

**PRA RANCANGAN PABRIK ASAM FOSFAT DARI BATUAN FOSFAT
DAN ASAM SULFAT DENGAN KAPASITAS 200.000 TON/TAHUN**

PRA RANCANGAN PABRIK

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



Oleh :

Nama : M. Rizqal Akbar

Nama : Muh. Reskiawan

No. Mhs : 17521105

No.Mhs : 17521119

KONSENTRASI TEKNIK KIMIA
JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

2021

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL

PRA RANCANGAN PABRIK ASAM FOSFAT DARI BATUAN FOSFAT
DAN ASAM SULFAT DENGAN KAPASITAS 200.000 TON/TAHUN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama	: M. Rizqal Akbar	Nama	: Muh. Reskiawan
No. Mhs	: 17521105	No.Mhs	: 17521119

Yogyakarta, 11 oktober 2021

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

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



M. Rizqal Akbar



Muh. Reskiawan

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

PRA RANCANGAN PABRIK ASAM FOSFAT DARI BATUAN FOSFAT
DAN ASAM SULFAT DENGAN KAPASITAS 200.000 TON/TAHUN



PERANCANGAN PABRIK

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat

Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia

Oleh :

Nama : M. Rizqal Akbar

Nama : Muh. Reskiawan

No. Mhs : 17521105

No.Mhs : 17521119

Yogyakarta, 11 oktober 2020

Pembimbing I

PembimbingII

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

Fadilla Noor Rahma, S.T., M. Sc.

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

PRA RANCANGAN PABRIK ASAM FOSFAT DARI BATUAN FOSFAT DAN ASAM SULFAT DENGAN KAPASITAS 200.000 TON /TAHUN

PERANCANGAN PABRIK

Oleh :

Nama : M. Rizqal Akbar Nama : Muh. Reskiawan
No. Mhs : 17521105 No. Mhs : 17521119

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

Yogyakarta, 22 Oktober 2021

Tim Penguji

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

Ketua Penguji



Lilis Kistriyani, S.T., M.Eng.

Penguji I



Lucky Wahyu Nuzulia, S.T., M.Eng.

Penguji II



Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Kimia
Fakultas Tekonologi Industri
Universitas Islam Indonesia



Suharno Rusdi, Ph.D.

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Wr., Wb.

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

Tugas Akhir Pra Rancangan Pabrik yang berjudul “Pra Rancangan Pabrik Asam fosfat Dari Batuan fosfat dan Asam sulfat dengan Kapasitas 200.000 Ton/Tahun”, disusun sebagai penerapan dari ilmu teknik kimia yang telah diperoleh selama dibangku kuliah, dan merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

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

1. Allah SWT yang selalu melimpahkan Rahmat dan Hidayahnya yang senantiasa memberikan kemudahan dalam mengerjakan Tugas Akhir ini.
2. Orang Tua dan Keluarga yang selalu memberikan doa, semangat, dan dukungan yang tiada henti-hentinya.
3. Bapak Hari Purnomo, Prof., Dr., Ir., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Dr. Suharno Rusdi selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia
5. Bapak Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing I dan Ibu Fadilla Noor Rahma, S.T., M. Sc. selaku Dosen Pembimbing II Tugas

Akhir yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

6. Seluruh civitas akademika di lingkungan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
7. Teman – teman Teknik Kimia 2017 yang selalu memberikan dukungan, semangat, dan kerja samanya.
8. Semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu per satu yang telah membantu penyusunan Tugas Akhir ini.

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

Wassalamu'alaikum Wr., Wb.

Yogyakarta, 11 Oktober 2021

M. Rizqal Akbar



Muh, Reskiawan



LEMBAR PERSEMBAHAN



Karya ini saya persembahkan kepada:

Bapak Setiawan dan Ibu Misnawati serta Abang Ardi yang telah memberikan do'a, dorongan, motivasi dan kasih sayang yang amat sangat luar biasa. Terima kasih telah berjuang dan berkorban begitu banyaknya untuk ika hingga ika bisa mencapai tahap ini, Lembar persembahan ini tidak akan pernah cukup untuk menggambarkan rasa terima kasih ika untuk mamah dan papa. Terima kasih papah yang sudah menjadi sosok guru yang sudah mengajarkan apa artinya hidup, mengajarkan bagaimana seharusnya menjadi seorang pemimpin, dan menjadi sosok panutan ika dalam menjalanin hidup. Terima kasih juga mamah karena telah memberikan dukungan dan do'a yang tiada henti sampai sekarang, tanpa do'a mama ika tidak akan bisa sampai di tahap ini. Terima kasih sudah menjadi "RUMAH" yang nyaman untuk ika pulang. Terima kasih mamah, Terima kasih mamah, Terima kasih mamah, Terima kasih papa.

Muh. Reskiawan sebagai partner pra rancangan pabrik saya ini, yang selama ini telah bersabar dan terus berjuang dalam penyusunan pra rancangan pabrik ini walaupun kadang saya suka ngilang dan tidak ikut serta mengerjakan TA. Terima kasih atas waktu, ilmu, semangat dan dukungan selama ini. Semoga kita mendapatkan ilmu yang bermanfaat untuk diri sendiri maupun orang lain.

Teman, sahabat, saudara mulai dari kos Putra Sunda, Pemuda Ulil Albab, bestai-bestai, dan "kamu". Terima kasih telah menerima segala sifat aneh saya selama perkuliahan, Terima kasih telah menjadi teman dan saudara yang membantu saya menjalani masa perkuliahan dengan baik dan menyenangkan. Semoga kita diberikan ilmu yang bermanfaat dan sukses untuk kedepannya dan dipertemukan diwaktu dan tempat terbaik.

Teknik Kimia UII 2017, almamater tercinta, yang punya andil besar didalam membentuk karakter pribadi menjadi lebih baik. Terimakasih sudah mengizinkan

saya untuk menjadi bagian dari keluarga ini. Semoga kalian dapat meraih apa yang dicita-citakan.

(M. Rizqal Akbar)



LEMBAR PERSEMBAHAN



Karya ini saya persembahkan kepada:

Bapak Abd Hafid dan Ibu Wahdaniah serta adik-adik saya yang telah memberikan do'a, dorongan, motivasi dan kasih sayang yang amat sangat luar biasa. Terima kasih telah berjuang dan berkorban begitu banyaknya, Lembar persembahan ini tidak akan pernah cukup untuk menggambarkan rasa terima kasih saya ibu bapak.

M. Rizqal Akbar sebagai partner pra rancangan pabrik saya ini, yang selama ini telah bersabar dan terus berjuang dalam penyusunan pra rancangan pabrik ini. Terima kasih atas waktu, ilmu, semangat dan dukungan selama ini. Semoga kita mendapatkan ilmu yang bermanfaat untuk diri sendiri maupun orang lain.

Teman, sahabat, Terima kasih telah selalu bertanya tentang materi kuliah sehingga membuat saya lebih paham tentang materi itu dan menerima segala sifat aneh saya selama perkuliahan, Terima kasih telah menjadi teman dan saudara yang membantu saya menjalani masa perkuliahan dengan baik dan menyenangkan. Semoga kita diberikan ilmu yang bermanfaat dan sukses untuk kedepannya dan dipertemukan di waktu dan tempat terbaik.

Teknik Kimia UII 2017, almamater tercinta, yang punya andil besar didalam membentuk karakter pribadi menjadi lebih baik. Terimakasih sudah mengizinkan saya untuk menjadi bagian dari keluarga ini. Semoga kalian dapat meraih apa yang dicita-citakan.

(Muh. Reskiawan)

ABSTRAK

Asam fosfat merupakan bahan baku utama pembuatan pupuk fosfat. Dimana sekitar 80% dari produksi asam fosfat dunia digunakan sebagai bahan baku pembuatan pupuk fosfat dan sebagian kecil lainnya untuk bahan baku produk lain. Untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri sehingga angka impor asam fosfat menurun, maka dirancang pabrik Asam fosfat (H_3PO_4) dengan kapasitas 200.000 ton/tahun dengan bahan baku batuan fosfat sebanyak 354.100,58 ton/tahun dan Asam Sulfat sebanyak 253.959,49 ton/tahun.. Pabrik Asam fosfat direncanakan didirikan di daerah kawasan industri Batang, Jawa Tengah. Pabrik beroperasi selama 330 hari dalam 1 tahun. Proses produksi dilakukan dengan metode *wet proces* yang dilakukan pada dua *Continuous stirring reactor tank (RATB)* yang disusun secara seri pada kondisi operasi $70^{\circ}C$ dan tekanan satu atm. perbandingan komponen umpan mol reaktan antara batuan fosfat dengan Asam sulfat adalah 1:0,5. Dengan kondisi operasi tersebut dan mengacu pada jurnal dan paten yang ada. Nilai konversi didapat sebesar 93% . Proses pemurnian yang terjadi di *Absorber* adalah penjerapan gas HF oleh air. Proses pemisahan terjadi secara dua tahap, tahap pertama pemisahan menggunakan *Rotary filter Drum* dimana hasil pemisah terbagi menjadi 2, produk padat (gypsum) akan dialirkan ke tangki penyimpanan gypsum sedangkan produk cair (Asam fosfat dan air) akan dialirkan menuju *Evaporator*. Hasil keluaran *Evaporator* atas dialirkan sebagai arus buangan yang berupa uap air dengan kemurnian 100% dan hasil keluaran bawah *Evaporator* berupa produk Asam fosfat dengan kemurnian 75% dialirkan menuju tangki penyimpanan produk. Dalam menunjang proses produksinya, diperlukan air untuk proses utilitas sebanyak 182174,3869 kg/jam dan 397 kW listrik yang disediakan oleh PLN, serta generator sebagai cadangan. Sebuah parameter kelayakan pendirian pabrik menggunakan analisis ekonomi dengan modal total investasi yang terdiri dari Penanaman Modal Tetap sebesar Rp846.076.853.975 dan Modal Kerja Rp2.018.115.036.675. Total Biaya produksi Rp. 2.142.069.809.140 dan Penjualan Tahunan Rp. 2.844.006.552.735 sehingga didapat keuntungan sebelum pajak Rp701.936.743.594,69 dan keuntungan setelah pajak Rp336.929.636.925. Analisa kelayakan dilihat dari nilai *Return On Investment (ROI)* setelah pajak 29,11%, *Pay Out Time (POT)* sesudah pajak 3 tahun, *Discounted Cash FlowRate of Return (DCFRR)* 25,37%, *Break Event Point (BEP)* 27,29%, dan *Shut Down Point (SDP)* 14,10%. Dari parameter kelayakan di atas, dapat disimpulkan bahwa pabrik Asam fosfat ini layak untuk didirikan.

Kata kunci: Asam fosfat, *wet proces*, pupuk fosfat

ABSTRACT

Phosphoric acid is the main raw material for making phosphate fertilizers. Where about 80% of the world's production of phosphoric acid is used as raw material for the manufacture of phosphate fertilizers and a small portion is used as raw material for other products. To supply domestic demand, a phosphoric acid (Hplant is designed:PO₄) with a capacity of 200,000 tons/year with as much as 354,100.58 tons/year of phosphate rock and 253.959.49 tons/year of Sulfuric Acid. planned to be established in the Batang industrial area, Central Java. The factory operates for 330 days in 1 year. The production process is carried out using *wet process* method which is carried out on two *Continuous Stirring Reactor Tanks (RATB)* which are arranged in series at an operating condition of 70°C and a pressure of one atm. the ratio of reactant mole feed components between phosphate rock and sulfuric acid is 1:0.5. With these operating conditions and referring to existing journals and patents. The conversion is about 93%. The purification process that occurs in the *Absorber* is the absorption of HF gas by water The separation process occurs in two stages, the first stage of separation using a *Rotary filter drum* where the results of the separator are divided into 2, the solid product (gypsum) will flow into the gypsum storage tank while the liquid product (phosphoric acid and water) will flow into the *Evaporator*. The output of the upper *Evaporator* is flowed as a waste stream in the form of water vapor with 100% purity and the lower output of the *Evaporator* is Phosphoric acid product with a purity of 75% which is flowed into the product storage tank. In supporting the production process, 182174.3869 kg/hour of water for the utility process is needed and 397 kW of electricity provided by PLN, as well as a generator as a backup. A parameter of the feasibility of establishing a factory using economic analysis with a total investment capital consisting of Fixed Capital Investment of Rp. 846,076.853,975 and Working Capital of Rp. 2,018,115,036,675. Total production cost Rp. 2,142,069,809,140 and Annual Sales of Rp. 2,844,006,552,735 so that the profit before tax is IDR 701,936,743,594,69 and the profit after tax is IDR 336,929,636,925. The feasibility analysis is seen from the *Return On Investment (ROI)* after tax 29.11%, *Pay Out Time (POT)* after tax 3 years, *Discounted Cash FlowRate of Return (DCFRR)* 25.37%, *Break Event Point (BEP)* 27, 29%, and *Shut Down Point (SDP)* 14.10%. From the feasibility parameters above, it can be concluded that this phosphoric acid plant is feasible to build.

Keywords: Phosphoric acid, wet process, phosphate fertilizer

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL .Error! Bookmark not defined.	
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	i
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	iii
KATA PENGANTAR	iv
LEMBAR PERSEMBAHAN	vi
ABSTRAK	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Penentuan Kapasitas	3
1.3. Tinjauan Pustaka	15
BAB II PERANCANGAN PRODUK	21
2.1. Spesifikasi Produk	21
2.2. Spesifikasi Bahan Baku	22
2.3. Pengendalian Kualitas	24
BAB III PERANCANGAN PROSES	28
3.1. Uraian Proses	28
3.2. Spesifikasi Alat Proses	32
3.2.1. <i>Crusher</i>	32
3.2.2. <i>Reaktor</i>	34
3.2.3. <i>Filter</i>	36
3.2.4. <i>Evaporator</i>	36
3.2.5. <i>Absorber</i>	37
3.2.6. <i>Belt Conveyor</i>	38
3.2.7. <i>Bucket Elevator</i>	39
3.2.8. <i>Screw Conveyor</i>	39
3.2.9. <i>Screen</i>	41
3.2.10. <i>Silo</i>	41

3.2.11.	Gudang Penyimpanan Bahan Baku.....	42
3.2.12.	Tangki Penyimpan Bahan Baku, Bahan pembantu dan Produk	43
3.2.14.	<i>Heat exchanger</i>	44
3.2.15.	Pompa.....	46
3.3.	Perencanaan Produksi.....	48
3.3.1.	Kapasitas Perancangan.....	48
3.3.2.	Perencanaan Bahan Baku.....	49
3.3.3.	Perencanaan Alat Proses	50
BAB IV PERANCANGAN PABRIK		51
4.1.	Penentuan Lokasi Pabrik	51
4.1.1.	Sumber Bahan Baku.....	51
4.1.2.	Pemasaran Produk.....	52
4.1.3.	Penyediaan Utilitas	52
4.1.4.	Jenis Transportasi.....	52
4.1.5.	Kedadaan Masyarakat	53
4.1.6.	Karakteristik Lokasi	53
4.1.7.	Kebijakan Pemerintah dan Kebutuhan Tenaga Kerja.....	53
4.2.	Tata Letak Pabrik	54
4.3.	Tata Letak Alat Proses	57
4.5.	Neraca Massa	61
4.5.1.	Neraca Massa Total.....	61
4.5.2.	Neraca Massa di <i>Crusher</i> (CR-01).....	62
4.5.3.	Neraca Massa di <i>Ball Mill</i> (BM-01)	62
4.5.4.	Neraca Massa di <i>Vibrating Screen</i> (VS-01).....	63
4.5.5.	Neraca Massa di Reaktor (R-01).....	63
4.5.6.	Neraca Massa di <i>Rotary Vacuum Filter Drum</i> (F-01)	64
4.5.7.	Neraca Massa di <i>Evaporator</i> (EV-01)	64
4.5.8.	Neraca Massa di <i>Absorber</i> (AB-01).....	65
4.6.	Neraca Panas	66
4.6.1.	Neraca Panas Reaktor (R)	66
4.6.2.	Neraca Panas <i>Rotary Vacuum Filter Drum</i> (F-01)	66
4.6.3.	Neraca Panas <i>Evaporator</i> (EV-01)	67

4.6.4.	Neraca Panas <i>Absorber</i> (AB-01).....	67
4.7.	Utilitas	70
4.7.1.	Unit Penyedia dan Pengelolaan Air	70
4.7.2.	Unit Pembangkit Steam	81
4.7.3.	Unit Pembangkit dan Pendistribusian Listrik	82
4.7.4.	Unit Penyedia Udara Instrumen.....	85
4.7.5.	Unit Penyedia Bahan Bakar	85
4.7.6.	Unit Pengelolaan Limbah.....	85
4.8.	Laboratorium	86
4.9.	Keamanan, Kesehatan, dan Keselamatan Kerja (K3)	88
4.10.	Manajemen Pereusahaan.....	88
4.10.1.	Bentuk Perusahaan	89
4.10.2.	Struktur Organisasi	90
4.10.3.	Tugas dan Wewenang	92
4.10.4.	Jam Kerja Karyawan	96
4.11.	Evaluasi Ekonomi.....	99
4.11.1.	Perkiraan Harga Alat.....	99
4.11.2.	Perhitungan Biaya	102
4.11.3.	Analisa Kelayakan	105
4.11.4.	Hasil Perhitungan.....	109
4.11.5.	Analisa Keuntungan.....	113
4.11.6.	Hasil Kelayakan	113
BAB V PENUTUP.....		117
5.1.	Kesimpulan.....	117
5.2.	Saran.....	118
DAFTAR PUSTAKA		120
LAMPIRAN A		123

DAFTAR TABEL

Tebel 1. 1 Produksi Asam fosfat dalam negeri	6
Tebel 1. 2 Produksi Asam fosfat dalam negeri	6
Tabel 1. 3 Negara dengan Cadangan batuan fosfat terbanyak	7
Tabel 1. 4 Data Impor Asam Fosfat di Indonesia	9
Tabel 1. 5 Data Ekspor Asam Fosfat di Indonesia.....	11
Tabel 1. 6 Data Konsumsi Asam Fosfat di Indonesia.....	13
Tabel 1. 6 Syarat mutu batuan fosfat sebagai bahan dasar pembuatan asam fosfat	15
Tabel 3. 1 Spesifikasi <i>Crusher</i>	32
Tabel 3. 2 Spesifikasi <i>Ball Mill</i>	32
Tabel 3. 3 Spesifikasi <i>Reaktor</i>	34
Tabel 3. 4 Spesifikasi Filter	36
Tabel 3. 5 Spesifikasi <i>Evaporator</i>	36
Tabel 3. 6 Spesifikasi <i>Absorber</i>	37
Tabel 3. 7 Spesifikasi <i>Belt Conveyor</i>	38
Tabel 3. 8 Spesifikasi <i>Bucket Elevator</i>	39
Tabel 3. 9 Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i>	40
Tabel 3. 10 Spesifikasi <i>Screen</i>	41
Tabel 3. 11 Spesifikasi <i>Silo</i>	41
Tabel 3. 12 Spesifikasi Gudang	42
Tabel 3. 13 Spesifikasi Tangki.....	43
Tabel 3. 14 Spesifikasi <i>Heat exchanger</i>	44
Tabel 3. 16 Spesifikasi Pompa	46
Tabel 3. 15 Kebutuhan Bahan Baku	49
Tabel 4. 1 Perincian Luas Tanah.....	56
Tabel 4. 1 Neraca massa total	61
Tabel 4. 2 Neraca massa di <i>Crusher</i>	62
Tabel 4. 3 Neraca massa di <i>Ball Mill</i>	62
Tabel 4. 4 Neraca massa di <i>Vibrating Screen</i>	63
Tabel 4. 5 Neraca massa di reaktor	63
Tabel 4. 6 Neraca massa di filter.....	64

Tabel 4. 7 Neraca massa di <i>Evaporator</i>	64
Tabel 4. 8 Neraca massa di <i>Absorber</i>	65
Tabel 4. 9 Neraca panas di reaktor	66
Tabel 4. 10 Neraca panas di filter	66
Tabel 4. 11 Neraca panas di <i>Evaporator</i>	67
Tabel 4. 12 Neraca panas di <i>Absorber</i>	67
Tabel 4. 13 Kebutuhan air proses.....	79
Tabel 4. 14 Kebutuhan air proses.....	79
Tabel 4. 15 Kebutuhan air proses.....	80
Tabel 4. 16 Kebutuhan air <i>domestic</i>	81
Tabel 4. 20 Kebutuhan air <i>service</i>	81
Tabel 4. 21 Kebutuhan listrik proses.....	83
Tabel 4. 21 Kebutuhan listrik utilitas	84
Tabel 4.22. Jadwal shift kerja karyawan.....	98
Tabel 4.23. Harga Index CEPCI	100
Tabel 4. 24 <i>Physical Plant Cost (PPC)</i>	109
Tabel 4. 25 <i>Direct Plant Cost (DPC)</i>	110
Tabel 4. 26 <i>Fixed Capital Investment (FCI)</i>	110
Tabel 4. 27 <i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	110
Tabel 4. 28 <i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	110
Tabel 4. 29 <i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	111
Tabel 4. 30 <i>Manucfaring Cost (MC)</i>	111
Tabel 4. 31 <i>Working Capital (WC)</i>	111
Tabel 4. 32 <i>General Expense (GE)</i>	111
Tabel 4. 33 Total Biaya Produksi.....	112
Tabel 4. 34 <i>Fixed Cost (Fa)</i>	112
Tabel 4. 35 <i>Variable Cost (Va)</i>	112
Tabel 4. 36 <i>Regulated Cost (Ra)</i>	112

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Diagram konsumsi asam fosfat dunia	4
Gambar 1. 2 Grafik impor dari Tahun 2016-2020	10
Gambar 1. 3 Grafik Ekspor dari Tahun 2016-2020	12
Gambar 1. 4 Grafik Konsumsi dari Tahun 2016-2020	13
Gambar 4. 1 Lokasi Pendirian Lokasi.....	54
Gambar 4. 2 Tata Letak Pabrik dan Alat Proses	59
Gambar 4. 3 Flow Diagram Kuantitatif	68
Gambar 4. 4 Flow Diagram Kualitatif	69
Gambar 4. 5 Struktur Organisasi.....	91
Gambar 4. 6 Hubungan tahun terhadap index CEPCI	101
Gambar 4. 7 Grafik BEP	115

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

1.1.1. Latar Belakang Pendirian Pabrik

Sebagai negara berkembang, sudah sewajarnya bagi Indonesia untuk mulai melakukan pengembangan dan pembangunan diberbagai sektor, terutama pada sektor industri. Sektor industri merupakan sektor yang paling berkontribusi pada nilai Pendapatan Domestik Bruto (PDB) indonesia. Dua sub-sektor industri yang paling berpengaruh adalah sektor tambang dan sektor manufaktur.

Manufaktur adalah suatu cabang industri yang mengaplikasikan teknologi dan sumber daya manusia dalam membuat suatu proses untuk mengubah bahan mentah menjadi barang jadi untuk dijual. Fokus kegiatan manufaktur tiap negara tentu berbeda-beda tergantung dari kebutuhan maupun kemampuan dari negara tersebut.

Indonesia sebagai negara agraris tropis terbesar didunia setelah brazil sudah seharusnya menjadi salah satu produsen sari produk-produk pada sektor pertanian. Namun, demikian diketahui bahwa dengan peluang seperti itu indonesia masih belum mampu memaksimalkannya dikarenakan oleh berbagai faktor. Untuk bisa terus tumbuh dan berkembang kedepannya, pemerintah sudah seharusnya

mengembangkan industri atau manufaktur yang dapat memaksimalkan kemampuan indonesia sebagai negara agraris dalam bidang pertanian.

Pupuk adalah produk dari industri kimia yang menjadi salah satu yang perlu diperhatikan dalam rangka memaksimalkan keuntungan indonesia sebagai negara agraris. Pupuk sendiri adalah suatu bahan kimia yang mengandung satu atau lebih unsur hara atau nutrisi bagi tanaman untuk menopang tumbuh dan berkembangnya tanaman. Unsur hara yang diperlukan oleh tanaman adalah: C, H, O (ketersediaan di alam melimpah), N, P, K, Ca, Mg, S (hara makro), dan Fe, Mn, Cu, Zn, Cl, Mo, B (hara mikro).

Fosfor (P) merupakan salah satu unsur hara makro artinya unsur ini dibutuhkan oleh tanaman dalam jumlah besar. Sehingga, salah satu pupuk pertanian yang banyak dikonsumsi merupakan pupuk yang mengandung fosfor (P) seperti pupuk NPK, DSP, TSP, SP-36, PONSKA dan pupuk fosfat lainnya. Dalam pemenuhan kebutuhan pupuk tersebut dapat dilakukan dengan cara pendirian pabrik pupuk dalam negeri, guna mencukupi kebutuhan pertanian dalam negeri untuk melakukan swasembada pangan.

Asam fosfat sebagai bahan baku utama pembuatan pupuk fosfat dapat dihasilkan dari reaksi antara batuan fosfat dengan asam sulfat melalui berbagai reaksi dan proses. Asam fosfat yang dibutuhkan Indonesia dipenuhi dari PT. Petrokimia Gresik yang memiliki kapasitas

produksi 400.000 ton / tahun. Kapasitas tersebut belum dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri sehingga angka impor asam fosfat masih terbilang tinggi mencapai 600.000ton / tahun sehingga guna memenuhi kebutuhan tersebut dibutuhkan impor dari Yordania sebanyak 400.000 ton / tahun. Dengan angka impor asam fosfat yang masih tinggi seperti itu dan juga mengingat harga asam fosfat yang juga tergolong mahal mengakibatkan anggaran APBN untuk mengimpor asam fosfat besar, sehingga dengan Pendirian pabrik asam fosfat ini diharapkan dapat menjadi solusi untuk pemenuhan kebutuhan asam fosfat yang besar di Indonesia.

1.1.2. Tujuan

Prarancangan pabrik asam fosfat dari batuan fosfat dan asam sulfat bertujuan:

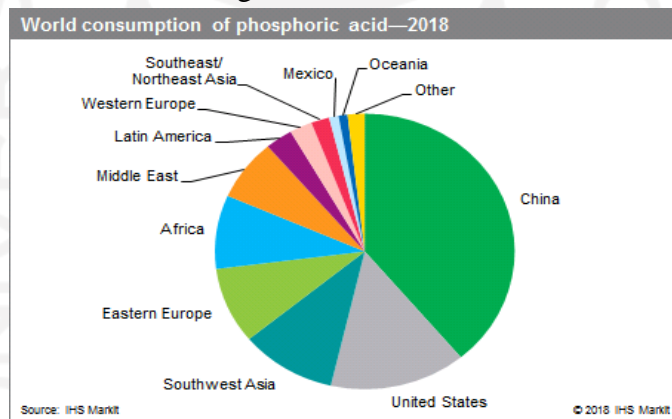
1. Mendapatkan keuntungan dari pabrik yang didirikan.
2. Meningkatkan pendapatan negara pada sektor industri.
3. Memenuhi kebutuhan asam fosfat negara.
4. Mengurangi impor asam fosfat oleh negara.
5. Memacu pertumbuhan industri petrokimia khususnya industri pupuk fosfat dengan ketersediaan bahan baku
6. Menciptakan lapangan pekerjaan dan turut serta berupaya dalam mengurangi angka pengangguran.

