

TUGAS AKHIR

**PRA RANCANGAN PABRIK GIPSUM DARI BATUAN KAPUR DAN
ASAM SULFAT DENGAN KAPASITAS 75.000 TON/TAHUN**



ANDIKA MANGGALA PUTRA

19242013002

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

UNIVERSITAS NAHDLATUL ULAMA AL GHAZALI

CILACAP

2026

TUGAS AKHIR

**PRA RANCANGAN PABRIK GIPSUM DARI BATUAN KAPUR DAN
ASAM SULFAT DENGAN KAPASITAS 75.000 TON/TAHUN**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana
Teknik**



ANDIKA MANGGALA PUTRA

19242013002

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

UNIVERSITAS NAHDLATUL ULAMA AL GHAZALI

CILACAP

2026

PERNYATAAN ORSINILITAS TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini, saya :

Nama : Andika Manggala Putra

NIM : 19242013002

Fakultas/Prodi : Fakultas Teknologi Industri/Teknik Kimia

Tahun : 2026

Judul Skripsi : Pra Rancangan Pabrik Gypsum dari Batuan Kapur dan Asam Sulfat
dengan Kapasitas 75.000 Ton/Tahun

Menyatakan bahwa Tugas Akhir ini benar-benar orisinil/asli dibuat oleh saya sendiri, tidak ada pihak lain yang membuat laporan ini, tidak ada unsur plagiat kecuali pada bagian-bagian yang disebutkan rujukannya. Jika suatu hari ditemukan adanya indikasi dibuat oleh pihak lain atau plagiat, maka saya bersedia menerima konsekuensi dari institusi.

Demikian surat pernyataan ini di buat dengan penuh kesadaran tanpa ada paksaan.

Cilacap, 17 Maret 2026

Penulis



Andika Manggala Putra
NIM. 19242013002

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Sebagai Civitas Akademik Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali (UNUGHA) Cilacap, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Andika Manggala Putra

NIM : 19242013002

Program Studi : Teknik Kimia

Fakultas : Fakultas Teknologi Industri

Jenis Karya : Tugas Akhir

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali (UNUGHA) Cilacap Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-Exclusive Royalty-Free Right*) atas tugas akhir saya yang berjudul “Pra Rancangan Pabrik Gypsum dari Batuan Kapur dan Asam Sulfat dengan Kapasitas 75.000 Ton/Tahun” beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Adanya Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali (UNUGHA) Cilacap berhak menyimpan, mengelola dalam bentuk database, merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya tanpa ada unsur paksa dari pihak lain.

Cilacap, 17 Maret 2026

Penulis



Andika Manggala Putra
NIM. 19242013002

PENGESAHAN

Tugas Akhir Saudara,

Nama : **Andika Manggala Putra**
NIM : 19242013002
Program Studi : Teknik Kimia
Judul : Pra Rancangan Pabrik Gypsum dari Batuan Kapur dan Asam Sulfat dengan Kapasitas 75.000 Ton/Tahun

Telah disidang Tugas Akhir oleh Dewan Penguji Fakultas Teknologi Industri Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali Cilacap pada :

Rabu, 11 Maret 2026

Dan dapat diterima sebagai pemenuhan tugas akhir mahasiswa Program Strata 1 (S-1) Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri pada Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali Cilacap.

Mengetahui,

Penguji 1

Dini Novi Rohman, M.Sc.
NIDN. 0611119401

Penguji 2

Ichya Musyafizur Ziqri, M.Si. C. EIA
NIDN. 060308920

Pembimbing 1/Ketua Sidang

Siti Khuzaimah, M.Pd., M.T.
NIDN. 0622078605

Pembimbing 2/Sekretaris Sidang

Arnesya Ramadhani, M.T.
NIDN. 0627019601

Cilacap, 12 Maret 2026
Mengesahkan,
Dekan Fakultas Teknologi Industri

Christian Soolany, S.TP., M.Si.
NIDN. 0627128801

NOTA KONSULTAN

Hal : Naskah Laporan Tugas Akhir Andika Manggala Putra
Lamp : -

Kepada Yth.
Dekan Fakultas Teknologi Industri
UNUGHA Cilacap
Di –
Cilacap

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Setelah membaca, mengoreksi dan mengadakan perbaikan seperlunya, maka konsultan berpendapat bahwa Laporan Tugas Akhir saudara:

Nama : Andika Manggala Putra
NIM : 19242013002
Program Studi : Teknik Kimia
Judul : Pra Rancangan Pabrik Gypsum dari Batuan Kapur dan Asam Sulfat dengan Kapasitas 75.000 Ton/Tahun

Telah dapat diajukan kepada Fakultas Teknologi Industri Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali Cilacap untuk memenuhi syarat memperoleh gelar Strata Satu (S-1) Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri pada Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali Cilacap.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Cilacap, 12 Maret 2026
Konsultan,



