of steam water. The supply of compressed air is 50.9750 m³/hour, fuel is 26,621 tons/year, and electricity is 172,433 Kw. This factory is planned to operate in 2025 and is classified as a low risk factory by using fixed capital of Rp. 805,718.618,651 and working capital of Rp. 788,474,769,582. Percent Return On Investment (ROI) before tax 17% and after tax 11%. Pay Out Time (POT) before tax for 4 years and after tax for 5 years. Break Even Point (BEP) is 51% and Shut Down Point (SDP) is 22%. Discounted Cash Flow Rate (DCFR) is calculated at 25%. From the feasibility analysis data above, it can be concluded that this factory is profitable and worth considering for establishment in Indonesia.

Keywords: Continuous Stirred Tank Reactor, Gypsum, Phosphate Rock, Phosphoric Acid.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri di Indonesia semakin hari mengalami peningkatan salah satunya pada industri pupuk. Salah satu pupuk yang digunakan dalam industri pupuk yaitu pupuk fosfat. Bahan baku utama dalam pembuatan pupuk fosfat yaitu asam fosfat. selain industri pupuk, asam fosfat juga merupakan produk yang digunakan untuk industri tekstil, industri farmasi, industri gelas, dan industri ester organik. Karena meluasnya penggunaan asam fosfat dalam dunia industri maka kebutuhan asam fosfat di Indonesia semakin meningkat setiap tahunnya. Akan tetapi Indonesia masih mengimpor asam fosfat dari luar negeri, hal ini dikarenakan produksi asam fosfat dalam negeri masih belum cukup untuk memenuhi kebutuhan asam fosfat. Oleh karena itu, mendirikan pabrik asam fosfat di Indonesia sangat diperlukan guna mengurangi angka impor dan memiliki peluang ekspor.

Indonesia merupakan salah satu negara berkembang dengan pertumbuhan penduduknya yang pesat. Pertumbuhan penduduk yang pesat mengakibatkan meningkatnya kebutuhan produksi pangan. Salah satu cara meningkatkan kebutuhan produksi tersebut yaitu memperluas sektor pertanian untuk menghasilkan produk pangan yang lebih banyak dengan memperhatikan kesuburan lahan pertanian. Sebagian besar lahan pertanian di Indonesia

merupakan lahan dengan kandungan asam yang tinggi sehingga dibutuhkan pupuk pertanian dalam skala yang besar untuk memenuhi rencana tersebut.

Pupuk adalah suatu bahan kimia yang mengandung nutrisi bagi tanaman untuk menopang tumbuh kembangnya tanaman. Salah satu pupuk yang dibutuhkan dalam sektor pertanian yaitu pupuk yang mengandung fosfor (P) seperti pupuk NPK, DSP, TSP, SP-36, PONSKA dan pupuk fosfat lainnya. Fosfor (P) adalah salah satu unsur hara makro yang artinya dibutuhkan oleh tanaman dalam jumlah besar. Untuk memenuhi kebutuhan pupuk tersebut dapat dilakukan pendirian pabrik pupuk guna mencukupi kebutuhan pupuk dalam sektor pertanian dalam negeri. Pupuk fosfat masih menjadi salah satu pupuk utama dalam pertanian Indonesia. Selain nitrogen dan kalium, pupuk ini juga mengandung fosfor (P), salah satu dari tiga unsur yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah banyak (dibandingkan unsur lainnya). Pertumbuhan tanaman membutuhkan unsur P, dan kekurangan unsur makro ini mengakibatkan kurangnya kemampuan tanaman untuk menyerap unsur hara lain (Soepardi, 1983). Menurut Buckman dan Brandy (1982), unsur P pada tumbuhan digunakan untuk pembelahan sel, adipogenesis, penanganan, pemupukan, perkembangan akar, penguatan batang, pengenalan penyakit, dll. Dengan banyaknya manfaat unsur P ini, pupuk fosfat alam menjadi produk yang banyak digunakan oleh petani.

Bahan baku utama pembuatan pupuk fosfat adalah asam fosfat. Asam fosfat adalah mineral (anorganik) asam yang memiliki rumus kimia H_3PO_4 .

Asam fosfat merupakan bahan kimia perantara yang penting yang digunakan terutama dalam industri pupuk. Selain itu juga dalam bidang teknologi kimia yang lain. Dalam produksi pupuk, merupakan perantara antara biji fosfat dan produk akhir seperti ammonium fosfat, tripel superfosfat, campuran pupuk cair, dan beberapa tipe nitrat fosfat. Dalam bidang teknologi kimia yang lain, asam fosfat merupakan bahan perantara dalam pembuatan detergent, bahan kimia pengolah air, dan pelengkap makanan binatang. Meskipun yang digunakan untuk tujuan ini jumlahnya jauh lebih sedikit dari pada untuk pupuk fosfat.

Asam fosfat merupakan asam mineral terpenting yang diproduksi di dunia setelah asam sulfat. Hal ini terutama dikonsumsi selama pembuatan pupuk fosfat atau untuk penggunaan langsung sebagai asam. Penggunaan sebagai pupuk, yang mewakili 80% dari keseluruhan penggunaan, membutuhkan tingkat kemurnian yang lebih rendah daripada penggunaan kedua (*European Commission and Joint Research Centre, 2007*). Selain itu, penggunaan asam fosfat tidak hanya digunakan dalam industri pertanian, tetapi juga di industri lain seperti sabun, makanan, minyak nabati, tekstil, industri ester organik, dll. (*Shreve, 1995*)

Kebutuhan asam fosfat di Indonesia dipenuhi oleh PT. Petrokimia Gresik dengan kapasitas produksinya 200.000 ton/tahun. Akan tetapi kebutuhan asam fosfat dalam negeri yaitu 600.000 ton/tahun, maka dari itu untuk memenuhi kekurangan dari kebutuhan asam fosfat tersebut di impor dari Yordania sebesar 400.000 ton/tahun. Pupuk asam fosfat masih menjadi salah satu pupuk utama di

pertanian Indonesia. Pupuk ini mengandung unsur fosfor (P) yang merupakan satu dari tiga unsur yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah besar.

Kebutuhan asam fosfat yang meningkat mengakibatkan angka impor asam fosfat besar guna pemenuhan swasembada pangan dalam negeri tersebut dikhawatirkan dapat mengganggu stabilitas ekonomi dan keuangan dalam negeri karena menggunakan dana APBN cukup besar. Maka dari itu, pendirian pabrik asam fosfat diharapkan bisa mengatasi nilai impor untuk mencukupi kebutuhan asam fosfat di Indonesia.

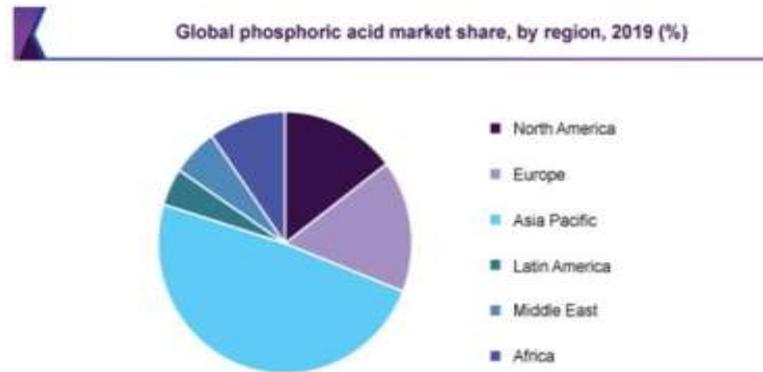
1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik

Pabrik *Phosphoric Acid* dari *Phosphate Rock* ini akan dibangun dengan kapasitas 100.000 ton/tahun. Penentuan kapasitas ini dapat ditinjau dari beberapa pertimbangan, antara lain:

1.2.1 Kebutuhan Produk

Pemanfaatan utama produk asam fosfat adalah sebagai bahan baku pembuatan pupuk fosfat. Lebih dari 90% produksi asam fosfat di Indonesia digunakan untuk kebutuhan industri pupuk, baik pupuk alami maupun pupuk buatan dan sisanya dikonsumsi oleh industri kimia, kaca lembaran, karet, dan lain-lain. Pertumbuhan ekonomi yang pesat, dapat dilihat pada gambar 1.1 bahwa *asia Pacific* merupakan konsumen asam fosfat terbesar dunia yang dilanjutkan oleh *Europe, North America, Africa, Middle East* dan *Latin*

America



Gambar1. 1 Diagram Konsumsi Asam Fosfat Dunia

Sumber: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/phosphoric-acid-market>

Berdasarkan *Global Phosphoric Acid Market Share 2019*, Asia Pasifik menyumbang pangsa global lebih dari 48% dan diperkirakan akan mempertahankan posisi dominannya sepanjang perkiraan tahun karena cadangan batuan fosfat yang tinggi di Cina, yang juga merupakan produsen utama asam fosfat.

Penggunaan asam fosfat yang semakin meningkat seiring dengan meningkatnya permintaan pasar akan pupuk, salah satunya pupuk fosfat.

Sebagai salah satu negara agraris yang memiliki lahan pertanian yang luas serta sumber daya alam melimpah sudah semestinya Indonesia membutuhkan produk pupuk seperti pupuk fosfat untuk mengembangkan pemanfaatannya.

Peningkatan kebutuhan pupuk asam fosfat ini pastinya akan mempengaruhi permintaan asam fosfat sebagai bahan baku utama pupuk fosfat, semakin tinggi kebutuhan dan permintaan asam fosfat maka akan meningkatkan angka impor terhadap asam fosfat. Oleh karena itu, kapasitas pabrik asam fosfat yang didirikan sesuai dengan kebutuhan dalam negeri agar kebutuhan akan asam fosfat terpenuhi dan bisa mengurangi angka impor.

1.2.2 Produksi Produk

Pada tahun 2019 ukuran pasar asam fosfat global senilai USD 45,85 miliar dan diperkirakan akan mencatat tingkat pertumbuhan tahunan majemuk (CAGR) sebesar 3,7% dari tahun 2020 hingga 2027. Penggunaan asam fosfat yang tinggi untuk produksi pupuk fosfat akan mendorong pasar selama periode perkiraan. Secara global, asam fosfat adalah asam anorganik yang dikonsumsi terbesar kedua setelah asam sulfat. Pasar global asam fosfat dipimpin oleh tingkat pertanian karena dalam hal nilai maupun penggunaannya sangat tinggi dalam pembuatan pupuk.

Hasil pertanian di Cina mengalami pertumbuhan yang pesat sehingga mendorong kemajuan ekonomi negara dan permintaan pupuk fosfat. Hal ini mengakibatkan peningkatan produksi maupun konsumsi produk dalam negeri. Selain di Cina, di negara-negara berkembang seperti Asia Pasifik, Amerika Latin dan Timur Tengah & Afrika juga telah mendorong produksi dan permintaan asam fosfat.

Saat ini, Asia Pasifik mendominasi industri pertanian dan memiliki konsumsi pupuk yang maksimal. Hal ini terutama disebabkan oleh ketersediaan tanah yang subur, populasi yang besar, kondisi cuaca yang sesuai, dan ekspor yang besar dari negara-negara berkembang. salah satu industri agrokimia yang dominan di Amerika Utara dan merupakan rumah bagi berbagai perusahaan manufaktur pupuk adalah Amerika Serikat.

Tingginya pangsa ini disebabkan oleh meningkatnya permintaan pupuk DAP dari industri pertanian di seluruh dunia. China adalah produsen terkemuka di duniadiikuti oleh AS, Rusia, Brasil, dan Maroko. Ini terdiri dari nilai gizi tinggi dan karena itu telah menjadi pilihan populer di kalangan komunitas pertanian di seluruh dunia. Dari sudut pandang harga DAP, hal itu sangat tergantung pada fluktuasi harga dan ketersediaan bahan baku ini, ditambah dengan biaya transportasi dan biaya penanganan & penyimpanan. Segmen *Monoammonium Dihydrogen Phosphate* (MAP) diproyeksikan mencatatkan CAGR tercepat dari tahun 2020 hingga 2027. China adalah negara konsumen MAP terbesar. Negara pengeksport terbesar adalah Maroko, Cina, Rusia, dan AS; sedangkan negara pengimpor terbesar termasuk Brasil diikuti oleh AS, Kanada, dan Australia karena aktivitas pertanian mereka yang berkembang selama dua dekade terakhir. Akan tetapi, industri kimia di China saat ini berada di bawah pengawasan ketat dari pemerintah daerah untuk melindungi degradasi lingkungan serta karena wabah COVID-19 baru-baru ini. Faktor-faktor tersebut telah mengakibatkan penutupan beberapa pabrik kimia, seperti penghentian pabrik asam fosfat di

Provinsi Sichuan serta di semua lokasi pabrik kimia utama di negara itu untuk kuartal pertama tahun 2020.

Tabel 1. 1 Produksi Asam Fosfat Di Seluruh Dunia

Negara	Perusahaan	Kapasitas (ton/tahun)
<i>Incitec Pivot</i>	Australia	450.000
<i>Vale Fertilizantes</i>	Brazil	280.000
<i>State Company For Phosphate</i>	Irak	400.000
<i>Maroc Phosphore 1/4</i>	Maroco	165.000
Yordania	Yordania,ltd	410.000
Amerika	Albrightand Willson	155.000
Amerika	PT. Lousinia	100.000

Produksi asam fosfat di Indonesia dipenuhi melalui beberapa perusahaan besar seperti PT. Petrokimia Gresik, PT. Pupuk Kaltim, dan PT. Pupuk Sriwijaya. Adapun data produksi asam fosfat tiap perusahaan yang telah dirangkum dalam tabel 1.2.

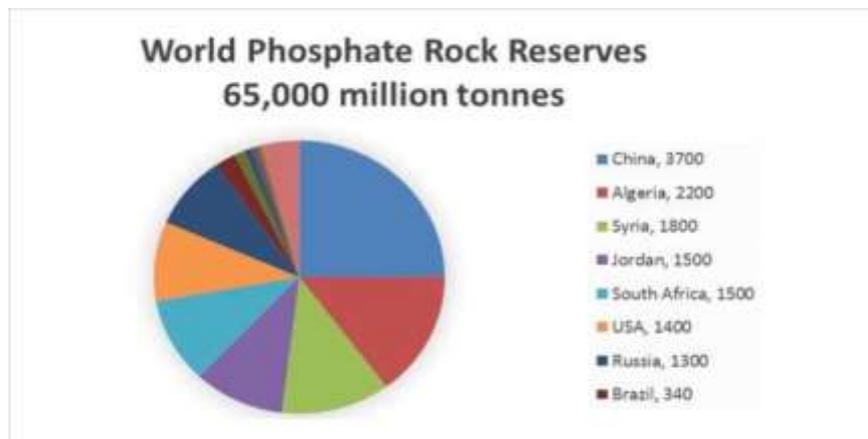
Tabel 1. 2 Produksi Asam Fosfat di Indonesia

Perusahaan	Kapasitas (ton/tahun)
PT. Petrokimia Gresik	400.000
PT. Pupuk Kaltim	200.000
PT. Pupuk Sriwijaya	200.000
Total	800.000

Akan tetapi, kebutuhan asam fosfat Indonesia belum mencukupi sehingga negara Indonesia melakukan impor asam fosfat. Maka dari itu untuk menutupi kekurangan produksi asam fosfat diperlukan pembangunan perusahaan baru dan mengurangi kebutuhan impor.

1.2.3 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku utama yang digunakan dalam pembuatan pupuk fosfat adalah batuan fosfat yang cukup banyak ditemukan pada daerah pelosok tanah air. Umumnya deposit fosfat alam ditemukan di daerah-daerah yang banyak mengandung kapur. Akan tetapi, batuan fosfat di beberapa daerah tanah air seperti daerah Jawa mempunyai kadar P_2O_5 33% (fosfat alam) yang tidak memenuhi spesifikasi bahan baku yang akan digunakan dalam pembuatan pupuk fosfat (Moersidi, 1999).



Gambar 1. 2 Diagram Negara Dengan Cadangan Batuan Fosfat Terbanyak

Sebagian besar kebutuhan batuan fosfat Indonesia dipenuhi dari impor negara-negara yang memiliki cadangan batuan fosfat seperti China, USA, Morocco, Tunisia, Jordan, Brazil, dan negara lainnya dengan kapasitas yang dapat dilihat pada tabel 1.3.

Tabel 1. 3 Produksi Batuan Fosfat di Seluruh Dunia

Countries	Production (in '000 metric tons)
China	65.000
USA	26.100
Morocco	26.000
Tunisia	10.000
Jordan	7.600
Tunisia	6.000

Source: *USSG Mineral Commodity Summary 2011*

Bahan baku pembuatan pupuk fosfat yaitu batuan fosfat biasanya diperoleh dari Cina dengan beberapa pertimbangan, antara lain:

- Batuan fosfat yang layak digunakan harus memenuhi standar produksi minimal mengandung P_2O_5 32-38%, akan tetapi mutu batuan fosfat lokal spesifikasinya masih berada dibawah nilai yang dipersyaratkan untuk pembuatan asam fosfat yaitu hanya mengandung maksimal 22,9%.
- Tipe batuan fosfat lokal adalah tipe fosfat guano yang dimana lokasinya terpencar-pencar dan bukan merupakan jenis sedimen sehingga akan menyulitkan dalam melakukan eksploitasi disamping kandungan fosfatnyayang tidak homogen.

Asam fosfat dapat dibuat dari batuan fosfat dan asam sulfat. Asam sulfat dapat diperoleh dari luar dan dalam negeri, di Indonesia asam sulfat telah banyak diproduksi diantaranya:

Tabel 1. 4 Produksi Asam Sulfat di Indonesia

Perusahaan	Kapasitas (ton/tahun)
PT Petrokimia Gresik	600.000
PT Indonesia Acids	82.500
Pt Mahkota Indonesia	45.000

Dengan mempertimbangkan harga, asam sulfat diperoleh dari PT. Petrokimia Gresik agar memungkinkan untuk mendirikan asam fosfat di Indonesia.

1.2.4 Penentuan Kapasitas Pabrik

Penentuan kapasitas pabrik asam fosfat ditentukan oleh beberapa faktor yang salah satunya sangat mempengaruhi adalah nilai peluang pasar. Nilai peluang pasar ditentukan oleh data-data yang terkait dengan produk yang akan dipasarkan seperti data impor, data ekspor dan konsumsi dalam negeri.

a. Supply

Supply adalah banyaknya barang yang ditawarkan oleh penjual pada suatu pasar tertentu, pada periode tertentu dan pada tingkat harga tertentu yang biasanya diperoleh dari impor dan produksi.

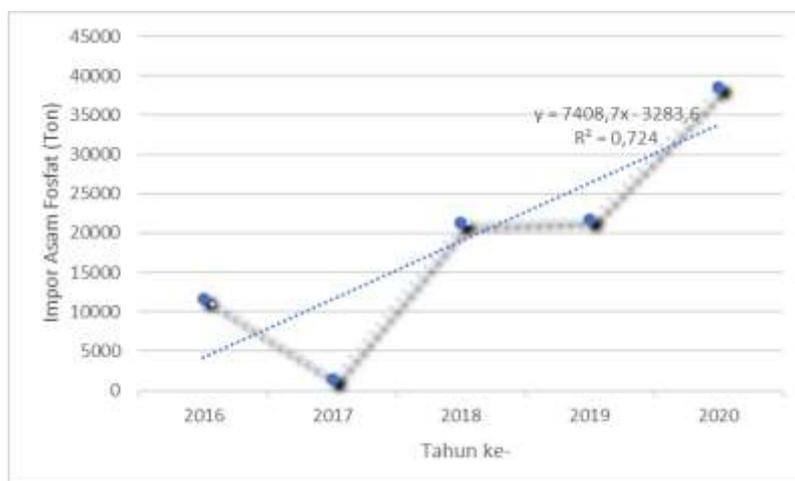
- **Impor**

Pada saat ini, kebutuhan asam fosfat di Indonesia dipenuhi oleh PT. Petrokimia Gresik. Berikut data perkembangan data impor asam fosfat dari tahun 2016-2020.

Tabel 1. 5 Impor Asam Fosfat di Indonesia

Tahun	Jumlah (Ton)
2016	11.679
2017	1.420
2018	21.308
2019	21.742
2020	38.561

Sumber : Badan Pusat Statistik Indonesia, 2016-2020



Gambar1. 3 Grafik Data Impor Asam Fosfat

Berdasarkan data statistik asam fosfat diatas, kebutuhan asam fosfat di indonesia setiap tahunnya terus mengalami peningkatan. Akan tetapi, negara Indonesia harus melakukan impor dari luar negeri untuk memenuhi kebutuhan asam fosfat yang belum terpenuhi. Industri pada sektor pertanian di Indonesia membutuhkan Asam Fosfat dari luar negeri untuk memenuhi kebutuhan bahan baku dalam usahanya. Dapat dilihat dari grafik di atas, perkiraan impor asam fosfat di Indonesia pada 5 tahun yang akan datang pada saat pembangunan pabrik dapat dihitung menggunakan persamaan $y = 7408,7x - 3283,6$ dimana nilai x sebagai tahun dan y sebagai jumlah

impor asam fosfat. Sehingga pada 2025 (tahun ke-10) impor Indonesia adalah:

$$\begin{aligned}y &= 7.408x - 3.283 \\ &= 7.408(10) - 3.283 \\ &= 70.803 \text{ ton/tahun}\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}\text{Supply} &= \text{Impor} + \text{Produksi} \\ &= (70.803 + 800.000) \text{ ton/tahun} \\ &= 870.803 \text{ ton/tahun}\end{aligned}$$

b. *Demand*

Demand adalah sejumlah barang atau jasa yang diinginkan, dibeli atau dimiliki pada berbagai tingkat harga pada waktu tertentu.

