

**PRA RANCANGAN PABRIK KIMIA
KALSIUM SULFAT DIHIDRAT DARI ASAM
SULFAT DAN BATUAN KAPUR DENGAN
KAPASITAS
300.000 TON/TAHUN**

PERANCANGAN PABRIK

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



Oleh :

Nama : Muhammad Deri Perdana

Nama : Alfin Rahmat Hidayat

NIM : 17521158

NIM : 17521160

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

**LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL
PRA RANCANGAN PABRIK KALSIMUM SULFAT DIHIDRAT
DARI BATUAN KAPUR DAN ASAM SULFAT KAPASITAS
300.000 TON/TAHUN**

Kami yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama	: Muhammad Deri Perdana	Nama	: Alfin Rahmat Hidayat
NIM	: 17521158	NIM	: 17521160

Yogyakarta, 15 Maret 2022

Menyatakan bahwa hasil Perancangan Pabrik yang dimana sebagai Tugas Akhir ini adalah hasil karya sendiri. Apabila dikemudian hari terbukti bahwa ada beberapa bagian dari karya ini adalah bukan hasil karya sendiri, maka saya siap menanggung resiko dan konsekuensi. Demikian surat pernyataan ini kami buat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

TTD



Muhammad Deri Perdana

TTD



Alfin Rahmat Hidayat

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

PRARANCANGAN PABRIK KALSIUM SULFAT DIHIDRAT DARI BATUAN KAPUR DAN ASAM SULFAT KAPASITAS 300.000 TON/TAHUN

TUGAS AKHIR



Oleh :

Nama : Muh.Deri Perdana

NIM : 17521158

Nama : Alfin Rahmat Hidayat

NIM : 17521160

Pembimbing 1

Ir. Agus Taufiq, M.Sc.

Pembimbing 2

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

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

PRARANCANGAN PABRIK KIMIA KALSIUM SULFAT DIHIDRAT DARI BATUAN KAPUR DAN ASAM SULFAT KAPASITAS 300.000 TON/TAHUN

PERANCANGAN PABRIK

Oleh :




Nama : Muhammad Deri Perdana Nama : Alfin Rahmat Hidayat

NIM : 17521158

NIM : 17521160

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, 15 Maret 2021

Tim Penguji	Tanda Tangan
Ir. Agus Taufiq, M.Sc.	
Ajeng Yulianti DL, S.T., M.T.	
Cholila Tamzysi, S.T., M.Eng.	

Mengetahui:

Ketua Program Studi Teknik Kimia
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia



Dr. Suharno Rusdi

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

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 Shalallahu Alaihi Wassalam, sahabat serta para pengikutnya.

Tugas Akhir Prarancangan Pabrik yang berjudul “PRARANCANGAN PABRIK KALSIMUM SULFAT DIHIDRAT DARI BATUAN KAPUR DAN ASAM SULFAT KAPASITAS 300.000 TON/TAHUN”, disusun sebagai penerapan dari ilmu teknik kimia yang telah didapat 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 berbagai pihak. Oleh karena itu, melalui kesempatan ini penyusun ingin menyampaikan terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang selalu melimpahkan karunia-Nya serta dengan ridho-Nya.
2. Kedua Orang Tua penyusun yang selalu memberikan dukungan materil dan non materi kepada penyusun, yang selalu menerima pengaduan dan keluh kesah penyusun, serta yang selalu memberikan doa yang tak pernah terputus.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo, 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 Ir. Agus Taufiq, M.Sc. selaku Dosen Pembimbing I dan Ibu Lilis Kistriyani, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan dalam penyusunan dan penulisan Tugas Akhir ini.

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

Kami menyadari bahwa didalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini masih banyak terdapat kekurangan, untuk itu kami mengharapkan kritik dan saran untuk kesempurnaan Tugas Akhir ini. Akhir kata semoga laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak, Aamiin.

Wassalamu 'alaikum Wr., Wb.

Yogyakarta, 15 Maret 2021

Penyusun

ABSTRAK

Pabrik gipsum dirancang untuk memenuhi kebutuhan gipsum di dalam maupun diluar negeri. Kapasitas yang direncanakan sebesar 300.000 ton/tahun. Pabrik ini beroperasi secara kontinyu selama 330 hari dalam setahun. Pabrik ini direncanakan berdiri di Tuban, Jawa Timur diatas tanah seluas 137.425 m². Gipsum memiliki rumusmolekul CaSO₄.2H₂O. Gipsum berfungsi sebagai cement retarder, wallboard, kapur tulis,campuran cat dan lain-lain. Proses pembuatan Gipsum dilakukan dalam ReaktorAlir Tangki Berpengaduk (RATB). Pada reaktor ini reaksi berlangsung pada fase cair-padat, irreversible, eksotermis, isothermal pada suhu 93 °C dan tekanan 1 atm, sehinggauntuk menjaga suhu reaksi digunakan koil. Pabrik ini digolongkan pabrik beresiko rendah (low risk) karena kondisi operasi relatif rendah. Untuk memproduksi gipsum sebesar 300.000 ton/tahun diperlukan bahan baku asam sulfat sebesar 35.288 kg/jam dan batuan kapur sebesar 23.055 kg/jam.Utilitas pendukung proses meliputi penyediaan air proses sebesar 18.850 kg/jam, air pendingin sebesar 118.622 kg/jam, penyediaan saturated steam sebesar 15.492 kg/jam, penyediaan udara tekan sebesar 56 m³/jam, penyediaan listrik sebesar 528 kW diperoleh dari PLN dan 1 buah generatorsebesar 2.000 kW dan bahan bakar sebanyak 157 kg/jam. Pabrik Gipsum ini direncanakan beoperasi pada tahun 2025 dengan menggunakan modal tetap sebesar Rp1.349.936.413.706 dan modal kerja sebesar Rp 2.306.582.643.033. Dari analisis ekonomi terhadap pabrik ini menunjukkan keuntungan sebelum pajak Rp 341.558.626.523 /tahun setelah dipotong pajak 50 % keuntungan mencapai Rp163.948.140.732 /tahun. Percent Return On Investment (ROI) sebelum pajak 25 % dan setelah pajak 12 %. Pay Out Time (POT) sebelum pajak selama 3 tahun dan setelah pajak 5 tahun. Break Even Point (BEP) sebesar 47,44 %, dan Shut Down Point (SDP) sebesar 24,59 %. Discounted Cash Flow Rate (DCFR) terhitung sebesar 7,97 %. Dari data analisa kelayakan di atas disimpulkan, bahwa pabrik ini menguntungkan dan layak dipertimbangkan untuk pendirian di Indonesia.

Kata- kata kunci:Gipsum , RATB, Asam Sulfat, Batuan Kapur

ABSTRACT

Gypsum factory is designed to meet the needs of gypsum at home and abroad. The planned capacity is 300.000 tons / year. This plant operates continuously for 330days a year. The plant is planned to be located in Tuban, East Java on an area of 137.425 m². Gypsum has the molecular formula CaSO₄.2H₂O. Gypsum serves as a cement retarder, wallboard, chalk, paint mixture and others. The process of making Gypsum is carried out in a Stirred Tank Flow Reactor (CSTR). In this reactor the reaction takes place in the liquid-solid phase, irreversible, exothermic, isothermal at a temperature of 93 °C and a pressure of 1 atm so that to maintain the reaction temperature the coil is used. This plant is classified as a low risk (low risk) factory due to relatively low operating conditions. To produce gypsum of 300.000 tons / year, sulfuric acid is needed as much as 35.288 kg / hour and limestone is 23.055 kg / hour. The process supporting capacity includes the provision of process water of 38.551 kg / hour, cooling water of 118.622 kg / hour, the supply of saturated steam is 15.492 kg / hour, the supply of compressed air is 56 m³ / hour, the supply of electricity is 528 kW obtained from PLN and 1 generator is 2.000 kW and fuel is 157 kg / hour. The Gypsum Plant is planned to operate in 2025 by using the fixed capital of Rp 1.349.936.413.706 and working capital of Rp 2.306.582.643.033. From the economic analysis of this factory, it shows a pre-tax profit of Rp 342.701.819.604 / year after tax deduction of 50% profit reaches Rp 171.350.909.802 / year. Percent Return On Investment (ROI) before tax 28,26 % and after-tax 14,13 %. Pay Out Time (POT) before tax for 2,72 years and after-tax 4,42 years. Break Even Point (BEP) is 45,79 % and Shut Down Point (SDP) is 23,73 %. Discounted Cash Flow Rate (DCFR) is calculated as 7,40 %. From the feasibility analysis data above, it was concluded that this factory was profitable and worth considering for the establishment in Indonesia.

Keywords: Gypsum, RATB, Sulfuric Acid, Limestone

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL	i
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
1 BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Penentuan Kapasitas Rancangan Pabrik	2
1.2.1 Kebutuhan/pemasaran produk di Indonesia.....	3
1.2.2. Kapasitas Komersial	7
1.2.3 Ketersediaan Bahan Baku	8
1.3 Tinjauan Pustaka	9
1.3.1 Macam – macam Proses Pembuatan <i>Gypsum</i>	10
1.3.2 Kegunaan Produk.....	13
2 BAB II PERANCANGAN PRODUK	14
2.1 Spesifikasi Produk.....	14
2.2 Spesifikasi Bahan Baku.....	15
2.3 Pengendalian Kualitas.....	17
2.3.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku	18
2.3.2. Pengendalian Kualitas Proses Produksi	18
2.3.3. Pengendalian Terkait Waktu Produksi.....	20
2.3.4. Pengendalian Kualitas Produk	21
3 BAB III PERANCANGAN PROSES.....	23
3.1 Uraian Proses.....	23
3.1 Konsep Proses	23
3.1.2. Langkah Proses	30
3.2 Spesifikasi Alat	32
3.2.1 Alat Besar.....	32
3.2.2 Alat Kecil	38
3.3 Perencanaan Produksi	51
3.3.1 Kapasitas Perancangan.....	51
3.3.2. Analisis Kebutuhan Bahan Baku	52
3.3.3 Analisis Kebutuhan Alat Proses.....	52
4 BAB IV PERANCANGAN PABRIK	53
4.1 Penentuan Lokasi Pabrik.....	53
4.2. Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik	54
4.3 Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik	56
4.4 Tata Letak Pabrik	57
4.5 Tata Letak Alat Proses	62
4.6 Aliran Proses dan Material.....	66

4.6.1 Neraca Massa Total.....	66
4.6.2 Neraca Massa Alat	67
4.6.3 Neraca Energi.....	74
4.7 Pelayanan Teknik (Utilitas)	79
4.7.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (<i>Water Treatment System</i>)	79
4.7.2 Unit Pembangkit Steam (Steam Generation System)	92
4.7.3 Unit pembangkit Listrik (<i>Power Plant System</i>).....	92
4.7.4 Unit Penyediaan Udara Tekan	95
4.7.5 Unit Penyediaan Bahan Bakar	96
4.7.6 Unit Pengolahan Limbah	96
4.8 Organisasi Perusahaan	97
4.8.1 Bentuk Perusahaan	97
4.8.2 Struktur Organisasi	98
4.8.3 Tugas dan Wewenang	101
4.8.4 Status Karyawan	106
4.8.5 Pembagian Jam Kerja Karyawan	106
4.8.6 Status, Sistem Penggajian, dan Penggolongan Karyawan	108
4.8.7 Kesejahteraan Sosial Karyawan.....	113
4.9 Evaluasi Ekonomi	114
4.9.1 Harga Alat	115
4.9.2 Analisa Kelayakan	124
4.9.3 Analisis keuntungan.....	136
5 BAB V PENUTUP.....	167
5.1 Kesimpulan	167
5.2 Saran	169

DAFTAR PUSTAKA 170

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Data Perkembangan Produksi Gypsum di Indonesia.....	3
Tabel 1.2 Data Perkembangan Impor Gypsum di Indonesia	3
Tabel 1.3 Data Perkembangan Konsumsi Gypsum di Indonesia.....	5
Tabel 1.4 Data Pemakaian atau Ekspor Gypsum di Indonesia	6
Tabel 1.5 Perusahaan Pemroduksi Gypsum di Indonesia.....	7
Tabel 1.6 Perusahaan pemroduksi Gypsum di Luar Negeri	8
Tabel 1.7 Pemilihan Proses Berdasarkan Aspek Teknis dan Ekonomi	12
Tabel 3.1 Harga Berat Molekul dan ΔH°_f masing-masing Komponen.....	25
Tabel 3.2 Sumber Bahan Baku	44
Tabel 3.3 Kebutuhan Bahan Baku	52
Tabel 4.1 Perincian luas tanah sebagai bangunan pabrik.....	59
Tabel 4.2 Neraca Massa Total.....	66
Tabel 4.3 Neraca Massa <i>Crusher</i> (CR-01).....	67
Tabel 4.4 Neraca Massa <i>Mixer</i> (M-01).....	68
Tabel 4.5 Neraca Massa Reaktor (R-01).....	69
Tabel 4.6 Neraca Massa <i>Rotary Drum Vaccum Filter</i> (F-01).....	71
Tabel 4.7 Neraca Massa <i>Rotary Dryer</i> (RD-01).....	72
Tabel 4.8 Neraca Energi Mixer.....	74
Tabel 4.9 Neraca Energi Reaktor	74

Tabel 4.10 Neraca Energi Filter	75
Tabel 4.11 Neraca Energi <i>Rotary Dryer</i>	76
Tabel 4.12 Kebutuhan Air Pembangkit <i>Steam</i>	88
Tabel 4.13 Kebutuhan Air Proses Pendingin	89
Tabel 4.14 Kebutuhan Listrik Proses.....	93
Tabel 4.15 Kebutuhan Listrik Utilitas	94
Tabel 4.16 Rincian Kebutuhan Listrik.....	95
Tabel 4.17 Jadwal Kerja Karyawan Shift	107
Tabel 4.18 Jumlah Karyawan Pabrik	108
Tabel 4.19 Rincian Penggolongan Jabatan	109
Tabel 4.20 Rincian Gaji Sesuai Jabatan.....	111
Tabel 4.21 Indeks Harga Alat	116
Tabel 4.22 Harga Alat Proses	119
Tabel 4.23 Harga Alat Utilitas	121
Tabel 4.24 <i>Physcal Plant Cost (PPC)</i>	130
Tabel 4.25 <i>Direct Plant Cost (DPC)</i>	130
Tabel 4.26 <i>Fixed Capital Investment (FCI)</i>	130
Tabel 4.27 <i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	131
Tabel 4.28 <i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	131
Tabel 4.29 <i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	131
Tabel 4.30 <i>Manufacturing Cost (MC)</i>	132

Tabel 4.31 <i>Working Capital (WC)</i>	132
Tabel 4.32 <i>General Expense (GE)</i>	132
Tabel 4.33 <i>Total Production Cost (TPC)</i>	132
Tabel 4.34 <i>Fixed Cost (Fa)</i>	133
Tabel 4.35 <i>Variable Cost (Va)</i>	133
Tabel 4.36 <i>Regulated Cost (Ra)</i>	133
Tabel 5.1 Hasil Analisa Ekonomi	139

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Kebutuhan Impor Gypsum di Indonesia	4
Gambar 1.2 Konsumsi Gypsum.....	5
Gambar 1.3 Kebutuhan Ekspor Gypsum	6
Gambar 3.1 Shrinking Spherical Particles	27
Gambar 4.1 Peta Lokasi Pabrik.....	54
Gambar 4.2 Layout Linier Pabrik Gypsum.....	61
Gambar 4.3 Layout Alat Proses	64
Gambar 4.4 Diagram Alir Kualitatif	77
Gambar 4.5 Diagram Alir Kuantitatif	78
Gambar 4.6 Diagram Alir Pengolahan Air Utilitas.....	82
Gambar 4.7 Struktur Organisasi Pabrik	101
Gambar 4.8 Tahun Vs Indeks Harga.....	117
Gambar 4.9 Grafik Analisis Kelayakan	137

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Reaktor.....	A-1
Lampiran B PEFD	B-1

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan di sektor pembangunan semakin pesat dimana terjadi di Indonesia pada era globalisasi. Hal ini dapat dilihat dari meningkatnya pembangunan fisik yang ada di Indonesia baik di pedesaan maupun perkotaan. Dengan semakin tingginya tingkat pembangunan tersebut, maka kebutuhan seperti semen serta bahan bangunan lainnya seperti *wallboard* juga akan mengalami peningkatan. Dengan meningkatnya kebutuhan semen dan *wallboard*, maka akan berdampak pada peningkatan kebutuhan gipsum (Kalsium Sulfat Dihidrat), karena gipsum merupakan salah satu bahan baku dalam pembuatan semen dan merupakan bahan utama dalam pembuatan *wallboard*.

Kebutuhan gipsum di Indonesia sedikit terpenuhi dengan produksi dalam negeri dan sebagian besarnya terpenuhi dari impor luar negeri. Produksi gipsum dalam negeri masih belum mencukupi untuk pemenuhan kebutuhan gipsum di Indonesia. Oleh karena itu masih diperlukan impor dari luar negeri. Dan angka impor yang dihasilkan cukup besar.

Krisis ekonomi yang menimpa Indonesia sejak tahun 1997, menyebabkan mahalnya harga gipsum dari luar negeri. Kurs Rupiah yang melemah terhadap Dolar Amerika membawa dampak yang besar bagi industri dengan bahan baku yang diimpor dari luar negeri. Untuk mengatasi masalah tersebut, maka perlu didirikan industri gipsum di dalam negeri.. Dengan pendirian industri gipsum, diharapkan mampu mencukupi kebutuhangipsum di Indonesia dan meminimalisir angka impor .

Gipsum (kalsium sulfat dihidrat) dengan rumus molekul $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ adalah bahan yang paling banyak digunakan sebagai bahan baku ataupun bahan pembantu

dalam berbagai jenis industri baik di sektor pembangunan, sector kesehatan dan lain-lain.

Oleh karena itu, pabrik gipsum perlu didirikan di Indonesia dengan pertimbangan sebagai berikut :

- a) Proses alih teknologi, dalam dunia industri dengan modernisasi teknologidiharapkan tenaga kerja Indonesia dapat meningkatkan pengetahuan, kemampuan dan ketrampilannya sehingga dapat mengurangi ketergantungan pada tenaga kerja asing.
- b) Dapat menghemat devisa negara, dimana dengan didirikannya industri pabrik gipsum di dalam negeri maka diharapkan dapat memenuhikebutuhan gipsum di dalam negeri sehingga impor gipsum dapat dikurangi dan jika berlebih mungkin bisa diekspor.
- c) Mengurangi tingkat pengangguran dengan cara membuka lapangan kerjadi sekitar wilayah industri yang didirikan. Dengan tujuan untuk meningkatkan taraf hidup masyarakat sekitar.
- d) Sebagai pemasok bahan baku bagi industri dalam negeri yang memakai gipsum sebagai bahan baku maupun bahan pembantu dalam berbagai produk yang ada. sehingga dapat memacu perkembangan industri yang menggunakan gipsum.

Berdasarkan pada pertimbangan di atas maka pabrik gipsum dengan bahan baku Batuan Kapur dan Asam Sulfat diharapkan mempunyai prospek yang baik.

1.2 Penentuan Kapasitas Rancangan Pabrik

Pabrik Kalsium Sulfat Dihidrat (Gipsum) dari Batuan Kapur dan Asam Sulfat ini akan dibangun dengan kapasitas 300.000 ton/tahun (berpatokan pada kapasitas ekonomis) untuk pembangunan pabrik di tahun 2026. Penentuan kapasitas ini dapat ditinjau dari beberapa pertimbangan, antara lain :

1.2.1 Kebutuhan/pemasaran produk di Indonesia

Berdasarkan data statistik, kebutuhan Gypsum di Indonesia mengalami peningkatan. Sampai saat ini, produksi Gypsum di Indonesia masih belum dapat mencukupi kebutuhan dalam negeri sehingga, mengakibatkan gipsum harus diimpor dari luar negeri dan hal tersebut mengakibatkan meningkatnya nilai impor.

Produksi Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum) dalam negeri dapat dilihat dari pabrik yang sudah ada di Indonesia, seperti pada tabel berikut ini.

Tabel 1.1 Data Produksi Gypsum di Indonesia

Nama Pabrik	Kapasitas (Ton)
PT. Smelting	350.000
PT. Petro Jordan Abadi	1.100.000
PT. Petrokimia Gresik	800.000
Total	2.250.000

Dari data tersebut, maka dapat diketahui jumlah total produksi gipsum di Indonesia sebesar 2.250.000 ton setiap tahunnya.

a. Impor

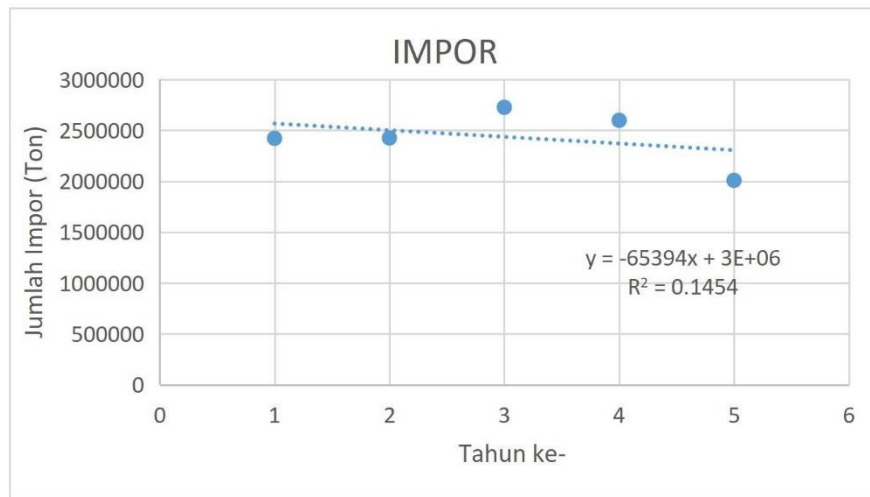
Data statistik yang diterbitkan Badan Pusat Statistik (BPS) tentang ekspor Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum) di Indonesia dari tahun ke tahun tidak stabil. Perkembangan data produksi impor di Indonesia pada tahun 2016 sampai tahun 2020 dapat dilihat pada Tabel 1.2.

Tabel 1.2 Data Impor Gypsum di Indonesia

Tahun	Kebutuhan Impor (Ton)
2016	2.421.478,558
2017	2.424.786,986
2018	2.726.284,837
2019	2.598.128,066
2020	2.007.840,27

Sumber: (Badan Pusat Statistik, 2021)

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



Gambar 1.1 Grafik Impor Gypsum di Indonesia

Perkiraan impor gipsum di Indonesia pada tahun yang akan datang saat pembangunan pabrik dapat dihitung menggunakan persamaan $y = - 65393.5496x + 2631884.392$ dimana nilai x sebagai tahun dan y sebagai jumlah impor gipsum.

Dengan persamaan diatas diperkirakan untuk tahun 2026 kebutuhan impor gipsum di Indonesia sebesar 1.912.555,346 ton/tahun.

b. Konsumsi Dalam Negeri

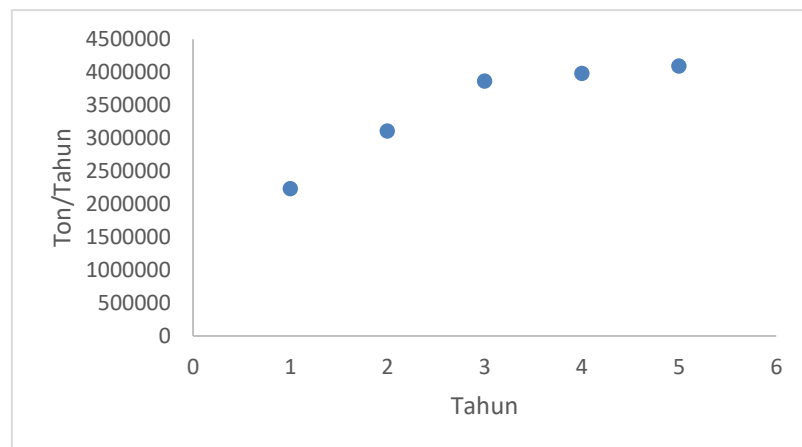
Data statistik yang diterbitkan Badan Pusat Statistik (BPS) tentang ekspor Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum) di Indonesia dari tahun ke tahun mengalami peningkatan. Perkembangan data produksi akangipsum di Indonesia pada tahun 2016 sampai tahun 2020 dapat dilihat pada Tabel 1.3.

Tabel 1.3 Data Konsumsi Gypsum di Indonesia

Tahun	Kebutuhan Konsumsi (Ton)
2016	2233704
2017	3106867
2018	3867995
2019	3980167
2020	4095592

Sumber: (Badan Pusat Statistik, 2021)

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



Gambar 1.2 Grafik Konsumsi Gypsum di Indonesia

Perkiraan konsumsi gypsum di Indonesia pada tahun yang akan datang dapat dihitung menggunakan persamaan $y = 459.707,5243x + 2.077.742,337$ dimana nilai x sebagai tahun dan y sebagai jumlah konsumsi gypsum.

Dengan persamaan di atas diperkirakan untuk tahun 2026 kebutuhan gypsum di Indonesia sebesar 7.134.525,104 ton/tahun.

c. Ekspor

Data statistik yang diterbitkan Badan Pusat Statistik (BPS) tentang ekspor Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum) di Indonesia dari tahun ke tahun mengalami

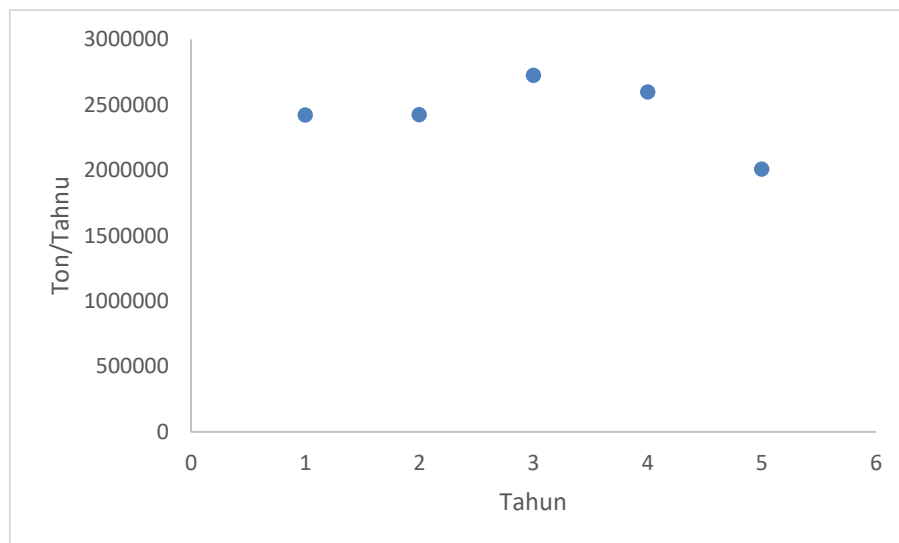
peningkatan. Perkembangan data produksi akan gipsum di Indonesia pada tahun 2016 sampai tahun 2020 dapat dilihat pada Tabel 1.4.

Tabel 1.4 Grafik Ekspor Gipsum di Indonesia

Tahun	Kebutuhan Konsumsi (Ton)
2016	0.4
2017	5700.2
2018	1.85
2019	1.85
2020	2060.12

Sumber: (Badan Pusat Statistik, 2021)

Dari data ekspor Kalsium Sulfat Dihidrat (Gipsum) diatas dapatdibuat grafik linier antara data tahun pada sumbu x dan data ekspor dari sumbu y, Grafik dapat dilihat pada gambar 1.3.



Gambar 1.3 Grafik Ekspor Gipsum di Indonesia

Perkiraan ekspor gipsum di Indonesia pada tahun yang akan datang dapat dihitung menggunakan persamaan $y = -157.891x + 2026.557$ dimana nilai x sebagai tahun dan y sebagai jumlah konsumsi gipsum.

Dengan persamaan di atas diperkirakan untuk tahun 2026 kebutuhan ekspor gipsum di Indonesia sebesar 289.756 ton/tahun.

1.2.2. Kapasitas Komersial

Dalam Menentukan besar kecilnya kapasitas Pabrik Gipsum yang akan dirancang, kita harus mengetahui dengan jelas kapasitas pabrik yang sudah beroperasi dalam pembuatan Gipsum baik di dalam negeri maupun diluar negeri atau biasanya disebut dengan kapasitas ekonomis. Hal ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui seberapa besar atau seberapa banyak pabrik dapat memproduksi gipsum. Saat ini di Indonesia sendiri sudah beroperasi pabrik pemroduksi Gipsum dapat dilihat pada Tabel 1.5.

Tabel 1.5 Perusahaan Pemroduksi Gipsum di Indonesia

Nama Pabrik	Kapasitas (Ton)
PT. Smelting	350.000
PT. Petro Jordan Abadi	1.100.000
PT. Petrokimia Gresik	800.000
Total	2.250.000

Dari data tersebut, maka dapat diketahui jumlah total produksi gipsum di Indonesia sebesar 2.250.000 ton setiap tahunnya.

Sedangkan di luar negeri pabrik yang telah beroperasi dalam pembuatan Gipsum dapat dilihat pada Tabel 1.6.