Dini Novi Rohmah, M.Sc.
NIDN. 0611119401

NOTA PEMBIMBING

Hal : Naskah Laporan Tugas Akhir Andika Manggala Putra
Lamp : -

Kepada Yth.
Dekan Fakultas Teknologi Industri
UNUGHA Cilacap
Di –
Cilacap

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Setelah membaca, mengkoreksi dan mengadakan perbaikan seperlunya, maka pembimbing berpendapat bahwa Laporan Tugas Akhir saudara:

Nama : Andika Manggala Putra
NIM : 19242013002
Program Studi : Teknik Kimia
Judul : Pra Rancangan Pabrik Gypsum dari Batuan Kapur dan Asam Sulfat dengan Kapasitas 75.000 Ton/Tahun

Telah dapat diajukan kepada Fakultas Teknologi Industri Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali Cilacap untuk memenuhi syarat memperoleh gelar Strata Satu (S-1) Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri pada Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali Cilacap.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Cilacap, Maret 2026
Pembimbing,



Siti Khuzaimah, M.Pd., M.T.
NIDN. 0622078605

MOTTO

“Sing sapa Temen, Bakal Tinemu.”

“Siapa yang bersungguh-sungguh pasti akan berhasil”

KATA PENGANTAR

Dengan menyebut nama Allah SWT yang Maha pengasih lagi Maha Penayang, segala puji Syukur kehadiran Allah SWT atas segala limpahan Rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Pra Rancangan Pabrik Gypsum dari Batuan Kapur dan Asam Sulfat dengan Kapasitas 75.000 Ton/Tahun”. Tidak lupa pula segala bentuk dukungan yang telah diberikan kepada penulis dalam penyusunan tugas akhir ini. Oleh karena itu, izinkan penulis mengucapkan rasa terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. H. Luthfi Hamidi, M.Ag selaku Rektor Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali (UNUGHA) Cilacap.
2. Bapak Christian Soolany, S.TP., M.Si. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali (UNUGHA) Cilacap.
3. Ibu Arnesya Ramadhani, M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali (UNUGHA) Cilacap serta selaku Dosen Pembimbing II yang telah membimbing dan memberikan motivasi penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Ibu Siti Khuzaimah, M.Pd., M.T. selaku Dosen Pembimbing I yang telah membimbing dan memberikan motivasi penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Bapak Ichya Musytafizur Ziqri, M.Si. dan Ibu Dini Novi Rohmah, M.Sc. selaku Penguji yang telah memberikan saran dan perbaikan terhadap tugas akhir ini.
6. Seluruh Dosen dan Staf Fakultas Teknologi Industri yang telah memberikan ilmu serta bantuan selama masa perkuliahan
7. Kepada Bapak Wahyudiono, Ibu Likarnawati, Nadya Kamilia Safitri, dan keluarga penulis terimakasih atas do'a, dukungan serta semangat yang tiada henti.
8. Kepada Andika Adhi Setianingsih, terimakasih telah berkenan menyelesaikan tugas akhir ini bersama penulis. Dan rekan-rekan penulis, terutama untuk rekan Prodi Teknik Kimia maupun dari rekan rekan dilingkungan penulis, terimakasih karena senantiasa menjadi rekan yang baik dan senantiasa memberikan semangat kepada penulis.

9. Semua pihak yang terlibat baik secara langsung maupun secara tidak langsung yang tidak dapat dicantumkan namanya satu persatu yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa penulisan tugas akhir ini masih belum sempurna, dan karena itu penulis berharap mendapatkan kritik dan saran yang membangun demi hasil yang lebih baik. Akhir kata, penulis berharap tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang memerlukan.

Cilacap, 17 Maret 2026

Penulis

Andika Manggala Putra

ABSTRAK

Gypsum, atau $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ sering dimanfaatkan untuk bahan dasar maupun bahan penolong di beragam macam industri baik di bidang konstruksi, maupun bidang medis dan lainnya. Kebutuhan gypsum kebanyakan terpenuhi dari impor luar negeri. Hal ini dikarenakan belum terpenuhinya kebutuhan pemasokan gypsum dari negeri. Pabrik gypsum akan dibangun tahun 2029 memiliki kapasitas 75.000 ton/tahun, bertempat di Desa Manyar Sidomukti Kecamatan Manyar, Kabupaten Gresik, Jawa Timur. Pembuatan gypsum ini berasal dari bahan dasar batuan kapur serta asam sulfat. Pabrik gypsum direncanakan akan beroperasi secara kontinyu dan beroperasi selama 24 jam, 330 hari selama setahun dengan kapasitas maksimal sekitar 9,47 Ton/Jam. Pada reaktor terjadi reaksi berlangsung pada fase cair-padat, irreversible, eksotermis, isothermal pada suhu 93 °C dan tekanan 1 atm, sehingga untuk menjaga suhu reaksi digunakan koil. Pabrik ini digolongkan pabrik beresiko rendah (*low risk*) karena kondisi operasi relatif rendah. Untuk menghasilkan 75.000 ton gypsum per tahun, dibutuhkan bahan baku CaCO_3 sebanyak 97,98 kg/jam, asam sulfat sebanyak 96,04 kg/jam dan air sebanyak 18,015 kg/jam. Perhitungan evaluasi pabrik menghasilkan *Return of Investment* (ROI) sebesar 96% sebelum pajak dan 42% setelah pajak. *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak 0,9 tahun dan setelah pajak 2 tahun. *Break Even Point* (BEP) sebesar 23%, *Shut Down Point* sebesar 7%, dan *Discount Cash Flow* (DCF) sebesar 2%. Berdasarkan perhitungan evaluasi ekonomi yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa pabrik Gypsum ini layak didirikan.