1.2. Penentuan Kapasitas

1.2.1. Kebutuhan Produk

Pemanfaatan utama produk Asam fosfat adalah sebagai bahan baku pembuatan pupuk fosfat, Pembuatan pupuk menghabiskan 80-90% dari keseluruhan produksi asam fosfat dan sisanya digunakan pada berbagai industri lainnya. Dipicu oleh pertumbuhan ekonomi yang sangat pesat, China konsumen asam fosfat terbesar di dunia diikuti oleh *United State, eastern Europe, South West Asia, Africa* dan negara negara lainnya yang dapat dilihat pada gambar 1. 1.

Gambar 1. 1 Diagram konsumsi asam fosfat dunia



Source : <https://ihsmarkit.com/products/phosphoric-acid-chemical-economics-handbook.html>

Permintaan terhadap asam fosfat semakin meningkat seiring dengan meningkatnya permintaan pasar akan pupuk termasuk jenis pupuk fosfat, apalagi Indonesia sebagai salah satu negara agraris dengan luas lahan pertanian terbesar tentu semestinya terus mengembangkan pemanfaatan lahan sehingga kebutuhan akan produk pupuk seperti pupuk fosfat akan terus menerus meningkat.

Meningkatnya kebutuhan akan pupuk fosfat ini tentu akan mempengaruhi tingkat permintaan asam fosfat sebagai bahan baku utamanya, kebutuhan asam fosfat yang makin tinggi tentu membuat angka impor asam fosfat makin tinggi pula. Oleh karenanya, dibutuhkan adanya pabrik asam fosfat demi memenuhi kebutuhan dalam negeri sehingga negara dapat mengurangi angka impor.

1.2.2. Produksi Produk

Pada tahun 2015, produksi asam fosfat dunia mencapai sekitar 83 mln MT dan akan meningkat 20 mln MT dalam 10 tahun terakhir. Produsen-produsen terbesar asam fosfat di antaranya China (35 mln MT), *The United State* (14 mln TM), *Marocco* (8,5 mln TM), Russia (5 mln TM), India (3 mln MT), *The Europea Union* (2,5 mln MT) dan Brazil (2 mln MT). Asam fosfat pada umumnya dikonsumsi sendiri oleh negara penghasilnya, terlihat dari angka *global exports* pada tahun 2015 yaitu hanya sekitar 7,6 mln MT atau sekita 9% dari total *global production*, dimana 2 negara pengekspor terbanyak adalah maroko (4mln MT) dan jordania (<1mln MT) dan 2 negara pengimpor terbanyak adalah India (3mln MT) dan *the European Union* (1,5 mln MT). Hal ini menunjukkan bahwa angka kebutuhan dari asam fosfat sangat tinggi sehingga negara negara produsen asam fosfat lebih memilih menggungkannya untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri masing-masing.

Tabel 1. 1 Produksi Asam fosfat dalam negeri

Perusahaan	Negara	Produksi (Ton/Tahun)
<i>Incitec Pivot</i>	<i>Australia</i>	450000
<i>Vale Fertilizantes</i>	<i>Brazil</i>	280000
<i>State Company For Phosphate</i>	<i>Irak</i>	400000
<i>Maroc Phosphore 1 / 4</i>	<i>Maroco</i>	165000

Menyikapi perkembangan angka kebutuhan asam fosfat dari dulu hingga sekarang sudah sewajarnya bagi Indonesia untuk terus membangun dan mengembangkan produksi asam fosfat dalam negeri. Produksi asam fosfat dalam negeri diwujudkan melalui beberapa perusahaan besar seperti PT. Petrokimia Gresik, PT. Pupuk Kaltim, dan PT. Pupuk Sriwijaya dimana data produksi tiap perusahaan telah dirangkum dalam tabel 1.2.2 dibawah ini.

Tabel 1. 2 Produksi Asam fosfat dalam negeri

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

Namun demikian, produksi dari dalam negeri ini belum mampu mencukupi keseluruhan kebutuhan akan asam fosfat sehingga diperlukan

pembangunan perusahaan baru untuk menutupi kekurangan produksi dalam negeri ini sehingga dapat menekan angka impor kedepannya.

1.2.3. Ketersediaan Bahan Baku

Keberadaan batuan fosfat di Indonesia cukup banyak ditemukan, antara lain dijumpai di Tasikmalaya, Cileungsi, Ciamis, Bumiayu dan di Bangkalan sampai Sumenep. Umumnya deposit fosfat alam ditemukan di daerah-daerah yang banyak mengandung kapur. Batuan fosfat di beberapa daerah di Indonesia seperti daerah Jawa memiliki kadar P_2O_5 33%. (fosfat alam). Namun pada daerah lain fosfat alam yang ada di Indonesia umumnya mempunyai kandungan P yang rendah, sebagian besar kelas D atau E, artinya kandungannya di bawah 20% dan jumlahnya hanya cocok untuk penambangan kecil (buku fosfat alam¹). Negara dengan sumber cadangan batuan fosfat terbanyak meliputi China, USA, Marocco, dan negara lain dengan kapasitas yang dapat dilihat pada tabel 1.3

Tabel 1. 3 Negara dengan Cadangan batuan fosfat terbanyak

Countries	Production (in '000 metric tons)
<i>China</i>	65000
<i>USA</i>	26.100
<i>Maroco and Western Sahara</i>	26.000
<i>Tunisia</i>	10.000

<i>Jordan</i>	7600
---------------	------

(sumber: phosphoricacidintech)

Bahan baku pembuatan asam fosfat umumnya didatangkan dari china, Pertimbangan penggunaan batuan fosfat dari Cina didasarkan pada hal-hal berikut:

- Mutu batuan fosfat dalam negeri spesifikasinya berada di bawah nilai yang dipersyaratkan untuk pembuatan asam fosfat. Batuan fosfat yang layak digunakan minimal mengandung P_2O_5 32% - 34% sedangkan batuan fosfat lokal hanya mengandung maksimal 22.9%
- Tipe batuan fosfat lokal adalah tipe guano fosfat yang lokasinya terpecah-pecah dan bukan jenis sedimen sehingga menyulitkan dalam melakukan eksploitasi disamping kandungan fosfatnya yang tidak homogen.

Selain itu bahan baku utama dari pembuatan asam fosfat adalah asam sulfat, bahan ini dapat diperoleh dari produsen asam sulfat dalam negeri seperti PT. Petrokimia Gresik atau dari produsen luar negeri melalui impor.

1.2.4. Penentuan Kapasitas Pabrik

Kapasitas Produksi dari suatu pabrik ditentukan oleh berbagai faktor dimana salah satu yang paling mempengaruhi adalah nilai peluang pasar. Nilai peluang pasar ini ditentukan dari data data terkait produk tersebut seperti data impor, ekspor, produksi dan konsumsi dalam negeri.

a. *Supply*

Supply adalah suatu produk diperoleh dari impor dan produksi.

Berdasarkan data dari BPS (Badan Pusat Statistik),

- Impor

Data statistika yang diterbitkan badan pusat statistik tentang Impor asam fosfat di Indonesia pada tahun 2016 sampai dengan 2020 dapat dilihat pada Tabel dibawah ini.

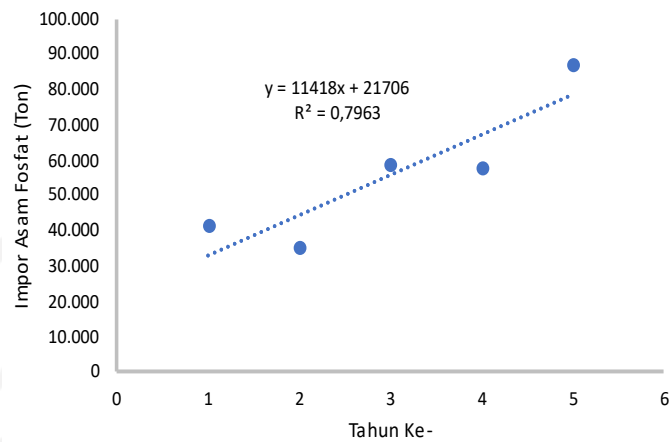
Tabel 1. 4 Data Impor Asam Fosfat di Indonesia

Tahun	Jumlah(Ton)
2016	41.490
2017	34.824
2018	58.623
2019	57.749
2020	87.118

(Sumber : Badan Pusat Statistik Indonesia, 2016-2018)

Berdasarkan data di atas, dapat diketahui bahwa industri di Indonesia masih membutuhkan Asam Fosfat dari luar negeri untuk memenuhi kebutuhan bahan baku dalam usahanya. Dari data impor asam fosfat Indonesia yang tersaji pada Tabel 1.4 dengan asumsi mengabaikan penurunan impor, dapat dilihat bahwa kebutuhan asam fosfat di Indonesia dari tahun ke tahun cenderung semakin meningkat

Gambar 1. 2 Grafik impor dari Tahun 2016-2020



Perkiraan Impor asam fosfat di Indonesia pada tahun yang akan datang saat pembangunan pabrik dapat dihitung dengan menggunakan persamaan $y = 11418x + 21706$ dimana nilai x sebagai tahun dan y sebagai jumlah impor asam fosfat. Sehingga pada tahun 2025 (tahun ke-10) impor di Indonesia adalah:

$$\begin{aligned}
 y &= 11418x + 21706 \\
 &= 11418(10) + 21706 \\
 &= 135886 \text{ ton/tahun}
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 \text{Supply} &= \text{Impor} + \text{Produksi} \\
 &= (135886 + 800.000) \text{ ton/th} \\
 &= 935.886 \text{ ton/th}
 \end{aligned}$$

b. Demand

- Ekspor

Data statistika yang diterbitkan badan pusat statistik tentang ekspor asam fosfat di Indonesia pada tahun 2016 sampai dengan 2020 dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

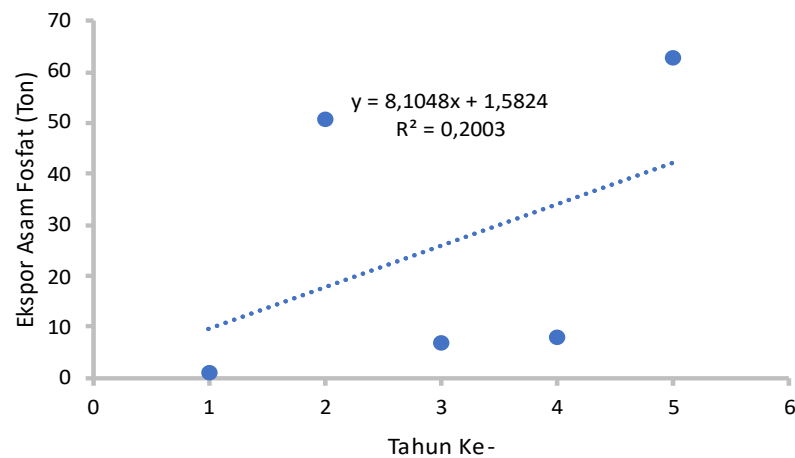
Tabel 1. 5 Data Ekspor Asam Fosfat di Indonesia

Tahun	Jumlah (Ton)
2016	0,84
2017	50,8
2018	7,02
2019	8,08
2020	62,7

(Sumber : Badan Pusat Statistik Indonesia, 2016-2018)

Berdasarkan data diatas dapat disimpulkan bahwa Indonesia juga termasuk salah satu negara yang mampu mengekspor asm fosfat meskipun memiliki angka penurunan pada tahun 2017 ke tahun 2018 sehingga tidak dapat di asumsikan apabila tidak terjadi penurunan. Dengan menggunakan metode pengerjaan yang sama seperti pencarian total nilai ekspor di tahun 2025 maka di dapat grafik sebagai berikut:

Gambar 1. 3 Grafik Ekspor dari Tahun 2016-2020



Perkiraan Ekspor asam fosfat di Indonesia pada tahun yang akan datang saat pembangunan pabrik dapat dihitung dengan menggunakan persamaan $y = 8,1048x + 1,5824$ dimana nilai x sebagai tahun dan y sebagai jumlah impor asam fosfat. Sehingga pada tahun 2025 (tahun ke-10) impor di Indonesia adalah 83 ton/tahun.

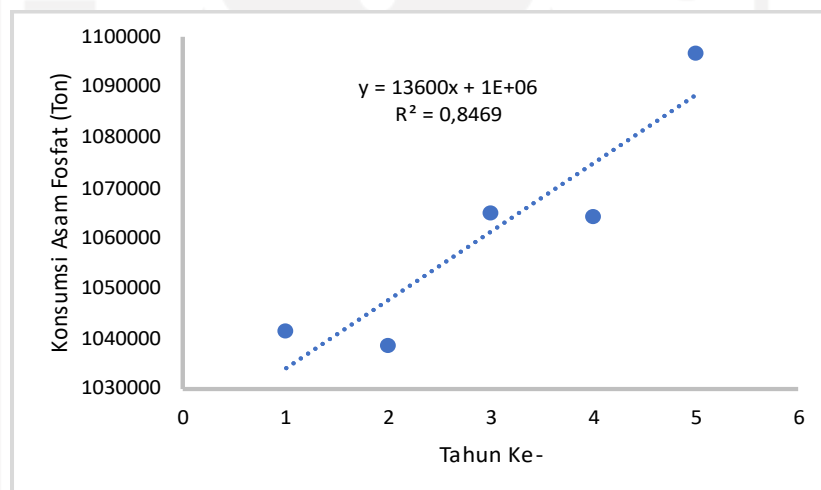
- Konsumsi dalam Negeri

Konsumsi Asam Fosfat menurut data Statistik Industri Manufaktur, yang diterbitkan oleh Badan Pusat Statistik (BPS) tentang kebutuhan Asam Fosfat di Indonesia dari tahun ketahun mengalami naik turun. Data konsumsi atau pemakaian akan Asam Fosfat di Indonesia pada tahun 2016 sampai tahun 2020 dapat dilihat pada Grafik 1.6

Tabel 1. 6 Data Konsumsi Asam Fosfat di Indonesia

Tahun	Jumlah(Ton)
2016	1041489
2017	1038637
2018	1065129
2019	1064157
2020	1096728

Gambar 1. 4 Grafik Konsumsi dari Tahun 2016-2020



Perkiraan konsumsi asam fosfat di Indonesia pada tahun yang akan datang saat pembangunan pabrik dapat dihitung dengan menggunakan persamaan $y = 13600x + 1E+06$ dimana nilai x sebagai tahun dan y sebagai jumlah impor asam fosfat. Sehingga pada tahun 2025 (tahun ke-10) impor di Indonesia adalah 1.156.428 ton/tahun

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

$$\begin{aligned} \text{Demand} &= \text{Ekspor} + \text{Konsumsi} \\ &= (82,6304 + 1156428) \text{ ton/th} \\ &= 1156510,63 \text{ ton/th} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas} &= \text{Demand} - \text{Supply} \\ &= (1156510,63 - 935886) \text{ ton/th} \\ &= 220.625 \text{ ton/th} \end{aligned}$$

Dari hasil hitungan tersebut diketahui bahwa peluang kapasitas produksi maksimal dari pabrik adalah sekitar 1.891.465 Ton/Tahun. Namun, nilai ini tidak lantas menjadi kapasitas produksi dari pabrik yang ingin dibangun, untuk pabrik yang baru akan didirikan kapasitas produksi umumnya mengambil range kapasitas produksi dari pabrik didalam negeri ataupun luar negeri. Dari table 1.1 dan table 1.2 range produksi asam fosfat sekitar 160.000 – 450.000 ton/tahun, Sehingga kapasitas dari pabrik yang akan didirikan dengan mengambil pertimbangan dari range kapasitas pabrik asam fosfat yang sudah ada adalah : 200.000 Ton/Tahun)

1.3. Tinjauan Pustaka

1.3.1. Perkembangan Proses Produksi Asam Fosfat

Asam fosfat pertama kali diproduksi pada tahun 1870 yang banyak digunakan untuk sumber bahan baku pupuk superfosfat, munculnya asam fosfat sebagai perantara sentral penting dalam industri pupuk modern terjadi sebagai akibat dari permintaan untuk analisis tinggi dan pupuk multinutrien dan perkembangan yang diperlukan untuk memenuhi permintaan yang terus meningkat. Bahan utama dalam pembuatan asam fosfat adalah batuan fosfor namun Tidak semua batuan fosfor dan tulang guano dapat dijadikan bahan dasar batuan Fosfat, yang dapat dijadikan asam fosfat harus memenuhi persyaratan seperti yang dirangkum pada tabel 1.3 berikut ini:

Tabel 1. 6 Syarat mutu batuan fosfat sebagai bahan dasar pembuatan asam fosfat

Uraian		Uraian	
P ₂ O ₅	Min 32	Cl	Max 0,03
H ₂ O	Max 2	F	Max 4
Fe ₂ O ₃ +Al ₂ O ₃	Min 0,8	CO ₂	Max 6
CaO	Max 51	SiO ₂	Max 5,5
MgO	Max 0,4	K ₂ O	Max 0,6
Na ₂ O	Max0,75	Organik Carbon	Max 0,25

(Sutatmadja,1994)

Proses pembuatan asam fosfat secara umum dikelompokkan menjadi 2 golongan yaitu pembuatan asam fosfat dengan proses basah (*wet process*) dan pembuatan dengan tungku listrik.

a. Pembuatan Asam Fosfat Dengan Proses Basah (*wet proces*)

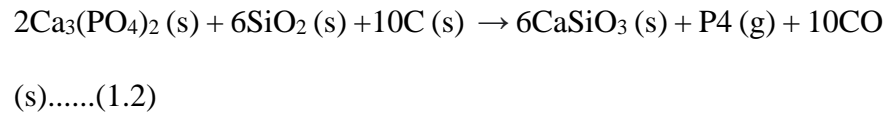
Pembuatan asam fosfat dengan proses basah merupakan proses paling umum yang digunakan untuk produksi asam fosfat . *wet procces* menggunakan bahan baku batuan fosfat yang telah dihaluskan, kemudian direaksikan dengan asam sulfat. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



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. Jika anhidrit terbentuk ia akan terhidrasi kemudian dapat menyebabkan timbulnya kerak yang akan mengganggu jalanya proses reaksi. Reaksi berlangsung sangat cepat, dan reaksi tersebut menghasilkan produk samping berupa *gypsum* ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) dan hidrogen flourida (HF). 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 P_2O_5 sebanyak 30-38% (Austin, 1996).

b. Pembuatan asam fosfat dengan proses tungku listrik/*thermal process*

Pembuatan asam fosfat dengan tungku listik dilakukan dengan memasukkan batuan fosfat ke dalam tungku pembakar listrik dimana terjadi reaksi sebagai berikut:



Kemudian gas P₄ dibakar dengan udara (O₂) pada suhu 1650-2760°C untuk menghasilkan fosfor pentaoksida (P₂O₅), selanjutnya direaksikan dengan air untuk mendapatkan H₃PO₄, dengan



metode tungku listrik dapat dihasilkan asam fosfat dengan kadar kemurnian kurang lebih 85%, dimana kandungan P₂O₅ sebanyak 75% (Buckley, 2017)

Dari 2 proses yang sudah dijelaskan, proses basah menjadi proses yang akan digunakan pada Pra Rancangan pabrik kali ini adalah metode proses basah karena dianggap mampu memproduksi asam fosfat dengan kualitas yang cukup baik dengan pertimbangan batuan fosfat yang akan digunakan sebagai bahan baku utama pembuatan pupuk fosfat.

1.3.2. Bahan Baku dan Produk

a. Batuan fosfat

Batuan Fosfat (*rock phosphate*) 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. Banyak jenis batuan

mempunyai komponen yang mengandung fosfat, akan tetapi batuan yang mengandung sejumlah fosfat yang mempunyai nilai ekonomi sebagai bahan tambang atau bijih tambang tidak banyak dijumpai. (Sataloff, Johns and Kost, no date).

Batuan fosfat, adalah bahan baku utama untuk pembuatan pupuk dan asam fosfat, batuan fosfat berdasarkan kualitas atau persentase kandungan P_2O_5 dibagi menjadi 3 yaitu *high-grade* (+30% P_2O_5), *medium-grade* (20%–30% P_2O_5), and *low-grade* (15%–20% P_2O_5). Jenis batuan fosfat *high-grade* umumnya digunakan untuk industri pupuk. (Haldar, 2018)

b. Asam sulfat

Asam sulfat menjadi salah satu produk industri kimia dengan jumlah terbesar di dunia dengan produksi lebih dari 200 juta ton/tahun. (manufactur of sulfuric acid). Asam sulfat dengan konsentrasi 93-98% umumnya digunakan pada industri pupuk, bahan peledak, pewarna, dan produk minyak bumi.

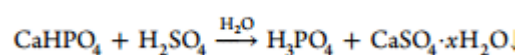
Asam sulfat menjadi salah satu dari 2 bahan baku utama pembuatan asam fosfat. Asam sulfat dihasilkan dari pembakaran lelehan batuan sulfat dengan udara (O_2) untuk menghasilkan sulfur dioksida (SO_2), yang kemudian direksikan lebih lanjut dalam *Bed reactor* dengan udara (O_2) untuk menghasilkan sulfur trioksida (SO_3) dan terakhir dikontakan dengan uap air (H_2O) untuk menghasilkan asam sulfat (H_2SO_4). (Group, 1998)

c. Asam fosfat

Asam fosfat adalah material utama pada hampir seluruh pembuatan pupuk fosfat yang digunakan pada kegiatan agrikultur. Industri asam fosfat dapat dihasilkan dengan 2 proses dengan *grade* produk yang berbeda. *Wet process* menghasilkan asam fosfat dengan label *intermediate product* yang kemudian dimanfaatkan lebih lanjut sebagai bahan baku pembuatan pupuk fosfat. Sedangkan, *thermal process* menghasilkan asam fosfat dengan konsentrasi dan kemurnian lebih tinggi dibanding *wet process*, produk asam fosfat dari *thermal process* digunakan untuk tujuan lain yang lebih spesifik. ('phosphoric-acid-phosphatic-fertilizers_ip_07-1993.pdf', no date)

d. gypsum

gypsum adalah produk samping dari reaksi antara batuan fosfat dengan dengan asam sulfat. industri asam fosfat dengan menggunakan *wet process* terdiri 2 proses utama yaitu proses kontak antara batuan fosfat dan proses pemisahan produk asam dari kalsium sulfat (gypsum) sebagai produk samping. Reaksinya dapat dituliskan sebagai berikut :



Dimana x dapat bernilai 0.5 atau 2 tergantung dari suhu dan

konsentrasi asam, pada umumnya wet process menggunakan dihydrate process agar x bernilai 2 dan gypsum didapat sebagai hasil samping.[6]



BAB II

PERANCANGAN PRODUK

2.1. Spesifikasi Produk

1. Asam Fosfat (Produk Utama)

- Rumus Molekul : H_3PO_4
- Wujud : cair
- Kenampakan : tidak berwarna
- Kemurnian : 75%
- Berat Molekul : 98 gr/mol
- Titik Didih : $158\text{ }^\circ\text{C}$ pada 1 atm
- Densitas : 1,685 gr/cm³ (85% solution)
- Viskositas : 2,4 – 9,4 cP (85% solution)
- Tekanan Uap : 2,2 mmHg pada $20\text{ }^\circ\text{C}$
- ΔH°_{f298} : -1,288 kJ/mol
- ΔS°_{298} : 158 J/mol.K
- Kelarutan Dalam Air : 5,48 gr/mL

(www.msds.com)

2. Kalsium Dihidrat (Produk Samping)

- Rumus Molekul : $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
- Nama lain : Gypsum
- Berat molekul : 172,17 g/gmol

- Wujud : Padat
- Kemurnian : > 65% (Low Grade)
- Densitas : 2,32 g/cm³
- Titik lebur : 160 °C
- Kelarutan : 0,24 (pada suhu 25°C, g/100g air)

2.2. Spesifikasi Bahan Baku

1. Batuan Fosfat

- Rumus molekul : $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$
- Wujud : Padat
- Berat molekul : 310 g/mol
- Kemurnian : kemurnian batuan fosfat berbeda-beda di

setiap wilayah

P_2O_5 : 35%

CaO : 51%

SiO_2 : 3%

CO_2 : 4%

F : 4%

Fe_2O_3 : 0,3%

Al_2O_3 : 0,3%

Na_2O : 0,2%

H_2O : 2,2%

(Sutaatmadja, 1994)

Sifat kimia batuan fosfat

Fosfat bila direaksikan dengan Asam Sulfat dan air akan terbentuk

Asam Fosfat dan Gypsum, dengan reaksi sebagai berikut:



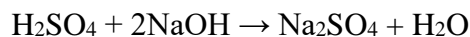
2. Asam Sulfat

- Rumus Molekul : H_2SO_4
- Berat molekul (g/gmol) : 98,08
- Kenampakan : cair
- Kemurnian : 98 % berat
- Impuritas H_2O : 2 % berat
- Densitas : 1,837 g/cm³
- Kapasitas Panas : 0,4518 kal/goC
- Titik lebur : 10,36 °C
- Titik didih : 338 °C
- Specific gravity : 1,84

(PT Petrokimia)

Sifat Kimia Asam Sulfat:

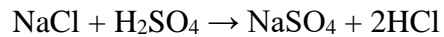
a. Asam Sulfat direaksikan dengan basa membentuk garam dan air.



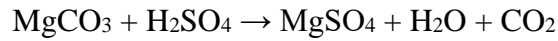
b. Asam Sulfat direaksikan dengan alkohol membentuk eter dan air.



c. Asam Sulfat direaksikan dengan NaCl.



d. Bereaksi dengan MgCO_3 membentuk MgSO_4



2.3. Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas (Quality Control) pada pabrik Asam Fosfat ini meliputi pengendalian kualitas bahan baku, pengendalian kualitas proses dan pengendalian kualitas produk. Untuk memperoleh dan menjaga produk agar sesuai dengan spesifikasi yang telah direncanakan, maka produksi yang dijalankan perlu adanya pengawasan dan pengendalian produksi agar proses berjalan sesuai dengan tahap-tahap proses yang ada. Kegiatan proses produksi diharapkan menghasilkan produk yang memiliki mutu dan kualitas tinggi sesuai dengan standar dan jumlah produksi yang telah ditetapkan. Selain itu, diharapkan pula waktu pemroduksian produk berjalan sesuai dengan jadwal yang ada. Oleh karena itu, harus adanya pengendalian produksi antara lain:

2.3.1. Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Pengendalian kualitas dari bahan baku disini dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana kualitas yang dihasilkan bahan baku yang nantinya digunakan untuk membuat produk yang diinginkan dan apakah sudah sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan untuk proses. Maka dari itu, sebelum dilakukan proses produksi perlu dilakukan pengecekan terkait

pengujian kualitas bahan baku yang berupa Batuan fosfat dan Asam Sulfat (H_2SO_4) dengan tujuan agar bahan baku yang digunakan dalam pembuatan produk sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan dalam pabrik.