- Ekspor

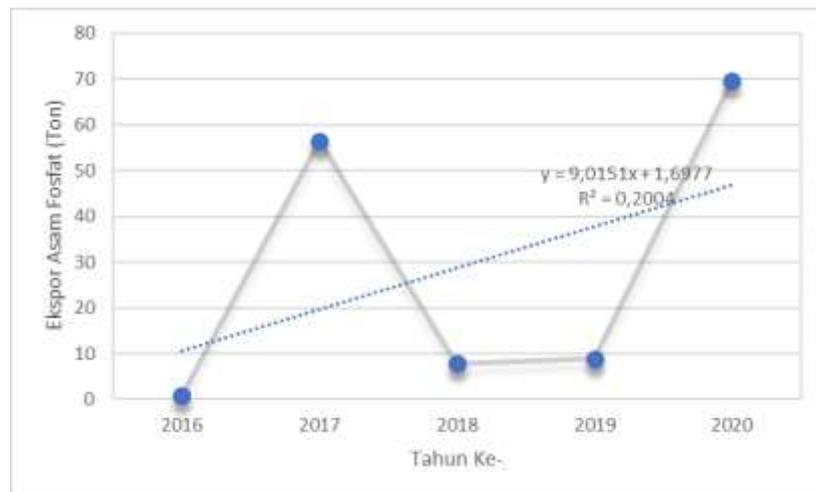
Data Ekspor Asam Fosfat di Indonesia ditunjukkan pada tabel 1.6.

Tabel 1. 6 Data Ekspor Asam Fosfat

Tahun	Jumlah (Ton)
2016	0,84
2017	56,46
2018	7,824
2019	8,891
2020	69,7

Sumber : *Badan Pusat Statistik Indonesia, 2016-2020*

Berdasarkan data pada tabel diatas menyatakan bahwa Indonesia merupakan salah satu negara yang melakukan ekspor asam fosfat meskipun mengalami penurunan pada tahun 2017 ke tahun 2018 dan mengalami peningkatan kembali ditahun 2018 ke tahun 2019. Dapat disimpulkan tidak dapat dipastikan tidak akan mengalami penurunan kembali di tahun selanjutnya.



Gambar1. 4 Data Ekspor Asam Fosfat

Dapat dilihat dari grafik di atas, perkiraan ekspor asam fosfat di Indonesia pada 5 tahun yang akan datang pada saat pembangunan pabrik dapat dihitung menggunakan persamaan $y = 9,0151x + 1,6977$ dimana nilai x sebagai tahun dan y sebagai jumlah ekspor asam fosfat. Sehingga pada 2025 (tahun ke-10) ekspor Indonesia adalah:

$$y = 9,0151x + 1,6977$$

$$= 9,0151(10) + 1,6977$$

$$= 91,8487 \text{ ton/tahun}$$

- Konsumsi

Data Konsumsi Asam Fosfat di Indonesia ditunjukkan pada tabel 1.7.

Tabel 1. 7 Data Konsumsi Asam Fosfat di Indonesia

Tahun	Jumlah (Ton)
2016	865.434
2017	859.965
2018	932.484
2019	919.142
2020	862.272



Gambar1. 5 Grafik Data Konsumsi Asam Fosfat

Dapat dilihat dari grafik di atas, perkiraan konsumsi asam fosfat di Indonesia pada 5 tahun yang akan datang pada saat pembangunan pabrik dapat dihitung menggunakan persamaan $y = 5.285x + 872.004$ dimana nilai x sebagai tahun dan y sebagai jumlah konsumsi asam fosfat. Sehingga pada 2025 (tahun ke-10) konsumsi Indonesia adalah:

$$y = 5.285x + 872.004$$

$$= 5.285(10) + 872.004$$

$$= 924.857 \text{ Ton/tahun}$$

Maka dari itu, untuk menentukan *Demand* dan *Supply* adalah sebagai berikut:

$$\textit{Demand} = \text{Ekspor} + \text{Konsumsi}$$

$$= 91,8487 + 924.857$$

$$= 924.948 \text{ ton/tahun}$$

$$\text{Kapasitas} = \textit{Demand} - \textit{Supply}$$

$$= 924.948 - 870.803$$

$$= 54.145 \text{ ton/tahun}$$

Dari perhitungan diatas dapat disimpulkan untuk peluang kapasitas produksi pabrik yang akan didirikan adalah 54.145 Ton/Tahun. Akan tetapi, melihat *range* kapasitas produksi dari pabrik dalam negeri maupun luar negeri nilai yang didapatkan tidak sesuai untuk menjadi kapasitas produksi pabrik yang akan dibangun. Dari tabel 1.3 *range* produksi *phosphoric acid* sekitar 100.000 - 450.000 Ton/Tahun, sehingga dengan mengambil pertimbangan *range* produksi *phosphoric acid* oleh pabrik yang sudah didirikan kapasitas *phosphoric acid* untuk pabrik yang akan didirikan adalah 100.000 Ton/Tahun.

1.3 Tinjauan Pustaka

1.3.1 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 $42,35\text{ }^\circ\text{C}$ atau $108,2^\circ\text{F}$). 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 multnutrien 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)

Adapun macam-macam pembuatan asam fosfat diantaranya :

a. Proses basah

Proses basah banyak digunakan karena meningkatnya permintaan terhadap pupuk *triple super phospat* yang berkadar fosfat tinggi, ammonium, dan dikalsiumphospat. Jauh sebelum itu, kebanyakan asam *orthophospat* dibuat dengan reaksi asam sulfat encer, dengan sumber fosfat berupa serbuk batuan phospat atau tulang (Austin, 1996).

Pada tahun 1915 perusahaan *Dorr Company* mengaplikasikan asam fosfat dengan proses basah dan didapatkan harga yang ekonomis dan perusahaan ini dapat *me-recycle* sisa asam yang tersaring dan dikembalikan ke reaktor kemudian metode ini dipatenkan oleh *Kunstdunger Patent Verwertungs A.G.* pada tahun 1920. Pembuatan asam fosfat dengan proses basah menggunakan bahan baku batuan fosfat yang telah dihaluskan, kemudian direaksikan dengan asam sulfat. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Pada proses basah ini, asam sulfat yang digunakan berkadar 98% dan suhu reaksi tidak boleh terlalu tinggi agar zat yang terendapkan adalah gypsum, dan bukan anhidritnya. (Austin, 1996)

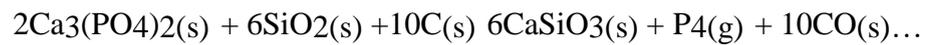
Reaksi berlangsung sangat cepat, dan reaksi tersebut menghasilkan produk samping berupa gipsum. Campuran hasil reaksi akan membentuk *slurry* sehingga proses pemisahan dilakukan dengan filtrasi. Asam fosfat yang melewati filter kemudian ditampung sebagai produk, dengan metode ini dapat dihasilkan asam fosfat dengan kadar 94-98% dan kandungan P₂O₅ sebanyak 30-38% (Austin, 1996).

b. Proses elektrik *furnace*

Proses tanur listrik, asam fosfat pertama kali diproduksi dalam skala komersial kecil-kecilan melalui pengolahan tulang kalsinasi dengan asam sulfat, kemudian menyaring asam fosfat yang terjadi lalu menguapkannya sehingga berat jenisnya 1,45. Zat itu lalu dicampur dengan arang atau kokas, lalu dipanaskan lagi dan air nya diuapkan, kemudian dikalsinasi pada suhu tinggi di dalam reaktor. Oleh karena itu, *phospat* akan terdestilasi keluar untuk dikumpulkan dibawah air dan dimurnikan dengan mendestilasikan kembali (Austin, 1996).

Proses pembuatan asam fosfat secara elektrik *furnace* adalah proses pembuatan yang dilakukan secara modern. Pelopor dari metode pembuatan asam fosfat secara modern ini adalah J. B. Readman dan Albright and Wilson diproduksi pertama kalipada tahun 1893 dengan

kapasitas 180 ton/tahun. Pembuatan asam fosfat dengan tungku listrik dilakukan dengan memasukkan batuan fosfat ke dalam tungku pembakar listrik dimana terjadi reaksi sebagai berikut:



Gas P_4 dibakar dengan udara dan oksida yang dihasilkan selanjutnya direaksikan dengan air untuk mendapatkan H_3PO_4 , dengan metode tungku listrik dapat dihasilkan asam fosfat dengan kadar kemurnian kurang lebih 85%, dimana kandungan P_2O_5 sebanyak 75% (Austin, 1996).

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 *et 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* $\{Ca_5(PO_4)_3F\}$. Apatit dapat dibedakan atas *Chlorapatite* $3Ca_3(PO_4)_2CaCl_2$ dan $3Ca_3(PO_4)_2CaF_2$.

- 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 milpersegi. 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, Ciarnis, 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 (*Sediyarso et al.*, 1982). Sekitar 80-90% batuan fosfat yang ditambang berasal dari batuan sediment, 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 didunia. 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, sehinggabila 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 trinitrat 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 Gypsum

Gypsum atau hidrat kalsium sulfat memiliki rumus $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Gypsum merupakan hasil samping dari produksi asam fosfat. Kandungan terbesar dalam gypsum adalah $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ sebesar 90%. Gypsum memiliki sifat yang mudah mengeras serta banyak digunakan sebagai bahan baku atau bahan pembantu pada berbagai jenis industri, antara lain sebagai semen, plester, bahan dasar pembuatan kapur, bedak, keramik maupun cetakan logam tuang.

Gypsum adalah salah satu dari beberapa mineral yang teruapkan. 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, gypsum berubah menjadi basanit ($\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) atau juga menjadi anhidrit (CaSO_4). Dalam keadaan seimbang, gypsum yang berada di atas suhu 108°F atau 42°C dalam air murni akan berubah menjadi anhidrit. Gypsum dapat berubah secara perlahan - lahan menjadi hemihidrat ($\text{CaSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) pada suhu 90°C . Bila dipanaskan atau dibakar pada suhu $190^\circ\text{C} - 200^\circ\text{C}$ akan menghasilkan kapur gypsum atau stucco yang dikenal dalam perdagangan sebagai plester paris. Pada suhu yang cukup tinggi yaitu lebih kurang 534°C akan dihasilkan *anhydrit* (CaSO_4) yang tidak dapat larut dalam air dan dikenal sebagai gypsum mati. Proses kalsinasi 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 gipsium hasil preparasi), didalam suatu lingkungan yang jenuh air pada suhu 97°C dengan tekanan tinggi yang dihasilkan dari *autoclave* dengan uap air. (Kirk & Othmer, 1978).

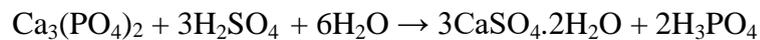
1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika

1.4.1 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:

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

Persamaan reaksi :



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

Tabel 1. 8 Harga ΔH° Persamaan Reaksi Pembuatan Asam Fosfat

Reaksi	ΔH°
$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	-984,89
H_2SO_4	-193,69
H_2O	-68,3174
$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	-479,33
H_3PO_4	-309,32

Sumber: Perry, 2008

$$\begin{aligned} \Delta H &= \sum \Delta H^{\circ} f_{\text{produk}} - \Delta H^{\circ} f_{\text{reaktan}} \\ &= (2 \cdot (-309,32)) + (3 \cdot (-479,33)) - (-984,89) + (3 \cdot (-193,69)) + (6 \cdot (-68,3174)) \\ &= -80,7656 \text{ kkal/mol} \end{aligned}$$

$$= -338,1493 \text{ kJ/mol}$$

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 Asam Fosfat

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

$$\begin{aligned} \Delta G^\circ &= \sum \Delta G^\circ \text{f produk} - \Delta G^\circ \text{f reaktan} \\ &= \{(2 \cdot (-270)) + (3 \cdot (-345,41)) - (-064,5) + (3 \cdot (-64,93)) + (6 \cdot (-56,689))\} \\ &= -976,806 \text{ kkal/mol} \\ &= -4089,6894 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

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 :

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

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

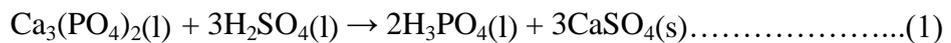
$$\begin{aligned}\ln \frac{K}{K_{298}} &= \frac{\Delta H}{R} \Delta HR \times \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_{ref}} \right) \\ \ln \frac{K}{1.650,5907} &= \frac{3.411.538,944 \text{ kJ/mol}}{0.00831 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}\cdot\text{K}}} \times \left(\frac{1}{343} - \frac{1}{298} \right) \\ \ln \frac{K}{1.650,5907} &= -17,90506 \\ \ln \frac{K}{1.650,5907} &= 1,67467 \\ K &= 2.7642\end{aligned}$$

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

1.4.2 Tinjauan Kinetika

Rumus molekul asam fosfat adalah H₃PO₄. Standar asam fosfat yang baik memiliki sifat fisik berupa cairan bening yang sangat kental dan seringkali memiliki karakteristik rasa asam. Asam fosfat memiliki rumus molekul H₃PO₄ atau nomenklatur IUPAC yang biasa dikenal dengan trihidroksifosfor dan memiliki massa molar 98,00 g/mol. Asam fosfat dapat berupa padatan atau

cairan putih kental, kelarutannya dalam air adalah 5,48 g/mL dengan titik lebur 42,35°C dan titik didih 158°C (Perry, 2008). Kinetika reaksi kimia adalah ilmu yang mempelajari tentang laju reaksi kuantitatif, meliputi ilmu yang mempelajari tentang pengukuran laju reaksi dan variabel-variabel dalam laju reaksi yaitu konsentrasi, suhu, dan tekanan, terutama untuk reaksi lambat, dimana waktu reaksi mempengaruhi besarnya transformasi serta besarnya kecepatan reaksi, mekanisme atau tahapan reaksinya. Adapun persamaan reaksi yang terbentuk yaitu:



Persamaan kecepatan reaksi ditunjukkan pada persamaan (2)

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

Dimana:

$$C_A = \text{Concentration Ca}_3(\text{PO}_4)_2$$

$$C_B = \text{Concentration of Sulfuric Acid}$$

Konsentrasi asam sulfat dapat dianggap konstan sehingga Persamaan (2)

berubah menjadi:

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

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

$$\ln C_A - \ln C_{A0} = -k \cdot t \dots \dots \dots (5)$$

konstanta laju dan energi aktivasi dihubungkan dengan persamaan

Arrhenius pada persamaan (6):

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

Dimana:

E_a = *Activation Energy*

T = *Temperature (K)*

A = *Frequency Factor*

e = *Mathematical Quantity*

k = *Rate Constant*

Didapatkan $k = 1,4 \text{ m}^3/\text{kmol.jam}$ (Ahmed, Chaker, dkk. 2019)

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

PERANCANGAN PRODUK

2.1 Spesifikasi Bahan Baku

2.1.1 Batuan Fosfat

BM (g/mol) : 310,1828 g/mol

Wujud : Putih kotor (keruh) (Kirk & Othmer, 1998)

Kemurnian : Kemurnian batuan fosfat setiap daerah berbeda-beda

Berikut kemurnian batuan fosfat daerah Jawa Timur:

Tabel 2. 1 Kemurnian Batuan Fosfat

Reaksi	Kemurnian
$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	62-73%
SiO_2	2-5%
Al_2O_3	0,40%
Fe_2O_3	0,20%
$\text{Ca}(\text{OH})_2$	5-10%
CaF_2	10-18%

Sumber: (US Paten 1,297,464)

Berdasarkan tabel 2.1 diatas, dapat dilihat bahwa kemurnian dari batuan fosfat sebesar 0,2-73%.

Spesifikasi bahan baku pabrik disajikan pada tabel 2.2:

Tabel 2. 2 Spesifikasi Bahan Baku

Spesifikasi	Batuan fosfat (Bahan Baku)	Asam Sulfat (Bahan Pendukung)	Air
Wujud	Padat	Cair	Cair
Rumus Molekul	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	H_2SO_4	H_2O
Berat Molekul	310 g/mol	98,08 g/mol	18 g/mol
Titik Didih,		337°C	100 °C

Spesifikasi	Batuan fosfat (Bahan Baku)	Asam Sulfat (Bahan Pendukung)	Air
Densitas		1,837 g/cm ³	1 gr/ml (1 atm)
Titik Leleh, Specific Gravity		10,36°C 1,84	0,95838 g/ml
Kelarutan, g/L pada 25°C		Mudah larut dalam air (<i>miscible</i>)	
Kemurnian	62-73% (beda beda tiap daerah)	98%	

2.2 Spesifikasi Produk

Spesifikasi bahan baku pabrik disajikan pada tabel 2.3:

Tabel 2. 3 Spesifikasi Produk

Spesifikasi	Asam Fosfat (Produk Utama)	Gipsum (Produk Samping)
Wujud	Cair, tidak berwarna	Serbuk Putih
Rumus Molekul	H ₃ PO ₄	CaSO ₄ .2H ₂ O
Berat Molekul	98 gr/mol	172 g/mol
Titik Didih	158°C pada 1 atm	-
Densitas	1,685 gr/cm ³	2,32 g/cm ³
Titik Leleh	42°C	163°C
Specific Gravity	1,67	
Kelarutan, g/L pada 25°C		0,24
Kemurnian	75%	91-92%

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 Identifikasi *Hazard* Bahan Kimia Dalam Proses

Komponen	Hazard	Keterangan	Pengelolaan
H ₃ PO ₄	<i>Corrosive</i>	Korosif pada logam, Kategori 1, H290 Korosi	Wadah yang tidak mengandung logam dan

Komponen	Hazard	Keterangan	Pengelolaan
Batuan Fosfat	<i>Irritation</i>	Menyebabkan iritasi pada kulit, mata atau lender membran	kondisi penyimpanan tertutup sangat rapat. 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 .

2.3 Pengendalian Kualitas

Pada pabrik *phosphoric acid* 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 phosphate rock 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 Controller*

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.

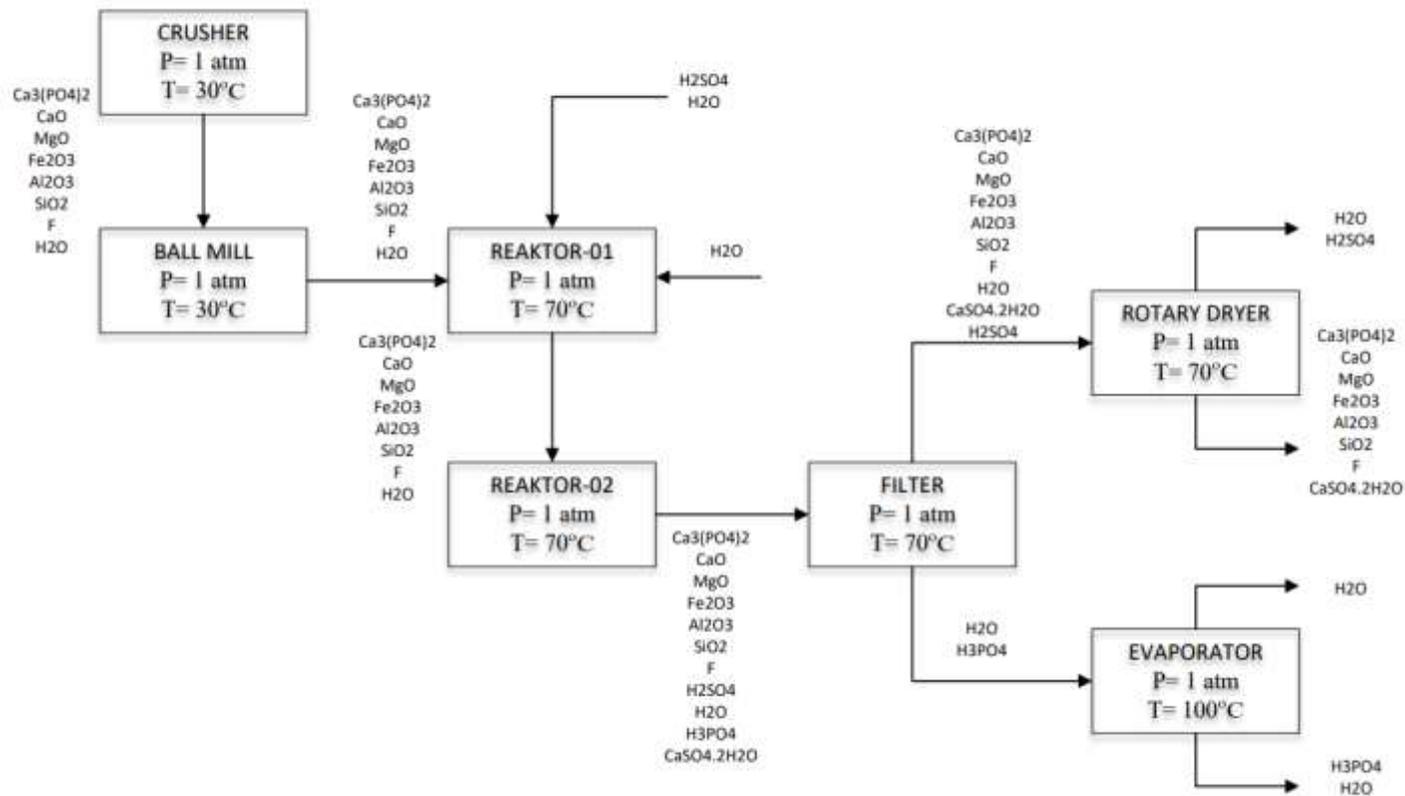
2.3.4 Pengendalian Terkait Waktu Produksi

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.