Kata kunci : Gypsum, batuan kapur, asam sulfat.

ABSTRACT

Gypsum, or $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, is often used as a raw material and auxiliary material in various industries, including construction, medicine, and others. Gypsum demand is largely met through foreign imports. This is due to the unmet domestic gypsum supply needs. The gypsum factory, planned for construction in 2029 with a capacity of 75,000 tons/year, is located in Manyar Sidomukti Village, Manyar District, Gresik Regency, East Java. Gypsum is made from limestone and sulfuric acid. The gypsum factory is planned to operate continuously, 24 hours a day, 330 days a year, with a maximum capacity of approximately 9.47 tons/hour. The reactor undergoes an irreversible, exothermic, and isothermal liquid-solid reaction at a temperature of 93°C and a pressure of 1 atm. Therefore, coils are used to maintain the reaction temperature. This plant is classified as a low-risk plant due to its relatively low operating conditions. To produce 75,000 tons of gypsum per year, 97.98 kg/hour of CaCO_3 , 96.04 kg/hour of sulfuric acid, and 18,015 kg/hour of water are required. The plant evaluation calculation yields a Return on Investment (ROI) of 96% before tax and 42% after tax. The Payout Time (POT) before tax is 0.9 years and after tax is 2 years. The Break Even Point (BEP) is 23%, the Shut Down Point is 7%, and the Discount Cash Flow (DCF) is 2%. Based on the economic evaluation calculations, it can be concluded that this gypsum plant is feasible to establish.

Keywords: *Gypsum, limestone, sulfuric acid.*

DAFTAR ISI

PERNYATAAN ORSINILITAS TUGAS AKHIR.....	ii
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	iii
PENGESAHAN	iv
NOTA KONSULTAN	v
NOTA PEMBIMBING	vi
MOTTO	vii
KATA PENGANTAR	viii
ABSTRAK.....	x
<i>ABSTRACT</i>	xi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xviii
DAFTAR GAMBAR.....	xx
DAFTAR GRAFIK.....	xxi
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Tujuan Perancangan	2
1.3. Tinjauan Pustaka	2
1.3.1. Gypsum (Kalsium sulfat dihidrat).....	2
1.3.2. Batuan Kapur (Kalsium karbonat).....	5
1.3.3. Asam Sulfat	6
1.4. Pemilihan Proses	7
1.4.1. Pembentukan Gypsum dari CaCl_2 serta H_2SO_4	7
1.4.2. Pembentukan Gypsum dari Batu Gypsum	8
1.4.3. Pembentukan Gypsum dari Batu Kapur	8

1.5. Kapasitas Produksi	11
1.5.1. Ketersediaan Bahan Baku.....	12
1.5.2. Kebutuhan Impor Gypsum dalam Negeri	12
1.6. Penetapan Lokasi Pabrik	14
1.6.1. Ketersediaan Bahan Baku.....	14
1.6.2. Daerah Pemasaran	14
1.6.3. Utilitas	14
1.6.4. Tenaga Kerja	15
1.6.5. Kondisi Daerah.....	15
1.6.6. Transportasi	15
1.6.7. Peta Lokasi	16
BAB II.....	17
URAIAN PROSES	17
2.1. Konsep Proses	17
2.1.1. Dasar Reaksi.....	17
2.1.2. Kondisi Operasi	17
2.1.3. Sifat Reaksi.....	17
2.2. Langkah Proses.....	20
2.2.1. Langkah Penyiapan Bahan Baku.....	20
2.2.2. Langkah Pembentukan Produk.....	21
2.2.3. Langkah Pemisahan dan Pemurnian Produk	21
BAB III	23
SPESIFIKASI BAHAN DASAR DAN PRODUK	23
3.1. Spesifikasi Bahan Dasar	23
3.1.1. Batuan Kapur (Gamping)	23
3.1.2. Asam Sulfat	23