Berdasarkan data-data diatas, proyeksi peluang pasar sebesar :

$$\text{Peluang} = \text{demand} + \text{supply}$$

$$\text{Peluang} = (\text{konsumsi} + \text{ekspor}) - (\text{produksi} + \text{impor})$$

$$\text{Peluang} = 2.972.259,514 \text{ ton/tahun}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi kapasitas pabrik} &= 10\% \times \text{peluang} \\ &= 297.225,9514 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Tabel 1.6 Perusahaan pemroduksi Gypsum di Luar Negeri

No	Pabrik	Kapasitas (Ton/Tahun)
1	Beijing Anshuntai Construction Technology (China)	1.200.000
2	SAI RAM EXPORTS (India)	3.360.000
3	Pingyi Taifeng Medicine materials Imp. & Exp.Co., Ltd (China)	10.000.000
4	Market Success International MA SARL AU (Tunisia)	12.000.000
5	Liaocheng Sanyou Sunshine Import & Export Co., Ltd. (China)	12.000.000

Dengan mempertimbangkan besarnya konsumsi gipsum di Indonesia dan jumlah bahan baku yang tersedia serta data dari Pabrik Gipsum yang telah berdiri di Indonesia, maka Pabrik Gipsum dari batuan kapur dan asam sulfat ini akan dibangun dengan kapasitas perancangan 300.000 ton/tahun pada tahun 2026 dengan harapan mampu mengurangi ketergantungan impor gipsum dari luar negeri walaupun tidak sepenuhnya mencukupi setidaknya dapat meminimalisir nilai impor dari produk tersebut.

1.2.3 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan gipsum adalah Asam Sulfat dan Batuan Kapur. Bahan baku Asam Sulfat diperoleh dari PT. Petrokimia Gresik yang berlokasi di Gresik, Jawa Timur. Dimana Kapasitasproduksi Asam Sulfat dari PT. Petrokimia Gresik saat ini mencapai 1.170.000ton/tahun. Sedangkan untuk gamping (batuan kapur) sendiri diperoleh dari pertambangan yang ada di daerah

Tuban, Jawa Timur. Pada saat ini ketersediaan bahan baku batuan kapur yang ada di Temandang sudah berkurang tidak sebanyak dahulu sehingga, persediaan bahan baku batuan kapur juga diperoleh dari PT.Rafansa yang lokasinya berada di daerah Tuban, Jawa Timur dengan tujuan bahan baku tersebut dapat terpenuhi sesuai kebutuhan.

1.3 Tinjauan Pustaka

Gypsum merupakan salah satu mineral non logam, gypsum terdiri dari *calcium sulphate dihydrate* ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Gypsum adalah salah satu contoh mineral dengan kadar kalsium yang mendominasi pada mineralnya. Gypsum yang paling umum ditemukan adalah jenis hidrat kalsium sulfat dengan rumus kimia $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Gypsum adalah salah satu dari beberapa mineral yang teruapkan. Contoh lain dari mineral - mineral tersebut adalah karbonat, borat, nitrat, dan sulfat. Mineral - mineral ini diendapkan di laut, danau, gua dan di lapisan garam karena konsentrasi ion - ion oleh penguapan. Ketika air panas atau air memiliki kadar garam yang tinggi, gypsum berubah menjadi basanit ($\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) atau juga menjadi anhidrit (CaSO_4). Dalam keadaan seimbang, gypsum yang berada di atas suhu 108 °F atau 42 °C dalam air murni akan berubah menjadi anhidrit. Gypsum dapat berubah secara perlahan - lahan menjadi hemihidrat ($\text{CaSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) pada suhu 90 °C. Bila dipanaskan atau dibakar pada suhu 190 °C – 200 °C akan menghasilkan kapur gypsum atau stucco yang dikenal dalam perdagangan sebagai plester paris. Pada suhu yang cukup tinggi yaitu lebih kurang 534 °C akan dihasilkan anhidrit (CaSO_4) yang tidak dapat larut dalam air dan dikenal sebagai gypsum mati. Proses kalsinasi gypsum terdiri atas α (alpha) hemidrat dan β (beta) hemidrat. Keduanya mempunyai bentuk kristal yang sama, tetapi sifat fisika yang berbeda. α (alpha) dilakukan dengan memanaskan (kalsinasi gypsum hasil preparasi), didalam suatu lingkungan yang jenuh air pada suhu 97°C dengan tekanan tinggi yang dihasilkan dari autoclave dengan uap air.

(Kirk & Othmer, 1978).

1.3.1 Macam – macam Proses Pembuatan *Gypsum*

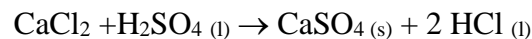
Untuk pembuatan gipsum pada dasarnya ada tiga proses, yaitu :

1. Pembuatan Gipsum dari CaCl_2 dan H_2SO_4
2. Pembuatan Gipsum dari *Gypsum rock*
3. Pembuatan Gipsum dari gamping (batu kapur) dan H_2SO_4

a. Pembuatan Gipsum dari CaCl_2 dan H_2SO_4

Proses ini dilakukan dengan cara dimasukkan CaCl_2 ke dalam reaktor dengan ditambahkan H_2SO_4 pada suhu $50 - 80\text{ }^\circ\text{C}$ dan tekanan 1 atm. Di dalam reaktor terjadi reaksi netralisasi yang menghasilkan CaSO_4 dan HCl dengan konversi mencapai 100%.

Reaksinya sebagai berikut:



Proses pemisahan CaSO_4 dan HCl menggunakan *absorber* yang berupa larutan CaSO_4 diuapkan sehingga menghasilkan $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. kemudian produk dimasukkan ke dalam *evaporator* untuk mengurangi kandungan air, setelah itu masuk ke *crystallizer* sehingga akan terbentuk Kristal. Setelah itu masuk ke *centrifugal* dan Kristal yang keluar dari *centrifugal* dimasukkan ke dalam alat pengering (*rotary dryer*), lalu didinginkan dalam *rotary cooler* sehingga menghasilkan gipsum dengan kemurnian 91%

(Kirk & Othmer, 1978) dan (www.wikipedia.org)

b. Pembuatan Gipsum dari *Gypsum Rock*

Proses pembuatan gipsum dari *rock*, yaitu dengan cara menghancurkan batuan-batuan gipsum yang diperoleh dari daerah pegunungan. Penghancuran batuan-batuan ini dengan menggunakan alat *primary crusher* kemudian diayak agar diperoleh batuan yang halus. Proses penghancuran batuan-batuan gipsum dan pengayakan

dilakukan beberapa kali sehingga didapatkan hasil sesuai yang diinginkan. Setelah diayak dimasukkan ke *sink float* untuk membersihkan batubatuan dari kotoran, kemudian masuk dalam *secondary crusher* agar batu-batuan yang belum halus dapat dihancurkan lagi dan sebagian lagi masuk dalam *fine grinding* untuk di giling menjadi butiran yang halus. Setelah dari *fine grinding* butiran yang halus di *calcining* dan menghasilkan *board plaster*, dan sebagian setelah di *calcining* masuk ke *ball mill* dan menghasilkan *bagged plaster*.

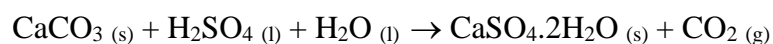
Proses ini jika dilihat dari aspek ekonomi tidak menguntungkan sebab membutuhkan biaya investasi yang sangat besar yang digunakan untuk proses penambangan. Namun kapasitas produksi yang dihasilkan belum tentu besar .

(W.L., Faith dkk, 1957)

c. Pembuatan Gypsum dari batu kapur/gamping dan H₂SO₄

Pada proses pembuatan gipsum jenis ini, melewati proses kalsinasi ,dimana gamping (CaCO₃) direaksikan dengan asam sulfat (H₂SO₄) encer di reaktor pada kondisi operasi suhu 93,33 °C dan tekanan 1 atm. Konversi yang dihasilkan dengan metode ini sebesar 90 %. Produk yang dihasilkan dari reaktor kemudian dimasukkan ke dalam alat pemisah untuk menghilangkan impuritasnya. Dan untuk menghilangkan kadar impuritasnya dapat dilakukan dengan proses purifikasi. Kemurnian dari gipsum yang dihasilkan proses ini lebih dari 91%.

Reaksinya sebagai berikut:



(US Patents 6.613.141B)

Sebelum menentukan pilihan proses yang tepat perlu adanya studi perbandingan dari beberapa proses alternatif baik dari aspek teknis maupun ekonomis. Yaitu dapat dijabarkan sebagai berikut :

Tabel 1.7 Pemilihan Proses Berdasarkan Aspek Teknis dan Ekonomi

No	Parameter	Proses I	Proses II	Proses III
1	Aspek teknis			
	❖ Bahan Baku	CaCl ₂ dan H ₂ SO ₄	<i>Gypsum rock</i>	H ₂ SO ₄ dan CaCO ₃
	❖ Suhu	50°C – 80°C	< <i>melting point gipsum</i>	93°C
	❖ Konversi	100%	-	90%
	❖ Konsumsi Energi	Sedang	Sedikit	Sedang
	❖ Kemurnian produk	Kadar 90%	Tergantung bahan baku	Kadar 91 – 92%
	❖ Persediaan bahanbaku	CaCl ₂ sangat sedikit	Terbatas jumlahnya	Berlimpah dan mudah didapat
2	Aspek ekonomi			
	❖ Investasi	Besar	Besar	Sedang

Dari Tabel 1.7, maka yang paling baik dan efisien dari segi teknis dan ekonomis adalah perencanaan pendirian pabrik gipsum dengan proses ketiga karena bahan baku yang digunakan mudah didapat dan berlimpah jumlahnya. Pada perancangan kali ini digunakan yang proses 3 karena dilihat dari aspek perolehan bahan baku yang mudah didapatkan di tempat pembangunan pabrik. Serta untuk kondisi operasinya berlangsung pada suhu yang rendah dan menggunakan tekanan atmosferis, Sehingga penanganannya cukup mudah dan energi yang dibutuhkan standar.

1.3.2 Kegunaan Produk

Gypsum adalah bahan yang banyak digunakan sebagai bahan baku ataupun bahan pembantu dalam berbagai jenis industri. Adapun kegunaan gypsum dalam dunia industri adalah sebagai berikut :

- a. Pada industri elektronika, digunakan sebagai bahan pembuat komponen – komponen elektronika.
- b. Campuran bahan pembuatan lapangan tenis.
- c. Pada bidang kedokteran dan farmasi, digunakan sebagai plester dancetakan.
- d. Pada industri cat, digunakan sebagai bahan pengisi dan campuran catputih.
- e. Sebagai bahan untuk membuat *wall board* dan kapur papan tulis.
- f. Pada industri keramik, digunakan sebagai bahan pengisi keramik.
- g. Pada industri semen, yaitu sebagai bahan untuk memperlambat pengerasan semen (*cement retarder*).

(www.wikipedia.org)

BAB II

PERANCANGAN PRODUK

Berdasarkan perancangan pabrik yang akan dibangun maka kualitas bahan bakuserta produk harus sesuai dengan yang dirancang agar target dapat tercapai. Dan ada beberapa spesifikasi pendukung yang harus sesuaikan agar kualitas produk yangdihasilakn sesuai dengan pasaran.

2.1 Spesifikasi Produk

- Sifat Fisis

1. Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum)

- Rumus molekul : $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
- Nama lain : Kalsium sulfat dihidrat
- Berat molekul (g/gmol) : 172 g/gmol
- Wujud : Padat
- Warna : Putih
- Kenampakan : Serbuk berwarna putih
- Kemurnian : 91-92 %
- Densitas : 2,32 g/cm³
- *Melting Point* : 150 °C
- Kelarutan dalam air (20°C) : 0,21 g $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ / 100 g larutan
- Kadar impuritas : total maksimal 9 % berat

terdiri dari : H_2SO_4 , SiO_2 , MgCO_3 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , H_2O , CaCO_3 , CaSO_4

(Perry's & Green, 7th, table 2.1)

2.2 Spesifikasi Bahan Baku

- **Sifat Fisis**

- a. Batuan Kapur (Gamping)**

- Rumus molekul	:	CaCO ₃
- Warna	:	Putih
- Wujud	:	Padat
- Titik lebur	:	825 °C
- Berat molekul (g/gmol)	:	100,09
- Komposisi	:	CaCO ₃ : 97,89 %
		MgCO ₃ : 0,95 %
		Al ₂ O ₃ : 0,17 %
		CaSO ₄ : 0,08 %
		SiO ₂ : 0,36 %
		H ₂ O : 0,3 %
		Fe ₂ O ₃ : 0,25 %

(Perry & Green, 1999) dan (www.wikipedia.org)

- b. Asam Sulfat**

- Rumus molekul	:	H ₂ SO ₄
- Berat molekul (g/gmol)	:	98,08 g/gmol
- Wujud	:	Cair
- Warna	:	Tidak Berwarna
- Kemurnian	:	98 %
- Densitas	:	1,837 g/cm ³
- <i>Specific gravity</i>	:	1,834

- Impuritas H₂O : 2 % mol
- Cp : 0,4518 Cal/g°C
- Viskositas : 26,7 cp
- Titik didih : 338°C

- Titik leleh : 10,36°C (93 % - 100 %)
- Kelarutan : Mudah larut dalam air (*miscible*)
- Sifat : Korosif

(Kirk & Othmer, 1978)

c. Air

- Rumus molekul : H₂O
- Berat molekul (g/gmol) : 18
- Wujud : Cair
- Viskositas : 0,838 Kg/m.s
- Specific gravity* : 0,95838 g/ml
- Titik didih : 100°C

Berfungsi sebagai pelarut dan merupakan cairan jernih tidak berwarna

(Kirk-Othmer, 3ed, Vol 24, 1978)

2.3 Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas (*Quality Control*) pada pabrik pembuatan Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum) ini meliputi Pengendalian kualitas bahan baku, pengendalian kualitas proses dan pengendalian kualitas produk. Dan 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. Dan kegiatan proses produksi diharapkan menghasilkan produk yang memiliki mutu dan kualitas tinggi sesuai dengan standard dan jumlah produksi yang telah

ditetapkan. Selain itu diharapkan pula untuk 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 untuk nantinya digunakan untuk membuat produk yang diinginkan. Dimana ditinjau dari beberapa pertimbangan apakah bahan baku yang ada sudah sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan untuk proses. Oleh karena itu, sebelum dilakukan atau dimulai tahap proses produksi perlu dilakukan pengecekan terkait pengujian kualitas bahan baku yang berupa batu kapur (CaCO_3), Asam sulfat (H_2SO_4) dan Air (H_2O) dengan tujuan agar bahan yang digunakan dalam pembuatan produk sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan dalam pabrik.

Dan semua pengawasan terkait mutu bahan baku dapat dilakukan analisa di laboratorium maupun menggunakan alat kontrol. Dan setelah dilakukannya analisa apabila kualitas bahan baku yang ada tidak sesuai, maka kemungkinan besar bahan baku tersebut akan dilakukan pengembalian kepada *supplier*.

2.3.2. Pengendalian Kualitas Proses Produksi

Pengendalian proses produksi pabrik terdiri dari aliran dan alat-alat yang berfungsi sebagai *system control*. Pengendalian dan pengawasan jalannya operasi dialakuakan dengan alat pengendalian yang berpusat di *control room*, dilakukan dengan cara *automatic control* yang menggunakan indikator. Apabila terjadi kesalahan dan penyimpangan terhadap proses yang sedang berjalan pada indikator yang telah di *set* yaitu berkaitan dengan *flow rate* bahanbaku maupun produk, *level control* , maupun *temperature control*, dapat diketahui atau dapat terdeteksi dari sinyal serta tanda yang diberikan yaitu bunyi alarm, nyala lampu dan tanda- tanda lain. Dan saat terjadi penyimpangan,

maka penyimpangan tersebut harus dikembalikan pada kondisi awal hal ini bias

dilakukan secara manual atau otomatis.

Beberapa alat kontrol yang dijalankan dalam proses pemroduksian pabrik yaitu, kontrol terhadap kondisi operasi yang berhubungan dengan temperature , tekanan dan sebagainya. Dan alat control yang harus *diset* pada kondisi tertentu yaitu sebagai berikut :

a. Flow rate

Merupakan salah satu alat yang dipasang pada aliran bahan baku, aliran masuk dan aliran keluar proses.

b. Temperature control

Merupakan salah satu alat yang pada umumnya *temperature control* memiliki *setpoint*/ batasan nilai suhu yang dimasukkan parameter di dalamnya. Dimana ketika nilai suhu benda (nilai aktual) yang diukur melebihi *set point* hanya selisih beberapa derajat saja, maka outputnya akan bekerja.

c. Level control

Merupakan alat yang dipasang pada bagian dinding tangki. Jika belum sesuai dengan kondisi yang telah ditetapkan atau di *set*, maka akan menimbulkan isyarat atau tanda berupa nyala lampu dan bunyi *alarm*.

Pengendalian proses dilakukan terhadap kerja pada suatu harga tertentu supaya dihasilkan produk yang memenuhi standar, maka pengendalian mutu dilakukan untuk mengetahui apakah bahan baku dan produk telah sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan. Setelah perencanaan produksi disusun dan proses produksi dijalankan perlu adanya pengawasan dan pengendalian produksi agar proses berjalan dengan baik.

Kegiatan proses produksi diharapkan menghasilkan produk yang mana mutunya sesuai dengan standard dan jumlah produksi yang sesuai dengan rencana serta waktu yang tepat. Untuk menjaga kelancaran proses, maka perlu diadakan pengawasan selama proses berlangsung dan pengawasan produk gipsum pada saat berada di tangki penyimpanan (Silo produk) sebelum dilakukannya pendistribusian pada konsumen yang membutuhkan.

Dan secara umum pengendalian kualitas atau mutu proses dilakuakn dengan menggunakan tiga metode antara lain :

1. Pengawasan proses secara langsung

Pada pengendalian mutu ini team quality control secara langsung mengawasi dari masing-masing proses, dengan cara memperhatikan perlakuan terhadap aliran bahan baku dan mesin produksi.

2. Pengawasan melalui panel kendali dan pengawasan secara otomatis

Pengendalian proses secara otomatis yang terdapat dalam mesin produksi misalnya keadaan tekanan saat terjadinya reaksi, suhu operasi reaktor, banyaknya material dalam suatu alat dan lain - lain. Apabila terjadi penyimpangan terhadap bahan baku selama proses, maka secara otomatis mesinproduksi akan berhenti.

3. Pengawasan kondisi parameter mesin

Pada pengawasan proses dengan cara ini lebih ditekankan pada parameter-parameter mesin produksi yang sedang berjalan. Apabila tidak sesuai dengan standar maka harus diatur lagi *settingan* mesinnya agar memenuhi standar yang telah ditentukan.

2.3.3. Pengendalian Terkait Waktu Produksi

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

2.3.4. Pengendalian Kualitas Produk

Pengendalian produksi dilakukan untuk menjaga kualitas produk yang akan dihasilkan, dan ini sudah harus dilakukan sejak dari bahan baku sampai menjadi produk. Untuk memperoleh mutu atau kualitas produk standard makadiperlukan bahan yang berkualitas, pengawasan serta pengendalian terhadap proses yang ada dengan cara *system control* sehingga didapatkan produk yang berkualitas dan dapat

dipasarkan. Untuk mengetahui produk yang dihasilkan sesuai dengan standard yang ada maka dilakukan pasti dilakukan analisa produk terlebih dahulu sebelum dipasarkan. Dan uji yang dilakukan adalah pengujian kemurnian produk serta komposisi komponen yang terkandung dalam produk gipsum tersebut apakah sudah sesuai dan layak untuk digunakan.

Selain itu dalam menyusun rencana produksi secara garis besar ada dua hal yang perlu dipertimbangkan yaitu faktor eksternal dan faktor internal. Faktor eksternal adalah faktor yang menyangkut kemampuan pasar terhadap jumlah produk yang dihasilkan. Sedangkan factor internal adalah terkait kemampuan pabrik, yaitu :

a. Kemampuan Pasar

Terdapat dua kemungkinan dimana yang pertama adalah kemampuan pasar lebih besar dibandingkan kemampuan pabrik, maka rencana produksi disusun secara maksimal. Yang kedua kemampuan pasar lebih kecil dibandingkan kemampuan pabrik.

Dari kedua kemampuan tersebut ada tiga alternatif yang dapat diambil, yaitu rencana produksi sesuai dengan kemampuan pasar atau produksi diturunkan sesuai engan kemampuan pasar dengan mempertimbangkan untung dan rugi. Kemudian rencana produksi tetap dengan mempertimbangkan bahwa kelebihan produksi disimpan dan dipasarkan untuk tahun berikutnya. Serta bias dilakukannya tindakan serta upaya untuk mencari daerah pemasaran lain agar produk bisa terjual.

b. Kemampuan Pabrik

Pada umumnya pabrik ditentukan oleh beberapa faktor yaitu berupa material (Bahan baku) dimana dengan pemakaian bahan baku yang memenuhi kualitas dan kuantitas, maka akan mencapai target produksi yang diinginkan.

Kemudian terkait manusia sebagai tenaga kerja dimana kurang terampilnya tenaga kerja akan menimbulkan kerugian yang menimpa pabrik. Oleh karena itu perlu dilakukannya semacam *training* atau pelatihan pada setiap karyawan di pabrik tersebut yang nantinya akan meningkatkan keterampilan dan cara berpikir dalam

menjalankan suatu pekerjaan.

Selain terkait pada dua hal diatas dalam suatu pabrik juga berkaitan dengan kemampuan Mesin (peralatan) yang digunakan di dalam suatu pabrik. Dimana ada dua hal yang mempengaruhi kemampuan dan kehandalan peralatan yaitu keefektifan jam kerja pada mesin dan kemampuan mesin itu sendiri. Jam kerja mesin efektif disini berkaitan dengan kemampuan suatu alat untuk beroperasi pada kapasitas yang diinginkan pada periode tertentu untuk menghasilkan produk yang diinginkan.

BAB III

PERANCANGAN PROSES

Perancangan Pabrik Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum) akan didirikan dengan kapasitas produksi sebesar 300.000 ton/tahun dimana bahan baku yang mendukung pembuatan produk ini berupa asam sulfat 98% dan batuan kapur. Dan pabrik ini akan beroperasi selama 24 jam untuk setiap harinya serta operasi pertahunnya 330 hari. Untuk proses pembuatan produk yang berkualitas sesuai dengan yang ada dipasaran maka, diperlukan pemilihan proses yang tepat dan efektif agar produk memilikikualitas tinggi.

3.1.1 Uraian Proses

3.1 Konsep Proses

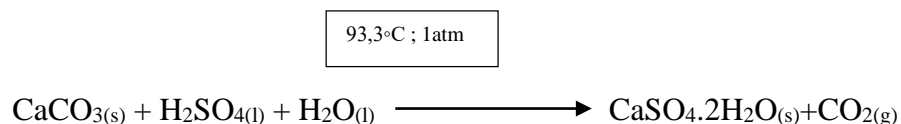
A. Dasar Reaksi

Proses pembuatan gipsum dan karbondioksida dari batu kapur dan asam sulfat merupakan reaksi asidulasi. Senyawa-senyawa yang digunakan dalam pembuatan gipsum adalah senyawa anorganik. Dimana proses pembuatan gipsum dilakukan didalam *Continuous Stirred Tank Reactor* (CSTR), dimana bahan baku asam sulfat dan batu kapur dengan komposisi lain yang terkandung didalamnya dimasukkan dari bagian atas reaktor secara bersamaan.

(US Patents 3.929.416)

Reaksi pembentukan gipsum dari batu kapur dan asam sulfat secara umum yang terjadi adalah sebagai berikut :

Reaksi pembentukan kalsium sulfat dihidrat (gipsum) adalah :

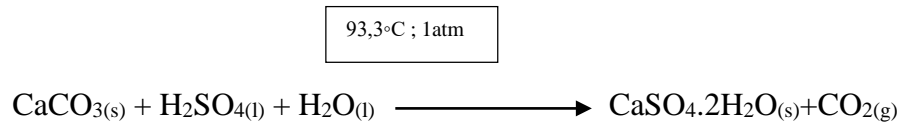


(US Patents 6.613.141B)

B. Mekanisme Reaksi

Mekanisme reaksi yang terjadi untuk pembentukan gipsum dari batu kapur(97,89%) dan asam sulfat (50%) adalah sebagai berikut :

Reaksi pembentukan Kalsium sulfat dihidrat :



C. Kondisi Operasi

Kondisi operasi di reaktor yang berfungsi untuk membentuk gipsum pada suhu 93,3°C dan tekanan 1 atm. Konversi pembentukan gipsum sebesar 90 % dan perbandingan berat antara batu kapur dan asam sulfat masuk reaktor sebesar 1:2. Waktu tinggal di reaktor adalah 5- 10 menit.

(US Patents 3.929.416)

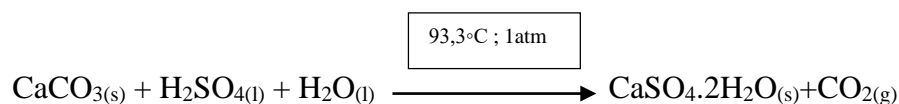
D. Sifat Reaksi

Tinjauan Termodinamika

Tinjauan secara termodinamika ditujukan untuk mengetahui sifat reaksi (endotermis/eksotermis) dan arah reaksi (reversible/irreversible). Penentuan panas reaksi berjalan secara eksotermis atau endotermis dapat dihitung dengan perhitungan panas pembentukan standar (ΔH°_f) pada tekanan $P = 1$ tam dan $T = 298$ K.

Pada pembentukan gipsum terjadi reaksi sebagai berikut :

Reaksi pembuatan kalsium sulfat dihidrat (gipsum) :



(US Patents 6.613.141B)

Harga ΔH_f° untuk masing-masing komponen pada suhu 298 K dapat dilihat pada tabel 3.1. sebagai berikut

Tabel 3.1 Harga Berat Molekul dan ΔH_f° masing-masing Komponen

Komponen	Berat Molekul	ΔH_f°
	(kg/kmol)	(kkal/kmol)
CaCO ₃	100	-289,54
H ₂ SO ₄	98	-193,69
H ₂ O	18	-68,3174
CaSO ₄	136	-338,73
SiO ₂	60	-203,35
MgCO ₃	84	-261,7
Al ₂ O ₃	102	-399,09
Fe ₂ O ₃	160	-198,5
CaSO ₄ .2 H ₂ O	172	-479,33
CO ₂	44	-94,052

(Perry's ed 8, Table 2-178, Hal. 2-186)

Perhitungan $\Delta H^{\circ}R$ (T = 298 °K) :

$$\Delta H^{\circ}R = \Delta H_f^{\circ}, \text{produk} - \Delta H_f^{\circ}, \text{reaktan}$$



$$\begin{aligned}
&= (\Delta H^{\circ}f, \text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O} + \Delta H^{\circ}f \text{CO}_2) - (\Delta H^{\circ}f \text{H}_2\text{SO}_4 + \Delta H^{\circ}f \text{H}_2\text{O} + \Delta H^{\circ}f \\
&\text{CaCO}_3) \\
&= [-479,33 + (-94,052)] - [-193,69 + (-68,3174) + (-289,54)] \text{ kcal/mol} \\
&= -21,8346 \text{ kcal/mol}
\end{aligned}$$

Karena ΔH_R pada reaksi di reaktor bernilai negatif (-), maka reaksi bersifat eksotermis. Penurunan suhu operasi dapat mengakibatkan kenaikan harga K (konstantakesetimbangan). Hal ini sesuai dengan persamaan berikut :

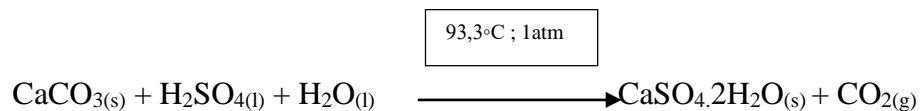
$$\frac{d \ln K}{d T} = \frac{\Delta H}{RT^2}$$

Dari perhitungan diatas didapatkan ΔH_R di reaktor :

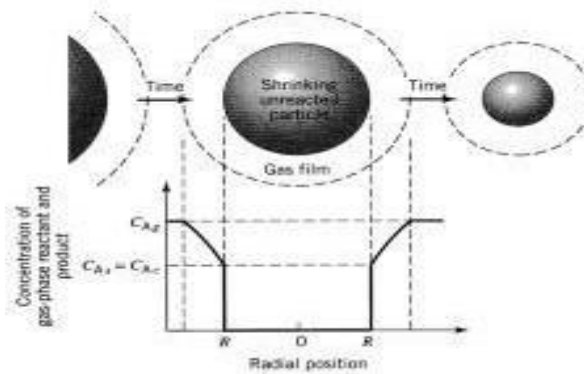
$$\Delta H_R = -21,8346 \text{ kcal/mol}$$

E. Kinetika Reaksi

Reaksi pembentukan Kalsium Sulfat Dihidrat (gypsum) :



Fase reaksi di Reaktor merupakan fase padat – cair dan diketahui ukuran padatan menyusut dari 127 mikron (200 mesh) menjadi 50 mikron (270 mesh) setelah terjadi reaksi maka digunakan mekanisme reaksi *Shrinking Spherical Particles*



Gambar 3.1 Shrinking Spherical Particles

Mekanisme :

1. Difusi reaktan dari badan utama liquid (H_2SO_4 atau reaktan B) melalui lapisan film
2. Reaksi pada permukaan padatan antara reaktan.
3. Difusi zat hasil dari permukaan padatan melalui lapisan film ke fase liquid. Namun tidak terbentuk lapisan abu, sehingga tidak ada yang menghambat tahap difusi zat hasil ke fase liquid jadi reaksi di permukaan padatan adalah yang mengendalikan. Reaksi di permukaan padatan pada proses pembentukan gipsum dianggap memenuhi reaksi orde satu (*pseudo first order-reaction*) terhadap batuan kapur ($-r_A = k \cdot C_A$).