2.3.2. Pengendalian Proses

Pengendalian proses produksi pabrik terdiri dari pengendalian terhadap *flow rate* dari aliran masuk maupun keluar alat dan pengendalian terhadap kondisi operasi dari alat-alat dengan memanfaatkan system control. Pengendalian dan pengawasan jalannya operasi dilakukan dengan alat pengendalian yang berpusat di control room, dilakukan dengan cara automatic control dengan memanfaatkan sinyal dari indicator yang kemudian diteruskan ke alat *control*. Beberapa alat *control* yang digunakan yaitu :

a.) *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*. informasi terkait nilai yang ditunjukkan ini akan diteruskan ke alat *Flow Rate Controller* untuk ditindak lebih lanjut

b.) *Flow Rate Controller*

Merupakan alat yang dipasang untuk mengatur besarnya aliran dalam pipa, baik itu aliran masuk maupun aliran keluar proses dengan cara

menyesuaikan bukaan *valve* agar sesuai dengan *set point* yang sudah ditentukan.

c.) *Temperature Controller*

Alat ini mempunyai *set point* atau batasan nilai suhu yang dapat diatur.

Ketika nilai suhu actual dalam alat yang diukur melebihi atau kurang dari *set point*-nya maka informasi terkait nilai yang didapatkan ini akan diteruskan ke alat *Flow Rate Controller* untuk aliran *steam* maupun *cooling water* dari *Heat exchanger* untuk kemudian ditindak lebih lanjut.

d.) *weight conroller*

Alat ini mempunyai *set point* atau batasan nilai berat yang sudah ditetapkan berdasarkan batas maksimum kemampuan dari alat penampung. *weight conroller* 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.

2.3.3. Pengendalian Kualitas produk

Pengendalian kualitas Produk bertujuan untuk menghasilkan *Asam Fosfat* yang sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Untuk memperoleh mutu produk standar maka diperlukan bahan yang berkualitas, pengawasan serta pengendalian terhadap variabel-variabel proses yang ada melalui *system control* agar tetap sesuai dengan *set point* yang sudah ditetapkan sebelumnya sehingga mendapatkan produk yang berkualitas, sesuai standar pabrik serta dapat dipasarkan. Untuk mengetahui produk yang

dihasilkan sudah sesuai dengan standar atau belum maka akan dilakukan uji spesifikasi bahan baku, kemurnian produk dan komposisi komponen produk di Laboratorium.



BAB III

PERANCANGAN PROSES

3.1. Uraian Proses

Produksi Asam Fosfat dengan metode *wet proces* menggunakan Batuan Fosfat dan Asam Sulfat sebagai bahan baku utamanya, Secara keseluruhan proses beroperasi pada tekanan 1 atm. Proses yang terjadi dapat dibagi menjadi tiga tahap, yaitu:

a. Persiapan bahan baku dan bahan pembantu

1. Batuan Fosfat

Batuan fosfat ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) yang digunakan sebagai bahan baku dibeli dari Jordan Phosphate Mine Co., Jordania, dimana setiap pembelian batuan fosfat selalu disesuaikan dengan standar produksi dimana kandungan P_2O_5 harus berkisar antara 30-35%. Batuan Fosfat ini disimpan dalam Gudang penyimpanan (G-01) dalam fase padat pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm dengan kapasitas pakai selama satu minggu. Batuan Fosfat diangkat dengan menggunakan *Belt Conveyor* (BC-01) dan diangkat dengan *Bucket Elevator* (BE-01). Batuan fosfat yang ukurannya lebih kurang masih 10 cm kemudian dihancurkan dalam *Crusher* (C-01) untuk mengecilkan ukuran batuan fosfat tersebut. Batuan fosfat dialirkan kedalam *Ball Mill* (M-01) untuk dihaluskan, tujuannya agar mempermudah dan meningkatkan efisiensi reaksi yang terjadi dalam *Reactor*, Batuan Fosfat disimpan kedalam *Hopper* (H-1) sebelum dimasukkan kedalam reactor (R-01).

2. Asam Sulfat

Asam Sulfat (H_2SO_4) yang digunakan sebagai bahan baku didapatkan dari PT. Petrokimia Gresik dengan kemurnian 98%, Asam Sulfat disimpan pada suhu $30^\circ C$ dan tekanan 1 atm dalam tangki penampung (T-01). Asam Sulfat dipompa dengan pompa (P-01) dan dialirkan ke dalam *Heater* (HE-01) untuk dinaikkan suhunya menjadi $70^\circ C$ sebelum dimasukkan ke dalam *Reaktor* (R-01)

3. Air Proses

Air yang digunakan untuk proses dalam Reaktor (R-01) dialirkan dari unit utilitas, air ini digunakan sebagai campuran batuan fosfat dengan rasio massa air: batuan fosfat adalah 3:7.

b. Tahap reaksi

Ketiga bahan baku utama yaitu batuan fosfat, asam sulfat dan air dengan rasio berat dari ketiganya yaitu 2,3 : 1,76 : 1 dialirkan masuk kedalam Reaktor 1 (R-01) yang merupakan Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) yang dilengkapi dengan koil pendingin sebab reaksinya bersifat eksotermis, dalam Reaktor 1 (R-01) *slurry* yang terbentuk dari batuan fosfat dan air akan bereaksi dengan asam sulfat dimana rasio dari *slurry* dengan asam sulfat adalah 2 : 1, suhu proses dikontrol pada angka $70-80^\circ C$, ini dilakukan agar proses dapat terus berjalan pada keadaan optimalnya dengan konversi total sebesar 93%. Nilai konversi total ini didapat sebagai hasil keluaran akhir dari Reaktor 2 (R-02), dimana pada reaktor 1 (R-01) $Ca_3(PO_4)_2$ bereaksi dengan H_2SO_4 dengan konversi 74%, kemudian bahan baku yang masih tersisa dialirkan kedalam Reaktor (R-02) yang juga merupakan Reaktor Alir Tangki

Berpengaduk (RATB) yang dilengkapi dengan koil pendingin untuk kemudian direaksikan dengan kondisi dan konversi yang sama dengan Reaktor 1 (R-01).

Reaksi yang terjadi yaitu:



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

Produk keluaran dari Reaktor 2 (R-02) terbagi menjadi 2 aliran, aliran pertama merupakan produk dengan fase gas yang terdiri dari CO_2 , F_2 , HF, dan O_2 . dimana produk ini akan dialirkan kedalam *Absorber* (AB-01) untuk mengambil sebagian besar HF sebagai produknya, aliran kedua merupakan produk dalam bentuk *slurry* yang terdiri dari $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , MgO , H_2O , H_3PO_4 , $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, CaF .

c. Tahap pemisahan dan pemurnian produk

Produk gas hasil dari reaktor 2 (R-02) kemudian dialirkan kedalam menara *Absorber* (AB-01) untuk kemudian dikontakan dengan air (H_2O), air yang digunakan untuk menyerap gas asam fluorida (HF) dialirkan dari tangki penampung dengan pompa (P-03). Air digunakan sebagai media untuk menyerap gas HF dikarenakan kemampuannya untuk menyerap HF sangat baik hal ini disebabkan oleh sifat gas HF yang terlarut sempurna dalam air, produk hasil penyerapan ini kemudian dapat dijual sebagai produk samping dari keseluruhan proses.

Produk *slurry* dari reaktor 2 (R-02) dialirkan menggunakan pompa (P-9) menuju *Rotary Vacuum Drum Filter* (F-01), dimana dalam (F-01) *slurry* akan dikontakan dengan *wash water*, padatan yang terlarut dalam air akan dialirkan melalui pompa (P-05) menuju *Evaporator* sedangkan untuk padatan yang tidak terlarut dalam air (*gypsum*) akan diambil sebagai filtrat atau produk samping. Air yang digunakan sebagai *wash water* diambil dari Air proses melalui pompa (P-01) yang akan dialirkan menuju *Heater* (HE-01) sebelum dipompakan kedalam filter (F-01), *wash water* dipanaskan sampai suhu 70°C dan tekanan 1 atm dengan tujuan untuk mengurangi nilai kelarutan dari padatan dalam *slurry* dan juga untuk memaksimalkan nilai kelarutan dari asam fosfat (H_3PO_4) sehingga dapat memaksimalkan proses dalam filter (F-01).

Produk liquid dari *Rotary Vacuum Filter Drum* (F-01) yang terdiri dari air, asam fosfat dan impuritis dengan kadar yang sangat kecil kemudian dialirkan kedalam *Evaporator* (EV-01) melalui pompa (P-05), dengan tujuan untuk menghilangkan sebagian air sehingga spesifikasi produk akhir asam fosfat sesuai dengan standar pasar, dalam *Evaporator* (EV-01) air yang dihilangkan atau diuapkan sebanyak 31% dari total air yang masuk sehingga dihasilkan produk akhir dengan konsentrasi asam fosfat 75%.

3.2. Spesifikasi Alat Proses

3.2.1. Crusher

a. Crusher

Tabel 3. 1 Spesifikasi *Crusher*

Parameter	CR-01
Fungsi	Untuk mengecilkan ukuran batuan fosfat batuan fosfat
Jumlah	: 1 alat
Jenis	: <i>Thooted Roll Crusher</i>
Kondisi Operasi	
- Tekanan Operasi	: 1 atm
- Suhu Operasi	: 30 °C
Dimensi Reaktor	
- Kapasitas	: 50,59 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>	: 0,014 ft

b. Ball Mill

Tabel 3. 2 Spesifikasi *Ball Mill*

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 Reaktor	
- Kapasitas	: 50,59 ton/jam
- Diameter	: 5 ft

Tabel 3. 2 Spesifikasi *Ball Mill* (lanjutan)

Parameter	BM-01	
- Panjang	: 5	ft
- Mill Speed	: 24	rpm
- Power	: 85	HP
- Ball Charge	: 8,9	ton



3.2.2. Reaktor

Tabel 3. 3 Spesifikasi Reaktor

Parameter	R-01	R-02
Fungsi	Untuk mereaksikan Asam Sulfat dan Batuan Fosfat	Untuk mereaksikan Asam Sulfat dan Batuan Fosfat
Jenis Reaktor	<i>Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR)</i>	<i>Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR)</i>
Bahan Kontruksi	<i>Stainless Steel SA 299 Grade 3 Type 304</i>	<i>Stainless Steel SA 299 Grade 3 Type 304</i>
Kapasitas	87431,36 kg/jam	87431,36 kg/jam
Kondisi Operasi:		
- Suhu	70 °C	70 °C
- Tekanan	1 atm	1 atm
Dimensi Reaktor:		
- Diameter	2,41 m	2,41 m
- Tinggi	4,56 m	4,56 m
- Tebal <i>Shell</i>	0,3125 in	0,3125 in
<i>Head dan Bottom:</i>		
- Tipe	<i>Torispherical</i>	<i>Torispherical</i>
- Tebal	0,1875 in	0,1875 in
Pengaduk:		
- Jenis	Turbin <i>impeller with 6 blades</i>	Turbin <i>impeller with 6 blades</i>
- Diameter	0,8 m	0,8 m
- Panjang <i>blade</i>	3,14 m	3,14 m
- Lebar <i>blade</i>	0,2 m	0,2 m

Tabel 3. 3 Spesifikasi *Reaktor* (lanjutan)

Parameter	R-01	R-02
- Power	15 HP	15 HP
Jenis pendingin: Koil (<i>Cooling water</i>)		
- Panjang Koil	19,9 m	17,7 m
- Tinggi tumpukan koil	0,4023 m	0,29 m
- Jumlah lilitan	4	3

3.2.3. Filter

Tabel 3. 4 Spesifikasi Filter

Parameter	F-01
Fungsi	Untuk memisahkan padatan (<i>cake</i>) dan cairan (<i>filtrat</i>)
Jenis Filter	<i>Rotary Vacuum Filter Drum</i>
Bahan Kontruksi	<i>Stainless Steel SA 299 Grade 3 Type 304</i>
Kondisi Operasi:	
- Suhu	70 °C
- Tekanan	1 atm
Dimensi Filter:	
- Diameter	2,03 m
- Panjang	4,05 m
- Luas Permukaan	13,12 m ²
- Kecepatan Putar	4 rpm
- Power	75 HP

3.2.4. Evaporator

Tabel 3. 5 Spesifikasi *Evaporator*

Parameter	EV-01
Fungsi	Untuk memekatkan Asam fosfat
Jenis <i>Evaporator</i>	<i>Long Tube Vertical Evaporator</i>
Bahan Kontruksi	<i>Stainless Steel SA 299 Grade 3 Type 304</i>
Jumlah	1 buah
Kondisi Operasi:	
- Suhu	132 °C
- Tekanan	1 atm
Dimensi <i>Evaporator</i>:	
- Diameter	2,29 m
- Tinggi	4,07 m
- Tebal <i>Shell</i>	0,31 in

Tabel 3. 5 Spesifikasi *Evaporator* (lanjutan)

Parameter	EV-01
- Tinggi <i>Head</i>	17 in
- Volume <i>Head</i>	
- Jumlah tube	452
- Pass	2
- Fouling Factor	411,73 Btu/jam.ft ² .f
- Pressure Drop	0,76 psi
- Suhu keluar fluida panas	170 °C
- Suhu keluar fluida dingin	132 °C
Steam:	
- Massa Steam	9153,81 kg/jam
- Luas Transfer Panas	96,6 m ²

3.2.5. *Absorber*Tabel 3. 6 Spesifikasi *Absorber*

Parameter	AB-01
Fungsi	Menyerap gas HF dengan menggunakan <i>solvent</i> H ₂ O
Jenis <i>Absorber</i>	<i>Packed Tower</i>
Bahan Kontruksi	<i>Stainless Steel SA 299 Grade 3 Type 304</i>
Jumlah	1 buah
Dimensi <i>Absorber</i> :	
- Jenis Packing Bed	<i>Pall rings</i>
- Diameter	0,8 m
- Tinggi	16 m
- Tinggi Packing per bad	4,5 m
- Tebal <i>head</i>	0,435 in
- Tinggi <i>head</i>	0,216 m

3.2.6. Belt Conveyor

Tabel 3. 7 Spesifikasi *Belt Conveyor*

Parameter	BC-01	BC-02
Fungsi	Mengangkut batuan fosfat dari Gudang menuju <i>Crusher</i>	Mengangkut batuan fosfat dari <i>roll mill</i> (CR-01) menuju <i>Ball Mill</i> (BM-01)
Jenis	<i>Troughed Belt, dengan sudut kemiringan 45°C</i>	<i>Troughed Belt, dengan sudut kemiringan 45°C</i>
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	52 ton/jam	52 ton/jam
- Panjang	1277 ft	1277 ft
- Lebar	14 in	14 in
- Kecepatan	100 ft/menit	100 ft/menit
- Power motor	30 HP	30 HP

3.2.7. Bucket Elevator

Tabel 3. 8 Spesifikasi *Bucket Elevator*

Parameter	BE-01	BE-02	BE-03	BE-04
Fungsi	Mengangkut batuan fosfat dari (BC-01) menuju <i>Crusher</i> (CR-01)	Mengangkut batuan fosfat dari roll mill (CR-01) menuju <i>Ball Mill</i> (BM-01)	Mengangkut batuan fosfat dari <i>Ball Mill</i> (BM-01) menuju <i>Hopper</i> (H-01)	Mengangkut produk <i>gypsum</i> dari filter ke penyimpanan
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	52 ton/jam	52 ton/jam	52 ton/jam	60 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	55,6 ft/menit	55,6 ft/menit	55,6 ft/menit	95,6 ft/menit
- Power motor	5,5 HP	5,5 HP	5,5 HP	5,5 HP
- Jumlah Bucket	16	16	16	16

3.2.8. Screw Conveyor

Tabel 3. 9 Spesifikasi *Screw Conveyor*

Parameter	SC-01	SC-02	SC-03
Fungsi	Mengangkut batuan fosfat dari (VS-01) menuju <i>Bucket Elevator</i> (BE-03)	Mengangkut batuan fosfat dari (H-01) menuju Reaktor (R-01)	Mengangkut produk samping dari (F-01) menuju <i>Bucket Elevator</i> (BE-04)
Jenis	<i>Horizontal Screw</i>	<i>Horizontal Screw</i>	<i>Horizontal Screw</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>
Kondisi Operasi:			
- Suhu	30 °C	70 °C	30 °C
- Tekanan	1 atm	1 atm	1 atm
Dimensi:			
- Panjang	30 ft	30 ft	30 ft
- Diameter	16 in	16 in	16 in
<i>Screw</i>			
- Kecepatan	45 rpm	45 rpm	45 rpm
- Power motor	5 HP	12 HP	5 HP

3.2.9. Screen

Tabel 3. 10 Spesifikasi *Screen*

Parameter	VS-01
Fungsi	Menyeragamkan ukuran batuan fosfat hingga 200 mesh (0,074 cm)
Jenis	<i>Vibrating Screen</i>
Bahan Kontruksi	<i>Carbon Steel</i>
- Kapasitas	52 ton/jam
- Luas Ayakan	344,12 ft ²

3.2.10. Silo

Tabel 3. 11 Spesifikasi *Silo*

Parameter	H-01	S-01
Fungsi	Penyimpanan batuan fosfat sebelum masuk ke dalam reactor (R-01)	Penyimpanan produk samping (Gypsum) selama 7 hari
Jenis	<i>Silinder vertikal dengan alas berbentuk kerucut</i>	<i>Silinder vertikal dengan alas berbentuk kerucut</i>
Bahan Kontruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Jumlah	1 buah	5 buah
- Suhu	30 °C	30 °C
- Tekanan	1 atm	1 atm
Dimensi:		
- Diameter	2,2 m	8,6 m
- Tinggi	4.33 m	21,4 m
- Tebal	0,25 in	0,25 in
- Volume	17,26 m ²	1076 m ²
<i>Bottom:</i>		
- Tinggi	1,083 m	4,3 m
- Tebal	0,25 in	0,25 in

3.2.11. Gudang Penyimpanan Bahan Baku

Tabel 3. 12 Spesifikasi Gudang

Parameter	H-01
Fungsi	Penyimpanan batuan fosfat selama 14 hari
Jenis	Bangunan Tertutup
Bahan Kontruksi	Beton
Jumlah	1 buah
- Suhu	30 °C
- Tekanan	1 atm
Dimensi:	
- Panjang	68 m
- Lebar	3,6 m
- Luas	245,2 m ²
- Volume	8352,811 m ³

3.2.12. Tangki Penyimpanan Bahan Baku, Bahan pembantu dan Produk

Tabel 3. 13 Spesifikasi Tangki

Parameter	T-01	T-02	T-03	T-04
Fungsi	Penyimpanan bahan baku H ₂ SO ₄	Penyimpanan produk H ₃ PO ₄	Penyimpanan produk samping HF	Penyimpanan bahan baku H ₂ O proses dari utilitas
Jenis	Silinder Tegak dengan alas datar dan tutup <i>conical</i>	Silinder Tegak dengan alas datar dan tutup <i>conical</i>	Silinder Tegak dengan alas datar dan tutup <i>conical</i>	Silinder Tegak dengan alas datar dan tutup <i>conical</i>
Bahan Kontruksi	<i>Stainless Steel SA-240 tipe 316</i>	<i>Stainless Steel SA-240 tipe 316</i>	<i>Stainless Steel SA-240 tipe 316</i>	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Kondisi:				
- Suhu	30	30	30	30
- Tekanan	1 atm	1 atm	1 atm	1 atm
Dimensi:				
- Diameter	24,4 m	24,4 m	9,14 m	24,4 m
- Tinggi	9,14 m	9,14 m	3,66 m	9,14 m
- Tebal	1,5 in	1,375 in	0,4375 in	1,5 in
- Volume	3365,76 m ³	3005,93m ³	195,6 m ³	3709,87 m ³
head:				
- Tinggi	2,65 m	2,65 m	0,8 m	3,13 m
- Tebal	0,875 in	0,875 in	0,375 in	0,875 in

3.2.14. Heat exchanger

Tabel 3. 14 Spesifikasi *Heat exchanger*

Parameter	HE-01	HE-02	CL-01	CL-02
Fungsi	Menaikkan suhu bahan baku H ₂ SO ₄	Menaikkan suhu bahan baku H ₂ O	Menurunkan suhu produk H ₃ PO ₄	Menurunkan suhu produk HF
Jenis	<i>Double Pipe</i>	<i>Double Pipe</i>	<i>Double Pipe</i>	<i>Double Pipe</i>
Bahan Kontruksi	<i>Stainless Steel SA-240</i> <i>tipe 316</i>	<i>Stainless Steel SA-240</i> <i>tipe 316</i>	<i>Stainless Steel SA-240</i> <i>tipe 316</i>	<i>Stainless Steel SA-240 tipe</i> <i>316</i>
Jumlah Hairpin	7	7	21	13
Annulus:				
- IPS	2 in	2 in	2 in	2 in
- OD	2,380 in	2,380 in	2,380 in	2,380 in
- ID	2,067 in	2,067 in	2,067 in	2,067 in
- <i>Surface Area</i>	0,622 ft ² /ft	0,622 ft ² /ft	0,622 ft ² /ft	0,622 ft ² /ft
- Panjang	15 ft	15 ft	15 ft	15 ft
Inner Pipe:				
- IPS	1 $\frac{1}{4}$ in	1 $\frac{1}{4}$ in	1 $\frac{1}{4}$ in	1 $\frac{1}{4}$ in
- OD	1,66	1,66	1,66	1,66

Tabel 3. 15 Spesifikasi *Heat exchanger* (lanjutan)

Parameter	HE-01	HE-02	CL-01	CL-02
- ID	1,38	1,38	1,38	1,38
- <i>Surface Area</i>	0,435 ft ² /ft	0,435 ft ² /ft	0,435 ft ² /ft	0,435 ft ² /ft
- Panjang	15	15	15	15
Luas Transfer	65,306 ft ³	65,306 ft ³	195,261 ft ³	117,651 ft ³
Panas				
Ud	124,493 Btu/jam.ft ² .°F	207,977 Btu/jam.ft ² .°F	448,463 Btu/jam.ft ² .°F	48,5 Btu/jam.ft ² .°F
Uc	304,349 Btu/jam.ft ² .°F	668,025 Btu/jam.ft ² .°F	1019,560 Btu/jam.ft ² .°F	91,568 Btu/jam.ft ² .°F
Rd	0,005	0,003	0,001	0,010
Rd min	0,001	0,001	0,001	0,001

3.2.15. Pompa

Tabel 3. 16 Spesifikasi Pompa

Parameter	P-01	P-02	P-03	P-04
Fungsi	Mengalirkan Asam sulfat dari tangki (T-01) menuju <i>Heater</i> (HE-01)	Mengalirkan Air dari tangka (T-04) menuju <i>Heater</i> (HE-02)	Mengalirkan Air dari tangki (T-01) menuju <i>Absorber</i> (AB-01)	Mengalirkan Air dari tangki menuju Filter (F-01)
Jenis	<i>Centrifugal pump, Mixed flow impellers</i>	<i>Centrifugal pump, Mixed flow impellers</i>	<i>Centrifugal pump Radial flow impellers</i>	<i>Centrifugal pump, Mixed flow impellers</i>
Bahan Kontruksi	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>
Kapasitas	87,04 gpm	58,9 gpm	2,5 gpm	10,6 gpm
Dimensi Pipa:				
- IPS	4 in	3 in	0,75 in	2,04 in
- Sch. No.	40	40	40	40
- OD	4,50 in	3,5 in	1,5 in	1,09 in
- ID	4 in	3,068 in	0,824 in	1,16 in
<i>Head pompa</i>	46,7 ft	45,5 ft	23,65 ft	24,8 ft
<i>Friction head</i>	4,77 ft	1,84 ft	0,65 ft	1,75 ft
<i>Static head</i>	22,9 ft	22,96 ft	22,96 ft	22,96 ft
<i>Pressure head</i>	18,47 ft	20,59 ft	-	-
Efisiensi motor	40 %	26 %	20 %	20 %
Motor standar	5 HP	5 HP	1,5 HP	1,5 HP
<i>Spesific speed</i>	1826,83 rpm	1533,16 rpm	516,71 rpm	1023,94 rpm

Tabel 3. 17 Spesifikasi Pompa (lanjutan)

Parameter	P-05	P-06	P-07	P-08	P-09
Fungsi	Mengalirkan mengalirkan filtrat hasil filter (F-01) menuju <i>Evaporator</i> (EV-01)	Mengalirkan mengalirkan filtrat hasil filter (F-01) menuju <i>Evaporator</i> (EV-01)	Mengalirkan mengalirkan liquid hasil <i>Absorber</i> (AB- 01) menuju pendingin (CL-02)	Mengalirkan mengalirkan <i>sulrry</i> reactor 1 ke reactor 2	Mengalirkan mengalirkan <i>sulrry</i> reactor 1 ke reactor 2
Jenis	<i>Centrifugal pump,</i> <i>Mixed flow impellers</i>	<i>Centrifugal pump,</i> <i>Mixed flow impellers</i>	<i>Centrifugal pump,</i> <i>Radial flow impellers</i>	<i>Centrifugal pump,</i> <i>Mixed flow impellers</i>	<i>Centrifugal pump,</i> <i>Mixed flow impellers</i>
Bahan Kontruksi	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>	<i>Commercial Steel</i>
Kapasitas	101,8 gpm	81,5 gpm	86,8 gpm	187,3 gpm	179,7 gpm
Dimensi Pipa:					
- IPS	4 in	4 in	2,5 in	6 in	6 in
- Sch. No.	40	40	40	40	40
- OD	4,50 in	4,50 in	2,88 in	6,63 in	6,63 in
- ID	4,026 in	4,026 in	2,469 in	6,065 in	6,065 in
<i>Head pompa</i>	43,96 ft	44,06 ft	619 ft	23,38 ft	23,38 ft
<i>Friction head</i>	0,719 ft	0,314 ft	6,6 ft	0,35 ft	0,35 ft
<i>Static head</i>	22,97 ft	22,96 ft	23 ft	23 ft	23 ft
<i>Pressure head</i>	20,18 ft	20,71 ft	589 ft	-	-
Efisiensi motor	43%	43%	40%	53%	53%
Motor standar	5 HP	5 HP	3 HP	5 HP	5 HP
<i>Spesific speed</i>	2068,87 rpm	1848,11 rpm	262,8 rpm	4504,48 rpm	4412 rpm

3.3. Perencanaan Produksi

3.3.1. Kapasitas Perancangan

Dalam perancangan pabrik tentu diperlukan adanya penentuan kapasitas pabrik pertahunnya. Kapasitas dapat ditentukan dari beberapa factor, yaitu angka kebutuhan asam fosfat di Indonesia serta ketersediaan bahan baku. kapasitas yang ditetapkan sebagai *rate production* dari pabrik ditentukan berdasarkan pertimbangan dari kapasitas pabrik yang sudah berjalan baik dalam negeri maupun luar negeri .