3.1.3. Air.....	24
3.2. Spesifikasi Produk	24
3.2.1. Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum)	24
BAB IV	25
DIAGRAM ALIR	25
4.1 Diagram Alir Kualitatif.....	25
4.2 Diagram Alir Kuantitatif.....	26
BAB V	27
NERACA MASSA	27
5.1. Neraca Massa <i>Crusher</i> (C-01).....	27
5.2. Neraca Massa <i>Mixer</i> (M-01).....	27
5.3. Neraca Massa Reaktor (R-01)	28
5.4. Neraca Massa <i>Rotary Drum Vacuum Filter</i> (F-01).....	29
5.5. Neraca Massa <i>Rotary Dryer</i> (RD-01).....	30
BAB VI.....	31
NERACA PANAS	31
6.1. Neraca Panas Reaktor (R-01)	31
6.2. Neraca Panas <i>Rotary Dryer</i> (RD-01).....	31
6.3. Neraca Panas <i>Heater</i> (HE-01).....	31
BAB VII.....	32
SPESIFIKASI ALAT.....	32
7.1. <i>Belt Conveyor</i> (BC-01).....	32
7.2. <i>Bucket Elevator</i> (BE-01)	32
7.3. <i>Crusher</i> (C-01)	33
7.4. <i>Screw Conveyor</i> (SC-01).....	33
7.5. <i>Hopper</i> (H-01).....	34

7.6. Tangki Penyimpanan H ₂ SO ₄ (T-01).....	34
7.7. <i>Mixer</i> (M-01).....	35
7.8. Pompa (P-01).....	35
7.9. Heater (HE-01)	36
7.10. Reaktor (R-01).....	37
7.11. Filter (F-01)	38
7.12. <i>Rotary Dryer</i> (RD-01)	38
7.13. <i>Cooler</i> (CL-01).....	39
7.14. <i>Screen</i> (VS-01)	39
7.15. Silo (S-01)	40
BAB VIII	41
UTILITAS.....	41
8.1. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (<i>Water Treatment System</i>).....	41
8.1.1. Unit Penyediaan Air	41
8.1.2. Unit Pengolahan Air	43
8.1.3. Kebutuhan Air	49
8.2. Unit Pembangkit Steam (<i>Steam Generation System</i>)	51
8.3. Unit Pembangkit Listrik (<i>Power Plant System</i>)	52
8.4. Unit Penyediaan Udara Tekan.....	53
8.5. Unit Penyediaan Bahan Bakar.....	53
8.6. Unit Pengolahan Limbah.....	53
BAB IX.....	55
TATA LETAK PABRIK	55
9.1. Tata Letak Pabrik.....	55
9.2. Tata Letak Alat Proses.....	59
BAB X	61

ORGANISASI PERUSAHAAN	61
10.1. Bentuk Perusahaan	61
10.2. Struktur Organisasi	61
10.4. Status Karyawan	68
10.5. Pembagian Jam Kerja Karyawan.....	69
10.6. Status, Sistem Penggajian, dan Penggolongan Karyawan.....	70
10.7. Kesejahteraan Sosial Karyawan	75
BAB XI	77
EVALUASI EKONOMI.....	77
11.1. Harga Alat.....	78
11.2. Harga Tanah	81
11.3. Harga Bangunan	81
11.4. Harga Bahan Baku Proses Dan Utilitas	81
11.5. Gaji Pegawai.....	81
11.6. Harga Produk.....	82
11.7. Penentuan Investasi Total (<i>Total Capital Invesment</i>).....	82
11.8. Penentuan Investasi Total	84
11.9. Biaya Pembuatan Pabrik.....	86
11.10. Modal Kerja (<i>Working Capital</i>).....	89
11.11. Biaya Pengeluaran Umum (<i>General Expanses</i>)	90
11.12. Biaya Produksi (<i>Production Cost</i>).....	91
11.13. Analisis Keuntungan.....	91
11.14. <i>Return On Investment</i> (ROI).....	91
11.15. <i>Pay Out Time</i> (POT)	92
11.16. <i>Break Event Point</i> (BEP)	92
11.17. <i>Shut Down Point</i> (SDP)	93

11.18. <i>Discounted Cash Flow</i> (DCF)	93
BAB XII.....	95
KESIMPULAN.....	95
DAFTAR PUSTAKA	96
LAMPIRAN.....	98
A.1. <i>Crusher</i> (C-01)	99
A.2. <i>Mixer</i> (M-01)	99
A.3. Reaktor (R-01).....	100
A.4. <i>Rotary Drum Vaccum Filter</i> (F-01).....	103
A.5. <i>Rotary Dryer</i> (RD-01)	104
B. Neraca Panas.....	105
B.1. Reaktor (R-01).....	105
B.2. <i>Rotary Dryer</i> (RD-01)	109
B.3. <i>Heater</i> (H-01)	111
C. Process Flow Diagram (PFD).....	114

