

**PRA RANCANGAN PABRIK KIMIA
CALCIUM SULFATE DARI GYPSUM
DENGAN KAPASITAS 400.000 ton/tahun**

PERANCANGAN PABRIK

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



Oleh:

Nama : Muhammad Ricky Alendra

Nama : Wahdatin Nur Inayasari

No. Mahasiswa: 18521153

No. Mahasiswa: 18521169

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

2022

**LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL
PRARANCANGAN PABRIK**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Ricky Alendra

Nama : Wahdatin Nur Inayasari

NIM : 18521153

Nim : 18521169

Yogyakarta, 17 September 2022

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

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



Muhammad Ricky Alendra

NIM: 18521153



Wahdatin Nur Inayasari

NIM: 18521169

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

PRARANCANGAN PABRIK *CALCIUM SULFATE* DARI GYPSUM
DENGAN KAPASITAS 400.000 TON/TAHUN

PRARANCANGAN PABRIK

ISLAM

UNIVERSITAS

INDONESIA

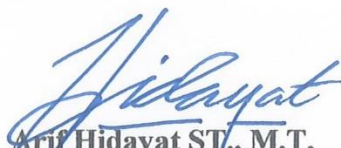
Oleh:

Nama : Muhammad Ricky Alendra Nama : Wahdatin Nur Inayasari
No. Mahasiswa : 18521153 No. Mahasiswa : 18521169

Yogyakarta, 17 September 2022

Pembimbing I

Pembimbing II


Arif Hidayat ST., M.T.
NIK. 005220101


Lucky Wahyu N S. S.T., M.Eng.
NIK. 165211301

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI
PRARANCANGAN PABRIK *CALCIUM SULFATE* DARI GYPSUM KAPASITAS
400.000 TON/TAHUN

PRARANCANGAN PABRIK

Oleh:

Nama : Muhammad Ricky Alendra Nama : Wahdatin Nur Inayasari
No. Mahasiswa : 18521153 No. Mahasiswa : 18521169

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

Yogyakarta, 10 Oktober 2022

Tim Penguji,

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

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

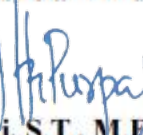
Nur Indah Fajar Mukti S.T., M.Eng
Anggota II



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



Ifa Pusitasari, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIK. 155210506



KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

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

Tugas Akhir Pra Rancangan Pabrik yang berjudul "Pra Rancangan Pabrik *Calcium Sulfate dari Gypsum*", disusun sebagai penerapan dari ilmu Teknik kimia yang telah diperoleh selama dibangku kuliah, dan merupakan saah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

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

1. Allah SWT yang selalu melimpahkan Rahmat dan Hidayahnya yang senantiasa memberikan kemudahan dalam mengerjakan Tugas Akhir ini.
2. Kedua orang tua dan keluarga yang selalu memberikan doa, semangat dan dukungan yang tiada henti-hentinya.
3. Bapak Hari Purnomo, Prof.,Dr., Ir., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
4. Ibu Ifa Puspasari, S.T., M.Eng., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Islam Indonesia.
5. Bapak Dr. Arif Hidayat, S.T., M.T Selaku Dosen Pembimbing I dan Ibu Lucky Wahyu N. S., S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan dalam Penyusunan Tugas Akhir ini.
6. Seluruh civitas akademika di lingkungan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

7. Teman-teman dekat Teknik Kimia 2018 yang selalu memberikan dukungan semangat dan kerja samanya.
8. Serta Syafa Catur Srihadi Putri, yang selalu menemani dalam proses pengerjaan Tugas Akhir ini.
9. Semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu per satu yang telah membantu penyusunan Tugas Akhir ini.

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

Wassalamualaikum Wr, Wb,

Yogyakarta, 17 September 2022

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL	i
PRARANCANGAN PABRIK.....	i
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING	ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
ABSTRAK.....	xiii
<i>ABSTRACT</i>	xiv
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.1.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik	1
1.2. Penentuan Kapasitas Pabrik	2
1.2.1. Kebutuhan Produk di Indonesia.....	2
1.2.2. Kapasitas Komersial	7
1.2.3. Ketersediaan bahan baku	8
1.3. Tinjauan Pustaka.....	8
1.3.1. Kalsium Sulfat.....	8
1.3.2. Gypsum	9
1.3.3. Kalsinasi	9
1.3.4. Pemilihan Proses	10
1.4. Tinjauan Termodinamika dan Kinetika	11
BAB II	14
PERANCANGAN PRODUK.....	14
2.1. Spesifikasi Produk	14
2.2. Spesifikasi Bahan Baku	15
2.3. Pengendalian Kualitas	15
2.3.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku	16
2.3.2. Pengendalian Kualitas Proses Produksi	16

2.3.3.	Pengendalian Terkait Waktu Produksi	17
2.3.4.	Pengendalian Kualitas Produk	18
BAB III		19
PERANCANGAN PROSES		19
3.1.	Diagram Alir Proses dan Material	19
3.2.	Uraian Proses	21
3.3.	Spesifikasi Alat	22
3.3.1.	Spesifikasi Alat Besar	22
3.3.2.	Alat Penyimpanan Bahan	25
3.3.3.	Spesifikasi Alat Transportasi Bahan	26
3.3.4.	Spesifikasi Alat Penukar Panas Bahan	32
3.4.	Neraca Massa	32
3.5.	Neraca Panas	34
BAB IV		35
PERANCANGAN PABRIK		35
4.1.	Lokasi Pabrik	35
4.1.1.	Faktor Utama	35
4.1.2.	Faktor Khusus	38
4.2.	Tata Letak Pabrik (<i>Plant Layout</i>)	41
4.3.	Tata Letak Mesin/Alat Proses (<i>Machines Layout</i>)	45
4.4.	Organisasi Perusahaan	46
4.4.1	Bentuk Perusahaan	46
4.4.2	Struktur Organisasi	47
4.4.3	Tugas dan Wewenang	51
4.4.3.1	Pemegang Saham	51
4.4.3.2	Dewan Komisaris	51
4.4.3.3	Direktur Utama	51
4.4.3.4	Staff Ahli	52
4.4.3.5	Kepala Bagian	52
4.4.3.6	Kepala Seksi	53
4.4.4	Ketenagakerjaan	55
4.4.5	Jadwal Kerja Karyawan	56
4.4.6	Perincian Jumlah Karyawan dan Sistem Gaji Pegawai	58

4.4.7	Kesejahteraan Karyawan	60
4.4.8	Fasilitas Karyawan	61
BAB V	.....	63
UTILITAS	.....	63
5.1.	Unit Penyediaan dan Pengolahan Air	63
5.1.1.	Unit Penyediaan Air	63
5.1.2.	Unit Pengolahan Air	66
5.1.3.	Kebutuhan Air	70
5.2.	Unit Pembangkit Steam	73
5.3.	Unit Pembangkit Listrik	73
5.4.	Unit Penyedia Udara Tekan	74
5.5.	Unit Penyedia Bahan Bakar	75
5.6.	Unit Pengloahan Limbah	75
BAB VI	.....	77
EVALUASI EKONOMI	.....	77
6.1.	Penaksiran Harga Peralatan	78
6.2.	Dasar Perhitungan	79
6.3.	Perhitungan Biaya	80
6.3.1.	<i>Capital Invesment</i>	80
6.3.2.	<i>Manufacturing cost</i>	80
6.3.3.	<i>General Expense</i>	81
6.4.	Analisa Kelayakan	81
6.4.1.	<i>Percent Return of Invesment (ROI)</i>	81
6.4.2.	<i>Pay Out Time (POT)</i>	81
6.4.3.	<i>Break Even Point (BEP)</i>	81
6.4.4.	<i>Shut Down Point (SDP)</i>	82
6.4.5.	<i>Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR)</i>	82
6.5.	Hasil Perhitungan	83
6.6.	Analisa Keuntungan	86
6.7.	Hasil Kelayakan Ekonomi	87
BAB VII	.....	88
KESIMPULAN DAN SARAN	.....	88
7.1.	Kesimpulan	88

7.2. Saran	89
DAFTAR PUSTAKA	90
LAMPIRAN	92



DAFTAR TABEL

Tabel 1 1. Kebutuhan Impor Calcium Sulfate di Indonesia.....	3
Tabel 1 2. Kebutuhan Ekspor Calcium Sulfate di Indonesia	4
Tabel 1 3. Kebutuhan konsumsi Calcium Sulfate di Indonesia	6
Tabel 2 1. Spesifikasi Produk.....	14
Tabel 2 2 Identifikasi Hazard Calcium SULfate	14
Tabel 2 3. Spesifikasi Bahan Baku	15
Tabel 2 4 Identifikasi Hazard Gypsum	15
Tabel 3 1. Neraca Massa Jaw Crusher	32
Tabel 3 2. Neraca Massa Screen 1	33
Tabel 3 3. Neraca Massa Rotary Kiln.....	33
Tabel 3 4. Neraca Massa Screen 2.....	33
Tabel 3 5. Neraca Massa Rotary Dryer.....	33
Tabel 3 6. Neraca Massa Cyclone	33
Tabel 4 1. Luas Lokasi Pabrik.....	44
Tabel 4 2. Jadwal Pembagian Kerja Karyawan Shift	57
Tabel 4 3. Gaji Karyawan	59
Tabel 5 1. Kebutuhan Air Pendingin	70
Tabel 5 2. Kebutuhan Air Steam	70
Tabel 5 3. Kebutuhan Air Sanitasi.....	71
Tabel 6 1 Chemical Engineering Plant Cost Index.....	78
Tabel 6 2. Physical Plant Cost (PPC).....	83
Tabel 6 3. Direct Plant Cost (DPC)	83
Tabel 6 4. Fixed Capital Investment (FCI)	83
Tabel 6 5. Direct Manufacturing Cost (DMC)	84
Tabel 6 6. Indirect Manufacturing Cost (IMC)	84
Tabel 6 7. Fixed Manufacturing Cost (FMC).....	84
Tabel 6 8. Manufacturing Cost (MC)	84
Tabel 6 9. Working Capital (WC)	85
Tabel 6 10. General Expenses (GE).....	85

Tabel 6 11. Total Production Cost (TPC)	85
Tabel 6 12. Total Fixed Cost (TCP)	85
Tabel 6 13. Total Variable Cost (Va).....	86
Tabel 6 14. Total Regulated Cost (Ra)	86
Tabel 6 15. Hasil Kelayakan Ekonomi	87



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 1. Grafik hubungan antara kebutuhan impor Calcium Sulfate.....	3
Gambar 1 2 Grafik hubungan antara kebutuhan ekspor Calcium Sulfate.....	5
Gambar 1 3. Grafik hubungan antara kebutuhan konsumsi Calcium Sulfate	7
Gambar 3 1. Diagram Alir Kualitatif.....	19
Gambar 3 2. Diagram Alir Kuantitatif.....	20
Gambar 4 1. Lokasi Pabrik Calcium Sulfate.....	40
Gambar 4 2. Tata Letak Pabrik Skala 1:1000	43
Gambar 4 3. Struktur Organisasi	50
Gambar 5 1. Diagram Unit Pengolahan Air.....	72
Gambar 6 1. Chemical Engineering Cost Index.....	79
Gambar 6 2. Grafik SDP dan BEP.....	87

ABSTRAK

Kebutuhan bahan kimia saat ini cukup tinggi di Indonesia salah satunya yaitu bahan kimia *calcium sulfate*. Saat ini, *calcium sulfate* masih Belum banyak diproduksi di dalam negeri sehingga untuk memenuhi kebutuhan tersebut perlu mengimport *calcium sulfate* dari luar negeri. Oleh karena itu, Prarancangan Pabrik *Calcium sulfate* ini bertujuan untuk dapat memenuhi kebutuhan bahan kimia *calcium sulfate* di dalam negeri dengan cara memanfaatkan gypsum yang melimpah. Gypsum tersebut diolah untuk dijadikan sebagai bahan utama dari pembuatan *calcium sulfate*. Produk yang dihasilkan dari Pabrik *Calcium sulfate* sebagian besar digunakan untuk keperluan industry konstruksi. Pabrik *calcium sulfate* dari gypsum dengan kapasitas 400.000 ton/tahun akan didirikan pada tahun 2026 di Kabupaten Gresik, Jawa Timur. Pabrik beroperasi selama 330 hari pertahun dengan jumlah karyawan sebanyak 143 orang. *Calcium sulfate* diproduksi dengan cara menghancurkan gypsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) lalu didekomposisi pada suhu $215\text{ }^\circ\text{C}$ tekanan 1 atm. Reaktor yang digunakan untuk mendekomposisi bahan tersebut adalah dengan Rotary Kiln. Kebutuhan utilitas yaitu air sebanyak 120.147,043 kg/jam, listrik sebesar 1502,25 kWh, bahan bakar *fuel oil* sebanyak 9,49 kg/jam, solar 197,317 kg/jam dan kebutuhan unit penyedia udara tekan sebesar $2,04\text{ m}^3/\text{jam}$. Dari hasil perhitungan evaluasi ekonomi, diperoleh modal tetap sebesar Rp. 503.325.057.225, modal kerja sebesar Rp. 4.034.493.804.499, biaya produksi sebesar Rp. 3.732.059.400.529. Keuntungan yang didapatkan sebelum pajak sebesar Rp. 167.940.599.471 dan setelah pajak sebesar Rp. 134.352.479.577. *Return on Investment* (ROI) yang diperoleh sebelum pajak sebesar 33,37% dan setelah pajak 26,69%. *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak adalah 2,42 tahun dan setelah pajak 2,88 tahun. *Break Even Point* (BEP) didapatkan hasil sebesar 55,1%, *Shut Down Point* (SDP) sebesar 41,64% dan *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR) sebesar 5,74%. Berdasarkan hasil yang telah disimpulkan, pabrik *calcium sulfate* dari gypsum dengan kapasitas 400.000 ton/tahun ini layak untuk didirikan dan dikaji lebih lanjut terkait realisasi pendirian pabrik.

Kata kunci: *Calcium Sulfate*, Evaluasi Ekonomi, Gypsum, Utilitas

ABSTRACT

The current demand for chemicals is currently quite high in Indonesia, one of which is calcium sulfate. Currently, calcium sulfate is still not produced domestically, so to meet this need it is necessary to import calcium sulfate from abroad. Therefore, this Calcium sulfate Factory Design aims to be able to meet the domestic demand for calcium sulfate chemicals by utilizing abundant gypsum. The gypsum is processed to be used as the main ingredient in the manufacture of calcium sulfate. The products produced from the Calcium sulfate factory are mostly used for. A calcium sulfate plant from gypsum with a capacity of 400,000 tons/year will be established in 2026 in Gresik Regency, East Java. The factory operates for 330 days per year with a total of 143 employees. Calcium sulfate is produced by crushing gypsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) and then decomposed at a temperature of 215 pressure of 1 atm. The reactor used to decompose the material is a Rotary Kiln. The utility needs are 120,147.043 kg/hour water, 1502.25 kWh electricity, 9.49 kg/hour fuel oil, 197.317 kg/hour diesel fuel and 2.04 m³/hour compressed air supply unit needs. From the calculation of economic evaluation, obtained fixed capital of Rp. 503.325.057.225, working capital of Rp. 4,034,493,804,499, the production cost is Rp. 3,732,059,400,529. The profit earned before tax is Rp. 167,940,599,471 and after tax of Rp. 134,352,479,577. Return on Investment (ROI) obtained before tax is 33.37% and after tax is 26.69%. Pay Out Time (POT) before tax is 2.42 years and after tax 2.88 years. Break Even Point (BEP) yielded 55.1%, Shut Down Point (SDP) was 41.64% and Discounted Cash Flow Rate (DCFR) was 5.74%. Based on the results that have been concluded, the calcium sulfate plant from gypsum with a capacity of 400,000 tons/year is feasible to be established and further study related to the realization of the establishment of the plant.

Keywords: Calcium Sulfate, Economic Evaluation, Gypsum, Utility

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

1.1.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik

Perkembangan Globalisasi di Indonesia pada saat ini pembangunannya semakin meningkat. Dengan peningkatan pembangunan yang terjadi di Indonesia, membuat kebutuhan *Calcium Sulfate* juga semakin meningkat.

Sebagai bahan baku, gipsum dapat diperoleh dari alam dengan cara menambang batu gipsum dan menyaring air laut yang bahan bakunya merupakan sumber bijih kalsium sulfat yang berkualitas baik, relatif bersih dan mudah didapat. Sementara gipsum yang berasal dari kilang air laut relatif kotor, dan hanya bisa dilakukan pada musim panas. Dari kedua proses tersebut, proses lebih banyak menggunakan bahan batuan gipsum dari P.T. Petrokimia Gresik, Jawa Timur.

Batuan gipsum yang telah dipecah terlebih dahulu dibagi menjadi ukuran yang lebih kecil. Bagian yang lebih halus, kemudian dapat dijual ke pabrik semen Portland dan bagian yang lebih kasar dapat di *recycle* kembali.

Industri plester dan industri gipsum berkaitan erat dengan industri sektor konstruksi, seperti produksi bahan baku konstruksi. Terlihat bahwa 90% lebih gipsum digunakan sebagai bahan bangunan. Atas dasar ini, produksi plester mengikuti siklus bahan bangunan. Di antaranya kalsium sulfat juga digunakan sebagai "filter" atau aditif untuk cat, kertas dan preparat lain dalam bentuk. Namun, sekitar 80% kalsium sulfat ini digunakan sebagai bahan pembantu dalam produksi panel dinding (*Wallboard*).

Kalsium sulfat merupakan produk dengan nilai komoditas ekonomi yang relatif terjangkau, melihat biaya transportasi bahan baku dan produk, dan merupakan bahan baku terpenting di beberapa industri kimia semen.

1.2. Penentuan Kapasitas Pabrik

Pabrik *Calcium Sulfate* dari Gypsum ini akan dibangun dengan kapasitas 400.000 ton/tahun untuk tahun 2026 mendatang. Untuk penentuan kapasitas pabrik ini dapat ditinjau dari kapasitas produksi yang ditetapkan dengan data yang ada di Biro Statistik Pusat mengenai kebutuhan produksi setiap tahunnya. Selain itu untuk menentukan kapasitas pabrik diperlukan data bahan baku yang ada di sekitar lokasi pabrik yang direncanakan.

1.2.1. Kebutuhan Produk di Indonesia

Berdasarkan data statistik, kebutuhan *Calcium Sulfate* di Indonesia mengalami peningkatan. Sampai saat ini, produksi *Calcium Sulfate* di Indonesia masih belum dapat mencukupi kebutuhan dalam negeri sehingga berakibat pada impor *Calcium Sulfate* dari luar negeri dan hal tersebut meningkatkan nilai impor.

a. Supply

- Impor

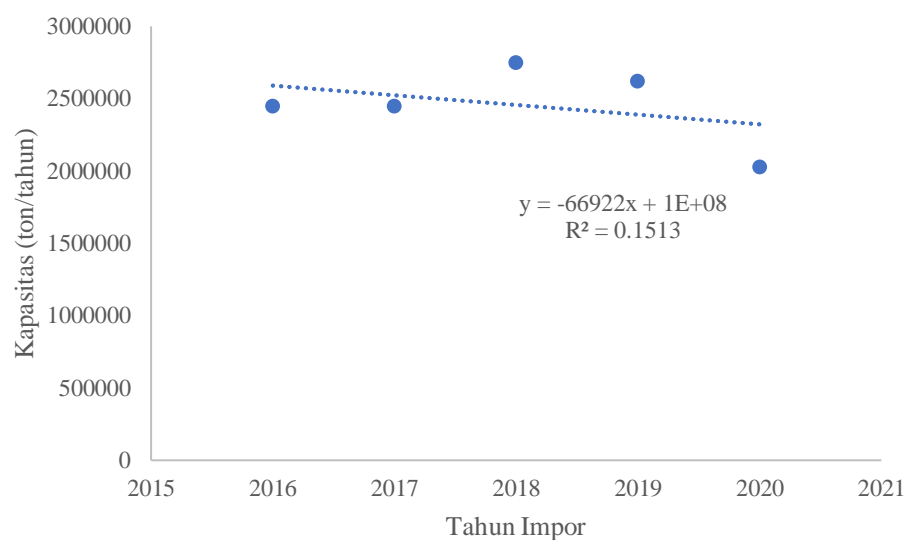
Menurut data statistik dari *UN Comtrade* tentang kebutuhan impor *Calcium Sulfate* di Indonesia dari tahun ke tahun mengalami penurunan. Data impor *Calcium Sulfate* di Indonesia dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1 1. Kebutuhan Impor *Calcium Sulfate* di Indonesia

Tahun	Jumlah Impor (Ton)
2016	2.445.367,756
2017	2.446.900,172
2018	2.745.759,561
2019	2.618.013,971
2020	2.025.199,849

Sumber: (UN Comtrade)

Berdasarkan data impor *Calcium Sulfate* di atas dapat dibuat grafik linear antara data tahun pada sumbu x dan data impor pada sumbu y, sehingga didapatkan grafik proyeksi linier seperti berikut:



Gambar 1 1. Grafik hubungan antara kebutuhan impor *Calcium Sulfate* pada tahun ke-n

Menurut gambar diatas perkiraan impor di Indonesia pada beberapa tahun mendatang saat membangun pabrik dapat

dihitung dengan menggunakan regresi. Dengan persamaannya yaitu $y = -66922x + 3.000.000$ dimana nilai x sebagai tahun dan y sebagai jumlah impor.