Kebutuhan asam fosfat di Indonesia dari tahun ke tahun mengalami peningkatan, hal ini disebabkan oleh meningkatnya angka permintaan pupuk fosfat di Indonesia karena perluasan wilayah pertanian, secara langsung angka permintaan asam fosfat sebagai bahan baku utama untuk memproduksi pupuk fosfat juga akan ikut meningkat. Karena sangat minimnya pabrik asam fosfat di Indonesia sedangkan kebutuhan asam fosfat semakin bertambah,

Pada tahun 2013 kebutuhan asam fosfat untuk produksi pupuk NPK masih mengandalkan impor karena kebutuhan asam fosfat belum cukup. (PT Petrokimia). Sekain itu asam fosfat juga dapat digunakan untuk pembuatan detergen, pembersih lantai, insektisida, industri makanan (pembuatan *lysine* dan MSG),

perancangan pabrik asam fosfat kali ini memproduksi asam fosfat dengan *rate production* sebesar 200.000 ton/tahun. Hal ini

ditentukan berdasarkan angka impor dan konsumsi dalam negeri, kemudian kapasitas produksi dari pabrik asam fosfat yang telah berdiri baik di Indonesia maupun di luar negeri menjadi salah satu pertimbangan dalam penetapan angka kapasitas pabrik asam fosfat yang akan didirikan.

3.3.2. Perencanaan Bahan Baku

Kebutuhan bahan baku dihitung berdasarkan *rate production* yang sudah ditentukan sebelumnya. Bahan baku asam sulfat 98% dapat di peroleh dari pabrik PT.Petrokimia Gresik dan bahan baku batuan fosfat di dapat dari Pertambangan fosfat di Kabupaten Sumenap Madura. (<http://psdg.bgl.esdm.go.id>) Dengan pertimbangan *safety supply* bahan baku kami mengambil batuan fosfat dari Jordan Phosphate Mine Co., Jordania sebagai cadangan

Tabel 3. 15 Kebutuhan Bahan Baku

Komponen	Kebutuhan (ton/tahun)	Ketersediaan bahan baku (ton/tahun)
H ₂ SO ₄	333.866	1.170.000
Batuan Fosfat	239.447	(tidak terbatas)

Berdasarkan data yang telah dicantumkan diatas dapat disimpulkan bahwa bahan baku asam sulfat dan batuan fosfat dapat memenuhi kebutuhan pabrik, sehingga proses produksi dapat berjalan lancar sesuai dengan rancangan produksi.

3.3.3. Perencanaan Alat Proses

Perencanaan alat proses berdasarkan kemampuan peralatan untuk menjalankan proses, umur atau jam kerja dari peralatan dan perawatannya. Perencanaan kebutuhan alat proses tersebut dapat mengatur anggaran dan jenis peralatan yang cocok yang digunakan untuk pembuatan produk.



BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1. Penentuan Lokasi Pabrik

Faktor penting dalam pendirian suatu pabrik yaitu pemilihan lokasi pabrik. Beberapa pertimbangan dalam memilih lokasi pabrik juga diharapkan dapat memberikan keuntungan yang optimum terhadap perusahaan dan juga pada berlansungnya pabrik. Faktor yang mempengaruhi salah satunya letak geografis pada suatu pabrik yang dapat memaksimalkan proses produksi dan kegiatan distribusi, sehingga dapat menekan ketuhan ekonomi. Selain itu, pemilihan lokasi pabrik juga harus mempertimbangkan perkembangan ekonomi dan sosial masyarakat disekitar lokasi. Dengan pertimbangan diatas Perancangan pabrik Asam fosfat dengan kapasitas produksi 200.000 ton/tahun ini akan didirikan di Batang, Semarang, Jawa Tengah. Faktor-faktor penentuan lokasi pabrik antara lain:

4.1.1. Sumber Bahan Baku

Ketersediaan bahan baku sangat diperlukan untuk berdirinya suatu pabrik. Kemudahan dalam mendapatkan bahan baku juga harus diperhatikan guna meminimalisir biaya transportasi. Seperti halnya pabrik fosfat yang akan didirikan ini, untuk mendapatkan bahan baku utamanya seperti batuan fosfat yang diperoleh dari PT. Petrokimia Gresik dan asam sulfat dari perusahaan dalam negeri yaitu PT. Petrokimia Gresik serta air yang diperoleh dari air laut yang telah di proses yang lokasinya tidak jauh dari pabrik.

4.1.2. Pemasaran Produk

Asam Fosfat yang dihasilkan merupakan produk intermediet untuk produksi pupuk fosfat. sehingga produk ini dapat dipasarkan untuk industri pupuk fosfat. Untuk beberapa pabrik pupuk dalam negeri seperti PT Petrokimia Gresik, PT Pupuk Kalimantan Timur, dan PT Pupuk Sriwidjaja Palembang.

4.1.3. Penyediaan Utilitas

Utilitas merupakan sarana yang sangat penting keberadaannya dalam menunjang kelancaran proses produksi. Penyedia utilitas ini meliputi Unit Pembangkit Listrik, Unit Penyediaan Bahan Bakar, Unit Pembangkit Steam, Unit Pengadaan dan Pengolahan Air. Kebutuhan listrik di peroleh dari PLN, namun untuk menjamin kelangsungan operasi pabrik maka pabrik memiliki generator pembangkit listrik sendiri. Bahan bakar generator yaitu solar diperoleh dari Pertamina.

4.1.4. Jenis Transportasi

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 dan mengimpor bahan baku, letak pabrik juga masih terbilang dekat dengan perusahaan PT Petrokimia Gresik sebagai produsen asam sulfat yang merupakan salah satu bahan baku utama.

4.1.5. Keadaan Masyarakat

Sikap masyarakat diperkirakan akan mendukung pendirian pabrik pembuatan asam fosfat karena akan menjamin tersedianya lapangan kerja bagi mereka. Selain itu pendirian pabrik ini diperkirakan tidak akan mengganggu keselamatan dan keamanan masyarakat di sekitarnya.

4.1.6. Karakteristik Lokasi

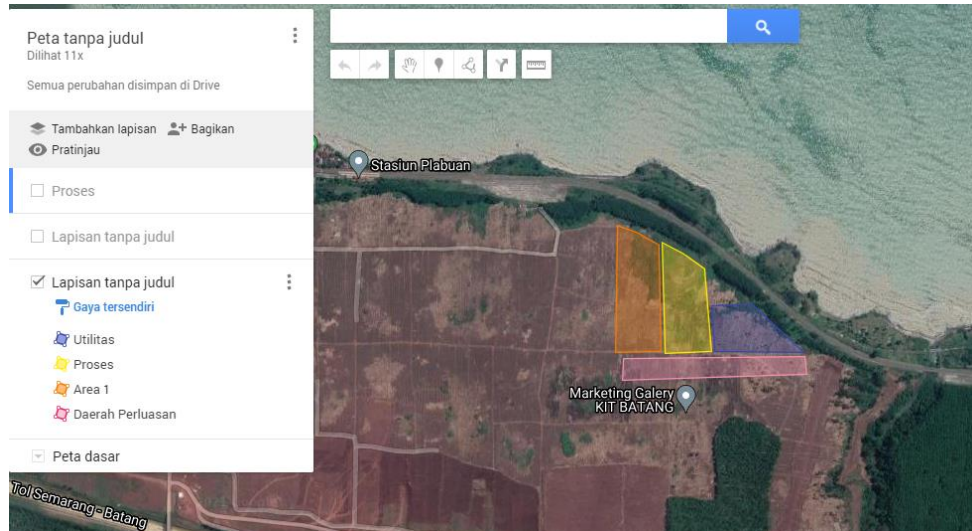
Lokasi pemilihan pabrik memiliki iklim rata-rata yang cukup baik. Seperti daerah lainnya di Indonesia, Batang memiliki iklim tropis. Bencana alam seperti gempa bumi, tanah longsor dan banjir sangat jarang terjadi di Batang, sehingga operasi pabrik dapat berjalan dengan baik. Batang sendiri merupakan kawasan industri, oleh karena itu untuk mendirikan pabrik baru di kawasan tersebut akan lebih mudah.

4.1.7. Kebijakan Pemerintah dan Kebutuhan Tenaga Kerja

Batang dirancang sebagai kawasan industri baru tahun 2020 oleh Pemda Tk.I Jawa Tengah. (<https://jatengprov.go.id/>) Dalam upaya menarik minat investor ke kawasan industri sehingga mewujudkan infrastruktur dasar dan penguat konektivitas. (<https://www.ekon.go.id/>)

Kebutuhan tenaga kerja sangat mudah untuk dipenuhi, karena di Indonesia khususnya pulau Jawa memiliki jumlah penduduk yang banyak. Jumlah tenaga kerja terlatih di daerah Jawa Timur juga meningkat dengan banyaknya akademi, perguruan tinggi, maupun sekolah kejuruan. Selain itu,

terbukanya lapangan kerja juga akan menarik minat tenaga kerja dari daerah lain.



Gambar 4. 1 Lokasi Pendirian Lokasi

4.2. Tata Letak Pabrik

Tata letak peralatan dan fasilitas dalam suatu rancangan pabrik merupakan bagian penting dalam mendesain suatu pabrik dimana tata letak pabrik ini menentukan kedudukan dari seluruh bagian pabrik yang meliputi desain sarana pemipaan, fasilitas bangunan untuk kegiatan internal dan eksternal, sertajenis dan jumlah peralatan serta kelistrikan. Desain tata letak pabrik harus seefisien mungkin baik dari segi fungsi maupun ekonomi agar dapat memperkirakan biaya secara akurat sebelum mendirikan pabrik dan pabrik berjalan maksimal.

Bangunan pabrik meliputi area proses, area tempat penyimpanan bahan baku dan produk, area utilitas, bengkel mekanik untuk pemeliharaan, gudang untuk plant supplies, ruang kontrol, laboratorium untuk pengendalian mutu dan pengembangan, unit safety, kantor administrasi, kantin, area parkir, dan

tempat ibadah. Dimana posisi dari setiap bangunan pabrik ditempatkan dengan mempertimbangkan faktor-faktor sebagai berikut:

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

Pengaturan tata letak pabrik ini diharapkan dapat memberikan beberapa keuntungan, seperti:

1. Mengurangi jarak transportasi bahan baku dan produksi, sehingga mengurangi material handling.
2. Memberikan ruang gerak yang lebih leluasa sehingga mempermudah perbaikan mesin dan peralatan yang rusak atau diblowdown.
3. Mengurangi ongkos produksi.
4. Meningkatkan keselamatan kerja.
5. Mengurangi kerja seminimum mungkin.
6. Meningkatkan pengawasan operasi dan proses agar lebih baik.

Perincian luas tanah yang digunakan sebagai tempat berdirinya pabrik diuraikan dalam table dibawah ini

Tabel 4. 1 Perincian Luas Tanah

No.	lokasi	panjang, m	lebar, m	luas, m ²
		m	m	m ²
1	Area Proses	250	140	35000
2	Area Utilitas	100	70	7000
3	Bengkel	35	30	1050
4	Gudang Peralatan	70	40	2800
5	Kantin	40	30	1200
6	Kantor Teknik dan Produksi	50	15	750
7	Kantor Utama	40	45	1800
8	Laboratorium	50	20	1000
9	Parkir Utama	60	50	3000
10	Parkir Truk	50	50	2500
11	Perpustakaan	40	20	800
12	Poliklinik	10	10	100
13	Pos Keamanan	4	5	20
14	Control Room	10	15	150
15	Control Utilitas	10	10	100
16	Area Mess	60	30	1800
17	Masjid	20	10	200
18	Unit Pemadam Kebakaran	40	20	800

Tabel 4. 1 Perincian Luas Tanah (lanjutan)

No.	Lokasi	panjang, m	lebar, m	luas, m ²
		m	m	m ²
19	Taman	40	100	4000
20	Jalan	40	20	800
21	Daerah perluasan	120	100	12000
Luas Bangunan				60070
Luas Tanah				76870

4.3. Tata Letak Alat Proses

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

1. Aliran bahan baku dan produk

Tata letak peralatan proses yang dirancang agar sesuai dengan alur proses dapat memberikan keuntungan pada pabrik itu sendiri seperti pada aspek ekonomi, serta menunjang kelancaran dan keamanan produksi.

2. Aliran udara

Gas buangan di dalam dan sekitar area proses perlu diperhatikan alirannya. 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 gas buangan pabrik tidak mengarah ke area perumahan warga.

3. Pencahayaan

Penerangan pada area proses dalam pabrik juga harus memadai sebab proses produksi berjalan 24 jam per hari, terutama pada area berbahaya hal ini bertujuan tidak lain untuk mengurangi kemungkinan terjadinya kecelakaan dalam pabrik.

4. Lalu lintas manusia dan kendaraan

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

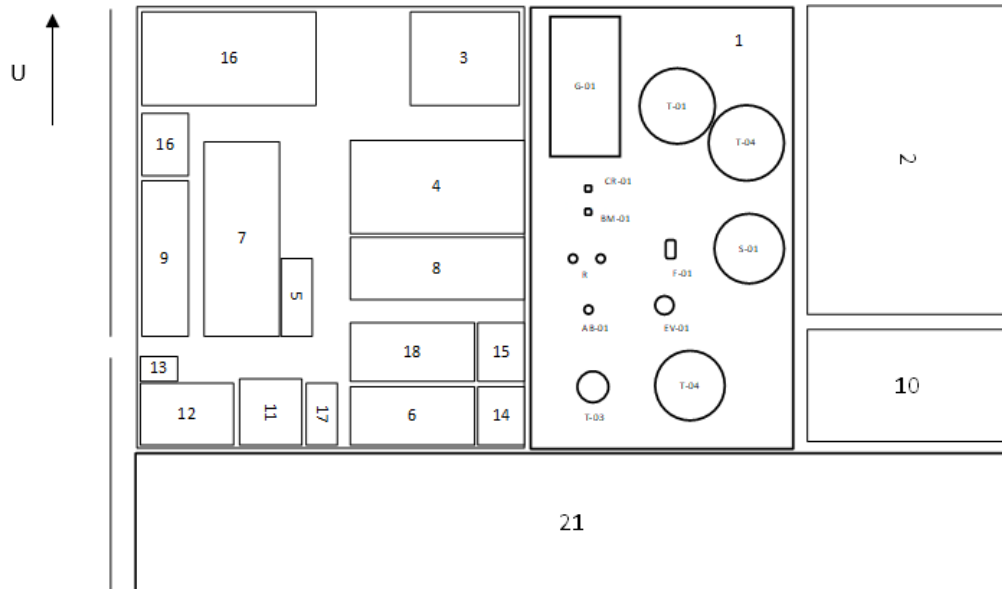
5. Pertimbangan Ekonomi

Penempatan alat – alat proses pada pabrik diusahakan agar dapat menekan biaya perancangan dan biaya operasi serta menjamin kelancaran serta keamanan produksi pabrik sehingga dapat menggantungkan dari segi ekonomi tetapi tetap mengedepankan keamanan produksi.

6. Jarak antar alat proses

Jarak tiap alat dalam pabrik memiliki pertimbangannya masing masing, ada yang diletakan berdampingan ada yang diletakan agak berjauhan. Untuk alat proses yang mempunyai suhu dan tekanan operasi tinggi, sebaiknya dipisahkan dari alat proses lainnya,

sehingga apabila terjadi ledakan atau kebakaran pada alat tersebut, tidak membahayakan alat-alat proses lainnya.



Gambar 4. 2 Tata Letak Pabrik dan Alat Proses

Skala 1 : 1000

Keterangan:

- | | |
|-------------------------------|----------------------------|
| 1. Area Proses | 12. Poliklinik |
| 2. Area Utilitas | 13. Pos Keamanan |
| 3. Bengkel | 14. Control Room |
| 4. Gudang Peralatan | 15. Control Utilitas |
| 5. Kantin | 16. Area Mesh |
| 6. Kantor Teknik dan Produksi | 17. Masjid |
| 7. Kantor Utama | 18. Unit Pemadam Kebakaran |
| 8. Laboratorium | 19. Taman |
| 9. Parkir Utama | 20. Jalan |
| 10. Parkir Truk | 21. Daerah Perluasan |

11. Perpustakaan



4.5. Neraca Massa

Basis perhitungan neraca massa :
 Kapasitas produk : 200.000 ton/tahun
 Diambil dalam 1 tahun : 330 hari kerja
 1 hari Kerja : 24 jam
 Basis perhitungan : 1 jam

$$= \left[\frac{200.000 \text{ ton}}{1 \text{ tahun}} \right] \times \left[\frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ ton}} \right] \times \left[\frac{1 \text{ tahun}}{330 \text{ hari}} \right] \times \left[\frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}} \right]$$

$$= 25.252,52 \text{ kg/jam}$$

4.5.1. Neraca Massa Total

Tabel 4. 1 Neraca massa total

Komponen	Massa <i>Input</i> Kg/jam	Massa <i>Output</i> Kg/jam
Kalsium Fosfat	32.209,85	2.254,69
Kalsium Oksida	1.935,56	
Silikon Dioksida	1.264,64	1.264,64
Karbon Dioksida	2.107,74	2.107,74
Flour	1.686,19	
Flourin		372,78
Ferrioksida	75,88	75,88
Aluminium Oksida	126,46	126,46
Magnesium Oksida	632,32	632,32
Air	21.546,48	10.662,50
Asam Fosfat		18.939,39
Asam Sulfat	29.628,61	
Kalsium Sulfat Hidrat		52.001,23
Asam Florida		497,76
Kalsium Fluorida		1.725,32
Oksigen		553,02
Total	91.213,74	91.213,74

4.5.2. Neraca Massa di *Crusher* (CR-01)

Tabel 4. 2 Neraca massa di *Crusher*

Komponen	Massa <i>Input</i>	Massa <i>Output</i>
	(Kg/Jam) Arus 1	(Kg/Jam) Arus 2
Kalsium Fosfat	32.209,85	32.209,85
Kalsium Oksida	1.935,56	1.935,56
Silikon Dioksida	1.264,64	1.264,64
Karbon Dioksida	2.107,74	2.107,74
Flour	1.686,19	1.686,19
Ferioksida	75,88	75,88
Aluminium Oksida	126,46	126,46
Magnesium Oksida	632,32	632,32
Air	2.116,17	2.116,17
Total	42.154,83	42.154,83

4.5.3. Neraca Massa di *Ball Mill* (BM-01)

Tabel 4. 3 Neraca massa di *Ball Mill*

Komponen	Massa <i>Input</i>	Massa <i>Output</i>
	(Kg/Jam) Arus 2	(Kg/Jam) Arus 3
Kalsium Fosfat	32.209,85	32.209,85
Kalsium Oksida	1.935,56	1.935,56
Silikon Dioksida	1.264,64	1.264,64
Karbon Dioksida	2.107,74	2.107,74
Flour	1.686,19	1.686,19
Ferioksida	75,88	75,88
Aluminium Oksida	126,46	126,46
Magnesium Oksida	632,32	632,32
Air	2.116,17	2.116,17
Total	42.154,83	42.154,83

4.5.4. Neraca Massa di *Vibrating Screen* (VS-01)

Tabel 4. 4 Neraca massa di *Vibrating Screen*

Komponen	Massa <i>Input</i>	Massa <i>Output</i>
	(Kg/Jam)	(Kg/Jam)
	Arus 3	Arus 4
Kalsium Fosfat	32.209,85	32.209,85
Kalsium Oksida	1.935,56	1.935,56
Silikon Dioksida	1.264,64	1.264,64
Karbon Dioksida	2.107,74	2.107,74
Flour	1.686,19	1.686,19
Ferrioksida	75,88	75,88
Aluminium Oksida	126,46	126,46
Magnesium Oksida	632,32	632,32
Air	2.116,17	2.116,17
Total	42.154,8315	42.154,8315

4.5.5. Neraca Massa di Reaktor (R-01)

Tabel 4. 5 Neraca massa di reaktor

Komponen	Massa <i>Input</i> (Kg/Jam)			Massa <i>Output</i> (Kg/Jam)	
	Arus 4	Arus 6	Arus 5	Arus 7	Arus 13
Kalsium Fosfat	32.209,85			2.254,69	
Kalsium Oksida	1.935,56				
Silikon Dioksida	1.264,64			1.264,64	
Karbon Dioksida	2.107,74				2.107,74
Flour	1.686,19				
Flourin	0,00				372,78
Ferrioksida	75,88			75,88	
Aluminium Oksida	126,46			126,46	
Magnesium Oksida	632,32			632,32	
Air	2.116,17	604,67	15043,25	6.880,11	
Asam Fosfat				18.939,39	

Tabel 4. 5 Neraca massa di reaktor (lanjutan)

Komponen	Massa <i>Input</i> (Kg/Jam)			Massa <i>Output</i> (Kg/Jam)	
	Arus 4	Arus 6	Arus 5	Arus 7	Arus 13
Asam Sulfat	29628,61				
Kalsium Sulfat Hidrat				52.001,23	
Asam Florida					497,76
Kalsium Fluorida				1.725,32	
Oksigen					553,02
Total	87.431,36			87.431,36	

4.5.6. Neraca Massa di Rotary Vacuum Filter Drum (F-01)

Tabel 4. 6 Neraca massa di filter

Komponen	Massa <i>Input</i> (Kg/Jam)		Massa <i>Output</i> (Kg/Jam)	
	Arus 7	Arus 8	Arus 9	Arus 10
Kalsium Fosfat	2.254,69			2.254,69
Silikon Dioksida	1.264,64			1.264,64
Ferrioksida	75,88			75,88
Aluminium Oksida	126,46			126,46
Magnesium Oksida	632,32		0,28	632,04
Air	6.880,11	3.309,52	9.170,67	1.018,96
Asam Fosfat	18.939,39		18.939,39	
Kalsium Sulfat Hidrat	52.001,23		6,62	51.994,61
Kalsium Fluorida	1.725,32		0,05	1.725,27
Total	87.209,58		87.209,58	

4.5.7. Neraca Massa di *Evaporator* (EV-01)Tabel 4. 7 Neraca massa di *Evaporator*

Komponen	Massa <i>Input</i> (Kg/Jam)	Massa <i>Output</i> (Kg/Jam)	
	Arus 9	Arus 12	Arus 11
Air	9.170,67	2.864,49	6.306,17
Asam Fosfat	18.939,39		18.939,39
Magnesium Oksida	0,28		0,28

Tabel 4. 7 Neraca massa di *Evaporator* (lanjutan)

Komponen	Massa <i>Input</i> (Kg/Jam)	Massa <i>Output</i> (Kg/Jam)	
	Arus 9	Arus 12	Arus 11
Kalsium Sulfat dihidrat	6,62		6,62
Kalsium Fluorida	0,05		0,05
Total	28.117,02		28.117,02

4.5.8. Neraca Massa di *Absorber* (AB-01)

Tabel 4. 8 Neraca massa di *Absorber*

Komponen	Massa <i>Input</i> (Kg/Jam)		Massa <i>Output</i> (Kg/Jam)	
	Arus 13	Arus 14	Arus 15	Arus 16
Air	0,00	472,87		472,87
karbon dioksida	2.107,74		2.106,98	0,76
Flourin	372,78		372,71	0,07
Asam Florida	497,76		24,89	472,87
Oxygen	553,02		553,01	0,00
Total	4004,17		4004,17	

4.6. Neraca Panas

4.6.1. Neraca Panas Reaktor (R)

Tabel 4. 9 Neraca panas di reaktor

Komponen	Panas <i>Input</i> (Kj/Jam)	Panas <i>Output</i> (Kg/Jam)
Kalsium Fosfat	461.802,69	411.268,03
Kalsium Oksida	72.739,03	65.465,13
Silikon Dioksida	47.720,79	86.293,09
Karbon Dioksida	93.558,48	168.674,23
Flour	7.987,23	7.188,51
Flourin		14.012,15
Ferioksida	2.458,94	4.426,10
Aluminium Oksida	5.144,52	9.302,04
Magnesium Oksida	29.916,32	54.023,19
Air	4.775.841,04	3.083.201,43
Asam Fosfat	728.976,00	1.650.822,01
Asam Sulfat	2.417.681,91	500.346,24
Kalsium Sulfat Hidrat	482.774,67	1.119.487,40
Asam Florida (HF)		32.655,39
Kalsium Fluorida		69.249,08
Oksigen		22.951,85
Q Reaksi	746.375,04	
Q Pendingin		2.573.610,81
Total	9.872.976,66	9.872.976,66

4.6.2. Neraca Panas *Rotary Vacuum Filter Drum* (F-01)

Tabel 4. 10 Neraca panas di filter

Komponen	Panas <i>Input</i> (Kg/Jam)	Panas <i>Output</i> (Kg/Jam)
Kalsium Fosfat	86.045,51	86.045,51
Silikon Dioksida	43.131,86	43.131,86
Ferioksida	2.213,05	2.213,05
Aluminium Oksida	4.649,48	4.649,48

Tabel 4. 10 Neraca panas di filter (lanjutan)

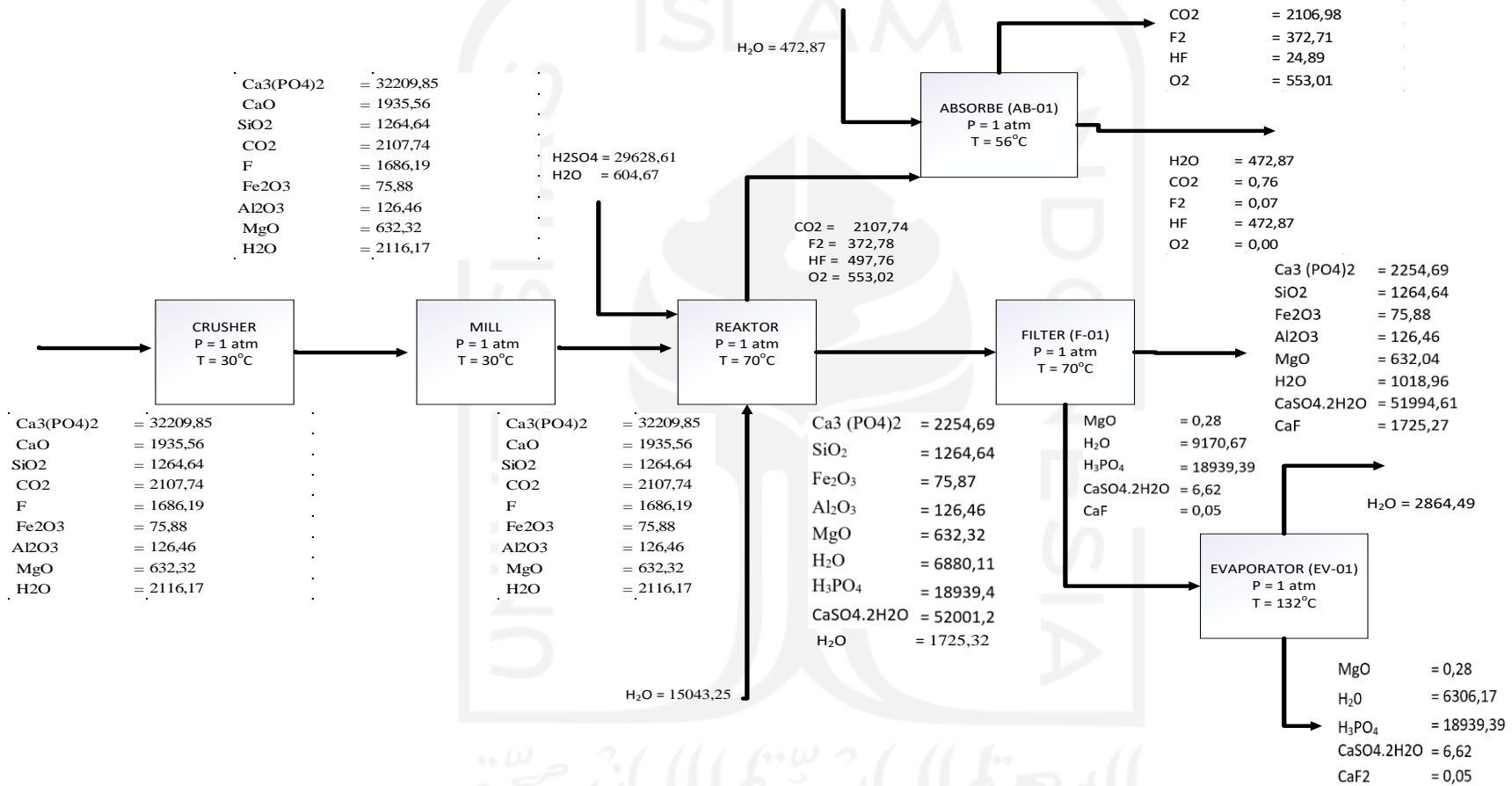
Komponen	Panas <i>Input</i> (Kg/Jam)	Panas <i>Output</i> (Kg/Jam)
Magnesium Oksida	27.005,17	27.005,17
Air	1.916.290,58	1.916.290,58
Asam Fosfat	921.846,01	921.846,01
Kalsium Sulfat Hidrat	636.712,73	636.712,73
Kalsium Fluorida	69.244,29	69.244,29
Total	3.707.138,69	3.707.138,69