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Komposisi Gypsum.....	3
Tabel 1. 2 Sifat Fisika serta Kimia Gypsum	4
Tabel 1. 3 Sifat Fisika dan Sifat Kimia Kalsium Karbonat.....	5
Tabel 1. 4 Komposisi Batu Kapur.....	6
Tabel 1. 5 Sifat Fisika serta Kimia Asam Sulfat.....	6
Tabel 1. 6 Pemilihan Proses	9
Tabel 1. 7 Perhitungan Pemilihan Proses.....	10
Tabel 1. 8 Perusahaan Pemroduksi Gypsum di Indonesia	11
Tabel 1. 9 Perusahaan Pemroduksi Gypsum di Luar Negeri	11
Tabel 1. 10 Impor Gypsum di Indonesia.....	13
Tabel 1. 11 Penilaian untuk Lokasi Pabrik	15
Tabel 5. 1 Neraca Massa Crusher (C-01).....	27
Tabel 5. 2 Neraca Massa Mixer (M-01).....	27
Tabel 5. 3 Neraca Massa Reaktor (R-01).....	28
Tabel 5. 4 Neraca Massa Rotary Drum Vacum Filter (F-01)	29
Tabel 5. 5 Neraca Massa Rotary Dryer (RD-01)	30
Tabel 6. 1 Neraca Panas Reaktor (R-01).....	31
Tabel 6. 2 Neraca Panas Rotary Dryer (RD-01)	31
Tabel 6. 3 Neraca Panas Heater (HE-01).....	31
Tabel 7. 1 Belt Conveyor (BC-01).....	32
Tabel 7. 2 Bucket Elevator (BE-01).....	32
Tabel 7. 3 Crusher (C-01)	33
Tabel 7. 4 Screw Conveyor (SC-01).....	33
Tabel 7. 5 Hopper (H-01).....	34
Tabel 7. 6 Tangki Penyimpanan H ₂ SO ₄ (T-01)	34
Tabel 7. 7 Mixer (M-01)	35
Tabel 7. 8 Pompa (P-01)	35
Tabel 7. 9 Heater (HE-01).....	36
Tabel 7. 10 Reaktor (R-01)	37
Tabel 7. 11 Filter (F-01).....	38
Tabel 7. 12 Rotary Dryer (RD-01).....	38

Tabel 7. 13 Cooler (CL-01).....	39
Tabel 7. 14 Screen (VS-01).....	39
Tabel 7. 15 Silo (S-01).....	40
Tabel 8. 1 Kebutuhan Air Steam.....	49
Tabel 8. 2 Kebutuhan Air Pendingin.....	50
Tabel 8. 3 Kebutuhan Listrik Pabrik	53
Tabel 9. 1 Perincian Luas Tanah Sebagai Bagunan Pabrik	57
Tabel 10. 1 Jadwal Kerja Karyawan Shift	70
Tabel 10. 2 Jumlah Karyawan.....	70
Tabel 10. 3 Penggolongan Jabatan.....	72
Tabel 10. 4 Jabatan dan Gaji Karyawan.....	73
Tabel 11. 1 Indeks Harga	78
Tabel 11. 2 Alat Proses dan Harga.....	80
Tabel 11. 3 Alat Utilitas dan Harga	80
Tabel 11. 4 Harga Bahan Baku Proses Dan Utilitas	81
Tabel 11. 5 Biaya Transportasi	84

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 2 Peta Lokasi Pabrik Kecamatan Manyar, Kabupaten Gresik, Jawa Timur.....	16
Gambar 4. 1 Diagram Alir Kualitatif Pabrik Gypsum	25
Gambar 4. 2 Diagram Alir Kuantitatif	26
Gambar 8. 1 Diagram Alir Pengolahan Air	44
Gambar 9. 1 Tata Letak Lokasi Pabrik	58
Gambar 9. 2 Tata letak Alat Proses.....	60
Gambar 10. 1 Struktur Organisasi Pabrik Gypsum (Kalsium Sulfat Dihidrat) Kapasitas 75.000 Ton/Tahun.	64

DAFTAR GRAFIK

Grafik 11. 1 Index Harga	79
Grafik 11. 2 Kelayakan Ekonomi	94

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan bidang pembangunan Indonesia di era globalisasi meningkat dari tahun ke tahun, ditandai dengan pembangunan fisik yang signifikan baik di perkotaan maupun pedesaan, terutama dalam hal pembangunan industri, properti, dan infrastruktur perekonomian negara. Hal ini sangat berpengaruh pada meningkatnya kebutuhan semen dan *wallboard*. Berdasarkan data yang dikeluarkan oleh CNBC Indonesia proyeksi pertumbuhan industri semen di dalam negeri mencapai 1-2 %. Data Asosiasi Semen Indonesia (ASI) juga menyebutkan pada tahun 2025 kapasitas industri semen mencapai 119,9 juta ton. Sementara permintaan domestik mencapai 64 juta ton dan utilisasi sebesar 54,2% (Revo M, 2024). Secara otomatis kebutuhan gipsum akan ikut meningkat dikarenakan gipsum adalah bahan dasar pembuatan semen. Peranan gipsum pada produksi semen adalah sebagai *retarder* guna mengatur waktu pengerasan dan menghambat waktu pengikatan pada semen agar semen tidak mudah mengeras dan retak pada saat proses pengaplikasian atau biasa disebut dengan *setting time* (Nasution dkk., 2019). Selain dimanfaatkan sebagai bahan dasar produksi semen, gipsum dimanfaatkan menjadi bahan plester, cetakan keramik, cetakan logam tuang (*ingot*) dan bahan pembuatan kapur (Natalia Manik, 2019). Gipsum juga merupakan bahan terbanyak yang dimanfaatkan menjadi bahan dasar juga pembantu di banyak jenis industri, baik pada bidang kesehatan, bidang pembangunan serta bidang lainnya (Najla, 2018).