(Primiceriomonti, 2013)

Ukuran padatan yang sangat kecil dan jumlah reaktan cair yang jauh lebih banyak, maka difusivitasnya sangat tinggi sehingga transfer massa dianggap sangat cepat dan diabaikan (Levenspiel, hal 577).

Waktu tinggal yang dibutuhkan di reaktor adalah 5-10 menit. Ketika batu kapur diumpangkan ke reaktor dengan eksese 10%, reaksi akan selesai dalam waktu 10 menit. Reaksi yang dijalankan dengan konsentrasi H_2SO_4 50% massa. Suhu reaksi pencampuran $93,3^{\circ}C - 100^{\circ}C$.

(U.S Patent 3.929.416)

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

$$0 - 0 - (-r_A) V = \frac{dn_A}{dt}$$

$$- k C_A V = V \frac{dC_A}{dt}$$

$$\int_{C_{Ao}}^{C_A} - \frac{dC_A}{C_A} = \int_{t_0}^t k dt$$

$$- (\ln C_A - \ln C_{Ao}) = k t$$

$$\ln \frac{C_{Ao}}{C_A} = kt$$

$$\ln \frac{C_{Ao}}{C_{Ao}(1-x)} = kt$$

$$\ln \frac{1}{1-x} = kt$$

x dibuat 90% agar excess batu kapur minimal 10%, sehingga waktu reaksi adalah 10 menit

$$\ln \frac{1}{1-0,9} = k \cdot 10 \text{ menit}$$

$$2,3 = k \cdot 10 \text{ menit}$$

$$k = 0,23 / \text{menit}$$

3.1.2. Langkah Proses

Proses pembuatan gipsum dapat dibagi menjadi 3 tahap, yaitu :

1. Langkah penyiapan bahan baku
2. Langkah pembentukan produk
3. Langkah pemisahan dan pemurnian produk

a) Langkah penyiapan bahan baku

Batuan kapur disimpan dalam gudang penyimpanan dengan temperatur 30°C dan tekanan 1 atm. Batuan kapur berbentuk padatan dari gudang dibawa menggunakan *belt conveyor* dan diangkat menggunakan *bucket elevator* kemudian akan ditampung terlebih dahulu di *hopper*. Setelah itu, dari *hopper* batu kapur akan diumpankan ke dalam *screw conveyor*. Batu kapur padatan kemudian di pecah

terlebih dahulu menjadi bagian yang lebih kecil dari ukuran awalnya yaitu dengan menggunakan alat *Crusher* dengan tipe yang digunakan adalah *Jaw Crusher*. Dari *Crusher* batuan kapur dimasukkan kedalam *screw conveyor* yang berfungsi sebagai *feeder*, kemudian batuan kapur dimasukkan ke dalam reaktor untuk diproses.

Bahan Baku utama selain batu kapur yaitu digunakan Asam sulfat. Awalnya asam sulfat disimpan dalam tangki penyimpanan pada kondisi 30°C dan tekanan 1 atm. Asam sulfat ini memiliki kadar 98%. Asam sulfat kemudian dipompakan ke *mixer* untuk diencerkan menggunakan air hingga mencapai kadar 50%. Ke dalam mixer juga ditambahkan *recycle* dari filter (setelah proses awal berlangsung).

b) Langkah Pembentukan Produk

Tahap ini bertujuan untuk membentuk gipsum yang merupakan reaksi antara batuan kapur dan larutan asam sulfat. Reaksi yang terjadi di dalam reaktor berlangsung pada tekanan 1 atm dan temperatur 93,33°C. Reaktor yang digunakan adalah RATB (Reaktor Alir Tangki Berpengaduk). Batuan kapur masuk ke dalam reaktor 1 pada suhu 30°C dan asam sulfat dari mixer pada suhu 93,33°C pada tekanan 1 atm. Reaksi yang terjadi dalam reaktor adalah reaksi eksotermis dan suhu produk keluar reaktor sebesar 93,33°C.

Reaksi tersebut selain menghasilkan kalsium sulfat dihidrat ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) juga menghasilkan gas karbondioksida (CO_2). Gas keluar dari reaktor langsung dibuang ke lingkungan. *Slurry* yang keluar dari reaktor kemudian di pompa ke *rotary drum vacuum filter* untuk di proses ke alat berikutnya yaitu *rotary dryer*.

c) Langkah Pemisahan dan Pemurnian produk

Langkah pemisahan bertujuan untuk memisahkan gipsum dengan air dan asam sulfat. Proses pemisahan ini menggunakan jenis *rotary drum vacuum filter*. Keluaran dari *filter* yang beroperasi pada suhu 93,3°C dan 1 atm ini ialah produk gipsum sebagai *cake* dan larutan asam sulfat sebagai filtrat.

Cake gipsum keluaran *filter* dialirkan menggunakan *screw conveyor* menuju *rotary dryer* yang beroperasi pada suhu 80°C dan tekanan 1 atm sehingga mengalami proses purifikasi, yaitu proses pengurangan kandungan cairan dalam

cake gipsum. Proses purifikasi *cake* gipsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) bertujuan untuk menaikkan kemurnian *cake* gipsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) yang dihasilkan filter karena kemurnian *cake* yang dihasilkan masih rendah dan belum sesuai dengan yang ada di pasaran. Proses purifikasi menggunakan *rotary dryer* tipe *direct counter current* yang metode pengeringannya menggunakan hembusan udara panas yang berasal dari udara kering yang dipanaskan dengan *heat exchanger* yang menggunakan *steam* sebagai pemanas.

Produk keluaran *rotary dryer* yang memiliki kadar $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ sebesar 91,25% sudah berada diatas pasaran. kadar $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ yang ada dipasaran adalah 91%. Produk yang sudah keluar *rotary dryer* selanjutnya diangkut menggunakan *bucket elevator* menuju silo untuk menampung sementara produk gipsum sebelum menuju ke unit *packaging* untuk di kemas kemudian disimpan di gudang penyimpanan sebagai produk utama. Sedangkan filtrat yang dihasilkan dari bagian bawah filter berupa air dan asam sulfat yang selanjutnya direcycle ke mixer. Air dan asam sulfat yang berada di bagian output *rotary dryer* akan keluar bersama udara panas. Dan senyawa asam sulfat dan air nantinya akan di lanjutkan ke UPL untuk di olah.

3.2 Spesifikasi Alat

3.2.1 Alat Besar

a) Reaktor

Kode : R – 01

Fungsi : Mereaksikan CaCO_3 22.568,6762 Kg/jam dan H_2SO_4 50% 34.582,7095 Kg/jam serta H_2O 50% 34.582,7095 Kg/jam

Jenis : *Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR)*

Bahan : *Stainless Steel SA 299 Grade 3 Type 304*

Kondisi Operasi

Suhu : 93 °C
Tekanan : 1 atm
Jumlah : 1 buah
Waktu tinggal : 10 menit

Dimensi Reaktor :

Diameter : 1,6883 m
Tinggi : 3,3002 m
Tebal *Shell* : 0,1875 in

Head dan Bottom:

Tipe : *Torispherical Dished Head*
Tebal : 0,16 in

Pengaduk :

Jenis : *Turbin 6 blade disk standar*
Diameter : 0,5628 m
Panjang *blade* : 0,1765 m
Lebar *blade* : 0,1407 m
Power : 5 Hp

Koil pendingin :

Pendingin : Air
Diameter Koil :
- ID : 2,46 in
- OD : 2,88 in
Jumlah lilitan : 4
Tinggi Tumpukan Koil : 0,4023 m
Harga : \$ 195.818

b) Mixer

Kode : M – 01
Fungsi : Mencampurkan larutan H₂SO₄ (98%) dengan air sehingga adanya pengenceran dari konsentrasi H₂SO₄ (98%) menjadi H₂SO₄ 50%
Jenis : Tangki Silinder Tegak/*vertical* dengan atap berbentuk *Torispherical* dan dilengkapi dengan pengaduk
Jumlah : 1 Buah
Volume : 31,644 m³
Bahan : *Stainless Steel SA 167 Grade 3 Type 304*

Kondisi Operasi :

Suhu : 30°C
Tekanan : 1 atm

Dimensi :

Tinggi mixer : 4,8952 m
Tebal *Shell* : 0,2127 in
Tebal *Head* : 0,2491 in
Tinggi Total Cairan : 2,4519 m

Pengaduk :

Tipe : *turbin impeller with 6 blades*
Diameter : 0,9984 m
Kecepatan : 1,428 rps = 85,737 rpm
Power : 24,381 Hp
Harga : \$ 196.848

c) Filter

Kode : F – 01
Fungsi : Untuk memisahkan padatan gipsum dari *slurry*
Jenis : *Rotary Drum Vacuum Filter*
Bahan konstruksi: *Stainless Steel SA 299 Grade 3 Type 304*
Jumlah : 1 buah

Kondisi Operasi :

Suhu : 70 °C
Tekanan : 1 atm

Dimensi :

Diameter : 2,1699 m
Panjang : 4,3339 m
Tebal *cake* : 0,03937 in
Kecepatan : 3,5165 rpm
Power : 75 Hp
Harga : \$ 1.785.547

d) Dryer

Kode : RD – 01
Fungsi : Mengurangi Kandungan Cairan
dalam produk Gypsum
Jenis : *Direct contact counter current*
Bahan konstruksi : *Low-alloy steels SA-302 grade B*
Jumlah : 1 buah

Kondisi Operasi :

Suhu bahan masuk	: 30 °C
Suhu udara masuk	: 120 °C
Suhu bahan keluar	: 80 °C
Suhu udara keluar	: 59 °C
Diameter	: 1,8282 m
Panjang	: 8 m
Tebal <i>shell</i>	: 0,0048 m
Power	: 5,5 Hp
Harga	: \$ 221.900

e) Crusher

Kode	: CR-01
Fungsi	: Menghancurkan batu kapur sebanyak 38.016,174kg/jam dari ukuran 15 in menjadi 1,5- 2 in
Jenis	: <i>Blake Jaw Crusher</i>
Power Motor	: 8 Hp
Kapasitas	: 27.666,1676 kg/jam
Harga	: \$ 198.760

f) Screen

Kode	: VS-01
Fungsi	: Menyeragamkan ukuran batuan kapur hingga 100 mesh
Tipe	: <i>High speed vibrating screen</i>
Kapasitas	: 23.055,1396 kg/jam
Luas Ayakan	: 359,9769 ft ²
Bahan Konstruksi:	<i>Carbon Steel</i>
Jumlah	: 1 buah

g) Silo

Kode : S-01

Fungsi : Menyimpan produk Gypsum untuk
kebutuhan selama 7 hari

Jenis : Silinder tegak dengan tutup datar dan alas berbentuk
kerucut

Jumlah : 1 buah

Kapasitas : 3.284,534 m³

Harga satuan : \$ 1.082.413

Kondisi Operasi :

Suhu : 30 °C

Tekanan : 1 atm

3.2.2 Alat Kecil

a) Belt Conveyor

Kode : BC-01
Fungsi : Mengangkut batuan kapur (CaCO_3) dari gudang ke BC-01 untuk diumpankan ke *Crusher*
Jenis : *Troughed Belt, dengan sudut kemiringan 45°C*
Material : *Carbon Steel SA-283 Grade C*
Kapasitas : 27,6662 ton/jam
Panjang : 3,0480 m
Lebar : 0,3556 m
Kecepatan : 100 ft/menit
Power motor : 21,3063 Hp
Harga : \$ 207.939

b) Bucket Elevator

Kode : BE-01
Fungsi : Mengangkut batuan kapur dari *Belt Conveyor* ke *Crusher*
Jenis : *Continuous Bucket Elevator*
Material : *Carbon Steel SA 283 Grade C*
Kapasitas : 23,0551 ton/jam
Panjang : 0,8333 m
Lebar : 0,9791 m
Tinggi : 7,62 m
Kecepatan : 32,811 ft/menit
Power motor : 3 Hp
Jumlah bucket : 4 buah
Harga satuan : \$ 57.663

c) Bucket Elevator

Kode : BE-02
Fungsi : Mengangkut batuan kapur dari *Screw Conveyor* ke *Hopper* untuk diumpankan ke reaktor
Jenis : *Continuous Bucket Elevator*
Material : *Carbon Steel SA 283 Grade C*
Kapasitas : 23,0551 ton/jam
Panjang : 0,8333 m
Lebar : 0,9791 m
Tinggi : 7,62 m
Kecepatan : 32,811 ft/menit
Power motor : 3 Hp
Jumlah bucket : 4 buah
Harga satuan : \$ 57.663

d) Bucket Elevator

Kode : BE-03
Fungsi : Mengangkut gypsum dari filter ke *Rotary Dryer*
Jenis : *Continuous Bucket Elevator*
Material : *Carbon Steel SA 283 Grade C*
Kapasitas : 47,680 ton/jam
Panjang : 0,8333 m
Lebar : 0,9791 m
Tinggi : 7,62 m
Kecepatan : 32,811 ft/menit
Power motor : 3 Hp
Jumlah bucket : 4 buah
Harga satuan : \$ 16.004

e) Bucket Elevator

Kode : BE-04
Fungsi : Mengangkut gypsum dari *Rotary Dryer* ke Silo

Jenis : *Continuous Bucket Elevator*
Material : *Carbon Steel SA 283 Grade C*
Kapasitas : 38,114 ton/jam
Panjang : 0,8333 m
Lebar : 0,9791 m
Tinggi : 7,62 m
Kecepatan : 32,811 ft/menit
Power motor : 3 Hp
Jumlah bucket : 4 buah
Harga satuan : \$ 16.004

f) Screw Conveyor

Kode : SC-01
Fungsi : Mengumpulkan batu kapur dari *Crusher* menuju *screen*
Jenis : *Helicoid Flight*
Material : *Carbon Steel SA 283 Grade C*
Kapasitas : 23.288,0198 kg/jam
Panjang : 9,144 m
Diameter *Screw* : 16 in
Kecepatan : 45 rpm
Power motor : 4,9381Hp
Harga : \$ 16.004

g) Screw Conveyor

Kode : SC-02
Fungsi : Mengangkut batuan kapur dari *screen* ke *Bucket elevator-01*
Jenis : *Helicoid Flight*
Material : *Carbon Steel SA-283 Grade C*
Kapasitas : 232,8802 kg/jam
Panjang : 4,8768 m

Diameter *Screw* : 18 in
Kecepatan : 45 rpm
Power motor : 0,568 Hp
Harga : \$ 8.002

h) Screw Conveyor

Kode : SC-03
Fungsi : Mengangkut batuan kapur dari *hopper*
ke reaktor
Jenis : *Helicode Flight*
Material : *Stainless Steel SA-283 Grade C*
Kapasitas : 23.055,1396 kg/jam
Panjang : 9,144 m
Diameter *Screw* : 16 in
Kecepatan : 45 rpm
Power motor : 4,6909 Hp
Harga : \$ 8.002

i) Screw Conveyor

Kode : SC-04
Fungsi : Mengangkut produk batuan kapur dari
hopper ke reaktor
Jenis : *Helicode Flight*
Material : *Stainless Steel SA-283 Grade C*
Kapasitas : 23.055,1396 kg/jam
Panjang : 9,144 m
Diameter *Screw* : 16 in
Kecepatan : 45 rpm
Power motor : 4,6909 Hp
Harga : \$ 8.002

j) Screw Conveyor

Kode : SC-05

Fungsi : Mengangkut produk batuan kapur dari Filter ke *Rotarry dryer*
Jenis : *Helicode Flight*
Material : *Stainless Steel SA-283 Grade C*
Kapasitas : 47.679,9547 kg/jam
Panjang : 6,096 m
Diameter *Screw* : 16 in
Kecepatan : 45 rpm
Power motor : 5,9356 Hp
Harga : \$ 8.002

k) Screw Conveyor

Kode : SC-06
Fungsi : Mengangkut batuan kapur dari *Screen* ke *Bucket Elevator-01*
Jenis : *Helicode Flight*
Material : *Stainless Steel SA-283 Grade C*
Kapasitas : 34.936,3107 kg/jam
Panjang : 4,8768 m
Diameter *Screw* : 18 in
Kecepatan : 45 rpm
Power motor : 3,7510 Hp
Harga : \$ 8.002

l) Hopper

Kode : H-01
Fungsi : Tempat penampungan sementara batuan kapur sebelum masuk reaktor
Jenis : Silinder vertikal dengan alas berbentuk kerucut (*Conical Bin*)
Material : *Carbon Steel SA-283 Grade C*
Kapasitas : 23.055,1396 kg/jam

Suhu : 30°C
Tekanan : 1 atm
Lama Penyimpanan : 7 hari

Tinggi total : 3,6324 m
Diameter : 1,8162 m
Tebal : 1,625 in
Harga : \$ 138.105

m) Heater

Kode : HE-01
Fungsi : Menaikkan temperatur umpan Asam sulfat dari 30°C menjadi 93°C dari tangki penyimpanan (T-01) menuju reaktor (R-01)
Jenis : *Double Pipe Heat Exchanger*
Jumlah : 1 buah
Media Pemanas : *Steam*
Bahan Konstruksi : *Stainless Steel SA-167 type 316*
Luas Transfer Panas : 121,740 ft²
Harga : \$ 3.530

n) Heater

Kode : HE-02
Fungsi : Memanaskan udara dari suhu lingkungan (30C) menjadi suhu 130C
Jenis : *Double Pipe Heat Exchanger*
Jumlah : 1 buah
Media Pemanas : *Steam*
Bahan Konstruksi : *Stainless Steel 316 AISI (18Cr,10Ni,2,5Mo)*
Luas Transfer Panas: 3.514,361 ft²
Harga : \$ 110.618

o) Cooler

Kode	: CL-01
Fungsi	: Mendinginkan fluida keluaran reaktor (R-01) sebelum masuk filter (F-01) dari suhu 93°C menjadi 70°C
Jenis	: <i>Shell and Tube 1-1</i>
Jumlah	: 1 buah
Media Pendingin	: Air
Bahan Konstruksi	: <i>Stainless Steel SA-167 type 316</i>
Luas Transfer Panas:	229,113 ft ²

Spesifikasi Shell :

<i>ID Shell</i>	: 35 in
<i>Baffle spacing</i>	: 8,75 in
<i>Passes</i>	1

Spesifikasi Tube :

<i>ID Tube</i>	: 0,482 in
<i>OD Tube</i>	: 3/4 in
<i>BWG</i>	: 8
<i>Panjang Tube</i>	: 20 ft
<i>Passes</i>	: 2
Harga	: \$ 248.074

p) Pompa

Kode	: P-01
Fungsi	: Mengalirkan Asam Sulfat dari Tangki menuju <i>Mixer</i>
Jenis	: <i>Centrifuge Pump</i>
Jumlah	: 1 buah
Kapasitas	: 23,076m ³ /jam
Power Motor	: 7,5 Hp
Harga satuan	: \$ 9.414

q) Pompa

Kode	: P-02
Fungsi	: Mengalirkan Air dari utilita untuk di split ke reaktor dan filter
Jenis	: <i>Centrifuge Pump</i>
Jumlah	: 1 buah
Kapasitas	: 46,2902m ³ /jam
Power Motor	: 7,5 Hp
Harga satuan	: \$ 13.886

r) Pompa

Kode	: P-03
Fungsi	: Mengalirkan larutan dari <i>Mixer</i> ke HE
Jenis	: <i>Centrifuge Pump</i>
Jumlah	: 1 buah
Kapasitas	: 58,2873m ³ /jam
Power Motor	: 7,5 Hp
Harga satuan	: \$ 13.886

s) Pompa

Kode	: P-04
Fungsi	: Mengalirkan larutan dari split ke <i>filter</i>
Jenis	: <i>Centrifuge Pump</i>
Jumlah	: 1 buah
Kapasitas	: 5,7274 m ³ /jam
Power Motor	: 1 Hp
Harga satuan	: \$ 9.650

t) Pompa

Kode	: P-05
Fungsi	: Mengalirkan larutan dari dari split ke <i>filter</i>
Jenis	: <i>Centrifuge Pump</i>
Jumlah	: 1 buah

Kapasitas : 34,0208 m³/jam
Power Motor : 7,5 Hp
Harga satuan : \$ 9.650

u) Pompa

Kode : P-06
Fungsi : Mengalirkan larutan dari *Filter* ke *Mixer*
Jenis : *Centrifuge Pump*
Jumlah : 1 buah
Kapasitas : 33,9431m³/jam
Power Motor : 7 Hp
Harga satuan : \$ 9.650

v) Blower

Kode : BL-01
Fungsi : Mengalirkan udara untuk dipanaskan di dalam *heater* (HE-02) sebagai media pengering dalam *rotary dryer*
Konstruksi : *Carbon Steel SA 283 grade C*
Jumlah : 1 buah
Jumlah Udara masuk : 10.122,5947 lb/menit
Laju volumetrik udara : 264.590,1901 ft³/menit
Power Motor : 52 Hp
Harga : \$ 5.099.982

w) Tangki Penyimpanan H₂SO₄

Kode : T-01
Fungsi : Menyimpan kebutuhan H₂SO₄ untuk proses produksi selama 7 hari
Jenis : Tangki silinder tegak dengan dasar datar (*flat bottom*) dan bagian atas berbentuk kerucut (*conical*)
Material : *Stainless Steel SA-240 type 316*

Kapasitas	: 35.288,479 kg/jam
Waktu penyimpanan	: 7 hari
Volume	: 3.365,7599 m ³
Tekanan Operasi	: 1 atm
Jumlah	: 1 buah
Diameter	: 24,3840 m
Tinggi	: 9,144 m
Harga	: \$ 1.578.431

3.3 Perencanaan Produksi

3.3.1 Kapasitas Perancangan

Penentuan kapasitas perancangan suatu pabrik berdasarkan pada tingkat kebutuhan Gypsum yang ada di Indonesia, serta tersedianya bahan baku juga menentukan kapasitas minimal suatu pabrik yang akan dibangun. Dari pertimbangan yang ada menunjukkan bahwa kebutuhan Gypsum setiap tahunnya akan meningkat, hal ini dilihat dari tingkat penggunaan Gypsum baik dari bidang industri konstruksi (pembangunan) ,bidang kesehatan dan beberapa bidang lainnya. Oleh karena itu untuk memenuhi kebutuhan Gypsum dan meminimalisir nilai impor maka, didirikanlah pabrik Gypsum dengan kapasitas produksi sebesar 300.000 ton/tahun.

3.3.2. Analisis Kebutuhan Bahan Baku

Analisis kebutuhan bahan baku berkaitan dengan ketersediaan bahanbaku terhadap kebutuhan kapasitas pabrik. Bahan baku Asam Sulfat 98% diperoleh dari pabrik PT.Petrokimia Gresik (PG) dan bahan baku batu kapur di dapat dari tabel berikut :

No.	Nama Pabrik	Kadar	Kapasitas Pabrik	Lokasi Pabrik
1.	PT.Rafansa			Sidoarjo
2.	PT.Mitra Usaha Mandiri	97%		Surabaya
3.	CV.Red Production	95%		Cilegon
4.	CV.Batu Jaya Abadi	92%		Tuban
5.	PT.Nikaru Jaya Abadi	92%	20.000 Ton/Bulan	Surabaya

Tabel 3.2 Sumber Bahan Baku

Tabel 3.3 Kebutuhan Bahan Baku

Komponen	Kebutuhan (ton/tahun)	Ketersediann Bahan Baku (ton/tahun)
H ₂ SO ₄ (98%)	279.484,7539	1.170.000
CaCO ₃	182.596,7059	(tidak terbatas)

Berdasarkan data yang telah dicantumkan diatas dapat disimpulkan bahwa ketersediaan bahan baku asam sulfat dan batuan kapur (*Limestone*) dapat memenuhi kebutuhan pabrik, sehingga proses produksi dapat berjalan sesuai dengan rancangan serta dapat memenuhi kebutuhan Gypsum di Indonesia.

3.3.3 Analisis Kebutuhan Alat Proses

Dalam hal analisis kebutuhan peralatan proses ini berkaitan terhadap kemampuan peralatan yang menunjang kelancaran suatu proses berdasarkan umur peralatan dan Pemeliharaan alat (*maintenance*). Dan diharapkan dengan adanya analisis kebutuhan alat proses ini pabrik dapat mengatur anggaran dan jenis peralatan apa yang cocok digunakan untuk pembuatan produk. Serta mengetahui cara perawatan untuk setiap alatnya.

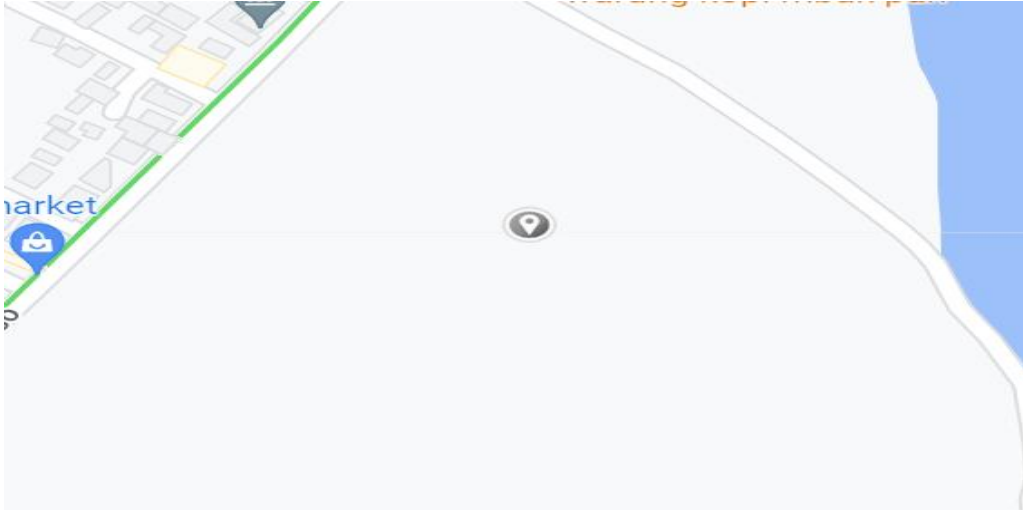
BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1 Penentuan Lokasi Pabrik

Penentuan lokasi suatu pabrik menjadi hal utama yang harus diperhatikan, dimana lokasi yang ditetapkan untuk membangun perusahaan harus memiliki standar dan komponen yang baik dan tepat. Komponen yang dimaksud adalah suatu lokasi pabrik dapat dilihat dari kemudahan dalam pengoperasian dan dari segi nilai ekonomipabrik yang akan dibangun. Hal tersebut menyangkut faktor produksi dan distribusi dari produk yang akan dihasilkan. Lokasi pabrik juga harus menjamin biaya transportasi dan produksi seminimal mungkin. Pabrik gipsum ini direncanakan akan dibangun di daerah Tuban, Jawa Timur lebih tepatnya di Jl. Raya Mentoso, Krajan, Sambonggede, Kec. Merakurak, Kabupaten Tuban, Jawa Timur.





Gambar 4.1 Peta Lokasi Pabrik

Ada beberapa faktor yang harus diperhatikan untuk menentukan lokasi pabrik yang dirancang secara teknis dan menguntungkan secara ekonomis. Faktor-faktor tersebut antara lain :

4.2. Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik

a. Lokasi yang dekat dengan sumber bahan baku

Kriteria sumber bahan baku merupakan suatu penilaian yang dititik beratkan pada kemudahan memperoleh bahan baku. Hal ini bertujuan untuk meminimalisir biaya penyediaan bahan baku, maka dalam hal ini pabrik Kalsium sulfat dihidrat didirikan dekat dengan penghasil bahan baku utama. Bahan baku utama dalam pembuatan produk ini yaitu asam sulfat diperoleh dari PT. Petrokimia Gresik dengan kapasitas 1.170.000 ton/tahun. Bahan bakubatu kapur (CaCO_3) diperoleh dari pertambangan yang tersedia di wilayah Tuban, Jawa Timur tepatnya di Temandan yang jaraknya $\pm 14,1$ km dari letak pabrik.

b. Pemasaran Produk (Lokasi yang dekat dengan konsumen)

Faktor yang perlu diperhatikan adalah letak pabrik yang dekat dengan konsumen yang membutuhkan gipsum dan jumlah kebutuhannya. Daerah Tuban merupakan daerah yang strategis untuk pendirian suatu pabrik karena dekat dengan PT Semen Gresik sebagai salah satu produsen semen di Indonesia. Dan untuk pemasaran hasil produksi dapat dilakukan menggunakan jalur darat dikarenakan letaknya yang strategis. Dan diharapkan produk Gipsumin dapat diekspor.

c. 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.

d. Sarana Transportasi

Sarana dan prasarana transportasi sangat diperlukan untuk proses penyediaan bahan baku , pemasaran produk dan pengangkutan dapat ditempuh melalui jalur darat dan jalur laut. Dengan adanya fasilitas jalan raya dan pelabuhan laut yang memadai, maka pemilihan lokasi di Tuban sangat tepat. Dan diharapkan dapat memperlancar kegiatan produksi serta pemasaran, baik pemasaran internasional maupun domestik.

e. Tenaga Kerja

Tersedianya tenaga kerja yang terampil, terdidik mutlak diperlukan untuk menjalankan mesin – mesin produksi. Dan saat ini banyak masyarakat yang membutuhkan kerja, dengan pendirian pabrik ini diharapkan juga akan mengurangi tingkat pengangguran di daerah sekitar pabrik. Tenaga kerja dapat direkrut dari daerah Jawa timur, Jawa Tengah dan sekitarnya.

f. Karakteristik Lokasi

Karakteristik lokasi menyangkut iklim di daerah tersebut, kemungkinan terjadinya banjir, serta kondisi sosial masyarakatnya. Dalam hal ini, Tuban sebagai kawasan industri adalah daerah yang telah ditetapkan menjadi daerah industri sehingga pemerintah memberikan kelonggaran untuk mendirikan suatu pabrik di daerah tersebut.