4.6.3. Neraca Panas *Evaporator* (EV-01)Tabel 4. 11 Neraca panas di *Evaporator*

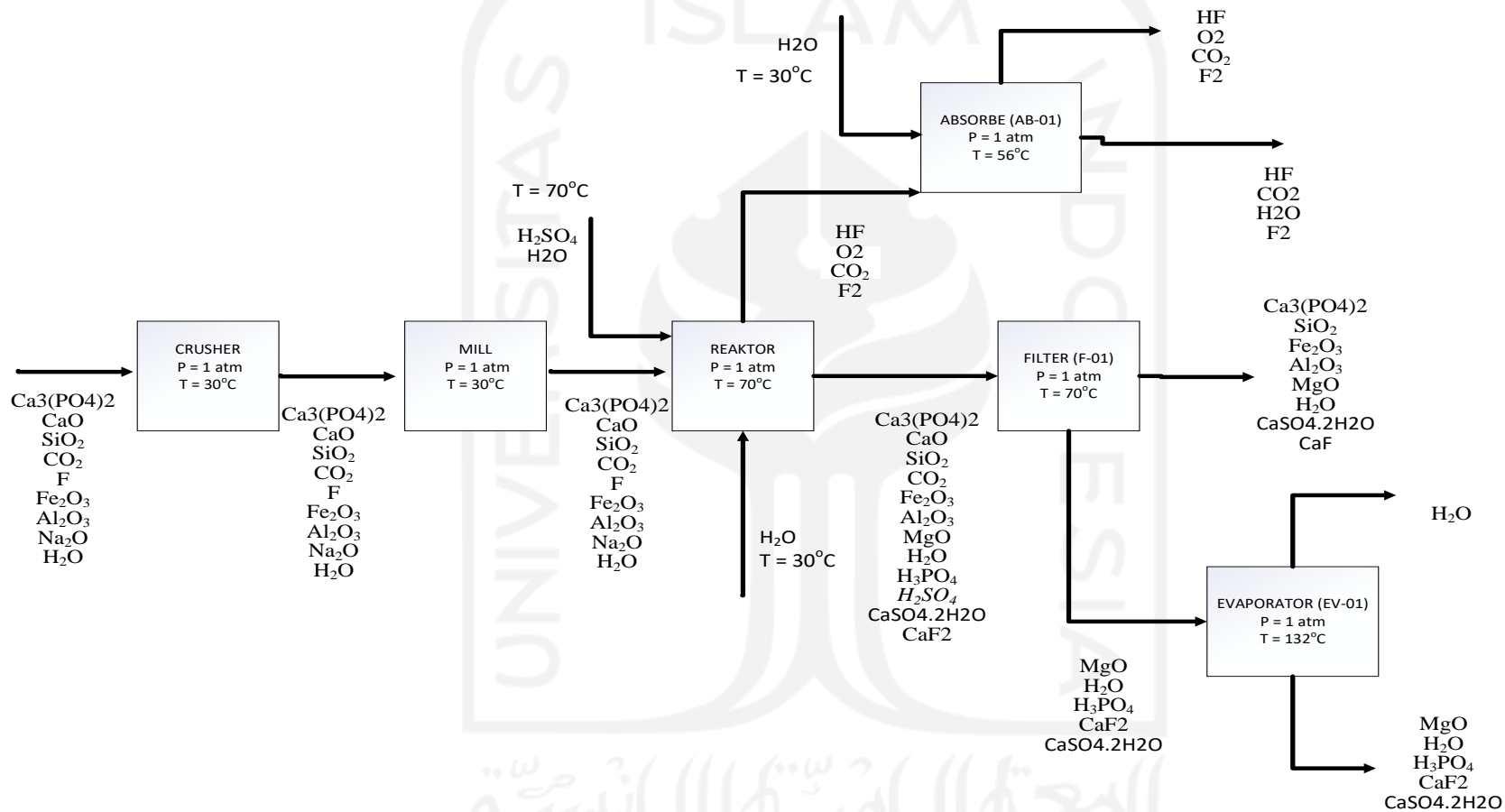
Komponen	Panas <i>Input</i> (Kg/Jam)	Panas <i>Output</i> (Kg/Jam)
Air	1.724.626,66	13.172.006,90
Asam Fosfat	921.846,01	2.183.694,60
Magnesium Oksida	12,16	30,10
Kalsium Sulfat Hidrat	81,04	191,98
Kalsium Fluorida	2,13	5,11
Qpenguapan		6.043.905,05
Qsteam	25.336.741,38	6.583.475,65
Total	27.983.309,38	27.983.309,38

4.6.4. Neraca Panas *Absorber* (AB-01)Tabel 4. 12 Neraca panas di *Absorber*

Komponen	Panas <i>Input</i> (Kg/Jam)	Panas <i>Output</i> (Kg/Jam)
Air	9.916,86	61.756,62
karbon dioksida	84.330,24	58.200,25
flourin	28.080,64	19.430,03
Asam Florida	32.629,12	22.642,48
Oxygen	23.025,41	15.952,89
Total	177.982,27	177.982,27



Gambar 4. 3 Flow Diagram Kuantitatif



Gambar 4. 4 Flow Diagram Kualitatif

4.7. Utilitas

Unit utilitas merupakan bagian yang sangat penting dalam menunjang jalannya proses produksi pada suatu industri kimia. Proses produksi dalam suatu pabrik tidak akan berjalan dengan baik jika tidak terdapat utilitas. Karena itu utilitas memegang peranan penting dalam pabrik. Perancangan diperlukan agar dapat menjamin kelangsungan operasi suatu pabrik. Unit-unit utilitas yang harus ada dalam pabrik antara lain:

1. Unit penyedia dan pengolahan air (Water System)
2. Unit pembangkit steam (Steam Generation System)
3. Unit pembangkit dan pendistribusian listrik (Power Plant and Power Distribution System)
4. Unit penyedia udara instrumen (Instrument Air System)
5. Unit penyedia bahan bakar
6. Unit pengolahan limbah

4.7.1. Unit Penyedia dan Pengelolaan Air

4.7.1.1. Unit Pengelolaan Air

Air merupakan salah satu bahan baku maupun bahan penunjang yang sangat dibutuhkan dalam proses produksi. Unit pengadaan dan pengolahan air merupakan unit yang berfungsi sebagai penyedia kebutuhan air untuk seluruh kehiatan dalam pabrik. Selain sebagai penyedia kebutuh air, unit ini juga mengolah air proses, air pendingin, air sanitasi dan air pemadam kebakaran hingga siap untuk digunakan. Dalam industri, untuk memnuhi

kebutuhan air pada umumnya menggunakan air sungai, air sumur, air danau hingga air laut.

Dalam perancangan pabrik asam fosfat ini, sumber air yang digunakan adalah sumber air yang berasal dari laut di Jawa Tengah. Berikut beberapa pertimbangan dalam menggunakan air laut sebagai sumber air:

- a. Pengolahan air sungai relatif lebih mudah, sederhana dan relatif murah, sedangkan pengolahan air laut lebih rumit dan biaya pengolahan biasanya lebih tinggi karena lebih banyak kandungan garam dan mineral didalamnya yang perlu dipisahkan. Tetapi dengan *factor* letak pabrik yang dekat dengan sumber air laut
- b. Air laut merupakan sumber yang kontinuitasnya tinggi, sehingga kekurangan air dapat dihindari.

Air yang diproduksi unit utilitas digunakan antara lain sebagai :

1. Air Pendingin

Air pendingin diproduksi oleh menara pendingin (cooling tower). Unit air pendingin ini mengolah air dengan proses pendinginan, untuk dapat digunakan sebagai air dalam proses pendinginan pada alat pertukaran panas (*heat exchanger*) dari alat yang membutuhkan pendinginan seperti pada reaktor 1 (R-01) dan reaktor 2 (R-02).

Air pendingin yang keluar dari media-media perpindahan panas di area proses akan disirkulasikan dan didinginkan kembali seluruhnya di dalam *cooling tower*. Penguapan dan kebocoran air akan terjadi didalam *cooling tower* ini. Oleh karena itu, untuk menjaga jumlah air pendingin harus ditambah air make up yang jumlahnya sesuai dengan jumlah air yang hilang.

Pada umumnya air digunakan sebagai media pendingin karena faktor-faktor berikut:

- a) Air merupakan materi yang dapat diperoleh dalam jumlah besar.
- b) Mudah dalam pengolahan dan pengaturannya.
- c) Dapat menyerap jumlah panas yang relatif tinggi persatuan volume.
- d) Tidak mudah menyusut secara berarti dalam batasan dengan adanya perubahan temperatur pendingin.
- e) Tidak terdekomposisi

2. Air Umpan Boiler

Umpan atau steam dalam pabrik digunakan sebagai media pemanas. Adapun syarat air umpan boiler, yaitu:

- a) Tidak membuih (berbusa)
- b) Tidak membentuk kerak dalam reboiler
- c) Tidak menyebabkan korosi pada pipa
- d) Air Umpan *Boiler*

3. Air Sanitasi

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

a) Syarat fisika, meliputi:

- Suhu : dibawah suhu udara
- Warna:jernih
- Rasa : tidak berasa
- Bau : tidak berbau

b) Syarat kimia, meliputi:

- Tidak mengandung zat organik dan anorganik yang terlarut dalam air.
- Tidak mengandung bahan beracun.
- Tidak mengandung bakteri terutama panthogen yang dapat merubah fisik air.

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:

1. Penyaringan Awal / *Screen* (WF)

Sebelum mengalami proses pengolahan, air dari sungai harus mengalami pembersihan awa dimana air sungai dilewatkan *Screen* (penyaringan awal) yang berfungsi untuk menahan kotoran-kotoran yang berukuran besar seperti kayu, ranting, daun, sampah dan sebagainya. Kemudian baru dialirkan ke bak pengendap.

2. Bak pengendap (B-01)

Air laut setelah melalui filter dialirkan ke bak pengendap awal. Untuk mengendapkan lumpur dan kotoran yang mudah mengendap karena ukurannya yg masih cukup besat tetapi lolos dari penyaring awal (*screen*). Kemudian dialirkan ke bak pengendap yang dilengkapi dengan pengaduk.

3. Bak penggumpal (B-02)

Air setelah melalui bak pengendap awal 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 alum ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) dan Na_2CO_3 .

4. *Clarifier* (C-01)

Air setelah melewati bak penggumpal air dialirkan ke *Clarifier* untuk memisahkan/mengendapkan gumpalan gumpalan dari bak penggumpal.

Air baku yang telah dialirkan kedalam clarifier yang alirannya telah diatur ini akan diaduk dengan agitator. Air keluar clarifier dari bagian pinggir secara overflow sedangkan sludge (flok) yang terbentuk akan mengendap secara gravitasi dan di blow down secara berkala dalam waktu yang telah ditentukan.

5. Bak Penyaring/*sand filter* (B-03)

Setelah keluar dari clarifier air kemudian dialirkan ke bak saringan pasir, dengan tujuan 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 dr pengotor 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.

6. *Reverse Osmosis*

Air yang sudah melalui penyaringan di sand filter dialirkan ke dalam alat *reverse osmosis* untuk di desalinasi. Proses desalinasi merupakan proses untuk menghilangkan kadar garam yang ada di dalam air.

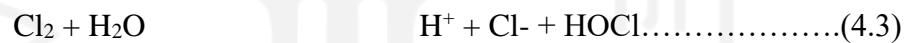
7. Bak Penampung Sementara (B-04)

Air yang sudah melalui proses sand filter kemudian dialirkan kedalam tangki penampung sementara. proses selanjutnya bergantung pada fungsi air tersebut karena setelah dari bak penampung sementara spesifikasi

untuk air proses, air umpan boiler dan air pendingin berbeda dengan air yang digunakan untuk kegiatan selain proses produksi.

8. Tangki Karbon Aktif (TU-01)

Air setelah melalui bak penampung sementara (B-04) dialirkan ke Tangki Karbon Aktif (TU-01). Dalam Tangki Karbon Aktif ini Air ditambahkan dengan klor atau kaporit untuk membunuh kuman dan mikroorganisme seperti amuba, ganggang dan lain-lain yang terkandung dalam air sehingga aman untuk dikonsumsi. Klor adalah zat kimia yang sering dipakai karena harganya murah dan masih mempunyai daya desinfeksi sampai beberapa jam setelah pembubuhannya. Klorin dalam air membentuk asam hipoklorit, reaksinya adalah sebagai berikut :



Asam hipoklorid pecah sesuai reaksi berikut :



Kemudian air dialirkan ke Tangki Air Bersih (TU- 02) untuk keperluan air minum dan perkantoran.

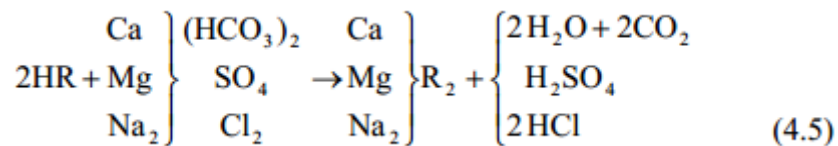
9. Tangki air bersih (TU-02)

Tangki air bersih ini fungsinya untuk menampung air bersih yang telah diproses. Dimana air bersih ini digunakan untuk keperluan air minum dan perkantoran.

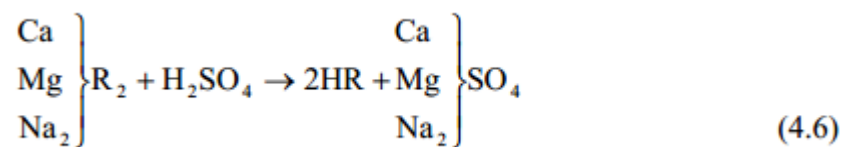
10. Tangki Kation Exchanger (TU-03)

Air dari bak penampung (B-04) berfungsi sebagai make up boiler, selanjutnya air diumpankan ke tangki kation exchanger (TU-03). Tangki ini berisi resin pengganti kation-kation yang terkandung dalam air diganti ion H⁺ sehingga air yang akan keluar dari kation exchanger adalah air yang mengandung anion dan ion H⁺.

Reaksi:



Dalam jangka waktu tertentu, kation resin ini akan jenuh sehingga perlu regenerasi kembali dengan asam sulfat (H₂SO₄)



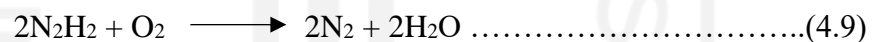
11. Tangki Anion Exchanger (TU-04)

Air yang keluar dari tangki kation exchanger (TU-03) 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 CO₃²⁻, Cl⁻, dan SO₄²⁻ akan terikat dengan resin.

12. 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). Air yang telah mengalami demineralisasi (*kation exchanger* dan *anion exchanger*) dipompakan menuju deaerator.

Pada pengolahan air untuk (terutama) boiler tidak boleh mengandung gas terlarut dan padatan terlarut, terutama yang dapat menimbulkan korosi. Unit deaerator ini berfungsi menghilangkan gas O₂ dan CO₂ yang dapat menimbulkan korosi. Di dalam deaerator diinjeksikan bahan kimia berupa hidrazin (N₂H₂) yang berfungsi untuk mengikat oksigen berdasarkan reaksi:



Sehingga dapat mencegah terjadinya korosi pada tube boiler. Air yang keluar dari deaerator dialirkan dengan pompa sebagai air umpan boiler (*boiler feed water*).

13. Bak Air Pendingin (B-05)

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:

- a. Fosfat, berguna untuk mencegah timbulnya kerak.
- b. Klorin, untuk membunuh mikroorganisme.
- c. Zat dispersant, untuk mencegah timbulnya penggumpalan.

4.7.1.2. Kebutuhan air

1. Kebutuhan Air Proses

Tabel 4. 13 Kebutuhan air proses

Nama Alat	Kode	Jumlah (kg/jam)
Reaktor	R-01	15043,25
<i>Absorber</i>	AB-01	3309,52
Filter	F-01	472,87
Jumlah		18825,64

2. Kebutuhan Air Pembangkit *Steam*

Tabel 4. 14 Kebutuhan air proses

Alat	Kode	Kebutuhan Steam (Kg/jam)
<i>Heat exchanger 1</i>	HE-01	663,19
<i>Heat exchanger 2</i>	HE-02	1107,91
<i>Evaporator</i>	EV-01	9153,81
Jumlah		10924,91

Air pembangkit *steam* sebanyak 80% digunakan kembali, maka *make up* yang diperlukan adalah sebanyak 20%. Sehingga *make up steam* sebesar: = 20% x 13109,89 kg/jam = 1966,48 kg/jam

3. Kebutuhan Air Pendingin

Tabel 4. 15 Kebutuhan air proses

Alat	Kode alat	Kebutuhan Air (Kg/Jam)
Reaktor-01	R-01	22330,90
Reaktor-02	R-02	18466,64
Cooler-1	CL-01	76324,78
Cooler-2	CL-02	1354,54
Jumlah		118476,87

- Jumlah air yang menguap (We)

$$= 118476,87 \times 0,00085 \times (318 - 301)$$

$$= 1711,99 \text{ kg/jam}$$
- Jumlah air yang terbawa aliran keluar tower (Wd)

$$= 1711,99 \times 0,0002 = 23,69 \text{ kg/jam}$$
- *Blowdown*

$$= 546,96 \text{ kg/jam}$$
- Jumlah air *make up*

$$= 2282,65 \text{ kg/jam}$$

4. Kebutuhan Air *Domestic*

Tabel 4. 16 Kebutuhan air *domestic*

Penggunaan	Jumlah kg/hari
Karyawan	18000
Mess	14400
Kantor	18000
Jumlah	50400

5. Kebutuhan Air *Service*

Tabel 4. 20 Kebutuhan air *service*

Penggunaan	Jumlah kg/hari
Bengkel	1000
Poliklinik	1000
Laboratorium	1000
Pemadam Kebakaran	200
Kantin, Mushollah,	3000
Jumlah	6200

4.7.2. Unit Pembangkit Steam

Unit ini bertujuan untuk memenuhi kebutuhan *steam* pada produksi dengan cara menyediakan *steam* untuk *boiler*. Sebelum air dari *water treatment plant* digunakan sebagai umpan *boiler*, mula-mula diatur terlebih dahulu kadar silika, oksigen dan bahan terlarut lainnya dengan cara menambahkan bahan kimia ke dalam *boiler feed water tank*. Air kemudian dialirkan ke dalam *economizer* sebelum dialirkan masuk ke dalam boiler yaitu alat penukar panas dengan tujuan memanfaatkan panas dari gas sisa

pembakaran residu boiler. Gas dari sisa pembakaran tersebut dialirkan menuju *economizer* sebelum dibuang melalui cerobong asap. Setelah uap air terkumpul kemudian dialirkan menuju *steam header* untuk didistribusikan menuju alat-alat proses.

4.7.3. Unit Pembangkit dan Pendistribusian Listrik

Kebutuhan listrik di pabrik ini dipenuhi oleh PLN, selain itu listrik cadangan dihasilkan dari generator pabrik apabila ada gangguan pasokan listrik dari PLN setempat. Hal ini bertujuan agar pasokan tenaga listrik dapat berlangsung kontinyu meskipun ada gangguan pasokan dari PLN.

Generator yang digunakan adalah generator arus bolak-balik karena:

- a. Tenaga listrik yang dihasilkan cukup besar.
- b. Tegangan dapat dinaikkan atau diturunkan sesuai kebutuhan

Kebutuhan listrik di pabrik ini antara lain terdiri dari:

1. Listrik untuk AC
2. Listrik untuk laboratorium dan bengkel
3. Listrik untuk keperluan proses dan utilitas
4. Listrik untuk penerangan
5. Listrik untuk instrumentasi

Keuntungan tenaga listrik dari PLN adalah biayanya murah, sedangkan kerugiannya adalah kesinambungan penyediaan listrik kurang terjamin dan tenaganya tidak terlalu tetap. Sebaliknya jika disediakan sendiri

(Genset), kesinambungan akan tetap dijaga, tetapi biaya bahan bakar dan perawatannya harus diperhatikan.

Energi listrik diperlukan untuk penggerak alat proses, alat utilitas, instrumentasi, penerangan, dan alat-alat kontrol. Rincian kebutuhan listrik adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 21 Kebutuhan listrik proses

Kode Alat	Daya	
	Hp	Watt
CR-01	8	5.966
BM-01	85	63.385
R-01	15	11.186
R-02	15	11.186
F-01	75	55.928
EV-01	0	0
AB-01	0	0
BC-01	29	21.410
BC-02	30	22.222
BE-01	6	4.101
BE-02	6	4.101
BE-03	6	4.101
SC-01	5	3.721
SC-02	5	3.636
SC-03	12	8.933
VB-01	4	2.983
P-01	12	8.948
P-02	8	5.966
P-03	2	1.174
P-04	2	1.529
P-05	13	9.321
P-06	10	7.457
P-07	5	3.698
P-08	12	9.297
P-09	12	9.148
Total		279.395

Tabel 4. 21 Kebutuhan listrik utilitas

Kode Alat	Daya	
	Hp	Watt
B-02	2	1.491
BL-01	20	14.914
CP-01	7	5.220
PU-01	15	11.186
PU-02	15	11.186
PU-03	15	11.186
PU-04	15	11.186
PU-05	10	7.457
PU-06	10	7.457
PU-07	10	7.457
PU-08	15	11.186
PU-09	15	11.186
PU-10	2	1.119
PU-11	5	3.729
PU-12	3	2.237
PU-13	1	1.017
PU-14	1	1.017
PU-15	0	274
PU-16	0	274
PU-17	0	274
PU-18	0	0
PU-19	0	274
PU-20	2	1.119
PU-21	0	162
Total	147	121,115

Kebutuhan listrik untuk penerangan = 20 Kw

Kebutuhan listrik kantor = 105 Kw

Kebutuhan listrik laboratorium bengkel = 15 Kw

Total kebutuhan listrik

= 279,395 + 121,115 + 20 + 105 + 15 = 570,7 Kw

4.7.4. Unit Penyedia Udara Instrumen

Unit ini berfungsi untuk menyediakan kebutuhan udara yang diperlukan oleh semua alat *controller*, dimana setiap alat *controller* membutuhkan sekitar 1 ft³/menit atau 28,32 L/menit dimana jumlah alat *controller* pada pabrik adalah sebanyak 30 buah.

4.7.5. Unit Penyedia Bahan Bakar

Unit penyediaan bahan bakar bertujuan untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar yang dibutuhkan boiler. Jenis bahan bakar yang dipilih adalah solar, dengan spesifikasi:

Specific gravity = 0,87

Densitas = 870 kg/m³

Heating value = 18774,94 BTU/lbm

Alasan pemilihan bahan bakar tersebut antara lain karena mudah didapat, ekonomis, dan mudah dalam penyimpanannya. Kebutuhan

bahan bakar disuplai langsung dari PT. PERTAMINA (Persero) sebanyak 1,394 m³/jam.

4.7.6. Unit Pengelolaan Limbah

Unit pengolahan limbah bertujuan untuk mengolah limbah yang dihasilkan dalam pabrik, sehingga tidak mencemari lingkungan sekitar. Limbah yang dihasilkan meliputi:

1. Air buangan sanitasi yang berasal dari toilet, dapur, dan pencucian. Limbah tersebut dikumpulkan dalam unit stabilisasi kemudian diolah dengan lumpur aktif, aerasi, dan injeksi klorin. Klorin berfungsi sebagai desinfektan yang dapat membunuh mikroorganisme penyebab penyakit.
2. 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.
3. Air buangan utilitas 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.
4. Gas Buangan

4.8. Laboratorium

Laboratorium merupakan salah satu bagian yang sangat penting dalam menunjang kelancaran proses produksi. Laboratorium merupakan sarana untuk melakukan riset atau penelitian mengenai pengendalian kualitas bahan

baku, standarisasi bahan penunjang, serta pengendalian kualitas produk agar sesuai dengan standar yang telah ditetapkan pabrik. Disamping itu Laboratorium juga berperan dalam pengendalian kualitas limbah baik limbah gas cair maupun padatan agar tidak menyebabkan pencemaran lingkungan.

Laboratorium dibawah bagian produksi sistem kerjanya terbagi menjadi dua kelompok, yaitu non-shift dan shift. Tugas kelompok non-shift antara lain

- Menyiapkan reagen untuk analisa laboratorium.
- Menganalisa bahan baku, bahan penunjang, dan produk.
- Menganalisa limbah yang menyebabkan pencemaran.
- Melakukan penelitian dan percobaan untuk kelancaran proses produksi.

Analisa yang dilakukan kelompok *shift* adalah analisa khusus yang sifatnya rutin, antara lain :

- Menganalisa bahan baku, bahan penunjang, dan produk.
- Menganalisa limbah yang menyebabkan pencemaran.
- Melakukan pemantauan mutu air yang berkaitan langsung dengan proses produksi.

Analisa yang dilakukan kelompok *shift* bersifat rutin. Berbeda dengan kelompok *non-shift* yang bekerja seperti karyawan kantor, kelompok *shift* bekerja selama 24 jam/hari, sehingga diperlukan pembagian *shift*.

4.9. Keamanan, Kesehatan, dan Keselamatan Kerja (K3)

Keamanan, kesehatan dan keselamatan kerja (K3) merupakan perlindungan tenaga kerja dalam menjalankan aktivitas di lingkungan kerja yang menyangkut resiko baik jasmani dan rohani para pekerja. Perlindungan bagi pekerja merupakan kewajiban setiap perusahaan demi menjaga lingkungan kerja dan mencegah terjadinya kecelakaan kerja. Dalam pelaksanaannya, setiap karyawan diwajibkan menggunakan *safety* equipment ketika berada di area produksi. *Safety* equipment yang dikenakan seperti sepatu *safety*, kacamata, *ear plug*, masker, helm, serta alat bantu pernafasan apabila udara sekitar kotor.