Dari beberapa permasalahan diatas, maka diperlukan pembangunan pabrik gipsum dari batu kapur (CaCO_3) dan asam sulfat (H_2SO_4) di Indonesia untuk mengurangi impor dan memenuhi kebutuhan gipsum dalam negeri, serta membuka lapangan pekerjaan baru bagi masyarakat Indonesia.

1.2. Tujuan Perancangan

Tujuan pendirian pabrik gipsum yang berbahan kapur serta asam sulfat yaitu:

1. Memenuhi kebutuhan gipsum di Indonesia.
2. Mengurangi tingkat pengangguran dengan membuka lapangan kerja baru.
3. Mengurangi nilai impor.

1.3. Tinjauan Pustaka

1.3.1. Gypsum (Kalsium sulfat dihidrat)

Gypsum atau kalsium sulfat dihidrat memiliki rumus molekul $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ dan merupakan mineral non logam yang memiliki kandungan kalsium dominan pada mineralnya dan merupakan mineral yang mudah menguap. Adapun contoh lain mineral ini yaitu nitrat, borat, karbonat, serta sulfat yang kemudian dilakukan pengendapan pada lapisan garam, danau, laut, juga gua karena konsentrasi ion-ion ini merupakan hasil penguapan. Gypsum akan berubah sesuai dengan keadaan, seperti saat berada dalam kesetimbangan yaitu di atas suhu 42°C atau 108°F pada air murni maka gypsum berganti jadi anhidrit. Berbeda ketika air dalam keadaan hangat atau air mempunyai kandungan garam tinggi, gypsum akan berganti jadi basanit ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) atau bisa juga jadi anhidrit (CaSO_4). Gypsum pada 90°C akan berubah perlahan menjadi hemihidrat ($\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$). Sedangkan jika gypsum dipanaskan atau dibakar pada suhu antara 190°C hingga 200°C maka akan dihasilkan kapus gypsum (stucco) atau yang sering dikenal dengan sebutan plester paris dalam dunia perdagangan. Pada suhu tinggi sekitar 53°C akan terbentuk anhidrit atau gypsum mati yang tidak bisa larut di air. Tahap kalsinasi gypsum meliputi β (beta) hemidrat dan α (alpha) hemidrat yang memiliki bentuk kristal yang sama, namun karakteristik fisiknya tidak sama. α (alpha) dibuat melalui kalsinasi (peleburan plester yang telah disiapkan) dalam

lingkungan jenuh air yang mencapai suhu hingga 97°C saat tekanan yang diperoleh dari autoklaf uap tinggi. (Perdana & Hidayat, 2022)

Tabel 1. 1 Komposisi Gypsum

Komponen	Komposisi (%)
$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	91.70
CaCO_3	5.92
H_2O	0.93
MgCO_3	0.57
H_2SO_4	0.38
SiO_2	0.21
Fe_2O_3	0.15
Al_2O_3	0.1
CaSO_4	0.04
Total	100

Sumber: (Perry & Green, 2007)

Kegunaan gipsum menurut (U.S. Geological Survey, 2026) sebagai berikut :

1. Industri Konstruksi

- Papan gipsum / drywall: Bahan utama dinding interior dan plafon karena ringan, mudah dipasang, dan tahan api.
- Plester dinding: Digunakan sebagai finishing permukaan dinding.
- Bahan tambahan semen: Sebagai *set retarder*, mengatur waktu pengerasan semen.

2. Industri Pertanian

- a. Pupuk tanah: Gypsum meningkatkan struktur tanah, mengurangi kepadatan, dan menyediakan kalsium serta sulfur.
- b. Perbaikan tanah asam: Menetralkan keasaman tanah dan meningkatkan kualitas pertanian.

3. Industri Makanan dan Farmasi

- a. Bahan aditif makanan: Misalnya dalam tahu, roti, dan minuman (memberikan kandungan kalsium).
- b. Obat dan suplemen: Sebagai sumber kalsium untuk kesehatan tulang.

4. Industri Kimia dan Lain-lain

- a. Bahan baku industri semen & keramik
- b. Pembentukan cetakan / mold: Dalam industri logam untuk pengecoran logam non-ferro.
- c. Pemurnian gula: Digunakan dalam proses pemurnian gula tebu.