Dengan persamaan diatas diperkirakan untuk tahun 2026 mendatang diperkirakan kebutuhan impor *Calcium Sulfate* di Indonesia sebesar 2.330.780 ton/tahun. Hasil tersebut didapatkan dari perhitungan berikut:

$$y = - 66922x + 3.000.000$$

$$y = (- 66922*10) + 3.000.000$$

$$y = 2.330.780$$

b. Demand

• **Ekspor**

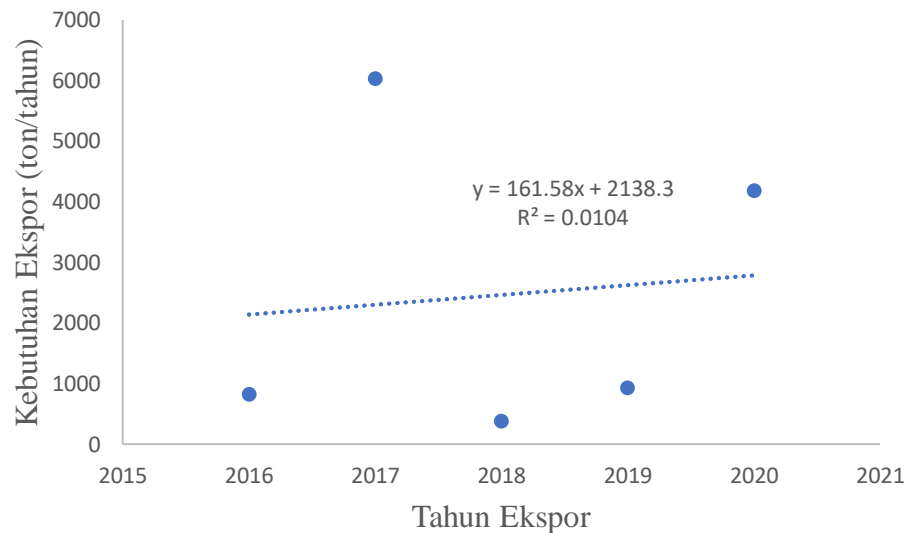
Menurut data statistik dari *UN Comtrade* tentang ekspor *Calcium Sulfate* di Indonesia dari tahun ke tahun mengalami kenaikan. Data ekspor *Calcium Sulfate* di Indonesia dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1 2. Kebutuhan Ekspor *Calcium Sulfate* di Indonesia

Tahun	Jumlah Ekspor (ton)
2016	815.959
2017	6024.226
2018	370.983
2019	920.678
2020	4175.625

Sumber: (*UN Comtrade*)

Berdasarkan data ekspor *Calcium Sulfate* di atas dapat dibuat grafik linear antara data tahun pada sumbu x dan data impor pada sumbu y, sehingga didapatkan grafik proyeksi linier seperti berikut:



Gambar 1 2 Grafik hubungan antara kebutuhan ekspor Calcium Sulfate pada tahun ke -n

Menurut gambar diatas perkiraan ekspor di Indonesia pada beberapa tahun mendatang saat membangun pabrik dapat dihitung dengan menggunakan regresi. Dengan persamaannya yaitu $y = 161.58x + 2138.3$ dimana nilai x sebagai tahun dan y sebagai jumlah Ekspor.

Dengan persamaan diatas diperkirakan untuk tahun 2026 mendatang diperkirakan ekspor *Calcium Sulfate* di Indonesia sebesar 3754.1 ton/tahun. Hasil tersebut didapatkan dari perhitungan berikut:

$$y = 161,58x + 2138,3$$

$$y = (161,58 \cdot 10) + 2138,3$$

$$y = 3754,1$$

- **Konsumsi**

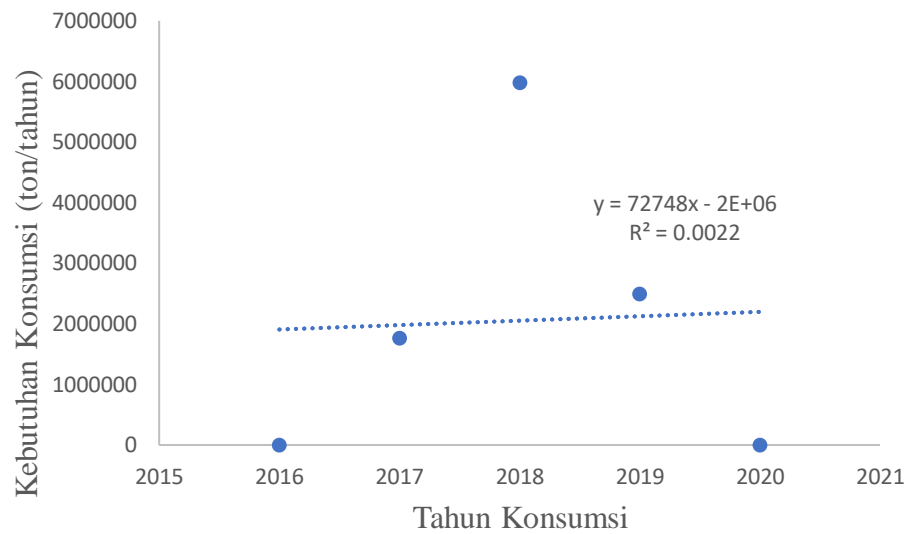
Konsumsi *Calcium Sulfate* menurut data statistik dari *UN Comtrade* tentang kebutuhan linear *Calcium Sulfate* di Indonesia dari tahun ke tahun tidak stabil. Data Konsumsi *Calcium Sulfate* di Indonesia dalam beberapa tahun terakhir dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1 3. Kebutuhan konsumsi *Calcium Sulfate* di Indonesia

Tahun	Jumlah Konsumsi (ton)
2016	0
2017	1.773.123.437
2018	5.987.038,007
2019	2.500.602,757
2020	0

Sumber: (Badan Pusat Statistik)

Berdasarkan data konsumsi *Calcium Sulfate* di atas dapat dibuat grafik linear antara data tahun pada sumbu x dan data konsumsi pada sumbu y, sehingga didapatkan grafik proyeksi linier seperti berikut:



Gambar 1.3. Grafik hubungan antara kebutuhan konsumsi *Calcium Sulfate* pada tahun ke -n

Menurut gambar diatas perkiraan konsumsi di Indonesia pada beberapa tahun mendatang saat membangun pabrik dapat dihitung dengan menggunakan regresi. Dengan persamaannya yaitu $y = 72748x - 2.000.000$ dimana nilai x sebagai tahun dan y sebagai jumlah Konsumsi.

Dengan persamaan diatas diperkirakan untuk tahun 2026 mendatang diperkirakan konsumsi *Calcium Sulfate* di Indonesia sebesar 2.727.480 ton/tahun. Hasil tersebut didapatkan dari perhitungan berikut:

$$y = 72.748x - 2.000.000$$

$$y = (72.748 * 10) - 2.000.000$$

$$y = 2.727.480$$

1.2.2. Kapasitas Komersial

Dalam menentukan besar kecilnya kapasitas Pabrik *Calcium Sulfate* yang akan dirancang, harus mengetahui dengan jelas

kapasitas pabrik yang sudah beroperasi dalam pembuatan *Calcium Sulfate* baik di dalam negeri maupun di luar negeri atau biasanya disebut dengan kapasitas ekonomis. Hal ini dilakukan dengan tujuan mengetahui seberapa besar pabrik dapat memproduksi *Calcium Sulfate*.

1.2.3. Ketersediaan bahan baku

Pertimbangan lain dalam menentukan kapasitas pabrik adalah ketersediaan bahan baku. Harus memastikan bahwa pabrik yang akan didirikan memiliki akses ke bahan baku secara terus menerus dan sebisa mungkin mendapatkan bahan baru dari dalam negeri. Bahan baku yang dipakai dalam pembangunan pabrik *Calcium Sulfate* cukup dengan menggunakan *Gypsum*. Bahan baku *Gypsum* bisa diperoleh dari PT.Petrokimia Gresik yang berlokasi di Gresik, Jawa Timur. Dimana kapasitas produksi *Gypsum* dari PT. Petrokimia Gresik mencapai 800.000 ton/tahun. Serta bisa didapatkan dari ekspor SAI RAM Export (*India*) dengan kapasitas sebesar 3.360.000, Beijing Ashuntasi Construction Technology (*China*) dengan kapasitas sebesar 1.200.000 ton/tahun.

1.3. Tinjauan Pustaka

1.3.1. Kalsium Sulfat

Kalsium Sulfat dapat dikenal dengan berbagai nama antara lain: Plaster of Paris, Gypsum Plaster, atau Stucco. Nama tersebut mewakili bentuk dari kalsium sulfat itu sendiri. Kalsium sulfat dapat dibuat dengan mengkalsinasi serbuk dari gypsum untuk memisahkan $\frac{3}{4}$ air yang terkandung pada proses kristalisasi. Bentuk alami, atau mineral, kalsium sulfat paling banyak diekstraksi oleh pertambangan atau penggalian dan digunakan secara komersial. Gypsum alami jarang ditemukan dalam bentuk murni. Bentuk dihidrat dan anhidrat umumnya ditemukan Bersama. Kotoran dalam endapan gypsum biasanya mencakup kalsium dan magnesium karbonat, oksida silicon, lempung dan sejumlah kecil berbagai zat terlarut.

1.3.2. Gypsum

Gypsum merupakan suatu mineral yang didominasi oleh kadar kalsium. Gypsum yang paling banyak ditemukan dan diambil adalah jenis hidrat kalsium sulfat sebagai contoh dari mineral-mineral lain adalah, Borat, Karbonat, Sulfat dan Nitrat. Mineral tersebut mengendap di dasar laut, gua, dan danau karena ion-ion yang telah terjadi karena penguapan. Gypsum merupakan suatu mineral yang paling banyak dari kelompok sedimen. Dikarenakan batuan tersebut yang secara besar-besaran merupakan hasil bantuan dari air asin. Gypsum memiliki kelompok yang terdiri dari gypsum batuan, gipsit, alabaster, satin spar dan salenit. Berdasarkan tempat pembentukan gypsum dapat dikelompokkan menjadi endapan danau garam, gua-gua kapur, tudung kubah garam, dan oksidasi besi pada endapan batu gamping. Komposisi kimia bahan Gypsum yaitu *Calcium* 23,28%; Hidrogen 2,34%; Air 20,93% dan Sulfur 18,62%.

Sebagai bahan baku, gypsum bisa diperoleh dari alam dengan cara penambangan batu gypsum serta *refinery* air laut. Bahan baku pembuatan kalsium sulfat asal penambangan memiliki kualitas yang baik, cukup relatif lebih bersih dan tersedia setiap saat. Sedangkan gypsum berasal dari *refinery* air laut yang relatif kotor dan hanya dapat dilakukan dimusim panas. Dari 2 proses tersebut yang paling banyak digunakan adalah dari bahan batuan gypsum yang di ambil berasal dari daerah Tuban. Disamping itu diketahui juga adanya persediaan bahan baku yang ada di sekitar lokasi pabrik yang direncanakan

1.3.3. Kalsinasi

Proses kalsinasi merupakan proses pemanasan batu gypsum untuk membebaskan H_2O sehingga menghasilkan $CaSO_4$. Proses kalsinasi mempunyai mekanisme yang kompleks dan melibatkan beberapa tahap yang dimulai dengan transfer panas ke permukaan partikel dan melewati lapisan terluar batu gypsum. Panas diserap oleh batu gypsum sehingga H_2O

yang dihasilkan berpindah ke permukaan dan kemudian menyebar dalam tempat pemanasan.

Menurut Cheng et. Al (2003:387) temperatur dan waktu kalsinasi mempunyai pengaruh yang besar terhadap kualitas CaSO_4 yang dihasilkan. Kalsinasi pada bagian terluar batu kapur dapat terjadi pada suhu yang lebih rendah, tetapi kalsinasi secara sempurna terjadi pada suhu yang lebih tinggi (900°C). Pada temperatur 900°C CO_2 dapat dibebaskan tetapi untuk masuknya panas pada bagian inti atau bagian terdalam dari partikel batuan kapur diperlukan suhu yang lebih tinggi.

1.3.4. Pemilihan Proses

Pada pembuatan *calcium sulfate* dari gypsum, dapat dipilih proses kalsinasi yang dapat dibedakan menjadi dua, tergantung pada alat kalsinasi yang digunakan. Terdapat dua tipe kalsinasi dengan menggunakan *vertical kiln* dan *horizontal kiln* atau yang lebih dikenal dengan *rotary kiln*.

Berdasarkan uraian diatas, maka proses pembuatan *calcium sulfate* yang dilakukan pada pabrik ini dapat dilakukan dengan kalsinasi pada *vertical kiln* maupun *rotary kiln*, dengan perbedaan kondisi operasinya adalah sebagai berikut:

Pembatas	Nama Proses	
	Vertical	Horizontal
Bahan Baku	Gypsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)	Gypsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)
Alat Utama	Vertical Shaft Kiln	Rotary Kiln
Ukuran produk	100 mesh	100 mesh
Suhu	$150^\circ\text{C} - 215^\circ\text{C}$	$215^\circ\text{C} - 900^\circ\text{C}$
Peralatan	Sederhana	Kompleks

Dari tabel diatas, dipilih proses pembuatan *calcium sulfate* dari gypsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) dengan proses kalsinasi menggunakan *rotary kiln* dengan faktor-faktor:

1. Suhu operasi lebih bervariasi
2. Banyak digunakan pada produksi *cement, portland*, serta produk serupa.
3. Mudah dioperasikan

1.4. Tinjauan Termodinamika dan Kinetika

Tinjauan melalui termodinamika bertujuan untuk mengetahui sifat reaksi (endotermik/eksotermik) dan arah reaksi (reversible/ireversibel). Penentuan reaksi eksotermik atau endotermik dapat dihitung dengan menggunakan perhitungan standar panas pembentukan (ΔH°_f) pada tekanan $P = 1 \text{ atm}$ dan $T = 298 \text{ K}$



(Kirk Othmer, 2002)

$$\begin{aligned} \Delta H^\circ_r \text{ 298K} &= \Delta H^\circ_f \text{ produk} - \Delta H^\circ_f \text{ reaktan} \\ &= [(\Delta H^\circ_f \text{ CaSO}_4) + (2 \times \Delta H^\circ_f \text{ H}_2\text{O})] - [(\Delta H^\circ_f \text{ CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O})] \\ &= [(-1434,52 \text{ kJ/mol}) + (2 \times (-241,818 \text{ kJ/mol}))] - \\ &\quad [(-2022,62928 \text{ kJ/mol})] \\ &= \mathbf{1071,74528 \text{ kJ/mol}} \end{aligned}$$

Kekuatan pendorong untuk pembentukan kalsium sulfat dihidrat adalah perubahan ΔG energi bebas Gibbs saat beralih dari larutan lewat jenuh untuk keseimbangan. Energi rata-rata per ion diberikan oleh:

$$\begin{aligned} \Delta G^\circ_f &= \sum (n\Delta G^\circ_f) \text{ produk} - \sum (n\Delta G^\circ_f) \text{ reaktan} \\ &= [(\Delta G^\circ_f \text{ CaSO}_4) + (2 \times \Delta G^\circ_f \text{ H}_2\text{O})] - [(\Delta G^\circ_f \text{ CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O})] \\ &= [(-1309,1 \text{ kJ/mol}) + (2 \times (-228,60 \text{ kJ/mol}))] \\ &\quad - [(-1797,4464 \text{ kJ/mol})] \\ &= \mathbf{31.1464 \text{ kJ/mol}} \end{aligned}$$

$$\Delta G^{\circ}f = -RT \ln K$$

Maka: $K = \exp (-\Delta G^{\circ}f/RT)$

Keterangan:

$\Delta G^{\circ}f$: energi bebas Gibbs standar (kJ/mol)

T : temperature (K)

R : tetapan gas ($8,314 \times 10^{-3}$ kJ/mol K)

K : konstanta kesetimbangan pada 298 K

$$K = \exp \left(\frac{31,1464 \text{ kJ/mol}}{8,314 \times 10^{-3} \text{ kJ/mol K} \times 298 \text{ K}} \right)$$

$$= 2,47 \times 10^{-4}$$

Nilai K plus sehingga reaksi berjalan dengan *irreversible* atau berjalan searah.

Reaksi pembentukan *Calcium Sulfate* dijalankan dengan suhu 215°C, sehingga nilai konstanta keseimbangan reaksi (K) dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\ln \left(\frac{K_{408}}{K_{298}} \right) = \left(\frac{\Delta H_{f298}}{R} \right) \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{298} \right)$$

$$\ln \left(\frac{K_{408}}{3,47 \times 10^{-6}} \right) = \left(\frac{-104.47328}{8,314 \times 10^{-3}} \right) \left(\frac{1}{408} - \frac{1}{298} \right)$$

$$\left(\frac{K_{408}}{3,47 \times 10^{-6}} \right) = \exp (11,3687)$$

$$K_{408} = 0,3$$

Dilihat dari kinetika reaksinya, laju pembentukan *Calcium Sulfate* dari *Gypsum* semakin kecil dengan meningkatnya suhu. Dapat dijelaskan dengan menggunakan persamaan Arrhenius sebagai berikut:

$$k = Ae^{-E_a/RT}$$

Dimana T merupakan temperature yang dapat mengendalikan kinetika reaksi. Sedangkan reaksi yang dibantu gelombang mikro akan berbeda. Radiasi gelombang mikro akan mengaktifkan secara langsung molekul yang memiliki ikatan dipol atau ionic. Selama transformasi terjadi kurang dari nano sekon (10^{-9}), molekul-molekul tidak dapat mencapai ekuilibrium



BAB II

PERANCANGAN PRODUK

2.1. Spesifikasi Produk

2.1.1. Spesifikasi Produk

Tabel 2 1. Spesifikasi Produk

Spesifikasi	Bahan Baku
	Calcium Sulfate
Wujud	Bubuk
Rumus Molekul	CaSO ₄
Berat Molekul, kg/mol	136,14 g/mol
Titik Didih, °C	1193
Densitas	2,96 g/cm ³
Titik Leleh, °C	1450
Spesifik Gravity, pada 25 °C	1.460
Kelarutan, g/L pada 25 °C	0.20
Temperatur Kritis, °C	-
Tekanan Kritis, atm	-

Tabel 2 2 Identifikasi Hazard *Calcium Sulfate*

Identifikasi Hazard Bahan Kimia dalam Proses									
Komponen	Hazard							Keterangan	Pengelolaan
	Explosive	Flammable	Toxic	Corrosive	Irritant	Oxidizing	Radioactive		
<i>Calcium Sulfate</i>	-	-	-	-	◀	-	-		Jangan dihirup, berbahaya jika terkena mata, bisa menyebabkan iritasi kulit . Jika terkena mata, cuci dengan air selama beberapa menit. Jika terkena kulit bilas dengan sabun dan air sampai bersih

2.2. Spesifikasi Bahan Baku

Tabel 2 3. Spesifikasi Bahan Baku

Spesifikasi	Bahan Baku
	Gypsum
Wujud	Kristal
Rumus Molekul	CaSO ₄ ·2 H ₂ O
Berat Molekul, kg/mol	172,17 g/mol
Titik Didih, °C	162
Densitas	2,546 g/cm ³
Titik Leleh, °C	128
Spesifik Gravity, pada 25 °C	2,32
Kelarutan, g/L pada 25 °C	0,24
Temperatur Kritis, °C	-
Tekanan Kritis, atm	-
Ukuran	

Tabel 2 4 Identifikasi Hazard Gypsum

Identifikasi Hazard Bahan Kimia dalam Proses									
Komponen	Hazard							Keterangan	Pengelolaan
	Explosive	Flammable	Toxic	Corrosive	Irritant	Oxidizing	Radioactive		
Gypsum	-	-	-	-	✓	-	-	Berbahaya jika terkena mata, bisa menyebabkan iritasi kulit . Jika terkena mata, cuci dengan air selama 15 menit. Jika terkena kulit bilas dengan sabun dan air sampai bersih.	

2.3. Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas (*Quality Control*) pada pabrik produksi kalsium sulfat meliputi pengendalian kualitas bahan baku, pengendalian mutu proses, dan pengendalian mutu produk. Selain itu, untuk mendapatkan dan mempertahankan prroduk sesuai dengan spesifikasi rencana, perlu

dilakukan pemantauan dan pengendalian produksi yang akan dilakukan agar proses berjalan sesuai tahapan dari proses yang ada. Serta kegiatan proses produksi diharapkan dapat menghasilkan produk dengan kualitas tinggi dan sesuai standar dan volume produksi yang ditentukan. Selain itu, diharapkan waktu produksi produk dapat selesai sesuai jadwal yang ada. Jadi, di atas segalanya, perlu melakukan kontrol produksi.

2.3.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Pengendalian Kualitas dari bahan baku diperlukan untuk mengetahui sejauh mana kualitas yang dihasilkan dari bahan baku yang akan diperlukan untuk membuat produk yang diinginkan. Dimana ditinjau dari beberapa pertimbangan yang diberikan apakah bahan baku yang ada sudah memenuhi spesifikasi yang ditentukan untuk proses tersebut. Oleh Karena itu, sebelum melakukan atau memulai tahap proses manufaktur, pemeriksaan diperlukan untuk memeriksa kualitas bahan baku berupa gipsum dan air (H₂O) untuk keperluan bahan baku yang digunakan dalam pembuatan produk sesuai dengan spesifikasi pabrik yang diharapkan.

Serta semua pengawasan terkait mutu bahan baku dapat dilakukan dengan cara menganalisa di laboratorium maupun menggunakan alat kontrol. Dan setelah melakukan Analisa apabila kualitas bahan baku yang tidak sesuai, maka kemungkinan besar bahan baku tersebut akan dikembalikan kepada *supplier*.

2.3.2. Pengendalian Kualitas Proses Produksi

Pengendalian proses produksi pabrik mencakup aliran dan alat-alat yang berfungsi sebagai *system control*. Kontrol operasional dan pemantauan dilakukan oleh perangkat kontrol pusat yang berada di ruang control, dilakukan dengan metode kontrol otomatis menggunakan indikator. Jika terjadi kesalahan dan penyimpangan dari proses yang berjalan pada metrik yang ditetapkan yaitu berkaitan dengan *flow rate* bahan baku maupun produk, *level*

control, maupun *temperature control*, dapat terdeteksi dari sinyal serta tanda yang diberikan yaitu suara alarm, lampu serta sinyal lainnya. Dan ketika penyimpangan terjadi, maka penyimpangan tersebut harus dikembalikan pada kondisi awal hal ini bisa dilakukan secara manual atau otomatis.

Adapun alat-alat kontrol yang digunakan yaitu kontrol terhadap kondisi operasi suhu dan tekanan. Pengaturan alat kontrol yang diatur dalam kondisi tertentu diantaranya:

- *Level Control*

Merupakan alat yang dipasang pada bagian dinding tangka. Apabila belum sesuai dengan keadaan yang telah ditetapkan sebelumnya maka menimbulkan sebuah kode berupa indicator yang menyala ataupun suara yang dikeluarkan oleh alat tersebut

- *Flow Rate*

Merupakan alat yang terletak pada rangkaian aliran bahan baku, aliran masuk serta aliran keluar proses.

- *Temperature Control*

Merupakan alat yang pada umumnya memiliki *set point*/Batasan nilai suhu yang dimasukkan parameter didalamnya. Dimana Ketika nilai suhu benday ag dikur melebihi *set point* hanya selisih beberapa derajat saja, maka outputnya akan bekerja.