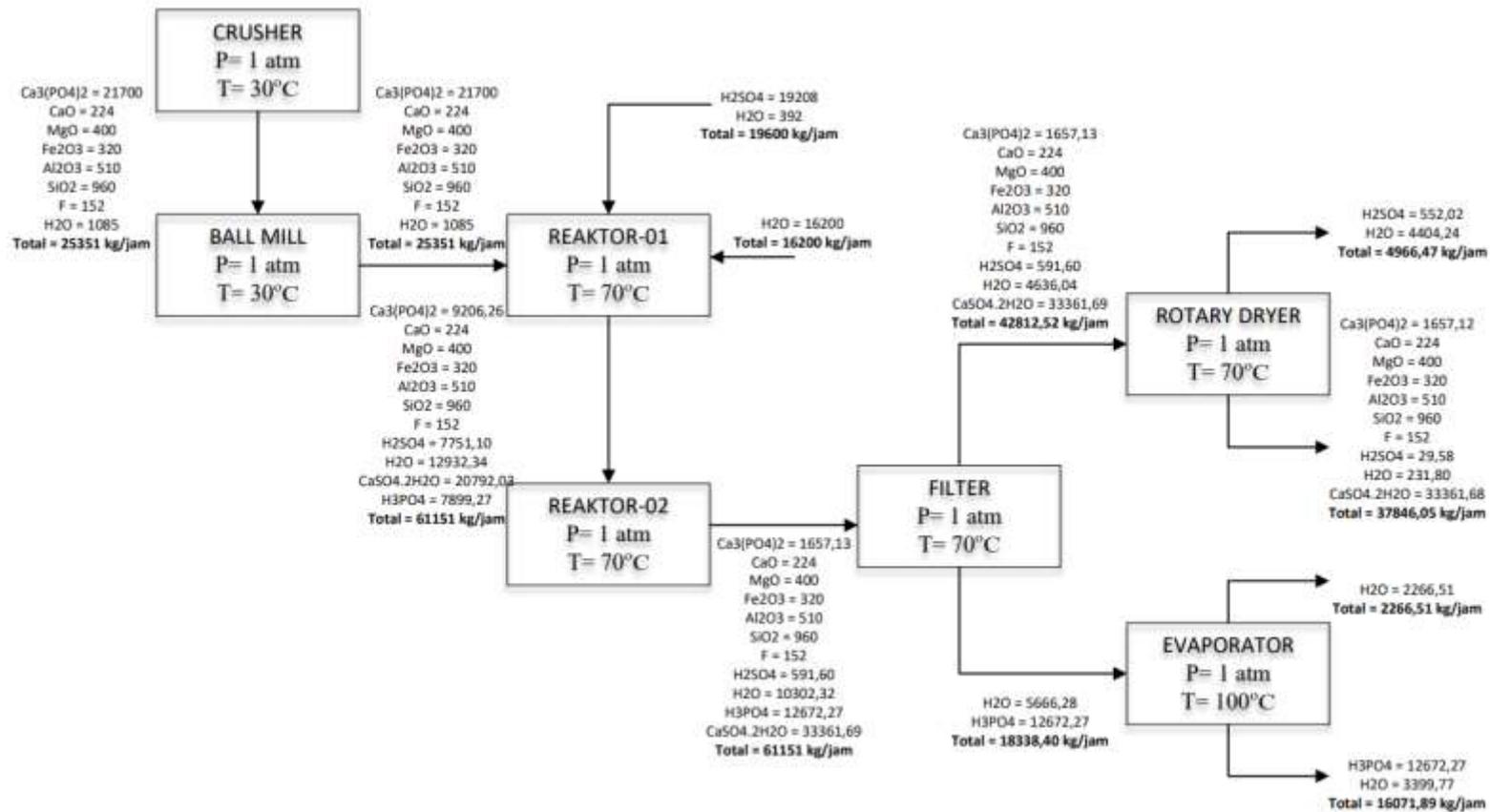
BAB III

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 asam fosfat ini menggunakan proses basah atau *wet process* dengan bahan baku utamanya yaitu batuan fosfat serta asam sulfat sebagai bahan pendukung. Secara keseluruhan proses beroperasi pada tekanan 1 atm. Adapun tahapan prosesnya terbagi menjadi tiga, yaitu :

3.2.1 Persiapan bahan baku dan bahan pendukung

Tahap ini bertujuan untuk mempersiapkan bahan baku utama dalam pembuatan *Phosphoric Acid* agar 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 diangkat menggunakan *Belt Conveyor* (BC-01) dan diangkat dengan *Bucket Elevator* (BE-01) untuk dimasukkan 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 *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 asam fosfat. Asam sulfat didapatkan dari PT. Petrokimia Gresik dengan kemurnian 98% yang disimpan pada suhu $30^\circ C$ dan tekanan 1 atm dalam Tangki Penyimpanan (T-01). Asam sulfat dipompa menggunakan pompa (P-01) untuk dialirkan kedalam *Heater* (HE-01) agar suhunya naik menjadi $70^\circ C$ sebelum dimasukkan kedalam Reaktor (R-01).

3.3 Air Proses

Air proses ini digunakan untuk memenuhi kebutuhan air dalam proses produksi. Air yang digunakan sebagai campuran batuan fosfat memiliki rasio massa air:batuan fosfat sebesar 12:1. Air yang digunakan untuk proses dalam Reaktor (R-01) dialirkan dari unit utilitas.

3.2.2 Tahap reaksi

Bahan baku utama yaitu batuan fosfat, asam sulfat, dan air dengan rasio berat ketiganya yaitu 1: 6: 12 dialirkan masuk kedalam Reaktor 1 (R-01) yang merupakan Reaktor Alir Berpengaduk (RATB) yang dilengkapi dengan koil 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 dengan konversi total sebesar 58% Pada *Reactor* 1 (R-01) $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ bereaksi dengan H_2SO_4 dengan konversi sebesar 82%.

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 koil 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) dialirkan menuju *Evaporator* (EV-01).

Padatan (*Cake*) yang dibawa menuju *Rotary Dryer* (RD-01) menggunakan *Screw Conveyor* (SC-03) yang bertujuan untuk mendapatkan kemurnian gipsum sebesar 89% 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 (Jumlah alat = 3)

Parameter	R-01	R-02	R-03
Fungsi	Mereaksikan asam sulfat dengan batuan fosfat	Mereaksikan asam sulfat dengan batuan fosfat	Mereaksikan asam sulfat dengan batuan fosfat
Jenis Reaktor	<i>Contious Stirred Tank</i>	<i>Continous Stirred Tank</i>	<i>Continous Stirred Tank</i>
Bahan Konstruksi	<i>Stainless Steel SA 299 Grade 3 Type 304</i>	<i>Stainless Steel SA 299 Grade 3 Type 304</i>	<i>Stainless Steel SA 299 Grade 3 Type 304</i>
Kapasitas	100.000 ton/tahun	100.000 ton/tahun	100.000 ton/tahun
Kondisi Operasi:			
- Suhu	70°C	70°C	70°C
- Tekanan	1 atm	1 atm	1 atm
Dimensi Reaktor:			
- Diameter	2,4363 m	2,4363 m	2,4363 m
- Tinggi	3,6544 m	3,6544 m	3,6544 m
- Tebal <i>Shell</i>	95,9167 in	95,9167 in	95,9167 in
Head and Bottom:			
- Tipe	<i>Torispherical Flanged and Dished Head</i>	<i>Torispherical Flanged and Dished Head</i>	<i>Torispherical Flanged and Dished Head</i>
- Tebal	0,25 in	0,25 in	0,25 in
- Tinggi	0,5086 m	0,5086 m	0,5086 m
Pengaduk:			
- Jenis	<i>Turbin 6 blade disk standar</i>	<i>Turbin 6 blade disk standar</i>	<i>Turbin 6 blade disk standar</i>
- Diameter	0,8121 m	0,8121 m	0,8121 m
- Jarak	1,0557 m	1,0557 m	1,0557 m
Pengaduk			
- Tinggi	3,1672 m	3,1672 m	3,1672 m
Pengaduk			
- Lebar	0,2030 m	0,2030 m	0,2030 m
Pengaduk			
- Power	7,5 hP	10 hP	10 hP
Jenis pendingin: Jaket (<i>cooling water</i>)			
Mode Transfer Panas			
- U_D	567,8263	567,8263	567,8263

Parameter	R-01	R-02	R-03
	W/M ² K	W/M ² K	W/M ² K
- Luas Transfer Area	3,9875 m ²	4,3612 m ²	2,9243 m ²
- Tebal jaket,	0,1875 in	0,1875 in	0,1875 in

3.3.2 Spesifikasi Alat Pemisah

1. *Crusher*

Tabel 3. 2 Spesifikasi *Crusher* (Jumlah Alat = 1)

Parameter	CR-01
Fungsi	Untuk mengecilkan ukuran batuan fosfat
Jumlah	1 alat
Jenis	<i>Thooted Roll Crusher</i>
Kondisi Operasi:	
- Tekanan Operasi	1 atm
- Suhu Operasi	30°C
Dimensi <i>Crusher</i>:	
- Kapasitas	30,4212 ton/jam
- <i>Diameter Roll</i>	18 in
- <i>Face Roll</i>	18 in
- <i>Roll Speed</i>	150 rpm
- <i>Power</i>	8 hP
- <i>Distance Between Rolls</i>	0,0083 ft

2. *Ball Mill*

Tabel 3. 3 Spesifikasi *Ball Mill* (Jumlah Alat = 1)

Parameter	BM-01
Fungsi	Untuk menghaluskan batuan fosfat
Jumlah	1 alat
Jenis	<i>Mercy Ball Mill</i>
Kondisi Operasi:	
- Tekanan Operasi	1 atm
- Suhu Operasi	30°C
Dimensi <i>Ball-Mill</i>:	
- Kapasitas	34,4212 ton/jam
- Diameter	5 ft
- Panjang	5 ft

Parameter	BM-01
- <i>Mill Speed</i>	27 rpm
- <i>Power</i>	50 hP
- <i>Ball Charge</i>	5,25 ton

3. Vibrating Screen

Tabel 3. 4 Spesifikasi *Vibrating Screen* (Jumlah Alat = 2)

Parameter	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 Konstruksi	<i>Carbon Steel</i>	<i>Carbon Steel</i>
Dimensi <i>Vibrating Screen</i>:		
- Kapasitas	25,351 ton/jam	25,351 ton/jam
- Luas	7,6053 ft ²	206, 9470 ft ²

4. Filter

Tabel 3. 5 Spesifikasi *Filter* (Jumlah Alat = 1)

Parameter	F-01
Fungsi	Untuk memisahkan padatan dan filtrat
Jenis Filter	<i>Rotary Drum Vacuum Filter</i>
Bahan Kontruksi	<i>Stainless Steel SA 299 Grade 3 Type 304</i>
Kondisi Operasi:	
- Suhu	70°C
- Tekanan	1 atm
Dimensi Filter:	
- Diameter	1,5452 m
- Panjang	3,0904 m
- Luas Permukaan	5,7942 m ²
- Kecepatan Putar	4,9314 rpm
- Power	40 hP

5. Rotary Dryer

Tabel 3. 6 Spesifikasi *Rotary Dryer* (Jumlah Alat = 1)

Parameter	RD-01
Fungsi	Untuk mengurangi kandungan cairan dalam produk gipsum
Jenis	<i>Direct contact counter current</i>
Bahan Konstruksi	<i>Low-alloy steels SA-302 grade B</i>
Kondisi Operasi:	
- Suhu bahan masuk	70°C
- Suhu udara masuk	150°C
- Suhu bahan keluar	79,8215°C
- Suhu udara keluar	81,3215°C
- Diameter	1,6645 m
- Panjang	2,4967 m
- Tebal <i>shell</i>	0,0048 m
- Power	30 hP

3.3.3 Spesifikasi Alat Penyimpanan Bahan

1. Gudang Penyimpanan

Tabel 3. 7 Spesifikasi Gudang Penyimpanan (Jumlah Alat = 1)

Parameter	G-01
Fungsi	Menyimpan batuan fosfat untuk kebutuhan selama 7 hari
Jenis	Bangunan atap tertutup
Jumlah	1 buah
Waktu Penyimpanan	7 hari
- Suhu	30°C
- Tekanan	1 atm
Dimensi :	
- Lebar	18,2133 m
- Panjang	36,4266 m
- Tebal	3,6 m
- Luas	131,136 m ²
- Volume	2.388,421 m ³

2. Hopper

Tabel 3. 8 Spesifikasi Hopper (Jumlah Alat = 1)

Parameter	H-01
Fungsi	Tempat penampungan batuan fosfat sementara
Jenis	<i>Silinder vertical dengan alas berbentuk kerucut</i>
Bahan Kontruksi	<i>Carbon steel SA-283 Grade C</i>
Jumlah	1 buah
- Suhu	30°C
- Tekanan	1 atm
Dimensi :	
- Diameter	1,8042 m
- Tinggi	3,6085 m
- Tebal	0,1875 in
- Volume	9,9893 m ²

3. Tangki

Tabel 3. 9 Spesifikasi Tangki (Jumlah Alat = 2)

Parameter	T-01	T-02
Fungsi	Menyimpan H ₂ SO ₄ untuk proses produksi selama 7 hari Silinder tegak dengan <i>flat bottom</i> dan <i>conical head</i>	Menyimpan H ₃ PO ₄ untuk proses produksi selama 7 hari Silinder tegak dengan <i>flat bottom</i> dan <i>conical head</i>
Bahan Konstruksi	<i>Stainless Stell SA-240 type 316</i>	<i>Stainless Stell SA-240 type 31</i>
Kapasitas	103122,68 kg	2127770,40 kg
Kondisi :		
- Suhu	30°C	30°C
- Tekanan	1 atm	1 atm
Dimensi:		
- Diameter	6,0960 m	18,2880 m
- Tinggi	3,6576 m	7,3152 m
- Tebal <i>Bottom</i>	0,25 in	0,25 in
- Tebal <i>Roof</i>	1,25	
- Volume	68,3114 m ³	1467,3703 m ³
- Diameter	7,9819 in	19,25 in
- Pipa Pengisian		
- Diameter pipa	0,622 in	2,0670 in
Pengeluaran		

4. Silo

Tabel 3. 10 Spesifikasi Silo (Jumlah Alat = 1)

Parameter	SL-01
Fungsi	Menyimpan produk <i>gypsum</i> untuk kebutuhan selama 7 hari
Jenis	Silinder tegak dengan tutup datar dan alas berbentuk kerucut
Bahan Kontruksi	<i>Stainless Steel SA-167 type 316</i>
Jumlah	1 buah
Kondisi:	
- Suhu	30°C
- Tekanan	1 atm
Dimensi:	
- Diameter	13,4306 m
- Tinggi	26,8611 m
- Tebal	1,5 in
- Volume	3.169,5741 m ³

3.3.4 Spesifikasi Alat Transportasi

1. *Belt Conveyor*

Tabel 3. 11 Spesifikasi *Belt Conveyor* (Jumlah Alat = 2)

Parameter	BC-01	BC-02
Fungsi	Mengangkut batuan fosfat dari Gudang menuju BE-01 untuk diumpankan ke <i>Crusher</i>	Mengangkut batuan fosfat dari <i>Screen</i> (VS-01) menuju BE-02 untuk diumpankan ke <i>Ball Mill</i>
Jenis	<i>Troughed Belt</i> dengan sudut kemiringan 45°C	<i>Troughed Belt</i> dengan sudut kemiringan 45°C
Bahan Kontruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Kondisi Operasi:		
- Suhu	30°C	30°C
- Tekanan	1 atm	1 atm
Dimensi:		
- Kapasitas	36 ton/jam	36 ton/jam
- Panjang	1.277,0133 ft	1.277,0133 ft
- Lebar	14 in	14 in
- Kecepatan	100 ft/menit	100 ft/menit
- Ketinggian	436,7643 ft	436,7643 ft
- Power motor	20 hP	20 hP

2. *Bucket Elevator*

Tabel 3. 12 Spesifikasi *Bucket Elevator* (Jumlah Alat = 4)

Parameter	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 gypsum dari SC-04 ke Silo untuk disimpan
Jenis	<i>Centrifugal Discharge Bucket</i>	<i>Centrifugal Discharge Bucket</i>	<i>Centrifugal Discharge Bucket</i>	<i>Centrifugal Discharge Bucket</i>
Bahan Kontruksi	<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	25,3510 ton/jam	25,3510 ton/jam	37,8462 ton/jam	25,3510 ton/jam
- Panjang	10 in	10 in	10 in	10 in
- Lebar	11,75 in	11,75 in	11,75 in	11,75 in
- Tinggi	25 ft	25 ft	25 ft	25 Ft
- Kecepatan	32,1665 ft/menit	32,1665 ft/menit	32,1665 ft/menit	32,1665 ft/menit
- <i>Power motor</i>	5,5 hP	5,5 hP	5,5 hP	5,5 hP
- Jumlah <i>Bucket</i>	16 buah	16 buah	16 buah	16 buah

3. *Screw Conveyor*

Tabel 3. 13 Spesifikasi *Screw Conveyor* (Jumlah Alat = 4)

Parameter	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 Kontruksi	<i>Carbon Steel SA-283</i>	<i>Carbon Steel SA-283</i>	<i>Carbon Steel SA-283</i>	<i>Carbon Steel SA-283</i>

Parameter	SC-01	SC-02	SC-03	SC-04
	<i>Grade C</i>	<i>Grade C</i>	<i>Grade C</i>	<i>Grade C</i>
Kondisi Operasi:				
- Suhu	30°C	30°C	30°C	30°C
- Tekanan	1 atm	1 atm	1 atm	1 atm
Dimensi:				
- Diameter screw	16 in	18 in	16 in	16 in
- Kecepatan	45 rpm	45 rpm	45 rpm	45 rpm
- Power Motor	5 hP	5 hP	1/2 hP	1/2 hP

4. Pompa

Tabel 3. 14 Spesifikasi Pompa (Jumlah Alat = 6)

Parameter	P-01	P-02	P-03
Fungsi	Mengalirkan Asam sulfat dari Tangki menuju HE-01	Mengalirkan Air dari Tangki menuju HE-02	Mengalirkan <i>Slurry</i> dari R-01 menuju R-02
Jenis	<i>Centrifugal pump, Mixed flow impellers</i>	<i>Centrifugal pump, Mixed flow impellers</i>	<i>Rotary external gear pump</i>
Bahan konstruksi	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>
Kapasitas	58,8329 gpm	83,7292 gpm	153,0870 gpm
Dimensi Pipa:			
IPS	4 in	4,00 in	6,0650 in
<i>Schedule Number</i>	40	10,8 in	40 in
OD	4,5	4,50 in	6,63 in
ID	2,4690 in	4,0260 in	6,0650 in
<i>Total Head</i>	43,7100 ft	56,8448 ft	23,3053 ft
Efisiensi Motor	85%	83%	70%
Motor Standar	7,5 hP	5,0 hP	7,5 hP
<i>Spesific Speed</i>	1.579,22 rpm	1.546,9936 rpm	4.082,6829 rpm

Tabel 3. 15 Spesifikasi Pompa Lanjutan

Parameter	P-04	P-05	P-06	P-07
Fungsi	Mengalirkan <i>slurry</i> dari R-02	Mengalirkan <i>Slurry</i> dari R-03 menuju	Mengalirkan filtrat dari Filter menuju	Mengalirkan hasil <i>Evaporator</i>

Parameter	P-04	P-05	P-06	P-07
	menuju R-03	Filter	<i>Evaporator</i>	menuju CL-01
Jenis	<i>Rotary external gear pump</i>	<i>Rotary external gear pump</i>	<i>Centrifugal pump, Mixed flow impellers</i>	<i>Centrifugal pump, Mixed flow impellers</i>
Bahan konstruksi	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>
Kapasitas	156,0445 gpm	156,0436 gpm	65,8751 gpm	50,8604 gpm
Dimensi Pipa:				
- IPS	6,00 in	6,00 in	3,00 in	3,00 in
- Sch.No.	40	40	7,38	7,38
- OD	6,63 in	6,63 in	3,50 in	3,50 in
- ID	6,065 in	6,0650 in	3,0680 in	3,0680 in
- <i>Total</i>	23,3186 ft	23,3227 ft	23,7596 ft	43,6748 in
<i>Head</i>				
- Efisiensi Motor	70%	70%	35%	30%
- Motor Standar	7,5 hP	7,5 hP	3,0 hP	5,0 hP
- <i>Spesific Speed</i>	4.120,1750 rpm	4.131,7207 rpm	2.639,6662 rpm	1.469,2147 rpm

5. Blower

Tabel 3. 16 Spesifikasi *Blower* (Jumlah Alat = 1)

Parameter	BL-01
Fungsi	Mengalirkan udara untuk dipanaskan di dalam <i>heater</i> udara (HE-03) sebagai media pengering dalam <i>rotary dryer</i>
Jenis	<i>Backward curve blade centrifugal blower</i>
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel SA 283 grade C</i>
Jumlah	1 buah
Jumlah Udara Masuk	8.334,3369 lb/menit
Laju Volumetrik Udara	217.847,6814 ft ³ /menit
Tekanan	3,5049 psia
<i>Power</i>	60 hP