4.3 Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik

Dalam hal ini faktor sekunder tidak berperan secara langsung dalam operasional proses di pabrik. Faktor ini akan berpengaruh terhadap kelancaran proses operasional dalam pendirian pabrik. Yang termasuk faktor sekunder terdiri dari :

a. Perluasan areal pabrik

Tuban memiliki kemungkinan untuk perluasan pabrik karena masih mempunyai areal yang cukup luas. Hal ini perlu diperhatikan karena dengan semakin meningkatnya permintaan produk akan menuntut adanya perluasan pabrik. Dan luas area di daerah ini masih memiliki lahan yang sangat luas. Dan pendirian pabrik perlu mempertimbangkan rencana perluasan untuk jangka waktu 10-20 tahun kedepan agar proses perluasan pabrik dapat terpenuhi dengan lahan yang ada nantinya.

b. Kebijakan Pemerintah

Pendirian pabrik perlu memperhatikan beberapa faktor kepentingan yang terkait didalamnya, kebijaksanaan pengembangan industri, dan hubungannya dengan pemerataan kesempatan kerja, kesejahteraan, dan hasil-hasil pembangunan. Disamping itu, pabrik yang didirikan juga harus berwawasan lingkungan, artinya keberadaan pabrik tersebut tidak boleh mengganggu atau merusak lingkungan sekitarnya.

c. Kemasyarakatan

Dengan masyarakat yang akomodatif terhadap perkembangan industri dan tersedianya fasilitas umum untuk hidup bermasyarakat, maka lokasi di Tuban dirasa tepat. Dari pertimbangan faktor-faktor di atas, maka lokasi pendirian pabrik gipsum dipilih di daerah Tuban, Propinsi Jawa timur.

d. Sarana dan Prasarana Sosial

Sarana dan Prasarana sosial yang disediakan berupa penyediaan sarana umum seperti tempat ibadah, sekolah, rumah sakit serta adanya penyediaan bengkel industri.

4.4 Tata Letak Pabrik

Tata letak pabrik berhubungan dengan segala proses perencanaan dan pengaturan letak daripada mesin, peralatan, aliran bahan dan pekerja di masing-masing wilayah kerja yang ada. Tata letak pabrik yang baik dari segala fasilitas produksi dalam suatu pabrik adalah dasar dalam membuat operasi kerja menjadi lebih efektif dan efisien. Secara umum pengaturan dari semua fasilitas produksi ini direncanakan sehingga akan diperoleh :

- a) Minimum transportasi dan pemindahan proses
- b) Minimum pemakaian area tanah
- c) Pola aliran produksi yang terbaik
- d) Fleksibilitas untuk menghadapi kemungkinan ekspansi ke depan.

Tata letak pabrik merupakan suatu pengaturan yang optimal dari seperangkat fasilitas-fasilitas dalam pabrik. Tata letak yang tepat sangat penting untuk mendapatkan efisiensi, keselamatan, dan kelancaran kerja para pekerja serta keselamatan proses.

Untuk mencapai kondisi yang optimal, maka hal-hal yang harus diperhatikan dalam menentukan tata letak pabrik adalah :

1. Pabrik gipsum ini merupakan pabrik baru (bukan pengembangan), sehinggapenentuan *lay out* tidak dibatasi oleh bangunan yang ada.
2. Kemungkinan perluasan pabrik sebagai pengembangan pabrik di masadepan
3. Faktor keamanan sangat diperlukan untuk bahaya kebakaran dan ledakan, maka perencanaan *lay out* selalu diusahakan jauh dari sumber api, bahan panas, dan dari bahan yang mudah meledak, juga jauh dari asap atau gas beracun.
4. Sistem kontruksi yang direncanakan adalah *out door* untuk menekan biaya bangunan dan gedung, dan juga karena iklim Indonesia memungkinkan konstruksi secara *out door*.
5. Lahan terbatas sehingga diperlukan efisiensi dalam pemakaian dan pengaturan ruangan atau lahan.

(Vilbrant,1959)

Secara garis besar tata letak pabrik dibagi menjadi beberapa bagian utama, yaitu:

- a) Daerah administrasi/perkantoran, laboratorium dan ruang control sertafasilitas pendukung

Merupakan pusat kegiatan administrasi pabrik yang mengatur kelancaran

operasi. Laboratorium dan ruang kontrol sebagai pusat pengendalian proses, kualitas dan kuantitas bahan yang akan diproses serta produk yang dijual. Serta fasilitas – fasilitas bagi karyawan seperti : poliklinik, kantin, aula, dan masjid.

b) Daerah gudang, bengkel dan garasi.

Merupakan daerah untuk menampung bahan-bahan yang diperlukan oleh pabrik dan untuk keperluan perawatan peralatan proses.

c) Daerah proses

Merupakan daerah dimana alat proses diletakkan dan proses berlangsung. Dan dilengkapi dengan ruang control yang berfungsi untuk pengendalian proses.

d) Daerah penyimpanan bahan baku dan produk.

Merupakan daerah untuk tangki bahan baku dan produk.

e) Daerah utilitas

Merupakan daerah dimana kegiatan penyediaan bahan pendukung proses berlangsung dipusatkan seperti penyediaan air steam, air pendingin, tenaga listrik dan lain-lain yang menunjang suatu proses.

(Vilbrant, 1959)

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

Tabel 4.1 Perincian luas tanah sebagai bangunan pabrik

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

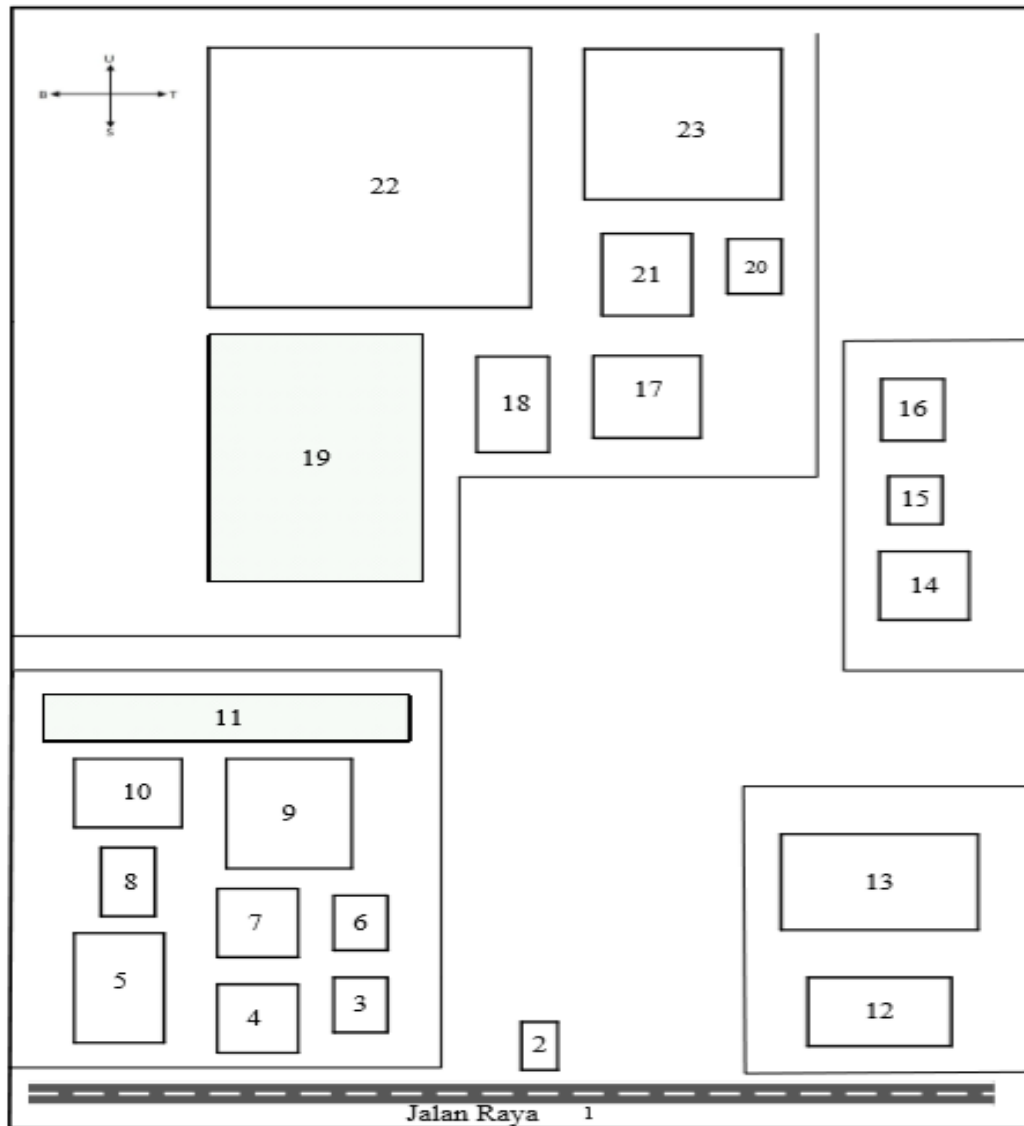
Tabel 4.1 Perincian luas tanah sebagai bangunan pabrik (lanjutan)

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
19	Taman	40	100	4000
20	Jalan	40	20	800
21	Daerah perluasan	120	100	12000
	Luas Bangunan			60070
	Luas Tanah			76870

Luas tanah : 76.870 m²

Luas Bangunan : 60.070 m²

Gambar 4.2 Layout Linier Pabrik Gypsum



Skala : 1 : 1000

Keterangan gambar:

- | | |
|-----------------|----------------------------|
| 1. Jalan Raya | 14. Parkir Truk |
| 2. Pos Keamanan | 15. Bengkel |
| 3. Perpustakaan | 16. Unit Pemadam Kebakaran |
| 4. Laboratorium | 17. Ruang Kontrol Proses |
| 5. Kantor Utama | 18. Gudang Peralatan |
| 6. Poliklinik | 19. Perluasan Pabrik |

- | | |
|-------------------------------|----------------------------|
| 7. Kantor Teknik dan Produksi | 20. Unit Pengolahan Limbah |
| 8. Masjid | 21. Ruang Kontrol Utilitas |
| 9. Parkir Utama | 22. Area Proses |
| 10. Kantin | 23. Area Utilitas |
| 11. Taman | |
| 12. Area Mess | |
| 13. Area Rumah Dinas | |

4.5 Tata Letak Alat Proses

Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam menentukan *lay out* peralatan proses pada Pabrik Gypsum, antara lain :

a. Aliran bahan baku dan produk

Pengaliran bahan baku dan produk yang tepat akan memberikan keuntungan ekonomi yang besar serta menunjang kelancaran dan keamanan produksi.

b. Aliran udara

Aliran udara di dalam dan di sekitar area proses perlu diperhatikan kelancarannya. Hal ini bertujuan untuk menghindari terjadinya stagnasi udara pada suatu tempat sehingga mengakibatkan akumulasi bahan kimia yang dapat mengancam keselamatan pekerja.

c. Pencahayaan

Penerangan seluruh pabrik harus memadai dan pada tempat- tempat proses yang berbahaya atau beresiko tinggi perlu adanya penerangan tambahan.

d. Lalu lintas manusia dan kendaraan

Dalam perancangan *lay out* pabrik perlu diperhatikan agar pekerja dapat mencapai seluruh alat proses dengan cepat dan mudah. Hal ini bertujuan apabila terjadi gangguan pada alat proses dapat segera diperbaiki. Keamanan pekerja selama menjalani tugasnya juga diprioritaskan.

e. Pertimbangan Ekonomi

Dalam menempatkan alat-alat proses diusahakan dapat menekan biaya operasi dan menjamin kelancaran dan keamanan produksi pabrik. Pertimbangan ini dilakukan dengan tujuan agar pabrik memperoleh suatu keuntungan.

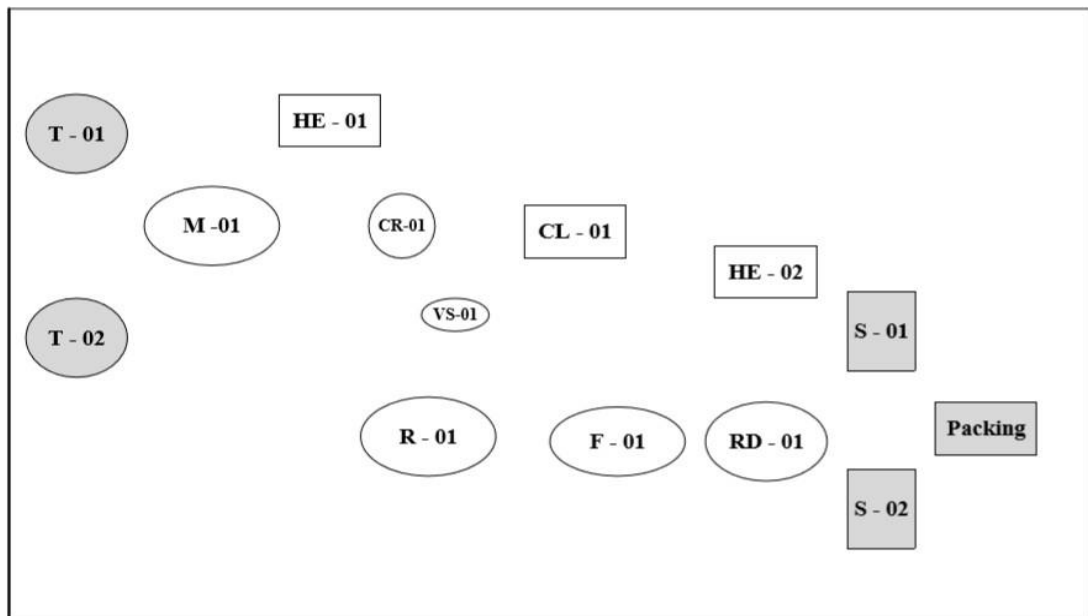
f. Jarak antar alat proses

Untuk alat proses yang mempunyai suhu dan tekanan operasi tinggi sebaiknya dipisahkan dengan alat proses lainnya, sehingga apabila terjadiledakan atau kebakaran pada alat tersebut maka kerusakan dapat diminimalkan.

(Vilbrant,1959)

Tata letak alat-alat proses harus dirancang sedemikian rupa sehingga :

- Kelancaran proses produksi dapat terjamin
- Dapat mengefektifkan luas lahan yang tersedia
- Karyawan mendapat kepuasan kerja agar dapat meningkatkan produktifitaskerja disamping keamanan yang terjadi.



Skala 1 : 1000

Gambar 4.3 Layout Alat Proses

Keterangan:

1. Tangki - (T-01) : Tempat Penyimpanan H_2SO_4
2. Tangki - (T-02) : Tempat Penyimpanan Air Proses
3. Mixer - (M-01) : Tempat pengenceran H_2SO_4
4. Heater - (HE-01) : Media Pemanas sebelum masuk ke Reaktor

5. Crusher - (CR-01) : Tempat Menghancurkan CaCO_3
6. Vibrating Screen -(VS-01) : Tempat Penyeragaman ukuran CaCO_3
7. Reaktor- (R-01) : RATB (mereaksikan beberapa komponen)
8. Cooler – (CL-01) : Media Pendingin sebelum masuk ke *Filter*
9. Filter - (F-01) : Memisahkan antara Cake dan Filtrat
10. Rotary Dryer - (RD-01) : Mengurangi kadar air dalam produk
11. Heater – (HE-02) : Memanaskan udara sebelum masuk ke RD
12. Blower – (BL-01) : Mengalirkan udara masuk ke heater
13. Silo - (S-01) : Tempat penyimpanan produk gipsum
14. Silo – (S-02) : Tempat penyimpanan produk gipsum
15. Packaging : Tempat pengemasan produk

4.6 Aliran Proses dan Material

4.6.1 Neraca Massa Total

Tabel 4.2 Neraca Massa Total

Komponen	Masuk	Keluar
	(kg/jam)	(kg/jam)
H ₂ SO ₄	33861,457	1038,679
H ₂ O	12448,983	6420,310
CO ₂	-	14736,757
CaCO ₃	37214,033	3721,403
SiO ₂	136,858	136,858
MgCO ₃	361,154	361,154
Al ₂ O ₃	64,627	64,627
CaSO ₄	30,413	30,413
Fe ₂ O ₃	95,040	95,040
CaSO ₄ .2H ₂ O	-	57607,323
Total	84212,566	84212,566

4.6.2 Neraca Massa Alat

a. Crusher (CR-01)

Tabel 4.3 Neraca Massa Crusher (CR-01)

komponen	input		output	
	arus 1		arus 2	
	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam
CaCO ₃	225,6868	22568,6762	225,6868	22568,6762
H ₂ SO ₄	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
H ₂ O	3,8425	69,1654	3,8425	69,1654
CaSO ₄	0,1356	18,4441	0,1356	18,4441
SiO ₂	1,3833	82,9985	1,3833	82,9985
MgCO ₃	2,6074	219,0238	2,6074	219,0238
Al ₂ O ₃	0,3843	39,1937	0,3843	39,1937
Fe ₂ O ₃	0,3602	57,6378	0,3602	57,6378
subtotal	23055,1396		23055,1396	
total	23055,1396		23055,1396	

b. Mixer (M-01)

Tabel 4.4 Neraca Massa Mixer (M-01)

komponen	input						output	
	arus 4		arus 5		arus 11		arus 6	
	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam
H ₂ SO ₄	352,8848	34582,7095	0,0000	0,0000	119,8134	11741,7096	352,8848	34582,7095
H ₂ O	39,2094	705,7696	1882,0522	33876,9399	1585,3447	28536	1921,2616	34582,7095
subtotal	35288,4790		33876,9399		40277,9134		69165,4189	
total	69165,4189						69165,4189	

Jadi reaksi pada mixer terjadi 2 kali, Pada reaksi pertama kali bahan yang dimasukan 1:2 . Pada reaksi seterusnya bahan yang masuk dicampurkan dengan bahan keluaran dari filter, dimana jumlah masukan jam kedua + recycle = jumlah masukan jam pertama.

$$\text{Recycle} = 28.887,5055 + 40.277,91$$

$$= 69.165,4189$$

Jadi jumlah masukan pada jam kedua adalah 28.887,5055 kg/jam

c. Reaktor (R-01)

Tabel 4.5 Neraca Massa Reaktor (R-01)

komponen	input				output			
	arus 3		arus 6		arus 7		arus 8	
	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam
CaCO ₃	225,6868	22568,6762			22,5687	2256,8676		
H ₂ SO ₄			235,2565	23055,1396	32,1384	3149,5672		
H ₂ O	3,8425	69,1654	1280,8411	23055,1396	1081,5655	19468,1795		
CaSO ₄	0,1356	18,4441			0,1356	18,4441		
SiO ₂	1,3833	82,9985			1,3833	82,9985		
MgCO ₃	2,6074	219,0238			2,6074	219,0238		
Al ₂ O ₃	0,3843	39,1937			0,3843	39,1937		
Fe ₂ O ₃	0,3602	57,6378			0,3602	57,6378		
CaSO ₄ ·2H ₂ O					203,1181	34936,3107		
CO ₂							203,1181	8937,1958
subtotal	23055,1396		46110,2793		60228,2231		8937,1958	
total	69165,4189				69165,4189			

d. Rotary Drum Vacuum Filter (F-01)

Tabel 4.6 Neraca Massa Filter (F-01)

komponen	BM	input				output			
		arus 7		arus 9		arus 10		arus 11	
		kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam
CaCO ₃	100	22,5687	2256,8676			22,5687	2256,8676		
H ₂ SO ₄	98	149,7667	14677,1371			29,9533	2935,4274	119,8134	11741,7096
H ₂ O	18	1721,9861	30995,7493	259,6947	4674,5053	396,3362	7134,0509	1585,3447	28536,2038
CaSO ₄	136	0,1356	18,4441			0,1356	18,4441		
SiO ₂	60	1,3833	82,9985			1,3833	82,9985		
MgCO ₃	84	2,6074	219,0238			2,6074	219,0238		
Al ₂ O ₃	102	0,3843	39,1937			0,3843	39,1937		
Fe ₂ O ₃	160	0,3602	57,6378			0,3602	57,6378		
CaSO ₄ ·2H ₂ O	172	203,1181	34936,3107			203,1181	34936,3107		
CO ₂	44	0,0000	0,0000			0,0000	0,0000		
subtotal		83283,3628		4674,505366		47679,9547		40277,9134	
total		87957,8681				87957,8681			

e. Rotary Dryer (RD-01)

Tabel 4.7 Neraca Massa (RD-01)

komponen	input				output			
	arus 10		arus 12		arus 13		arus 14	
	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam
CaCO ₃	22,57	2256,87					22,57	2256,87
H ₂ SO ₄	29,95	2935,43			28,46	2788,66	29,95	146,77
H ₂ O	396,34	7134,05			376,52	6777,35	396,34	356,70
CaSO ₄	0,14	18,44					0,14	18,44
SiO ₂	1,38	83,00					1,38	83,00
MgCO ₃	2,61	219,02					2,61	219,02
Al ₂ O ₃	0,38	39,19					0,38	39,19
Fe ₂ O ₃	0,36	57,64					0,36	57,64
CaSO ₄ ·2H ₂ O	203,12	34936,31					203,12	34936,31
CO ₂								
Udara								
subtotal	47679,95		0,00		9566,00		38113,95	
total	47679,95				47679,95			

4.6.3 Neraca Energi

a. Mixer (M-01)

Tabel 4.8 Neraca Energi Mixer

Komponen	masuk (kJ/jam)	keluar (kJ/jam)
H ₂ SO ₄	331672,38	10976697,79
H ₂ O	1323696,12	-
Q pelarutan	9380818,09	-
Q pemanas	-	-
total	11036186,59	10976697,79

b. Reaktor (R-01)

Tabel 4.9 Neraca Energi Reaktor

komponen	masuk (kJ/jam)	keluar (kJ/jam)
Arus 3	161663,73	-
Arus 6	13294968,16	-
Arus 7	-	10981865,90
Arus 8	-	545178,70
$\Delta H R$	104165,81	-
Q Pendingin	-	2033753,11
total	13560797,70	13560797,70

c. Filter (F-01)

Tabel 4.10 Neraca Energi Filter

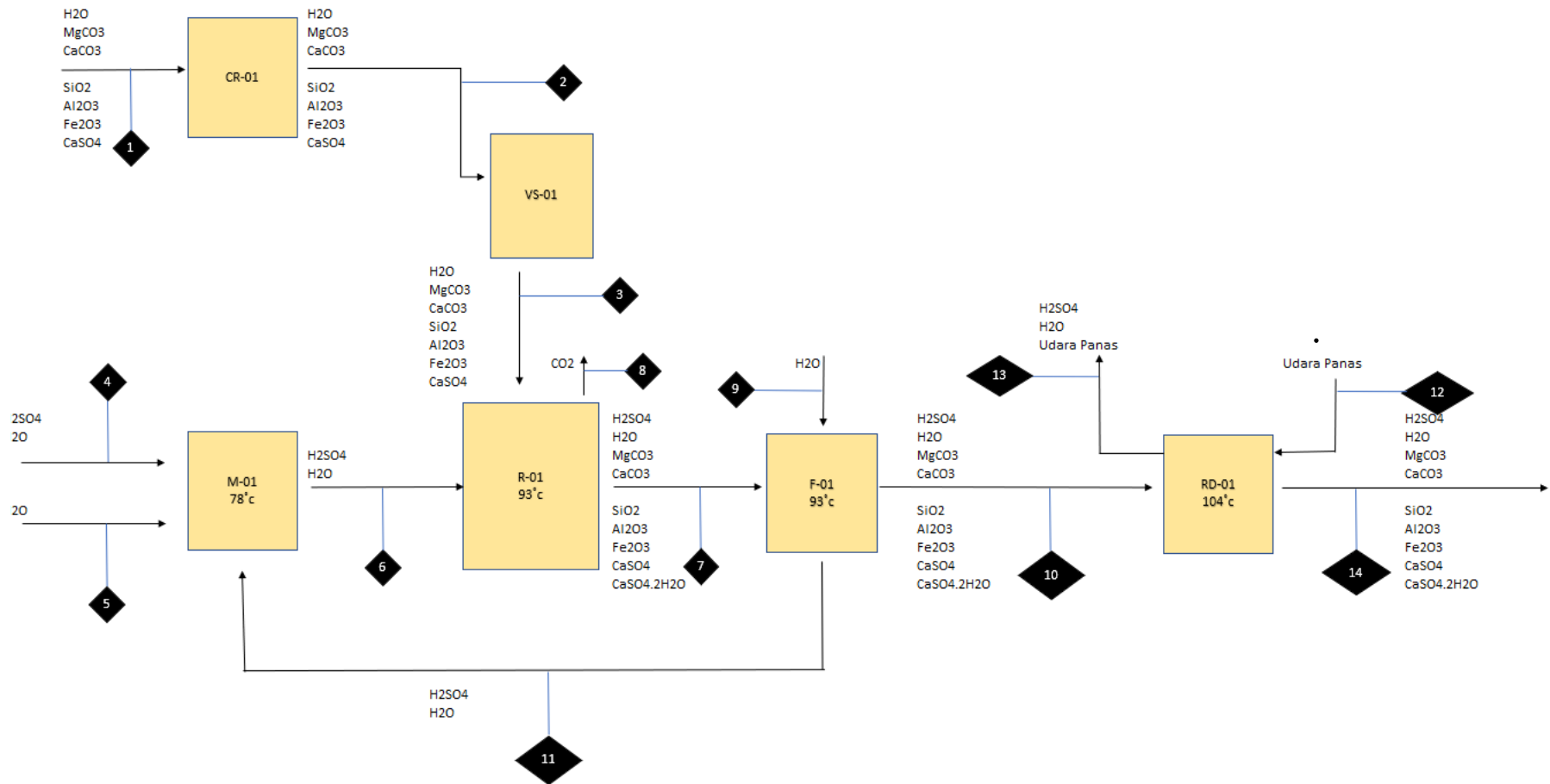
Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Arus 7	10981865,8963	-
Arus 9	98031,2287	-
Arus 10	-	2590538,7151
Arus 11	-	7954398,1606
Q loss	-	-
total	11079897,1250	10544936,88

Suhu *slurry* 93 *celcius* dikarenakan mengikuti prinsip kerja dari *rotary vacuum filter* yang dimana memisahkan sesuai kelarutan, dimana nanti nya Kalsium Karbonat akan larut dengan air dan dihisap oleh beberapa pipa yang ada pada vacuum filter. dan air pencuci kenapa menggunakan suhu 30 *celcius* karena dengan suhu tersebut pada kondisi proses nya menjadi 72 sehingga keluaran 72 *celcius*. dan kondisi suhu seperti ini masih dapat air dan asam fosfat terpisahkan

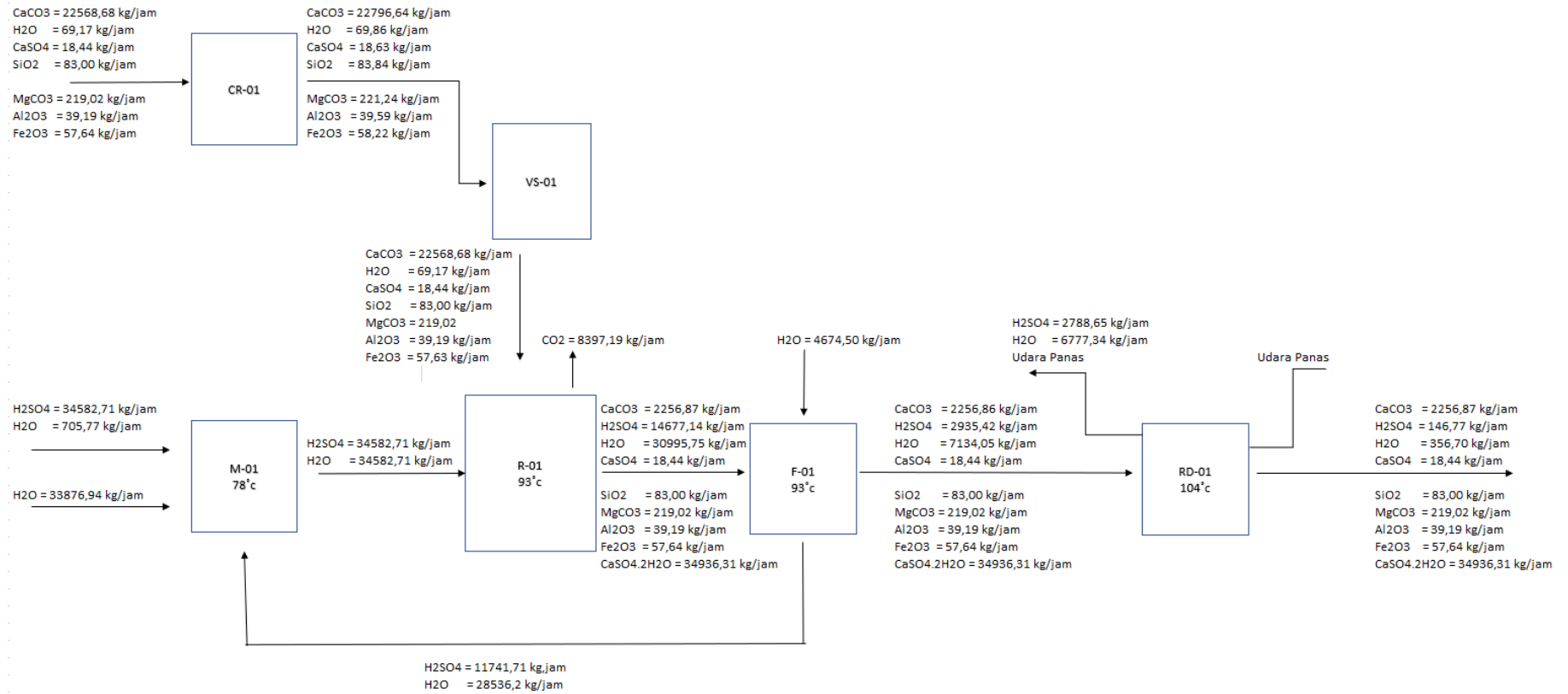
d. Rotarry Dryer (RD-01)

Tabel 4.11 Neraca Energi Rotarry Dryer

komponen	masuk (kJ/jam)	keluar (kJ/jam)
Arus 9	2.590.538,715	-
Arus 14	-	989133,333
Arus 15	-	3496391,130
Arus 13 (Q pemanas)	24382886,962	-
Q serap	-	22487901,214
total	26973425,677	26973425,677



Gambar 4.4 Diagram Alir Kualitatif



Gambar 4.5 Diagram Alir Kuantitatif

4.7 Pelayanan Teknik (Utilitas)

Untuk mendukung proses dalam suatu pabrik diperlukan sarana penunjang yang penting demi kelancaran jalannya proses produksi. Sarana penunjang merupakan sarana lain yang diperlukan selain bahan baku dan bahan pembantu agar proses produksi dapat berjalan sesuai yang diinginkan.