2.3.3. Pengendalian Terkait Waktu Produksi

Untuk mencapai kuantitas/jumlah tertentu perlu adanya waktu tertentu yang harus dipertimbangkan sebelumnya. Maka untuk pengendalian waktu membutuhkan efisiensi waktu dari proses

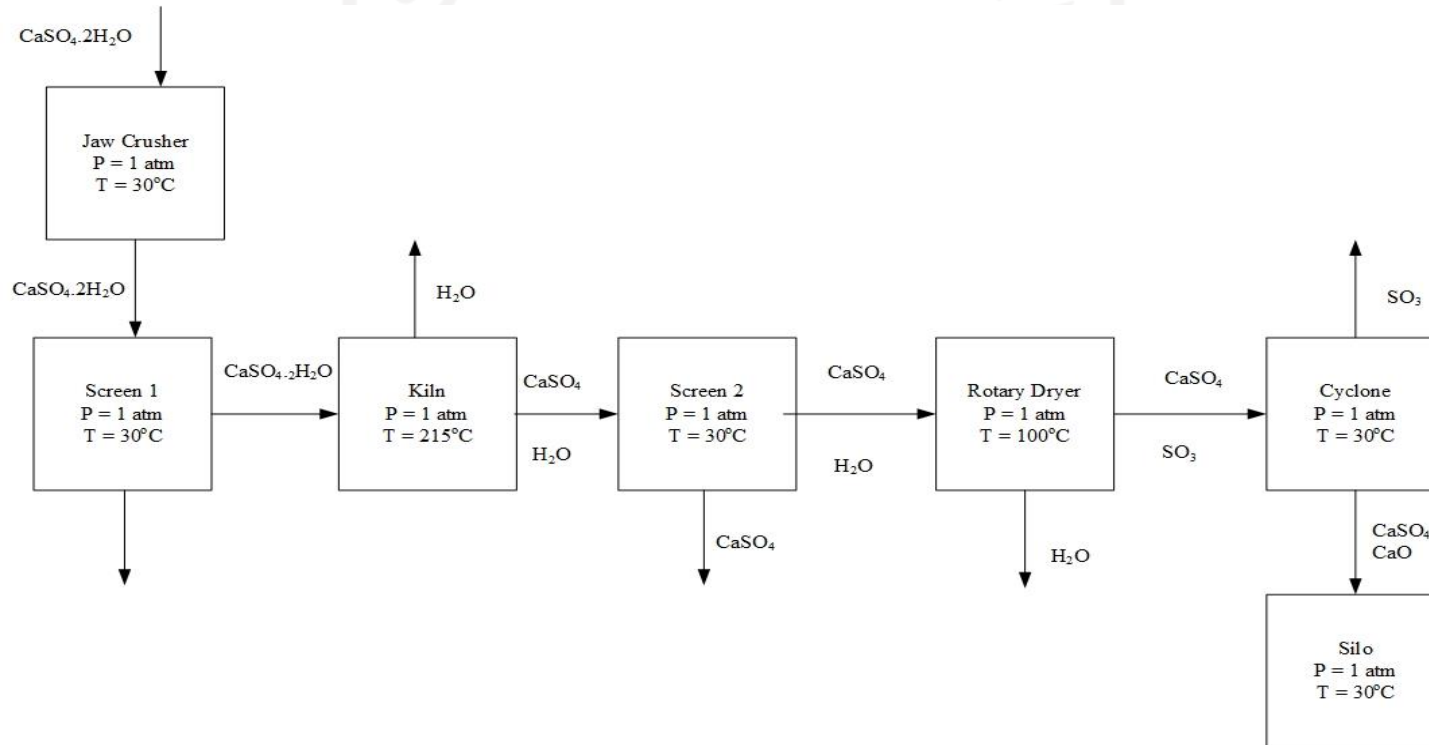
produksi yang berlangsung, agar nantinya produk yang dihasilkan sesuai dengan rencana seta target yang sudah dirancang.

2.3.4. Pengendalian Kualitas Produk

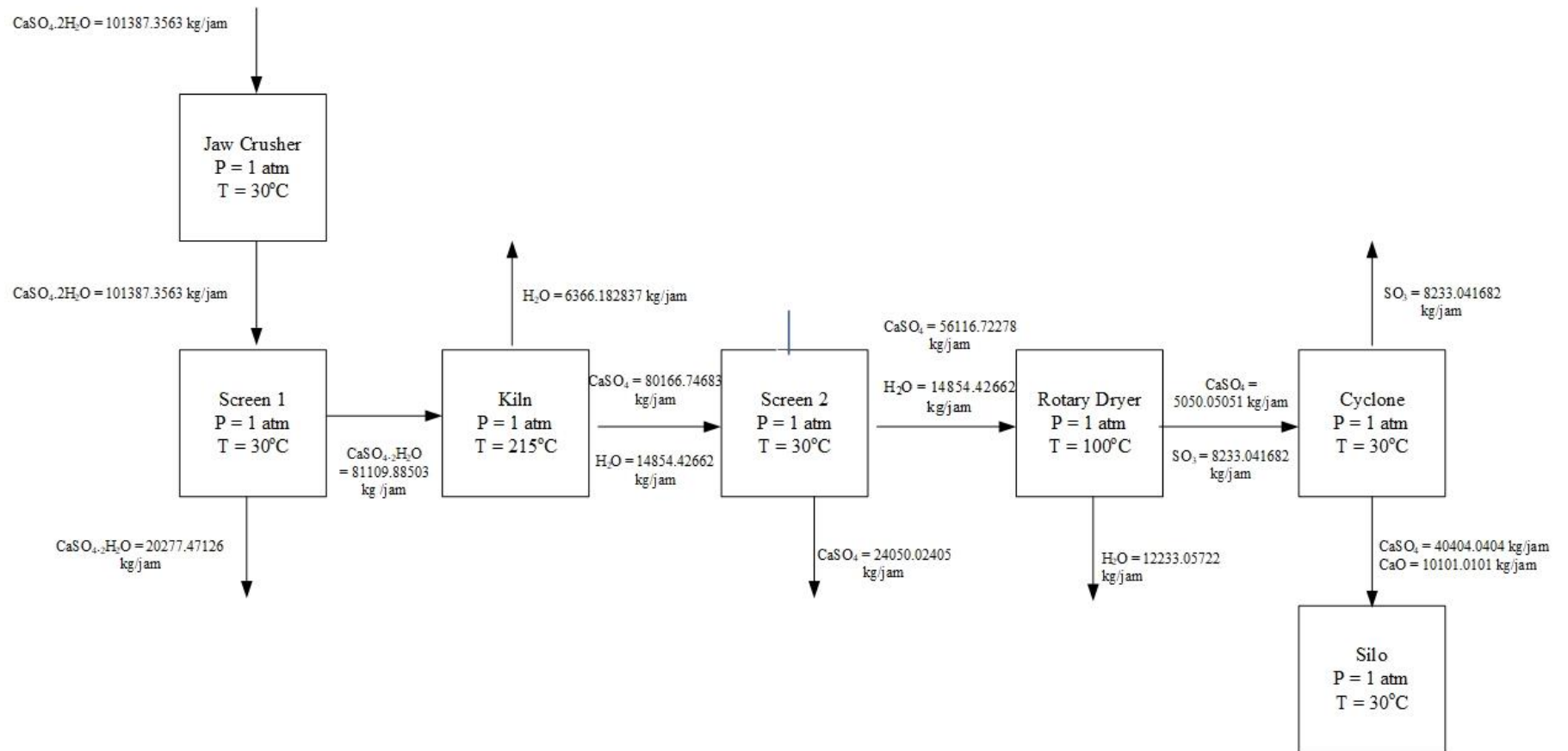
Pengendalian produksi dilakukan untuk menjaga kualitas produk yang dihasilkan, dan ini sudah harus dilakukan sejak dari bahan baku sampai menjadi produk. Untuk memperoleh kualitas atau mutu produk maka membutuhkan bahan yang berkualitas, serta pengawasan terhadap pengendalian proses yang ada dengan *system control* sehingga didapatkan produk yang berkualitas dan dapat dipasarkan. Untuk mengetahui produk yang dihasilkan sesuai dengan standard yang ada maka dilakukan analisa produk terlebih dahulu sebelum dipasarkan. Uji yang dilakukan adalah pengujian kemurnian produk serta komposisi komponen yang terkandung dalam produk *Calcium Sulfate* tersebut apakah sudah layak untuk dipasarkan atau belum.

BAB III
PERANCANGAN PROSES

3.1. Diagram Alir Proses dan Material



Gambar 3 1. Diagram Alir Kualitatif



Gambar 3.2. Diagram Alir Kuantitatif

الجمهورية العربية السورية
الجامعة العربية السورية
الكلية الهندسية
الهندسة الكيميائية

Dengan pembuatan kalsium sulfat proses kalsinasi gypsum rock diproses melalui 3 tahap yaitu:

1. Tahap penghancuran.
2. Tahap kalsinasi.
3. Tahap pengeringan.

3.2. Uraian Proses

Pada Umumnya di dalam proses pembuatan kalsium sulfat hanya dengan proses kalsinasi batuan gypsum. Perbedaan proses ini hanya terletak pada produk yang diinginkan. Untuk *Calcium Sulfate* sendiri dalam bentuk hemihydrate, dapat dilakukan dengan proses kalsinasi pada suhu antara 150 – 155°C, dimana pada suhu 128°C gypsum rock kehilangan 1,5 molekul air. Reaksi yang terjadi adalah:

(Kirk Othmer,1962)



Apabila produk yang diinginkan adalah *Calcium Sulfate anhydrate*, maka proses kalsinasi dilakukan pada suhu antara 190°C sampai dengan 900°C, dimana pada suhu 215°C, gypsum rock terhidrasi sempurna menjadi kalsium sulfat. Berikut reaksi yang terjadi adalah:

(Kirk Othmer,1962)



Produk kalsium sulfat anhidrate dapat dibagi menjadi dua spesifikasi, tergantung pada suhu yang digunakan pada proses kalsinasi batuan gypsum. Jika produk yang diinginkan adalah kalsium sulfat anhidrat yang dapat larut dalam air (soluble), maka proses kalsinasi dilakukan pada suhu 190°C, sedangkan untuk produk kalsium sulfat anhidrat yang tidak dapat larut dalam air, maka proses kalsinasi dilakukan pada suhu antara 215 - 900°C.

Pada pembuatan kalsium sulfat dari gipsum rock ini, proses kalsinasi dapat dibedakan menjadi dua, tergantung pada alat kalsinasi yang digunakan. Terdapat dua tipe kalsinasi yaitu kalsinasi dengan menggunakan *vertical kiln* dan kalsinasi dengan menggunakan *horizontal kiln* atau yang lebih dikenal dengan *rotary kiln*.

Langkah yang pertama dilakukan yaitu dengan menghancurkan batuan gypsum di *jaw crusher*, yang kemudian diseragamkan dengan ukuran 100 mesh pada *vibrating screen*, selanjutnya bahan tersebut dikalsinasi menggunakan *rotary kiln* dengan suhu 215 °C. Setelah melalui proses kalsinasi, produk *calcium sulfat* didinginkan menggunakan *cooling conveyor* sampai suhu 30 °C yang kemudian diseragamkan ukurannya kembali dengan *vibrating screen*. Lalu proses pengeringan menggunakan *rotary dryer* dengan suhu 100°C dilanjutkan pelepasan padatan dari gas dengan menggunakan *cyclone*. Langkah terakhir mengangkat produk menggunakan *bucket elevator* menuju tempat penyimpanan yaitu silo.

3.3. Spesifikasi Alat

3.3.1. Spesifikasi Alat Besar

a) Jaw Crusher

Kode	: JC-01
Fungsi	: Menghancurkan batuan gypsum
Jenis	: <i>Blake Jaw Crusher Standard 2 (81)</i>
Daya	: 37.52 Hp
Kapasitas	: 95 – 135 ton/jam
Jumlah	: 1 buah
Harga	: US\$ 903,000

b) Screen 1

Kode	: SC-01
Fungsi	: Menyeragamkan ukuran batuan gypsum sebesar 100 mesh
Tipe	: <i>Vibrating Screen (Carbon Steel SA-53)</i>

Grade A)

Spesifikasi :

- a. Kapasitas : 121.664,828 kg/jam
- b. Luas Ayakan : 979,851 m²

Daya : 4 Hp

Jumlah : 1

Harga : US\$ 50,400

c) Kiln

Kode : RK-01

Fungsi : Kalsinasi Gypsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) menjadi Calcium sulfate (CaSO_4) dengan pemanas batu bara

Tipe : Rotary Kiln

Kondisi :

- a. Tekanan : 1 atm
- b. Suhu : 215 °C

Spesifikasi :

- a. Kapasitas : 101.387,3563 kg/jam
- b. Suhu : 215 °C
- c. Panjang : 144,78 m
- d. Diameter : 3,51 m
- e. Daya : 88,7 Hp

Jumlah : 1 buah

Harga : US\$ 728,600

d) Screen 2

Kode : SR-02

Fungsi : Menyeragamkan ukuran batuan gypsum hingga 100 mesh

Tipe : *Vibrating Screen (Carbon Steel SA-53 Grade A)*

Spesifikasi :

a. Kapasitas : 67340,067 kg/jam

b. Luas Ayakan : 50,385 m²

Daya : 4 Hp

Jumlah : 1 buah

Harga : US\$ 39,300

e) Rotary Dryer

Kode : RD-01

Fungsi : Mengeringkan bahan CaSO₄ dengan bantuan udara panas

Tipe : *Stainless Steel SA-167 Grade 3 Type 304*

Kondisi : Suhu Masuk : 30 °C

Suhu Keluar : 35 °C

Suhu Udara Panas : 100 °C

Tekanan : 1 atm

Spesifikasi:

a. Kapasitas : 70,971.15 kg/jam

b. Luas Penampang : 17,713 ft²

c. Diameter : 1,4479 m

d. Panjang Flight : 36,191 m

e. Tinggi Flight : 0,08 D – 0,12 D

f. Jumlah Flight : 10

g. Kecepatan Putaran: 5,7 rpm

h. Slope : 0,125 ft/ft

i. Daya Motor : 75 Hp

Jumlah : 1 unit

Harga : US\$ 50,800

f) Cyclone

Kode : C-01

Fungsi : Untuk memisahkan padatan dari gas

Tipe : *Cyclone*

Bahan : *Carbon Steel SA-53 Grade A*
Kondisi : Suhu : 30°C
Tekanan : 1 atm
Spesifikasi :
a. Kapasitas Cyclone : 58.738,092 kg/jam
b. Diameter : 0,004 m
c. Tinggi : 0,016 m
Jumlah : 1 unit
Harga : US\$ 3,400

3.3.2. Alat Penyimpanan Bahan

a) Gudang Penyimpanan Gypsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)

Kode : G-01
Fungsi : Menyimpan bahan baku gypsum $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Jenis : Bangunan atap tertutup
Kondisi : Suhu : 30 °C
Tekanan : 1 atm
Spesifikasi:
a. Volume : 1286,705 m³
b. Lebar : 41,977 m
c. Tinggi : 3,6 m
d. Panjang : 83,953 m
e. Luas : 302,232 m²
Jumlah : 1 unit
Harga : US\$ 1,302,500

b) Silo

Kode : S-01
Fungsi : Tempat penyimpanan produk CaSO_4 Padat
Tipe : *Bin Conical Bottom*
Bahan : *Carbon Steel SA-53 Grade A*
Kondisi : Suhu : 35 °C

Tekanan : 1 atm

Spesifikasi:

- a. Volume : 4120,66 m³
- b. Diameter : 14,32 m
- c. Tinggi : 33,94 m
- d. Lebar : 14,323 m
- e. Tinggi *shell* : 21,475 m
- f. Tinggi *head* : 12,46 m
- g. Tebal *shell* : 0.006 m
- h. Tebal *head* : 0,006 m

Jumlah : 1 Unit

Harga : US\$ 1,160,800

3.3.3. Spesifikasi Alat Transportasi Bahan

a) Belt Conveyor

Kode : BC-01

Fungsi : Mengangkut CaSO₄.2H₂O dari penyimpanan ke jaw crusher

Jenis : *Belt Conveyor*

Material : *Carbon Steel SA-53 Grade A*

Kondisi : Suhu : 30 °C

: Tekanan : 1 atm

Spesifikasi :

- a. Panjang belt : 20 m
- b. Lebar Belt : 0,406 m
- c. Daya : 15 Hp

Jumlah : 1 unit

Harga : US\$ 34,100

b) Belt Conveyor

Kode : BC-02

Fungsi : Mengangkut $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ dari Screen 1 ke

Rotary Kiln

Jenis : *Belt Conveyor*

Material : *Carbon Steel SA-53 Grade A*

Kondisi : Suhu : 30 °C

: Tekanan : 1 atm

Spesifikasi :

a. Panjang belt : 20 m

b. Lebar Belt : 0,406 m

c. Daya : 15 Hp

Jumlah : 1 unit

Harga : US\$ 34,100

c) Bucket Elevator

Kode : BE-01

Fungsi : Mengangkut CaSO_4 dari Ball Mill menuju Silo

Tipe : *Bucket Elevator*

Bahan : *Carbon Steel SA-53 Grade A*

Kondisi : Suhu : 40°C

Tekanan : 1 atm

Spesifikasi :

a. Shaft Diameter

Head : 0,02 m

Tail : 0,02 m

b. Diameter Pulley

Head : 0,61 m

Tail : 0,41 m

c. Tinggi : 22,860 m

d. Kecepatan : 168,08 ft/min

e. Putaran : 26,51 rpm

f. Daya : 1,5 Hp

Jumlah : 1 unit

Harga : US\$ 17,900

d) Screw Conveyor

Kode : SC-01

Fungsi : Mengangkut CaSO_4 dari Screen 2 menuju
Rotary Dryer

Jenis : *Helicoid flight*

Bahan : *Carbon Steel SA-53 Grade A*

Kondisi : Suhu : 30°C

Tekanan : 1 atm

Spesifikasi :

a. Kapasitas : 2050 ft³/jam

b. Diameter : 0,254 m

c. Panjang : 5 m

d. Kecepatan putaran : 160 rpm

e. Daya : 30 Hp

Jumlah : 1 unit

Harga : US\$ 4,400

e) Screw Conveyor

Kode : SC-02

Fungsi : Mengangkut CaSO_4 dari *screen 2*
menuju *rotary dryer*

Jenis : *Helicoid Screw Conveyor*

Bahan : *Carbon Steel SA-53 Grade A*

Kondisi : Suhu : 30°C

Tekanan : 1 atm

Spesifikasi :

- a. Kapasitas : 1030 ft³/jam
- b. Diameter : 0,254 m
- c. Panjang : 5 m
- d. Kecepatan putaran : 80 rpm
- e. Daya : 20 Hp

Jumlah :1

Harga : US\$ 4,400

f) Ball Mill

Kode : BM-01

Fungsi : Menghaluskan CaSO₄ dari *cyclone* sebelum menuju Silo

Jenis : *Ball Mill no. 150 sieve*

Bahan : *Carbon Steel SA-53 Grade A*

Kondisi : Suhu : 35°C
Tekanan : 1 atm

Spesifikasi :

- a. Kapasitas : 1650 ton/jam
- b. Diameter : 3,657 m
- c. Panjang : 3,657 m
- d. Kecepatan putaran : 16,4 rpm
- e. Daya : 1260 Hp

Jumlah :1 unit

Harga : US\$ 1,715,500

g) Cooling Conveyor

Kode : CC-01

Fungsi : Mendinginkan CaSO₄ yang keluar dari *Rotary Kiln* ke suhu 30°C sebelum masuk Screen 2

Jenis : *Cooling Conveyor*

Kondisi : Suhu : 30 °C
Tekanan : 1 atm

Spesifikasi :

- a. Kapasitas : 95021,17 kg/jam
- b. Diameter : 0,249 m
- c. Panjang : 4 m
- d. Kecepatan putaran : 10 rpm

Daya : 1.5 Hp

Jumlah : 1 unit

Harga : US\$ 3,500

h) Blower

Kode : B-01

Fungsi : Mengalirkan udara ke *Heat Exchanger*
(HE-01)

Jenis : *Blower Centrifugal*

Bahan : *Carbon Steel SA-53 Grade A*

Kondisi : Suhu : 30°C

Tekanan : 1 atm

Daya : 0,2500 Hp

Jumlah : 1 unit

Harga : US\$ 5,400

i) Filter

Kode : F-01

Fungsi : Menyaring pengotor atau debu yang terbawa
oleh udara segar

Jenis : *Bag House Filter*

Bahan : *Carbon Steel SA-53 Grade A*

Kondisi : Suhu : 30°C

Tekanan : 1 atm

Spesifikasi :

- a. Diameter : 0,1524 m
- b. Panjang : 2,438 m
- c. Jumlah *bag* : 16 buah
- d. Luas *cloth* : 200,96 ft²

Jumlah : 1 unit

Harga : US\$ 49,200

j) Compressor

Kode : CO-01

Fungsi : Menghisap dan menekan udara yang akan dialirkan ke HE-01

Jenis : *Compressor Sentrifugal*

Bahan : *Carbon Steel SA-53 Grade A*

Kondisi : Suhu : 30°C

Tekanan : 1 atm

Daya : 75 Hp

Jumlah : 1 unit

Harga : US\$ 60,500

k) Hopper

Kode : HO-01

Fungsi : Menampung gypsum dari SC-01 dan Mengumpulkannya ke RK-01

Jenis : *Conical Hopper*

Bahan : *Carbon Steel SA-53 Grade A*

Kapasitas: 101.387,3563 kg/jam

Spesifikasi :

Diameter : 0,134 m

Tinggi : 0,378 m

Tebal : 0,013 m

Jumlah : 1 unit

Harga : US\$ 24,500

3.3.4. Spesifikasi Alat Penukar Panas Bahan

a) Heat Exchanger

Kode : HE-01

Fungsi : Meningkatkan suhu udara masuk ke *Rotary Dryer* dari 30°C – 100°C

Jenis : *Double Pipe Heat Exchanger*

Material : *Stainless Steel SA 167 Grade 3 Type 304*

ANNULUS

Jenis Fluida : Udara

OD : 0,042 m

ID : 0.035 m

INNER PIPE

Jenis Fluida : *Steam*

OD : 0.026 m

ID : 0,021 m

Heat Transfer : 54,687 ft²

Jumlah Hair Pin : 18 buah

Panjang *Hair Pin*: 6,096 m

Jumlah : 1 unit

Harga : US\$ 2,700

3.4. Neraca Massa

Tabel 3 1. Neraca Massa Jaw Crusher

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)
	Arus 1	Arus 2	Arus 2
CaSO ₄ .2H ₂ O	101.387,36		101.387,36
Total	101.387,36		101.387,36

Tabel 3 2. Neraca Massa Screen 1

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	Arus 2	Arus 3	Arus 4
CaSO ₄ .2H ₂ O	101.387,36	81.109,88503	20.277,47
Subtotal	101.387,36	81.109,88503	20.277,47
Total	101.387,36	101.387,3663	

Tabel 3 3. Neraca Massa Rotary Kiln

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	Arus 5	Arus 6	Arus 7
CaSO ₄ .2H ₂ O	101.387,36		
H ₂ O		6.366,18	14.854,43
CaSO ₄			80.166,75
Subtotal	101.387,36	6.366,18	95.021,18
Total	101.387,36	101.387,36	

Tabel 3 4. Neraca Massa Screen 2

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	Arus 5	Arus 6	Arus 7
CaSO ₄	80.166,75	56.116,73	24.050,02
H ₂ O	14.854,43	14.854,43	
Subtotal	95.021,17	70.971,16	24.050,02
Total	95.021,17	95.021,17	

Tabel 3 5. Neraca Massa Rotary Dryer

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	Arus 6	Arus 8	Arus 9
CaSO ₄	56.116,72		50.505,051
H ₂ O	14.854,43	12.233,06	
SO ₃			8.233,04
Subtotal	70.971,15	12.233,06	58.738,09
Total	70.971,15	70.971,15	

Tabel 3 6. Neraca Massa Cyclone

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	Arus 9	Arus 10	Arus 11

CaSO ₄	50.505,051		40.404,04
SO ₃	8.233,04	8.233,04	
CaO			10.101,01
Subtotal	58.738,09	8.233,04	50.505,051
Total	58.738,09	58.738,09	

3.5. Neraca Panas

Tabel 3 7. Neraca Panas Rotary Kiln

Komponen	Q input (kJ/jam)	Q output (kJ/jam)
CaSO ₄ .2H ₂ O	5241490,536	2,76514E+15
Reaksi	2,76514E+15	
Total	2,76514E+15	2,76514E+15

Tabel 3 8. Neraca Panas Rotary Dryer

Komponen	Q input (kJ/jam)	Q output (kJ/jam)
CaSO ₄	7.468.661,98	20.405.093,41
H ₂ O	1.236.340,68	3.087.087,91
SO ₃		6.402.168,74
Udara	18.213.024,57	725.171,64
Total	24.445.345,87	24.445.345,87

Tabel 3 9. Neraca Panas HE-01

Komponen	Masuk (kj/jam)	Keluar (kj/jam)
Produk	16289.9904	257918.1465
Q Steam	241628.1561	0
Total	257918.1465	257918.1465

BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1. Lokasi Pabrik

Menentukan lokasi pabrik didasari dari suatu perusahaan sangat penting, mengacu pada perkembangan ekonomi dan social masyarakat. Karena tinjauan tersebut akan mempengaruhi perusahaan dalam persaingan serta menentukan kelangsungan hidup perusahaan itu sendiri. Penentuan ini didasarkan pada segi ekonomis yaitu “*Return On Investment*” yang bermaksud presentase pengembalian modal tiap tahun.