Untuk mencegah terjadinya kecelakaan kerja dapat dilakukan dengan cara melengkapi semua mesin dan peralatan kerja yang digunakan oleh para karyawan dengan alat yang dapat mencegah atau menghentikan kecelakaan dan gangguan keamanan kerja, seperti alat pemadam kebakaran. Pendidikan dan pelatihan kepada para pekerja juga diperlukan sehingga para karyawan dapat menerapkan kebiasaan cara bekerja yang aman.

untuk mencegah kemungkinan terjadinya kecelakaan dalam skala besar seperti meledaknya alat atau area proses, umumnya setiap alat dipasangkan *actuator* dimana fungsinya adalah menonaktifkan kerja alat secara otomatis saat nilai indikator seperti suhu melewati batas yang sudah ditetapkan sebagai batas maksimum *safety condition*.

4.10. Manajemen Pereusahaan

4.10.1. Bentuk Perusahaan

Pabrik propilen glikol yang akan didirikan, mempunyai klasifikasi sebagai berikut :

- Bentuk perusahaan : Perseroan Terbatas (PT.)
- Kapasitas produksi : 200.000 ton/tahun
- Lokasi : Batang, Jawa Tengah

Alasan dipilihnya bentuk Perseroan Terbatas pada perusahaan ini dilatar belakangi atas beberapa pertimbangan antara lain :

1. Mudah mendapatkan modal yaitu dengan menjual saham perusahaan.
2. Tanggung jawab pemegang saham terbatas sehingga kelancaran produksi hanya dipegang oleh pimpinan perusahaan.
3. Pemilik dan pengurus perusahaan terpisah satu sama lain. Pemilik perusahaan adalah para pemegang saham dan pengurus perusahaan adalah direksi beserta *staff* yang diawasi oleh dewan komisaris.
4. Kelangsungan hidup perusahaan lebih terjamin, karena tidak terpengaruh dengan berhentinya pemegang saham, direksi beserta staff dan karyawan.

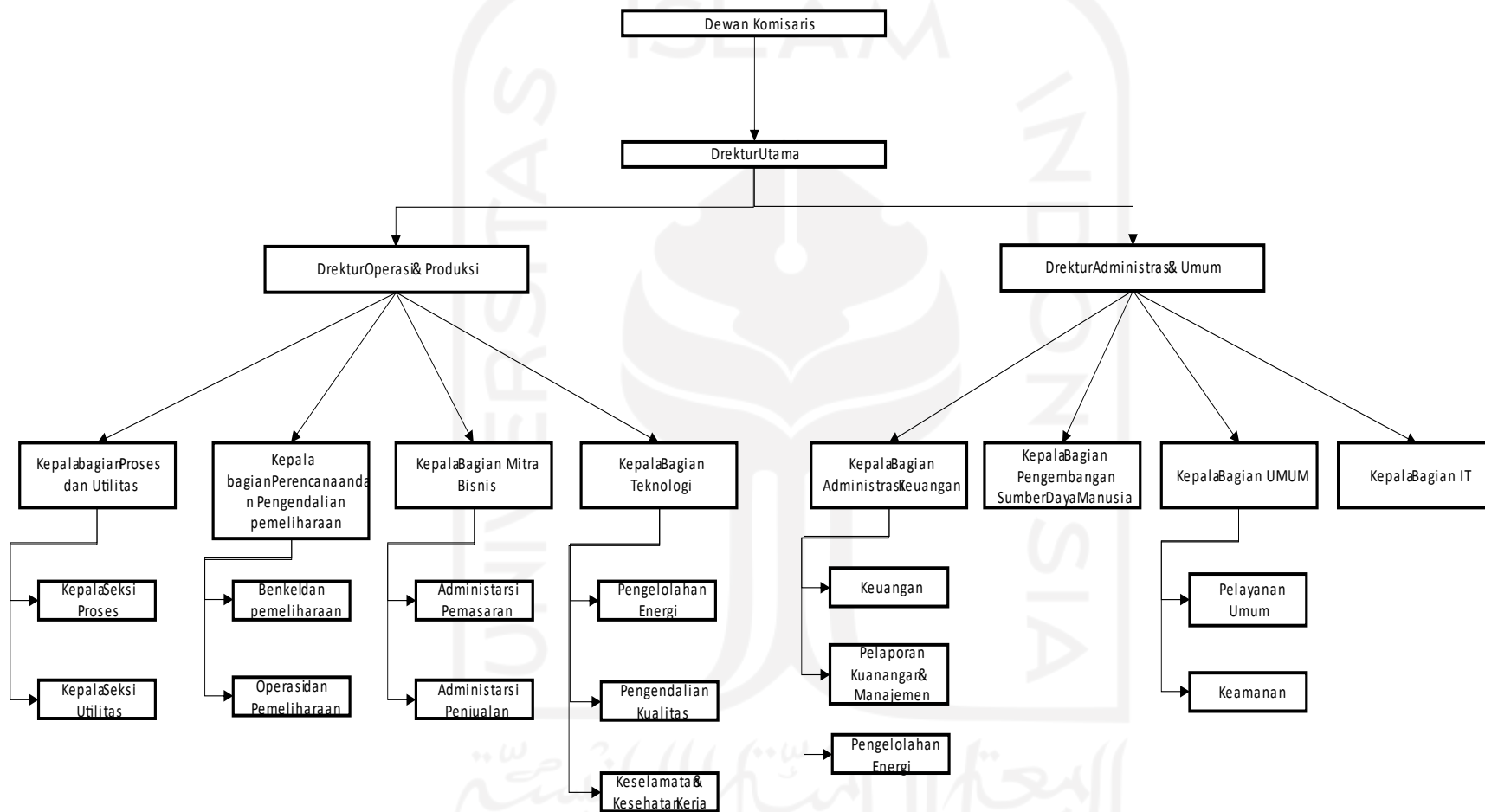
5. Efisiensi dari manajemen para pemegang saham duduk dalam dewan komisaris dan dewan komisaris ini dapat memilih dewan direksi diantaranya Direktur utama yang cukup berpengalaman.

6. Lapangan usaha lebih luas

4.10.2. Struktur Organisasi

Untuk menjalin komunikasi dan kerjasama yang baik antar karyawan, maka diperlukan suatu struktur organisasi. Struktur organisasi ini didasarkan pada bentuk dan kebutuhan perusahaan. Jenjang kepemimpinan dalam struktur organisasi yang meliputi :

- 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. 5 Struktur Organisasi

4.10.3. Tugas dan Wewenang

4.10.3.1. 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.

- a. Tugas dan wewenang pemegang saham antara lain:
- b. Mengangkat dan memberhentikan Dewan Komisaris
- c. Mengangkat dan memberhentikan Direktur
- d. Mengesahkan hasil-hasil usaha serta perhitungan untung rugi tahunan dari perusahaan

4.10.3.2. Direktur Utama

Direktur utama merupakan pimpinan tertinggi dalam perusahaan.

Direktur utama bertanggung jawab kepada dewan komisaris terhadap segala kebijakan perusahaan yang telah diambil. Tugas dan wewenang direktur umum antara lain :

1. Menjaga kestabilan organisasi perusahaan, sehingga komunikasi antara pemilik saham, pimpinan, karyawan, dan konsumen dapat berlangsung dengan baik.
2. Mengangkat dan memberhentikan kepala bagian dengan persetujuan rapat pemegang saham.

3. Mengkoordinasi kerja sama antara bagian produksi dan bagian umum.

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

4.10.3.3. 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 :

1. Kepala Bagian Proses dan Utilitas

Tugas Kepala Bagian Proses dan Utilitas adalah 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.

2. Kepala Bagian Perencanaan dan Pengendalian Pemeliharaan

Tugas Kepala Bagian Perencanaan dan Pengendalian Pemeliharaan adalah 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 Pengendalian Pemeliharaan membawahi seksi Pemeliharaan dan bengkel dan seksi listrik dan instrumentasi.

3. Kepala Bagian Teknologi

Kepala Bagian Teknologi bertugas untuk secara terus menerus melakukan perhitungan tentang kebutuhan dan pengolahan energi dalam pabrik. selain itu melakukan penelitian demi mengembangkan kuantitas dan kualitas produksi pabrik dan secara rutin melakukan pengujian terhadap kualitas baha baku dan produk agar tetap dalam range nilai standar pabrik sehingga produk keluaran sesuai dengan spesifikasi dari produk yang diinginkan dan mengatur kebijakan tentang Keselamatan & Kesehatan Kerja (K3). Kepala Bagian Teknologi membawahi seksi Pengolahan energi, seksi pengendalian kualitas dan seksi Kesehatan & Keselamatan Kerja (K3).

4. Kepala Bagian Administrasi Keuangan

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

5. Kepala Bagian Kepala Bagian Pengembangan Sumber Daya Manusia

Kepala Bagian Kepala Bagian Pengembangan Sumber Daya Manusia bertugas menjaga kualitas SDM dalam perusahaan melalui pelatihan

kerja dan lain lain sehingga dapat tetap menjaga etos kerja dari setiap pegawai.

6. Kepala Bagian UMUM

Kepala Bagian UMUM bertugas mengatur kegiatan-kegiatan penunjang dalam pabrik seperti menjaga kebersihan kantor, keamanan dan lain lain. Kepala Bagian UMUM membawahi seksi Pelayanan Umum, dan seksi keamanan.

7. Kepala Bagian IT

Kepala Bagian IT bertugas mengatur dan menjaga aliran informasi, dan menjaga kualitas peralatan penunjang dalam pabrik seperti komputer, alat kontrol dan lain lain.

4.10.3.3. Kepala Seksi

Kepala seksi bertanggung jawab kepada kepala bagian masing-masing sesuai dengan bidangnya. Tugas kepala seksi yaitu mengatur dan melakukan koordinasi secara langsung kepada karyawan setiap seksi.

Berdasarkan bidangnya, kepala seksi terdiri dari :

- 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 Kesehatan dan Keselamatan Kerja
- j. Kepala Seksi Keuangan
- k. Kepala Seksi Pelapor Keuangan & Manajemen
- l. Kepala Seksi Akuntansi Biaya
- m. Kepala Seksi Pelayanan Umum
- n. Kepala Seksi Keamanan

4.10.4. Jam Kerja Karyawan

Pabrik propilen glikol akan beroperasi selama 330 hari dalam 1 tahun dan 24 jam dalam 1 hari. Untuk perbaikan, perawatan, dan shutdown dilakukan pada sisa hari diluar hari libur. Karena proses produksi berlangsung secara continue, maka karyawan dibagi menjadi 2 kelompok, yaitu karyawan shift dan non-shift.

Bagi karyawan non shift pada saat hari libur nasional tidak masuk kerja. Berbeda dengan karyawan shift, pada saat hari libur harus tetap bekerja dengan catatan hari tersebut dapat diperhitungkan sebagai jam

lembur. Setiap karyawan mendapatkan hak cuti sebanyak 12 hari setiap tahunnya.

4.10.4.1. Karyawan non shift

Karyawan non shift adalah karyawan yang tidak menangani proses produksi secara langsung. Karyawan yang termasuk karyawan non-shift adalah direktur, staf ahli, kepala bagian, kepala seksi serta seluruh yang tugasnya berada dikantor. Dalam 1 minggu diberlakukan 5 hari kerja, dengan jadwal sebagai berikut :

Hari Senin – Kamis

Jam kerja : 08.00 – 16.00

Jam Istirahat : 12.00 – 13.00

Hari Jum'at

Jam Kerja : 08.00 – 16.00

Jam Istirahat : 11.30 – 13.00

4.10.4.2. Karyawan *shift*

Karyawan shift adalah karyawan yang menangani proses produksi secara langsung, sehingga tidak dapat ditinggalkan. Karyawan yang termasuk dalam kelompok 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. Dalam 1 hari mereka bekerja secara bergantian selama dengan jadwal sebagai berikut :

Shift Pagi : Jam 07.00 – 15.00

Shift Sore : Jam 15.00 – 23.00

Shift Malam : Jam 23.00 – 07.00

Untuk karyawan shift ini dibagi menjadi 4 kelompok (A / B / C / D) dimana dalam satu hari kerja, hanya tiga kelompok masuk dan ada satu kelompok yang libur. Jadwal pembagian kerja masing-masingkelompok ditampilkan dalam bentuk tabel sebagai berikut :

Tabel 4.22. Jadwal shift kerja karyawan

Shift	Hari ke-														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Pagi	D	D	D	D	D	C	C	C	C	C	B	B	B	B	B
Siang	B	A	A	A	A	A	A	D	D	D	D	D	C	C	C
Malam	C	C	C	B	B	B	B	B	A	A	A	A	A	D	D
Libur	A	B	B	C	C	D	A	A	B	B	C	D	D	A	A

Shift	Hari ke-														
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Pagi	A	A	A	A	A	D	D	D	D	D	C	C	C	C	C
Siang	C	C	B	B	B	B	B	A	A	A	A	A	D	D	D
Malam	D	D	D	C	C	C	C	C	B	B	B	B	B	A	A
Libur	B	B	C	D	D	A	A	B	C	C	D	D	A	B	B

4.11. Evaluasi Ekonomi

Evaluasi ekonomi merupakan aspek yang penting dalam pendirian suatu pabrik. Dengan adanya evaluasi ekonomi dapat diperkirakan modal investasi dalam pendirian suatu pabrik. Selain itu dapat diketahui layak dan tidak layaknya pabrik untuk didirikan. Hal-hal yang perlu ditinjau dalam menghitung evaluasi ekonomi antara lain:

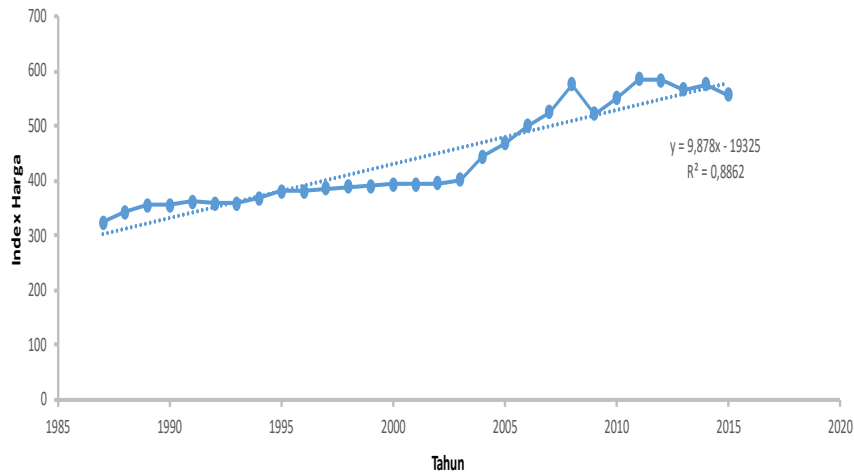
- a. Modal keseluruhan (Total Capital Investment)
- b. Biaya produksi (Manufacturing Cost)
- c. Pengeluaran umum (General Expense)
- d. Analisa keuntungan
- e. Analisa kelayakan

4.11.1. Perkiraan Harga Alat

Dalam evaluasi ekonomi harga alat 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 tahun 2022.

Tabel 4.23. Harga Index CEPCI

Tahun (Xi)	Indeks (Yi)
1987	324
1988	343
1989	355
1990	356
1991	361,3
1992	358,2
1993	359,2
1994	368,1
1995	381,1
1996	381,7
1997	386,5
1998	389,5
1999	390,6
2000	394,1
2001	394,3
2002	395,6
2003	402
2004	444,2
2005	468,2
2006	499,6
2007	525,4
2008	575,4
2009	521,9
2010	550,8
2011	585,7
2012	584,6
2013	567,3
2014	576,1
2015	556,8



Gambar 4. 6 Hubungan tahun terhadap index CEPCI

Persamaan yang diperoleh adalah : $y = 9,878x - 19325$. Dengan menggunakan persamaan diatas dapat dicari harga indeks pada tahun perancangan, dalam hal ini pada tahun 2024 adalah 668,072.

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

$$Ex = Ey \frac{Nx}{Ny} \quad (\text{Aries dan Newton, 1955})$$

Dalam hubungan ini:

Ex : Harga pembelian pada tahun 2014

Ey : Harga pembelian pada tahun referensi

Nx: Index harga pada tahun 2014

Ny: Index harga pada tahun referensi

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

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

Dimana : E_a = harga alat a

E_b = harga alat b

Ca = Kapasitas alat a

Cb = Kapasitas alat b

4.11.2. Perhitungan Biaya

4.11.2.1. *Capital Investment*

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

a. *Fixed Capital Investment*

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

b. *Working Capital Investment*

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

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

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

4.11.2.2. *Manufacturing Cost*

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

1. *Direct Cost*

Direct Cost adalah pengeluaran yang berkaitan langsung dengan pembuatan produk.

2. *Indirect Cost*

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

3. *Fixed Cost*

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

4.11.2.3. *General Expenses*

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

a. Administrasi

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

b. Sales

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

kebutuhan sales expense kecil dan untuk produk baru yang perlu diperkenalkan sales expense besar.

c. Riset

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

4.11.3. Analisa Kelayakan

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

4.11.3.1. Percent Return On Investment

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

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

4.11.3.2. Pay Out Time (POT)

1. Jumlah tahun yang telah berselang, sebelum didapatkan suatu penerimaan yang melebihi investasi awal atau jumlah tahun yang

diperlukan untuk kembalinya Capital Investment dengan profit sebelum dikurangi depresiasi.

2. Waktu minimum teoritis yang dibutuhkan untuk pengembalian modal tetap yang ditanamkan atas dasar keuntungan setiap tahun ditambah dengan penyusutan.

3. Waktu pengembalian modal yang dihasilkan berdasarkan keuntungan yang diperoleh. Perhitungan ini diperlukan untuk mengetahui dalam berapa tahun investasi yang telah dilakukan akan kembali.

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

4.11.3.3. 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:

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

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

Dimana :

Fa : Annual Fixed Manufacturing Cost pada produksi maksimum

Ra : Annual Regulated Expenses pada produksi maksimum

Va : Annual Variable Value pada produksi maksimum

Sa : Annual Sales Value pada produksi maksimum

4.11.3.4. Shut Down Point (SDP)

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

mampu mencapai persen minimal kapasitas tersebut dalam satu tahun maka pabrik harus berhenti beroperasi atau tutup.

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

4.11.3.5. Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR)

Discounted Cash Flow Rate of Return adalah salah satu metode untuk menghitung prospek pertumbuhan suatu instrument investasi dalam beberapa waktu kedepan. Konsep DCFR ini didasarkan pada pemikiran bahwa, jika anda menginvestasikan sejumlah dana, maka dana tersebut akan tumbuh sebesar sekian persen atau mungkin sekian kali lipat setelah beberapa waktu tertentu. Disebut '*discounted cash flow*' atau ' arus kas yang terdiskon', karena cara menghitungnya adalah dengan mengestimasi arus dana dimasa mendatang untuk kemudian di *cut* dan menghasilkan nilai tersebut pada masa kini.

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

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

Dimana:

FC : *Fixed capital*

WC : *Working capital*

SV : *Salvage value*

C : *Cash flow*

: profit after taxes + depresiasi + finance

n : Umur pabrik = 10 tahun

I : Nilai DCFR

4.11.4. Hasil Perhitungan

Perhitungan rencana pendirian pabrik Asam Fosfat memerlukan rencana PPC, PC, MC, serta *General Expense*. Hasil rancangan masing-masing disajikan pada tabel sebagai berikut:

Tabel 4. 24 *Physical Plant Cost (PPC)*

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Purchased Equipment cost</i>	181.047.413.998	12.529.233
2	<i>Delivered Equipment Cost</i>	45.261.853.500	3.132.308
3	Instalasi cost	77.850.388.019	5.387.570
4	Pemipaan	65.177.069.039	4.510.524
5	Instrumentasi	54.314.224.199	3.758.770
6	Insulasi	14.483.793.120	1.002.339
7	Listrik	27.157.112.100	1.879.385
8	Bangunan	150.175.000.000	10.392.734
9	<i>Land & Yard Improvement</i>	230.610.000.000	15.959.170
<i>Physical Plant Cost (PPC)</i>		846.076.853.975	58.552.031

Tabel 4. 25 *Direct Plant Cost (DPC)*

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Teknik dan Konstruksi	169.215.370.795	11.710.406
Total (DPC + PPC)		1.015.292.224.770	70.262.438

Tabel 4. 26 *Fixed Capital Investment (FCI)*

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Total DPC + PPC	1.015.292.224.770	70.262.438
2	Kontraktor	40.611.688.991	2.810.498
3	Biaya tak terduga	101.529.222.477	7.026.244
Fixed Capital Investment (FCI)		1.157.433.136.238	80.099.179

Tabel 4. 27 *Direct Manufacturing Cost (DMC)*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw Material</i>	1.326.349.245.226	91.788.875
2	<i>Labor</i>	21.524.400.000	1.489.578
3	<i>Supervision</i>	2.582.928.000	178.749
4	<i>Maintenance</i>	23.148.662.725	1.601.984
5	<i>Plant Supplies</i>	3.472.299.409	240.298
6	<i>Royalty and Patents</i>	28.440.065.527	1.968.171
7	<i>Utilities</i>	86.285.733.731	5.971.331
Direct Manufacturing Cost (DMC)		1.491.803.334.618	103.238.985

Tabel 4. 28 *Indirect Manufacturing Cost (IMC)*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Payroll Overhead</i>	3.228.660.000	223.437
2	<i>Laboratory</i>	2.152.440.000	148.958
3	<i>Plant Overhead</i>	17.219.520.000	1.191.662
4	<i>Packaging and Shipping</i>	142.200.327.637	9.840.853
Indirect Manufacturing Cost (IMC)		164.800.947.637	11.404.910

Tabel 4. 29 *Fixed Manufacturing Cost (FMC)*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Depreciation</i>	92.594.650.899	6.407.934
2	<i>Propertu taxes</i>	23.148.662.725	1.601.984
3	<i>Insurance</i>	11.574.331.362	800.992
<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>		127.317.644.986	8.810.910

Tabel 4. 30 *Manufaring Cost (MC)*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	1.491.803.334.618	103.238.985
2	<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	164.800.947.637	11.404.910
3	<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	127.317.644.986	8.810.910
<i>Manufacturing Cost (MC)</i>		1.783.921.927.241	123.454.805

Tabel 4. 31 *Working Capital (WC)*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw Material Inventory</i>	361.731.612.334	25.033.330
2	<i>In Process Inventory</i>	243.262.080.987	16.834.746
3	<i>Product Inventory</i>	162.174.720.658	11.223.164
4	<i>Extended Credit</i>	775.638.150.746	53.677.381
5	<i>Available Cash</i>	486.524.161.975	33.669.492
<i>Working Capital (WC)</i>		2.029.330.726.701	140.438.113

Tabel 4. 32 *General Expense (GE)*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Administration</i>	89.196.096.362	6.172.740
2	<i>Sales expense</i>	142.713.754.179	9.876.384
3	<i>Research</i>	89.196.096.362	6.172.740
4	<i>Finance</i>	63.735.277.259	4.410.746
<i>General Expense (GE)</i>		384.841.224.162	26.632.611

Tabel 4. 33 Total Biaya Produksi

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Manufacturing Cost (MC)</i>	1.783.921.927.241	123.454.805
2	<i>General Expense (GE)</i>	384.841.224.162	26.632.611
Total Production Cost (TPC)		2.168.763.151.403	150.087.415

Tabel 4. 34 Fixed Cost (Fa)

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Depreciation</i>	92.594.650.899	6.407.934
2	<i>Property taxes</i>	23.148.662.725	1.601.984
3	<i>Insurance</i>	11.574.331.362	800.992
Fixed Cost (Fa)		127.317.644.986	8.810.910

Tabel 4. 35 Variable Cost (Va)

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw material</i>	1.326.349.245.226	91.788.875
2	<i>Packaging & shipping</i>	142.200.327.637	9.840.853
3	<i>Utilities</i>	86.285.733.731	5.971.331
4	<i>Royalties and Patents</i>	28.440.065.527	1.968.171
Variable Cost (Va)		1.583.275.372.121	109.569.230

Tabel 4. 36 Regulated Cost (Ra)

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Labor cost</i>	21.524.400.000	1.489.578
2	<i>Plant overhead</i>	17.219.520.000	1.191.662
3	<i>Payroll overhead</i>	3.228.660.000	223.437
4	<i>Supervision</i>	2.582.928.000	178.749
5	<i>Laboratory</i>	2.152.440.000	148.958
6	<i>Administration</i>	89.196.096.362	6.172.740
7	<i>Finance</i>	63.735.277.259	4.410.746

Tabel 4. 36 *Regulated Cost (Ra)* (lanjutan)

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
8	<i>Sales expense</i>	142.713.754.179	9.876.384
9	<i>Research</i>	89.196.096.362	6.172.740
10	<i>Maintenance</i>	23.148.662.725	1.601.984
11	<i>Plant supplies</i>	3.472.299.409	240.298
<i>Regulated Cost (Ra)</i>		458.170.134.296	31.707.276

4.11.5. Analisa Keuntungan

Annual Sales (Sa) = Rp 2.844.006.552.735

Total Cost = Rp Rp2.168.763.151.403

Keuntungan sebelum pajak = Rp 675.243.401.332,40

Pajak Pendapatan = 52% (aries & newton P.190)