Unit utilitas merupakan unit penunjang bagi unit-unit yang lain dalam pabrik atau sarana penunjang untuk menjalankan suatu pabrik dari tahap awal sampai produk akhir. Unit utilitas ini meliputi :

1. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (*Water Treatment System*)
2. Unit Pembangkit Steam (*Steam Generation System*)
3. Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*)
4. Unit Penyedia Udara Instrumen (*Instrument Air System*)
5. Unit Penyediaan Bahan Bakar

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

1. Unit Penyediaan 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 kegiatan dalam pabrik. Selain sebagai penyedia kebutuhan air, unit ini juga mengolah air proses, air pendingin, air sanitasi dan air pemadam kebakaran hingga siap untuk digunakan. Dalam industri, untuk memenuhi kebutuhan air pada umumnya menggunakan air sungai, air sumur, air danau hingga air laut.

Dalam perancangan pabrik gipsum ini, sumber air yang digunakan adalah sumber air yang berasal dari laut di Jawa Timur. 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.

Secara keseluruhan, kebutuhan air pada pabrik ini digunakan untuk keperluan:

- Air Pendingin

Pada umumnya air digunakan sebagai pendingin karena pertimbangan sebagai berikut :

- Air merupakan materi yang dapat diperoleh dalam jumlah besar.
- Mudah pengolahan dan pengaturannya.
- Dapat menyerap jumlah panas yang relatif tinggi persatuan volume.
- Tidak terdekomposisi.

- Air Sanitasi

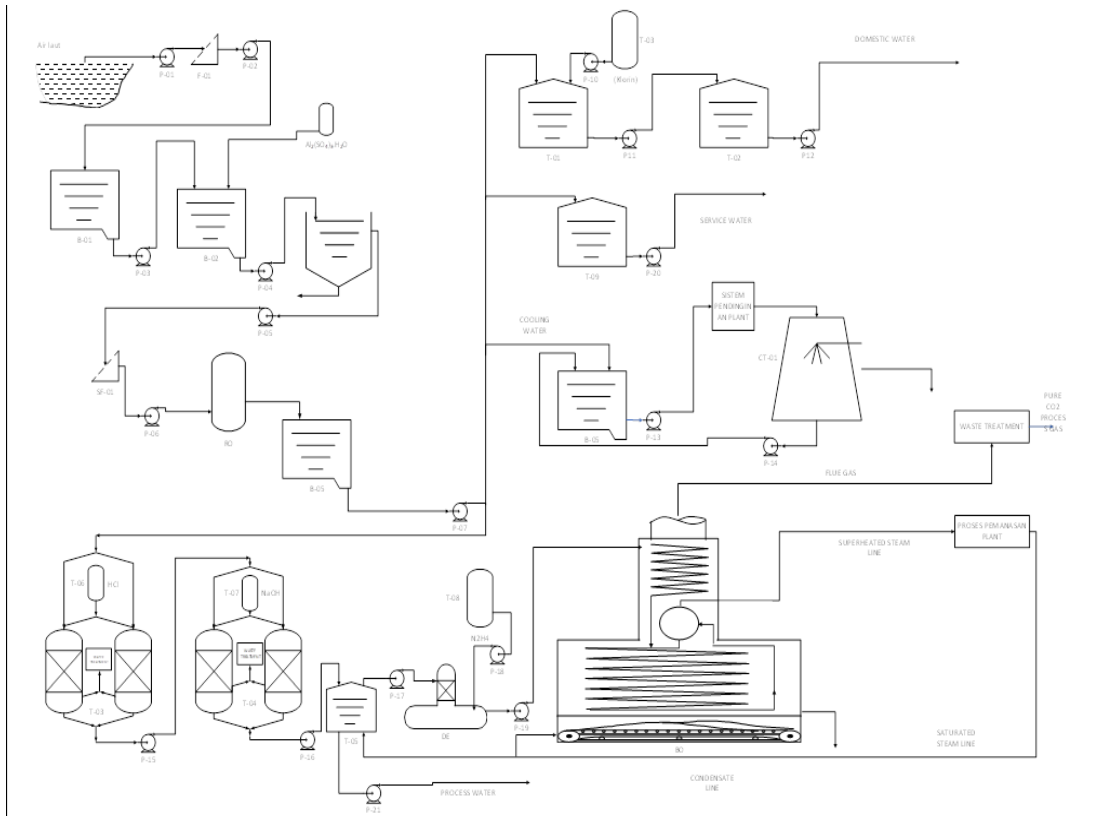
Air sanitasi adalah air yang akan digunakan untuk keperluan sanitasi. Air ini antara lain untuk keperluan perumahan, perkantoran laboratorium, masjid. Air sanitasi harus memenuhi kualitas tertentu, yaitu:

- Syarat Fisika, meliputi :
 - a. Suhu : Dibawah suhu udara
 - b. Warna : Jernih
 - c. Rasa : Tidak berasa
 - d. Bau : Tidak berbau
- Syarat Kimia, meliputi :
 - a. Tidak mengandung zat organik dan anorganik yang terlarut dalam air.
 - b. Tidak beracun
 - c. Kadar klor bebas sekitar 0,7 ppm.

- Syarat Bakteriologis :
Tidak mengandung bakteri-bakteri, terutama bakteri patogen.
- Air Umpan Boiler (*Boiler Feed Water*)
Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penanganan air umpan boiler adalah sebagai berikut :
 - Zat-zat yang dapat menyebabkan korosi.
Korosi yang terjadi dalam boiler disebabkan air mengandung larutan- larutan asam, gas-gas terlarut seperti O₂, CO₂, H₂S dan NH₃. O₂ masuk karena aerasi maupun kontak dengan udara luar.
 - Zat yang dapat menyebabkan kerak (*scale forming*).
Pembentukan kerak disebabkan adanya kesadahan dan suhu tinggi, yangbiasanya berupa garam-garam karbonat dan silika.
 - Zat yang menyebabkan *foaming*.
Air yang diambil kembali dari proses pemanasan bisa menyebabkan *foaming* pada boiler karena adanya zat-zat organik yang tak larut dalam jumlah besar. Efek pembusaan terutama terjadi pada alkalitas tinggi.

2. Unit Pengolahan Air

Pada perancangan suatu pabrik dibutuhkan sumber air terdekat yang nantinya akan memenuhi keberlangsungan suatu proses. Dan pada pabrik Gypsum ini sumber air didapatkan dari laut terdekat di sekitar daerah pabrik. Berikut diagram alir pengolahan air beserta penjelasan tahap-tahap proses pengolahan air yang dilakukan meliputi :



Gambar 4.6 Diagram Alir Pengolahan Air Utilitas

Keterangan :

1. BU-1 :Bak Air Pendingin
2. T-01 :Tangki Klorinasi / Karbon aktif (TU-01)
3. T-02 :Tangki Air Bersih (T-02)
4. T-03 :Tangki kation Exchanger
5. T-04 :Tangki Anion Exchanger
6. T-05 :Tangki air boiler
7. T-06 :Tangki H₂SO₄
8. T-07 :Tangki NaOH
9. T-08 :Tangki N₂H₄
10. T-09 :Tangki Air Service
11. TU-03 :Klorin
12. P :Pompa
13. De :Deerator
14. Bo :Boiler
15. CT :Cooling Tower

1. Penyaringan Awal / *Screen* (WF)

Sebelum mengalami proses pengolahan, air dari laut harus mengalami pembersihan awal dimana air laut 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 besar 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 ke dalam *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*

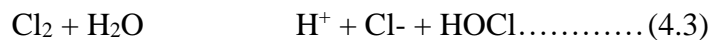
Air yang sudah melalui penyaringan di sand filter dialirkan ke dalam alat *reverse osmosis* untuk di desalinasi. Proses desalinasi merupakan proses untuk menghilangkan kadar garam yang ada di dalam air.

7. Bak Penampung Sementara (B-04)

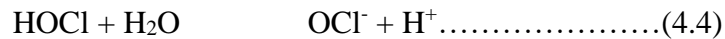
Air yang sudah melalui proses sand filter kemudian dialirkan kedalam tangki penampung sementara. proses selanjutnya bergantung pada fungsi air tersebut karena setelah dari bak penampung sementara spesifikasi untuk air proses, air umpan boiler dan air pendingin berbeda dengan air yang digunakan untuk 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.

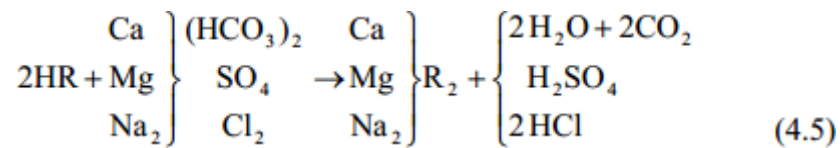
9. Tangki air bersih (TU-02)

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

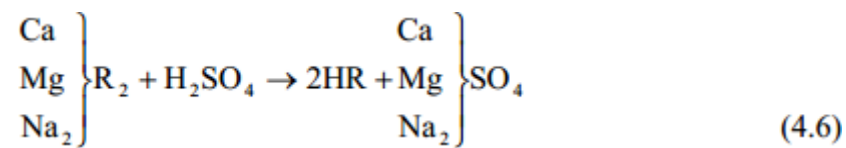
10. Tangki Kation Exchanger (TU-03)

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.

3. Kebutuhan Air

a. Kebutuhan Air *Steam*

Tabel 4.15 Kebutuhan Air *Steam*

Nama Alat	Kode	Jumlah (kg/jam)
Heat Exchanger 1	HE-01	858,89
Heat Exchanger 2	HE-02	12051,71
Total		12910,61

Direncanakan *steam* yang digunakan adalah saturated steam dengan kondisi : $P = 74 \text{ psia} = 5 \text{ atm}$

$$T = 153 \text{ }^{\circ}\text{C} = 426 \text{ K}$$

Faktor keamanan = 20 %

Perancangan dibuat over design sebesar 20%

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan steam} &= 20\% \times 12.910,61 \text{ kg/jam} \\ &= 15.492,72 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Blowdown} &= 15\% \times \text{kebutuhan steam} \\ &= 15\% \times 15.492,72 \text{ kg/jam} \\ &= 2.323,9 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Steam Trap} &= 5\% \times \text{kebutuhan steam} \\ &= 5\% \times 15.492 \text{ kg/jam} \\ &= 774 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan air make up untuk steam} &= \text{Blowdown} + \text{Steam Trap} \\ &= 2.323,9 \text{ kg/jam} + 774 \text{ kg/jam} \\ &= 3.098 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

b. Air Pendingin

Tabel 4.16 Kebutuhan Air Proses Pendingin

Nama Alat	Kode	Jumlah (kg/jam)
Reaktor	R-01	32.329,58
Cooler	CL-01	86.382,96
Total		118.622,54

Perancangan dibuat *over design* sebesar 20%, maka kebutuhan airpendingin menjadi :

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan air pendingin} &= 20\% \times 118.622,54 \text{ kg/jam} \\ &= 142.347 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

- Jumlah air yang menguap (W_e)

$$\begin{aligned}
&= 0,00085 \times W_c \times (T_{in} - T_{out}) \\
&\hspace{15em} (Perry, Pers. 12-14c) \\
&= 0,00085 \times 118.622,54 \times (17) \\
&= 1.714,1 \text{ kg/jam}
\end{aligned}$$

- *Drift Loss* (W_d)

$$\begin{aligned}
&= 0,0002 \times W_c \\
&\hspace{15em} (Perry, Pers. 12-14c) \\
&= 0,0002 \times 118.622,54 \\
&= 23,72 \text{ kg/jam}
\end{aligned}$$

- *Blowdown* (W_b) (cycle yang dipilih 4 kali)

$$\begin{aligned}
&= \frac{W_e - (\text{cycle} - 1)W_d}{\text{cycle} - 1} \\
&\hspace{15em} (Perry, Pers. 12-14e) \\
&= \frac{1.714 - (4 - 1)23,72}{4 - 1} \\
&= 547,64 \text{ kg/jam}
\end{aligned}$$

Sehingga jumlah makeup air adalah :

- $W_e = 1.714 \text{ kg/jam}$
- $W_d = 23,72 \text{ kg/jam}$
- $W_b = 574,64 \text{ kg/jam}$

Kebutuhan *Make Up Water* (W_m)

$$W_m = W_e + W_d + W_b$$

$$W_m = 1.714 \text{ kg/jam} + 23,72 \text{ kg/jam} + 574,64 \text{ kg/jam}$$

$$W_m = 2.285,46 \text{ kg/jam}$$

c. Kebutuhan Air Domestik

Kebutuhan air domestik terdiri dari kebutuhan air untuk tempatinggal area mess daan kebutuhan air karyawan.

- Kebutuhan Air karyawan

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

Diambil kebutuhan air tiap orang	= 100 liter/hari
Jumlah karyawan	= 180 orang
Kebutuhan air untuk semua karyawan	= 750 kg/jam

- Kebutuhan Air area mess

Jumlah mess	= 24 rumah
Penghuni mess	= 72 orang
Kebutuhan air untuk mess	= 600 kg/jam
Total kebutuhan air domestik	= 1.350 kg/jam

- Kebutuhan *Service Water*

Kebutuhan air *service water* diperkirakan sekitar 258,33 kg/jam .perkiraan kebutuhan air ini nantinya akan digunakan untuk layanan umum yang meliputi laboratorium,masjid,pemadam kebakaran,kantin, bengkel danlain-lain.

4.7.2 Unit Pembangkit Steam (Steam Generation System)

Unit ini bertujuan untuk mencukupi kebutuhan *steam* pada proses produksi, yang dengan menyediakan ketel uap (*boiler*) dengan spesifikasi :

Kapasitas	: 18.591 kg/jam
Jenis	: <i>Water Tube Boiler</i>
Jumlah	: 1 buah

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

Air dari *water treatment plant* yang akan digunakan sebagai umpan *boiler* terlebih dahulu diatur kadar silika, O₂, Ca dan Mg yang mungkin masihterikut

dengan jalan menambahkan bahan-bahan kimia ke dalam *boiler feed water tank*. Selain itu juga perlu diatur pHnya yaitu sekitar 10,5-11,5 karena pada pH yang terlalu tinggi korosivitasnya tinggi.

Sebelum masuk ke *boiler*, umpan dimasukkan dahulu ke dalam *economizer*, yaitu alat penukar panas yang memanfaatkan panas dari gas sisa pembakaran minyak residu yang keluar dari *boiler*. Di dalam alat ini air dinaikkan temperaturnya hingga 153°C, kemudian diumpankan ke *boiler*.

Di dalam *boiler*, api yang keluar dari alat pembakaran (*burner*) bertugas untuk memanaskan lorong api dan pipa-pipa api. Gas sisa pembakaran ini masuk ke *economizer* sebelum dibuang melalui cerobong asap, sehingga air didalam *boiler* menyerap panas dari dinding-dinding dan pipa-pipa api maka air menjadi mendidih. Uap air yang terbentuk terkumpul sampai mencapai tekanan 10 bar, baru kemudian dialirkan ke steam *header* untuk didistribusikan ke area-area proses.

4.7.3 Unit pembangkit Listrik (*Power Plant System*)

Pabrik Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum) kebutuhan listriknya diperoleh dari PLN dan generator diesel. Dimana fungsi generator diesel yaitu sebagai tenaga cadangan saat terjadinya gangguan atau pemadaman listrik oleh PLN. Berikut spesifikasi generator diesel yang digunakan yaitu :

Kapasitas = 2.000 kW

Jumlah = 1 buah

Berikut rincian untuk kebutuhan listrik pabrik :

- a) Kebutuhan Listrik untuk alat proses

Tabel 4.17 Kebutuhan Listrik Proses

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
Mixer	M-01	20,0000	14914,0000
Reaktor	R-01	5,0000	3728,5000
Filter	CF-01	75,0000	55927,5000
Rotary Dryer	PL-01	30,0000	22371,0000
Crusher	S-01	4,0000	2982,8000
Belt Conveyor	BC-01	21,3063	15888,1269
Bucket Elevator	BE-01	5,5000	4101,3500

Tabel 4.17 Kebutuhan Listrik Proses(lanjutan)

Bucket Elevator	BE-02	5,5000	4101,3500
Bucket Elevator	BE-03	5,5000	4101,3500
Bucket Elevator	BE-04	5,5000	4101,3500
Screw Conveyor	SC-01	4,9381	3682,3421
Screw Conveyor	SC-02	0,5682	423,7337
Screw Conveyor	SC-03	4,6909	3498,0126
Screw Conveyor	SC-04	4,6909	3498,0126
Screw Conveyor	SC-05	5,9356	4426,1933
Screw Conveyor	SC-06	3,7510	2797,1559
Pump	P-01	10,5000	7829,8500
Pump	P-02	12,5000	9321,2500
Pump	P-03	15,0000	11185,5000
Pump	P-04	1,7500	1304,9750
Pump	P-05	12,5000	9321,2500
Pump	P-06	12,0000	8948,4000
Blower	BL-01	51,9258	38721,0876
Total			237175,0896

Power yang dibutuhkan = 237.175,0896 Watt

= 237,1751 kW

b) Kebutuhan Listrik untuk utilitas

Tabel 4.18 Kebutuhan Listrik Utilitas

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
Bak Penggumpal (Koagulasi dan Flokulasi)	B-02	2,00000	1491,4000
Blower Cooling Tower	BL-01	20,00000	14914,0000
Kompresor Udara	CP-01	7,00000	5219,9000
Pompa-01	PU-01	15,00000	11185,5000
Pompa-02	PU-02	15,00000	11185,5000
Pompa-03	PU-03	15,00000	11185,5000
Pompa-04	PU-04	15,00000	11185,5000

Tabel 4.18 Kebutuhan Listrik Utilitas(lanjutan)

Pompa-05	PU-05	10,00000	7457,0000
Pompa-06	PU-06	10,00000	7457,0000
Pompa-07	PU-07	10,00000	7457,0000
Pompa-08	PU-08	15,00000	11185,5000
Pompa-09	PU-09	15,00000	11185,5000
Pompa-10	PU-10	1,50000	1118,5500
Pompa-11	PU-11	5,00000	3728,5000
Pompa-12	PU-12	3,00000	2237,1000
Pompa-13	PU-13	1,63897	1222,1772
Pompa-14	PU-14	1,63897	1222,1772
Pompa-15	PU-15	0,39542	294,8677
Pompa-16	PU-16	0,39542	294,8677
Pompa-17	PU-17	0,39542	294,8677
Pompa-18	PU-18	0,00001	0,0088
Pompa-19	PU-19	0,39542	294,8677
Pompa-20	PU-20	1,50000	1118,5500
Pompa-21	PU-21	0,21704	161,8488
Total		147,0000	121.606,2831

Power yang dibutuhkan = 121.606,2831 Watt

= 121,6063 kW

c) Kebutuhan listrik untuk penerangan dan AC

- Listrik yang digunakan untuk AC diperkirakan sekitar 20 kW
- Listrik yang digunakan untuk penerangan sekitar 105,2kW

d) Kebutuhan Listrik untuk bengkel dan laboratorium

- Listrik untuk bengkel dan laboratorium sekitar 15kW

e) Kebutuhan Listrik untuk instrumentasi

- Listrik untuk instrumentasi sekitar 30 kW

Berikut rincian kebutuhan listrik pada pabrik Gypsum :

Tabel 4.19 Rincian Kebutuhan Listrik

No	Keperluan	Kebutuhan (Kw)
1	Kebutuhan Plant	
	a. Proses	237,1751
	b. Utilitas	121,1989
2	a. Listrik Ac	20
	b. Listrik Penerangan	105
3	Laboratorium dan Bengkel	15
4	Instrumentasi	30
Total		528,5740

Total kebutuhan listrik untuk keseluruhan proses adalah 528,5740 kW.

4.7.4 Unit Penyediaan Udara Tekan

Udara tekan diperlukan untuk pemakaian alat *pneumatic control*. Total kebutuhan udara tekan diperkirakan 56,0736 m³/jam.

4.7.5 Unit Penyediaan Bahan Bakar

Unit penyediaan bahan bakar mempunyai fungsi untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar pada boiler dan *generator*. Jenis bahan bakar yang digunakan untuk generator yaitu solar sebanyak 157,3207 kg/jam. Sedangkan untuk bahan bakar *fuel oil* yang digunakan pada boiler sebanyak 1.413,585 kg/jam. Bahan bakar tersebut diperoleh dari PT. Pertamina, Cilacap.

4.7.6 Unit Pengolahan Limbah

Limbah yang diperoleh dari pabrik Kalsium Sulfat Dihidrat dikalsifikasikan adalah cair dan gas.

Limbah cair berasal dari :

a. Limbah Sanitasi

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

dan kemana pembuangan air limbah ini.

b. Air Limbah Laboratorium dan Limbah Cair dari Proses

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

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

c. Limbah hasil proses

Limbah yang dihasilkan dari proses pembuatan gipsum ini terdapat limbah berupa gas dan cair. Untuk Limbah gas berupa CO₂ dan Limbah cair berupa H₂O serta H₂SO₄ yang ikut terbawa oleh udara panas sehinggamenjadi uap air. Dimana limbah tersebut yang berupa uap air dan gas-gas yang tidak diperlukan dalam proses. Uap air yang dihasilkan dari reaktor dan *dryer* bukan merupakan gas yang berbahaya. Dalam proses penguapan, bahan seperti karbon dioksida dibutuhkan pengawasan yang ketat agar gas terkondensasi secara sempurna. Kondensasi yang sempurna bertujuan agar gas-gas yang akan diuapkan berubah fasa menjadi cair.

4.8 Organisasi Perusahaan

4.8.1 Bentuk Perusahaan

Bentuk Perusahaan yang direncanakan pada perancangan pabrik Kalsium Sulfat Dihidrat ini adalah Perseroan Terbatas (PT). Perseroan terbatas merupakan bentuk perusahaan yang mendapatkan modalnya dari penjualan saham dimana tiap sekutu turut mengambil bagian sebanyak satu saham atau lebih. Saham adalah surat berharga yang dikeluarkan oleh perusahaan atau PT tersebut dan orang yang memiliki saham berarti telah menyetorkan modal ke perusahaan, yang berarti pula ikut memiliki perusahaan. Dalam perseroan terbatas pemegang saham hanya bertanggung jawab menyetor penuh jumlah yang disebutkan dalam tiap-tiap saham.

Bentuk perusahaan-perusahaan besar, rata-rata menggunakan bentuk

Perseroan Terbatas (PT/korporasi). Dan bentuk PT ini adalah asosiasi pemegang saham yang diciptakan berdasarkan hukum dan dianggap sebagai badan hukum.

Bentuk Perusahaan PT dipilih berdasarkan beberapa factor yang mendukung antara lain :

1. Kelangsungan hidup perusahaan lebih terjamin, dikarenakan jika pemegang saham berhenti dari jabatannya maka tidak ada pengaruhnya terhadap direksi, staf maupun karyawan yang bekerja di dalam perusahaan.
2. Penjualan saham perusahaan merupakan cara yang tepat untuk mendapatkan modal.
3. Tanggung jawab pemegang saham terbatas, sehingga kelancaran produksi hanya dipegang oleh pimpinan perusahaan
4. Para pemegang saham dapat memilih orang yang ahli sebagai dewan komisaris dan direktur perusahaan yang ditinjau dari berbagai pengalaman, sikap dan caranya mengatur waktu.

4.8.2 Struktur Organisasi

Dalam rangka menjalankan suatu proses pabrik dengan baik dalam hal inidi suatu perusahaan, diperlukan suatu manajemen atau organisasi yang memiliki pembagian tugas dan wewenang yang baik. Struktur organisasi dari suatu perusahaan dapat bermacam-macam sesuai dengan bentuk dan kebutuhan dari masing-masing perusahaan. Jenjang kepemimpinan dalam perusahaan ini adalah sebagai berikut:

- a. Pemegang saham
- b. Direktur Utama
- c. Direktur
- d. Staff Ahli
- e. Kepala Bagian
- f. Kepala Seksi
- g. Karyawan dan Operator

Tanggung jawab, tugas dan wewenang dari masing-masing jenjang kepemimpinan tentu saja berbeda-beda. Tanggung jawab, tugas serta wewenang tertinggi terletak pada puncak pimpinan yaitu dewan komisaris. Sedangkan kekuasaan tertinggi berada pada rapat umum pemegang saham.

Untuk mendapatkan suatu sistem organisasi yang terbaik maka perlu diperhatikan beberapa azas yang dapat dijadikan pedoman, antara lain:

1. Perumusan tujuan perusahaan dengan jelas
2. Pendelegasian wewenang.
3. Pembagian tugas kerja yang jelas.
4. Kesatuan perintah dan tanggungjawab.
5. Sistem pengontrol atas pekerjaan yang telah dilaksanakan
6. Organisasi perusahaan yang fleksibel.

Dengan berpedoman terhadap azas - azas tersebut, maka diperoleh bentuk struktur organisasi yang baik, yaitu : sistem *line* dan staf. Pada sistem ini, garis kekuasaan sederhana dan praktis. Demikian pula kebaikan dalam pembagian tugas kerja seperti yang terdapat dalam sistem organisasi fungsional, sehingga seorang karyawan hanya bertanggung jawab pada seorang atasan saja. Sedangkan untuk mencapai kelancaran produksi maka perlu dibentuk staf ahli yang terdiri atas orang-orang yang ahli dalam bidangnya. Staf ahli akan memberi bantuan pemikiran dan nasehat pada tingkat pengawas demi tercapainya tujuan perusahaan.