Daerah operasional melibatkan faktor utama, sedangkan lokasi pabrik yang tetap ditentukan melalui faktor-faktor khusus. Setelah mengobservasi dan mempertimbangkan faktor-faktor yang mempengaruhi lokasi pabrik, maka lokasi pabrik yang direncanakan ini didirikan di daerah Jawa Timur.

Maka diperlukan seleksi serta evaluasi, sehingga lokasi yang dipilih benar-benar memenuhi persyaratan jika ditinjau dari segala aspek pembangunan. Faktor yang harus dipertimbangkan dalam pemilihan lokasi pabrik dapat digolongkan menjadi dua faktor yaitu faktor utama dan faktor khusus.

4.1.1. Faktor Utama

a. Sumber bahan baku

Persediaan bahan baku dalam suatu pabrik adalah merupakan salah satu faktor penentuan dalam memilih lokasi pabrik yang tepat. Ditinjau dari ini, maka pabrik hendaknya didirikan dekat dengan sumber bahan baku yang meliputi:

1. Letak sumber bahan baku.
2. Kapasitas sumber bahan baku tersebut dan berapa lama sumber tersebut dapat diandalkan pengadaannya.
3. Kualitas bahan baku yang ada dan apakah kualitas ini sesuai dengan persyaratan yang dibutuhkan.

4. Cara mendapatkan bahan baku dan pengangkutan.

Bahan baku yang digunakan adalah *Gypsum Dihidrat* ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) dari PT. Petrokimia Gresik di Gresik, Jawa Timur. Pemilihan lokasi pabrik ini berdekatan dengan sumber bahan baku agar saat proses penyaluran bahan akan mendapatkan transportasi yang layak untuk ke lokasi pabrik dengan harga pengangkutan yang rendah. Semakin dekat lokasi pabrik dengan sumber bahan baku maka akan semakin baik dan terjamin bahan baku yang akan didapatkan oleh pabrik (Wijana, 2012).

b. Pemasaran

Merupakan salah satu faktor yang penting dalam suatu pabrik atau industri. Karena berhasil atau tidaknya pemasaran akan menentukan keuntungan industri tersebut. Hal-hal ini yang diperhatikan adalah:

1. Dimana produksi akan dipasarkan.
2. Kebutuhan akan produk pada saat sekarang dan akan datang.
3. Pengaruh persaingan yang ada.
4. Jarak pemasaran dan lokasi dari lokasi dan bagaimana sarana pengangkutan untuk mencapai daerah pemasaran.

Dari penjelasan diatas distribusi dan pemasaran dapat dilakukan melalui kota Surabaya dimana segala fasilitas telah tersedia karena kedudukan Surabaya sebagai Ibukota Provinsi Jawa Timur.

c. Utilitas

Utilitas dari suatu pabrik terdiri dari air, listrik dan bahan bakar.

1. Air

Merupakan kebutuhan yang sangat penting dalam suatu industri kimia. Air diunakan untuk kebutuhan proses, media pendingin, air umpan boiler, air sanitasi serta pencegah bahaya kebakaran. Untuk memenuhi kebutuhan ini, air dapat diambil dari 3 macam sumber, yaitu air sumber/sungai, air Kawasan serta air dari PDAM. Hal-hal yang perlu diperhatikan adalah:

- Sampai seberapa jauh sumber ini dapat melayani pabrik.
- Kualitas sumber air yang tersedia.
- Pengaruh mesin terhadap kemampuan penyediaan.

2. Listrik dan Bahan Bakar

Listrik dan bahan bakar dalam industry mempunyai peranan penting terutama sebagai motor penggerak selain sebagai penerangan dan untuk memenuhi kebutuhan lainnya. Hal-hal yang perlu diperhatikan adalah:

- Ada atau tidaknya serta jumlah tenaga listrik di daerah tersebut.
- Harga tenaga listrik di daerah tersebut.
- Persediaan tenaga listrik dan bahan bakar di masa mendatang.
- Mudah atau tidaknya mendapatkan bahan bakar.

Agar produksi dari pabrik ini tidak bergantung pada *supply* dari PLN dan untuk menghemat biaya, maka didirikan unit-unit pembangkit listrik sendiri, sehingga PLN digunakan apabila pabrik tidak beroperasi dan apabila generator ada kerusakan. Dengan demikian pabrik diharapkan dapat berjalan dengan lancar. Bahan bakar untuk pabrik ini mudah diperoleh dari Pertamina.

3. Iklim dan Alam Sekitar

Hal-hal yang perlu diperhatikan adalah:

1. Keadaan alam yang menyulitkan konstruksi akan mempengaruhi spesifikasi peralatan dan konstruksi peralatan.
2. Keadaan angin pada situasi terburuk yang pernah terjadi pada tempat tersebut.
3. Gempa bumi yang telah terjadi.
4. Kemungkinan untuk perluasan dimasa yang akan datang.

4.1.2. Faktor Khusus

a. Transportasi

Masalah transportasi perlu dipertimbangkan agar kelancara perbekalan (*supply*) bahan baku dan penyaluran produk akan dapat terjamin dengan biaya serendah mungkin dan dalam waktu singkat, karena itu perlu diperhatikan fasilitas-fasilitas yang ada seperti:

1. Jalan raya yang dilalui mobil.
2. Jalan kereta api.
3. Sungai yang dapat dilayari kapal dan perahu.
4. Adanya Pelabuhan dan bandara.

Fasilitas pengangkutan darat dapat dipenuhi dengan adanya jalan raya yang dilalui oleh kendaraan yang bermuatan besar dan fasilitas pengangkutan laut dapat dipenuhi dengan tersedianya Pelabuhan-pelabuhan baik disekitar Lamongan dan Surabaya. Untuk transportasi udara dapat dipenuhi melalui bandara udara di Surabaya.

b. Buangan Pabrik (*Waste Deposal*)

Hal ini berkaitan dengan usaha pencegahan terhadap pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh buangan pabrik yang berupa gas, cair maupun padat dengan memperhatikan

peraturan pemerintah. Apabila buangan pabrik berbahaya bagi kehidupan di sekitarnya, maka harus diperhatikan:

1. Cara mengeluarkan bentuk buangan, terutama hubungan dengan peraturan pemerintah dan peraturan setempat.
2. Masalah polusi yang mungkin timbul, dalam hal ini buangan pabrik tidak menimbulkan persoalan yang penting karena pabrik ini tidak membuang sisa-sisa proses produksi yang mengandung bahan yang berbahaya karena air buangan pabrik telah mengalami pengolahan terlebih dahulu sebelum dibuang ke badan penerima pembuangan air.

c. Tenaga Kerja

Hal-hal yang perlu diperhatikan adalah:

1. Mudah atau tidaknya mendapatkan tenaga kerja yang diinginkan.
2. Keahlian dan pendidikan tenaga kerja yang tersedia.
3. Tingkat penghasilan tenaga kerja di daerah tersebut.

Umumnya tenaga kerja dapat dengan mudah dipenuhi dari daerah sekitar lokasi pabrik dengan ongkos buruh yang cukup murah dan hal ini merupakan Langkah positif untuk mengurangi angka pengangguran.

d. Karakteristik dari lokasi

Hal-hal yang harus diperhatikan adalah:

1. Apakah daerah tersebut merupakan lokasi bebas sawah, rawa, bukit, dan sebagainya.
2. Harga tanah dan fasilitas lainnya.

Dalam hal ini struktur tanah cukup baik dan juga didukung terhadap pondasi bangunan dan pondasi jalan.

e. Masalah lingkungan dan komunitas

Hal-hal yang perlu diperhatikan adalah:

1. Apakah merupakan pedesaan atau perkotaan.

2. Fasilitas rumah, sekolah dan tempat beribadah.

Menurut pengamatan, tidak ada pertentangan dari penduduk sekitar dalam mendirikan pabrik baru mengingat daerah tersebut merupakan daerah industry. Selain fasilitas perumahan, Pendidikan, kesehatan dan tempat peribadahan sudah tersedia di daerah tersebut.

f. Peraturan dan perundang-undangan

Hal-hal yang perlu diperhatikan adalah:

1. Ketentuan-ketentuan mengenai daerah tersebut.
2. Ketentuan mengenai jalan umum yang ada.
3. Ketentuan mengenai jalan umum bagi industry di daerah tersebut.

Menurut Peraturan Pemerintah dan Peraturan Daerah, daerah lokasi pabrik merupakan daerah Kawasan industry. Berdasarkan atas pertimbangan-pertimbangan factor-faktor tersebut diatas, maka pemilihan lokasi pabrik cukup memenuhi persyaratan.



Gambar 4 1. Lokasi Pabrik *Calcium Sulfate*

4.2. Tata Letak Pabrik (*Plant Layout*)

Tata letak pabrik ini terdiri dari pengaturan letak mesin, material, personalia, fasilitas pelayanan, dan lain-lain. Dalam menentukan letak pabrik terdapat kelebihan yang akan didapatkan seperti rendahnya biaya pengendalian bahan, berkurangnya kecelakaan karyawan, terjadi keseimbangan dalam proses produksi, gangguan dari mesin berkurang dan ruang yang telah disediakan dimanfaatkan dengan baik (Wijana, 2012).

Tujuan dari tata letak pabrik ini adalah agar proses produksi bekerja secara lancar, efektif, ekonomis dan nyaman. Tata letak pabrik yang disusun dengan baik akan menghemat penggunaan lahan, mengurangi waktu tunggu, menghindari antrian, serta memperlancar distribusi bahan dan pergerakan tenaga kerja selama proses produksi sehingga dapat meningkatkan produktivitas dan kualitas tenaga kerja (Wijana, 2012).

Pengaturan posisi bangunan diatur sedemikian rupa sehingga area pabrik dapat dimanfaatkan secara efisien. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pengaturan Pabrik Kalsium Sulfat adalah:

1. Letak bangunan pabrik disesuaikan dengan urutan aliran proses.
2. Tiap-tiap alat diberikan ruang yang cukup luas agar memudahkan pemeliharanya.
3. Bahan baku dan produk dapat diangkut dengan mudah.
4. Letak bangunan proses dan perkantoran terpisah agar karyawan yang berada di kantor tidak terganggu dengan suasana bangunan.
5. Menempatkan bahan-bahan yang berbahaya di daerah yang terisolasi dan ditempatkan alat pemadam kebakaran.
6. Tersedianya lahan kosong untuk perluasan pabrik.

Dalam pertimbangan pada prinsipnya perlu dilihat melalui aspek biaya instalasi yang rendah dan system manajemen yang efisien. Tata letak pabrik dibagi dalam beberapa daerah utama, yaitu:

1. Daerah Proses

Daerah ini merupakan tempat proses. Penyusunan perencanaan tata letak peralatan berdasarkan aliran proses. Daerah proses diletakkan di tengah-tengah pabrik, sehingga memudahkan *supply* bahan baku dari gudang persediaan dan pengiriman produk ke daerah penyimpanan serta memudahkan pengawasan dan perbaikan alat-alat.

2. Daerah penyimpanan (*Storage Area*)

Daerah ini merupakan tempat penyimpanan hasil produksi yang pada umumnya dimasukkan kedalam tangki atau drum yang sudah siap dipasarkan.

3. Daerah Pemeliharaan Pabrik dan Bangunan

Daerah ini merupakan tempat melakukan kegiatan perbaikan dan perawatan peralatan, terdiri dari beberapa bengkel untuk melayani permintaan perbaikan dari pabrik dan bangunan.

4. Daerah Utilitas

Daerah ini merupakan tempat penyediaan keperluan pabrik yang berhubungan dengan utilitas yaitu air, *steam*, *brine* dan listrik.

5. Daerah Administrasi

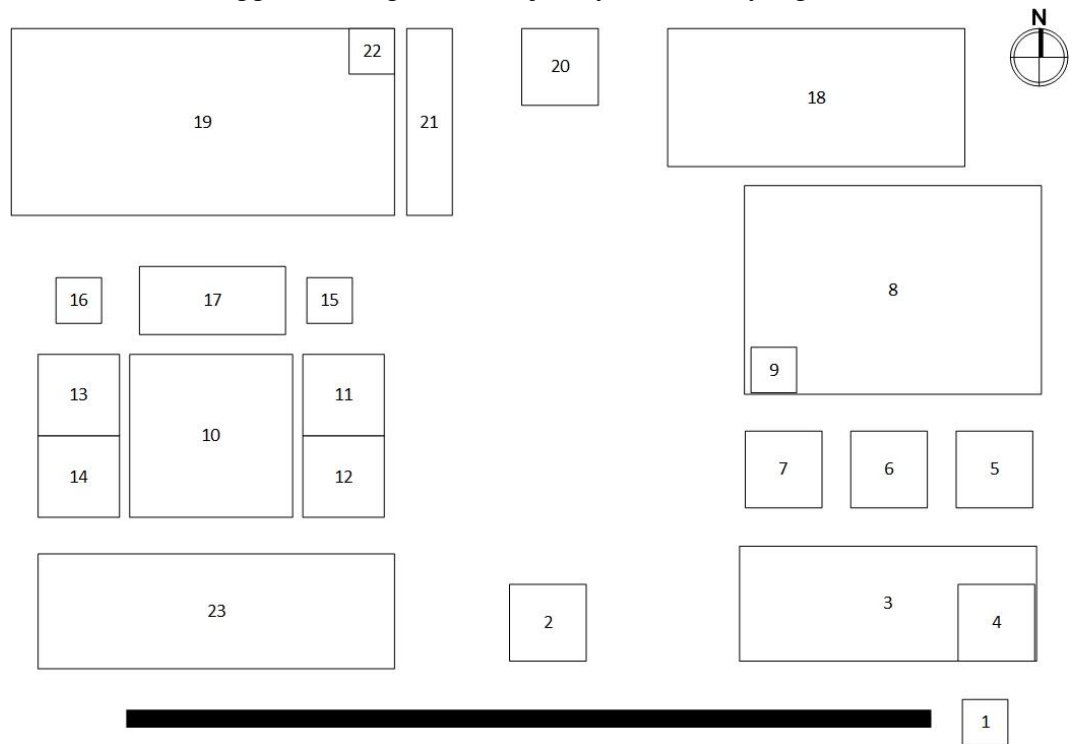
Merupakan pusat dari semua kegiatan administrasi pabrik dalam mengatur operasi pabrik serta kegiatan-kegiatan lainnya.

6. Daerah Perluasan

Digunakan untuk persiapan jika pabrik menadakan perluasan dimasa yang akan datang. Daerah perluasan ini terletak dibagian belakang pabrik.

7. *Plant Service*

Meliputi bengkel, kantin umum dan fasilitas kesehatan/poliklinik. Bangunan-bangunan ini harus ditempatkan sebaik mungkin sehingga memungkinkan terjadinya efisiensi yang maksimum.



Gambar 4 2. Tata Letak Pabrik Skala 1:1000

Keterangan Gambar:

- | | |
|---------------------------|-----------------------|
| 1. Jalan | 13. Masjid |
| 2. Pos Keamanan | 14. Perpustakaan |
| 3. Parkir Mobil dan Motor | 15. Kantin |
| 4. Mess | 16. Generator |
| 5. Bengkel | 17. Aula |
| 6. Gudang Peralatan | 18. Area Perluasan |
| 7. Area Pemadam Kebakaran | 19. Area Utilitas |
| 8. Area Proses | 20. Generator |
| 9. Ruang Kontrol | 21. Area Parkir truk |
| 10. Kantor | 22. Pembuangan Limbah |
| 11. Perpustakaan | 23. Taman |
| 12. Poliklinik | |

Perincian Luas Daerah Pabrik (m²):

Tabel 4 1. Luas Lokasi Pabrik

Lokasi	Luas (m2)
Area Proses	3850
Area Utilitas	1330
Gudang Peralatan	250
Bengkel	250
Area Parkir Mobil dan Motor	600
Area Parkir Truk	500
Kantor	1200
Aula	300
Masjid	900
Kantin	224
Mess	400
Area Pemadam Kebakaran	250
Laboratorium	200
Poliklinik	100
Perpustakaan	400
Taman	200
Area Perluasan	3500
Jalan	2350
Pos Keamanan	25
Area Proses	3850
Area Utilitas	1330
Luas Tanah	16829
Luas Bangunan	10779
Total	27608

4.3. Tata Letak Mesin/Alat Proses (*Machines Layout*)

Ada beberapa hal yang perlu di perhatikan dalam perancangan tata letak peralatan proses pada pabrik, yaitu:

1. Aliran bahan baku dan produk

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

2. Aliran udara

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

3. Pencahayaan

Penerangan seluruh pabrik harus memadai. Khususnya pada tempat – tempat proses yang berbahaya atau beresiko tinggi harus diberi penerangan tambahan.

4. Lalu lintas manusia dan Kendaraan

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

5. Pertimbangan ekonomi

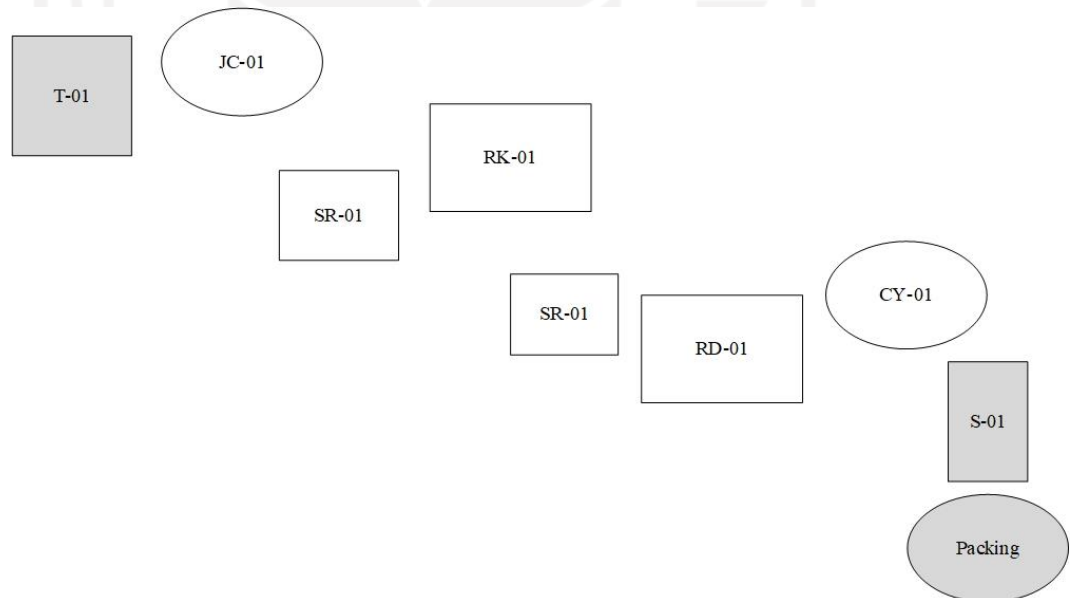
Dalam menempatkan alat-alat proses pada pabrik diusahakan agar dapat menekan biaya operasi dan menjamin kelancaran seta keamanan produksi pabrik sehingga dapat menguntungkan dari segi ekonomi.

6. Jarak antar alat proses

Untuk alat proses yang mempunyai suhu dan tekanan operasi tinggi, sebaiknya dipisahkan dari alat proses lainnya, sehingga apabila terjadi ledakan atau kebakaran pada alat tersebut, tidak membahayakan alat-alat proses lainnya.