6. Cooler

Tabel 3. 17 Spesifikasi *Cooler* (Jumlah Alat = 1)

Parameter	CL-01
Fungsi	Menurunkan suhu Produk Asam fosfat dari 100°C menjadi 30°C dari (EV-01) menuju Tanki penyimpanan
Jenis	<i>Double Pipe Heat Exchanger</i>
Bahan Konstruksi	<i>Stainless Steel SA-167 type 316</i>
Jumlah alat	1 Buah
Jumlah <i>Hairpin</i>	12
Annulus:	
- IPS	2 in
- OD	2,38 in
- ID	2,0670 in
- <i>Surface Area</i>	0,6220 sqft/ft
- Panjang	15 ft
Inner Pipe:	
- IPS	1 ¼ in
- OD	1,66 in
- ID	1,38 in
- <i>Surface area</i>	0,435 sqft/ft
- Panjang	15 ft
Luas Transfer Panas	109,655 ft ²
Ud	450,000 Btu/jam.ft ² .°F
Uc	986,902 Btu/jam.ft ² .°F
Rd	0,001
Rd min	0,001

3.3.5 Spesifikasi Alat Penukar Panas

1. *Evaporator*

Tabel 3. 18 Spesifikasi *Evaporator* (Jumlah Alat = 1)

Parameter	EV-01
Fungsi	Untuk menguapkan air yang terkandung pada asam fosfat
Jenis	<i>Long Tube Vertical Evaporator</i>
Bahan Konstruksi	<i>Stainless Steel SA 299 Grade 3 Type 304</i>
Kondisi Operasi	
- Suhu	132°C
- Tekanan	1 atm
Dimensi <i>Evaporator</i>:	

Parameter	EV-01
- Diameter	2,1336 m
- Tinggi	3,6307 m
- Tebal <i>Shell</i>	0,3125 m ²
- Tinggi <i>Head</i>	16,4327 in
- Jumlah <i>Tube</i>	117 buah
- <i>Pass</i>	1
- <i>Pressure Drop</i>	4,32
- Suhu Keluar Fluida Panas	137°C
- Suhu Keluar Fluida Dingin	135°C
Steam:	
- Luas Transfer Panas	1.056,0610 ft ²

2. Heater

Tabel 3. 19 Spesifikasi *Heater* (Jumlah Alat = 3)

Parameter	HE-01	HE-02	HE-03
Fungsi	Menaikan suhu bahan baku H ₂ SO ₄	Menaikkan suhu bahan baku H ₂ O	Menaikan suhu udara dari suhu lingkungan menjadi 150°C
Jenis Bahan Konstruksi	<i>Double Pipe Stainless Stell SA-240 tipe 316</i>	<i>Double Pipe Stainless Stell SA-240 tipe 316</i>	<i>Shell and Tube Stainless Steel 316 AISI (18Cr,10Ni,2,5Mo)</i>
Jumlah alat	1 buah	1 buah	1 buah
Jumlah <i>Hairpin</i>	5	8	
Annulus:			Tube:
- IPS	2 in	2 in	- ID 35 in
- OD	2,380 in	2,380 in	- <i>Baffle spacing</i> 8,75 in
- ID	2,067 in	2,067 in	- <i>Passes</i> 1
- <i>Surface Area</i>	0,6220 ft ² /ft	0,622 ft ² /ft	
- Panjang	15 ft	15 ft	
Inner Pipe:			Shell:
- IPS	1 1/4 in	1 1/4 in	- ID 0,902 in
- OD	1 2/3 in	1 2/3 in	- OD 1 in
- ID	1 3/8 in	2,067 in	- BWG 18
- <i>Surface area</i>	0,435 sqft/ft	0,622 sqft/ft	- Panjang 24 ft
- Panjang	15 ft	15 ft	- <i>Passes</i> 1

Parameter	HE-01	HE-02	HE-03
Luas Transfer	42,3376 ft ²	ft ²	0,4253 ft ²
Panas			
Ud	112,9911	204,3100	49,9326
	Btu/jam.ft ² .°F	Btu/jam.ft ² .°F	Btu/jam.ft ² .°F
Uc	122,0493	147,1484	63,6872
	Btu/jam.ft ² .°F	Btu/jam.ft ² .°F	Btu/jam.ft ² .°F
Rd	0,0007	0,002	0,004
Rd min	0,001	0,001	0,001

3.4 Neraca Massa

3.4.1 Neraca Massa *Crusher*

Tabel 3. 20 Neraca Massa *Crusher*

Komponen	Massa Input (kg/jam)	Massa Output (kg/jam)
	Arus 1	Arus 2
Ca ₃ (PO ₄) ₂	21.700	21.700
CaO	224	224
MgO	400	400
Fe ₂ O ₃	320	320
Al ₂ O ₃	510	510
SiO ₂	960	960
F	152	152
H ₂ O	1.085	1.085
Total	25.351	25.351

3.4.2 Neraca Massa *Ball Mill*

Tabel 3. 21 Neraca Massa *Ball Mill*

Komponen	Massa Input (kg/jam)	Massa Output (kg/jam)
	Arus 2	Arus 3
Ca ₃ (PO ₄) ₂	21.700	21.700
CaO	224	224
MgO	400	400
Fe ₂ O ₃	320	320
Al ₂ O ₃	510	510
SiO ₂	960	960
F	152	152
H ₂ O	1085	1085
Total	25.351	25.351

3.4.3 Neraca Massa *Vibrating Screen*

Tabel 3. 22 Neraca Massa *Vibrating Screen*

Komponen	Massa <i>Input</i> (kg/jam)	Massa <i>Output</i> (kg/jam)
	Arus 3	Arus 4
Ca ₃ (PO ₄) ₂	21.700	21.700
CaO	224	224
MgO	400	400
Fe ₂ O ₃	320	320
Al ₂ O ₃	510	510
SiO ₂	960	960
F	152	152
H ₂ O	1085	1085
Total	25.351	25.351

3.4.4 Neraca Massa Reaktor 1

Tabel 3. 23 Neraca Massa Reaktor 1

Komponen	Massa <i>Input</i> (kg/jam)		Massa <i>Output</i> (kg/jam)	
	Arus 4	Arus 5	Arus 6	Arus 7
Ca ₃ (PO ₄) ₂	21.700	0	0	11.158
CaO	224	0	0	224
MgO	400	0	0	400
Fe ₂ O ₃	320	0	0	320
Al ₂ O ₃	510	0	0	510
SiO ₂	960	0	0	960
F	152	0	0	152
H ₂ SO ₄	0	19.208	0	9.608
H ₂ O	1.085	392	16.200	13.169
CaSO ₄ .2H ₂ O	0	0	0	17.822
H ₃ PO ₄	0	0	0	6.828
Total	61.151		61.151	

3.4.5 Neraca Massa Reaktor 2

Tabel 3. 24 Neraca Massa Reaktor 2

Komponen	Massa <i>Input</i> (kg/jam)	Massa <i>Output</i> (kg/jam)
	Arus 7	Arus 8
Ca ₃ (PO ₄) ₂	11.158	5.050
CaO	224	224
MgO	400	400

Komponen	Massa <i>Input</i> (kg/jam)	Massa <i>Output</i> (kg/jam)
	Arus 7	Arus 8
Fe ₂ O ₃	320	320
Al ₂ O ₃	510	510
SiO ₂	960	960
F	152	152
H ₂ SO ₄	9.608	4.010
H ₂ O	13.169	11.301
CaSO ₄ .2H ₂ O	17.822	27.697
H ₃ PO ₄	6.828	10.527
Total	61.151	61.151

3.4.6 Neraca Massa Reaktor 3

Komponen	Massa <i>Input</i> (kg/jam)	Massa <i>Output</i> (kg/jam)
	Arus 7	Arus 8
Ca ₃ (PO ₄) ₂	9.208	1.657
CaO	224	224
MgO	400	400
Fe ₂ O ₃	320	320
Al ₂ O ₃	510	510
SiO ₂	960	960
F	152	152
H ₂ SO ₄	7.752	592
H ₂ O	12.933	10.302
CaSO ₄ .2H ₂ O	20.794	33.361
H ₃ PO ₄	7.898	12.672
Total	61.151	61.151

3.4.7 Neraca Massa *Filter*

Tabel 3. 25 Neraca Massa *Filter*

Komponen	Massa <i>Input</i> (kg/jam)	Massa <i>Output</i> (kg/jam)	
	Arus 8	Arus 9	Arus 10
Ca ₃ (PO ₄) ₂	1.657	1.657	0
CaO	224	224	0
MgO	400	400	0
Fe ₂ O ₃	320	320	0
Al ₂ O ₃	510	510	0
SiO ₂	960	960	0
F	152	152	0

Komponen	Massa Input	Massa Output	
	(kg/jam)	(kg/jam)	
	Arus 8	Arus 9	Arus 10
H ₂ SO ₄	591	591	0
H ₂ O	10.302	4.636	5.666
CaSO ₄ .2H ₂ O	33.361	33.361	0
H ₃ PO ₄	12.672	0	12.672
Total	61.151		61.151

3.4.8 Neraca massa Rotary Dryer

Tabel 3. 26 Neraca Massa Rotary Dryer

Komponen	Massa Input	Massa Output	
	(kg/jam)	(kg/jam)	
	Arus 9	Arus 11	Arus 12
Ca ₃ (PO ₄) ₂	1.657	0	1.657
CaO	224	0	224
MgO	400	0	400
Fe ₂ O ₃	320	0	320
Al ₂ O ₃	510	0	510
SiO ₂	960	0	960
F	152	0	152
H ₂ SO ₄	591	562	29
H ₂ O	4.636	4.404	231
CaSO ₄ .2H ₂ O	33.361	0	33.361
H ₃ PO ₄	0	0	0
Total	42.812		42.812

3.4.9 Neraca Massa Evaporator

Tabel 3. 27 Neraca Massa Evaporator

Komponen	Massa Input	Massa Output	
	(kg/jam)	(kg/jam)	
	Arus 10	Arus 13	Arus 14
Ca ₃ (PO ₄) ₂	0	0	0
CaO	0	0	0
MgO	0	0	0
Fe ₂ O ₃	0	0	0
Al ₂ O ₃	0	0	0
SiO ₂	0	0	0
F	0	0	0

Komponen	Massa Input (kg/jam)		Massa Output (kg/jam)	
	Arus 10	Arus 13	Arus 13	Arus 14
H ₂ SO ₄	0	0	0	0
H ₂ O	5.666	2.266	2.266	3399
CaSO ₄ .2H ₂ O	0	0	0	0
H ₃ PO ₄	12.672	0	0	12.672
Total	18.338		18.338	

3.5 Neraca Panas

3.5.1 Neraca Panas Mill

Tabel 3. 28 Neraca Panas Mill

Komponen	Panas Input (kj/jam)	Panas Output (kj/jam)
ΔH Masuk	124.018	
ΔH Keluar		124.018
Total	124.018	124.018

3.5.2 Neraca Panas Reaktor 1

Tabel 3. 29 Neraca Panas Reaktor 1

Komponen	Panas Input (kj/jam)	Panas Output (kj/jam)
ΔH Masuk	5.500.810	
ΔH Keluar		4.570.895
ΔHR	370.524	
Qpendinginan		1.300.438
Total	5.871.334	5.871.334

3.5.3 Neraca Panas Reaktor 2

Tabel 3. 30 Neraca Panas Reaktor 2

Komponen	Panas Input (kj/jam)	Panas Output (kj/jam)
ΔH Masuk	4.570.895	
ΔH Keluar		3.519.098
ΔHR	370.524	
Qpendinginan		1.422.320
Total	4.941.419	4.941.419

3.5.4 Neraca Panas Reaktor 3

Komponen	Panas Input (kj/jam)	Panas Output (kj/jam)
ΔH Masuk	4.487.912	
ΔH Keluar		3.904.735
ΔHR	370.524	
Qpendinginan		953.700
Total	4.858.435	4.858.435

3.5.5 Neraca Panas Filter

Tabel 3. 31 Neraca Panas *Filter*

Komponen	Panas Input (kj/jam)	Panas Output (kj/jam)
ΔH Masuk	3.447.368	
ΔH Keluar		3.447.368
Total	3.447.368	3.447.368

3.5.6 Neraca Panas Rotary Dryer

Tabel 3. 32 Neraca Panas *Rotary Dryer*

Komponen	Panas Input (kj/jam)	Panas Output (kj/jam)
ΔH Masuk	15.546.279	
ΔH Keluar		1.839.527
Q Pemanas	16.107.797	
Q Serap		29.814.549
Total	31.654.076	31.654.076

3.5.7 Neraca Panas Evaporator

Tabel 3. 33 Neraca Panas *Evaporator*

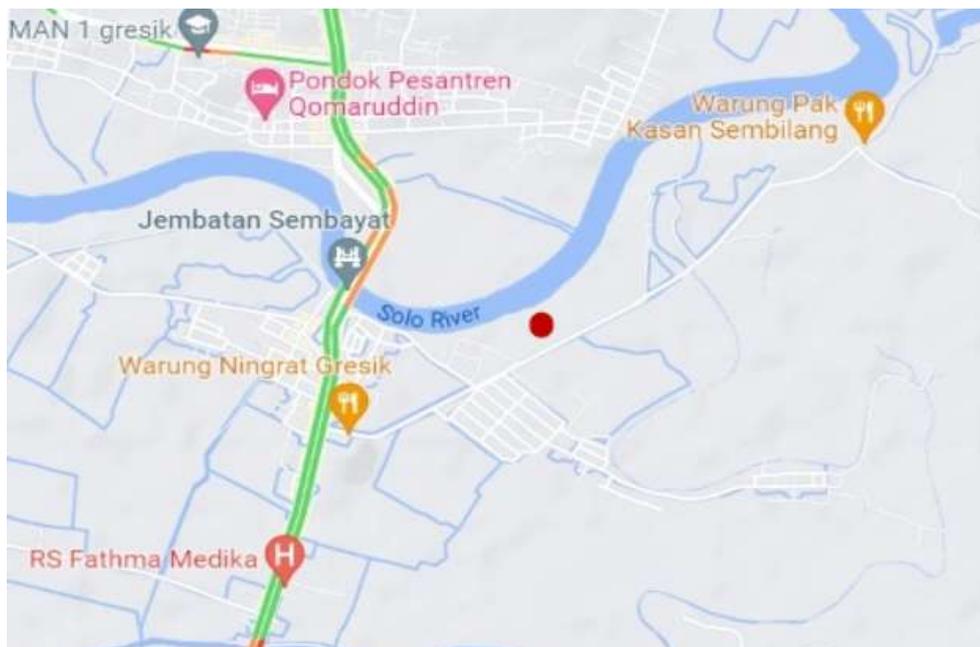
Komponen	Panas Input (kj/jam)	Panas Output (kj/jam)
ΔH Masuk	1.682.398	
ΔH Keluar		3.611.933
ΔH_{vap}		6.000.328
ΔH_s masuk	10.713.702	
ΔH_s keluar		2.783.838
Total	12.396.100	12.396.100

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 *Phosphoric Acid* 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 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 *Phosphoric Acid* yang akan didirikan ini seperti *Phosphate Rock* 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**

Pemasaran merupakan salah satu hal yang sangat mempengaruhi studi kelayakan proses. Dengan pemasaran yang tepat akan menghasilkan keuntungan dan menjamin kelangsungan proyek, asam fosfat yang dihasilkan merupakan produk intermediet untuk produksi pupuk fosfat, sehingga produk ini dapat dipasarkan untuk produksi

pupuk fosfat. Beberapa pabrik pupuk dalam negeri seperti PT. Petrokimia Gresik, PT. Pupuk Sriwijaya Palembang, dan PT. Pupuk Kalimantan Timur.

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

phosphoric acid, 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 (*Plant 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 Perincian Luas Tanah dan Bangunan Pabrik

No	Lokasi	Panjang (m ²)	Lebar (m ²)	Luas (m ²)
1.	Area Proses	70	35	2450
2.	Area Utilitas	25	50	1250
3.	Bengkel	24	12	288
4.	Gudang Peralatan	26	16	416
5.	Kantin	16	12	192
6.	Kantor Teknik dan Produksi	20	14	280
7.	Kantor Utama	30	24	720
8.	Laboratorium	12	16	192
9.	Parkir Utama	22	32	704
10.	Parkir Truk	28	22	616
11.	Ruang Timbang Truk	20	10	200
12.	Poliklinik	12	10	120
13.	Pos Keamanan	8	4	32
14.	<i>Control Room</i>	23	10	230
15.	Control Utilitas	23	10	230
16.	Area <i>Mess</i>	26	36	936
17.	Masjid	14	12	168
18.	Unit Pemadam Kebakaran	16	14	224
19.	Unit Pengolahan Limbah	20	15	300
20.	Taman	30	24	720
21.	Daerah Perluasan	30	20	600
22.	Daerah Perluasan 2	10	102	1020
	Luas Bangunan			9248 m ²
	Luas Tanah			11888 m ²
	Total			11888 m ²

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

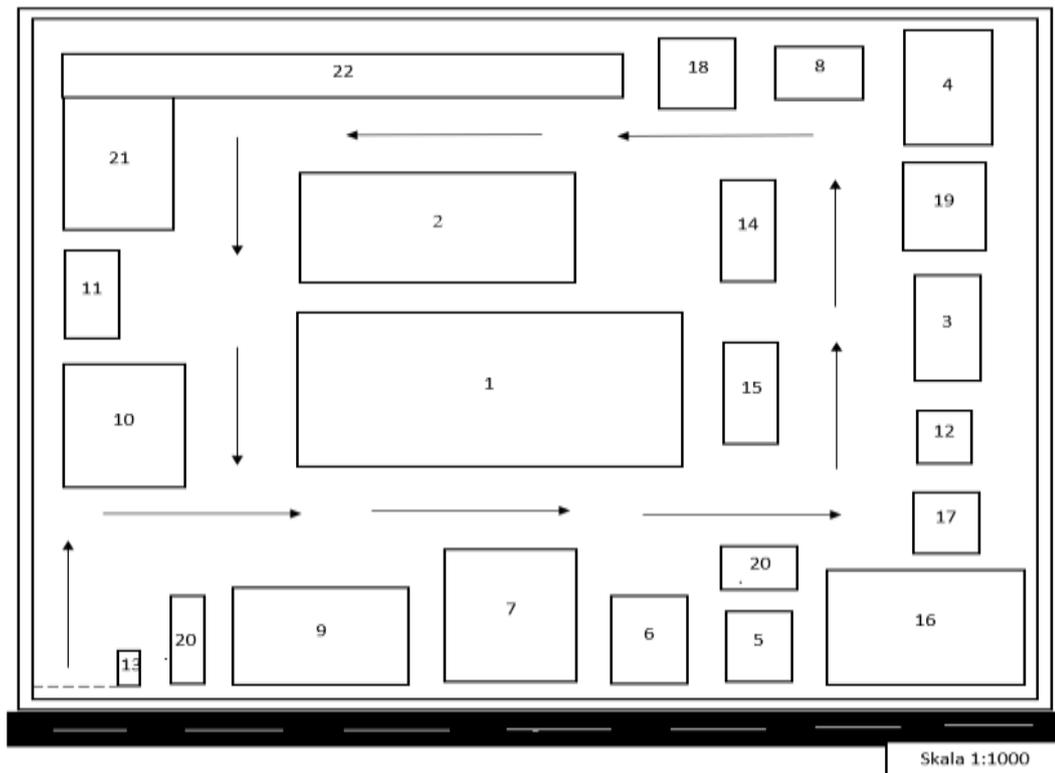
Dalam hal tata letak peralatan perlu diperhatikan agar para pekerja dapat menuju dan mencapai keseluruhan tempat alat proses dengan cepat dan mudah. Jika terjadi gangguan alat proses maka harus cepat dan tanggap untuk diperbaiki agar tidak terlalu mengganggu proses produksi yang sedang berjalan, selain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

4.3.5 Pertimbangan Ekonomi

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

4.3.6 Jarak antar alat proses

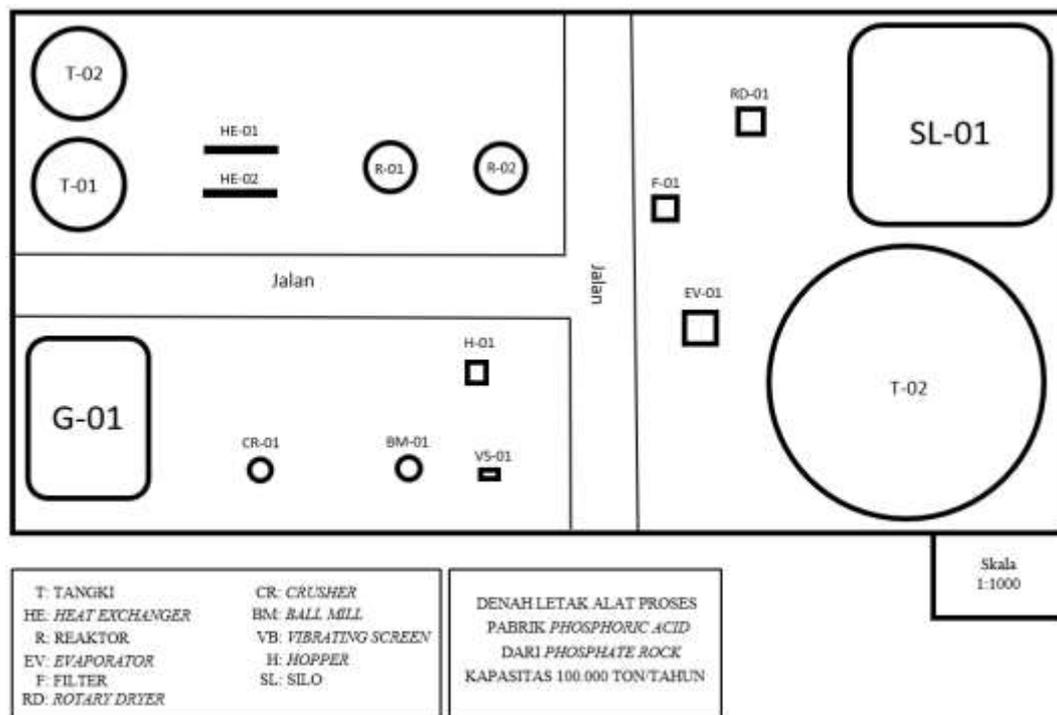
Jarak antar alat proses yang mempunyai suhu dan tekanan operasi yang tinggi sebaiknya dipisahkan dari alat proses lainnya, sehingga apabila terjadi ledakan atau kebakaran pada alat tersebut tidak membahayakan alat proses lainnya. Adapun gambar tata letak pabrik, yaitu:



Gambar 4. 2 Tata Letak Pabrik dan Alat Proses Skala 1:1000

Keterangan Gambar:

- | | | |
|----------------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| 1. Area Proses | 9. Parkir Utama | 17. Masjid |
| 2. Area Utilitas | 10. Parkir Truk | 18. Unit Pemadam Kebakaran |
| 3. Bengkel | 11. Ruang Timbang Truk | 19. Unit Pengolahan Limbah |
| 4. Gudang Peralatan | 12. Poliklinik | 20. Taman |
| 5. Kantin | 13. Pos Keamanan | 21. Daerah perluasan |
| 6. Kantor Teknik dan
Produksi | 14. <i>Control Room</i> | 22. Daerah perluasan 2 |
| 7. Kantor Utama | 15. <i>Control Utilitas</i> | |
| 8. Laboratorium | 16. <i>Area Mess</i> | |



Gambar 4. 3 Tata Letak Alat Proses

4.4 Organisasi Perusahaan

4.4.1 Bentuk Perusahaan

Dalam menjalankan Pabrik *Phosphoric Acid* dari *Phosphate Rock* 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). 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 menyetor 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 pimpinan 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 Terbatan (PT) adalah:

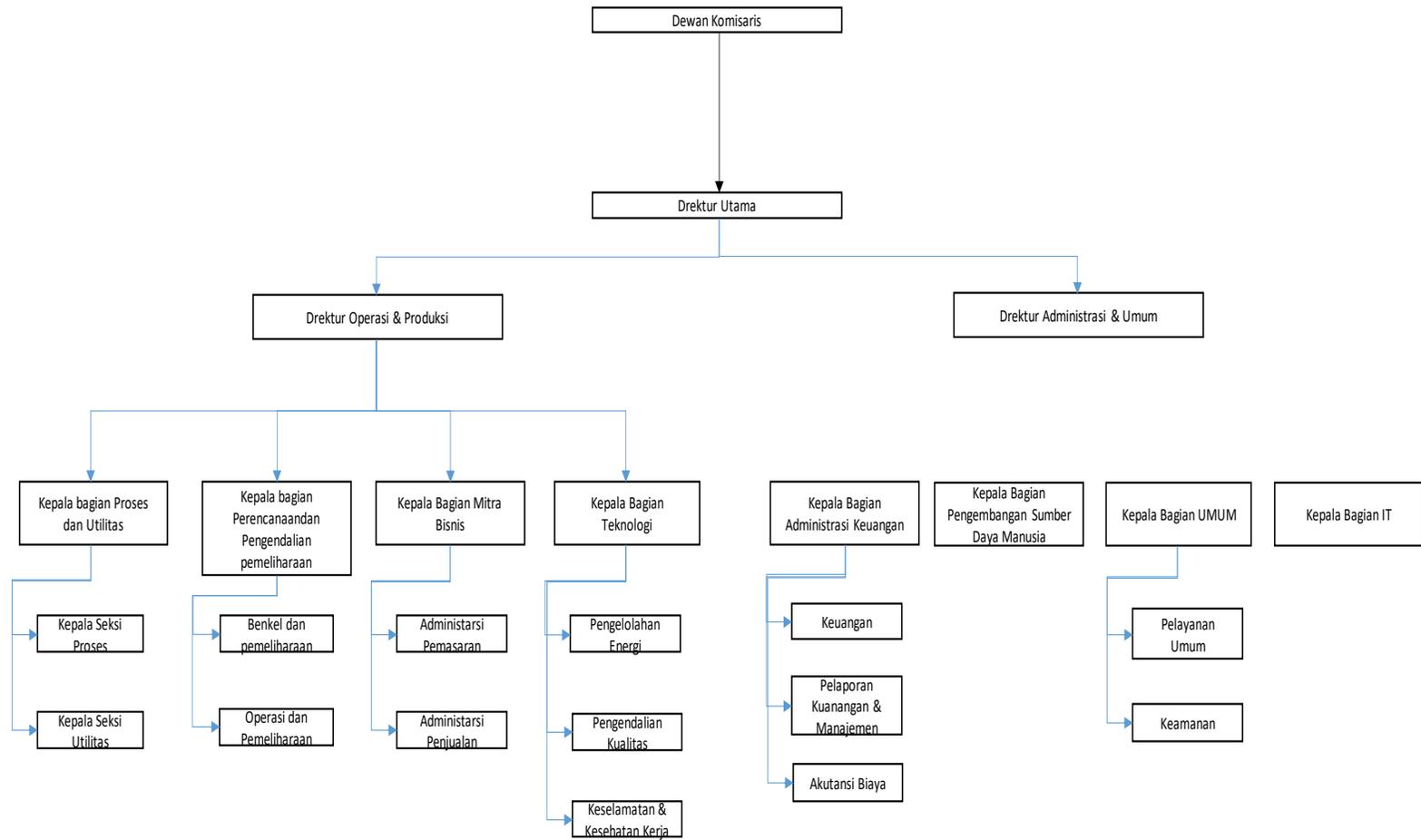
- a. Perusahaan didirikan dengan akta notaris berdasarkan kitab undang undang hukum dagang.
- b. Pemilik perusahaan adalah pemilik pemegang saham.

- c. Biasanya modal ditentukan dalam akta pendirian dan terdiri dari saham-saham.
- d. Perusahaan dipimpin oleh direksi yang dipilih oleh para pemegang saham.
- e. 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 instrumen 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 Kepala Bagian Pengembangan 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 Bengkel 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 Keamanan
- j. Kepala Seksi Pelayanan Umum
- k. Kepala Seksi Akuntansi Biaya
- l. Kepala Seksi Pelapor Keuangan & Manajemen
- m. Kepala Seksi Keuangan
- n. Kepala Seksi Kesehatan dan Keselamatan Kerja

4.6 Jam Kerja Karyawan

Pabrik *Phosphoric Acid* dari *Phosphate Rock* 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

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 shift kerja karyawan

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

Keterangan :

P = Pagi

S = Siang

M = Malam

L = Libur

4.7 Status, sistem penggajian, dan penggolongan pekerja

4.7.1 Jumlah Pekerja

Tabel 4. 3 Jumlah Pekerja

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 Keselamtan 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	<i>Cleaning Service</i>	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 Jumlah 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
Satpam	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 Rincian Gaji Karyawan

No	Jabatan	Jumlah	Gaji/Bulan
1	Dewan komisaris	2	Rp90,000,000
2	Direktur Utama	1	Rp35,000,000
3	Direktur Operasi dan Produksi	1	Rp35,000,000
4	Direktur Adminitrasi dan Umum	1	Rp35,000,000
5	Ka. Bag. Proses dan Utilitas	1	Rp20,000,000
6	Ka. Bag. Perencanaan dan Pengendalian Pemeliharaan	1	Rp20,000,000
7	Ka. Bag. Teknologi	1	Rp20,000,000
8	Ka. Bag. Adminitrasi Keuangan	1	Rp20,000,000
9	Ka. Bag. PSDM	1	Rp20,000,000
10	Ka. Bag. Umum	1	Rp20,000,000
11	Ka. Bag. IT	1	Rp20,000,000
12	Ka. Sek. Proses	1	Rp15,000,000
13	Ka. Sek. Utilitas	1	Rp15,000,000
14	Ka. Sek. Bengkel dan Pemeliharaan	1	Rp15,000,000
15	Ka. Sek. Operasi dan Pemeliharaan	1	Rp15,000,000
16	Ka. Sek. Adminitrasi Pemasaraan	1	Rp15,000,000
17	Ka. Sek. Adminitrasi Penjualan	1	Rp15,000,000
18	Ka. Sek. Pengolahan Energi	1	Rp15,000,000
19	Ka. Sek. Pengendalian Kualitas	1	Rp15,000,000
20	Ka. Sek. Keamanan	1	Rp15,000,000
21	Ka. Sek. Pelayanan Umum	1	Rp15,000,000
22	Ka. Sek. Akuntansi Biaya	1	Rp15,000,000
23	Ka. Sek. Pelapor Keuangan dan Manajemen	1	Rp15,000,000
24	Ka. Sek. Keuangan	1	Rp15,000,000
25	Ka. Sek. Kesehatan dan Keselamtan Kerja	1	Rp15,000,000
26	Karyawan Pemasaran	5	Rp10,000,000
27	Karyawan K3	6	Rp10,000,000
28	Karyawan Kas/Anggaran	4	Rp10,000,000

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 Kerja

Pakaian kerja yang diberikan kepada setiap karyawan sejumlah 3 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)

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 dan Pengolahan Air

Unit penyedia 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 lebih 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-01	16.200
Total	16.200

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 di bawah suhu udara luar
 - Warna jernih
 - Tidak berasa
 - Tidak berbau

- c. Syarat bakteriologis : Tidak mengandung bakteri-bakteri, terutama bakteri patogen, seperti *Salmonella*, *Pseudomonas*, *Escherichia coli*.

Tabel 5. 2 Kebutuhan Air Domestik

Penggunaan	Jumlah (kg/jam)
Karyawan kantor	11.300
Mess	19.200
Kantor	11.300
Pemadam kebakaran	300
Bengkel	300
Poliklinik	1.000
Laboratorium	1.000
Pemadam kebakaran	3.000
Kantin, musholla dan kebun	5.600
Jumlah	53.000 kg/jam

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 per satuan volume yang tinggi dan tidak terdekomposisi.
- d. Tidak mudah menyusut secara berarti dalam batasan dengan adanya temperatur dingin.

Tabel 5. 3 Kebutuhan Air Pendingin

Penggunaan	Jumlah (kg/jam)
Reaktor-01	20.615
Reaktor-02	22.547
Reaktor-03	15.118
Cooler-01	31.134
Jumlah	89.414 kg/jam

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

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan air pendingin} &= 20\% \times 89.414 \text{ kg/jam} \\ &= 107.297 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah air yang menguap (We)} &= 0,00085 \times W_c \times (T_{in}-T_{out}) \\ &\quad (\text{Perry, Pers. 12-14c}) \\ &= 0,00085 \times 107.297 \times (318-301) \\ &= 1.550 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Drift Loss (Wd)} &= 0,0002 \times Wc \text{ (Perry, Pers. 12-14c)} \\
&= 0,0002 \times 107.297 \text{ kg/jam} \\
&= 21,4594 \text{ kg/jam} \\
\text{Blowdown (Wb) (cycle yang} &= \frac{We - (\text{cycle} - 1)wd}{\text{cycle} - 1} \\
\text{dipilih 4 kali)} &= 495,3537 \text{ kg/jam}
\end{aligned}$$

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. Adapun beberapa hal yang harus diperhatikan dalam penanganan air umpan boiler, yaitu:

- a. Zat yang dapat menyebabkan korosi

Zat yang dapat menyebabkan korosi yaitu mengandung larutan asam dan gas-gas terlarut dalam air.

- b. Zat yang dapat menyebabkan foaming

- c. Zat yang dapat menyebabkan foaming yaitu zat-zat organik, anorganik, serta zat yang tidak terlarut dalam jumlah besar. Efek pembusaan terjadi pada alkalinitas tinggi.

d. Zat yang dapat menyebabkan kerak

Kerak yang terbentuk disebabkan karena adanya kesadahan dan suhu yang tinggi yaitu larutan asam yang mengandung garam-garam karbohidrat dan silika. (Nalco, 2017; Pincus, 1987).

Tabel 5. 4 Kebutuhan Air *Steam*

Penggunaan	Jumlah (kg/jam)
<i>Heater-01</i>	429,9380
<i>Heater-02</i>	1.243,8497
<i>Heater-03</i>	9.757,2806
<i>Evaporator</i>	9.153,8108
Jumlah	20.584,8791 kg/jam

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

$$\text{Kebutuhan air steam} = 20\% \times 20.584,8791 \text{ kg/jam}$$

$$= 24.701,8549 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Blowdown} = 15\% \text{ dari kebutuhan steam}$$

$$= 3.705,2782 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Kebutuhan make up air untuk steam} = 5\% \text{ dari kebutuhan steam}$$

steam

$$= 1235,0927 \text{ kg/jam}$$

Sebelum digunakan air sungai harus perlu diproses dahulu agar dapat

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 ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) 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 ditambahkannya 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*). 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

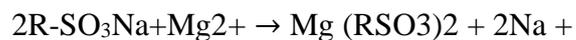
Demineralisasi bertujuan untuk menyiapkan air murni bebas mineral-mineral terlarut (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{2+}) sehingga didapatkan air bermutu tinggi dan memenuhi persyaratan.

h. Tangki *Cation Exchanger*

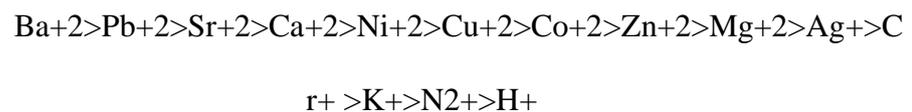
Air dari bak penampung air bersih selanjutnya diumpankan ke tangki *Cation exchanger*. Tangki ini berisi resin untuk ditukar sebagai pengganti ion-ion positif (Ca^{++} , Mg^{++} , Na^{+} , K^{+} , Fe^{++} , Mn^{++} ,

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 Mg²⁺ dapat menggantikan ion Na⁺ yang ada dalam resin karena selektivitas Mg²⁺ 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 (HCO₃⁻, Cl⁻, NO₃⁻, SiO₂ dan SO₄²⁻) akan terikat dengan resin yang bersifat basa, yang memiliki formula RCl. Reaksi Pertukarannya yaitu:



Dapat menggantikan ion Cl⁻ yang ada dalam resin karena selektivitas NO₃⁻ 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:



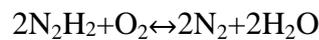
j. Mixed Bed

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

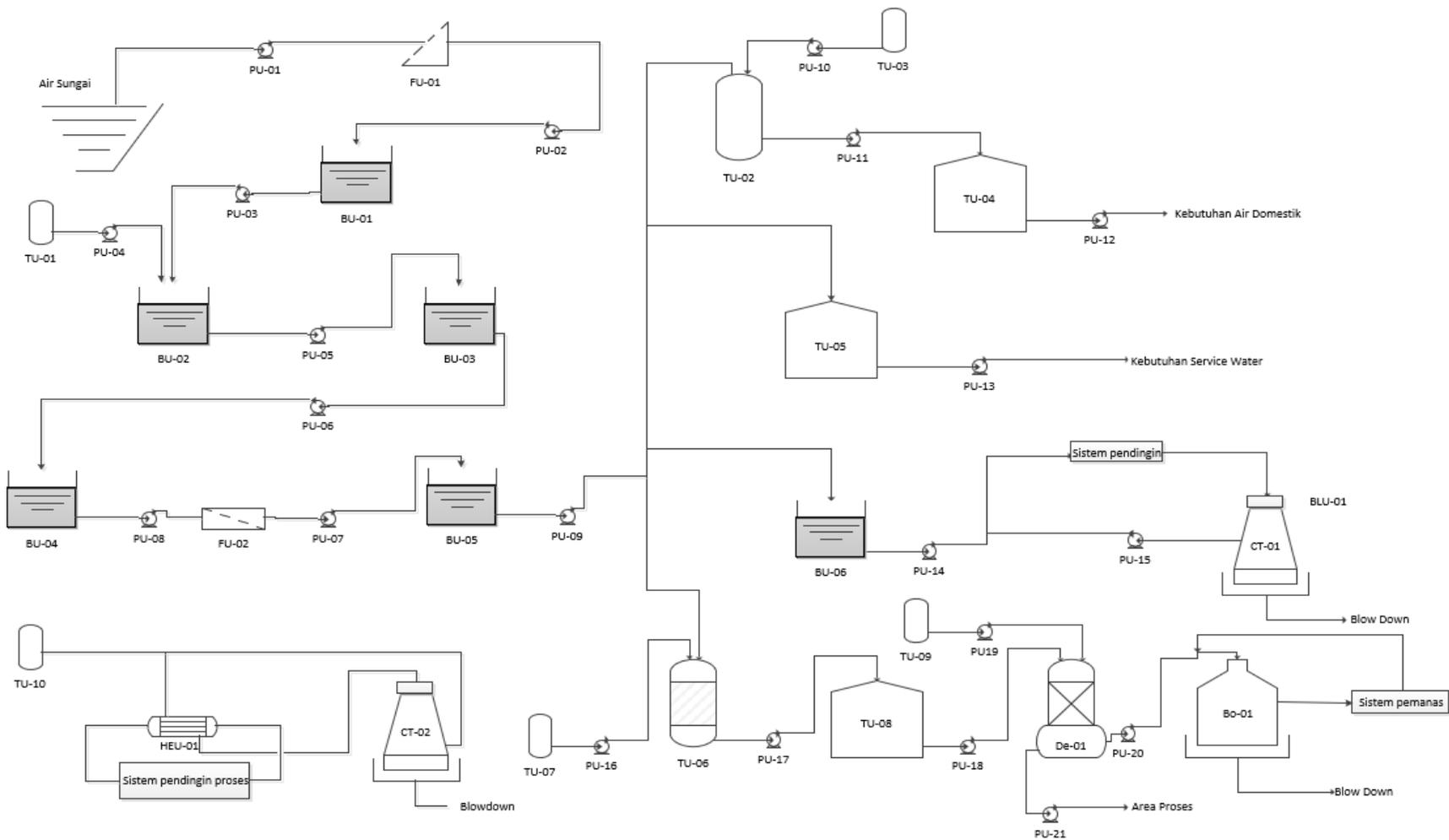
demineralisasi (*kation exchanger dan anion exchanger*) dipompakan menuju *deaerator*. Pada pengolahan air tidak boleh mengandung gas terlarut dan padatan terlarut, terutama yang dapat menimbulkan korosi. Reaksi yang disebabkan oleh gas-gas tersebut menyebabkan terbentuknya bitnik-bintik pada pipa yang 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:



1. 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.



Gambar 5. 1 Unit Utilitas

Keterangan:

1. PU-01-21 : Pompa Utilitas
2. FU-01 : *Screening*
3. BO-01 : *Boiler*
4. BU-01 : Bak Sedimentasi
5. TU-01 : Tangki Alumn
6. BU-02 : Bak Koagulasi dan Flokulasi
7. SF-01 : *Sand Filter*
8. BU-03 : Bak Pengendap I
9. TU-02 : Tangki Klorinasi
10. TU-03 : Tangki Kaporit
11. TU-04 : Tangki Air Bersih
12. TU-05 : Tangki *Service Water*
13. TU-06 : Tangki NaCl
14. BU-04 : Bak Pengendap II
15. BU-05 : Bak Penampung Sementara
16. CT-01 : *Cooling Tower*
17. MB-01 : *Mixed- Bed*
18. TU-07 : Tangki Air Demin
19. TU-08 : Tangki N₂H₄
20. BU-06 : Bak Air Pendingin
21. DE-01 : *Deaerator*
22. BLU-01 : *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 2.109 kg/jam.

5.3 Unit Pembangkit Listrik

Kebutuhan listrik pada pabrik ini dipenuhi oleh 2 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 *phosphoric acid* meliputi:

Tabel 5. 5 kebutuhan listrik proses

Kode Alat	hP	Daya
CR-01	8,0000	5965,6000
BM-01	50,0000	37285,0000
R-01	7,5000	5592,7500
R-02	10,0000	7457,0000
R-03	10,0000	7457,0000
F-01	40,0000	29828,0000
RD-01	7,5000	5592,7500
EV-01	0,0000	0,0000

Kode Alat	hP	Daya
BC-01	19,9997	14913,7615
BC-02	19,9997	14913,7615
BE-01	5,5000	4101,3500
BE-02	5,5000	4101,3500
BE-03	5,5000	4101,3500
BE-04	5,5000	4101,3500
SC-01	4,8399	3609,1436
SC-02	4,8321	3603,2804
SC-03	0,5673	423,0657
VB-01	4,0000	2982,8000
P-01	2,7924	2082,2918
P-02	3,2385	2414,9653
P-03	3,2385	2414,9653
P-04	3,9677	2958,7384
P-05	3,9707	2960,9480
P-06	1,6636	1240,5712
P-07	3,1268	2331,6589
Jumlah	230,4985	172.433

Tabel 5. 6 Kebutuhan Listrik Utilitas

Kode Alat	hP	Daya
B-02	2,0000	1491,4000
BL-01	15,0000	11185,5000
CP-01	5,0000	3728,5000
PU-01	10,0000	7457,0000
PU-02	15,0000	11185,5000
PU-03	15,0000	11185,5000
PU-04	0,0500	37,2850
PU-05	15,0000	11185,5000
PU-06	3,0000	2237,1000
PU-07	1,0000	745,7000
PU-08	7,5000	5592,7500
PU-09	5,0000	3728,5000
PU-10	0,0833	62,1417
PU-11	1,5000	1118,5500
PU-12	0,7500	559,2750
PU-13	0,0500	37,2850
PU-14	0,5000	372,8500
PU-15	7,5000	5592,7500
PU-16	0,7500	559,2750
PU-17	1,5000	1118,5500
PU-18	0,7500	559,2750
PU-19	0,0833	62,1417
PU-20	0,5000	372,8500

Kode Alat	hP	Daya
PU-21	0,5000	372,8500
Jumlah	107,0167	81.293

5.4 Unit Penyedia Udara Tekan

Unit ini bertujuan untuk menyediakan kebutuhan udara yang dibutuhkan oleh alat *controller*. Kebutuhan udara tekan untuk pabrik *phosphoric acid* dari *phosphate rock* 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 Sembayat.