Ada dua kelompok orang-orang yang berpengaruh dalam menjalankan organisasi garis dan staf ini, yaitu:

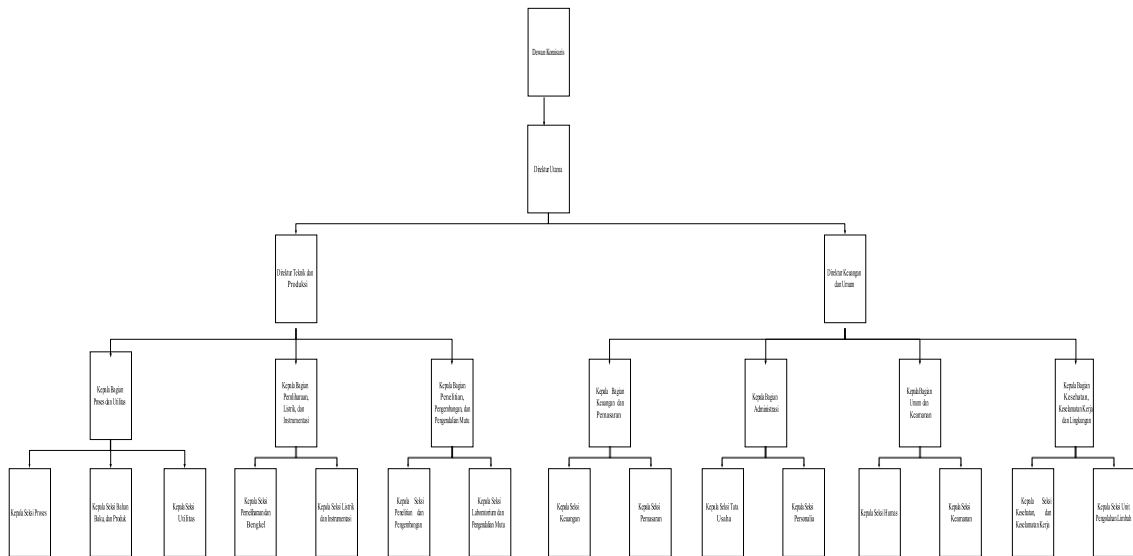
1. Sebagai garis atau *line* yaitu orang-orang yang menjalankan tugas pokok organisasi dalam rangka mencapai tujuan.
2. Sebagai staf yaitu orang - orang yang melakukan tugasnya dengan keahlian yang dimilikinya, dalam hal ini berfungsi untuk memberikan saran-saran kepada unit operasional.

Pemegang saham sebagai pemilik perusahaan, dalam pelaksanaan tugas sehari - harinya diwakili oleh seorang Dewan Komisaris, sedangkan tugas menjalankan perusahaan dilaksanakan oleh seorang Direktur Utama yang dibantu oleh Direktur Teknik dan Produksi serta Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum. Dimana Direktur Teknik dan Produksi membawahi bidang produksi, pengendalian, utilitas dan pemeliharaan. Sedangkan Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum membawahi bidang pembelian dan pemasaran, administrasi, keuangan dan umum, serta penelitian dan pengembangan. Direktur ini membawahi beberapa kepala bagian yang bertanggung jawab atas bawahannya sebagai bagian dari pendelegasian wewenang dan tanggung jawab.

Masing-masing kepala bagian akan membawahi beberapa seksi yang dikepalai oleh kepala seksi dan masing-masing seksi akan membawahi dan mengawasi para karyawan perusahaan pada masing-masing bidangnya. Karyawan perusahaan akan dibagi dalam beberapa kelompok regu yang dipimpin oleh masing-masing kepala regu, dimana kepala regu akan bertanggung jawab kepada pengawas pada masing masing seksi. Sedangkan untuk mencapai kelancaran produksi maka perlu dibentuk staf ahli yang terdiri dari orang-orang yang ahli di bidangnya. Staf ahli akan memberikan bantuan pemikiran dan nasehat kepada tingkat pengawas, demi tercapainya tujuan perusahaan. Manfaat adanya struktur organisasi tersebut adalah sebagai berikut:

1. Menjelaskan mengenai pembatasan tugas, tanggungjawab dan wewenang.
2. Sebagai bahan orientasi untuk pejabat.
3. Penempatan pegawai yang lebih tepat.
4. Penyusunan program pengembangan manajemen.
5. Mengatur kembali langkah kerja dan prosedur kerja yang berlaku bila terbukti kurang lancar.

Berikut gambar struktur organisasi pabrik Gypsum (Kalsium Sulfat Dihidrat) kapasitas 300.000 ton/tahun. Beserta



Gambar 4.7 Struktur Organisasi Pabrik

Berdasarkan gambar struktur tersebut telah dijelaskan sebelumnya urutan tugas dari masing-masing pekerja yang terikat di dalam perusahaan dari jabatan yang teratas sampai yang terbawah.

4.8.3 Tugas dan Wewenang

1) Pemegang Saham

Pemegang saham (pemilik perusahaan) adalah beberapa orang yang mengumpulkan modal untuk kepentingan pendirian dan berjalannya operasi perusahaan tersebut. Kekuasaan tertinggi pada perusahaan yang mempunyai bentuk perseroan terbatas adalah rapat umum pemegang saham. Pada rapat umum tersebut para pemegang saham:

- a) Mengangkat dan memberhentikan Dewan Komisaris
- b) Mengangkat dan memberhentikan direktur
- c) Mengesahkan hasil-hasil usaha serta neraca perhitungan untung rugi tahunan dari perusahaan

2) Dewan Komisaris

Dewan komisaris merupakan pelaksana dari para pemilik saham, sehingga dewan komisaris akan bertanggung jawab terhadap pemilik saham. Tugas-tugas Dewan Komisaris meliputi:

- a) Menilai dan menyetujui rencana direksi tentang kebijaksanaan umum, target laba perusahaan, alokasi sumber-sumber dana dan pengarahannya.
- b) Mengawasi tugas-tugas direktur utama.
- c) Membantu direktur utama dalam hal-hal penting.

3) Direktur Utama

Direktur utama merupakan pimpinan tertinggi dalam perusahaan dan bertanggung jawab sepenuhnya dalam hal maju mundurnya perusahaan. Direktur Utama bertanggung jawab pada Dewan Komisaris atas segala tindakan dan kebijaksanaan yang telah diambil sebagai pimpinan perusahaan. Direktur Utama membawahi Direktur Produksi dan Teknik, serta Direktur Keuangan dan Umum. Direktur utama membawahi :

a. Direktur Teknik dan Produksi

Tugas dari Direktur Teknik dan Produksi adalah memimpin pelaksanaan kegiatan pabrik yang berhubungan dengan bidang produksi dan operasi, teknik, pengembangan, pemeliharaan peralatan, pengadaan, dan laboratorium.

b. Direktur Keuangan dan Umum

Tugas dari Direktur Keuangan dan Umum adalah bertanggung jawab terhadap masalah-masalah yang berhubungan dengan administrasi, personalia, keuangan, pemasaran, humas, keamanan, dan keselamatan kerja.

c. Staf Ahli

Staf ahli terdiri dari tenaga-tenaga ahli yang bertugas membantu direktur dalam menjalankan tugasnya baik yang berhubungan dengan teknik maupun administrasi. Staf ahli bertanggung jawab kepada Direktur Utama sesuai dengan bidang keahliannya masing-masing. Tugas dan wewenang staf ahli meliputi:

- Memberikan nasehat dan saran dalam perencanaan pengembangan perusahaan.
- Mengadakan evaluasi bidang teknik dan ekonomi

perusahaan.

- Memberikan saran-saran dalam bidang hukum.

d. Kepala Bagian

Secara umum tugas Kepala Bagian adalah mengkoordinir, mengatur dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan garis-garis yang diberikan oleh pimpinan perusahaan. Kepala bagian dapat juga bertindak sebagai staff direktur. Kepala bagian ini bertanggung jawab kepada direktur masing-masing. Kepala bagian terdiri dari:

→ Kepala Bagian Proses dan Utilitas

Tugas : Mengkoordinasikan kegiatan pabrik dalam bidang proses dan penyediaan bahan baku dan utilitas.

→ Kepala Bagian Pemeliharaan, Listrik, dan Instrumentasi

Tugas : Bertanggung jawab terhadap kegiatan pemeliharaan dan fasilitas penunjang kegiatan produksi.

→ Kepala Bagian Penelitian, Pengembangan dan Pengendalian Mutu

Tugas : Mengkoordinasikan kegiatan yang berhubungan dengan penelitian, pengembangan perusahaan, dan pengawasan mutu.

→ Kepala Bagian Produksi

Tugas : Mengawasi terkait pemakaian bahan baku, pemakaian packing material dengan tujuan meminimalkan pemborosan dan kegagalan proses, menjaga dan mengawasi agar mutu bahan baku dalam proses dan mutu produk yang dihasilkan sesuai dengan standar yang telah ditetapkan serta mengawasi pembuatan laporan produksi terkait laporan absensi, pemakaian bahan baku, hasil produksi dan jam berhenti (*stoppage*) tiap-tiap mesin.

→ **Kepala Bagian Teknik**

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

→ **Kepala Bagian Keuangan dan Pemasaran**

Tugas : Mengkoordinasikan kegiatan pemasaran, pengadaan barang, serta pembukuan keuangan.

→ **Kepala Bagian Administrasi**

Tugas : Bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan dengan tata usaha, personalia dan rumah tangga perusahaan.

→ **Kepala Bagian Humas dan Keamanan**

Tugas : Bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan antara perusahaan dan masyarakat serta menjaga keamanan perusahaan.

→ **Kepala Bagian Kesehatan Keselamatan Kerja dan Lingkungan**

Tugas : Bertanggung jawab terhadap keamanan pabrik dan kesehatan dan keselamatan kerja karyawan.

e. Kepala Seksi

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

a) Kepala Seksi Bahan Baku dan Produk

Tugas : Bertanggung jawab terhadap penyediaan bahan baku dan menjaga kemurnian bahan baku, serta mengontrol produk yang dihasilkan.

b) Kepala Seksi Proses

Tugas : Memimpin langsung serta memantau kelancaran proses produksi.

c) Kepala Seksi Utilitas

Tugas : Bertanggung jawab terhadap penyediaan air, steam, bahan bakar, dan udara tekan baik untuk proses maupun instrumentasi.

d) Kepala Seksi Pemeliharaan dan Bengkel

Tugas : Bertanggung jawab atas kegiatan perawatan dan penggantian alat- alat serta fasilitas pendukungnya.

e) Kepala Seksi Listrik dan Instrumentasi

Tugas : Bertanggung jawab terhadap penyediaan listrik serta kelancaran alat- alat instrumentasi.

f) Kepala Seksi Laboratorium dan pengendalian mutu

Tugas : Menyelenggarakan pengendalian mutu untuk bahan baku, bahan pembantu, produk dan limbah.

g) Kepala Seksi Keuangan

Tugas : Bertanggung jawab terhadap pembukuan serta hal-hal yang berkaitan dengan keuangan perusahaan.

h) Kepala Seksi Pemasaran

Tugas : Mengkoordinasikan kegiatan pemasaran produk dan pengadaan bahan baku pabrik.

i) Kepala Seksi Personalia

Tugas : Mengkoordinasikan kegiatan yang berhubungan dengan kepegawaian.

j) Kepala Seksi Humas

Tugas : Menyelenggarakan kegiatan yang berkaitan dengan relasi perusahaan, pemerintah, dan masyarakat.

k) Kepala Seksi Keamanan

Tugas : Menyelenggarakan kegiatan yang berkaitan dengan mengawasi langsung masalah keamanan perusahaan.

1) **Kepala Seksi Kesehatan dan Keselamatan Kerja**

Tugas : Mengurus masalah kesehatan karyawan dan keluarga,serta menangani masalah keselamatan kerja di perusahaan.

4.8.4 Status Karyawan

Sistem upah karyawan dibuat berbeda-beda tergantung pada status karyawan, kedudukan, tanggung jawab dan keahlian. Menurut statuskaryawan ini dapat dibagi menjadi 3 golongan, sebagai berikut:

1) Karyawan Tetap

Karyawan yang diangkat dan diberhentikan dengan Surat Keputusan (SK) Direksi dan mendapat gaji bulanan sesuai dengan kedudukan, keahlian dan masa kerja.

2) Karyawan Harian

Karyawan yang diangkat dan diberhentikan tanpa Surat Keputusan Direksi dan mendapat upah harian yang dibayar tiap akhir pekan.

3) Karyawan Borongan

Karyawan yang digunakan oleh pabrik/perusahaan bila diperlukan saja. Karyawan ini menerima upah borongan untuk suatu pekerjaan.

4.8.5 Pembagian Jam Kerja Karyawan

Pabrik Gypsum dari Asam Sulfat dan Batuan Kapur akan beroperasi 330hari selama satu tahun dalam 24 jam per hari. Sisa hari yang bukan merupakanhari libur digunakan untuk perbaikan, perawatan atau *shut down*. Pembagian jam kerja karyawan digolongkan menjadi dua golongan, yaitu :

- a. Pegawai *non shift* yang bekerja selama 6 jam dalam seminggu dengan totalkerja 40 jam per minggu. Sedangkan hari minggu dan hari besar libur. Pegawai *non shift* termasuk karyawan

tidak langsung menangani operasi pabrik yaitu direktur, kepala departemen, kepala divisi, karyawan kantor atau administrasi, dan divisi-divisi di bawah tanggung jawab non teknik atau yang bekerja di pabrik dengan jenis pekerjaan tidak kontinu. Berikut adalah ketentuan jam kerja pegawai *non shift*:

Senin- Kamis : 07.00 - 16.00 (istirahat 12.00 – 13.00)

Jum'at : 07:00 – 16:00 (istirahat 11:00 – 13:00)

Sabtu : 07:00 – 12:00

Minggu : Libur, termasuk hari libur nasional

- b. Pegawai *shift* bekerja 24 jam perhari yang terbagi dalam 3 *shift*. Karyawan *shift* adalah karyawan yang langsung menangani proses operasi pabrik yaitu kepala *shift*, operator, karyawan-karyawan *shift*, gudang serta keamanan dan keselamatan kerja. Berikut adalah ketentuan jam kerja pegawai shift sebagai berikut :

Shift I : 08.00 - 16.00

Shift II : 16.00 - 24.00

Shift III : 24.00- 08.00

Jadwal kerja terbagi menjadi empat minggu dan empat kelompok. Setiap kelompok kerja mendapatkan libur satu kali dari tiga kali shift. Berikut adalah jadwal kerja karyawan shift :

Tabel 4.20 Jadwal Kerja Karyawan Shift

Regu	Hari											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	III	III	III	-	I	I	I	II	II	II	-	-
B	-	I	I	I	II	II	II	-	-	III	III	III
C	I	II	II	II	-	-	III	III	III	-	I	I
D	II	-	-	III	III	III	-	I	I	I	II	II

4.8.6 Status, Sistem Penggajian, dan Penggolongan Karyawan

a) Jumlah Pekerja

Tabel 4.21 Jumlah Karyawan Pabrik

No	Jabatan	Jumlah
1	Direktur Utama	1
2	Direktur Teknik dan Produksi	1
3	Direktur Keuangan dan Umum	1
4	Staff Ahli	1
5	Ka. Bag. Proses dan Utilitas	1
6	Ka. Bag. Perencanaan dan pemeliharaan	1
7	Ka. Bag. Mitra Bisnis	1
8	Ka. Bag. Teknologi	1
9	Ka. Bag. Litbang	1
10	Ka. Bag. Administrasi Keuangan	1
11	Ka. Bag. Pengembangan SDM	1
12	Ka. Bag. UMUM	1
13	Ka. Bag. IT	1
14	Ka. Sek. Utilitas	1
15	Ka. Sek. Proses	1
16	Ka. Sek. Bengkel dan Pemeliharaan	1
17	Ka. Sek. Operasi Pemeliharaan	1
18	Ka. Sek. Administrasi Pemasaran	1
19	Ka. Sek. Administrasi Penjualan	1

Tabel 4.21 Jumlah Karyawan Pabrik(lanjutan)

20	Ka. Sek. Pengelolaan Energi	1
21	Ka. Sek. Pengendalian Kualitas	1
22	Ka. Sek. K3	1
23	Ka. Sek. Keuangan	1
24	Ka. Sek. Pelaporan Keuangan dan Manajemen	1
25	Ka. Sek. Akutansi Biaya	1
26	Ka. Sek. Pelayanan UMUM	1
27	Ka. Sek. Keamanan	1
28	Karyawan Bengkel dan Pemeliharaan	4
29	Karyawan Operasi Pemeliharaan	4
30	Karyawan Administrasi Pemasaran	4
31	Karyawan Administrasi Penjualan	4
32	Karyawan Pengelolaan Energi	4
33	Karyawan Pengendalian Kualitas	3
34	Karyawan K3	3
35	Karyawan Keuangan	3
36	Karyawan Pelaporan Keuangan	4
37	Karyawan Akutansi Biaya	4
38	Karyawan Pelayanan Umum	4
39	Karyawan SDM	4
40	Karyawan Operasi	14
41	Karyawan Utilitas	9
42	Karyawan IT	6
43	Operator proses	17
44	Operator Utilitas	9
45	Sekretaris	6
46	Dokter	2
47	Perawat	4
48	Satpam	5
49	Supir	7
50	Cleaning Service	7
Total		158

b) Penggolongan Jabatan

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

Tabel 4.22 Rincian Penggolongan Jabatan

No	Jabatan	Jenjang Pendidikan
1	Direktur Utama	Sarjana Teknik Kimia
2	Direktur Produksi dan Teknik	Sarjana Teknik Kimia
3	Direktur Keuangan dan Umum	Sarjana Ekonomi
4	Kepala Bagian Penelitian, Mutu dan Pengembangan	Sarjana Kimia
5	Kepala Bagian Proses dan Utilitas	Sarjana Teknik Kimia
6	Kepala Bagian Pemeliharaan, Listrik, dan Instrument	Sarjana Teknik Mesin / Sarjana Teknik Elektro
7	Kepala Departemen Keuangan dan Pemasaran	Sarjana Ekonomi
8	Kepala Departemen Administrasi	Sarjana Ekonomi
9	Kepala Departemen Umum dan Keamanan	Sarjana Hukum
10	Kepala Departemen Kesehatan, Keselamatan Kerja dan Lingkungan	Sarjana Teknik Kimia / Sarjana Teknik Lingkungan
11	Kepala Divisi	Sarjana Teknik Kimia
12	Operator	STM/SMU/Sederajat
13	Sekretaris	Akademi Sekretaris
14	Staff	STM/SMU/Sederajat
15	Medis	Dokter
16	Paramedis	Keperawatan
17	Lain – lain	SLTA

c) Sistem Gaji Pegawai

Sistem pembagian gaji pada perusahaan terbagi menjadi 3 jenis yaitu:

a. Gaji Bulanan

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

b. Gaji Harian

Gaji yang diberikan kepada karyawan tidak tetap atau buruh harian.

c. Gaji Lembur

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

Berikut adalah perincian gaji sesuai dengan jabatan.

Tabel 4.23 Rincian Gaji Sesuai Jabatan

No	Jabatan	Gaji/Bulan
1	Direktur Utama	Rp 100.000.000
2	Direktur Teknik dan Produksi	Rp 50.000.000
3	Direktur Keuangan dan Umum	Rp 50.000.000
4	Staff Ahli	Rp 35.000.000
5	Ka. Bag. Proses dan Utilitas	Rp 30.000.000
6	Ka. Bag. Perencanaan dan pemeliharaan	Rp 30.000.000
7	Ka. Bag. Mitra Bisnis	Rp 30.000.000
8	Ka. Bag. Teknologi	Rp 30.000.000
9	Ka. Bag. Litbang	Rp 30.000.000
10	Ka. Bag. Administrasi Keuangan	Rp 30.000.000
11	Ka. Bag. Pengembangan SDM	Rp 30.000.000
12	Ka. Bag. UMUM	Rp 30.000.000
13	Ka. Bag. IT	Rp 30.000.000
14	Ka. Sek. Utilitas	Rp 20.000.000
15	Ka. Sek. Proses	Rp 20.000.000
16	Ka. Sek. Bengkel dan Pemeliharaan	Rp 20.000.000
17	Ka. Sek. Operasi Pemeliharaan	Rp 20.000.000
18	Ka. Sek. Administrasi Pemasaran	Rp 20.000.000
19	Ka. Sek. Administrasi Penjualan	Rp 20.000.000
20	Ka. Sek. Pengelolaan Energi	Rp 20.000.000
21	Ka. Sek. Pengendalian Kualitas	Rp 20.000.000
22	Ka. Sek. K3	Rp 20.000.000
23	Ka. Sek. Keuangan	Rp 20.000.000
24	Ka. Sek. Pelaporan Keuangan dan Manajemen	Rp 20.000.000
25	Ka. Sek. Akutansi Biaya	Rp 20.000.000
26	Ka. Sek. Pelayanan UMUM	Rp 20.000.000
27	Ka. Sek. Keamanan	Rp 20.000.000
28	Karyawan Bengkel dan Pemeliharaan	Rp 8.000.000
29	Karyawan Operasi Pemeliharaan	Rp 8.000.000
30	Karyawan Administrasi Pemasaran	Rp 8.000.000
31	Karyawan Administrasi Penjualan	Rp 8.000.000

Tabel 4.23 Rincian Gaji Sesuai Jabatan(lanjutan)

32	Karyawan Pengolahan Energi	Rp	8.000.000
33	Karyawan Pengendalian Kualitas	Rp	8.000.000
34	Karyawan K3	Rp	8.000.000
35	Karyawan Keuangan	Rp	8.000.000
36	Karyawan Pelaporan Keuangan	Rp	8.000.000
37	Karyawan Akutansi Biaya	Rp	8.000.000
38	Karyawan Pelayanan Umum	Rp	8.000.000
39	Karyawan SDM	Rp	8.000.000
40	Karyawan Operasi	Rp	8.000.000
41	Karyawan Utilitas	Rp	8.000.000
42	Karyawan IT	Rp	8.000.000
43	Operator proses	Rp	8.000.000
44	Operator Utilitas	Rp	8.000.000
45	Sekretaris	Rp	7.000.000
46	Dokter	Rp	20.000.000
47	Perawat	Rp	5.000.000
48	Satpam	Rp	3.500.000
49	Supir	Rp	3.500.000
50	Cleaning Service	Rp	3.300.000
Total		Rp	963.300.000

4.8.7 Kesejahteraan Sosial Karyawan

Kesejahteraan sosial yang diberikan oleh perusahaan pada karyawan antara lain berupa:

1. Tunjangan

- a. Tunjangan yang berupa gaji pokok yang diberikan berdasarkan golongan karyawan yang bersangkutan.
- b. Tunjangan jabatan yang diberikan berdasarkan jabatan yang dipegang oleh karyawan.
- c. Tunjangan lembur yang diberikan kepada karyawan yang bekerja diluar jam kerja berdasarkan jumlah jam kerja

2. Cuti

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

3. Pakaian Kerja

Pakaian kerja diberikan kepada setiap karyawan sejumlah 3 pasang untuk setiap tahunnya.

4. Pengobatan

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

5. Asuransi Tenaga Kerja (ASTEK)

ASTEK diberikan oleh perusahaan bila jumlah karyawan lebih dari 10 orang dengan gaji karyawan Rp 1.000.000,00 per bulan.

Fasilitas untuk kemudahan bagi karyawan dalam melaksanakan aktivitas selama di pabrik antara lain:

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

4.9 Evaluasi Ekonomi

Dalam pra rancangan pabrik diperlukan analisa ekonomi untuk mendapatkan perkiraan (*estimation*) tentang kelayakan investasi modal dalam suatu kegiatan produksi suatu pabrik, dengan meninjau kebutuhan modal investasi, besarnya laba

yang diperoleh, lamanya modal investasi dapat dikembalikan dan terjadinya titik impas dimana total biaya produksi sama dengan keuntungan yang diperoleh. Selain itu analisa ekonomi dimaksudkan untuk mengetahui apakah pabrik yang akan didirikan dapat menguntungkan dan layak atau tidak untuk didirikan. Dalam evaluasi ekonomi ini faktor-factoryang ditinjau adalah:

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

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

1. Penentuan modal industri (*Total Capital Investment*)

Meliputi :

- a. Modal tetap (*Fixed Capital Investment*)
- b. Modal kerja (*Working Capital Investment*)

2. Penentuan biaya produksi total (*Total Production Cost*)Meliputi :

- a. Biaya pembuatan (*Manufacturing Cost*)
- b. Biaya pengeluaran umum (*General Expenses*)

3. Pendapatan modal

Untuk mengetahui titik impas, maka perlu dilakukan perkiraanterhadap:

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

4.9.1 Harga Alat

Harga peralatan akan berubah setiap saat tergantung pada kondisi ekonomi yang mempengaruhinya. Untuk mengetahui harga peralatan yang pasti setiap tahun sangatlah sulit, sehingga diperlukan suatu metode atau cara untuk memperkirakan harga alat pada tahun tertentu dan perlu diketahui terlebih dahulu harga indeks peralatan operasi pada tahun tersebut.

Di dalam analisa ekonomi harga – harga alat maupun harga – harga lain diperhitungkan pada tahun analisa. Untuk mencari harga pada tahun analisa, maka dicari index pada tahun analisa. Harga indeks tahun 2025 diperkirakan secara garis besar dengan data indeks dari tahun 1987 sampai 2025, dicari dengan persamaan regresi linier.

Tabel 4.24 Indeks Harga Alat

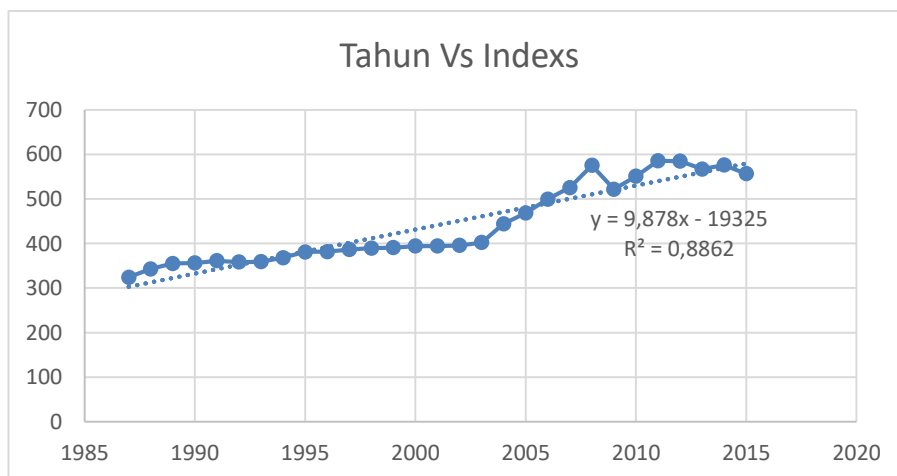
No	(Xi)	Indeks (Yi)
1	1987	324
2	1988	343
3	1989	355
4	1990	356
5	1991	361.3
6	1992	358.2
7	1993	359.2
8	1994	368.1
9	1995	381.1
10	1996	381.7
11	1997	386.5
12	1998	389.5
13	1999	390.6
14	2000	394.1
15	2001	394.3

Tabel 4.24 Indeks Harga Alat(lanjutan)

16	2002	395.6
17	2003	402
18	2004	444.2
19	2005	468.2
20	2006	499.6
21	2007	525.4
22	2008	575.4
23	2009	521.9
24	2010	550.8
25	2011	585.7
26	2012	584.6
27	2013	567.3
28	2014	576.1
29	2015	556.8

(www.chemengonline.com/pci)

Berdasarkan data tersebut, maka persamaan regresi linier yang diperoleh adalah $y = 9,878x - 19.325$. Pabrik Kalsium Sulfat Dihidrat dengan Kapasitas 300.000 ton/tahun akan dibangun pada tahun 2025, berikut adalah grafik hasil *plotting* data :



Gambar 4.8 Tahun Vs Indeks Harga

Berdasarkan data tersebut, maka persamaan regresi Linear yang diperoleh adalah $y = 9,878x - 19325$. Pabrik Gypsum (Kalsium Sulfat Dihidrat) dari Asam Sulfat dan Batuan Kapur dengan kapasitas 300.000 ton/tahun akan dibangun pada tahun 2025, maka dari persamaan regresi Linear diperoleh indeks sebesar 677,950.