Tata letak proses harus dirancang sedemikian rupa sehingga:

1. Kelancaran proses produksi dapat terjamin
2. Biaya material handling menjadi rendah, sehingga menyebabkan menurunnya pengeluaran untuk *capital* yang tidak penting
3. Karyawan mendapatkan kepuasan dalam bekerja
4. Jika tata letak peralatan proses sedemikian rupa sehingga urutan proses produksi lancar, maka perusahaan tidak perlu memakai alat angkut dengan biaya mahal
5. Dapat mengefektifkan penggunaan luas lantai.



Gambar 4 3 Tata Letak Alat Proses

4.4. Organisasi Perusahaan

4.4.1 Bentuk Perusahaan

Pabrik *Calcium Sulfate* dari Gypsum dengan kapasitas 400.000 ton/tahun yang direncanakan mempunyai bentuk perusahaan berupa Perseroan Terbatas (PT). Perseroan terbatas merupakan bentuk

perusahaan yang mendapatkan modal dari penjualan saham dimana tiap sekutu turut mengambil bagian sebanyak satu saham atau lebih. Saham merupakan 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.

Alasan dipilihnya bentuk perusahaan perseroan terbatas adalah didasarkan atas beberapa faktor, antara lain:

1. Mudah untuk mendapatkan modal, yaitu dengan saham perusahaan
2. Tanggung jawab pemegang saham terbatas sehingga kelancaran produksi hanya dipegang oleh pengurus perusahaan.
3. Pemilik dan pengurus perusahaan terpisah satu sama lain. Pemilik perusahaan adalah pemegang saham, sedangkan pengurus perusahaan adalah direksi beserta staf yang diawasi oleh komisaris.
4. Kelangsungan hidup perusahaan lebih terjamin, karena tidak berpengaruh dengan berhentinya pemegang saham, direksi beserta staf, dan karyawan perusahaan.
5. Efisiensi manajemen pemegang saham dapat memilih orang sebagai dekam komisaris beserta direktur yang cukup dan berpengalaman.
6. Lapangan usaha lebih luas. Suatu perusahaan perseroan terbatas dapat menarik modal yang besar dari masyarakat, sehingga dapat memperluas usaha

4.4.2 Struktur Organisasi

Organisasi merupakan suatu wadah atau alat dimana orang-orang yang mempunyai satu visi melakukan kegiatan untuk mencapai tujuan yang diharapkan. Struktur organisasi adalah gambaran secara sistematis terhadap tugas dan tanggung jawab serta hubungan antara bagian-bagian dalam perusahaan. 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. Dewan Komisaris
- c. Direktur Utama
- d. Direktur
- e. Kepala Bagian
- f. Kepala Seksi
- g. Karyawan dan Operator

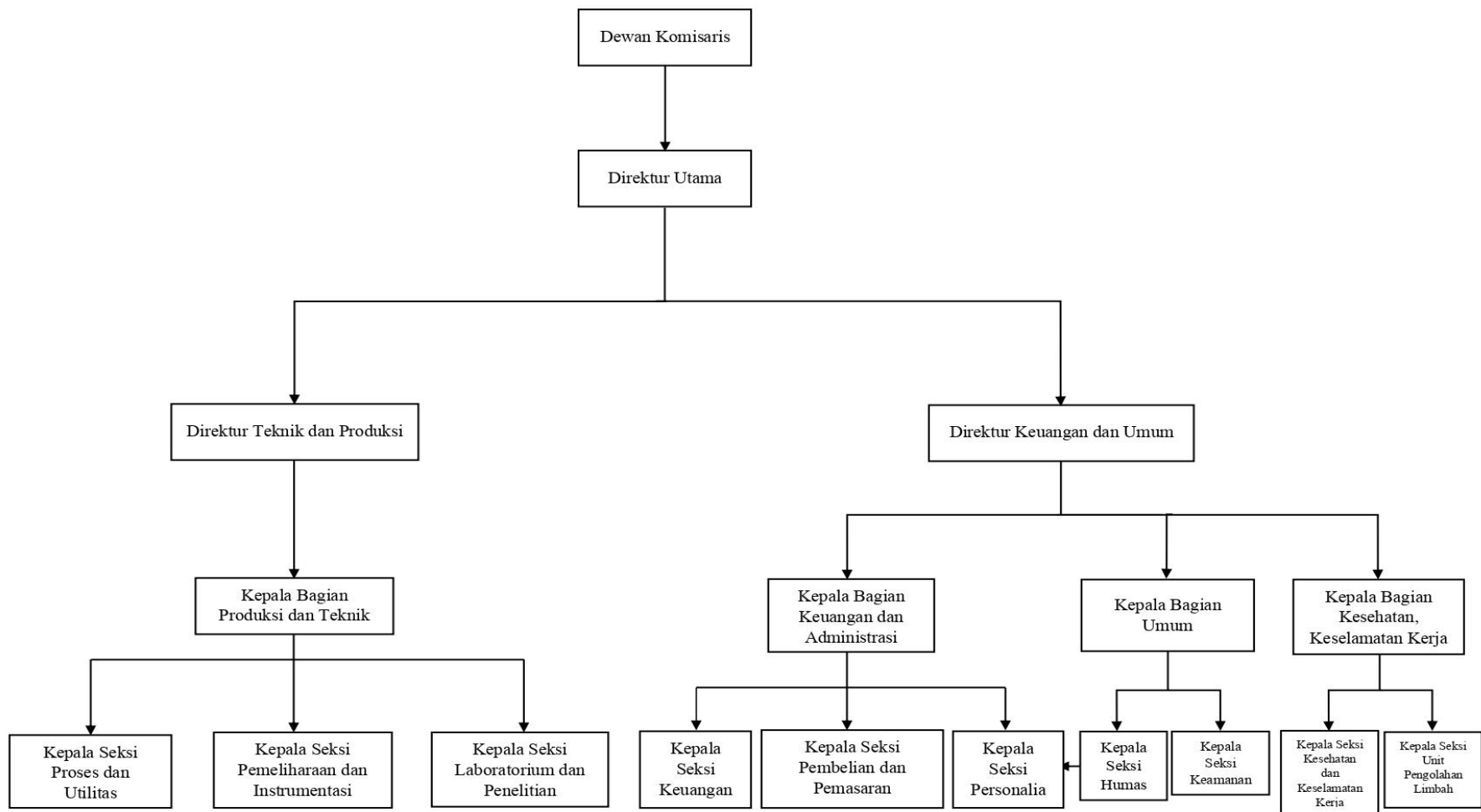
Pemegang saham sebagai pemilik perusahaan, dalam pelaksanaan tugas sehari-harinya diwakili oleh seorang Dewan Komisaris, sedangkan tugas menjalankan perusahaan dilakukan oleh seorang Direktur yang dibantu oleh Manajer Operasional serta Manajer Keuangan dan Umum. Dimana Manajer Operasional membawahi bidang produksi, utilitas, pemeliharaan serta pengembangan dan pengendalian mutu. Sedangkan Manajer Keuangan dan umum membawahi bidang pemasaran, administrasi, bagian umum dan keamanan serta bagian kesehatan, keselamatan kerja dan lingkungan. Masing-masing kepala bagian akan membawahi beberapa seksi (Supervisor) dan masing-masing akan membawahi dan mengawasi beberapa karyawan atau staf 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.

Manfaat adanya struktur organisasi tersebut adalah sebagai berikut:

1. Menjelaskan wewenang pembatasan tugas, tanggung jawab dan wewenang.
2. Sebagai bahan orientasi pejabat

3. Penempatan pegawai yang lebih tepat
4. Penyusunan program pengembangan manajemen
5. Mengatur kembali langkah-langkah kerja dan prosedur kerja yang berlaku bila terbukti kurang lancar.





Gambar 4 4. Struktur Organisasi

4.4.3 Tugas dan Wewenang

4.4.3.1 Pemegang Saham

Pemegang saham adalah beberapa orang yang mengumpulkan modal untuk pabrik dengan cara membeli saham perusahaan. Mereka adalah pemilik perusahaan dan mempunyai kekuasaan tertinggi dalam perusahaan. Tugas dan wewenang pemegang saham:

- Memilih dan menghentikan komisaris
- Meminta pertanggungjawaban kepada komisaris
- Mengangkat dan memberhentikan Direktur
- Mengesahkan hasil-hasil usaha serta neraca perhitungan untung rugi tahunan dari perusahaan.

4.4.3.2 Dewan Komisaris

Dewan komisaris sebagai wakil dari pemegang saham dan semua keputusan dipegang dan ditentukan oleh Rapat Persero. Biasanya yang menjadi Ketua Dewan Komisaris adalah ketua dari pemegang saham, yang dipilih dari rapat umum pemegang saham. Tugas dan wewenang Dewan Komisaris :

- Menilai dan menyetujui rencana direksi tentang kebijaksanaan umum, target laba perusahaan, alokasi sumber-sumber dana dan pengarahannya.
- Mengawasi tugas-tugas direktur utama
- Membantu direktur utama dalam hal-hal penting.
- Mempertanggungjawabkan Perusahaan kepada pemegang saham.

4.4.3.3 Direktur Utama

Direktur utama adalah pimpinan perusahaan yang bertanggung jawab kepada Dewan Komisaris dan membawahi:

- Direktur Teknik dan Produksi

- Direktur Keuangan

Tugas dan wewenang Direktur Utama:

- Bertanggung jawab kepada Dewan Komisaris
- Menetapkan kebijaksanaan peraturan dan tata tertib perusahaan
- Mengatur dan mengawasi keuangan perusahaan
- Mengangkat dan memberhentikan pegawai
- Bertanggung jawab atas kelancaran perusahaan

4.4.3.4 Staff Ahli

Staff Ahli terdiri dari tenaga ahli yang bertugas membantu direksi dalam menjalankan tugasnya baik yang berhubungan dengan Teknik maupun administrasi. Staff ahli ini bersifat sebagai konsultan yang diminta pertimbangannya apabila perusahaan mengalami suatu masalah. Staff ahli tersebut yaitu:

- Ahli Teknik
- Ahli Proses
- Ahli Ekonomi dan Marketing
- Ahli Hukum

Tugas dan wewenang:

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

4.4.3.5 Kepala Bagian

Secara umum tugas Kepala Bagian merupakan koordinator, mengatur dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan garis-garis yang diberikan oleh pimpinan

perusahaan. Kepala bagian ini bertanggung jawab kepada direktur masing-masing. Kepala bagian terdiri dari:

1. Kepala Bagian Proses dan Utilitas

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

2. Kepala Bagian Keuangan dan Pemasaran

Tugas: Merencanakan, menyelenggarakan, dan mengevaluasi hasil operasi keuangan serta pemasaran.

3. Kepala Bagian Administrasi

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

4. Kepala Bagian Humas dan Keamanan

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

5. Kepala Bagian Kesehatan, Keselamatan Kerja dan Lingkungan

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

6. Kepala Bagian Penelitian, Pengembangan dan Pengendalian Mutu

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

7. Kepala Bagian Pemeliharaan, Listrik, dan Instrumentasi

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

4.4.3.6 Kepala Seksi

Kepala seksi merupakan 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.

1. Kepala Seksi Proses

Tugas: Memimpin langsung serta memantau kelancaran proses.

2. Kepala Seksi Bahan Baku dan Produk

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

3. Kepala Seksi Utilitas

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

4. Kepala Seksi Pemeliharaan dan Bengkel

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

5. Kepala Seksi Listrik dan Instrumentasi

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

6. Kepala Seksi Bagian Penelitian dan Pengembangan

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

7. Kepala Seksi Laboratorium dan Pengendalian Mutu

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

8. Kepala Seksi Keuangan

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

9. Kepala Seksi Pemasaran

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

10. Kepala Seksi Tata Usaha

Tugas: Bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan dengan rumah tangga perusahaan serta tata usaha kantor.

11. Kepala Seksi Personalia

Tugas: Mengkoordinasikan kegiatan yang berhubungan dengan kepegawaian.

12. Kepala Seksi Humas

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

13. Kepala Seksi Keamanan

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

14. Kepala Seksi Kesehatan dan Keselamatan Kerja

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

15. Kepala Seksi Unit Pengolahan Limbah

Tugas: Bertanggung jawab terhadap limbah pabrik agar sesuai dengan baku mutu limbah.

4.4.4 Ketenagakerjaan

Suatu perusahaan dapat berkembang dengan baik jika didukung oleh beberapa faktor. Salah satu faktor yang mendukung perkembangan perusahaan adalah pemakaian sumber daya manusia untuk ditempatkan pada bidang-bidang pekerjaan sesuai keahlian. Faktor tenaga kerja merupakan faktor yang sangat menunjang dalam masalah kelangsungan berjalannya proses produksi dan menjamin beroperasinya alat-alat dalam pabrik. Untuk itu harus dijaga hubungan antara karyawan dengan perusahaan, karena hubungan yang harmonis akan menimbulkan semangat kerja dan meningkatkan produktifitasnya kerjanya, yang pada akhirnya akan meningkatkan produktifitas perusahaan.

Hubungan ini dapat terealisasi dengan baik jika adanya komunikasi serta fasilitas-fasilitas yang diberikan perusahaan kepada

karyawan. Salah satu contoh nyata adalah sistem pengajian atau pengupahan yang sesuai dengan Upah Minimum Regional (UMR) sehingga kesejahteraan dapat ditingkatkan.

Sistem upah karyaawan perusahaan ini berbeda-beda tergantung pada status karyawan, kedudukan, tanggung jawab dan keahlian. Menurut statusnya karyawan perusahaan ini dapat dibagi menjadi tiga golongan, yaitu

4.4.5 Jadwal Kerja Karyawan

Pabrik *Calcium Sulfate* dari Gypsum direncanakan beroperasi 24 jam sehari secara kontinyu. Jumlah hari kerja selama satu tahun adalah 330 hari. Hari-hari yang lainnya digunakan untuk perawatan dan perbaikan.

Catatan Hari kerja dan liburan karyawan:

a. Cuti Tahunan

Karyawan mempunyai hak cuti setahun selama 12 hari setiap tahun. Bila dalam waktu 1 tahun hak cuti tersebut tidak dipergunakan, maka hak tersebut akan hilang untuk tahun itu.

b. Hari Libur Nasional

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

c. Kerja Lembur

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

Dalam kerjanya, karyawan dibedakan menjadi dua, yaitu

1. Karyawan Nonshift

Bekerja selama enam hari dalam seminggu, sedang hari minggu dan hari besar libur.

Pembagian jam kerja karyawan nonshift sebagai berikut:

- Senin-Jumat : 07.00 – 15.00 WIB
- Sabtu : 07.00 – 13.00 WIB

2. Karyawan Shift

Untuk karyawan shift bekerja 24 jam terbagi dalam 3 shift, yaitu:

- Shift 1 (pagi) : 07.00 – 15.00 WIB
- Shift 2 (siang) : 15.00 – 23.00 WIB
- Shift 3 (malam): 23.00 – 07.00 WIB

Untuk memenuhi kebutuhan ini diperlukan 4 regu dimana 3 regu kerja dan 1 regu libur. Jadwal kerja masing-masing regu ada pada tabel berikut:

Tabel 4 2. Jadwal Pembagian Kerja Karyawan *Shift*

Regu	Hari ke:													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
I	P	P	P	L	S	S	S	L	M	M	M	L	P	P
II	S	S	L	M	M	M	L	P	P	P	L	S	S	S
III	M	L	S	S	S	L	P	P	P	L	M	M	M	L
IV	L	M	M	M	L	S	S	S	L	P	P	P	L	M

Lanjutan Tabel 4 2. Jadwal Pembagian Kerja Karyawan *Shift*

Regu	Hari ke:															
	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
I	P	P	P	L	S	S	S	L	M	M	M	L	P	P	P	L
II	S	S	L	M	M	M	L	P	P	P	L	S	S	S	L	P
III	M	L	S	S	S	L	P	P	P	L	M	M	M	L	S	M
IV	L	M	M	M	L	S	S	S	L	P	P	P	L	M	M	S

Keterangan :

P : Pagi

S : Siang

M : Malam

L : Libur

4.4.6 Perincian Jumlah Karyawan dan Sistem Gaji Pegawai

Jumlah karyawan harus disesuaikan secara tepat sehingga semua pekerjaan yang ada dapat diselesaikan dengan baik dan efisien.

Penentuan jumlah karyawan dapat dilakukan dengan melihat jenis proses ataupun jumlah unit proses yang ada. Sistem gaji perusahaan ini dibagi menjadi 3 golongan yaitu:

1. Gaji Harian

Gaji ini diberikan kepada karyawan tidak tetap atau buruh harian.

2. Gaji Bulanan

Gaji ini diberikan kepada pegawai tetap dan besarnya gaji sesuai dengan peraturan perusahaan.

3. Gaji Lembur

Gaji ini diberikan kepada karyawan yang bekerja melebihi jam kerja yang telah ditetapkan dan besarnya sesuai dengan peraturan perusahaan.

Tabel 4 3. Gaji Karyawan

No	Jabatan	Jumlah	Gaji (/orang/bulan)	Gaji (/bulan)
1	Dewan Komisaris	1	Rp60.000.000	Rp60.000.000
2	Direktur Utama	1	Rp55.000.000	Rp55.000.000
3	Staff Ahli	1	Rp45.000.000	Rp45.000.000
4	Direktur Produksi dan Teknik	1	Rp40.000.000	Rp40.000.000
5	Direktur Keuangan dan Umum	1	Rp40.000.000	Rp40.000.000
6	Kepala Bagian Produksi	1	Rp30.000.000	Rp30.000.000
7	Kepala Bagian Teknik	1	Rp30.000.000	Rp30.000.000
8	Kepala Bagian Pemasaran	1	Rp30.000.000	Rp30.000.000
9	Kepala Bagian Keuangan dan Administrasi	1	Rp30.000.000	Rp30.000.000
10	Kepala Bagian Umum	1	Rp30.000.000	Rp30.000.000
11	Kepala Bagian K3 dan Litbang	1	Rp30.000.000	Rp30.000.000
12	Kepala Seksi Proses	1	Rp25.000.000	Rp25.000.000
13	Kepala Seksi Pengendalian	1	Rp25.000.000	Rp25.000.000
14	Kepala Seksi Laboratorium	1	Rp25.000.000	Rp25.000.000
15	Kepala Seksi Utilitas	1	Rp25.000.000	Rp25.000.000
16	Kepala Seksi Pembelian	1	Rp25.000.000	Rp25.000.000
17	Kepala Seksi Pemasaran	1	Rp25.000.000	Rp25.000.000
18	Kepala Seksi Administrasi	1	Rp25.000.000	Rp25.000.000
19	Kepala Seksi Kas	1	Rp25.000.000	Rp25.000.000
20	Kepala Seksi Personalia	1	Rp25.000.000	Rp25.000.000
21	Kepala Seksi Humas	1	Rp25.000.000	Rp25.000.000
22	Kepala Seksi Keamanan	1	Rp25.000.000	Rp25.000.000
23	Kepala Seksi K3	1	Rp25.000.000	Rp25.000.000

Lanjutan Tabel 4.3. Gaji Karyawan

No	Jabatan	Jumlah	Gaji (/orang/bulan)	Gaji (/bulan)
24	Kepala Seksi Litbang	1	Rp25.000.000	Rp25.000.000
25	Karyawan Proses	6	Rp10.000.000	Rp60.000.000
26	Karyawan Pengendalian	4	Rp10.000.000	Rp40.000.000
27	Karyawan Laboratorium	4	Rp10.000.000	Rp40.000.000
28	Karyawan Pemeliharaan	4	Rp10.000.000	Rp40.000.000
29	Karyawan Utilitas	6	Rp10.000.000	Rp60.000.000
30	Karyawan Pembelian	2	Rp10.000.000	Rp20.000.000
31	Karyawan Pemasaran	2	Rp10.000.000	Rp20.000.000
32	Karyawan Administrasi	2	Rp10.000.000	Rp20.000.000
33	Karyawan Kas	2	Rp10.000.000	Rp20.000.000
34	Karyawan Personalia	2	Rp10.000.000	Rp20.000.000
35	Karyawan Humas	2	Rp10.000.000	Rp20.000.000
36	Karyawan Keamanan	4	Rp10.000.000	Rp40.000.000
37	Karyawan K3	4	Rp10.000.000	Rp40.000.000
38	Karyawan Litbang	4	Rp10.000.000	Rp40.000.000
39	Operator	52	Rp6.500.000	Rp338.000.000
40	Supir	5	Rp4.500.000	Rp22.500.000
41	Librarian	2	Rp4.500.000	Rp9.000.000
42	<i>Cleaning Service</i>	6	Rp4.500.000	Rp27.000.000
43	Dokter	2	Rp12.000.000	Rp24.000.000
44	Perawat	4	Rp6.000.000	Rp24.000.000
Total		143	Rp923.000.000	Rp1.669.500.000

4.4.7 Kesejahteraan Karyawan

Pemberian upah yang akan dibayarkan ke pada pekerja direncanakan diatur menurut tingkatan Pendidikan, status pekerjaan dan tingkat golongan. Upah minimum pekerja tidak kurang dari upah minimum kota yang diberlakukan oleh pemerintah (Upah Minimum

Regional) dan pelaksanaannya sesuai ketentuan yang berlaku pada perusahaan. Tingginya golongan yang disandang seorang karyawan menentukan besarnya gaji pokok yang diterima oleh karyawan tersebut. Karyawan akan mendapatkan kenaikan golongan secara berkala menurut masa kerja, jenjang Pendidikan dan prestasi karyawan.

4.4.8 Fasilitas Karyawan

Fasilitas karyawan yang diberikan oleh perusahaan pada karyawan antara lain:

a. **Pakaian Kerja**

Perusahaan memberikan pakaian kerja kepada karyawan tetap sebanyak 2 pasang per tahun, selain itu juga disediakan masker sebagai alat pengaman kerja.

b. **Tunjangan Hari Raya (THR)**

Perusahaan memberikan THR kepada karyawan tetap berupa uang dan dikeluarkan bersama dengan gaji, dimana besarnya disesuaikan dengan kedudukan, keahlian dan masa kerja.

c. **Pengobatan**

Dapat dilakukan di poliklinik perusahaan secara gratis atau pada rumah sakit atau dokter yang ditunjuk oleh perusahaan, dimana biaya pengobatan menjadi tanggung jawab perusahaan sepenuhnya.

d. **Jamsostek**

Merupakan asuransi pertanggungan jiwa dan asuransi kecelakaan.

e. **Masjid dan Kegiatan Kerohanian**

Perusahaan membangun tempat ibadah (masjid) agar karyawan dapat menjalankan kewajiban rohaninya dan melaksanakan aktifitas keagamaan lainnya.

f. **Transportasi**

Untuk meningkatkan produktifitas dan memperingankan beban pengeluaran karyawan, perusahaan memberikan uang transport tiap hari yang penyerahannya bersamaan dengan penerimaan gaji tiap bulan.

g. Hak Cuti

1. Cuti Tahunan

Diberikan kepada karyawan selama 12 hari kerja dalam 1 tahun.