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 H_2SO_4 atau $NaOH$ sebelum dialirkan menuju penampungan akhir dan dibuang.
- d. Gas buangan

5.7 Spesifikasi Alat Utilitas

1. Pompa Utilitas

Tabel 5. 7 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan Utilitas (1)

Spesifikasi Kode	Pompa Utilitas				
	PU-01	PU-02	PU-03	PU-04	PU-05
Fungsi	Mengalirkan air dari sungai ke <i>Screener</i>	Mengalirkan air dari <i>screener</i> ke bak Sedimentasi / reservoir	Mengalirkan air dari bak reservoir ke bak koagulasi	Mengalirkan larutan dari tangki larutan alum ke	Mengalirkan air dari bak koagulasi dan flokulasi ke

Spesifikasi Kode	Pompa Utilitas				
	PU-01	PU-02	PU-03	PU-04	PU-05
			dan flokulasi	bak koagulasi dan flokulasi	bak pengendap I
Jenis Bahan	<i>Centrifugal Pump Single Stage Commercial Steel</i>				
Kapasitas (gpm)	973,4916	924,8171	924,8171	0,0001	878,5762
Head (m)	5,4170	9,0383	9,0383	6,8570	9,0717
Ukuran					
ID (in)	9,7500	9,7500	9,75	0,2690	9,75
OD (in)	10,7500	10,7500	10,75	0,4100	10,75
Sch	40	40	40	40	40
Nps	10	10	10	0,1300	10
Tenaga pompa (hP)	6,8831	10,9103	10,9103	0,0500	10,4031
Tenaga motor (hP)	7,500	15	15	0,0500	15

Tabel 5. 8 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan Utilitas (2)

Spesifikasi Kode	Pompa Utilitas				
	PU-06	PU-07	PU-08	PU-09	PU-10
Fungsi	Mengalirkan air dari bak pengendap I ke bak pengendap II	Mengalirkan air dari bak pengendap II menuju <i>sand filter</i>	Mengalirkan air <i>sand filter</i> menuju bak penampung sementara	Mengalirkan air dari bak penampung sementara menuju area kebutuhan air	Mengalirkan kaporit dari tangki kaporit ke tangki klorinasi
Jenis Bahan	<i>Centrifugal Pump Single Stage Commercial Steel</i>				
Kapasitas (gpm)	148,8889	141,4444	79,9150	753,2693	0,0003
Head (m)	7,4188	2,2702	5,3270	3,8640	0,3056
Ukuran					
ID (in)	6,0650	7,6250	9,7500	9,7500	0,2150
OD (in)	6,6300	8,6300	10,7500	10,7500	0,4100

Spesifikasi Kode	Pompa Utilitas				
	PU-06	PU-07	PU-08	PU-09	PU-10
Sch	40	40	40	40	40
Nps	6	4	10	10	0,1300
Tenaga pompa (hP)	1,9524	0,6336	5,7800	3,7991	0,0625
Tenaga motor (hP)	3	1	8	5	0,0800

Tabel 5. 9 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan Utilitas (3)

Spesifikasi Kode	Pompa Utilitas				
	PU-11	PU-12	PU-13	PU-14	PU-15
Fungsi	Mengalirkan air dari tangki klorinasi menuju tangki air bersih	Mengalirkan air bersih menuju area domestik	Mengalirkan air dari tangki air service menuju area kebutuhan air service	Mengalirkan air dari bak air dingin menuju cooling tower	Mengalirkan air dari cooling tower menuju recycle dari bak dingin
Jenis Bahan	<i>Centrifugal Pump Single Stage Commercial Steel</i>				
Kapasitas (gpm)	43,7753	43,7753	1,2058	9,5739	496,9166
Head (m)	7,9765	2,2030	3,3194	3,9570	6,9961
Ukuran ID (in)	2,9000	2,9000	0,5460	1,9390	7,6250
OD (in)	3,5000	3,5000	0,8400	2,3800	8,6300
Sch	40	40	40	40	40
Nps	3,0000	3,0000	0,5000	2,0000	8,0000
Tenaga pompa (hP)	0,9875	0,2727	0,0170	0,2000	5,9000
Tenaga motor (hP)	2	1	0,0500	0,500	7,5000

Tabel 5. 10 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan Utilitas (4)

Spesifikasi Kode	Pompa Utilitas					
	PU-16	PU-17	PU-18	PU-19	PU-20	PU-21
Fungsi	Mengalirkan air dari tangki larutan NaCl menuju <i>Mixed-Bed</i>	Mengalirkan air dari <i>Mixed-Bed</i> menuju tangki air demin	Mengalirkan air dari tangki demin menuju tangki <i>deaerator</i>	Mengalirkan larutan N ₂ H ₄ dari tangki penampungan menuju <i>deaerator</i>	Mengalirkan air dari <i>deaerator</i> menuju <i>boiler</i>	Mengalirkan air dari tangki air <i>service</i> menuju area kebutuhan <i>service</i>
Jenis Bahan	<i>Centrifugal Pump Single Stage Commercial Steel</i>					
Kapasitas (gpm)	0,2191	19,1480	19,1480	19,1480	19,1480	1,2058
Head (m)	2,8962	9,9247	6,6637	3,0640	3,0543	7,8274
Ukuran ID (in)	0,3020	1,9390	1,9390	1,9390	1,9390	0,5460
OD (in)	0,5400	2,3800	2,3800	2,3800	2,3800	0,8400
Sch	40	40	40	40	40	40
Nps	0,2500	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	0,5000
Tenaga pompa (hP)	0,5000	0,8062	0,5413	0,2490	0,2481	0,1602
Tenaga motor (hP)	0,7500	1,5000	0,7500	0,5	0,5000	0,500

Tabel 5. 11 Spesifikasi Bak Utilitas (1)

Spesifikasi Kode	Bak		
	BU-01	BU-02	BU-03
Fungsi	Mengendapkan kotoran dan lumpur yang terbawa dari air sungai dengan proses sedimentasi	Mengendapkan kotoran yang berupa dispresi koloid dalam air dengan menambahkan koagulan yang berfungsi untuk menggumpalkan	Mengendapkan endapan yang berbentuk flok yang terbawa dari air sungai dengan proses flokulasi (menghilangkan flokulasi)

Spesifikasi Kode	Bak		
	BU-01	BU-02	BU-03
Jenis	Bak Persegi	kotoran Bak silinder tegak	Bak persegi
Bahan	Beton bertulang	Beton bertulang	Beton bertulang
Panjang (m)	13,7139		7,4604
Lebar (m)	13,7139		7,4604
Tinggi (m)	6,8570	5,7434	3,7302
Diameter (m)		6,3816	
Jumlah	1	1	1

Tabel 5. 12 Spesifikasi Bak Utilitas (2)

Spesifikasi Kode	Bak		
	BU-04	BU-05	BU-06
Fungsi	Mengendapkan endapan yang berbentuk flok yang terbawa dari air sungai dengan proses flokulasi (memberi kesempatan untuk proses flokulasi O ₂)	Menampung sementara raw water setelah disaring di <i>sand filter</i>	Menampung kebutuhan air pendingin
Jenis	Bak Persegi	Bak silinder tegak	Bak persegi
Bahan	Beton bertulang dilapisi porselin	Beton bertulang dilapisi porselin	Beton bertulang
Panjang (m)	7,3340	7,0462	4,7432
Lebar (m)	7,3340	7,0462	4,7432
Tinggi (m)	3,6670	3,5231	2,3716
Diameter (m)			
Jumlah	1	1	1

Tabel 5. 13 Spesifikasi Tangki (1)

Spesifikasi Kode	Tangki			
	TU-01	TU-02	TU-03	TU-04
Fungsi	Menyiapkan dan menyimpan larutan alum 5% untuk 1 minggu	Mencampur klorin dalam bentuk kaporit ke dalam air untuk	Menampung kebutuhan kaporit selama 1 minggu yang akan	Menampung air untuk keperluan kantor dan rumah tangga

Spesifikasi Kode	Tangki			
	TU-01	TU-02	TU-03	TU-04
	operasi	kebutuhan rumah tangga	dimasukkan ke dalam tangki klorinasi	
Jenis	Silinder tegak	Silinder tegak berpengaduk	Silinder tegak	Silinder tegak
Bahan		<i>Carbon steel</i>		
Tinggi (m)	3,6067	2,3483	0,3055	6,7735
Diameter (m)	1,8034	2,3483	0,3055	6,7735
Volume (m ³)	9,2077	10,1650	0,0224	243,9600
Jumlah	1	1	1	1

Tabel 5. 14 Spesifikasi Tangki (2)

Spesifikasi Kode	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 meregenerasi kation <i>exchanger</i>	Menampung air untuk umpan <i>boiler</i>	Menyimpan larutan N ₂ H ₄
Jenis	Silinder tegak	Silinder tegak	Silinder tegak	Silinder tegak
Bahan		<i>Carbon steel</i>		
Tinggi (m)	3,6067	1,3925	5,1418	1,7923
Diameter (m)	1,8034	1,3925	5,1418	1,7923
Volume (m ³)	9,2077	2,1197	106,7120	4,5196
Jumlah	1	1	1	1

Tabel 5. 15 Spesifikasi *Screener* Utilitas

Spesifikasi	<i>Screener</i>
Fungsi	Menyaring kotoran-kotoran yang berukuran besar
Bahan	Aluminium
Lebar (ft)	8
Panjang (ft)	10
Diameter (cm)	1

Spesifikasi	Screener
Jumlah	1

Tabel 5. 16 Spesifikasi *Sand Filter* Utilitas

Spesifikasi	Sand filter
Fungsi	Menyaring partikel-partikel halus yang ada dalam air sungai
Bahan	Bak berbentuk balok
Material	Spheres
Lebar (m)	4,1845
Panjang (m)	4,1845
Tinggi (cm)	2,0922
Jumlah	1

Tabel 5. 17 Spesifikasi Cooling Tower Utilitas

Spesifikasi	Cooling Tower
Fungsi	Mendinginkan air pendingin setelah digunakan
Jenis	<i>Cooling Tower Induced Draft</i>
Lebar (m)	3,3661
Panjang (m)	3,3661
Jumlah	1

Tabel 5. 18 Spesifikasi Mixed-Bed Utilitas

Spesifikasi	Mixed Bed
Fungsi	Menghilangkan kesadahan air yang disebabkan oleh kation seperti Ca dan Mg, serta anion seperti Cl, SO ₄ , dan NO ₃
Jenis	Tangki silinder tegak
Resin	Zeolit
Diameter tangki (m)	0,6947
Tinggi tangki (m)	1,3970
Volume bed (m ³)	18,6930
Volume bak resin (m ³)	3199,8713
Tebal (in)	0,1875
Jumlah	1

Tabel 5. 19 Spesifikasi *Deaerator* Utilitas

Spesifikasi	<i>Deaerator</i>
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)	1,7826
Tinggi (m)	1,7826
Volume (m ³)	4,4463
Jumlah	1

Tabel 5. 20 Spesifikasi *Blower Cooling Tower* Utilitas

Spesifikasi	<i>Blower cooling tower</i>
Fungsi	Menghembuskan udara ke <i>cooling tower</i>
Jenis	<i>Centrifugal Blower</i>
Bahan	<i>Carbon Steel SA-285 grade c)</i>
Kapasitas (ft ³ /jam)	2.913.944,4841
Efisiensi	0,84
Power (hP)	15
Jumlah	1

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 factor 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 Asam Fosfat ini adalah:

Tabel 6. 1 Indeks Harga Alat

No	(Xi)	Indeks (Yi)
1	1970	125,7
2	1971	132,3
3	1972	137,2
4	1973	144,1
5	1974	165,4
6	1975	182,4
7	1976	192,1
8	1977	204,1
9	1978	218,8
10	1979	238,7
11	1980	261,2
12	1981	297,0
13	1982	314,0
14	1983	317,0
15	1984	322,7
16	1985	325,3
17	1986	318,4
18	1987	323,8

No	(Xi)	Indeks (Yi)
19	1988	342,5
20	1989	355,4
21	1990	357,6
22	1991	361,3
23	1992	358,2
24	1993	359,2
25	1994	368,1
26	1995	381,1
27	1996	381,7
28	1997	386,5
29	1998	389,5
30	1999	390,6
31	2000	394,1

Berdasarkan data diatas, persamaan yang diperoleh adalah: $y = 9,4935$ dengan menggunakan persamaan diatas pabrik *phosphoric acid* dengan kapasitas 100.000 ton/tahun yang akan dibangun pada tahun 2025 memiliki harga indeks sebesar 671,337.

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:

$$Ex = \left(\frac{Nx}{Ny}\right)Ey \text{ (Aries \& Newton,1955)}$$

Keterangan:

Ex : Harga pembelian pada tahun 2014

Ey : Harga pembelian
pada tahun referensi

Nx : Index harga pada

tahun 2014

Ny : Index harga pada tahun referensi

6.2 Perhitungan Biaya

6.2.1 Total Capital Investment

Capital Investment merupakan jumlah pengeluaran yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas – fasilitas pabrik dan untuk mengoperasikannya.

Capital investment terdiri dari:

a. *Fixed Capital Investment*

Biaya yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik.

b. *Working Capital Investment*

Biaya yang diperlukan untuk menjalankan usaha atau modal untuk menjalankan operasidari 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 karena 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 Expenses

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.

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

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.

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

3. *Break Even Point* (BEP)

Break Even Point merupakan titik impas produksi yaitu suatu kondisi dimana pabrik tidak mendapatkan keuntungan maupun kerugian. Jadi dapat dikatakan bahwa perusahaan yang mencapai titik *break even point* ialah perusahaan yang telah memiliki kesetaraan antara modal yang dikeluarkan untuk proses produksi dengan pendapatan produk yang dihasilkan. Kapasitas produksi pada saat *sales* sama dengan *total cost*. Pabrik akan rugi jika beroperasi dibawah BEP dan akan untung jika beroperasi diatas BEP. Salah satu tujuan utama perusahaan adalah mendapatkan keuntungan atau laba secara maksimal bisa dilakukan dengan beberapa langkah sebagai berikut:

- a. Menekan sebisa mungkin biaya produksi atau biaya

operasional sekecil-kecilnya, serendah-rendahnya tetapi tingkat harga, kualitas, maupun kuantitasnya tepat dipertahankan sebisanya.

- b. Penentuan harga jual sedemikian rupa menyesuaikan tingkat keuntungan yang diinginkan/dikehendaki.
- c. Volume kegiatan ditingkatkan dengan semaksimal mungkin.

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

Dimana:

Fa : *Annual Fixed Manufacturing Cost* pada produksi maksimum

Ra : *Annual Regulated Expenses* pada produksi maksimum

Va : *Annual Variable Value* pada produksi maksimum

Sa : *Annual Sales Value* pada produksi maksimum

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, atau bisa juga karena 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.

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

5. *Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR)*

Discounted Cash Flow Rate Of Return (DCFR) merupakan:

- a. 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.
- b. Laju bunga maksimal dimana suatu proyek dapat membayar pinjaman beserta bunganya kepada bank selama umur pabrik.
- c. 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

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

Dimana:

FC : *Fixed Capital*

WC : *Working Capital*

SV : *Salvage Value*

C : *Cash Flow*

: *Profit After Taxes + depresiasi + finance*

n : Umur Pabrik = 10 tahun

i : Nilai DCFR

6.2.5 Hasil Perhitungan

Hasil rancangan perhitungan rencana pendirian pabrik *Phosphoric Acid* dari *Phosphate Rock* disajikan pada tabel sebagai berikut:

Tabel 6. 2 *Physical Plant Cost*

No	<i>Type of Capital Invesment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Purchased Equipment cost</i>	269.166.108.554	18.627.412
2	<i>Delivered Equipment Cost</i>	67.291.527.139	4.656.853
3	<i>Instalasi cost</i>	42.038.256.953	2.909.222
4	Pemipaan	62.351.438.271	4.314.978
5	Instrumentasi	66.930.488.243	4.631.868

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
6	Insulasi	10.017.168.415	693.230
7	Listrik	26.916.610.855	1.862.741
8	Bangunan	20.480.000.000	1.417.301
9	<i>Land & Yard Improvement</i>	23.784.000.000	1.645.952
<i>Physical Plant Cost (PPC)</i>		588.975.598.429	40.759.557

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

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Teknik dan Kontruksi	117.795.119.686	8.151.911
Total (DPC+PPC)		706.770.718.115	49.911.468

Tabel 6. 4 *Fixed Capital Investment (FCI)*

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Total DPC+PPC	706.770.718.115	48.911.468
2	Kontraktor	28.270.828.725	1.956.459
3	Biaya tak terduga	70.677.071.811	4.891.147
Total (DPC+PPC)		805.718.618.651	55.759.074

Tabel 6. 5 *Direct Manufacturing Cost (DMC)*

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw Material</i>	463.607.378.506	32.083.555
2	<i>Labor</i>	14.964.000.000	1.035.570
3	<i>Supervision</i>	2.244.600.000	155.335

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
4	<i>Maintenance</i>	16.114.372.373	1.115.181
5	<i>Plant Supplies</i>	2.417.155.856	167.277
6	<i>Royalty and Patents</i>	10.427.900.000	721.653
7	<i>Utilities</i>	111.996.373.199	7.750.614
Total		621.771.779.933	43.029.189

Tabel 6. 6 *Indirect Manufacturing Cost (IMC)*

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Payroll Overhead</i>	2.244.600.000	155.336
2	<i>Laboratory</i>	1.496.400.000	103.557
3	<i>Plant Overhead</i>	7.482.000.000	517.785
4	<i>Packaging and Shipping</i>	41.711.600.000	2.886.616
Total		52.934.600.000	3.663.294

Tabel 6. 7 *Fixed Manufacturing Cost (FMC)*

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Depreciation</i>	64.457.489.492	4.460.726
2	<i>Propertu taxes</i>	8.057.186.187	557.591
3	<i>Insurance</i>	8.057.186.187	557.591
Total		80.571.861.865	5.575.907

Tabel 6. 8 *Manufacturing Cost (MC)*

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Direct Manufacturing Cost</i>	621.771.779.933	43.029.186

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
2	<i>Indirect Manufacturing Cost</i>	52.934.600.000	3.663.294
3	<i>Fixed Manufacturing Cost</i>	80.571.861.865	5.575.907
Total		755.278.241.798	52.268.390

Tabel 6. 9 Working Capital (WC)

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw Material Inventory</i>	126.438.375.956	8.750.061
2	<i>Inproses Onventory</i>	102.992.487.518	7.127.508
3	<i>Product Inventory</i>	68.661.658.345	4.751.672
4	<i>Extended Credit</i>	284.397.272.727	19.681.472
5	<i>Available Cash</i>	205.984.975.036	14.255.016
Total		788.474.769.582	54.565.728

Tabel 6. 10 General Expense (GE)

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Administration</i>	15.013.564.836	1.045.368
2	<i>Sales Expense</i>	90.633.389.016	6.272.207
3	<i>Research</i>	15.105.564.836	1.045.368
4	<i>Finance</i>	31.883.867.765	2.206.496
Total		152.728.386.452	10.569.439

Tabel 6. 11 Total Biaya Produksi

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Manufacturing Cost</i>	755.278.241.798	52.268.390

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
2	<i>General Expenses</i>	152.728.386.452	10.569.439
	Total	908.006.628.251	62.837.829

Tabel 6. 12 *Fixed Cost (Fa)*

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Depreciation</i>	64.457.489.492	4.460.729
2	<i>Property taxes</i>	8.057.186.187	557.591
3	<i>Insurance</i>	8.057.186.187	557.591
	Total	80.571.861.865	5.575.907

Tabel 6. 13 *Variable Cost (Va)*

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw material</i>	463.607.378.506	32.083.556
2	<i>Packaging & shipping</i>	41.711.600.000	2.886.616
3	<i>Utilities</i>	111.996.373.199	7.750.614
4	<i>Royalties and Patents</i>	10.427.900.000	721.654
	Total	627.743.251.704	43.442.440

Tabel 6. 14 *Regulated Cost (Ra)*

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Labor cost</i>	14.964.000.000	1.035.571
2	<i>Plant overhead</i>	7.482.000.000	517.785
3	<i>Payroll overhead</i>	2.244.600.000	155.336
4	<i>Supervision</i>	2.244.600.000	155.336