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 & Newton, pada tahun 1955. Maka harga alat pada tahun evaluasi dapat dicari dengan persamaan:

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

(Aries dan Newton, 1955)

Dalam hubungan ini:

Ex :Harga pembelian pada tahun 2019

Ey :Harga pembelian pada tahun referensi (1955, 1990 dan 2014)
Nx :Index harga pada tahun 2019

Ny :Index harga pada tahun referensi (1955, 1990 dan 2014)

Berdasarkan rumus tersebut, maka didapatkan hasil perhitungan alat sebagaiberikut :

Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	Harga Total
Tangki Asam Sulfat 98 %	T-01	1	\$ 1.187.212
Tangki Air proses	T-02	1	\$ 211.346
Mixer	M-01	1	\$ 196.848
Crusher	CR-01	1	\$ 21.264
Vibrating Screen	VS-01	1	\$ 79.147
Reaktor	R-01	1	\$ 255.914
Rotary Drum Vacum Filter	F-01	1	\$ 1.511.212
Rotary Dryer	RD-01	1	\$ 238.301,572
Heater 1	HE-01	1	\$ 34.365
Heater 2	HE-02	1	\$ 76.570
Cooler 1	CL-01	1	\$ 248.074
Blower	BL-01	1	\$ 70.771
Belt Conveyor 1	BC-01	1	\$ 6.766
Bucket Elevator 1	BE-01	14	\$ 81.188
Bucket Elevator 2	BE-02	12	\$ 76.033
Bucket Elevator 3	BE-03	14	\$ 204.473
Bucket Elevator 4	BE-04	14	\$ 204.473
Hopper 1	H-01	1	\$ 138.105
Hopper 2	H-02	1	\$ 232.825
Screw Conveyor 1	SC-01	1	\$ 21.478
Screw Conveyor 2	SC-02	1	\$ 21.478
Screw Conveyor 3	SC-03	1	\$ 58.099
Screw Conveyor 4	SC-04	1	\$ 39.842
Silo	S-01	2	\$ 375.655
Pompa 1	P-01	2	\$ 42.742
Pompa 2	P-02	2	\$ 24.056
Pompa 3	P-03	2	\$ 51.333

Pompa 4	P-04	2	\$ 51.333
Pompa 5	P-05	2	\$ 56.703
Total		85	\$ 5.817.607

Tabel 4.22 Harga Alat Proses

Tabel 4.23 Harga Alat Utilitas

Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	NY	NX	EY	EX
			2014	2025	2014	2025
Screening		1	576,10	677,95	\$ 24.100	\$ 28.361
Reservoir		1	576,10	677,95	\$ 1.500	\$ 1.765
Bak Penggumpal		1	576,10	677,95	\$ 1.500	\$ 1.765
Bak Pengendap I		1	576,10	677,95	\$ 1.500	\$ 1.765
Bak Pengendap II		1	576,10	677,95	\$ 1.500	\$ 1.765
Sand Filter		1	576,10	677,95	\$ 10.000	\$ 11.768
Reverse Osmosis		30	576,10	677,95	\$ 10.200	\$ 360.098
Bak Air Penampung Sementara		1	576,10	677,95	\$ 1.500	\$ 1.765
Bak Air Pendingin		1	576,10	677,95	\$ 9.700	\$ 11.415
Cooling Tower		1	576,10	677,95	\$ 435.800	\$ 512.846
Blower Cooling Tower		1	576,10	677,95	\$ 417.300	\$ 491.075
Deaerator		1	576,10	677,95	\$ 15.000	\$ 17.652
Mixed Bed		1	576,10	677,95	\$ 60.000	\$ 70.608
Boiler		1	576,10	677,95	\$ 1.110.600	\$ 1.306.945
Tangki Alum		1	576,10	677,95	\$ 9.400	\$ 11.062
Tangki Kaporit		1	576,10	677,95	\$ 2.700	\$ 3.177
Tangki Klorinasi		1	576,10	677,95	\$ 12.700	\$ 14.945
Tangki Air Bersih		1	576,10	677,95	\$ 24.200	\$ 28.478

Tabel 4.23 Harga Alat Utilitas(lanjutan)

Tangki HCl		1	576,10	677,95	\$ 57.500	\$ 67.666
Tangki Air Demin		1	576,10	677,95	\$ 24.100	\$ 28.361
Tangki Hydrazine		1	576,10	677,95	\$ 25.900	\$ 30.479
Tangki Air Bertekanan		1	576,10	677,95	\$ 26.200	\$ 30.832
Tangki Service Water		1	576,10	677,95	\$ 26.200	\$ 30.832
Pompa 1	PU-01	2	576,10	677,95	\$ 11.900	\$ 28.008
Pompa 2	PU-02	2	576,10	677,95	\$ 11.900	\$ 28.008
Pompa 3	PU-03	2	576,10	677,95	\$ 11.900	\$ 28.008
Pompa 4	PU-04	2	576,10	677,95	\$ 11.900	\$ 28.008
Pompa 5	PU-05	2	576,10	677,95	\$ 11.900	\$ 28.008
Pompa 6	PU-06	2	576,10	677,95	\$ 11.900	\$ 28.008
Pompa 7	PU-07	2	576,10	677,95	\$ 11.900	\$ 28.008
Pompa 8	PU-08	2	576,10	677,95	\$ 8.600	\$ 20.241
Pompa 9	PU-09	2	576,10	677,95	\$ 8.600	\$ 20.241
Pompa 10	PU-10	2	576,10	677,95	\$ 200	\$ 471
Pompa 11	PU-11	2	576,10	677,95	\$ 7.500	\$ 17.652
Pompa 12	PU-12	2	576,10	677,95	\$ 9.700	\$ 22.830
Pompa 13	PU-13	2	576,10	677,95	\$ 9.700	\$ 22.830
Pompa 14	PU-14	2	576,10	677,95	\$ 9.700	\$ 22.830
Pompa 15	PU-15	2	576,10	677,95	\$ 9.700	\$ 22.830
Pompa 16	PU-16	2	576,10	677,95	\$ 9.700	\$ 22.830
Pompa 17	PU-17	2	576,10	677,95	\$ 9.700	\$ 22.830

Pompa 18	PU-18	2	576,10	677,95	\$ 200	\$ 471
Pompa 19	PU-19	2	576,10	677,95	\$ 9.700	\$ 22.830
Pompa 20	PU-20	2	576,10	677,95	\$ 200	\$ 471
Pompa 21	PU-21	2	576,10	677,95	\$ 7.500	\$ 17.652
Tangki Bahan Bakar		1	576,10	677,95	\$ 17.100	\$ 20.123
Kompresor		1	576,10	677,95	\$ 5.500	\$ 6.472
Total		96				\$ 3.525.081

Tabel 4.23 Harga Alat Utilitas (lanjutan)

4.9.2 Analisa Kelayakan

Analisa kelayakan digunakan untuk mengetahui keuntungan yang diperoleh tergolong besar atau tidak, sehingga dapat dikategorikan apakah pabrik tersebut potensial atau tidak secara ekonomi. Berikut adalah perhitungan –perhitungan yang digunakan dalam analisa kelayakan ekonomi dari suatu rancangan pabrik.

1. Dasar Perhitungan

- Kapasitas Produksi = 300.000 ton/tahun
- Satu tahun operasi = 330 hari

- Tahun pendirian pabrik = 2026
- Kurs mata uang = 1 US\$ = Rp 14.400
- Upah pekerja asing : \$ 20/manhour
- Upah pekerja Indonesia : Rp. 15.000/manhour
- 1 manhour asing : 2 manhour Indonesia

- 5 % tenaga asing : 95% tenaga Indonesia

2. Perhitungan Biaya

a. Capital Investment

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

1. Fixed Capital Investment

Biaya yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas – fasilitas pabrik.

2. Working Capital Investment

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

b. Manufacturing Cost

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

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.

c. *General Expense*

Berupa pengeluaran umum meliputi pengeluaran–pengeluaran yang berkaitan dengan fungsi perusahaan yang tidak termasuk *Manufacturing Cost*.

d. *Percent Return On Investment (ROI)*

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

$$\% \text{ ROI} = \frac{\text{keuntungan}}{\text{Fixed Capital}} \times 100\% \quad (4.1)$$

e. *Pay Out Time (POT)*

Pay Out Time (POT) merupakan :

1. Jumlah tahun yang telah berselang, sebelum didapatkan suatu penerimaa yang melebihi investasi awal atau jumlah tahun yang diperlukan untuk kembalinya *Capital Investment* dengan *profit* sebelum dikurangi depresiasi.
2. Waktu minimum secara 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.

$$\text{POT} = \frac{\text{Fixed Capital Investment}}{\text{Keuntungan} + \text{Depresiasi}} \times 100\% \quad (4.2)$$

f. Break Even Point (BEP)

Break Even Point (BEP) merupakan :

- Titik impas produksi yaitu suatu kondisi dimana pabrik tidak mendapatkan keuntungan maupun kerugian.
- Titik yang menunjukkan pada tingkat berapa biaya dan penghasilan jumlahnya sama. Dengan BEP kita dapat menentukan harga jual dan jumlah unit yang dijual secara minimum dan berapa harga serta unit penjualan yang harus dicapai agar mendapat keuntungan.
- Kapasitas produksi pada saat *sales* sama dengan *total cost*. Pabrik akan rugi jika beroperasi dibawah BEP dan akan untung jika beroperasi diatas BEP.

$$\text{BEP} = \frac{\text{Fa} + 0,3 \text{Ra}}{\text{Sa} - \text{Va} - 0,7 \text{Ra}} \times 100\% \quad (4.3)$$

Keterangan:

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

g. Shut Down Point (SDP)

Shut Down Point (SDP) 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.
- Level produksi di mana biaya untuk melanjutkan operasi pabrik akan lebih mahal daripada biaya untuk menutup pabrik dan membayar *Fixed Cost*.
- Merupakan titik produksi dimana pabrik mengalami kebangkrutan sehingga pabrik harus berhenti atau tutup.

$$SDP = \frac{0,3 Ra}{Sa - Va - 0,7 Ra} \times 100\% \quad (4.4)$$

h. Discounted Cash Flow Rate Of Return (DCFR)

Discounted Cash Flow Rate Of Return (DCFR) merupakan:

- Analisa kelayakan ekonomi dengan menggunakan DCFR dibuat dengan menggunakan nilai uang yang berubah terhadap waktu dan dirasakan atau investasi

yang tidak kembali pada akhir tahun selama umur pabrik.

- Laju bunga maksimal dimana suatu proyek dapat membayar pinjaman beserta bunganya kepada bank selama umur pabrik.
- Merupakan besarnya perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahun, didasarkan atas investasi yang tidak kembali pada setiap akhir tahun selama umur pabrik

Berikut adalah persamaan yang digunakan dalam penentuan DCFR

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

Keterangan :

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

i. Hasil Perhitungan

Tabel 4.24 *Physcal Plant Cost (PPC)*

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Purchased Equipment cost</i>	235.801.799.243	16.318.464
2	<i>Delivered Equipment Cost</i>	58.950.449.811	4.079.616
3	Instalasi cost	101.394.773.674	7.016.939
4	Pemipaan	84.888.647.727	5.874.647
5	Instrumentasi	70.740.539.773	4.895.539
6	Insulasi	18.864.143.939	1.305.477

Tabel 4.24 *Physcal Plant Cost (PPC)* (lanjutan)

7	Listrik	35.370.269.886	2.447.770
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>		986.795.624.054	68.290.355

Tabel 4.25 *Direct Plant Cost (DPC)*

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Teknik dan Konstruksi	197.359.124.811	13.658.071
<i>Total (DPC + PPC)</i>		1.184.154.748.865	81.948.426

Tabel 4.26 *Fixed Capital Investment (FCI)*

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Total DPC + PPC	1.184.154.748.865	81.948.426
2	Kontraktor	47.366.189.955	3.277.937
3	Biaya tak terduga	118.415.474.887	8.194.843
<i>Fixed Capital Investment (FCI)</i>		1.349.936.413.707	93.421.205

▪ **Penentuan Total Production Cost (TPC)**

Tabel 4.27 *Direct Manufacturing Cost (DMC)*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw Material</i>	1.629.396.115.451	112.760.977
2	<i>Labor</i>	20.977.200.000	1.451.709
3	<i>Supervision</i>	2.517.264.000	174.205
4	<i>Maintenance</i>	26.998.728.274	1.868.424
5	<i>Plant Supplies</i>	4.049.809.241	280.264
6	<i>Royalty and Patents</i>	29.261.250.000	2.025.000
7	<i>Utilities</i>	98.309.904.256	6.803.454
<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>		1.811.510.271.222	125.364.033

Tabel 4.28 *Indirect Manufacturing Cost (IMC)*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Payroll Overhead</i>	3.146.580.000	217.756
2	<i>Laboratory</i>	2.097.720.000	145.171
3	<i>Plant Overhead</i>	16.781.760.000	1.161.367
4	<i>Packaging and Shipping</i>	146.306.250.000	10.125.000
<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>		168.332.310.000	11.649.295

Tabel 4.29 *Fixed Manufacturing Cost (FMC)*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Depreciation</i>	107.994.913.097	7.473.696
2	<i>Propertu taxes</i>	26.998.728.274	1.868.424
3	<i>Insurance</i>	13.499.364.137	934.212
<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>		148.493.005.508	10.276.333

Tabel 4.30 *Manufacturing Cost (MC)*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	1.811.510.271.222	125.364.033
2	<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	168.332.310.000	11.649.295
3	<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	148.493.005.508	10.276.333
<i>Manufacturing Cost (MC)</i>		2.128.335.586.730	147.289.660

Tabel 4.31 *Working Capital (WC)*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw Material Inventory</i>	444.380.758.759	30.752.994
2	<i>In Process Inventory</i>	290.227.580.009	20.084.954
3	<i>Product Inventory</i>	193.485.053.339	13.389.969
4	<i>Extended Credit</i>	798.034.090.909	55.227.273
5	<i>Available Cash</i>	580.455.160.017	40.169.907
<i>Working Capital (WC)</i>		2.306.582.643.033	159.625.096

Tabel 4.32 *General Expense (GE)*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Administration</i>	106.416.779.336	7.364.483
2	<i>Sales expense</i>	170.266.846.938	11.783.173
3	<i>Research</i>	106.416.779.336	7.364.483
4	<i>Finance</i>	73.130.381.135	5.060.926
<i>General Expense (GE)</i>		456.230.786.746	31.573.065

Tabel 4.33 *Total Production Cost (TPC)*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Manufacturing Cost (MC)</i>	2.128.335.586.730	147.289.660
2	<i>General Expense (GE)</i>	456.230.786.746	31.573.065
<i>Total Production Cost (TPC)</i>		2.584.566.373.476	178.862.725

Tabel 4.34 *Fixed Cost (Fa)*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Depreciation</i>	107.994.913.097	7.473.696
2	<i>Property taxes</i>	26.998.728.274	1.868.424
3	<i>Insurance</i>	13.499.364.137	934.212
<i>Fixed Cost (Fa)</i>		148.493.005.508	10.276.333

Tabel 4.35 *Variable Cost (Va)*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw material</i>	1.629.396.115.451	112.760.977
2	<i>Packaging & shipping</i>	146.306.250.000	10.125.000
3	<i>Utilities</i>	98.309.904.256	6.803.454
4	<i>Royalties and Patents</i>	29.261.250.000	2.025.000
<i>Variable Cost (Va)</i>		1.903.273.519.707	131.714.430

Tabel 4.36 *Regulated Cost (Ra)*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Labor cost</i>	20.977.200.000	1.451.709
2	<i>Plant overhead</i>	16.781.760.000	1.161.367
3	<i>Payroll overhead</i>	3.146.580.000	217.756
4	<i>Supervision</i>	2.517.264.000	174.205
5	<i>Laboratory</i>	2.097.720.000	145.171
6	<i>Administration</i>	106.416.779.336	7.364.483
7	<i>Finance</i>	73.130.381.135	5.060.926
8	<i>Sales expense</i>	170.266.846.938	11.783.173

Tabel 4.36 *Regulated Cost (Ra)* (lanjutan)

9	<i>Research</i>	106.416.779.336	7.364.483
10	<i>Maintenance</i>	26.998.728.274	1.868.424
11	<i>Plant supplies</i>	4.049.809.241	280.264
<i>Regulated Cost (Ra)</i>		532.799.848.261	36.871.962

Berdasarkan rincian perhitungan tersebut maka didapatkan data untuk menguji apakah pabrik layak dibangun, berikut perhitungannya :

1) Percent Return On Investment (ROI)

$$\% \text{ ROI} = \frac{\text{keuntungan}}{\text{Fixed Capital}} \times 100\% \quad (4.1)$$

ROI sebelum pajak = 28,26 %

ROI setelah pajak = 14,13 %

Syarat ROI sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan resiko rendah minimum adalah 11% dan syarat ROI setelah pajak maksimum adalah 44% (Aries and Newton, 1955).

2) Pay Out Time (POT)

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

POT sebelum pajak = 3 tahun

POT setelah pajak = 5 tahun

Syarat POT sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan resiko rendah maksimum adalah (5 tahun atau 2 tahun) dan syarat POT setelah pajak maksimum adalah 5 tahun

(Aries and Newton, 1955).

3) Break Even Point (BEP)

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

$$BEP = 47,44 \%$$

BEP untuk pabrik kimia pada umumnya adalah 40%–60%.

4) Shut Down Point (SDP)

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

SDP = 24,59% (SDP pabrik kimia umumnya adalah 20% - 30%)

5) Discounted Cash Flow Rate (DCFR)

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

Umur pabrik = 10 tahun

Fixed Capital Investment = Rp 1.349.936.413.707

Working Capital = Rp 2.306.582.643.033

Salvage Value (SV) = Rp 107.994.913.09

Cash flow (CF) = *Annual profit + depresiasi + finance*
= Rp 345.073.434.963

Dengan *trial & error* diperoleh nilai i : 0,0797

DCFR : 7,97 %

Minimum nilai DCFR : 1,5 x suku bunga acuan bank
: 4,75 %

Kesimpulan : Memenuhi syarat
: 1,5 x 4,75 % = 7,13 %

(Didasarkan pada suku bunga acuan di bank saat ini adalah 4,75 %, berlaku mulai 1 juni 2018).

4.9.3 Analisis keuntungan

a. Keuntungan Sebelum Pajak

Total penjualan : Rp 2.926.125.000.000

Total biaya produksi : Rp 2.584.566.373.476

Keuntungan produksi : Total penjualan - Total biaya produksi

: Rp 341.558.626.523,97

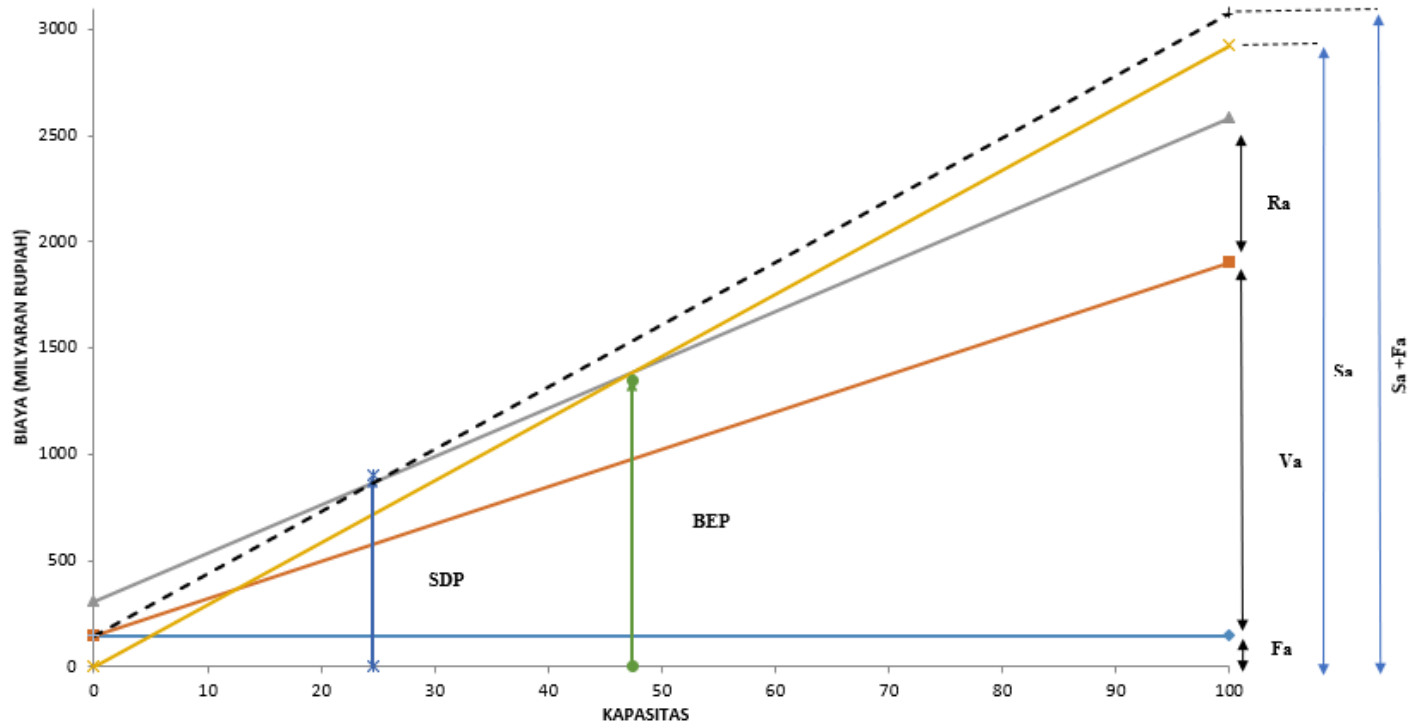
b. Keuntungan Sesudah Pajak

Pajak : 52 % x Rp 341.558.626.523,97

: Rp 163.948.140.732

Keuntungan : Keuntungan sebelum pajak – pajak

: Rp 177.610.485.791,97



Keterangan:

Fa= Annual Fixed Cost

Va= Annual Variable Cost

Ra= Annual Regulated Cost

Sa= Annual Sales Cost(Sa)

Gambar 4.9 Grafik Analisis Kelayakan

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Pabrik Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum) dari asam sulfat dan batuan kapur dengan kapasitas 300.000 ton/tahun ini tergolong sebagai pabrik beresiko rendah Berdasarkan tinjauan proses, kondisi operasi, sifat-sifat bahan baku dan produk, serta lokasi pabrik, maka gipsum dari asam sulfat dan batuan kapur ini tergolong pabrik beresiko rendah.
2. Pabrik Gypsum didirikan dengan pertimbangan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, mengurangi ketergantungan import, memberikan lapangan pekerjaan dan meningkatkan pertumbuhan ekonomi.
3. Pabrik Gypsum akan didirikan dengan kapasitas 300.000 ton/tahun, dengan bahan baku Asam Sulfat sebanyak 34.552,507 kg/jam dan Batuan Kapur sebanyak 38.016,174 kg/jam.
4. Pabrik akan didirikan di kawasan industri Tuban, dengan pertimbangan mudahmendapatkan bahan baku, tenaga kerja, pengembangan pabrik, ketersediaan air dan listrik, serta mempunyai prospek pemasaran yang baik karena lokasinya yang tepat di kawasan industri dan dekat dengan PT.Semen Gresik.
5. Berdasarkan analisis ekonomi, maka didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 5.1 Hasil Analisa Ekonomi

Parameter Kelayakan	Perhitungan	Standar Kelayakan (Aries and Newton, 1945)
<i>Profit</i>		
<i>Profit</i> sebelum pajak	Rp 341.558.626.523	
<i>Profit</i> sesudah pajak	Rp 163.948.140.732	keuntungan setelah pajak (50%)
<i>Return on investment (ROI)</i>		
(ROI) sebelum pajak	25 %	<i>Industrial Chemical</i> 11 - 44 %
(ROI) setelah pajak	12 %	
<i>Pay out time (POT)</i>		
(POT) sebelum pajak	3 tahun	<i>Industrial Chemical</i> min 2 th / <i>High Risk</i> - 5 th/ <i>low Risk</i>
(POT) setelah pajak	5 tahun	
<i>Break even point (BEP)</i>	47,44 %	40 % -60 %
<i>Shut down point (SDP)</i>	24,59 %	20 % -30 %
<i>Discounted cash flow rate of return (DCFRR)</i>	7,97 %	1,5 x suku bunga acuan bank = 7,13 % (suku bunga acuan bank indonesia juni 2018: 4,75 %)

Dari hasil analisis ekonomi diatas dapat disimpulkan bahwa pabrik kalsium sulfat dihidrat (gypsum) dengan kapaitas perancangan 300.000 ton/tahun ini layak dan menarik untuk dikaji lebih lanjut.

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 yang lebih ramah lingkungan.
3. Produk Gypsum dapat direalisasikan sebagai sarana untuk memenuhi kebutuhan dimasa mendatang yang jumlahnya semakin meningkat melihat pesatnya pembangunan saat ini.
4. Pemenuhan bahan baku didapatkan dari produk pabrik lain sehingga pemenuhan bahan baku tergantung pada produksi pabrik tersebut jadi diperlukan adanya kontrak pembelian bahan baku pada kurun waktu tertentu agar kebutuhan bahan baku dapat terpenuhi selama pabrik berjalan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aries, R.S., and Newton, R.D. 1955. *Chemical Engineering Cost Estimation*. McGraw Hill Handbook Co., Inc. New York
- Austin, G.T. 1984. *Shreve's Chemical Process Industries, 5th ed.* Mc Graw HillBook Co., Inc. New York
- Badan Pusat Statistik. 2018. Statistik Indonesia. www.bps.go.id.
- Badger ,W.L. and Banchero, J.T., 1955, *Introduction to Chemical Engineering*, International Student Edition, McGraw Hill Kogakusha Company, TokyoBrown, G.G. 1978. *Unit Operations*. John Wiley and Sons Inc. New York
- Brownell, L.E. and Young. E.H. 1979. *Process Equipment Design*. John Wiley andSons Inc. New York.
- Coulson, J. M. and Richardson, J. F. 1983. *Chemical Engineering, 1st edition, Volume 6*. Pergason Press. Oxford.
- Faith, Keyes & Clark, 1957, *Industrial Chemicals*, John Wiley & Sons, Inc., London
- Kern, D.Q. 1950. *Process Heat Transfer*. Mc. Graw-Hill International Book CompanyInc. New York.
- Kirk, R. E., and Othmer D. F. 1998. *Encyclopedia of Chemical Technology, 4th ed.* The Interscience Encyclopedia Inc. New York.
- Levenspiel, O., 1976, *Chemical Reaction Engineering, 2nd Edition*, John Wiley andSons Inc., New York
- Matche. 2022. *equipment cost*. <http://www.matche.com/>.
- Perry, R. H., and Green, D. W. 2008. *Perry's Chemical Engineers, 7th ed.* McGrawHill Companies Inc. USA.
- Peters, M.S., Timmerhaus, K.D., West, R.E., 2003, *Plant Design and Economicsfor Chemical Engineers, 5th ed.*, Mc-Graw Hill, New York.
- Powell, S.P., 1954, *Water Conditioning for Industry*, Mc Graw Hill Book Co., Inc.,New York

PT Niraku Jaya Abadi, Kebutuhan Bahan Baku,

<https://www.indonetwork.co.id/product/batu-kapur-limestone-batu-gamping-batu-ketak-wilayah-rembang-6323302/>

PT Petrokimia Gresik, 2015, *Spesifikasi Produk*, www.petrokimia-gresik.com

PT Siam-Indo Gypsum Industry, 2006, *About Us*, www.siam-indo.com

Properti Bisnis, 2016, *Rumah & Real Estat*, www.properti.bisnis.com,

R.K.Sinnot. 1983. *An Introduction to Chemical Engineering Design*. Pergamon Press. Oxford.

Smith, J.M. and Van Ness, H.H., 1975, *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*, 3rd edition, McGraw Hill International Book Co., Tokyo

Treybal, R.E., 1984, *Mass Transfer Operation*, 3rd ed., McGraw Hill International Book Company, Japan

Ulrich, G.D., 1984, *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*, John Wiley and Sons, New York

Wallas, S.M., 1988, *Chemical Process Equipment*, 3rd ed., Butterworths series in Chemical engineering, USA

Yaws, C.L. dkk., 1999, *Chemical Properties Handbook*, McGraw Hill Companies Inc., USA

LAMPIRAN A

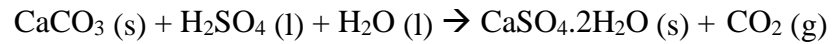
LAMPIRAN

PERHITUNGAN REAKTOR

Kode	: R-01
Fase	: Cair – Padat
Bentuk	: Tangki Silinder
Fungsi	: Mereaksikan senyawa CaCO_3 (batu kapur) sebanyak 22.568,6762 kg/jam dan Asam Sulfat 50% serta air 50% sebanyak 69.165,4189 kg/jam
Jenis	: <i>Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR)</i>
Bahan Konstruksi	: <i>Stainless Steel SA 299 Grade 3 Type 304</i>
Kondisi Operasi	: Suhu : 93°C Waktu Tinggal (τ) : 10 menit Tekanan : 1 atm
Konversi	: 90%

1. Perhitungan Neraca Massa Reaktor

Reaksi di Reaktor adalah sebagai berikut :



Tabel A.1. Neraca Massa Reaktor

komponen	input				output			
	arus 3		arus 6		arus 7		arus 8	
	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam	kmol/jam	kg/jam
CaCO ₃	225,6868	22568,6762			22,5687	2256,8676		
H ₂ SO ₄			235,2565	23055,1396	32,1384	3149,5672		
H ₂ O	3,8425	69,1654	1280,8411	23055,1396	1081,5655	19468,1795		
CaSO ₄	0,1356	18,4441			0,1356	18,4441		
SiO ₂	1,3833	82,9985			1,3833	82,9985		
MgCO ₃	2,6074	219,0238			2,6074	219,0238		
Al ₂ O ₃	0,3843	39,1937			0,3843	39,1937		
Fe ₂ O ₃	0,3602	57,6378			0,3602	57,6378		
CaSO ₄ ·2H ₂ O					203,1181	34936,3107		
CO ₂							203,1181	8937,1958

subtotal	23055,1396	46110,2793	60228,2231	8937,1958
total	69165,4189		69165,4189	

2. Menentukan laju alir (F)

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

komp.	ρ (kg/m ³)	BM	mA	mB	F _{A0}	F _{B0}
		(kg/kmol)	(kg/jam)	(kg/jam)	(kmol/jam)	(kmol/jam)
CaCO ₃	2710	100	22568,676		225,687	
H ₂ SO ₄	1840	98		34582,709		352,885
H ₂ O	1000	18	34651,875	34582,709	1925,104	1921,262
CaSO ₄	2320	136	18,444		0,136	
SiO ₂	2650	60	82,999		1,383	
MgCO ₃	2960	84	219,024		2,607	
Al ₂ O ₃	3950	102	39,194		0,384	
Fe ₂ O ₃	5240	160	57,638		0,360	
CaSO ₄ .2H ₂ O	2320	172	0,000		0,000	
CO ₂		44	0,000		0,000	
Total			92220,559	69165,419	2155,662	2274,146

$$F_{AO} = 2155,662 \frac{\text{kmol}}{\text{jam}}$$

$$F_{BO} = 2274,146 \frac{\text{kmol}}{\text{jam}}$$

Menghitung kecepatan laju alir volumetrik (Fv)

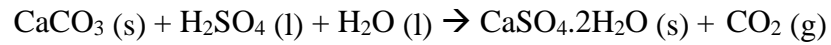
$$Fv = \frac{\text{massa} \left(\frac{\text{kg}}{\text{jam}} \right)}{\text{densitas} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)} =$$

komp.	ρ (kg/m ³)	BM	mA	mB	FVA0	FVB0
		(kg/kmol)	(kg/jam)	(kg/jam)	(kmol/jam)	(kmol/jam)
CaCO ₃	2710	100	22568,676		8,328	
H ₂ SO ₄	1840	98		34582,709		18,795
H ₂ O	1000	18	34651,875	34582,709	34,652	34,583
CaSO ₄	2320	136	18,444		0,008	
SiO ₂	2650	60	82,999		0,031	
MgCO ₃	2960	84	219,024		0,074	
Al ₂ O ₃	3950	102	39,194		0,010	
Fe ₂ O ₃	5240	160	57,638		0,011	
CaSO ₄ .2H ₂ O	2320	172	0,000		0,000	
CO ₂		44	0,000			
Total			92220,559	69165,419	43,114	53,378

$$Fv = Fv_{AO} + Fv_{BO}$$

$$Fv = 96,492 \text{ m}^3/\text{jam}$$

3. Panas Reaksi



Komponen	$\Delta H^{\circ}f$ (kcal/kmol)	$\Delta H^{\circ}f$ (kJ/kmol)	$C_p @25^{\circ}C$ (kJ/kmol)
CaCO ₃	-289,54	-1211435,36	19,68
H ₂ SO ₄	-193,69	-810398,96	139,95
H ₂ O	-68,3174	-285840,0016	75,55
CaSO ₄ ·2H ₂ O	-479,33	-2005516,72	46,80
CO ₂	-94,052	-393513,568	0,00

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

$$\Delta H^{\circ}(T_{ref}) = -91355,9664 \text{ kJ/kmol}$$

$$\Delta C_p(T - T_{ref}) = -12809,84 \text{ kJ/kmol}$$

$$\Delta H_R(348,15K) = -104165,81 \text{ kJ/kmol}$$

4. Menghitung Dimensi Reaktor

Dari optimasi jumlah reaktor, maka diperoleh :

$$\begin{aligned} V \text{ reaktor} &= 4,7222 \text{ m}^3 \\ &= 166,7635 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

Overdesign recommended is 20%

$$\begin{aligned} V \text{ reaktor} &= 5,6667 \text{ m}^3 \\ &= 200,1162 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

a. Penentuan Tinggi Awal(H) dan Dimensi Dalam (ID)

Digunakan reaktor dengan tutup berbentuk *Torispherical Dishead Head*.