2. Cuti Massal

Setiap tahun diberikan cuti massal untuk karyawan bertepatan dengan hari raya Idul Fitri selama 4 hari kerja.

BAB V

UTILITAS

Agar pabrik bisa beroperasi dengan baik, diperlukan sarana penunjang yang penting demi kelancaran jalannya proses produksi. Unit pendukung proses bisa dikatakan juga sebagai unit utilitas. Sarana penunjang ini tidak kalah pentingnya dengan bahan baku dan bahan pembantu yang dibutuhkan dalam proses.

Salah satu faktor yang menunjang kelancaran suatu proses produksi di dalam pabrik yaitu penyediaan utilitas. Berikut unit-unit yang ada pada utilitas:

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

5.1. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air

5.1.1. Unit Penyediaan Air

Untuk memenuhi kebutuhan air dalam suatu pabrik umumnya menggunakan air sumur, air sungai, air danau maupun air laut sebagai sumbernya. Dalam perancangan pabrik *Calcium Sulfate* ini menggunakan sumber air yang berasal dari air Sungai Bengawan Solo. Adapun penggunaan air sungai sebagai sumber air dengan pertimbangan sebagai berikut:

- a) Air sungai merupakan sumber air yang kontinuitasnya relative tinggi, sehingga kendala kekurangan air dapat dihindari.
- b) Pengolahan air sungai relatif lebih mudah, sederhana dan biaya pengolahan relatif murah dibandingkan dengan proses pengolahan air laut yang lebih rumit dan biaya pengolahannya umumnya lebih besar.

Pada umumnya, kebutuhan air pada pabrik digunakan untuk keperluan:

a. Air Pendingin

Air pendingin diproduksi oleh menara pendingin (*cooling tower*). Unit air pendingin ini mengolah air dengan proses pendinginan, untuk dapat digunakan sebagai air dalam proses pendinginan pada alat pertukaran panas (*heat exchanger*) dan alat yang membutuhkan air pendinginan.

Air pendingin yang keluar dari media-media perpindahan panas di area proses akan disirkulasikan dan didinginkan kembali seluruhnya di dalam *cooling tower*. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pengolahan air sungai sebagai pendingin adalah:

- Partikel-partikel besar/makroba (makhluk hidup sungai dan konstituen lain).
- Partikel-partikel kecil/mikroba (ganggang dan mikroorganisme sungai).

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

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

b. Air Untuk Umpan Boiler

Untuk kebutuhan umpan boiler, sumber air yang digunakan adalah air sungai. Agar tidak terjadinya kerusakan pada boiler, perlu memperhatikan beberapa hal 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 masuk karena aerasi maupun kontak dengan udara luar.

- Zat yang dapat menyebabkan kerak (*Scaling*)

Pembentukan kerak disebabkan adanya kesadahan pada air umpan boiler dan suhu tinggi, yang biasanya berupa garam karbonat dan silika.

- Zat yang menyebabkan busa (*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.

c. Air Sanitasi

Air sanitasi adalah air yang digunakan untuk keperluan antara lain untuk keperluan perumahan, perkantoran, laboratorium, dan masjid. Air yang digunakan untuk kebutuhan umum dan sanitasi harus memenuhi standar yang berlaku. Beberapa kualitas tertentu, yaitu:

1. Syarat fisika meliputi:

- a. Suhu : Dibawah suhu udara
- b. Warna : Jernih
- c. Rasa : Tidak berasa
- d. Bau : Tidak berbau

2. Syarat Kimia meliputi:

- a. Tidak mengandung zat organik dan anorganik yang terlarut dalam air.
- b. Tidak mengandung bahan beracun
- c. Tidak mengandung bakteri terutama pathogen yang dapat merubah fisik air

d. Air Pemadam Kebakaran

Air pemadam kebakaran harus ada keberadaannya di setiap pabrik. Jika suatu waktu terjadi kebakaran pada pabrik, dapat diatasi dengan mudah dan cepat dengan air pemadam kebakaran. Maka oleh itu air pemadam kebakaran harus dipersiapkan. Sama seperti penggunaan air yang lainnya, air pemadam kebakaran juga disediakan di bak air servis servis.

5.1.2. Unit Pengolahan Air

Air yang akan diolah sebelumnya diambil dari sumber air terdekat yaitu di sungai Bengawan Solo yang nantinya bisa memenuhi kebutuhan suatu proses. Berikut merupakan tahap-tahap pengolahan air:

5.1.2.1. Penyaringan (*Screening*)

Pada *screening*, Air yang diperoleh dari sumber air yang ada disekitar pabrik diolah terlebih dahulu, agar memenuhi persyaratan penggunaan. Pada *screening* air akan di saring dengan tujuan untuk memisahkan partikel-partikel padatan yang terbawa. Air setelah penyaringan tersebut akan dialirkan menuju ke dalam bak pengendapan awal.

5.1.2.2. Bak pengendapan awal/sedimentasi (BU-01)

Mula-mula air dialirkan ke bak penampungan atau pengendapan awal (BU-01) setelah melalui penyaringan dengan menggunakan alat penyaring. Dalam bak pengendap awal kotoran-kotoran akan mengendap karena gaya berat. Waktu tinggal dalam bak ini berkisar 4 – 24 jam.

5.1.2.3. Bak penggumpal (BU-02)

Kotoran-kotoran yang tersuspensi dalam air digumpalkan dan diendapkan dalam bak penggumpal (BU-02) ini dengan menambahkan bahan-bahan kimia, yaitu alumunium sulfat dan natrium karbonat. Waktu pengendapan yang diperlukan sekitar 2 jam. Koagulan yang ditambahkan ke dalam bak penampungan yang berfungsi untuk mengendapkan kotoran yang ikut dalam air sungai. Air setelah di bak penggumpal dialirkan menuju *clarifier*.

5.1.2.4. Clarifier

Proses pengolahan air yang terjadi pada *clarifier* adalah proses flokulasi yaitu proses penyatuan flok-flok dari partikel sehingga terbentuk flok yang lebih berat dan dapat di blowdown dalam waktu yang telah ditentukan, dan menghasilkan air yang lebih bersih lagi.

5.1.2.5. Bak penyaring

Setelah dari *clarifier*, air bersih lalu diumpankan kedalam bak penyaring (BU-03) untuk menyaring lagi partikel-partikel yang lolos bersama air dari *clarifier*. Setelah dari bagian bak penyaring, air tersebut lalu dialirkan menuju bak penampung sementara untuk menampung air bersih sebelum akan diumpankan ke bagian pengolahan air untuk sanitasi dan pengolahan air pada demineralisasi

5.1.2.6. Tangki Klorinasi

Tangki klorinasi ditempatkan pada pengolahan air untuk sanitasi atau untuk keperluan karyawan sehari-hari. Tangki klorinasi ini berfungsi untuk tempat diinjeksikannya klorin untuk menghilangkan bakteri dan kuman yang terkandung dalam air bersih dari bak penampung sementara. Klorin juga berfungsi sebagai oksidator karena klorin dapat menghilangkan

rasa dan bau pada air yang mengandung rasa atau bau tertentu. Setelah diinjeksikan dengan klorin, air tersebut sudah dapat digunakan untuk kebutuhan sanitasi seperti kebutuhan kantor, rumah tangga dan kebutuhan sekitar pabrik.

5.1.2.7. Demineralisasi

Untuk air proses, air pendingin, dan air umpan boiler harus di *treatment* terlebih dahulu untuk menghilangkan kandungan mineralnya atau disebut dengan demineralisasi. Berikut adalah tahapan proses pengolahan air pada demineralisasi:

a. Kation Exchanger

Dalam kation *exchanger* kandungan ion-ion seperti kalsium, magnesium, natrium, dan lain diganti dengan ion H⁺ sehingga air yang dihasilkan berupa air yang mengandung ion H⁺ dan anion.

Reaksi yang terjadi:



Pada jangka waktu tertentu, kation *exchanger* tersebut lama kelamaan akan jenuh sehingga diperlukannya regenerasi.

Kation tersebut akan di regenerasikan dengan asam sulfat (H₂SO₄).

Reaksi yang terjadi:



b. Anion Exchanger

Alat ini berfungsi untuk mengikat ion negatif yang terkandung dalam air. Ion-ion negatif tersebut akan diikat dengan resin yang mempunyai sifat basa. Ion-ion yang akan diikat seperti SO₄²⁻, SP₃²⁻, dan CL⁻.

Reaksi yang terjadi:



Pada jangka waktu tertentu, *anion exchanger* tersebut lama kelamaan akan jenuh sehingga diperlukannya regenerasi. Anion tersebut akan di regenerasikan dengan natrium hidroksida (NaOH).



5.1.2.8. Deaerasi

Air dari proses demineralisasi, yaitu air yang telah dihilangkan dalam kandungan mineralnya di bagian *kation exchanger* dan *anion exchanger* lalu diumpankan ke dalam tangki penampung umpan boiler. Setelah itu, air diumpankan terlebih dahulu ke *deaerator* untuk menghilangkan kandungan oksigen terlarut dalam air. Air tersebut dialirkan menggunakan pompa ke dalam *deaerator* lalu diinjeksikan dengan hidrazin (N₂H₄), hidrazin berfungsi untuk mengikat oksigen terlarut di dalam air sehingga dapat mencegah terbentuknya kerak pada alat.

Reaksi yang terjadi:



Air yang keluar dari *deaerator* ini selanjutnya dialirkan langsung menggunakan pompa menuju *boiler* sebagai air umpan *boiler* atau yang dikenal sebagai *boiler feed water*.

5.1.2.9. Cooling Tower

Cooling tower berguna untuk mengolah air dari proses untuk didinginkan kembali. Prosesnya yaitu kondensat dari proses dengan suhu 50°C dialirkan di bagian atas *cooling tower* melalui distributor. Air akan menguap sehingga sisa kondensatnya akan tercurah ke bawah melalui saluran lubang atau *swirl* bersamaan dengan proses panas laten sehingga air akan ikut menguap ke atmosfer.

5.1.3. Kebutuhan Air

1. Air Pendingin

Tabel 5 1. Kebutuhan Air Pendingin

Nama Alat	Jumlah, kg/jam
CC-01	95021,17
Total	95021,17

Perancangan dibuat *overdesign* sebesar 20% sehingga kebutuhan air steam menjadi 114.025,408 kg/jam.

Make up air: 3876,864 kg/jam

2. Air Steam

Tabel 5 2. Kebutuhan Air Steam

Nama Alat	Jumlah, kg/jam
HE-01	109,89
Total	109,89

Perancangan dibuat *overdesign* sebesar 20%, sehingga kebutuhan air *steam* menjadi 158,249 kg/jam.

Make up steam: 26,375 kg/jam

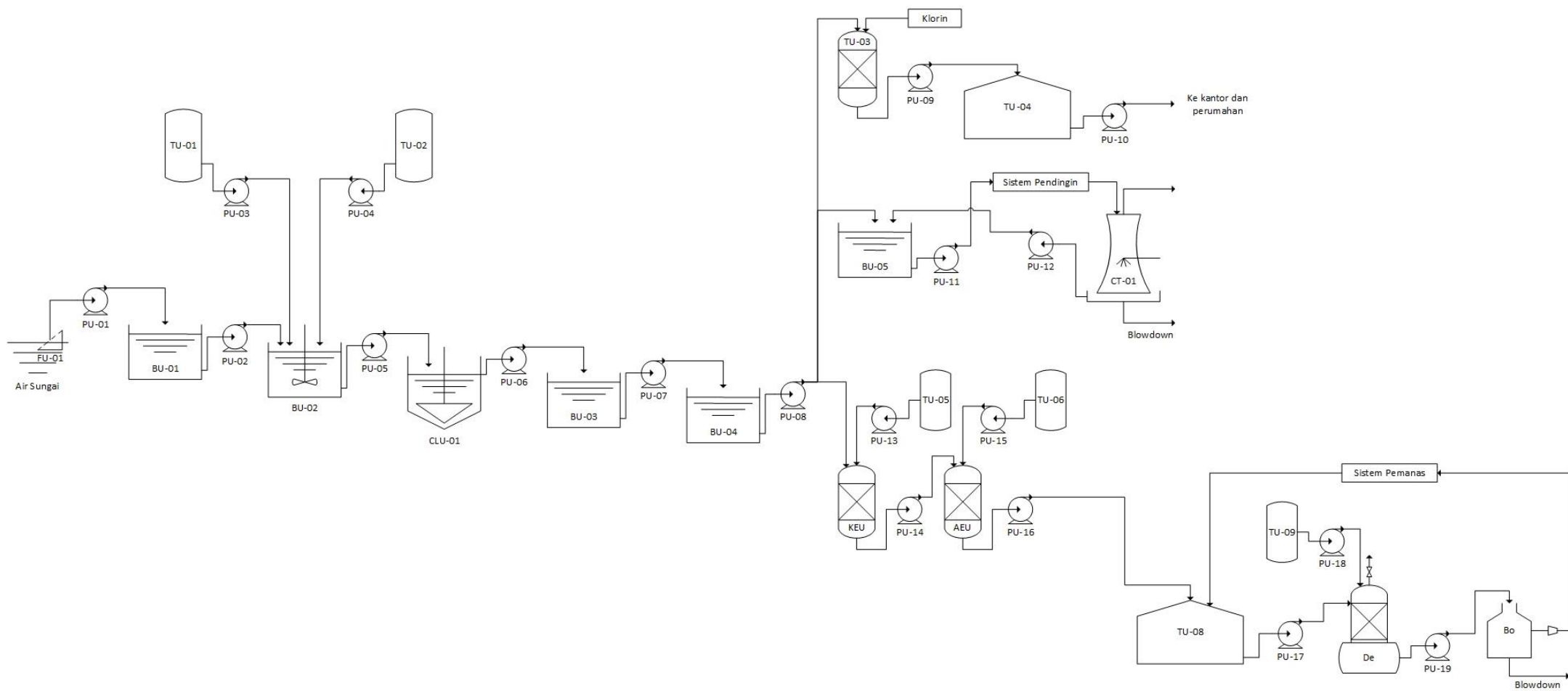
3. Air Sanitasi

Tabel 5 3. Kebutuhan Air Sanitasi

Kebutuhan Air	Jumlah, kg/jam
Bengkel	12,500
Poliklinik	20,833
Laboratorium	20,833
Pemadam Kebakaran	250,000
Kantin, Musola, Kebun dll	416,667
Jumlah	720,833

Kebutuhan air sanitasi terdiri untuk kebutuhan air pada bengkel, poliklinik, laboratorium, pemadam kebakaran, kebun, musholla, kantin, kantor, mess, dan lain-lain. Maka perkiraan kebutuhan total air sanitasi yang diperlukan adalah 720,833 kg/jam.

UNIT PENGOLAHAN AIR



Gambar 5 1. Diagram Unit Pengolahan Air

5.2. Unit Pembangkit Steam

Pada perencanaan *Pabrik Calcium Sulfate* dibutuhkan alat untuk menunjang kebutuhan *steam* di pabrik. Unit pembangkit *steam* ini bertujuan untuk menunjang kebutuhan *steam* tersebut yaitu dengan disediakannya boiler atau ketel uap.

Spesifikasi boiler yang dibutuhkan:

Tipe : *Water Tube Boiler*

Jumlah : 1 buah

Heating Surface : 7,683 ft²

Kapasitas : 109,89 kg/jam

Suhu *Steam* : 248 °F

Bahan Bakar : *Fuel oil*

Kebutuhan steam pada pabrik sodium hydroxide digunakan untuk alat-alat penukar panas. Digunakan *boiler* jenis *water tube boiler* karena memiliki kelebihan sebagai berikut:

- Mampu menghasilkan kapasitas *Steam* yang cukup besar
- Mempunyai *effisiensi* pembakaran tinggi
- Tungku mudah dijangkau untuk pemeriksa
- Tekanan operasional tinggi

Boiler atau ketel uap ini dilengkapi dengan satu buah unit *economizer safety valve* yang berfungsi sebagai alat penukar panas yang memanfaatkan panas dari gas-gas hasil pembakaran yang keluar dari *boiler*. Didalam alat ini, air dinaikkan temperaturnya hingga menjadi 120°C lalu diumpankan kedalam boiler.

5.3. Unit Pembangkit Listrik

Kebutuhan listrik pada Perancangan *Pabrik Calcium sulfat* dari Gypsum dengan kapasitas 400.000 ton/tahun ini dipenuhi oleh dua sumber,

yaitu dari PLN dan Generator. Generator tersebut juga dapat digunakan sebagai tenaga cadangan apabila suatu waktu PLN mengalami gangguan. Generator yang digunakan adalah generator dengan tipe AC Generator.

Kebutuhan listrik pada pabrik adalah sebagai berikut:

1. Listrik untuk kebutuhan proses produksi : 1217,71 kW
2. Listrik untuk kebutuhan utilitas pabrik : 44,541 kW
3. Listrik untuk kebutuhan penerangan dan AC pabrik : 170 kW
4. Listrik untuk kebutuhan laboratorium dan bengkel : 50 kW
5. Listrik untuk kebutuhan instrumentasi pabrik : 20 kW

Generator yang digunakan sebagai cadangan sumber listrik mempunyai efisiensi 80%, sehingga generator yang disiapkan harus mempunyai input:

Input Generator = 1877,81 kW

Dipilih menggunakan generator dengan daya 2000 kW, sehingga masih tersedia cadangan daya sebesar 122,192 kW.

Spesifikasi Generator:

Tipe	: AC Generator
Kapasitas	: 2000 kW
Tegangan	: 400 Volt
Jumlah	: 1 buah
Bahan bakar	: Solar

5.4. Unit Penyedia Udara Tekan

Unit penyedia udara tekan ini berfungsi untuk menyediakan udara tekan pada alat-alat instrumentasi dan alat kontrol pada pabrik. Udara tekan biasanya digunakan sebagai penggerak alat-alat kontrol yang bekerja secara pneumatic. Tekanan pada udara tekan biasanya berkisar antara 5,5 bar sampai 7,2 bar dan kami ambil tekanan pada udara tekan yaitu sebesar 6 bar.

Kompresor yang dibutuhkan:

Kapasitas	: 12,233 m ³ /jam
Tekanan <i>suction</i>	: 14,7 psi

Tekanan discharge	: 87 psi
Jenis	: <i>Single Stage Reciprocating Compressor</i>
Efisiensi	: 85%
Daya kompresor	: 1,5 HP
Jumlah	: 1 buah

5.5. Unit Penyedia Bahan Bakar

Unit penyedia bahan bakar berfungsi untuk menyediakan bahan bakar yang akan digunakan untuk menggerakkan *bolier* dan *generator* pada pabrik. Bahan bakar yang digunakan untuk menggerakkan *bolier* adalah *fuel oil* sedangkan generator adalah solar. *Fuel oil* yang dibutuhkan untuk menggerakkan boiler sebanyak 9,496 kg/jam, sedangkan solar yang dibutuhkan untuk menggerakkan *generator* sebanyak 197,316 kg/jam.

5.6. Unit Pengolahan Limbah

Limbah yang dihasilkan oleh pabrik *calcium sulfat* antara lain adalah:

1. Limbah cair
2. Limbah padatan

Pengolahan limbah tersebut didasarkan pada jenis buangnya:

- a. Pengolahan air buangan sanitasi

Air buangan sanitasi yang berasal dari seluruh toilet dikawasan pabrik dikumpulkan dan diolah dalam unit stabilisasi. Campuran yang berupa padatan dan cairan terlebih dahulu dipecah bahan-bahan organiknya dengan menggunakan lumpur aktif dan sistem aerasi yang terdiri dari bak bersistem *overflow* dan desinfektan klorin ditambahkan untuk membunuh mikroorganisme yang menimbulkan penyakit. Air yang telah diolah dan memenuhi syarat pembuangan dialirkan ke kolam penampung.

- b. Limbah cair dari proses

Air dari unit demineralisasi dan air regenerasi resin dinetralkan dalam kolom netralisasi. Penetralkan dilakukan dengan larutan H_2SO_4 bila pH air

buangan tersebut lebih dari 7, jika pH kurang dari 7 digunakan NaOH. Air yang telah dinetralkan selanjutnya dialirkan ke kolam penampung.

c. Limbah berminyak dari pompa

Limbah cair yang mengandung minyak berasal dari buangan pelumas pada pompa, dan alat-alat lainnya. Pemisahan dilakukan berdasarkan perbedaan berat jenisnya. Minyak dialirkan ke tungku pembakar, sedangkan air dibagian bawah dialirkan ke penampungan akhir, kemudian di buang.

d. Pengolahan bahan buangan padatan

Limbah padat berupa lumpur atau pasir yang dihasilkan dari unit pengolahan air, dimanfaatkan sebagai penimbunan yang sebelumnya diturunkan kadar airnya.