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
5	<i>Laboratory</i>	1.496.400.000	103.557
6	<i>Administration</i>	15.105.564.836	1.045.368
7	<i>Finance</i>	31.883.867.765	2.206.496
8	<i>Sales expense</i>	90.633.389.016	6.272.207
9	<i>Research</i>	15.105.564.836	1.045.368
10	<i>Maintenance</i>	16.114.372.373	1.115.181
11	<i>Plant supplies</i>	2.417.155.856	167.277
Total		199.691.514.681	13.819.482

6.2.6 Analisa Keuntungan

<i>Annulus Sales (Sa)</i>	=	Rp. 1.042.790.000.000
<i>Total Cost</i>	=	Rp. 908.006.628.251
Keuntungan Sebelum Pajak	=	Rp. 134.783.371.749
Pajak Pendapatan	=	35% (aries&newtonP.190)
Keuntungan setelah Pajak	=	Rp. 87.609.191.637

6.2.7 Hasil Kelayakan

a. Return Of Investment (ROI)

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

ROI sebelum pajak = 17 %

ROI setelah pajak = 11%

b. *Pay Out Time (POT)*

$$POT = \frac{\text{Fixed Capital Investment}}{(\text{Keuntungan tahunan} + \text{Depresi})}$$

POT sebelum pajak = 4 tahun

POT setelah pajak = 5 tahun

c. *Break Even Point (BEP)*

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

BEP = 51%

d. *Shut Down Point (SDP)*

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

SDP = 22%

e. *Discounted Cash Flow Rate (DCFR)*

Umur pabrik = 10 tahun

Fixed Capital Investment = Rp. 805.718.618.651

Working Capital = Rp. 788.474.769.582

Salvage Value (SV) = Rp. 64.457.489.492

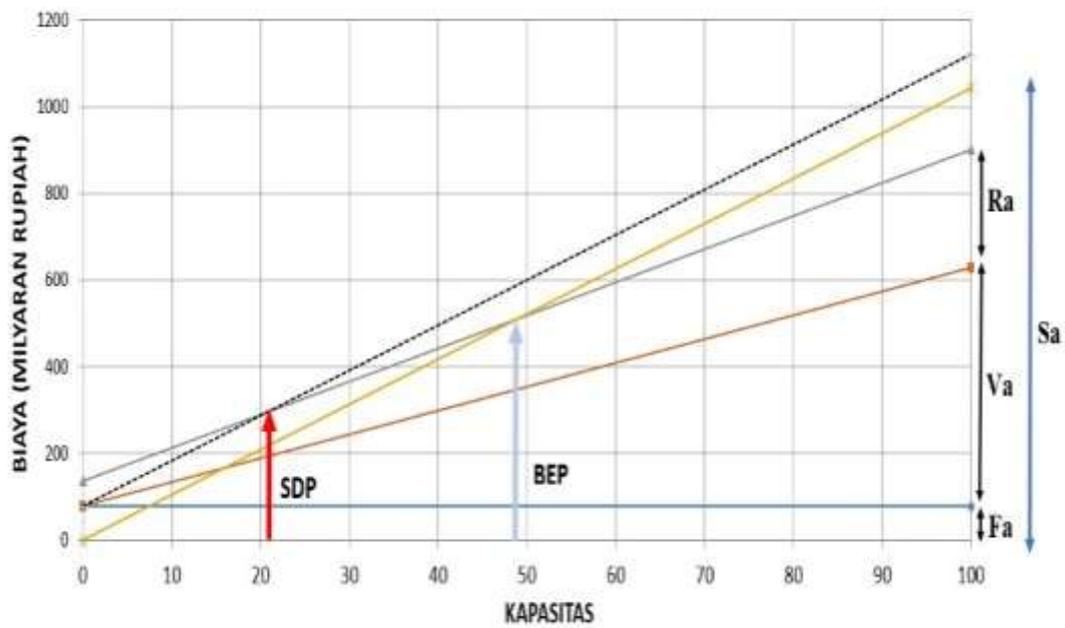
Cash Flow (CF) = *Annual profit* + *depresi* + *finance*

= Rp. 183.950.548.894

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

nilai DCFR adalah :

$$\text{DCFR} = 25\%$$



Gambar 6. 1 Grafik Evaluasi Ekonomi

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

Pabrik pembuatan *phosphoric acid* dari *phosphate rock* 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 *Phosphoric Acid* dari *Phosphate Rock* 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. Pabrik asam fosfat dengan kapasitas 100.000 ton/tahun membutuhkan bahan baku batuan fosfat 301.557,774 ton/tahun.
4. Berdasarkan hasil analisis ekonomi perancangan pabrik *Phosphoric Acid* dari *Phosphate Rock* dengan kapasitas 100.000 ton/tahun didapatkan :
 - a. Keuntungan sebelum pajak
= Rp. 134.783.371.749/tahun
 - b. Keuntungan setelah pajak
= Rp. 87.609.191.637/tahun

- 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 of investment* setelah pajak (ROIa)
= 11%
- e. *Pay Out Time* sebelum pajak (POTb)
= 4 tahun.
- f. *Pay Out Time* setelah pajak (POTa)
= 5 tahun. Syarat *POT* sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan risiko rendah maksimum adalah 5 tahun (*Aries & Newton, 1955*)
- g. *Break Even Point* (BEP)
= 51 %. Syarat BEP untuk pabrik kimia pada umumnya 40-60% (*Aries & Newton, 1955*)
- h. *Shut Down Point* (SDP)
= 22%. Syarat SDP minimum untuk pabrik kimia pada umumnya 20% (*Aries & Newton, 1955*)
- i. *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR)
= 25%. Syarat *DCFR* minimum untuk pabrik kimia pada umumnya adalah 1,5 x bunga simmpanan bank ($1,5 \times 3,5\% = 5,25\%$) (*Aries & Newton, 1955*).

5. Dari hasil seluruh tinjauan yang dilakukan mulai dari ketersediaan bahan baku, kondisi operasi proses serta hasil analisis ekonomi dapat disimpulkan bahwa pabrik *phosphoric acid* dan *phosphate rock* 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 :

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

1. Optimasi pemilihan seperti alat proses atau alat penunjang dan bahan baku perlu diperhatikan sehingga akan lebih mengoptimalkan keuntungan yang diperoleh.
2. 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.
3. Produk Asam Fosfat dapat digunakan sebagai sarana untuk memenuhi permintaan yang terus meningkat dimasa depan.

DAFTAR PUSTAKA

- 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. 2016-2020, Statistic Indonesia, www.bps.go.id, Indonesia.
- 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.
- Chien, S. H. (1992). *Reactions of phosphate rock with acid soils of the humid tropics. Proc. Workshop on Phosphate Sources for Acid Soil in the Humid Tropics of Asia.* Kuala Lumpur, Malaysia.
- Coulson, J. a. (2005). Chemical Engineering, An Introducing. Oxford: Pergamon Press.
- El-Asmy., at al. (2007). *Production of calcium monohydrogenphosphate from sebaiya phosphate ore leached by nitric acid.*
- Gary, M., at al. (1974). *Glossary of Geology.* Washington: Amer. Geolog. Ins. Washington D.C.
- Geankoplis, C. 1. (2003). Transport Processes and Unit Operations. New Jersey:

Prentice-Hall International, Inc.

Global phosphoric acid market size, analysis report, 2020-2027. *Market Research Reports & Consulting* | Grand View Research, Inc.

Hammond, L. L., and L. A. Leon. (1978). *Agronomic effectiveness of natural and altered phosphate rocks from Latin America*. p. 503 – 518. IMPHOS Proc. 3rd Int. Cong. Phosphorus Compounds 4 – 6 Okt. 1983. Brussels, Belgium.

Kern, D. (1965). *Process Heat Transfer*. Kogakusha: Mc. Graw Hill Book.

McClellan, G.H. and Wheeler. (1979). *Mineralogy and Reactivity of Phosphate Rock for Direct application*. In Seminar on *Phosphate rock for direct application*. IFDC. pp.57-81.

Moersidi, S., (1999), “Fosfat Alam sebagai Bahan Baku dan Pupuk Fosfat”, Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat Bogor, Bogor, hal 1 – 39.

McCabe, W. L. (1976). *Unit Operation of Chemical Engineering*, 3rd ed. . Singapore: Mc Graw Hill, Kogakusha , Ltd.

Mineral commodity summaries 2011. (2011).

Perry, R. a. (2000). *Perry’s Chemical Engineer’s Handbook* 7ed. New York: Mc Graw Hill Book Co., Inc.

Perry, R. a. (2008). *Perry’s Chemical Engineer’s Handbook* 8 ed. New York: Mc

Graw Hill Book Co., Inc.

Soepardi G. 1983. Sifat dan Ciri Tanah, 85. Terjemahan *The Nature and Properties of Soils* (Buckman. HO and N Brady, 960). The Mc. Millian Co. New York, IPB, Bogor.

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.

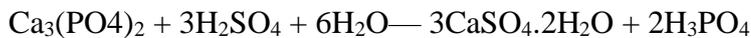
LAMPIRAN

PERANCANGAN REAKTOR

Pada keadaan *steady state* dapat dituliskan :

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

Reaksi yang terjadi:



Berdasarkan stoikiometri didapatkan rumus

$$(-r_A) = K_{CA} \cdot C_B^3 \cdot C_C^6$$

Akan tetapi, pereaktan asam sulfat dan air dibuat berlebih dengan perbandingan reaksi menjadi 1:6:12 sehingga didapatkan rumus:

$$(-r_A) = K_{CA}$$

1. Menentukan optimasi jumlah reaktor

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

Persamaan Neraca Massa:

$$Rate\ of\ Flow\ of\ A\ input) - (Rate\ of\ Flow\ of\ Output) - (Rate\ of\ Reaction) = Rate\ of\ Accumulation$$

$$F_{A0} - F_A - (-r_A) V = 0 \quad ..(1)$$

Dari stoikiometri $F_A = F_{A0} - F_{A0} \cdot X$ diubah menjadi $0 = F_{A0} - F_A - F_{A0} \cdot X$

$$F_{A0} \cdot X = F_{A0} - F_A \quad ..(2)$$

Persamaan (1) dan (2) disubstitusikan menjadi:

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

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

$$r_A = k \cdot C_A$$

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

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

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

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

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

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

$$= 34,6731 \text{ m}^3/\text{jam}$$

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

$$= 70$$

$$\text{kmol/jam}$$

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

$$= 2,0189 \text{ kmol/m}^3$$

sehingga

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

$$= 0,3634 \text{ kmol/jam}^3$$

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

$$= -K \cdot C_A$$

$$\begin{aligned}
&= \int_{C_{A0}}^{C_A} \frac{dC_A}{C_A} \\
&= -k \int_0^t dt \\
&= \ln C_A - \ln C_{A0} \\
&= -k \cdot t
\end{aligned}$$

Waktu reaksi	= 90 menit	X_A	= 82%
	= 1,5 jam		= 0,82
	= 1,4 m ³ /kmol.jam		

2. Menghitung jumlah reaktor

- Untuk 1 Reaktor

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

Didapatkan:

X_0	= 0	t	= 1,5 jam
X_1	= 0,82	V_1	= 112,8250 m ³

- Untuk 2 Reaktor

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

X_0	= 0	t	= 1,5 jam
X_1	= 0,5757	V_1	= 17 m ³
X_2	= 0,82	V_2	= 17 m ³

- Untuk 3 Reaktor

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

X ₀	= 0	T	= 1,5 jam
X ₁	= 0,4354	V ₁	= 9 m ³
X ₂	= 0,6812	V ₂	= 9 m ³
X ₃	= 0,82	V ₃	= 9 m ³

- Untuk 4 Reaktor

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

X ₀	= 0	T	= 1,5 jam
X ₁	= 0,3487	V ₁	= 7 m ³
X ₂	= 0,5758	V ₂	= 7 m ³
X ₃	= 0,7237	V ₃	= 7 m ³
X ₄	= 0,82	V ₄	= 7 m ³

- Untuk 5 Reaktor

$$V = \frac{F_{A4} \cdot X}{k \cdot (C_{A4}(1 - x))}$$

X_0	= 0	t	= 1,5 jam
X_1	= 0,2904	V_1	= 5 m ³
X_2	= 0,4963	V_2	= 5 m ³
X_3	= 0,6426	V_3	= 5 m ³
X_4	= 0,7464	V_4	= 5 m ³
X_5	= 0,82	V_5	= 5 m ³

N	X_{A0}	X_{A1}	X_{A2}	X_{A3}	X_{A4}	
1	0	0,82				
2	0	0,5757	0,82			
3	0	0,4354	0,6812	0,82		
4	0	0,3486	0,5757	0,7237	0,82	
5	0	0,2903	0,4963	0,6426	0,74637	0,82

N	V_1 (gallon)	V_2 (gallon)	V_3 (gallon)	V_4 (gallon)	V_5 (gallon)
1	29.805,21				
2	4.398,6024	4.398,6024			
3	2.498,9507	2.498,9507	2.498,9507		
4	1.734,6883	1.734,6883	1.734,6883	1.734,6883	
5	1.325,9015	1.325,9015	1.325,9015	1.325,9015	1.325,9015

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:

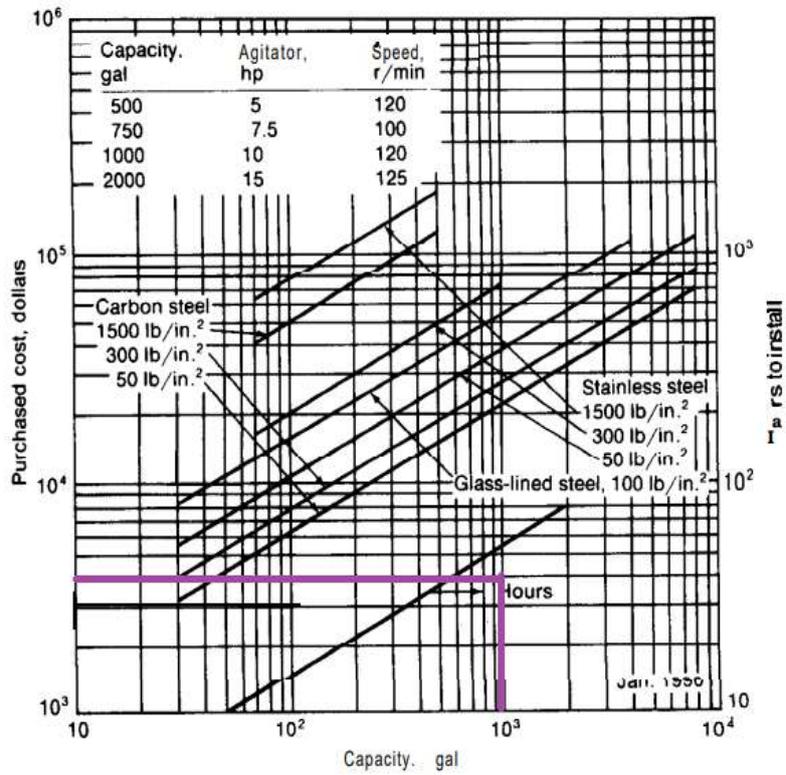
1 atm = 14,7 psi

Bahan = stainless steel

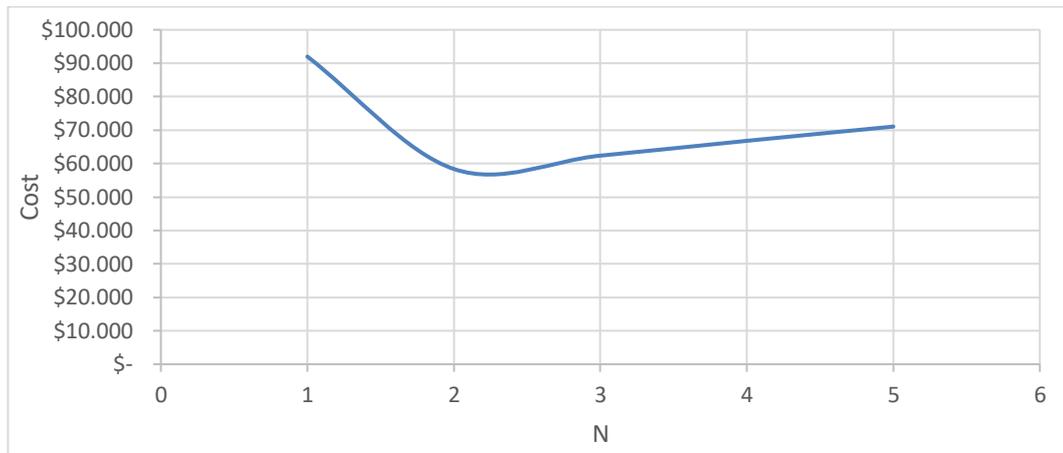
Basis = Volume 1000 gallons

= \$ 12.000,00

(Peter dan Timmerhaus, 1991)



N	V reactor (gallon)	Z (gallon)	Cost / unit \$	Cost
1	29.805,2097	29805,2097	\$ 91.993	\$ 91.933
2	4.398,6024	8797,2049	\$ 29.186	\$ 58.371
3	2.498,9507	7496,8522	\$ 20.789	\$ 62.357
4	1734,6883	6938,7531	\$ 16.700	\$ 66.800
5	1325,9015	6629,5075	\$ 14.213	\$ 71.065



NERACA MASSA REAKTOR 1

Komponen	Masuk Reaktor 1		
	Kg/ Jam	Kmol/Jam	%F
Ca ₃ (PO ₄) ₂	21.700	70	35%
CaO	224	4	0%
MgO	400	10	1%
Fe ₂ O ₃	320	2	1%
Al ₂ O ₃	510	5	1%
SiO ₂	960	16	2%
F	152	8	0%
H ₂ SO ₄	19.206	196	31%
H ₂ O	17.677	982,0556	29%
CaSO ₄ .2H ₂ O	0	0	0
H ₃ PO ₄	0	0	0
Total	61.151	355,5291	100%

NERACA MASSA REAKTOR 2

Komponen	Masuk Reaktor 2		
	Kg/ Jam	Kmol/Jam	%F
Ca ₃ (PO ₄) ₂	11.158	35,9951	18%
CaO	224	4	0%
MgO	400	10	1%
Fe ₂ O ₃	320	2	1%
Al ₂ O ₃	510	5	1%
SiO ₂	960	16	2%
F	152	8	0%
H ₂ SO ₄	9.608	98,0379	16%
H ₂ O	13.169	731,5944	22%
CaSO ₄ .2H ₂ O	17.822	103,6163	29%
H ₃ PO ₄	6.828	69,6754	11%
Total	61.151	1083,9191	100%

NERACA MASSA REAKTOR 2

Komponen	Masuk Reaktor 2		
	Kg/ Jam	Kmol/Jam	%F
Ca ₃ (PO ₄) ₂	9.208	29,7017	15%
CaO	224	4	0%
MgO	400	10	1%
Fe ₂ O ₃	320	2	1%
Al ₂ O ₃	510	5	1%
SiO ₂	960	16	2%
F	152	8	0%
H ₂ SO ₄	7.752	79,1052	13%
H ₂ O	12.933	718,4882	21%
CaSO ₄ .2H ₂ O	20.794	120,8948	34%
H ₃ PO ₄	7.898	80,5965	13%
Total	61.151	1073,7865	100%

PERANCANGAN REAKTOR 1

Kode	: R-01
Fase	: Padat – Cair
Bentuk	: <i>Silinder vertical dengan head and bottom berbentuk torispherical</i>
Jenis	: Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)
Fungsi	: Mereaksikan senyawa $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ dengan asam sulfat sebanyak serta air
Bahan	: <i>Stainless Steel SA 299 Grade 3 Type 304</i>
Konstruksi	
Kondisi Operasi	: Suhu : 70°C
	Waktu Tinggal : 0,48 jam
	Tekanan : 1 atm

A. Menghitung dimensi reaktor

Komponen masuk reaktor:

No	Komponen	BM (Kmol/Kg)	N (Kmol/ Jam)	f (Kg/ Jam)	ρ (kg/m ³)	Fv (m ³ /jam)
1	Ca ₃ (PO ₄) ₂	310	70	21700	3140	6,9108
2	CaO	56	4	224	3340	0,0671
3	MgO	40	10	400	2130	0,1878
4	Fe ₂ O ₃	160	2	320	5200	0,0615
5	Al ₂ O ₃	102	5	510	3970	0,1285
6	SiO ₂	60	16	960	2300	0,4174
7	F	19	8	152	3180	0,0478
8.	H ₂ SO ₄	98	196	19208	1840	10,6522
9	H ₂ O	18	982,0556	17677	1000	16,2000
10	CaSO ₄ .2H ₂ O	172	355,5291	61151	2320	0
11	H ₃ PO ₄	98	70	21700	1892	0
Total			1293,0556	61151		34,6731

B. Menentukan diameter dan tinggi reactor

$$F_v = 34,6731 \text{ m}^3/\text{jam}$$

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

Dari optimasi jumlah reaktor, diperoleh:

$$V_{shell} = 9,4596 \text{ m}^3$$

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

$$\begin{aligned} \text{Volume reaktor (V}_r) &= 1,2 \times V_t \\ &= 1,2 \times 9,4596 \text{ m}^3 \\ &= 11,3515 \text{ m}^3 \\ &= 400,8738 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

Untuk desain optimum menggunakan perbandingan diameter dan tinggi reaktor

yang optimum (D:H = 1) digunakan persamaan

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

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

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

$$= \sqrt[3]{\frac{4 \times 11,3515}{3,14}}$$

$$= 2,4363 \text{ m}$$

$$= 95,9167 \text{ in}$$

$$= 7,9931 \text{ ft}$$

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

$$= 3,6544 \text{ m}$$

$$= 143,8750 \text{ in}$$

$$= 11,9896 \text{ ft}$$

Bentuk reaktor dipilih *vertical vessel* dengan *torispherical dished head*.