Keuntungan setelah pajak = Rp Rp324.116.832.640

4.11.6. Hasil Kelayakan

4.11.6.1. *Percent Return On Investment (ROI)*

$$ROI = \frac{Keuntungan}{FixedCapital} \times 100\%$$

ROI sebelum pajak = 58 %

ROI sesudah pajak = 28 %

4.11.6.2. *Pay Out Time (POT)*

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

POT sebelum pajak = 2 tahun

POT sesudah pajak = 3 tahun

4.11.6.3. *Break Even Point (BEP)*

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

$$BEP = 28,17\%$$

4.11.6.4. *Shut Down Point (SDP)*

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

$$SDP = 14,62\%$$

4.11.6.5. *Discounted Cash Flow Rate (DCFR)*

Umur pabrik = 10 tahun

Fixed Capital Investment = Rp 1.157.433.136.238

Working Capital = Rp 2.029.330.726.701

Salvage Value (SV) = Rp 92.594.650.899

Cash flow (CF) = Annual profit + depresiasi + finance

$$CF = Rp 480.446.760.797$$

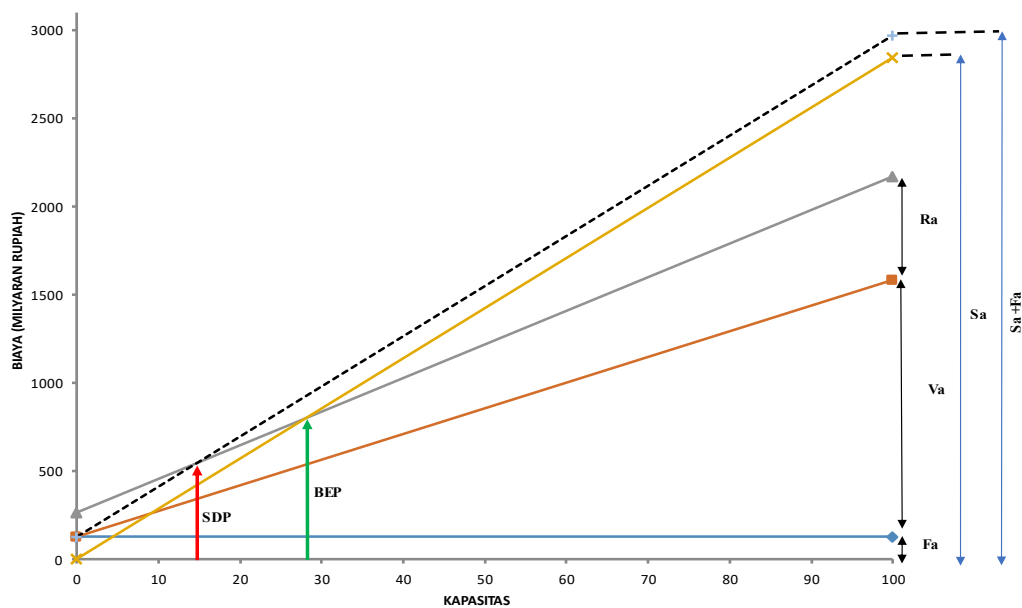
Discounted cash flow dihitung secara trial & error

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

$$R = Rp 12.922.899.301.303$$

$$S = Rp 12.922.899.301.303$$

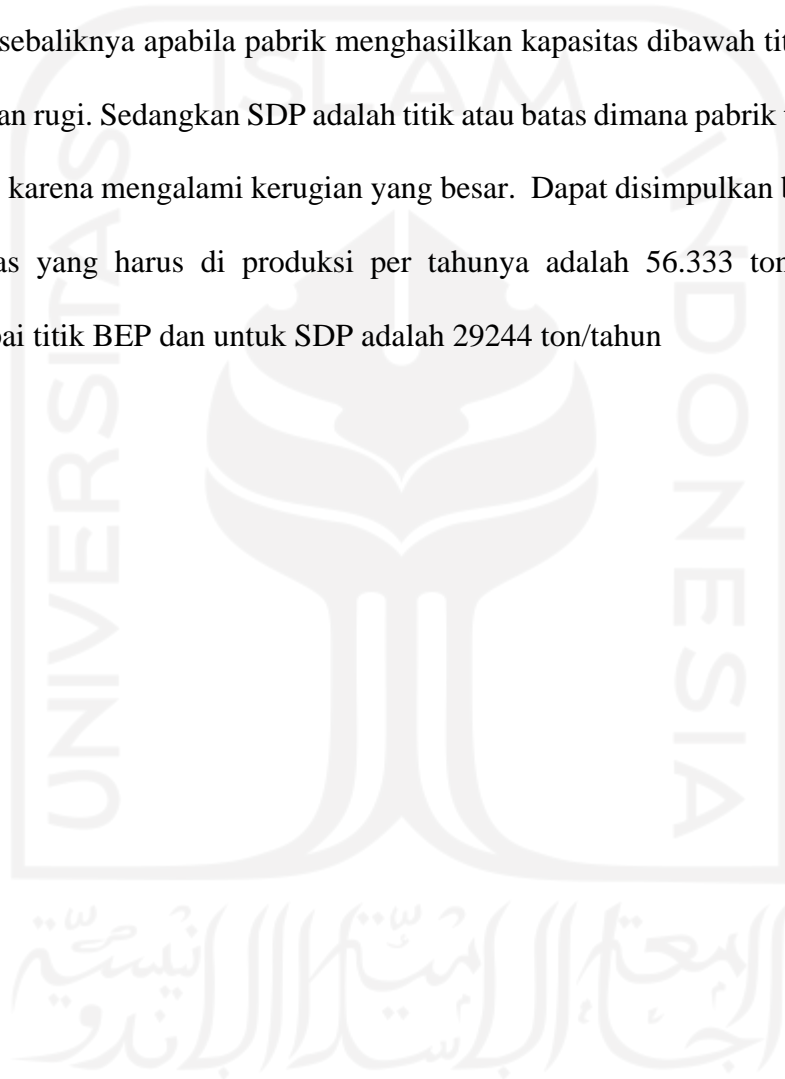
Dengan trial & error diperoleh nilai $i = 15,03\%$



Gambar 4. 7 Grafik BEP

Gambar 4.9 menunjukkan perolehan nilai BEP (*Break Even Point*) dan SDP (*Shut Down Point*) dimana didapat untuk nilai BEP dan SDP yang telah diketahui melalui perhitungan adalah 28,17% dan 14,62%. Dalam pembuatan grafik BEP diperlukan nilai-nilai seperti Ra, Va, Fa, dan Sa dimana diketahui berdasarkan perhitungan di analisa ekonomi. Grafik BEP digunakan untuk mengetahui berapa

total kapasitas yang harus di produksi dari kapasitas keseluruhan pabrik untuk mengetahui posisi dimana pabrik dalam kondisi tidak untung dan tidak rugi atau dalam kata lain kembali modal. Ketika pabrik telah beroperasi menghasilkan produk dengan kapasitas diatas titik BEP maka pabrik akan di katakan untung namun sebaliknya apabila pabrik menghasilkan kapasitas dibawah titik BEP maka dikatakan rugi. Sedangkan SDP adalah titik atau batas dimana pabrik tersebut harus di tutup karena mengalami kerugian yang besar. Dapat disimpulkan bahwa jumlah kapasitas yang harus di produksi per tahunnya adalah 56.333 ton/tahun untuk mencapai titik BEP dan untuk SDP adalah 29244 ton/tahun



BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan perancangan Pabrik Asam Fosfat dari Batuan Fosfat dan Asam Sulfat dengan kapasitas 200.000 ton/tahun, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Pendirian pabrik Asam Fosfat dengan kapasitas 200.000 ton/tahun didasarkan atas keinginan memenuhi kebutuhan dalam negeri sehingga dapat mengurangi ketergantungan terhadap impor dari luar negeri, menciptakan lapangan kerja baru, serta mendorong berkembangnya industri lainnya terutama industri pupuk fosfat sebagai konsumen utama baku Asam Fosfat.
2. Pabrik Asam Sulfat dengan kapasitas 200.000 ton/tahun membutuhkan bahan baku Batuan Fosfat sebanyak 354.100,58 ton/tahun dan Asam Sulfat sebanyak 253.959,49 ton/tahun.
3. Pabrik Asam Fosfat ini berbentuk Perseroan Terbatas (PT) dan direncanakan akan didirikan di daerah kawasan industri Batang, Cilegon, Jawa Tengah. dengan luas tanah keseluruhan 76.870 m² dan luas bangunan 60.070 m². Pemilihan Lokasi Pabrik ini didasarkan pada pertimbangan mudahnya transportasi bahan baku dan produk melalui laut dan kemudahan mendapatkan air laut sebagai kebutuhan utilitas.

4. Berdasarkan hasil perhitungan analisa terhadap aspek ekonomi yang telah dilakukan pada pabrik ini didapatkan sebagai berikut:

- Keuntungan sebelum pajak = Rp 701.936.743.594,69,-
- Keuntungan setelah pajak = Rp 336.929.636.925,45,-
- *Return of Investment* sebelum pajak (ROIb) = 61,65 %
- *Return of Investment* setelah pajak (ROIa) = 29,11 %
- *Pay Out Time* sebelum pajak (POTb) = 1,5 tahun
- *Pay Out Time* setelah pajak (POTa) = 2,7 tahun
- *Break Even Point* (BEP) = 27,29 %
- *Shut Down Point* (SDP) = 14,1 %
- *Discounted Cash Flow* = 25,37 %

5. Pendirian pabrik Asam Fosfat termasuk dalam pabrik berisiko rendah jika ditinjau berdasarkan ketersediaan bahan baku, peluang penjualan dari produk dan kondisi dijalankannya operasinya.

6. Dari hasil peninjauan keseluruhan mulai dari ketersediaan bahan baku, kondisi operasi proses, peluang penjualan produk, angka permintaan produk kedepannya dan hasil evaluasi ekonomi dapat disimpulkan bahwa Pabrik Asam Fosfat layak dikaji untuk didirikan.

5.2. Saran

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

1. Optimasi pemilihan seperti alat proses atau alat penunjang dan bahan baku perlu diperhatikan sehingga akan lebih mengoptimalkan keuntungan yang diperoleh.
2. Perancangan pabrik kimia tidak lepas dari produksi limbah, sehingga diharapkan berkembangnya pabrik-pabrik kimia juga beriringan dengan berkebangnya metode pengolahan limbah sehingga limbah buangan lebih ramah lingkungan.
3. Produk Asam Fosfat dapat direalisasikan sebagai sarana untuk memenuhi kebutuhan di masa mendatang yang jumlahnya semakin meningkat.

DAFTAR PUSTAKA

- Aries, R. S. (1955). Chemical Engineering Cost Estimation. New York: McGraw Hil Vook Company.
- Brown, G. G. (n.d.). Unit Operation. Modern Asia ed. Tokyo, japan: Tuttle Company Inc.
- Brownell, L. E. (1979). Equipment Design. New Delhi: Wiley Eastern Limited.
- Coulson, J. a. (2005). Chemical Engineering, An Introducing. Oxford: Pergamon Press.
- Curtis, D. (2014). Process Control Instrumentation Technology. US.
- Geankoplis, C. 1. (n.d.). Transport Processes and Unit Operations. New Jersey: Prentice-Hall International, Inc.
- Jain, P. 2. (2001). Quality Control and Total Quality Management. New Delhi: Tata McGraw-Hill.
- Kern, D. (1965). Process Heat Transfer. Kogakusha: Mc. Graw Hill Book.
- Mc Cabe, W. L. (1976). Unit Operation of Chemical Engineering, 3rd ed. . Singapore: Mc Graw Hill, Kogakusha , Ltd.
- Perry, R. a. (1986). Perry's Chemical Engineer's Handbook. New York: Mc Graw Hill Book Co., Inc.
- Perry, R. a. (2000). Perry's Chemical Engineer's Handbook 7ed. New York: Mc Graw Hill Book Co., Inc.
- Perry, R. a. (2007). Perry's Chemical Engineer's Handbook 8 ed. New York: Mc Graw Hill Book Co., Inc.
- Peters, M. a. (1981). Plant Design and Economics for Chemical Engineers 3ed. Singapore: Mc. Graw Hill Book Company, Inc.

- Buckley, R. T. (2017) 'Phosphoric Acid Production', pp. 484–489.
- Group, W. B. (1998) 'Phosphate Fertilizer Plants', *Response*, (July), pp. 481–484.
- Haldar, S. K. (2018) *Mineral Processing, Mineral Exploration*. doi:
10.1016/b978-0-12-814022-2.00013-7.
- Peng, Y. *et al.* (2015) 'Gypsum Crystallization during Phosphoric Acid Production: Modeling and Experiments Using the Mixed-Solvent-Electrolyte Thermodynamic Model', *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 54(32), pp. 7914–7924. doi:
10.1021/acs.iecr.5b01763.
- 'phosphoric-acid-phosphatic-fertilizers_ip_07-1993.pdf' (no date).
- Buckley, R. T. (2017) 'Phosphoric Acid Production', pp. 484–489.
- Group, W. B. (1998) 'Phosphate Fertilizer Plants', *Response*, (July), pp. 481–484.
- Haldar, S. K. (2018) *Mineral Processing, Mineral Exploration*. doi:
10.1016/b978-0-12-814022-2.00013-7.
- Peng, Y. *et al.* (2015) 'Gypsum Crystallization during Phosphoric Acid Production: Modeling and Experiments Using the Mixed-Solvent-Electrolyte Thermodynamic Model', *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 54(32), pp. 7914–7924. doi:
10.1021/acs.iecr.5b01763.
- 'phosphoric-acid-phosphatic-fertilizers_ip_07-1993.pdf' (no date).
- Sataloff, R. T., Johns, M. M. and Kost, K. M.
- Smith, J. a. (1975). *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*. New York: McGraw Hill Book Co.,Inc.
- Statistik, B. P. (2016-2017). *Statistik Industri Manufaktur Indonesia* [book].
- Treyball, R. 1. (1981). *Mass Transfer Operation* 3ed. Singapore:: Mc. Graw Hill Book Company, Inc.

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.

Yaws, C. L. (1999). Chemical Properties Handbook. New York: McGraw-Hill.

Ziad, A. H. (2007). geochemistry and ore characteristics of the Jordanian Phosphate. Al-Salt, Jordan: I-Balqa' Applied University.



LAMPIRAN A

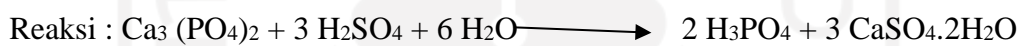
PERHITUNGAN REAKTOR

Kode	: R-01
Fase	: Cair – Padat
Bentuk	: Tangki Silinder
Fungsi	: Mereaksikan senyawa $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ (batu fosfat) sebanyak 42.154,8315 kg/jam dan Asam sulfat sebanyak 30.233,2731 kg/jam serta air sebanyak 15.043,2527 kg/jam
Jenis	: Reaktor alir tangki berpengaduk/RATB
Kondisi Operasi	: Suhu : 70°C Tekanan : 1 atm Waktu tinggal : 17 menit Konversi : 93% (US Patent 7172742) k : 0,159 1/menit
Alasan pemilihan	:

1. Terdapat pengaduk sehingga suhu dan komposisi campuran adalah reaktor yang harus selalu homogen bisa terpenuhi.
2. Fase reaktan adalah cair - padat sehingga memungkinkan penggunaan RATB.
3. Pengontrolan suhu mudah, sehingga kondisi operasi yang isothermal bisa dipenuhi.
4. Mudah dalam melakukan pengontrolan secara otomatis sehingga produk lebih konsisten dan biaya operasi lebih rendah.

Komponen	BM
Ca ₃ (PO ₄) ₂	310
CaO	56
SiO ₂	60
CO ₂	44
F	19
Fe ₂ O ₃	160
Al ₂ O ₃	102
MgO	94
H ₂ O	18

A. Reaksi R-01



a b c e w

B. Menentukan laju alir (F)

$$F = \frac{\text{massa} \left(\frac{\text{kg}}{\text{jam}} \right)}{\text{BM} \left(\frac{\text{kg}}{\text{kmol}} \right)}$$

$$\text{Density} = A \left[B^{-\left(1 - \frac{T}{T_c}\right)^n} \right]$$

Komponen	ρ (kg/m ³)	BM (kg/kmol)	mA	mB	F _{A0}	F _{B0}
			kg/jam	kg/jam	kmol/jam	kmol/jam
Ca ₃ (PO ₄) ₂	3140	310	32209,85		103,90	
CaO	3340	56	1935,56		34,56	
SiO ₂	2300	60	1264,64		21,08	
CO ₂	1560	44	2107,74		47,90	
F	3180	19	1686,19		88,75	
Fe ₂ O ₃	5200	160	75,88		0,47	
Al ₂ O ₃	3970	102	126,46		1,24	
MgO	2130	40	632,32		15,81	
H ₂ O	1000	18	17159,43	604,67	953,30	15,12
H ₂ SO ₄	1840	98		29628,61		302,33
Total			57198,08	30233,27	1267,02	317,45

$$F_{A0} = 1267,02 \text{ kmol/jam}$$

$$F_{B0} = 317,45 \text{ kmol/jam}$$

Menghitung kecepatan laju alir volumetrik (Fv)

$$Fv = \frac{\text{massa} \left(\frac{\text{kg}}{\text{jam}} \right)}{\text{densitas} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)} =$$

Komponen	ρ (kg/m ³)	BM (kg/kmol)	mA	mB	Fv _{A0}	Fv _{B0}
			kg/jam	kg/jam	kmol/jam	kmol/jam
Ca ₃ (PO ₄) ₂	3140	310	32209,85		10,2579	
CaO	3340	56	1935,56		0,5795	
SiO ₂	2300	60	1264,64		0,5498	
CO ₂	1560	44	2107,74		1,3511	
F	3180	19	1686,19		0,5302	
Fe ₂ O ₃	5200	160	75,88		0,0146	
Al ₂ O ₃	3970	102	126,46		0,0319	
MgO	2130	40	632,32		0,2969	
H ₂ O	1000	18	17159,43	604,67	17,1594	0,6047
SO ₂ H	1840	98		29628,61		16,1025
Total			57198,08	30233,27	30,77	16,71

$$Fv = Fv_{A0} + Fv_{B0}$$

$$Fv = 47,48 \text{ m}^3/\text{jam}$$

C. 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

$$R_{in} - R_{out} - R_{reaction} = R_{accumulation}$$

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

2. Jumlah Reaktor = 2

$$V = \frac{Fv (X_{A2} - X_{A1})}{k(1 - X_{A1})}$$

Diperoleh : $X_{A0} = 0$ $t = 28$ menit

$$X_{A1} = 0,74 \quad V_1 = 13,8158 \text{ m}^3$$

$$X_{A2} = 0,93 \quad V_2 = 13,8158 \text{ m}^3$$

3. Jumlah Reaktor = 3

$$V = \frac{Fv (X_{A2} - X_{A1})}{k(1 - X_{A1})}$$

Diperoleh : $X_{A0} = 0$ $t = 28$ menit

$$X_{A1} = 0,48 \quad V_1 = 4,6927 \text{ m}^3$$

$$X_{A2} = 0,735 \quad V_2 = 4,6927 \text{ m}^3$$

$$X_{A3} = 0,93 \quad V_3 = 4,6927 \text{ m}^3$$

4. Jumlah Reaktor = 4

$$V = \frac{Fv (X_{A2} - X_{A1})}{k(1 - X_{A1})}$$

Diperoleh : $X_{A0} = 0$ $t = 28$ menit

$$X_{A1} = 0,43 \quad V_1 = 2,85 \text{ m}^3$$

$$X_{A2} = 0,68 \quad V_2 = 2,85 \text{ m}^3$$

$$X_{A3} = 0,82 \quad V_3 = 2,85 \text{ m}^3$$

$$X_{A4} = 0,9 \quad V_4 = 2,85 \text{ m}^3$$

5. Jumlah Reaktor = 5

$$V = \frac{Fv (X_{A2} - X_{A1})}{k(1 - X_{A1})}$$

Diperoleh : $X_{A0} = 0$ $t = 28$ menit

$X_{A1} = 0,41$ $V_1 = 3,4898 \text{ m}^3$

$X_{A2} = 0,654$ $V_2 = 3,4898 \text{ m}^3$

$X_{A3} = 0,797$ $V_3 = 3,4898 \text{ m}^3$

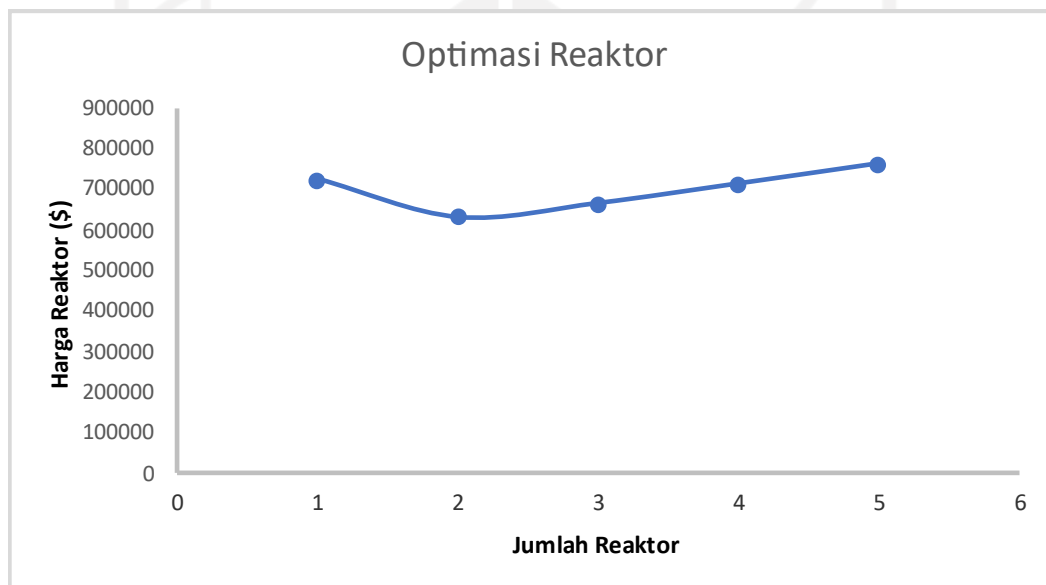
$X_{A4} = 0,93$ $V_4 = 3,4898 \text{ m}^3$

n	X_{A1}	X_{A2}	X_{A3}	X_{A4}
1	0,93			
2	0,74	0,93		
3	0,59	0,83	0,93	
4	0,49	0,74	0,86	0,93
5	0,41	0,65	0,80	0,88

n	V1 (gallon)	V2 (gallon)	V3 (gallon)	V4 (gallon)	V5 (gallon)
1	17444,42				
2	3649,76	3649,76			
3	1873,46	1873,46	1873,46		
4	1239,68	1239,68	1239,68	1239,68	
5	921,91	921,91	921,91	921,91	921,91

Untuk mengetahui jumlah reaktor dilakukan optimasi. Dengan menggunakan harga reaktor yang didapat dari <http://www.matche.com/equipcost/Reactor.html> untuk mempertimbangkan jumlah reaktor dengan harga minimal. Dipilih *stainless stell* sebagai bahan pembuat reaktor.

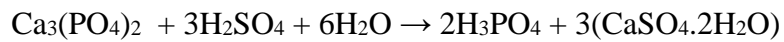
n	V (gallon)	Harga (USD)	Harga alat (USD)
1	17444,42	726200	726200
2	3649,76	316900	633800
3	1873,46	222600	667800
4	1239,68	178800	715200
5	921,91	152800	764000



Dilihat dari segi ekonomi, jumlah reaktor berpengaruh pada harga reaktor. Dari hasil optimasi, didapatkan harga paling ekonomis dengan menggunakan 2 buah reaktor.

D. Panas Reaksi

Reaksi Utama



Komponen	$\Delta H^{\circ}f$ (kcal/kmol)	$\Delta H^{\circ}f$ (kJ/kmol)	$C_p @25^{\circ}C$ (kJ/kmol)
$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	-984,89	-4120779	262,90
H_2SO_4	-193,69	-810398	139,95
H_2O	-68,3174	-285840	75,55
$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	-479,33	-2005516	46,80
H_3PO_4	-309,32	-1294194	106,00

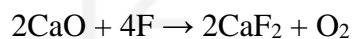
$$\Delta H_R(T) = \Delta H^{\circ}(T_{ref}) + \int_{T_{ref}}^T \Delta C_p(T - T_{ref})$$

$$\Delta H^{\circ}(T_{ref}) = -337923,2704 \text{ kJ/kmol}$$

$$\Delta C_p(T - T_{ref}) = -35264,25 \text{ kJ/kmol}$$

$$\Delta H_R(343,15K) = -373187,5204 \text{ kJ/kmol}$$

Reaksi Samping

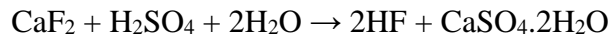


Komponen	$\Delta H^{\circ}f$ (kcal/kmol)	$\Delta H^{\circ}f$ (kJ/kmol)	$C_p @25^{\circ}C$ (kJ/kmol)
CaO	-288	-1204992	49,30
F	-173	-723832	1,80
CaF_2	-988,9	-4137558	68
O_2	-2,3	-9623	29,00

$$\Delta H^{\circ}(T_{ref}) = -2979426,4 \text{ kJ/kmol}$$

$$\Delta C_p(T - T_{ref}) = 2664 \text{ kJ/kmol}$$

$$\Delta H_R(343,15K) = -2976762,4 \text{ kJ/kmol}$$

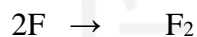


Komponen	ΔH°_f (kcal/kmol)	ΔH°_f (kJ/kmol)	$C_p @ 25^\circ\text{C}$ (kJ/kmol)
CaF ₂	-988,9	-4137558	68,85
H ₂ SO ₄	-193,69	-810399	139,95
H ₂ O	-68,3174	-285840	75,55
HF	-68,32	-285851	68,00
CaSO ₄ ·2H ₂ O	-479,33	-2005517	46,80

$$\Delta H^\circ (\text{Tref}) \quad 2942418 \quad \text{kJ/kmol}$$

$$\Delta C_p(\text{T-Tref}) \quad -7969 \quad \text{kJ/kmol}$$

$$\Delta H_R (343,15\text{K}) \quad 2934449 \quad \text{kJ/kmol}$$



Komponen	ΔH°_f (kcal/kmol)	ΔH°_f (kJ/kmol)	$C_p @ 25^\circ\text{C}$ (kJ/kmol)
F	-173	-723832	1,80
F ₂	-338	-1414192	31,40

$$\Delta H^\circ (\text{Tref}) \quad 2942418 \quad \text{kJ/kmol}$$

$$\Delta C_p(\text{T-Tref}) \quad -7969 \quad \text{kJ/kmol}$$

$$\Delta H_R (343,15\text{K}) \quad 2934449 \quad \text{kJ/kmol}$$

Persamaan untuk menghitung panas reaksi:

$$\Delta H_{\text{reaction}} = \Sigma(nH_f)_{\text{product}} - \Sigma(nH_f)_{\text{reactants}}$$

Panas pembentukan untuk reaksi utama : $\Delta H_f = -373187,5204 \text{ kJ/kmol}$

Panas pembentukan untuk jumlah reaksi samping : $\Delta H_f = -7590,7718 \text{ kJ/kmol}$

$$\Delta H_{\text{reaction}} = \Delta H_f \text{ reaksi utama} + \Delta H_f \text{ reaksi samping}$$

$$= -380778 \text{ kJ/kmol}$$

ΔH_r bernilai <0 maka reaksi bersifat eksotermis sehingga menghasilkan panas

E. Menghitung Dimensi Reaktor

Dari optimasi jumlah reaktor, diperoleh:

$$V_{\text{reaktor}} = 13,8158 \text{ m}^3$$

Overdesign recommended is 20%

$$V_{\text{reaktor}} = 16,5790 \text{ m}^3$$

1. Penentuan Tinggi Awal (H) dan Diameter Dalam (ID)

Perbandingan diameter dan tinggi reaktor yang optimum 1:1,5 (D:H = 1:1,5)

$$V_{\text{shell}} = \frac{1}{4} \pi D^2 H$$

$$V_{\text{shell}} = \frac{1}{4} (3,14) D^2 (1,5D)$$

$$V_{\text{shell}} = \frac{3,14 \times 1,5}{4} D^3$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 \times 16,5790}{3,14 \times 1,5}}$$

$$= 2,4147 \text{ m}$$

$$= 95,0676 \text{ in} \quad (1 \text{ in} = 0,0254 \text{ m})$$

$$= 7,9223 \text{ ft} \quad (1 \text{ m} = 3,280 \text{ ft})$$

$$1,5 * D = H$$

$$H = 3,6221 \text{ m}$$

$$= 142,6013 \text{ in}$$

$$= 11,8834 \text{ ft}$$

(Brownell, hal 88)

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

dasar pemilihan digunakan untuk tangki dengan tekanan dalam 1 atm

$$V_{dish} = 0,000049 \times (7,9223 \text{ ft})^3$$

$$V_{dish} = 0,0244 \text{ ft}^3$$

$$V_{dish} = 0,00743 \text{ m}^3$$

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

Dipilih sf : 2 in

$$V_{sf} = \frac{3,14}{4} \times (95,0676 \text{ in})^2 \times \frac{2 \text{ in}}{144}$$

$$V_{sf} = 0,2325 \text{ m}^3$$

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

$$V_{Head} = 0,00743 \text{ m}^3 + 0,2325 \text{ m}^3$$

$$V_{Head} = 0,2399 \text{ m}^3 \quad (1 \text{ ft}^3 = 0,02832 \text{ m}^3)$$

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

$$V_{Reaktor} = 16,5790 \text{ m}^3 + (2 \times 0,2399) \text{ m}^3$$

$$V_{Reaktor} = 17,0589 \text{ m}^3$$

$$V_{Bottom} = 0,5 V_{Head}$$

$$V_{Bottom} = 0,5 \times 0,2399 \text{ m}^3$$

$$V_{Bottom} = 0,003713 \text{ m}^3$$

$$V_{Cairan} = V_{Shell} - V_{Bottom}$$

$$V_{Cairan} = 16,5790 \text{ m}^3 - 0,00371 \text{ m}^3$$

$$V_{Cairan} = 16,5753 \text{ m}^3$$

$$h_{\text{Cairan}} = \frac{4V}{\pi D^2}$$

$$h_{\text{Cairan}} = \frac{4 \times 16,5753 \text{ m}^3}{3,14 \times (2,4147 \text{ m})^2}$$

$$h_{\text{Cairan}} = 3,6213 \text{ m}$$

Dari hasil perhitungan tersebut, maka didapatkan spesifikasi sebagai berikut :

Diameter <i>Shell</i>	: 2,4147 m
Tinggi <i>Shell</i>	: 3,6221 m
Volume <i>Shell</i>	: 16,579 m ³
Volume <i>head</i>	: 0,2399 m ³
Volume reaktor	: 17,059 m ³
Volume cairan	: 13,3434 m ³
Volume <i>Bottom</i>	: 0,003713 m ³
Tinggi cairan dalam sheel	: 3,6213 m

2. Menghitung Tebal Dinding Reaktor

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

$$t_s = \frac{Pr}{(fE - 0.6P)} + C$$

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

Spesifikasi:

Tebal *Shell* (Ts) = 0,1746 in

Max.Allowable Stress (f) = 18750 psia (Coulson hal 812)

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

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

Jari-jari *Shell* (ri) = 84 in

Menghitung tekanan hidrostatik

$$P_{\text{Hidrostatik}} = \frac{\rho gh}{gc}$$

Diketahui : Tekanan operasi = 1 atm = 14,696 psi

Dimana g/gc = 1

ρ campuran = 2643,0215 kg/m³

P_{Hidrostatik} = 3,912 psia

Menghitung tekanan total

$$P_{\text{Tot}} = P_{\text{Hidrostatik}} + P_{\text{Operasi}}$$

P_{Tot} = 3,912 psi + 14,7 psi

P_{Tot} = 18,6117psi

Karena tekanan *over design* 20% maka, P desain menjadi 22,6 psi.