BAB VI

EVALUASI EKONOMI

Dalam prarancangan pabrik *Calcium Sulfate* ini perlu dilakukan evaluasi ekonomi yang bertujuan untuk dapat memperkirakan kelayakan dari pabrik yang dirancang agar hasilnya adalah keuntungan bukan kerugian. Komponen terpenting dalam perancangan pabrik ini adalah estimasi gaji, harga jual produk, bahan baku, dan alat-alat. Hal ini dikarenakan komponen tersebut digunakan sebagai dasar dalam menentukan estimasi analisa ekonomi. Analisa ekonomi ini berfungsi untuk meninjau kebutuhan investasi modal, besarnya laba yang diperoleh, lamanya modal investasi dapat dikembalikan dan terjadinya titik impas dimana total dari biaya produksi sama dengan keuntungan yang didapatkan. Pada evaluasi ekonomi ini faktor-faktor yang ditinjau adalah:

1. *Return on Investment (ROI)*
2. *Pay Out Time (POT)*
3. *Break Even Point (BEP)*
4. *Shut Down Point (SDP)*
5. *Discounted Cas Flow Rate of Return (DCFR)*

Untuk meninjau faktor-faktor diatas, maka perlu dilakukan perkiraan dalam beberapa hal sebagai berikut:

1. Penentuan modal industri (*Total Capital Investment*)
 - a. Modal tetap (*Fixed Capital Investment*)
 - b. Modal kerja (*Working Capital Investment*)
2. Penentuan biaya produksi total (*Total Production Cost*)
 - a. Biaya pembuatan (*Manufacturing Cost*)
 - b. Biaya pengeluaran umum (*General Expenses*)
3. Pendapatan modal
 - a. Biaya tetap (*Fixed Cost*)
 - b. Biaya variabel (*Variable Cost*)
 - c. Biaya mengambang (*Regulated Cost*)

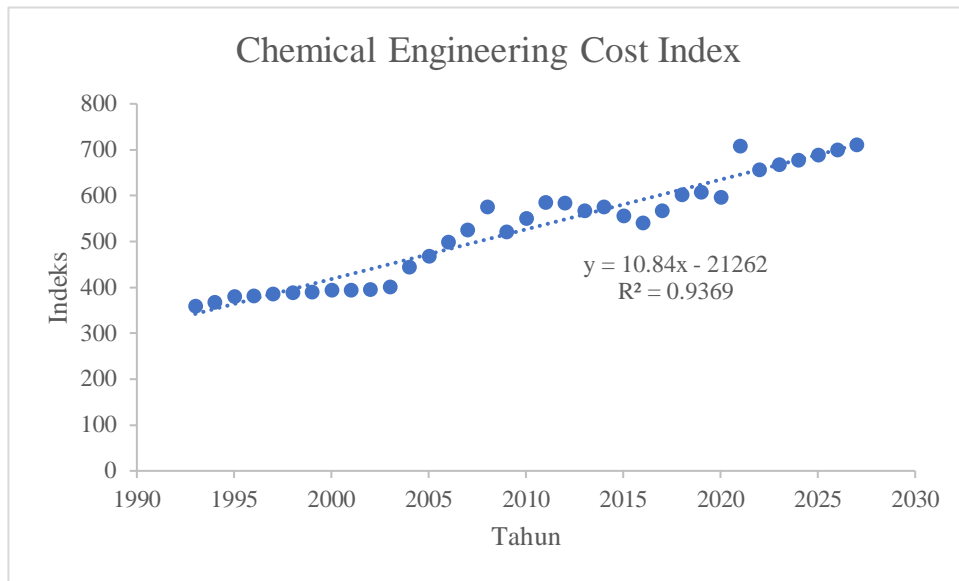
6.1. Penaksiran Harga Peralatan

Harga peralatan proses akan mengalami perubahan tergantung pada kondisi ekonomi yang sedang terjadi. Untuk mengetahui harga peralatan yang tetap setiap tahunnya sangatlah tidak mudah, sehingga perlu dilakukan perkiraan harga sebuah alat dengan cara atau metode pengambilan data indeks harga dari tahun-tahun sebelumnya.

Pabrik *Calcium Sulfate* beroperasi selama satu tahun produksi yaitu 330 hari dan direncanakan akan didirikan pada tahun 2026. Dalam analisa ekonomi ini harga alat-alat maupun harga yang lain diperhitungkan pada tahun analisa. Untuk mendapatkan harga pada tahun yang diinginkan, maka perlu dicari indeks harga pada tahun tersebut.

Tabel 6 1. Chemical Engineering Plant Cost Index

No	(Xi)	Indeks (Yi)	No	(Xi)	Indeks (Yi)
1	1993	359,2	19	2011	585,7
2	1994	368,1	20	2012	584,6
3	1995	381,1	21	2013	567,3
4	1996	381,7	22	2014	576,1
5	1997	386,5	23	2015	556,8
6	1998	389,5	24	2016	541,7
7	1999	390,6	25	2017	567,5
8	2000	394,1	26	2018	603,1
9	2001	394,3	27	2019	607,5
10	2002	395,6	28	2020	596,2
11	2003	402	29	2021	708
12	2004	444,2	30	2022	656,48
13	2005	468,2	31	2023	667,32
14	2006	499,6	32	2024	678,16
15	2007	525,4	33	2025	689
16	2008	575,4	34	2026	699,84
17	2009	521,9			
18	2010	550,8			



Gambar 6 1. Chemical Engineering Cost Index

Dari asumsi kenaikan indeks linear, maka didapatkan persamaan $y = 10,84x - 21.262$. Jadi, indeks yang didapatkan pada tahun 2026 adalah 699,84. Pendekatan yang digunakan untuk mengestimasi harga alat dan yang lainnya pada saat sekarang didapat dari persamaan berikut:

$$E_x = E_y \frac{N_x}{N_y}$$

(Aries & Newton, 1995)

Dimana:

E_x = Harga pembelian

E_y = Harga pembelian pada tahun referensi

N_x = Indeks harga pada tahun pembelian

N_y = Indeks harga pada tahun referensi

6.2. Dasar Perhitungan

Kapasitas produksi *calcium sulfat* = 400.000 ton/tahun

Satu tahun operasi = 330 hari

Umur Pabrik = 10 tahun

Pabrik didirikan pada tahun = 2026

Kurs mata uang = 1 US\$ = Rp. 15.000,00

Harga bahan baku:

a. Gypsum = Rp. 357.390.430/tahun (Rp. 3.525/kg)

6.3. Perhitungan Biaya

6.3.1. *Capital Investment*

Capital Investment atau modal merupakan sejumlah uang yang diperlukan untuk mendirikan dan menjalankan suatu pabrik. Ada 2 jenis *capital investment*, antara lain:

a. *Fixed Capital Investment*

Fixed capital investment yaitu uang yang diperlukan untuk mendirikan suatu pabrik.

b. *Working Capital Investment*

Working capital investment yaitu uang yang diperlukan untuk menjalankan proses operasi suatu pabrik selama waktu tertentu.

6.3.2. *Manufacturing cost*

Manufacturing Cost adalah pengeluaran untuk biaya produksi suatu pabrik, yang terdiri dari:

a. *Direct Cost*

Direct Cost yaitu pengeluaran yang berkaitan langsung dengan pembelian alat proses produksi.

b. *Indirect Cost*

Indirect Cost yaitu pengeluaran-pengeluaran untuk konstruksi pabrik, *overhead* konstruksi dan bagian-bagian pabrik yang tidak berhubungan langsung dengan alat proses produksi suatu pabrik.

c. *Fixed Cost*

Fixed Cost yaitu pengeluaran biaya tertentu saat pabrik beroperasi maupun tidak beroperasi atau pengeluaran tetap yang tidak terantung pada waktu dan juga tingkat produksi.

6.3.3. *General Expense*

General Expense merupakan biaya pengeluaran umum yang berkaitan dengan fungsi dari suatu perusahaan yang tidak termasuk *manufacturing cost*.

6.4. Analisa Kelayakan

Besar dan tidaknya keuntungan yang didapatkan dari suatu pabrik, sehingga dapat dikategorikan apakah pabrik tersebut layak untuk didirikan atau tidak, maka dilakukan analisa atau evaluasi kelayakan. Cara yang digunakan untuk menyatakan layak atau tidaknya pendirian suatu pabrik antara lain:

6.4.1. *Percent Return of Investment (ROI)*

Return of investment merupakan suatu cara untuk mengetahui tingkat keuntungan yang didapatkan dari tingkat investasi yang dikeluarkan.

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

6.4.2. *Pay Out Time (POT)*

Pay out time merupakan waktu pengembalian modal tetap atau *fixed capital investment* yang ditanamkan atas dasar keuntungan setiap tahun ditambah dengan penyusutan

$$POT = \frac{100\%}{ROI}$$

6.4.3. *Break Even Point (BEP)*

Break even point merupakan titik impas dimana suatu pabrik tidak akan mendapatkan keuntungan maupun kerugian. Kapasitas produksi saat *sales* sama dengan *total cost*. Pabrik akan mengalami kerugian Ketika beroperasi dibawah BEP dan mengalami keuntungan Ketika beroperasi diatas BEP.

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

Dimana:

Fa = *Annual Fixed Manufacturing Cost* pada produksi maksimum

Ra = *Annual Regulated Expense* pada produksi maksimum

Va = *Annual Variable Value* pada produksi maksimum

Sa = *Annual Sales Value* pada produksi maksimum

6.4.4. *Shut Down Point (SDP)*

Shut down point merupakan persen kapasitas minimal suatu pabrik dapat mencapai kapasitas produk yang diharapkan dalam setahun. Apabila tidak mampu mencapai persen minimal kapasitas tersebut dalam setahun, maka pabrik harus berhenti beroperasi.

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

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

Discounted cash flow rate of return merupakan analisa kelayakan ekonomi dengan menggunakan nilai uang yang berubah terhadap waktu dan dirasakan atas investasi yang tidak kembali pada akhir tahun selama umur pabrik. *Rate of return both on discounted cash flow* adalah laju bunga maksimal dimana suatu proyek dapat membayar pinjaman beserta bunganya kepada bank selama umur pabrik (10 tahun).

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

Dimana:

FC = *Fixed Capital*

WC = *Working capital*

SV = *Salvage Value*

C = *Cash Flow = profit after taxes + depresiasi + finance*

n = Umur Pabrik = 10 tahun

i = Nilai DCFR

6.5. Hasil Perhitungan

Rencana pendirian pabrik *Calcium Sulfate* memerlukan perhitungan rencana PPC, PC, MC serta *General Expense*. Hasil dari rencana tersebut masing-masing disajikan pada tabel berikut:

Tabel 6 2. Physical Plant Cost (PPC)

No	Type of Capital Investment	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Purchased Equipment Cost</i>	Rp. 134.351.422.600	\$ 8,956,762
2	<i>Delivered Equipment Cost</i>	Rp. 33.587.855.650	\$ 2,239,190
3	Biaya Instalasi	Rp. 23.735.417.993	\$ 1,582,361
4	Pemipaan	Rp. 12.427.506.591	\$ 828,500
5	Instrumentasi	Rp. 33.923.734.207	\$ 2,261,582
6	Insulasi	Rp. 5.430.036.663	\$ 362,002
7	Listrik	Rp. 13.435.142.260	\$ 895,676
8	Bangunan	Rp. 43.116.000.000	\$ 2,874,400
9	<i>Land & Yard Improvement</i>	Rp. 50.487.000.000	\$ 3,365,800
<i>Physical Plant Cost (PPC)</i>		Rp. 350.494.115.964	\$ 23,366,274

Tabel 6 3. Direct Plant Cost (DPC)

No	Type of Capital Investment	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	Engineering and Constrution	Rp. 70.098.823.193	\$ 4,673,255
<i>Direct Plant Cost (DPC) + PPC</i>		Rp. 420.592.939.156	\$ 28,039,529

Tabel 6 4. Fixed Capital Investment (FCI)

No	Type of Capital Investment	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Direct Plant Cost</i>	Rp. 420.592.939.156	\$ 28,039,529
2	<i>Contractor's fee</i>	Rp. 25.235.576.349	\$ 1,682,372
3	<i>Contingency</i>	Rp. 42.059.293.916	\$ 2,803,953
<i>Fixed Capital Investment (FCI)</i>		Rp. 487.887.809.421	\$ 32,525,854

Tabel 6 5. Direct Manufacturing Cost (DMC)

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	Raw Material	Rp. 2.830.532.212.885	\$ 188,702,248
2	Labor	Rp. 250.425.000	\$ 16,695
3	Supervision	Rp. 62.606.250	\$ 4,174
4	Maintenance	Rp. 9.757.756.188	\$ 650,517
5	Plant Supplies	Rp. 1.463.663.428	\$ 97,578
6	Royalty and Patents	Rp. 39.000.000.000	\$ 2,600,000
7	Utilities	Rp. 137.102.649.854	\$ 9,140,177
<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>		Rp. 3.018.169.313.606	\$ 201,211,288

Tabel 6 6. Indirect Manufacturing Cost (IMC)

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Payroll Overhead</i>	Rp. 37.563.750	\$ 2,504
2	<i>Laboratory</i>	Rp. 25.042.500	\$ 1,670
3	<i>Plant Overhead</i>	Rp. 125.212.500	\$ 8,348
4	<i>Packaging and Shipping</i>	Rp. 156.000.000.000	\$ 10,400,000
<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>		Rp. 156.187.818.750	\$ 10,412,521

Tabel 6 7. Fixed Manufacturing Cost (FMC)

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Depreciation</i>	Rp. 39.031.024.754	\$ 2,776,966
2	<i>Property taxes</i>	Rp. 4.878.878.094	\$ 325,259
3	<i>Insurance</i>	Rp. 4.878.878.094	\$ 325,259
<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>		Rp. 48.788.780.942	\$ 3,252,585

Tabel 6 8. Manufacturing Cost (MC)

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	Rp. 3.018.169.313.606	\$ 201,211,288
2	<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	Rp. 156.187.818.750	\$ 10,412,521
3	<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	Rp. 48.788.780.942	\$ 3,252,585
<i>Manufacturing Cost (MC)</i>		Rp. 3.223.145.913.298	\$ 214,876,394

Tabel 6 9. Working Capital (WC)

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Raw Material Inventory</i>	Rp. 771.963.330.787	\$ 51,464,222
2	<i>Inproses Onventory</i>	Rp. 439.519.897.268	\$ 29,301,326
3	<i>Product Inventory</i>	Rp. 879.039.794.536	\$ 58,602,653
4	<i>Extended Credit</i>	Rp. 1.063.636.363.636	\$ 70,909,091
5	<i>Available Cash</i>	Rp. 879.039.794.536	\$ 58,602,653
<i>Working Capital (WC)</i>		Rp. 4.033.199.180.763	\$ 268,879,945

Tabel 6 10. General Expenses (GE)

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Administration</i>	Rp. 96.694.377.399	\$ 6,446,292
2	<i>Sales Expense</i>	Rp. 162.157.295.665	\$ 10,743,820
3	<i>Research</i>	Rp. 112.810.106.965	\$ 7,520,674
4	<i>Finance</i>	Rp. 135.632.609.706	\$ 9,042,174
<i>General Expenses (GE)</i>		Rp. 506.294.389.735	\$ 33,752,959

Tabel 6 11. Total Production Cost (TPC)

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Manufacturing Cost (MC)</i>	Rp. 3.223.145.913.298	\$ 214,876,394
2	<i>General Expenses (GE)</i>	Rp. 506.294.389.735	\$ 33,752,959
<i>Total Production Cost (TPC)</i>		Rp. 3.729.440.303.033	\$ 248,629,354

Tabel 6 12. Total Fixed Cost (TCP)

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Depresiasi</i>	Rp. 39.031.024.754	\$ 2,602,068
2	<i>Property Taxes</i>	Rp. 4.878.878.094	\$ 325,259
3	<i>Asuransi</i>	Rp. 4.878.878.094	\$ 325,259
<i>Total Fixed Cost (Fa)</i>		Rp. 48.788.780.942	\$ 3,252,585

Tabel 6 13. Total Variable Cost (Va)

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Raw Material</i>	Rp. 2.830.532.212.885	\$ 188,702,148
2	<i>Packaging and Shipping</i>	Rp. 156.000.000.000	\$ 10,400,000
3	<i>Utilities</i>	Rp. 137.102.649.854	\$ 9,140,177
4	<i>Royalty & Patent</i>	Rp. 39.000.000.000	\$ 2,600,000
Total Variable Cost (Va)		Rp. 3.162.634.862.739	\$ 210,842,324

Tabel 6 14. Total Regulated Cost (Ra)

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	Gaji Karyawan	Rp. 250.425.000	\$ 16,695
2	<i>Payroll Overhead</i>	Rp. 37.563.750	\$ 2,504
3	<i>Supervision</i>	Rp. 62.606.250	\$ 4,174
4	<i>Plant Overhead</i>	Rp. 125.212.500	\$ 8,348
5	Laboratorium	Rp. 25.042.500	\$ 1,670
6	<i>General Expense</i>	Rp. 506.294.389.735	\$ 33,752,959
7	<i>Maintenance</i>	Rp. 9.757.756.188	\$ 650,517
8	<i>Plant Supplies</i>	Rp. 1.463.663.428	\$ 97,578
Total Regulated Cost (Ra)		Rp. 518.016.659.351	\$ 34,534,444

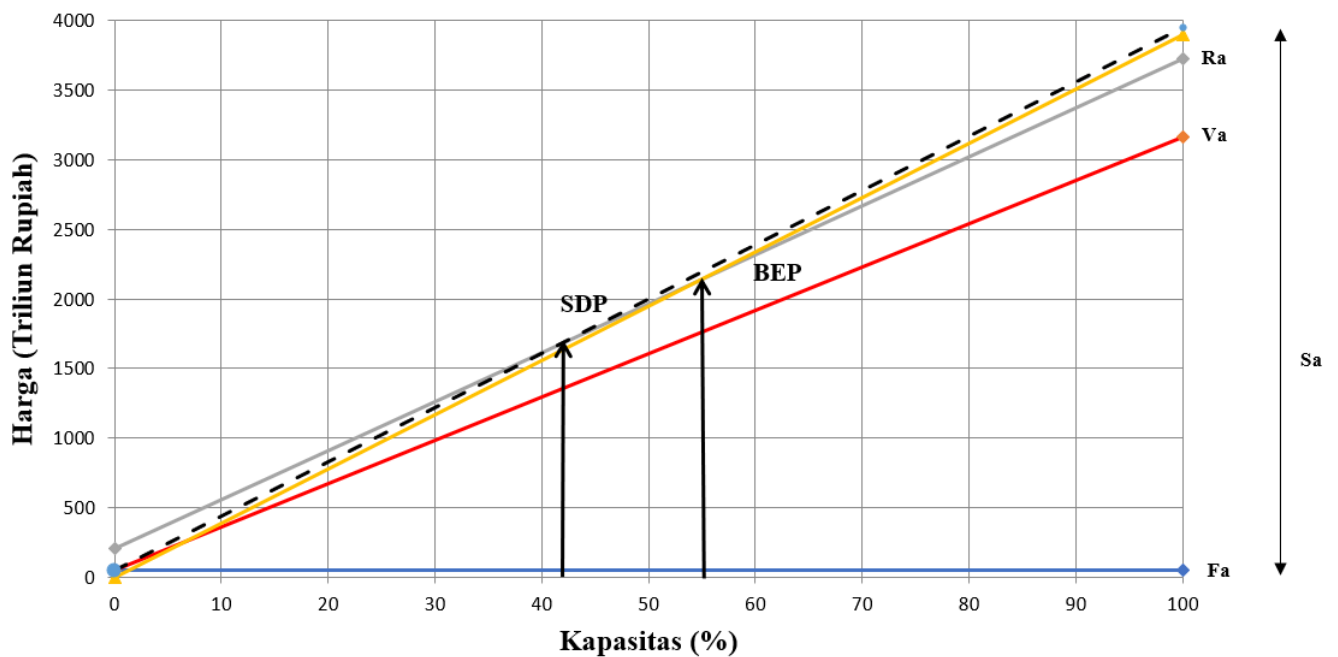
6.6. Analisa Keuntungan

Harga jual produk <i>Calcium Sulfate</i>	= Rp. 9.750/kg
<i>Annual Sales (Sa)</i>	= Rp. 3.900.000.000.000
<i>Total Cost</i>	= Rp. 3.162.634.862.739
Keuntungan sebelum pajak	= Rp. 170.559.696.967
Pajak keuntungan	= Rp. 34.111.939.393
Keuntungan setelah pajak	= Rp. 136.447.757.574

6.7. Hasil Kelayakan Ekonomi

Tabel 6 15. Hasil Kelayakan Ekonomi

Kriteria	Terhitung	Persyaratan
ROI sebelum pajak	34,96%	ROI before taxes
ROI setelah pajak	27,97%	minimum low 11 %, high 44%
POT sebelum pajak	2,33	POT before taxes
POT setelah pajak	2,78	maksimum low 5 th, high 2 th
BEP	54,49%	Berkisar 40 - 60%
SDP	41,47%	
DCF	6,20%	>1,5 bunga bank = minimum = 5,63%



Gambar 6 2. Grafik SDP dan BEP

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan pabrik *Calcium Sulfate* dari gypsum kapasitas 400.000 ton/tahun, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Alasan pendirian pabrik *calcium sulfate* dari gypsum dengan kapasitas 400.000 ton/tahun adalah
2. Pabrik *calcium sulfate* dirancang dengan bentuk Perseroan Terbatas (PT) yang beroperasi selama 330 hari dalam setahun dan didirikan pada tahun 2026 di Kabupaten Gresik, Jawa Timur dengan luas tanah 27.608 m² dan luas bangunan m² yang jumlah karyawannya sebanyak 143 orang.
3. Ditinjau dari proses produksi sifat bahan baku, kondisi operasi dan evaluasi ekonomi, maka pabrik *calcium sulfate* dari gypsum tergolong pada pabrik dengan resiko rendah.
4. Dari perhitungan evaluasi ekonomi diperoleh hasil sebagai berikut:
 - a. Keuntungan pabrik sebelum pajak sebesar Rp. Per tahun dan setelah pajak sebesar Rp. Per tahun.
 - b. *Return on Investment (ROI)* sebelum pajak sebesar 34,96 % dan setelah pajak sebesar 27,97 %
 - c. *Pay Out Time (POT)* sebelum pajak sebesar 2,33 tahun dan setelah pajak sebesar 2,78 tahun.
 - d. *Break Even Point (BEP)* pada pabrik *calcium sulfate* sebesar 54,49%
 - e. *Shut Down Point (SDP)* pada pabrik *calcium sulfate* sebesar 41,47%
 - f. *Discounted Cash Flow (DCF)* pada pabrik *calcium sulfate* sebesar 6,20%

Dari kesimpulan diatas dapat dikatakan bahwa pabrik *calcium sulfate* dari gypsum dengan kapasitas 400.000 ton/tahun layak untuk didirikan dan dikaji lebih lanjut terkait realisasi pendirian pabriknya karena dari evaluasi ekonomi bisa menguntungkan.

7.2. Saran

Prarancangan pabrik kimia diperlukan pemahaman konsep dasar yang dapat meningkatkan kelayakan untuk pendirian sebuah pabrik industri agar tidak terjadi kerugian antara lain:

1. Perlu untuk diperhatikan kualitas dari bahan baku dan alat proses agar dapat meningkatkan kualitas dari produk yang dihasilkan serta mengoptimalkan keuntungan yang didapatkan oleh pabrik.
2. Pendirian pabrik kimia harus memiliki sistem untuk mencegah terjadinya kerusakan lingkungan hidup akibat limbah yang dihasilkan oleh pabrik yaitu dengan cara mengolah limbah tersebut.