(Brownell, hal 88)

Dasar pemilihan digunakan untuk tangki dengan tekanan dalam 1 atm

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

$$= 0,0007 \text{ m}^3$$

$$= 0,0250 \text{ ft}^3$$

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

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

$$= 0,2367 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned}
V_{\text{head}} &= V_{\text{dish}} + V_{\text{sf}} \\
&= 0,2617 \text{ m}^3 \\
V_{\text{reaktor}} &= V_{\text{shell}} + 2V_{\text{head}} \\
&= 11,3515 \text{ m}^3 + (2 \cdot 0,2617) \\
&= 11,8749 \text{ m}^3 \\
V_{\text{bottom}} &= 0,5 V_{\text{head}} \\
&= 0,5 \cdot 0,2617 \text{ m}^3 \\
&= 0,1309 \text{ m}^3 \\
V_{\text{cairan}} &= V_{\text{shell}} - V_{\text{bottom}} \\
&= 11,3515 \text{ m}^3 - 0,1309 \text{ m}^3 \\
&= 11,2206 \text{ m}^3 \\
H_{\text{cairan}} &= \frac{4V}{\pi D^2} \\
&= \frac{4 \times 11,2206}{3,14 \times (2,4363 \text{ m})^2} \\
&= 2,4082 \text{ m} \\
&= 7,9009 \text{ ft}
\end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan tersebut, maka didapatkan spesifikasi sebagai berikut:

Diameter <i>shell</i>	: 2,4363 m
Tinggi <i>shell</i>	: 3,6544 m
Volume <i>shell</i>	: 11,3515 m ³
Volume <i>head</i>	: 0,2617 m ³
Volume reaktor	: 11,8749 m ³
Volume cairan	: 11,2206 m ³

Volume *bottom* : 0,1309 m³

Tinggi cairan dalam *shell* : 2,4082 m

Volume cairan dalam *shell* : 8,9611 m³

C. Menghitung tebal dinding reactor

$$\text{Volume cairan} = h \text{ cairan} \times \frac{\pi D^2}{4}$$

$$H \text{ cairan} = 2,4082 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Tekanan hidrostatik} &= \rho \times g \times h \text{ cairan} \\ &= 985,2217 \text{ kg/m}^3 \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 2,4081 \text{ m} \\ &= 23.251 \text{ N/m}^2 \\ &= 3,3724 \text{ psia} \end{aligned}$$

D. Menghitung tebal dinding reactor

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:

$$\text{Max Allowable stress (f)} = 18750 \text{ psia (Coulson hal 812)}$$

$$\text{Efisiensi sambungan (E)} = 0,80 \text{ (tabel 13.2 brownell 1959:254)}$$

$$\text{Faktor koreksi (C)} = 0,125 \text{ in (tabel 6, Timmerhaus, 1991:542)}$$

$$\text{Jari-jari } shell \text{ (ri)} = 47,9583 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} \text{Tekanan (P)} &= P_{\text{operasi}} + P_{\text{hidrostatik}} \\ &= 18,0724 \text{ psia} \end{aligned}$$

Sehingga,

$$= 0,1828 \text{ in}$$

$$\text{Tebal Shell (Ts) standar} = 0,1875 \text{ in}$$

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 *Torisppherical 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

$$\text{ID } shell = 95,9167 \text{ in}$$

$$\text{OD } shell = \text{ID} + 2ts$$

$$= 9,2917 \text{ in}$$

Berdasarkan tabel 5.7 (Brownell & Young, 1959), untuk OD standar maka diambil OD terdekat yaitu :

$$\text{OD} = 102$$

$$\text{Icr} = 6 \frac{1}{8} = 6,125 \text{ in}$$

$$r = 96 \text{ in}$$

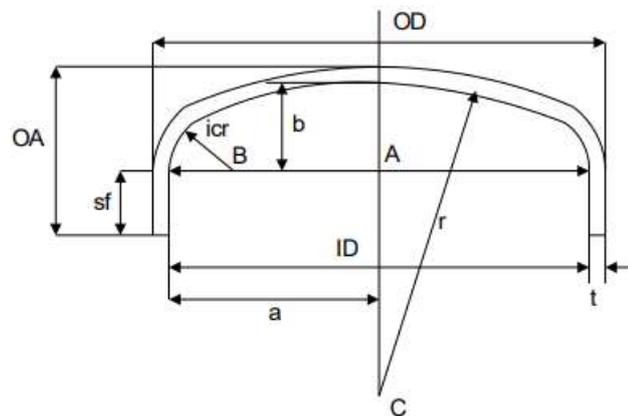
W = factor intensifikasi tegangan untuk jenis *head*, in

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

$$= 2,1789 \text{ in}$$

$$\text{Th} = 0,1880 \text{ in}$$

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

$$\begin{aligned} ID &= OD - 2ts \\ &= 101,6250 \text{ in} \\ &= 8,4654 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{ID}{2} \\ &= 50,8125 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} AB &= a - icr \\ &= 45 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} BC &= r - icr \\ &= 89,8750 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} AC &= \sqrt{BC^2 + AB^2} \\ &= \sqrt{(89,8750)^2 + (45)^2} \\ &= 77,9778 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B &= r - AC \\ &= 18,0222 \text{ in} \end{aligned}$$

Tinggi *head* total

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

$$\begin{aligned} OA &= 20,0222 \text{ in} \\ &= 0,5086 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_{\text{reaktor}} &= 2h_{\text{head}} + h_{\text{shell}} \\
 &= (2 \times 0,5086 \text{ m}) + 3,6544 \text{ m} \\
 &= 4,6715 \text{ m}
 \end{aligned}$$

G. Menghitung ukuran pengaduk

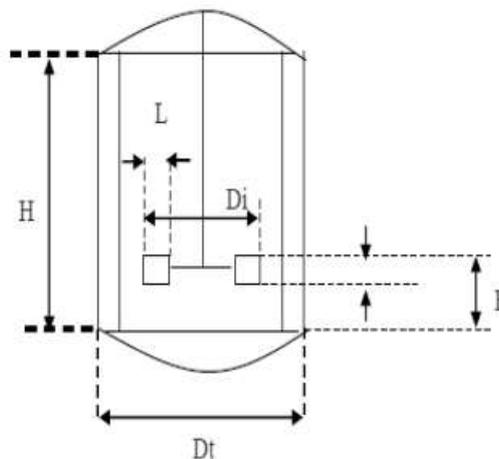
Pada reaktor alir tangki berpengaduk (RATB) dibutuhkan pengaduk untuk mencampurkan beberapa senyawa menjadi satu agar tercampur secara homogen. Berikut perhitungan pengaduk:

$$\begin{aligned}
 \text{Volume cairan} &= 11,2206 \text{ m}^3 \\
 &= 2964 \text{ gallon}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Viskositas cairan} &= 2,2475 \text{ cP} \\
 &= 0,0015 \text{ lb/ft.s}
 \end{aligned}$$

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)

$$Dt/Di = 3$$

$$L/Di = 0,25$$

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

$$wb/Di = 0,17$$

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

$$Dt = 95,9167 \text{ in}$$

$$= 2,4363 \text{ m}$$

Diameter pengaduk (Di):

$$\begin{aligned} Di &= \frac{Dt}{3} \\ &= 0,8121 \text{ m} \end{aligned}$$

Tinggi pengaduk (W)

$$\begin{aligned} W &= Di * 3,9 \\ &= 3,1672 \text{ m} \end{aligned}$$

Lebar pengaduk (L)

$$\begin{aligned} L &= Di * 0,25 \\ &= 0,2030 \text{ m} \end{aligned}$$

Lebar *baffle* (B)

$$\begin{aligned} Wb &= Di * 0,7 \\ &= 0,1381 \text{ m} \end{aligned}$$

Jarak pengaduk dengan dasar tangki (Zi)

$$Z_i = D_i \cdot 1,3$$

$$= 1,0557 \text{ m}$$

H. Menghitung kecepatan putar 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) = $\rho_{\text{cairan}} / \rho_{\text{air}}$

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

WELH = 2,4082 m

$$= 7,9008 \text{ ft}$$

Jumlah pengaduk = $\frac{WELH}{ID}$

$$= \frac{2,4082}{2,4363}$$

$$= 0,988$$

$$= 1 \text{ buah}$$

Maka jumlah pengaduk yang digunakan adalah 1 buah, didapatkan kecepatan putar pengaduk sebesar:

$$N = 87,3297 \text{ rpm}$$

$$= 1,4555 \text{ rps}$$

Jenis motor dipilih *fixed speed belt* karena paling ekonomis, mudah dalam pemasangan dan perbaikan. Maka dari itu dipilih kecepatan standar pengaduk

$$\begin{aligned}\text{Standar pengaduk} &= 100 \text{ rpm} \\ &= 1,667 \text{ rps}\end{aligned}$$

I. Menghitung power pengaduk

$$\begin{aligned}\rho &= 131,8347 \text{ lb/ft}^3 \\ &= 867,0295 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}D_i &= 2,6643 \text{ ft} \\ &= 0,8121 \text{ m}\end{aligned}$$

$$N = 1,4555 \text{ rps}$$

$$\begin{aligned}Re &= \frac{\rho N D_i^2}{\mu} \\ &= 901.910\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_a &= 3.777 \text{ watt} \\ &= 3,7771 \text{ kW} \\ &= 5,0652 \text{ hP}\end{aligned}$$

Maka, berdasarkan peters hal. 512 didapatkan efisiensi motor adalah 85%:

$$P = 5,9591 \text{ hP}$$

$$\text{Power standar } P = 7,5 \text{ hP}$$

(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>	86	45
ΔT_1	158	<i>Higher Temp</i>	113	72

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

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

$$Q \text{ pendingin} = 1.300.438 \text{ kJ/Jam}$$

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

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

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

$$m = 20.614 \text{ kg/jam}$$

Menghitung Luas Transfer Panas

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

Btu/ft².F.jam:

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

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

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

$$A = 3,9875 \text{ m}^2$$

Menghitung Luas selubung

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

$$A = 6,0194 \text{ m}^2$$

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

Menghitung Ukuran Jaket Pendingin

$$ID = OD \text{ tangka} + 2 \text{ jw}$$

$$= 106 \text{ in}$$

Menghitung Tebal Dinding Jaket

t	$= \frac{P \cdot r_i}{f \cdot E - 0.6P} + C$
-----	--

$$t_s = 0,1875$$

$$OD = 108 \text{ in}$$

$$ID = 107,625 \text{ in}$$

Menghitung U_c dan U_d

$$U_C = \frac{h_i h_o}{h_i + h_o}$$

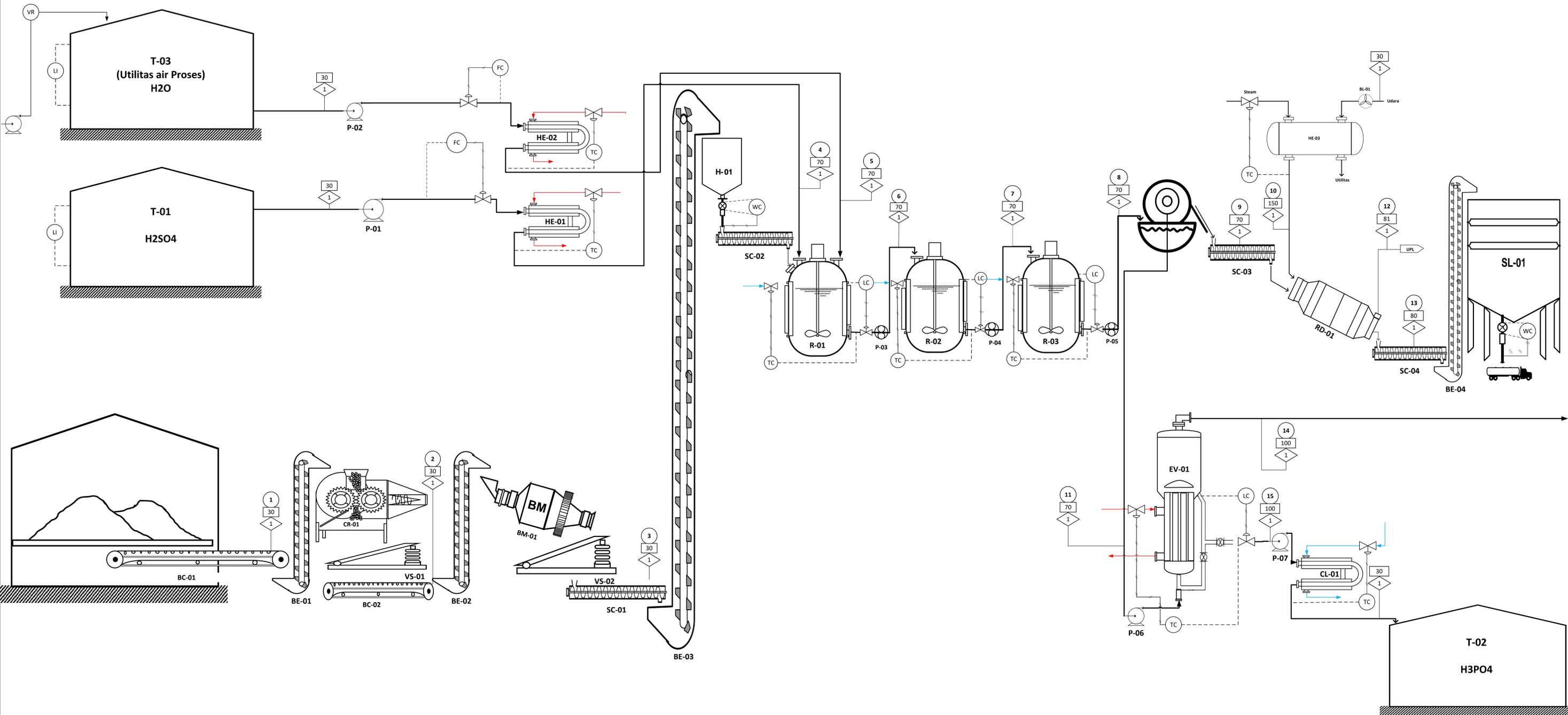
$$U_C = 0,8826 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{j} \cdot ^\circ\text{F}$$

$$U_D = \frac{U_C \cdot h_D}{U_C + h_o}$$

$$U_D = 0,8818 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{j} \cdot ^\circ\text{F}$$

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM PRARANCANGAN PABRIK PHOSPHORIC ACID DARI PHOSPHATE ROCK

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
Kalsium Fosfat (Ca ₃ (PO ₄) ₂)	21700	21700	21700			11158	5050	1657	1657				1657		
Kalsium Oksida (CaO)	224	224	224			224	224	224	224				224		
Magnesium Oksida (MgO)	400	400	400			400	400	400	400				400		
Ferrioksida (Fe ₂ O ₃)	320	320	320			320	320	320	320				320		
Aluminium Oksida (Al ₂ O ₃)	510	510	510			510	510	510	510				510		
Silikon Dioksida (SiO ₂)	960	960	960			960	960	960	960				960		
Flour (F)	152	152	152			152	152	152	152				152		
Asam Sulfat (H ₂ SO ₄)				19208		9608	4010	592	592			562	30		
Air (H ₂ O)	1085	1085	1085	392	16200	13169	11301	10302	4636		5666	4404	232	2267	3400
Kalsium Sulfat Hidrat (CaSO ₄ .2H ₂ O)						17822	27697	33361	33361				33361		
Asam Fosfat (H ₃ PO ₄)						6828	10527	12672				12672			12672
Udara Panas										231140		236106			
JUMLAH	25351	25351	25351	19600	16200	61151	61151	61151	42813	231140	18338	4966	37846	2267	16072

KETERANGAN			
CR	Crusher	FC	Flow Controller
BM	Ball Mill	LC	Level Controller
BC	Belt Conveyor	LI	Level Indicator
BE	Bucket Elevator	WC	Weight Controller
H	Hopper	TC	Temp. Controller
R	Reactor	VR	Volume Recorder
F	Filter	○	Nomor Arus
SL	Silo	□	Temperatur (°C)
SC	Screw Conveyor	◇	Tekanan (Atm.)
SCR	Screening	—	Pipa
EV	Evaporator	—/—	Sinyal Pneumatic
T	Tangki	- - - -	Sinyal Electric
CL	Cooler	BL	Blower
RD	Rotary Dryer		
P	Pompa		



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

**PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRARANCANGAN PABRIK PHOSPHORIC ACID DARI PHOSPHATE ROCK
KAPASITAS PRODUKSI: 100.000 TON/TAHUN**

Dikerjakan oleh:

NAMA : 1. Siti Berlian Ifada Nani
2. Dwi Ramadhanti Putri

DOSEN PEMBIMBING : 1. Arif Hidayat, Dr., S.T., M.T.
2. Diana, Dr., S.T., M.Sc.

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

1. Nama Mahasiswa : Siti Berlian Ifada Nani
No. MHS : 18521045
2. Nama Mahasiswa : Dwi Ramadhanti Putri
No. MHS : 18521135

Judul Prarancangan *) :

PRARANCANGAN PABRIK PHOSPHORIC ACID DARI PHOSPHATE ROCK
DENGAN KAPASITAS 100.000 TON/TAHUN

Mulai Masa Bimbingan : 5 Juni 2022

Batas Akhir Bimbingan : 2 Desember 2022

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1.	22-12-2021	Mencari Jurnal Mengenai Judul Prarancangan Pabrik	
2.	04-01-2022	MSDS Bahan Baku Dan Produk Yang Terlibat	
3.	07-01-2022	Perancangan Reaktor Slurry	
4.	17-01-2022	Tinjauan Kinetika Reaksi	
5.	24-01-2022	Tinjauan Kinetika Reaksi	
6.	08-02-2022	Tinjauan Kinetika Reaksi	
7.	09-02-2022	Neraca Massa	
8.	27-02-2022	Diagram Alir	
9.	11-03-2022	Diagram Alir	
10.	14-03-2022	Perancangan Reaktor	
11.	15-03-2022	Perancangan Reaktor	
12.	19-04-2022	Perhitungan Alat Besar	
13.	20-04-2022	Perhitungan Alat Besar	
14.	18-04-2022	Perhitungan Alat Kecil	
15.	22-04-2022	Perhitungan Alat Kecil	
16.	01-06-2022	Utilitas	
17.	06-06-2022	Evaluasi Ekonomi	

*) Judul PraRancangan Ditulis dengan Huruf Balok

Disetujui Draft Penulisan:

Yogyakarta, 26 Juli 2022

Pembimbing,



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

*) Judul PraRancangan Ditulis dengan Huruf Balok

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

1. Nama Mahasiswa : Siti Berlian Ifada Nani

No. MHS 18521045

2. Nama Mahasiswa : Dwi Ramadhanti Putri

No. MHS 18521135

Judul Prarancangan *) :

PRARANCANGAN PABRIK PHOSPHORIC ACID DARI PHOSPHATE ROCK
DENGAN KAPASITAS 100.000 TON/TAHUN

Mulai Masa Bimbingan : **5 Juni 2022**

Batas Akhir Bimbingan : **2 Desember 2022**

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1.	30-12-2021	Kapasitas Pabrik	
2.	03-01-2022	Konsumsi Asam Fosfat	
3.	05-01-2022	Penentuan Kapasitas Pabrik	
4.	10-03-2022	Neraca Massa	
5.	28-03-2022	Tinjauan Kinetika	
6.	14-04-2022	Volume Reaktor	
7.	22-07-2022	Konsultasi PEFD	
8.	25-07-2022	Konsultasi Naskah	

Disetujui Draft Penulisan:

Yogyakarta, 22 Juli 2022

Pembimbing,



Diana, Dr., S.T., M.Sc.

*) **Judul PraRancangan Ditulis dengan Huruf Balok**

- Kartu Konsultasi Bimbingan dilampirkan pada Laporan PraRancangan
- Kartu Konsultasi Bimbingan dapat difotocopy

KARTU BIMBINGAN REVISI

1. Nama Mahasiswa : Siti Berlian Ifada Nani
NIM : 18521045
2. Nama Mahasiswa : Dwi Ramadhanti Putri
NIM : 18521135
3. Semester/Tahun Akademik :
4. Nama Dosen Penguji : Nur Indah Fajar Mukti, S.T., M.Eng.

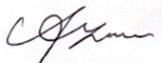
No	Tanggal	Konsultasi	Paraf Dosen
1	12 Agustus 2022	Pemberian Revisi	
2	15 Agustus 2022	Pengumpulan Revisi	

Dosen Penguji 1

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

KARTU BIMBINGAN REVISI

1. Nama Mahasiswa : Siti Berlian Ifada Nani
NIM : 18521045
2. Nama Mahasiswa : Dwi Ramadhanti Putri
NIM : 18521135
3. Semester/Tahun Akademik :
4. Nama Dosen Penguji : Cholila Tamzysi, S.T., M.Eng.

No	Tanggal	Konsultasi	Paraf Dosen
1.	12 Agustus 2022	Pembahasan revisi	
2.	15 Agustus 2022	Pengumpulan revisi	

Dosen Penguji 2



Cholila Tamzisy, S.T., M.Eng.