Dari data-data diatas sehingga dapat diperoleh tebal *Shell* (ts) = 0,184 in

Dari tabel Brownell hal 350 tentang tebal *Shell*,dipilih:

Ts standart = 5/16 in

OD = 96 in

F. Menghitung Ukuran Head

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

Menghitung tebal *head*

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

Dimana:

t_h = 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

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

$$ID \text{ Shell} = 95,0676 \text{ in}$$

$$OD \text{ Shell} = ID + 2 \text{ ts} \\ = 95,69255095 \text{ in}$$

Dari Tabel 5.7 Brownell di dapat :

$$\begin{array}{lll} OD & = & 96 \text{ in} \\ icr = 5 \frac{1}{8} & = & 5,875 \text{ in} \\ r & = & 96 \text{ in} \end{array}$$

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

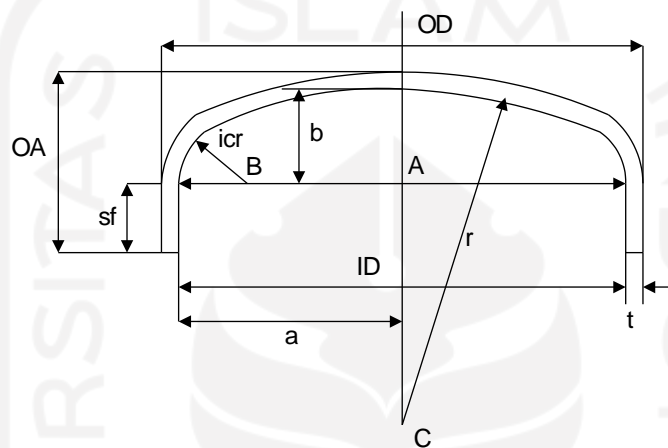
$$w = 1,76 \text{ in}$$

Dari data-data diatas sehingga dapat diperoleh tebal *head* (th) = 0,177 in

Dari tabel Brownell hal 350 tentang tebal *head*, dipilih:

$$Th \text{ standart} = 3/16 \text{ in}$$

(Gambar 5.8 Brownell hal:87)



Dengan th sebesar $3/16$ in maka nilai sf adalah $1 \frac{1}{2} - 2$, sehingga dipilih

nilai sf sebesar 2 in

$$ID = OD - 2ts$$

$$ID = 95,625 \text{ in}$$

$$a = \frac{ID}{2}$$

$$a = 95,625 \text{ in} / 2$$

$$a = 47,8125 \text{ in}$$

$$AB = a - icr$$

$$AB = 47,8125 \text{ in} - 5,875 \text{ in}$$

$$AB = 41,9375 \text{ in}$$

$$BC = r - icr$$

$$BC = 90,125 \text{ in}$$

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

$$AC = \sqrt{(90,125 \text{ in})^2 - (41,9375 \text{ in})^2}$$

$$AC = 79,773 \text{ in}$$

$$b = r - AC$$

$$b = 16,2268 \text{ in}$$

$$h_{\text{Head}} = th + b + sf$$

$$OA = 18,414 \text{ in} = 0,4677 \text{ m}$$

$$h_{\text{Reaktor}} = 2 h_{\text{Head}} + h_{\text{Shell}}$$

$$h_{\text{Reaktor}} = (2 \times 0,4677 \text{ m}) + 3,6221 \text{ m}$$

$$h_{\text{Reaktor}} = 4,5575 \text{ m}$$

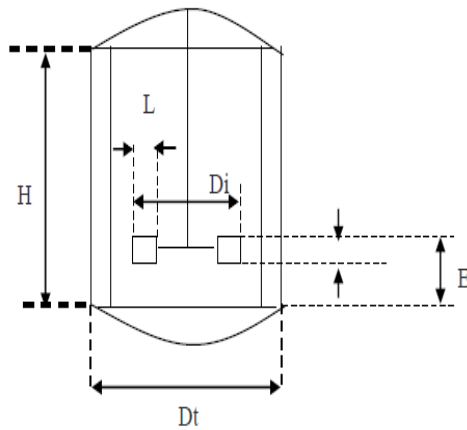
G. Menghitung Ukuran Pengaduk

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

$$\text{Volume cairan} = 13,8158 \text{ m}^3 = 6869,7496 \text{ gallon}$$

$$\text{Viskositas cairan} = 2,79 \text{ cP} = 0,0014 \text{ lb}/(\text{ft}\cdot\text{s})$$

Bahan yang diaduk merupakan cairan yang mengandung solid (solid suspension) dengan kadar solid sebesar 46%, maka jenis pengaduk yang dipilih adalah *turbine impeller with 6 blades*. (Rase.1970)



Keterangan

- ID : diameter dalam pengaduk
- Di : diameter pengaduk
- L : panjang sudut pengaduk
- W : lebar sudut pengaduk
- E : jarak pengaduk dengan dasar tangki
- J : lebar *baffle*
- H : tinggi cairan

Data pengaduk dari Brown "Unit Operation" p.507

$D_i / ID = 1/3$	$B / ID = 1/12$
$W / D_i = 1/5$	$E / D_i = 1$
$L / D_i = 1/4$	

Diameter pengaduk (D_i)	$= ID/3$	$= 0,805 \text{ m}$
Tinggi pengaduk (W)	$= D_i/5$	$= 3,139 \text{ m}$
Lebar pengaduk (L)	$= D_i/4$	$= 0,201 \text{ m}$

$$\text{Lebar baffle (B)} = \text{ID}/12 = 0,1368 \text{ m}$$

$$\text{Jarak pengaduk dengan dasar tangki (E)} = \text{Di} (0.75-1.3); \text{ dipilih } 1,3 = 1,046 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi Cairan (ZL)} = 3,6213 \text{ m}$$

Menghitung kecepatan putar pengaduk (N)

(Eq. 8-8, P345 Rase, 1977)

Dimana: N = kecepatan putar pengaduk, rpm
d = diameter pengaduk, ft
Z_L = tinggi cairan dalam tangki, m
S_g = specific gravity
WELH = Water Equivalent Liquid Height, ft

$$\text{Sg (Specific Gravity)} = \rho_{\text{cairan}}/\rho_{\text{air}}$$

$$\text{Sg (Specific Gravity)} = 0,878$$

$$\text{WELH} = 3,6231 \text{ m} \times 0,878$$

$$\text{WELH} = 3,179 \text{ m} = 10,429 \text{ ft}$$

Jumlah pengaduk = WELH/ID = 1,316 m = 1, maka dipakai 1 buah pengaduk

Maka didapat kecepatan putar pengaduk sebesar:

$$N = 101,682 \text{ rpm} = 1,695 \text{ rps}$$

H. Menghitung dimensi pendingin

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

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

$T_c \text{ in } 30^\circ\text{C} = 86^\circ\text{F}$

$T_c \text{ out } 45^\circ\text{C} = 113^\circ\text{F}$

Inisial	Fluida panas ($^\circ\text{F}$)		Fluida dingin ($^\circ\text{F}$)	ΔT ($^\circ\text{F}$)
ΔT_2	158	Lower Temp	86	45
ΔT_1	158	Higher Temp	113	72

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

$$\Delta T_{\text{LMTD}} = 57,446^\circ\text{F}$$

$$Q \text{ pendingin} = 1416280,067 \text{ kJ/jam}$$

$$C_p \text{ air} = 4,1915 \text{ KJ/Kg } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 20^\circ\text{C}$$

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

$$m = 22451,23 \text{ kg/jam}$$

Menghitung Luas Transfer Panas

Berdasarkan Tabel 8 (Kern, 1965), untuk hot fluid dengan viskositas lebih dari 1 cP dan cold fluid water maka:

$$UD = 5 - 75 \text{ Btu/ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \cdot \text{jam} \text{ (Kern table 8 pg 840).}$$

$$\text{Diambil UD} = 50 \text{ Btu/ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \cdot \text{jam}$$

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

$$A = 43,4251 \text{ m}^3$$

Menghitung Luas Selubung Reaktor

$$A = (\pi \cdot OD \cdot Hs) + \frac{\pi \cdot OD^2}{4}$$

$$A = 17,610 \text{ m}^2$$

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

Menghitung Volume Air Pendingin

$$V \text{ air pendingin} = \frac{m \text{ air pendingin}}{r \text{ air pendingin}}$$

$$V \text{ air pendingin} = 22,4650 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Menghitung Coil Pendingin

Menghitung diameter dalam jaket (ID)

$$ID =$$

$$ID = 0,0564 \text{ m}$$

Pengambilan NPS : 2,5 in

Schedule Number : 40

OD : 2.88 in

ID : 2,469 in

L/D : 58,323

Menghitung Hi

$$\rho \text{ air pendingin} = 1015,96 \text{ kg/m}^3$$

$$63,4044 \quad \text{lb/ft}^3$$

$$\mu \text{ air pendingin} = 0,697 \text{ cp}$$

$$1,6861 \quad \text{lb/ft.jam}$$

$$k \text{ air pendingin} = 0,3598 \quad \text{Btu/ft.jam.}^\circ\text{F}$$

$$C_p \text{ air pendingin} = 0,7866 \quad \text{btu/lb.F}$$

Gt = kecepatan aliran massa/luas penampang

$$Gt = M/A = 2116185,85 \text{ lb/ft}^2 \cdot \text{jam}$$

$$v = Gt/\rho = 33.380,5529 \text{ ft/jam} = 10.174 \text{ m/jam}$$

Jadi kecepatan pendingin yang digunakan masih dalam batasan

$$R_{et} = \frac{ID \cdot Gt}{\mu}$$

$$Re = 258.231,17$$

$$j_H = 570 \text{ Dari grafik 24, Kern 1983 page 834}$$

$$h_i = j_H \left(\frac{k}{ID} \right) \left(\frac{C_p \mu}{k} \right)^{1/3} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0,14}$$

$$j_H = \frac{h_i D}{k} \left(\frac{C_p \cdot \mu}{k} \right)^{-1/3} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{-0,14}$$

$$h_i = 1620,9067 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{jam} \cdot \text{F}$$

Menentukan h_{io}

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

h_{io} untuk koil, harga h_{io} harus dikoreksi dengan faktor koreksi : 1389,59 Btu/ft²·jam·°F

$$h_{io \text{ koil}} = h_{io \text{ pipa}} \left(1 + 3.5 \frac{D_{\text{koil}}}{D_{\text{spiralkoil}}} \right) \quad \text{Kern, pg. 721}$$

Diambil: D spiral koil = 75% * Diameter tangki

$$D \text{ spiral koil} = 71,7188 \text{ inch} = 5,9742 \text{ ft}$$

$$h_{io \text{ koil}} = 1557,0906 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{jam} \cdot \text{°F}$$

Menentukan h_o

Untuk tangki berpengaduk yang dilengkapi dengan koil, maka koefisien perpindahan panas dr reaktor ke koil dihitung dg :

$$h_o = 0.87 \left(\frac{k}{D} \right) \left(\frac{L_p^2 \cdot N \cdot \rho}{\mu} \right)^{2/3} \left(\frac{c_p \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0.4} \quad (\text{persamaan kern 20,4 hal 722})$$

$$L_p = D_i = 2,640738474 \text{ ft}$$

$$N = 1,695 \text{ rps} = 6100,92 \text{ rpj}$$

$$\rho = 759,9820 \text{ kg/m}^3 = 47,42 \text{ lb/ft}^3$$

$$\mu = 2,7922 \text{ cP} = 6,76 \text{ lb/ft} \cdot \text{jam}$$

$$c_p = 100,9029698 \text{ kJ/kg} = 23,73 \text{ Btu/lb} \cdot \text{F}$$

$$k = 5,9298\text{E-}01 \text{ Btu/ft} \cdot \text{jam} \cdot \text{°F}$$

$$OD = 96,0000 \text{ in}$$

$$D = 2,4690 \text{ in}$$

$$\mu/\mu_w = 6,757172017$$

Sehingga didapatkan,

$$h_o = 12961,8810 \text{ Btu/jam.ft}^2.\text{F}$$

Menentukan U_c

koefisien transfer panas dalam keadaan bersih

$$U_c = \frac{h_o \times h_{io \text{ koil}}}{h_o + h_{io \text{ koil}}}$$

$$U_c = 1390,100036 \text{ Btu/jam.ft}^2.\text{F}$$

Menentukan U_d

Untuk kecepatan air 2,5 m/s, maka

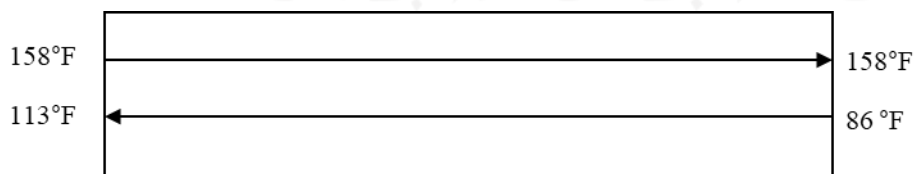
$$R_d = 0,001 \text{ organic (Kern page 845)}$$

$$U_D = \frac{h_D * U_c}{h_D + U_c}$$

$$h_D = 1/R_d \text{ 1000 btu/jam.ft}^2.\text{F}$$

$$U_d = 581,6074705 \text{ Btu/jam.ft}^2.\text{F}$$

Menentukan Luas Bidang Transfer Panas



Menentukan Panjang Koil

$$L_{\text{pipa koil}} = A / a'' : \quad 65,1656 \text{ ft}$$

$$19,8625 \text{ m}$$

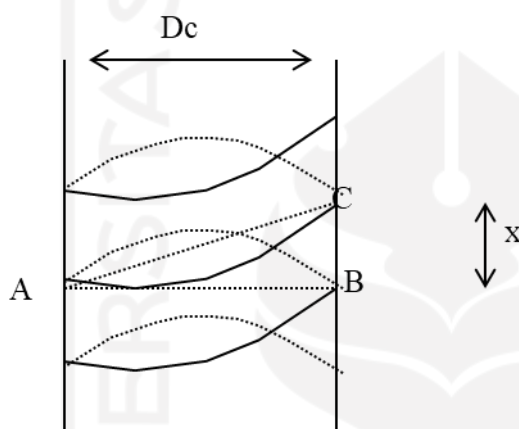
Menentukan Jumlah Lengkungan koil

$$D_c = 0,7 * (\text{ID tangki reaktor})$$

$$D_c : \quad 76,0540 \quad \text{in} \quad 6,3378 \text{ ft}$$

$$AB = ID$$

$$BC = x$$



$$\text{busur AB} = \frac{1}{2}\pi D_c$$

$$\text{busur AC} = \frac{1}{2}\pi AC$$

$$\text{Diambil : } x = 0,5 * OD$$

$$x : \quad 1,4400 \text{ in} \quad 0,1200 \text{ ft}$$

Panjang satu putaran

$$K_{\text{lilitan}} = \frac{1}{2} \text{ putaran miring} + \frac{1}{2} \text{ putaran datar}$$

$$K_{\text{lilitan}} = \frac{1}{2}\pi(D_c) + \frac{1}{2}\pi(AC)$$

$$K_{\text{lilitan}} = \frac{1}{2}\pi(D_c) + \frac{1}{2}\pi((D_c^2 + x^2)^{\frac{1}{2}})$$

$$K_{\text{lilitan}} : \quad 19,9026 \quad \text{ft} \quad 238,8311$$

Menentukan Banyak nya lilitan

$$N_{\text{lilitan}} = L_{\text{pipa koil}} / K_{\text{lilitan}} : \quad 3,2742 \approx \quad 4 \quad \text{lilitan}$$

Menentukan Tinggi Tumpukan dan Tinggi Cairan Setelah Ada Koil

Tinggi tumpukan koil = $(N \text{ lilitan} - 1) \cdot x + N \text{ lilitan} \cdot OD$

Tinggi tumpukan koil : 1,3200 ft 0,4023 m

Tinggi cairan dalam *Shell* akan naik karena adanya volume dari koil.

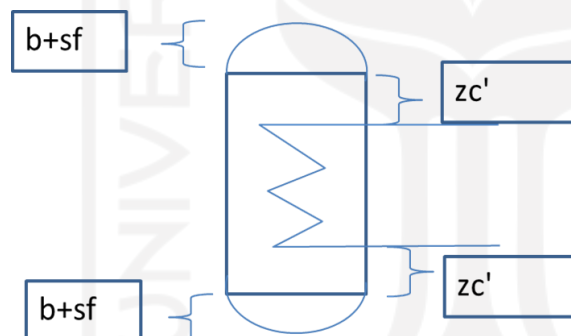
Asumsi : Semua koil tercelup di dalam cairan

V cairan dalam *shell* : 13,3434 m³

V koil : 0,3337 m³

A *shell* : 4,5772 m²

Zc : 2,9881 m



Jarak dari dasar tangki ke bagian bawah koil = $(\text{tinggi cairan stl ada koil-tumpukan koil})/2$

hk : 1,5244 m

b+sf : 18,2268 inch 0,4630 m

Asumsi dikatakan benar jika :

1. Tinggi Tumpukan koil < Tinggi Cairan (0,4023 m < 2,9881 m)

2. Jarak dasar tangki ke bagian bawah koil (hk) > (b+sf) yaitu 1,5244 m > 0,4630 m

Menentukan Pressure Drop

$$\text{faktor friksi, } f = 0,0035 + \frac{0,264}{\text{Re}^{0,42}}$$

$$\text{Re} = 258.231,17$$

Untuk $\text{Re} = 258.231,17$ maka dapat dihitung nilai koefisien friksi :

$$\text{Koefisien friksi (f) : } 0,00491 \quad \text{ft}^2/\text{in}^2$$

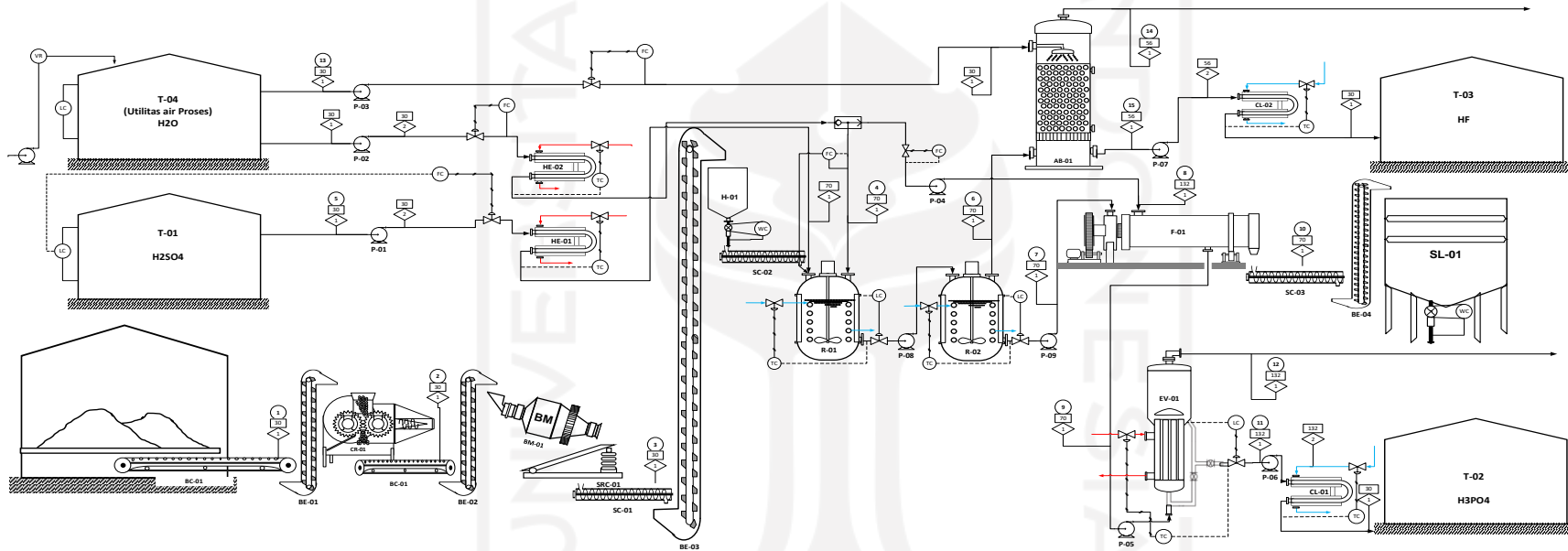
Karena yang mengalir dalam tube adalah steam, $s = 1$, dan perbedaan suhu tidak terlalu besar, sehingga bisa diasumsikan $\mu = \mu_w$, maka $\theta_t = 1$.

$$\Delta P_T = \frac{f \times v^2 \times L}{5,22 \times 10^{10} \times \text{ID} \times s \times \theta_t}$$

$$\Delta P_T : 0,0332 \text{ psi} < 2 \text{ psi}$$

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM PRARANCANGAN PABRIK ASAM FOSFAT DARI BATUAN FOSFAT DAN ASAM SULFAT

KAPASITAS PRODUKSI : 200.000 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)	32209,854	32209,854	32209,854				2254,690			2254,690					
Kalsium Oksida (CaO)	1935,560	1935,560	1935,560				1264,645			1264,645					
Silikon Dioksida (SiO ₂)	1264,645	1264,645	1264,645												
Karbon Dioksida (CO ₂)						2107,742								2106,985	0,757
Fluor (F)	1686,193	1686,193	1686,193												
Fluorin (F ₂)						372,778								372,711	0,066
Besioksida (Fe ₂ O ₃)	75,879	75,879	75,879				75,879			75,879					
Aluminium Oksida (Al ₂ O ₃)	126,464	126,464	126,464				126,464			126,464					
Magnesium Oksida (MgO)	632,322	632,322	632,322				632,322		0,285	632,038	0,285				
Air (H ₂ O)	2116,173	2116,173	2116,173	15043,253	604,665		6880,112	3309,517	9170,667	1018,963	6306,175	2864,492	472,874		472,874
Asam Fosfat (H ₃ PO ₄)									18939,394		18939,394				
Asam Sulfat (H ₂ SO ₄)					29628,608										
Kalsium Sulfat Hidrat (CaSO ₄ ·2H ₂ O)							52001,230	6,619	51994,611	6,619					
Asam Fluorida (HF)					497,762									24,888	472,874
Kalsium Fluorida (CaF ₂)							1725,323		0,053	1725,270	0,053				
Oksigen (O ₂)						553,017								553,015	0,002
JUMLAH	42154,83	42154,83	42154,83	15043,25	30233,27	3531,30	83900,06	3309,52	28117,02	60082,60	25252,53	2864,49	472,87	3057,60	946,57

KETERANGAN	
CR	Crusher
BM	Ball Mill
BC	Belt Conveyor
BE	Bucket Elevator
H	Hopper
R	Reactor
F	Filter
SL	Silo
SC	Screw Conveyor
SCR	Screening
EV	Evaporator
T	Tangki
CL	Cooler
AB	Absorber
P	Pompa
FC	Flow Controller
LC	Level Controller
LI	Level Indicator
WC	Weight Controller
TC	Temp. Controller
VR	Volume Recorder
NI	Nomor Anus
TR	Temperatur (°C)
TA	Tekanan (Atm.)
P	Pipa
U	Udara Tekan
S	Sambungan Listrik

JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

**PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRARANCANGAN PABRIK ASAM FOSFAT DARI BATUAN FOSFAT
DAN ASAM SULFAT
KAPASITAS PRODUKSI : 200.000 TON / TAHUN**

Dikerjakan oleh :

NAMA : 1. Muh. Reskiawan
2. M. Rizqil Akbar

DOSEN PEMBIMBING : 1. Sholeh Ma'man, S.T., M.T., Ph.D.
2. Fadila Noor Rahma, S.T., M. Sc.