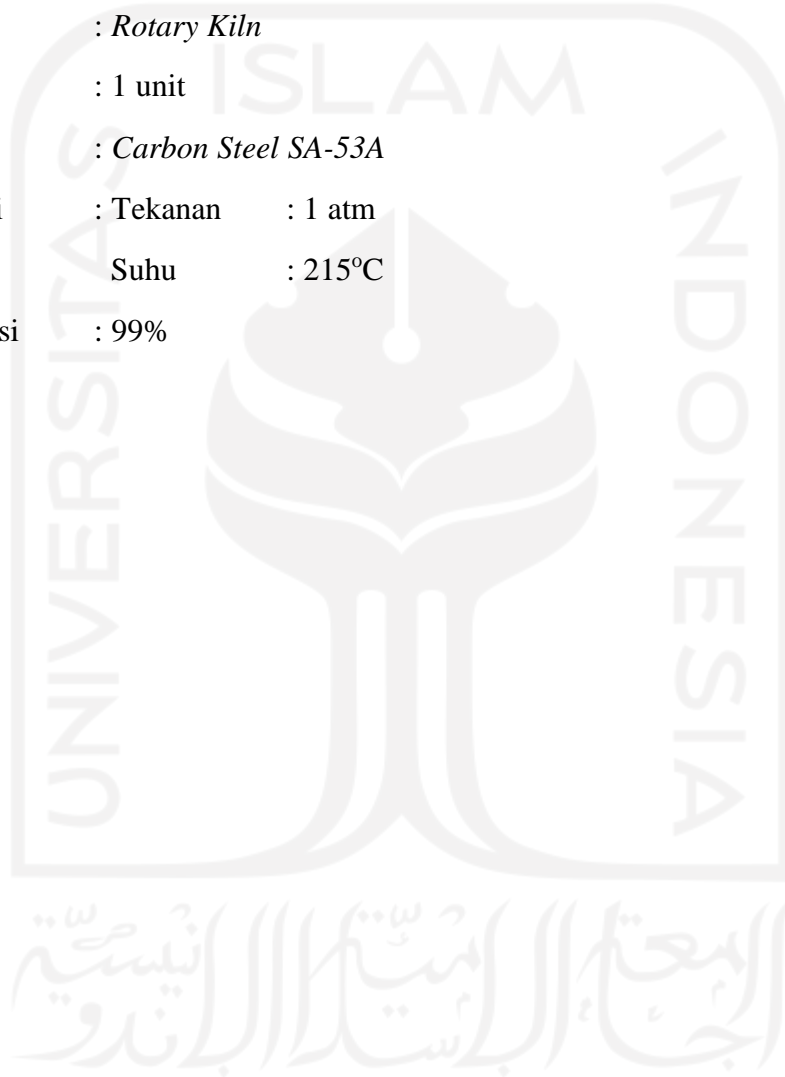
DAFTAR PUSTAKA

- Aries, R. S. & Newton, R. D. (1955). *Chemical Engineering Cost Estimation*. New York: McGraw-Hill.
- Badan Pusat Statistik. (2020). *Statistic Indonesia*. www.bps.go.id. Diakses pada tanggal 30 Desember 2021 pukul 19.30 WIB.
- Brown, G. G. (1978). *Unit Operation*. New York: Modern Asia Edition, John Willey and Sons, Inc.
- Brownell, L. E. & Young, E. H. (1959). *Process Equipment Design*. New York: John Wiley & Sons.
- Faith, Keyes & Clark. (1957). *Industrial Chemicals*. John Wiler & Sons, Inc., London.
- Geankopolis, J. C. (1978). *Transport Process and Unit Operation*. New Jersey: Prentice Hall International.
- Kern, D. Q. (1983). *Process Heat Transfer*. Japan:McGraw-Hill Company.
- Khaddapi, M., Damayanti & Kaharuddin. (2022). Strategi Digital Bauran Pemasaran 4P Terhadap Kinerja UMKM Kota Palopo. *Jurnal Pemasaran Kompetitif*, 5(2), 157-168.
- Kirk, R.E. & Othmer, D.F. (1998). *Encyclopedia of Chemical Engineering Technology*. New York: John Willey and Sons Inc.
- Mc Cabe, W.L. (1976), *Unit Operation of Chemical Engineering*. Mc Graw Hill Book Company, Inc., Tokyo.
- Perry, R.H., and Green, D. W. (1983). *Perry's Chemical Engineering Handbook*, 6th ed., Mc Graw Hill International Book Co., Singapore.
- Peters, M. S. & Timmerhaus, K. D. (1991). *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*. 4th ed. New York: McGraw-Hill, Inc.

- Trisdianti, L. E. (2013). *Faktor-Faktor yang Berpengaruh Terhadap Penerbitan Surat Izin Usaha Perdagangan*. Skripsi, tidak dipublikasikan. Malang: Universitas Brawijaya.
- Ullman. (1989). *Ullman's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Vol. 1 to 39, Interscience Encyclopedia, Inc., New York.
- Ullrich, G.D. (1984). *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. New York: John Willey and Sons, Inc.
- UN Comtrade. (2020). *UN Comtrade Database*. comtrade.un.org. Diakses pada tanggal 31 Desember 2021 pukul 20.15 WIB.
- Wallas, S. M. (1990). *Chemical Process Equipment*. Massachusetts: Butterworth-Heinemann.
- Wibisana, A., Irman A. A., & Wiwik, I. (2020). *Modul Ekonomi Teknik*. Banten: Universitas Pamulang.
- Wijana, S. (2012). *Modul Perancangan Pabrik Penentuan Lokasi Pabrik*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Yaws, C. L. (1999). *Chemical Properties Handbook*. Texas: McGraw-Hill.

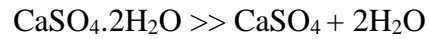
LAMPIRAN
PERHITUNGAN ROTARY KILN

Kode : RK-01
Fungsi : Dekomposisi $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ menjadi CaSO_4
Tipe : *Rotary Kiln*
Jumlah : 1 unit
Bahan : *Carbon Steel SA-53A*
Kondisi : Tekanan : 1 atm
 Suhu : 215°C
Konversi : 99%



1. Neraca Massa

Reaksi di reaktor adalah sebagai berikut :



Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	Arus 2	Arus 4	Arus 5
CaSO ₄ ·2H ₂ O	101387.3563		
H ₂ O		6366.182837	14854.42662
CaSO ₄			80166.74683
Total	101387.3563	101387.3563	

2. Spesifikasi Rotary Kiln

$$\begin{aligned} \text{Volume over design 20\%} &= 1101387,3563 \text{ kg/jam} \times 1.2 \\ &= 121664,8275 \text{ kg/jam} \\ &= 2919955,861 \text{ kg/hari} \\ &= 2919,955861 \text{ ton/hari} \end{aligned}$$

Dari Tabel 12-20, hal 20-36, Perry's ed. 7th, digunakan Rotary Kiln dengan spesifikasi:

Kapasitas : 2919,955861 ton/hari

Diameter : 11 ft. 6 in >> 3,5052

Panjang : 475 ft

Power : 150-250 hp

Jumlah Unit : 1

3. Menentukan Luas Penampang Rotary Kiln

$$S = \frac{\pi}{4} \times D^2$$

$$S = \frac{\pi}{4} \times 3,502^2$$

$$S = 9,645 \text{ ft}^2$$

Menentukan Tekanan Desain

$$P_{\text{design}} = P_{\text{operasi}} + P_{\text{hidrostatik}}$$

$$P_{\text{hidrostatik}} = \rho \times g \times h$$

Keterangan :

ρ : Bulk density material, kg/m³ (2320)

g : Tetapan gravitasi, m/s² (9,8)

h : Diameter kiln, m (3,502)

$$\begin{aligned} P_{\text{hidrostatik}} &= 2320 + 9,8 + 3,502 \\ &= 79694,2272 \text{ kg/m.s}^2 \gg 11,56 \text{ psi} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{design}} &= P_{\text{operasi}} + P_{\text{hidrostatik}} \\ &= 14,7 + 11,56 \\ &= 26,26 \text{ psi} \end{aligned}$$

4. Menentukan Putaran Rotary Kiln (N)

$$N = \frac{V_p}{\Pi \times D}$$

Dimana:

N : Putaran Rotary Kiln, (rpm)

V_p : Kecepatan peripheral, (ft/menit) (70)

D : Diameter dalam Rotary Kiln, (ft) (11,5)

Maka:

$$N = \frac{70}{3,14 \times 11,5 \text{ ft}} = 1,938521185 \text{ rpm} \gg 2 \text{ rpm}$$

5. Menentukan Waktu Tinggal

$$\theta = \frac{0,19 \times L}{N \times D \times S}$$

Keterangan :

θ : Waktu tinggal, menit

L : Panjang kiln, ft

S : Slope/kemiringan kiln, ft/ft

N : Putaran kiln, rpm

D : Diameter kiln, ft

Maka :

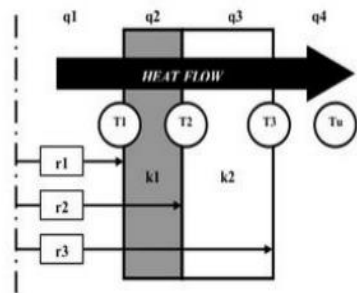
$$\theta = \frac{0,19 \times 475}{2 \times 11,5 \times 0,04} = 98.09782609 \text{ menit} \gg 1 \text{ jam } 38 \text{ menit}$$

6. Menentukan Daya Rotary Kiln

$$P = 0.9 D^2$$

$$P = 66,125 \text{ kw} \gg 88,67428625 \text{ hp}$$

7. Penentuan Tebal Isolator



Keterangan:

R1 : jari-jari dalam shell

R2 : Jari-jari luar shell

R3 : Jari-jari isolator

Q1 : Konveksi dari fluida ke shell

Q2 : Konduksi melalui dinding kiln

Q3 : Konduksi melalui Isolator

Konveksi dari permukaan isolator ke udara

Suhu lingkungan $T_u : 30 \text{ }^\circ\text{C} (303,15 \text{ K})$

Suhu bagian dalam shell $T_1 : 215^\circ\text{C} (488,15 \text{ K})$

Suhu dinding luar shell T_2

Suhu dinding luar isolator $T_3 : 50 \text{ }^\circ\text{C} (323,15\text{K})$

Dipilih Isolator dengan spesifikasi sebagai berikut:

Jenis	Diatomaceus Earth		
Densitas	ρ _s	320	kg/m ³
Konduktifitas	k _s	0.061	W/m°C
Emisivitas	ε _s	0.96	Btu/jam.ft ² .oF

Sifat fisis bahan shell (baja/carbon steel) :			
Konduktifitas	k _s	54	W/m°C
Densitas	ρ	7.833	kg/m ³
Emisivitas	ε	0.61	

(Appendix A-2, A-10, Holmann)

Bila suhu udara luar diasumsikan 30°C dan diinginkan suhu permukaan luas isolasi (T₃) 50°C, maka diperoleh:

$$T_f = 313.15$$

Sifat udara pada suhu 313.15K diperoleh dari interpolasi data dari Data A-5 Holman

T	ρ	C _p	μ x 10 ⁵	v x 10 ⁶	k, W/m C	Pr
K	kg/m ³	kJ/kg. C	kg/m.s	m ² /s		
300	1.1774	1.0057	1.8462	15.69	0.02624	0.708
350	0.998	1.009	2.075	20.76	0.03003	0.697

T	ρ	C _p	μ x 10 ⁵	v x 10 ⁶	k, W/m C	Pr
K	kg/m ³	kJ/kg. C	kg/m.s	m ² /s		
313.15	1.1302178	1.0065679	1.9064	17.02341	0.0272368	0.705107

Menghitung Bilangan Grasshof

$$Gr = \frac{g\beta(T_3 - T_u)L^3}{\nu^2}$$

$$g : 9,807 \text{ m/s}^2$$

$$\beta : 0,003 \text{ K}$$

T3 : 323,15 K

Tu : 303,15 K

D : 144,78 m

v : 1,70234E-05 m²/s

Hasil Gr : 6,55913E+15

Menghitung Bilangan Nusselt

$$Nu = 0.1 (GrPr)^{1/3}$$

Hasil Nu : 16660,97681

Menghitung Koefisien Perpindahan Panas Konveksi

$$hc = \frac{Nu k_{UD}}{L}$$

Hasil hc : 3,134

Menghitung Koefisien Perpindahan Panas

$$hr = \frac{\epsilon_{is} \sigma (T_3^4 - T_u^4)}{(T_3 - T_u)}$$

σ : 5,669E-08 W/m² K

hr : 6,692

Menentukan suhu T2 dari neraca panas di setiap lapisan

$$q_2 = \frac{2\pi L(T_2 - T_1)k}{\ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)} \quad q_2 = \frac{2\pi L(T_2 - T_1)k_{is}}{\ln\left(\frac{R_3}{R_2}\right)} \quad q_4 = (hc + hr)2\pi R_3 L(T_3 - T_u)$$

Karena steady state maka $q_2 = q_3 = q_4$

Untuk $q_2 = q_4$

$$\frac{2\pi L(T_1 - T_2)k}{\ln(R_2/R_1)} = (h_c + h_r)2\pi R_3 L(T_3 - T_u)$$

$$R_3 = \frac{(T_1 - T_2)k}{(h_c + h_r)(T_3 - T_u) \ln(R_2/R_1)}$$

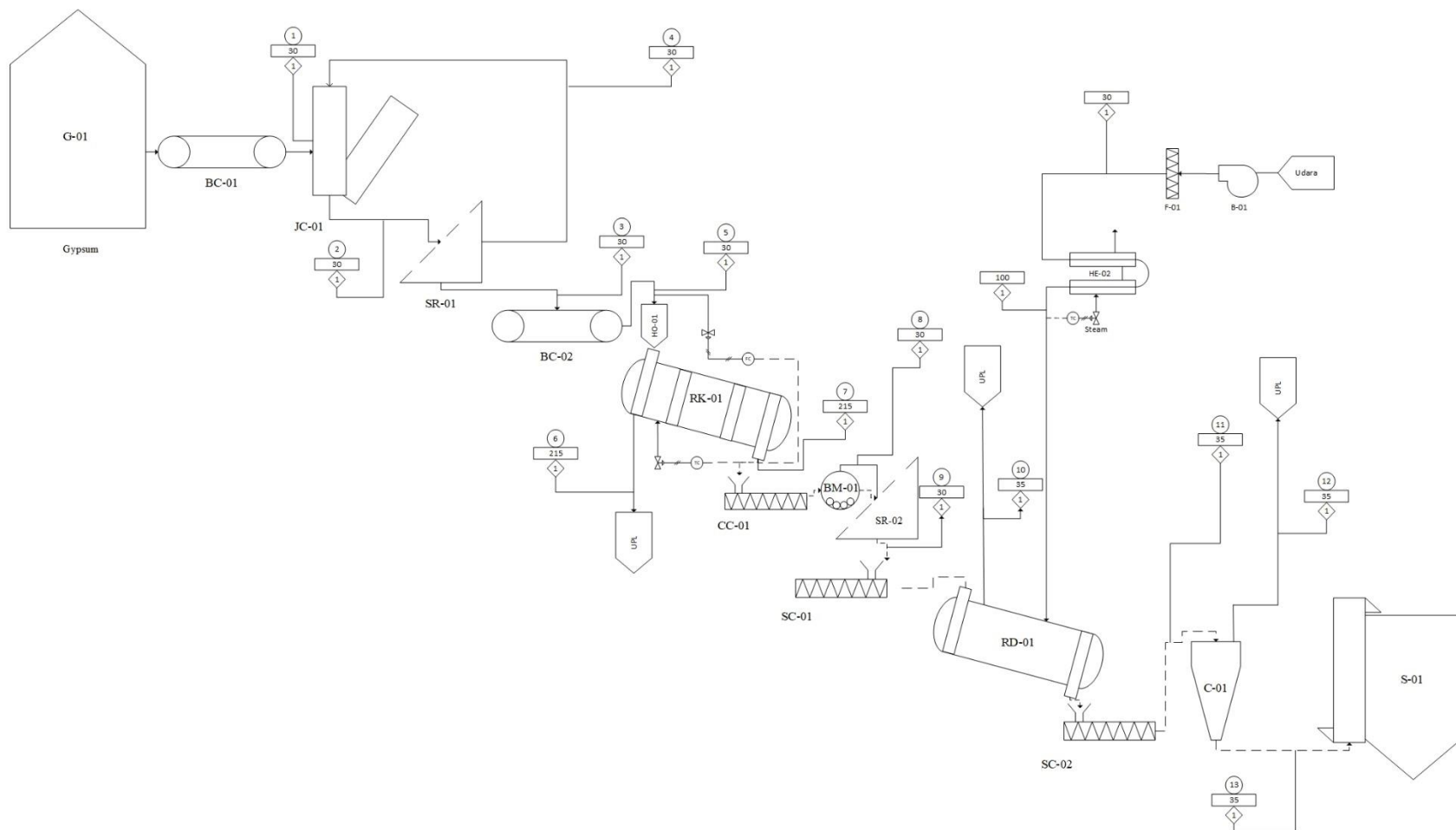
Untuk q3 = q4

$$\frac{2\pi L(T_2 - T_3)k_{is}}{\ln(R_3/R_2)} = (h_c + h_r)2\pi R_3 L(T_3 - T_u)$$


$$R_3' = \frac{(T_2 - T_3)k_{is}}{(h_c + h_r)(T_3 - T_u) \ln(R_3/R_2)}$$

Trial T2	487.649 K
T1	488 K
R3	: 24,485
R3'	: 9,081

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRA RANCANGAN PABRIK CALCIUM SULFATE DARI GYPSUM
KAPASITAS 400.000 TON/TAHUN



KETERANGAN	
B	Blower
BC	Belt Conveyor
BE	Bucket Elevator
BM	Ball Mill
C	Cyclone
CC	Cooling Conveyor
CO	Compressor
F	Filter
FC	Flow Controller
HE	Heat Exchanger
HO	Hopper
JC	Jaw Crusher
LC	Level Controller
LI	Level Indicator
RK	Rotary Kihl
RD	Rotary Dryer
S	Silo
SC	Screw Conveyor
SR	Screen
G	Gudang
TC	Temperatur Controller
○	Nomor Arus
□	Suhu, °C
◇	Tekanan, atm
◇	Control Valve
—	Piping
----	Non Piping
—/—	Udara Tekanan
+	Aliran Listrik


JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRARANCANGAN PABRIK CALCIUM SULFATE
DARI GYPSUM
KAPASITAS 400.000 TON/TAHUN

No	Komponen	Nomor Arus (kg/jam)												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	CaSO ₄ ·2H ₂ O	101387.3563	101387.3563	81109.88503	20277.47126	101387.3563								
2	H ₂ O						6366.182837	14854.42662		14854.42662	12233.05722			
3	CaSO ₄							80166.74683	24050.02405	56116.72278		50505.05		40404.04
4	SO ₃											8233.042	8233.042	
5	CaO													10101.01
	Total	101387.3563	101387.3563	81109.88503	20277.47126	101387.3563	6366.182837	95021.17345	24050.02405	70971.1494	12233.05722	58738.09	8233.042	50505.05

Disusun Oleh :

- Muhammad Ricky Alendra (18521153)
- Wahdatin Nur Inayasari (18521169)

Dosen Pembimbing:

- Dr. Arif Hidayat S.T., M.T.
- Lucky Wahyu Nuzulia S. S.T., M.Eng.

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

1. Nama Mahasiswa : Muhammad Ricky Alendra
No. MHS : 18521153
 2. Nama Mahasiswa : Wahdatin Nur Inayasari
No. MHS : 18521169
- Judul Prarancangan *) :
 PRARANCANGAN PABRIK *CALCIUM SULFATE* DARI GYPSUM
 KAPASITAS 400.000 TON/TAHUN
 Mulai Masa Bimbingan : 5 Juni 2022
 Batas Akhir Bimbingan : 2 Desember 2022

No.	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf dosen
1	26 Jan 22	Penentuan latar belakang pendirian pabrik, tinjauan pustaka, dan pemilihan proses	<i>Hd.</i>
2	4 Feb 22	Persetujuan luaran 1, 2 dan 3	<i>Hd.</i>
3	6 April 22	Konsultasi Alat	<i>Hd.</i>
4	25 Mei 22	Bimbingan Diagram Alir	<i>Hd.</i>
5	2 Juni 22	Bimbingan Diagram Alir	<i>Hd.</i>
6	8 Juni 22	Bimbingan Diagram Alir	<i>Hd.</i>
7	21 Juni 22	Bimbingan Diagram Alir	<i>Hd.</i>
8	28 Juni 22	Bimbingan Diagram Alir dan Neraca Massa	<i>Hd.</i>
9	7 Juli 22	Bimbingan Diagram Alir, Neraca Massa dan Alat	<i>Hd.</i>
10	18 Agustus 22	Bimbingan Neraca massa Spesifikasi Alat	<i>Hd.</i>
11	8 Sept 22	Bimbingan Spesifikasi Alat, PEFD, Tata Letak Pabrik dan utilitas	<i>Hd.</i>
12	15 Sept 22	Bimbingan Evaluasi Ekonomi	<i>Hd.</i>
13	20 Sept 22	Pengesahan Naskah	<i>Hd.</i>

Disetujui Draft Penulisan:
 Yogyakarta,
 Dosen Pembimbing I
 Pembimbing,

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

*) Judul Prarancangan Ditulis dengan Huruf Balok

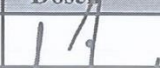





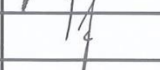


- Kartu Konsultasi Bimbingan dilampirkan pada Laporan PraRancangan
- Kartu Konsultasi Bimbingan dapat difotocopy

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

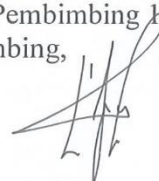
1. Nama Mahasiswa : Muhammad Ricky Alendra
No. MHS : 18521153
2. Nama Mahasiswa : Wahdatin Nur Inayarsi
No. MHS : 18521169

Judul Prarancangan*) :
PRARANCANGAN PABRIK *CALCIUM SULFATE* DARI GYPSUM
KAPASITAS 400.000TON/TAHUN

Mulai Masa Bimbingan : 5 Juni 2022
Batas Akhir Bimbingan : 2 Desember 2022

No.	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1	4 Jan 22	Konsultasi kapasitas pabrik	
2	7 Feb 22	Konsultasi luaran tahap 1,2, dan 3	
3	8 Feb 22	Persetujuan luaran tahap 1,2, dan 3	
4	8 Juni 22	Konsultasi neraca massa	
5	9 Agus 22	Konsultasi neraca massa	
6	7 Sep 22	Konsultasi spesifikasi alat	
7	14 Sep 22	Konsultasi utilitas dan ekonomi	
8	19 Sep 22	Konsultasi Naskah	
9	20 Sep 22	Pengesahan Naskah	
10			

Disetujui Draft Penulisan:
Yogyakarta,
Dosen Pembimbing
Pembimbing,

 20/22
109

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

***) Judul Prarancangan Ditulis dengan Huruf Balok**

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