Gypsum sering dimanfaatkan untuk bahan pengikat mineral dikarenakan sifatnya lebih baik dibanding bahan pengikat organik. Selain itu, gypsum juga memiliki sifat yang mudah mengeras. Berikut sifat fisika serta sifat kimia yang dimiliki gypsum :

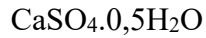
Tabel 1. 2 Sifat Fisika serta Kimia Gypsum

Parameter	Keterangan
Rumus Molekul	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Berat Molekul (gr/mol)	172,17
Titik Lebur ($^{\circ}\text{C}$)	163
Titik Didih ($^{\circ}\text{C}$)	-
Kelarutan di Air (100 ml, 20°C)	0,21
Wujud	Serbuk Putih
Bau	Tidak Berbau
Densitas (gr/ml)	2,32

(I Made Adristya, 2020)

Berikut merupakan proses reaksi gipsum:

- Reaksi pembuatan saat suhu 97°C (Gypsum hemihidrat)



- Reaksi pembuatan saat suhu 170°C (Gypsum β-hemihidrat)



- Reaksi pembuatan saat suhu 200°C (Plester anhidrous kalsium sulfat)



1.3.2. Batuan Kapur (Kalsium karbonat)

Batuan Kapur (Kalsium karbonat) dengan rumus molekul CaCO_3 merupakan bahan utama dalam pembuatan gipsum yang berbentuk padatan. Batu kapur terbentuk secara organik melalui proses pengendapan yang berasal dari mineral organik. Kalsium karbonat banyak digunakan sebagai pencampur logam, bahan pereduksi pada pembuatan logam, juga sebagai bahan pembantu pada produksi semen, cat, karet, dan plastik. Berikut sifat fisika serta kimia kalsium karbonat :

Tabel 1. 3 Sifat Fisika dan Sifat Kimia Kalsium Karbonat

Parameter	Keterangan
Rumus Molekul	CaCO_3
Berat Molekul (gr/mol)	100,09
Titik Lebur (°C)	825
Titik Didih (°C)	-
Titik Leleh (°C)	825
Kelarutan di Air (/100 ml, 25°C)	0,0013
Kelarutan dalam asam encer	<i>soluble</i>
Kelarutan, Ksp	$4,8 \times 10^{-9}$
Keasaman (pKa)	9
Wujud	Serbuk putih
Bau	Tidak berbau
pH	08-Sep

Densitas (gr/ml)	3,11 – 6,12
Indeks bias (N_D)	1,59

(I Made Adristya, 2020)

Adapun komposisi yang terdapat dalam batu kapur adalah sebagai berikut :

Tabel 1. 4 Komposisi Batu Kapur

Komposisi	Kadar (%)
CaCO_3	97,89
MgCO_3	0,95
CaSO_4	0,08
Fe_2O_3	0,25
Al_2O_3	0,17
SiO_2	0,36
H_2O	0,3

(I Made Adristya, 2020)

1.3.3. Asam Sulfat

Asam sulfat (H_2SO_4) ialah bahan kimia organik yang mempunyai sifat asam yang keras serta mudah tercampur di dalam air. Asam sulfat dimanfaatkan menjadi bahan pencampur pada industri gipsum karena reaksi kimianya dengan batu kapur (CaCO_3) sangat efisien untuk menghasilkan kalsium sulfat (CaSO_2) bahan utama gipsum . Selain untuk pembuatan gipsum, asam sulfat juga digunakan dalam industri farmasi, pupuk, bensin, dan pemutih. Berikut sifat fisika serta kimia asam sulfat :

Tabel 1. 5 Sifat Fisika serta Kimia Asam Sulfat

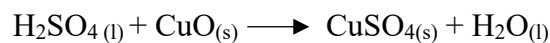
Parameter	Keterangan
Rumus Molekul	H_2SO_4
Berat Molekul (gr/mol)	98,08
Titik Lebur ($^{\circ}\text{C}$)	10

Titik Didih (°C)	337
Kelarutan di Air (/100 ml, 25°C)	Tercampur menyeluruh
Voksitas (cP, 25°C)	26,7
Keasaman (pKa, 25°C)	1,98
Wujud	Cairan higroskopis
Bau	Tidak berbau
Densitas (gr/ml)	1.84

(I Made Adristya, 2020)

Di bawah ini merupakan proses reaksi pada asam sulfat:

- Reaksi bersama basa menghasilkan garam serta air



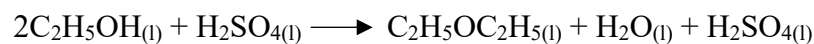
- Reaksi bersama garam membentuk garam yang cepat menguap



- Reaksi bersama magnesium karbonat membentuk magnesium sulfat



- Reaksi bersama alkohol menghasilkan eter juga air



- Korosif pada seluruh logam

1.4. Pemilihan Proses

Hakikatnya terdapat tiga proses pada pembuatan gipsum, 3 proses itu adalah:

1. Pembentukan gipsum dari CaCl_2 serta H_2SO_4
2. Pembentukan gipsum dari batu gipsum
3. Pembentukan gipsum dari batu kapur