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

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

(Brownell, et al., 1959)

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

$$V_{\text{reaktor}} = \frac{1}{4} \pi D^2 H + 0,000049 D^3$$

$$V_{\text{reaktor}} = \frac{1}{4} (3,14) D^2 (1,5D) + 0,000049 D^3$$

$$V_{\text{reaktor}} = \frac{3,14 \times 1,5}{4} D^3 + 0,000049 D^3$$

$$169,9501 \text{ ft}^3 = 1,1775 D^3$$

$$D^3 = \frac{169,9501 \text{ ft}^3}{1,1775}$$

$$D^3 = 144,3313 \text{ ft}^3$$

$$D = 5,3391 \text{ ft} = 66,4694 \text{ in} = 1,6883 \text{ m}$$

$$H = 8,3087 \text{ ft} = 99,7041 \text{ in} = 2,5325 \text{ m}$$

b. Penentuan Tebal Reaktor (t_s)

$$V_{\text{cairan}} = \frac{1}{4} \pi D^2 h_{\text{cairan}}$$

$$h_{\text{cairan}} = \frac{4 \times V_{\text{cairan}}}{\pi D^2}$$

$$h_{\text{cairan}} = \frac{4 \times 4,7222 \text{ m}^3}{3,14 \times 5,5441^2 \text{ m}^2}$$

$$h_{\text{cairan}} = 2,9434 \text{ m}$$

Tekanan Hidrostatik

$$\begin{aligned} P \text{ hidrostatik} &= \rho \times g \times h_{\text{cairan}} \\ P \text{ hidrostatik} &= 18857,2516 \text{ N/m}^2 \\ P \text{ hidrostatik} &= 2,7350 \text{ psia} \end{aligned}$$

Tekanan Design

$$\begin{aligned} P \text{ design} &= P \text{ operasi} + P \text{ hidrostatik} \\ P \text{ design} &= 14,7 \text{ psia} + 2,7350 \text{ psia} \\ P \text{ design} &= 17,4350 \text{ psia} \end{aligned}$$

Tebal Shell

$$s = \frac{P \cdot r}{-0,6P} +$$

Pertimbangan :

Cairan dalam reaktor mengandung senyawa asam yang korosif sehingga dipilih bahan konstruksi Stainless Steel 316 AISI yang tahan terhadap korosi.

$$\begin{aligned} \text{Allowable Stress (f)} &= 18750 \text{ psia} \\ \text{Efisiensi Sambungan (E)} &= 80 \% \\ \text{Corrosion Allowance (C)} &= 0,125 \text{ in} \\ \text{Jari-jari dalam reaktor (r}_i\text{)} &= 33,2346 \text{ in} \\ \text{Tekanan (P)} &= 17,4350 \text{ psia} \end{aligned}$$

$$s = \frac{17,4350 \text{ psia} \times 33,2346 \text{ in}}{18750 \text{ psia} \times 0,8 - 0,6 \times 17,4350 \text{ psia}} + 0,125 \text{ in}$$

$$s = 0.1636 \text{ in}$$

$$s = 0,25 \text{ in} = \frac{1}{4} \text{ in} \quad (\text{Brown, 1978})$$

Diameter luar Reaktor (OD)

$$\text{OD} = \text{ID Shell} + 2t_s$$

$$\text{OD} = 66,4694 + 2 (0,1875 \text{ in})$$

$$\text{OD} = 66,8443 \text{ in}$$

$$\text{OD standar} = 78 \text{ in} (\text{Brown, 1978})$$

(Dicari ukuran OD standart pada tabel 5.7 Brownell hal: 90)

Sehingga :

$$\text{ID} = \text{OD} - 2t_s$$

$$\text{ID} = 78 \text{ in} - 2 (0,1875 \text{ in})$$

$$\text{ID} = 77,625 \text{ in}$$

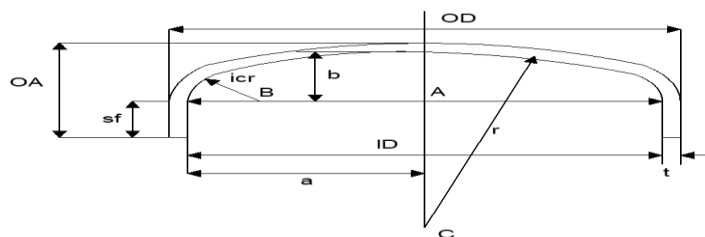
$$H = \frac{3}{2} \times \text{ID}$$

$$H = \frac{3}{2} \times 77,625 \text{ in}$$

$$H = 116,4375 \text{ in}$$

$$= 9,7031 \text{ ft}$$

5. Dimensi Head Reaktor



Keterangan Gambar :

ID	: Diameter dalam head	icr	: <i>inside corner radius</i>
OD	: Diameter luar head	b	: Deep of dish
a	: Jari-jari head	sf	: <i>Straight of flanged</i>
t	: Tebal head	OA	: Tinggi head
r	: Jari-jari dalam head		

Tebal Head

$$W = \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{rc}{icr}} \right) \quad \text{Persamaan 7.76 (Brownell, et al., 1959)}$$

$$rc = 78 \text{ in} \quad \text{Tabel 5.7 (Brownell, et al., 1959)}$$

$$icr = 4,375 \text{ in} \quad \text{Tabel 5.7 (Brownell, et al., 1959)}$$

$$= \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{78}{4,375}} \right)$$

$$W = 1,8055 \text{ in}$$

$$t_h = \frac{Pr_c W}{2fE - 0,2P} + C \quad \text{Persamaan 7.77 (Brownell, et al., 1959)}$$

$$t_h = \frac{17,4350 \text{ psia} \times 78 \text{ in} \times 1,8055 \text{ in}}{2 \times 18750 \text{ psia} \times 0,8 - 0,2 \times 17,4350 \text{ psia}}$$

$$t_h = 0,1598 \text{ in}$$

$$t_h \text{ standar} = 0,1875 \text{ in} = 1/4 \text{ in} \quad \text{Tabel 5.6 (Brownell, et al., 1959)}$$

Tinggi Head

$$\begin{aligned} sf &= 2 \text{ in} \\ ID &= OD - 2t_h \\ &= 78 \text{ in} - 2(0,1875) \text{ in} \\ &= 77,625 \text{ in} \\ a &= \frac{D}{2} \\ &= \frac{77,625 \text{ in}}{2} \\ &= 38,8125 \text{ in} \\ BC &= r - icr \\ &= 78 \text{ in} - 4,375 \text{ in} \\ &= 73,625 \text{ in} \\ AB &= a - icr \\ &= 38,8125 \text{ in} - 4,375 \text{ in} \\ &= 34,4375 \text{ in} \\ b &= r - AC \\ &= 78 - 65,0745 \\ &= 12,9254 \text{ in} \\ AO &= sf + b + t_h \\ &= 2 \text{ in} + 12,9254 \text{ in} + 0,1875 \text{ in} \\ &= 15,1129 \text{ in} \end{aligned}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} \text{Tinggi Total Reaktor} &= H + 2AO \\ &= 3,3002 \text{ m} \end{aligned}$$

6. Dimensi Pengaduk

Pada Reaktor Alir Berpengaduk (RATB) dibutuhkan pengaduk untuk mencampurkan beberapa senyawa menjadi satu agar tercampur secara homogen. Berikut perhitungan pengaduk :

$$\text{Volume cairan} = 12,8098 \text{ m}^3 = 452,3737 \text{ gallon}$$

$$\text{Viskositas cairan} = 1,9347 \text{ cP} = 0,0013 \text{ lb/(ft.s)}$$

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

Untuk *turbine impeller with 6 blades* :

$$\frac{D_t}{D_i} = 3 \quad \text{halaman 507 (Brown, 1978)}$$

$$\frac{Z_i}{D_i} = 0,75 - 1,3 \text{ diambil } 0,8 \quad \text{halaman 507 (Brown, 1978)}$$

$$\frac{Z_l}{D_i} = 2,7 - 3,9 \quad \text{halaman 507 (Brown, 1978)}$$

$$\frac{w}{D_i} = 0,17 \quad \text{halaman 507 (Brown, 1978)}$$

$$L = 0,25 D_i$$

$$B = 0,2 D_i$$

Keterangan :

D_t = Diameter Tangki

D_i = Diameter Pengaduk

Z_i = Jarak pengaduk dari dasar Tangki

Z_l = Tinggi cairan dalam pengaduk

L = Panjang *blade*

B = Lebar *baffle*

Kemudian dari data tersebut, diperoleh :

$$\begin{aligned}
 D_t &= 5,5391 \text{ ft} && = 1,6883 \text{ m} \\
 D_i &= \frac{D_t}{3} &= 1,8463 \text{ ft} &= 0,5627 \text{ m} \\
 Z_i &= 3,9D_i &= 7,2007 \text{ ft} &= 2,1948 \text{ m} \\
 w &= 0,17D_i &= 0,3138 \text{ ft} &= 0,0956 \text{ m} \\
 L &= 0,25D_i &= 0,4615 \text{ ft} &= 0,1406 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Kecepatan Putar Pengaduk

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

$$\begin{aligned}
 WELH &= H \times sg \\
 &= 83067 \text{ ft} \times 3,386 \\
 &= 8,572 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N &= \frac{600}{\pi D_i} \times \sqrt{\frac{H 2 D_i}{2}} \\
 &= \frac{600}{3,14 \times 1,8463 \text{ ft}} \times \sqrt{\frac{28,123 \text{ ft}}{2(1,8463 \text{ ft})}} \\
 &= 285,606 \text{ rpm} \\
 &= 4,760 \text{ rps}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah turbin} &= \frac{WELH}{D_t} \\
 &= \frac{28,123 \text{ m}}{1,6883 \text{ m}} \\
 &= 5,077 \text{ m} \approx \text{maka jumlah pengaduk adalah } 3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Re} &= \frac{\rho \times N \times D_i}{\mu} \\
 &= \frac{203,194 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3} \times 2,083 \text{ rps} \times 1,8464^2 \text{ft}^2}{0,000242 \frac{\text{lb}}{\text{ft} \cdot \text{s}}} \\
 &= 5961900,2238
 \end{aligned}$$

Menghitung Daya :

$$N_p = 4 \quad \text{Page 507 (Brown, 1978)}$$

$$P_a = N_p \times \rho \times N_i^3 \times D_i^5$$

$$P_a = 4 \times 759,982 \times 2,0833^3 \times 0,5628^5$$

$$P_a = 2,0809 \text{ HP}$$

$$\text{Sehingga } P = 2,0809/85\%$$

$$= 2,4481 \text{ HP}$$

Daya motor , efisiensi motor adalah 85% (figur 14.38 peters hal 521)

$$P_{\text{design}} = P \times 1,1 + 0,5$$

$$= 2,4481 \times 1,1 + 0,5$$

$$= 4,0481 \text{ HP}$$

$$P_{\text{design}} = 5 \text{ HP}$$

(Power Standard P)

7. Dimensi Coil Pendingin

$$Q_{\text{pendingin}} = 2033753,11 \text{ kJ/jam}$$

$$= 1927997,9445 \text{ Btu/jam}$$

Luas selimut Reaktor

$$A_s = \pi D H$$

$$A_s = 3,14 \times 6,4974 \text{ ft} \times 0,210955 \text{ ft}$$

$$A_s = 4,3038 \text{ ft}^2$$

Bila luas selimut lebih dari sama dengan A maka dipilih jaket pemanas atau pendingin, Bila luas selimut kurang dari A maka dipilih koil pemanas atau koil pendingin

Luas Transfer Panas

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

$$U_D = 5 - 75 \text{ Btu/jam.ft}^2 \cdot \text{°F}$$

$$U_D = 50 \text{ Btu/jam.ft}^2 \cdot \text{°F}$$

$$T_{h \text{ in}} = 93 \text{ °C} = 199,4 \text{ °F}$$

$$T_{h \text{ out}} = 93 \text{ °C} = 199,4 \text{ °F}$$

$$T_{c \text{ in}} = 30 \text{ °C} = 86 \text{ °F}$$

$$T_{c \text{ out}} = 45 \text{ °C} = 113 \text{ °F}$$

	Fluida Panas F	Fluida Dingin F	Delta T, F
1	199,4	113	86,4
2	199,4	86	113,4

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

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{113,4 - 86,4}{\ln \left(\frac{113,4}{86,4} \right)}$$

$$\Delta T_{LMTD} = 99,289 \text{ °F}$$

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

$$A = \frac{1927997,9445 \frac{\text{Btu}}{\text{jam}}}{75 \frac{\text{Btu}}{\text{jam.ft}^2 \cdot \text{°F}} \times 99,289 \text{ °F}}$$

$$A = 388,3612 \text{ ft}^2$$

Luas selimut < A terhitung, sehingga luas selimut tidak mencukupi sebagai luas transfer panas, maka digunakan *coil* pendingin.

Kebutuhan Air Pendingin

$$\begin{aligned}m_{\text{air}} &= 32239,5768 \text{ Kg/jam} \\ &= 71075,3711 \text{ lb/jam}\end{aligned}$$

Menghitung Kecepatan Volumetrik Air

$$Q_v = \frac{m_{\text{air}}}{\rho_{\text{air}}}$$

$$Q_v = \frac{32239,5768 \text{ kg/jam}}{994,0320 \text{ kg/m}^3}$$

$$Q_v = 32,4331 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Menentukan Diameter Minimum Koil

Dipilih diameter standard berdasarkan buku *Kern, 1965, table 11, page 844*

Nominal Pipe Size (NPS)	= 2,5 in	
OD	= 2,88 in	= 0,2400 ft
ID	= 2,469 in	= 0,2058 ft
Luas Penampang (A')	= 3,3500 in ²	= 0,0233 ft ²
Luas perpan/panjang (a'')	= 0,6470 ft ² /ft	Outside
	= 0,753 ft ² /ft	Inside

Menghitung Nilai hi

$$\rho \text{ air pendingin} = 1000 \text{ kg/m}^3 = 63,4044 \text{ lb/ft}^3$$

$$\mu \text{ air pendingin} = 62,4000 \text{ cp} = 1,6691 \text{ lb/ft.jam}$$

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

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

Gt = kecepatan aliran massa/luas penampang

$$Gt = M/A = 3055180,131 \text{ lb/ft}^2.\text{jam}$$

$$v = Gt/\rho = 48961,220 \text{ ft/jam} = 14923 \text{ m/jam}$$

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

$$Re = 376609,88$$

$$jH = 600 \text{ (Dari Grafik 24, Kern 1983 page 834)}$$

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

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

$$hi = 1615,3445 \text{ Btu/ft}^2.\text{jam.F}$$

Menghitung Nilai hio

$$hio = hi \frac{ID}{OD}$$

$$hio = 1384,8213 \text{ Btu/ft}^2.\text{jam.}^\circ\text{F}$$

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

Diambil: $D_{\text{spiral koil}} = 75\% \cdot \text{Diameter tangki}$

$D_{\text{spiral koil}} = 58,2188 \text{ in} = 54,8496 \text{ ft}$

$h_{io \text{ koil}} = 1590,4548 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{jam} \cdot ^\circ\text{F}$

Menghitung Nilai ho

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

$$h_o = 0.87 \left(\frac{k}{D} \right) \left(\frac{Lp^2 \cdot N \cdot \rho}{\mu} \right)^{2/3} \left(\frac{cp \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0.4} \quad \begin{array}{l} \text{Persamaan Kern 20.4} \\ \text{page 722} \end{array}$$

$Lp = Di = 1,846353238 \text{ ft}$

$N = 4,760 \text{ rps} = 17136,33191 \text{ rpj}$

$\rho = 759,9820 \text{ kg/m}^3 = 47,42287881 \text{ lb/ft}^3$

$\mu = 2,7922 \text{ cP} = 6,757172017 \text{ lb/ft} \cdot \text{jam}$

$cp = 99,37559755 \text{ kJ/kg} = 23,73 \text{ Btu/lb} \cdot \text{F}$

$k = 6,0416\text{E-}01 \text{ Btu/ft} \cdot \text{jam} \cdot ^\circ\text{F}$

$OD = 78,0000 \text{ in}$

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

$\mu/\mu_w = 6,757172017$

Sehingga didapatkan,

$h_o = 16213,5784 \text{ Btu/jam} \cdot \text{ft}^2 \cdot \text{F}$

Menentukan Uc

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 Ud

Untuk kecepatan air 2,5 m/s, maka

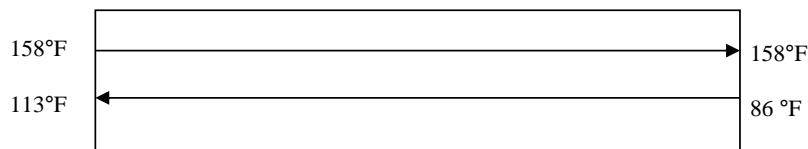
$$R_d = 0,001 \text{ organic (Kern page 845)}$$

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

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

$$U_d = 591,5662738 \text{ Btu/jam.ft}^2.\text{F}$$

Menentukan Luas Bidang Transfer Panas



Menentukan Panjang Koil

$$L_{\text{pipa koil}} = A / a'' : 53,5168 \text{ ft}$$

$$16,3119 \text{ m}$$

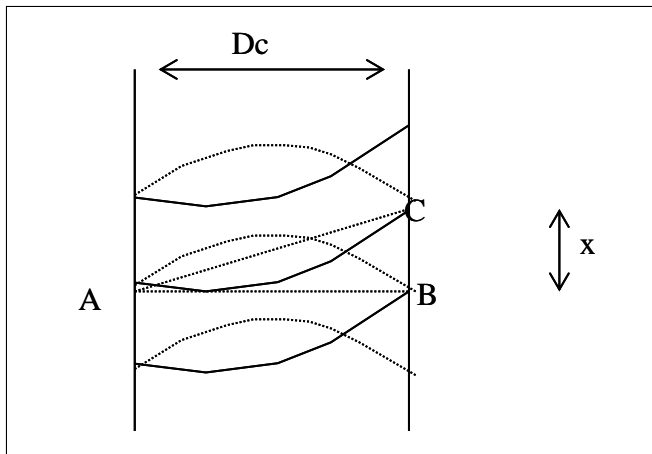
Menentukan Jumlah Lengkungan koil

$$D_c = 0,8 * (\text{ID tangki reaktor})$$

$$D_c : 53,1755 \text{ in} \quad 4,4313 \text{ ft}$$

$$AB = DC$$

$$BC = x$$



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

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

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

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

Panjang satu putaran

$$K \text{ lilitan} = 1/2 \text{ putaran miring} + 1/2 \text{ putaran datar}$$

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

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

$$K \text{ lilitan} : 13,9168 \text{ ft } 167,0017 \text{ in}$$

Menentukan Banyak nya lilitan

$$N \text{ lilitan} = L_{\text{pipa koil}} / K_{\text{lilitan}} : 3,8455 \approx 4 \text{ lilitan}$$

Menentukan Tinggi Tumpukan dan Tinggi Cairan Setelah Ada Koil

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

$$\text{Tinggi tumpukan koil} : 1,3200 \text{ ft } 0,4023 \text{ m}$$

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

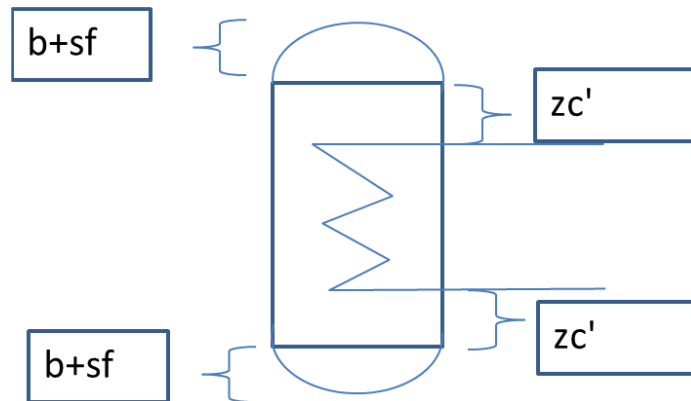
Asumsi : Semua koil tercelup di dalam cairan

$$V \text{ cairan dalam shell} : 13,4,4923 \text{ m}^3$$

$$V \text{ koil} : 0,2741 \text{ m}^3$$

$$A \text{ shell} : 2,2376 \text{ m}^2$$

$$Z_c : 2,1302 \text{ m}$$



Jarak dari dasar tangki ke bagian bawah koil = (tinggi cairan stl ada koil-tumpukan koil)/2

hk : 1,0535 m

b+sf : 14,9254 inch 0,3791 m

Asumsi dikatakan benar jika :

1. Tinggi Tumpukan koil < Tinggi Cairan
2. Jarak dasar tangki ke bagian bawah koil (hk) > (b+sf)

Menentukan Pressure Drop

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

$$\text{Re} = 376.609,88$$

Untuk Re = 376.609,88 maka dapat dihitung nilai koefisien friksi :

$$\text{Koefisien friksi (f) : } 0,00470 \text{ ft}^2/\text{in}^2$$

Karena yang mengalir dalam tube adalah steam, s = 1, dan perbedaan suhu

tidak terlalu besar, sehingga bisa diasumsikan $\mu = \mu_w$, maka $\theta_t = 1$.

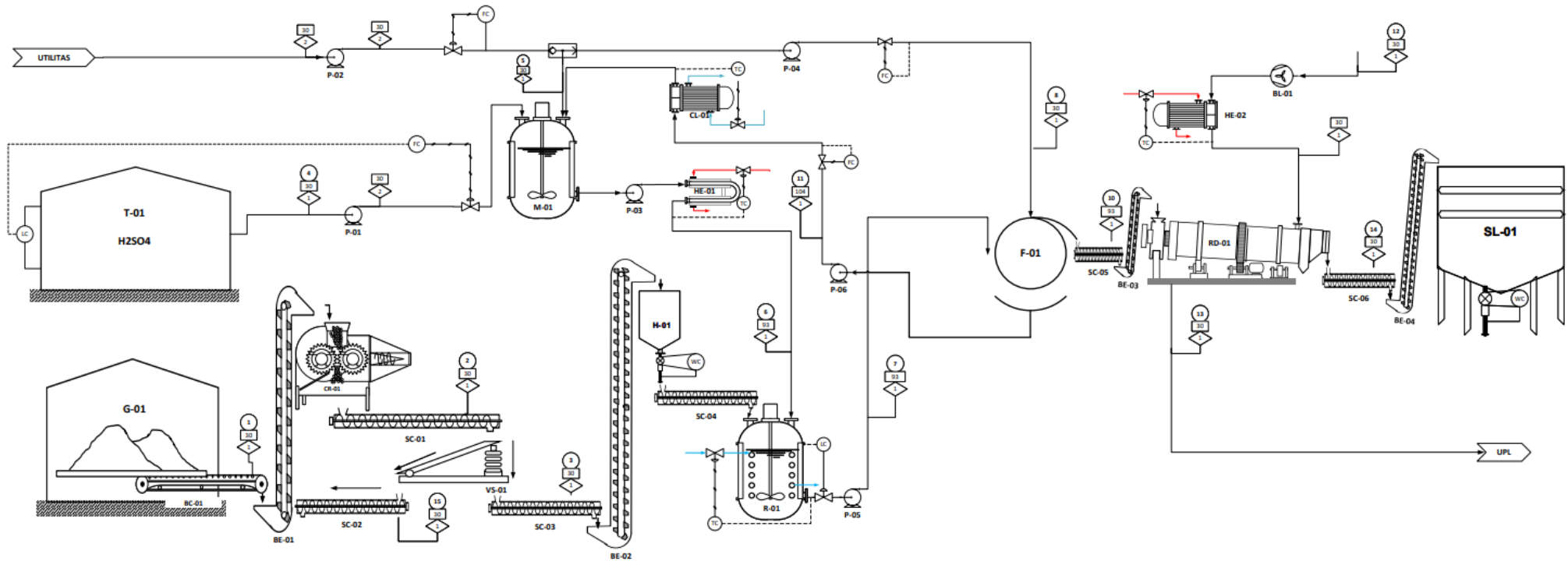
$$\Delta P_T = \frac{f \times v^2 \times L}{5,22 \times 10^{10} \times \text{ID} \times s \times \theta_t}$$

$$\Delta P_t : 0,0562 \text{ psi} < 2 \text{ psi}$$

LAMPIRAN B

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM PRARANCANGAN PABRIK GIPSUM (KALSIMUM SULFAT DIHIDRAT) DARI BATUAN KAPUR DAN ASAM SULFAT

KAPASITAS PRODUKSI : 300.000 TON / TAHUN



Komponen	KG/JAM															KETERANGAN	
	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 Karbonat	22569	22797	22569				2257			2257	0,000			2257	228	CR	Crusher
Asam Sulfat				34583		34583	14677			2935	11742		2789	147	0,00	M	Mixer
Air	69	70	69	706	33877	34583	30996		4675	7134	28536		6777	357	0,70	BC	Belt Conveyor
Kalsium Sulfat	18	19	18				18			18				18	0,19	BE	Bucket Elevator
Silikon Dioksida	83	84	83				83			83				83	0,84	H	Hopper
Magnesium Karbonat	219	221	219				219			219				219	2,21	R	Reactor
Aluminium Oksida	39	40	39				39			39				39	0,40	F	Filter
Ferrioksida	58	58	58				58			58				58	0,58	SL	Silo
Kalsium Sulfat Hidrat							34936			34936				34936		VS	Screening
Karbon Dioksida								8937								RD	Rotary Dryer
Udara												275492	275492			T	Tangki
JUMLAH	23055	23288	23055	35288	33877	69165	83283	8937	4675	47680	40278	275492	285058	38114	233	CL	Cooler

KETERANGAN	
FC	Flow Controller
LC	Level Controller
LI	Level Indicator
WC	Weight Controller
TC	Temp. Controller
VR	Volume Recorder
○	Nomor Arus
□	Temperatur (°C)
◇	Tekanan (Atm.)
—	Pipa
↔	Udara Tekan
---	Sambungan Listrik
G	Gudang

JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOYOGAKARTA

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

Dikerjakan oleh :

N A M A : 1. Muhammad Deri Perdana (17521158)
2. Alfin rahmat hidayat (17521160)

DOSEN PEMBIMBING : 1. Agus Taufiq, Ir., M.Sc.
2. Lilis Kistriyani, S.T., M.Eng.