1.4.1. Pembentukan Gipsum dari CaCl_2 serta H_2SO_4

Tahap produksi dilangsungkan dengan mencampurkan CaCl_2 dan H_2SO_4 dalam reaktor dengan suhu 50°C hingga 80°C juga tekanan 1 atm. Pada reaktor timbul reaksi penetralan kemudian terbentuk CaSO_4 serta HCl dengan perubahan menjangkau 100% yang kemudian dipisah menggunakan absorber. Selanjutnya ditempatkan ke dalam evaporator guna

menurunkan kadar air, kemudian masuk ke dalam *crystallizer* hingga mengkristal. Kemudian dimasukkan ke *centrifugal*, kristal yang keluar selanjutnya ditempatkan ke dalam rotary dryer, setelah itu didinginkan pada rotary cooler untuk menciptakan gipsum yang kemurniannya 91%. Berikut adalah reaksi pembuatannya:



(Perdana & Hidayat, 2022)

1.4.2. Pembentukan Gipsum dari Batu Gipsum

Tahap produksi gipsum melibatkan penghancuran batu gipsum yang didapat dari pegunungan kapur. Tahap menghancurkan tersebut memanfaatkan alat penghancur primer lalu disaring beberapa kali sampai memperoleh hasil yang tepat. Kemudian ditempatkan ke *sink float* guna membersihkan batuan yang kotor. Setelah itu batu-batuan dimasukkan ke dalam *secondary crusher* dengan tujuan untuk menghancurkan batuan yang belum halus, lalu sebagian dikirim ke *fine grinding* guna digiling menjadi partikel halus kemudian di-*calcining* sehingga membentuk *board plaster*, batuan lainnya ditempatkan ke dalam *ball mill* kemudian menghasilkan *bagged plaster* (Lestari, Rofiq, I. H. A., & Harismah, K., 2013).

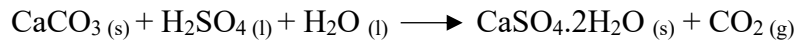
Proses pembentukan gipsum dari *gypsum rock* jika dilihat berdasarkan aspek ekonomi tidak menguntungkan dan kurang efisien karena memerlukan modal investasi yang besar dalam proses eksploitasinya. Tetapi kapasitas produksi yang diraih belum tentu besar. (Najla, 2018)

1.4.3. Pembentukan Gipsum dari Batu Kapur

Saat tahap pembuatan ini, batu kapur (CaCO_3) bersama asam sulfat encer (H_2SO_4) direaksikan dalam reaktor saat suhu $93,33^\circ\text{C}$ serta tekanan 1 atm. Didapatkan tingkat transformasi menggunakan metode ini adalah 82,86%. Setelah itu

ditambahkan ke *thickener* bertujuan guna membuang impuritas. Kemudian dimasukkan ke dalam *rotary dryer* guna menekan kadar airnya, sehingga didapatkan ukuran gipsum yang seragam dengan *ball mill*. Kemurnian gipsum yang terbentuk lebih besar dari 91%.

Berikut adalah reaksinya:



(Natalia Manik, 2019)

Sebelum melakukan penentuan tahap pembuatan penting dilakukan analisis komparatif terhadap alternatif tahap yang dilihat berdasarkan faktor teknis dan ekonomi. Dimana terdapat 3 proses dengan bahan baku yang berbeda-beda. Berikut tabel perbandingan berdasarkan aspek teknis dan ekonomi :

Tabel 1. 6 Pemilihan Proses

No	Parameter	Proses I	Proses II	Proses III
1	Aspek Teknis			
	• Bahan Baku	CaCl ₂ dan H ₂ SO ₄	Gypsum rock	CaCO ₃ dan H ₂ SO ₄
	• Persediaan Bahan Baku	CaCl ₂ Sangat sedikit	Terbatas Jumlahnya	Berlimpah dan mudah didapat
	• Kemurnian Produk	Kadar 90%	Tergantung bahan baku	Kadar 91-92%
	• Konsumsi Energi	Sedang	Sedikit	Sedang
	Kondisi Operasi			
	Tekanan	1 atm	1 atm	1 atm
	Suhu	50 - 80C	< <i>melting point gypsum</i>	93C
2	Aspek Ekonomi			
	• Investasi	Besar	Besar	Sedang

Berdasarkan data diatas, didapatkan optimasi pemilihan proses yang dihitung dengan menggunakan metode pembobotan berikut ini :

$$\begin{aligned}\bullet \text{ Bobot} &= \frac{100}{\text{Jumlah faktor pertimbangan}} \\ &= \frac{100}{8} \\ &= 12,5\end{aligned}$$

$$\bullet \text{ Skor} = 1 - 5$$

Keterangan skor :

1 : Sangat kurang

2 : Kurang

3 : Cukup

4 : Baik

5 : Sangat baik

$$\bullet \text{ Nilai} = \text{Bobot} \times \text{Skor}$$

Tabel 1. 7 Perhitungan Pemilihan Proses

No	Parameter	Skor		
		Proses I	Proses II	Proses III
1	Aspek Teknis			
	• Bahan Baku	2	3	5
	• Persediaan Bahan Baku	2	3	5
	• Kemurnian Produk	4	3	4
	• Konsumsi Energi	3	4	3
	Kondisi Operasi			
	Tekanan	5	5	5
	Suhu	4	1	3
2	Aspek Ekonomi			
	• Investasi	5	5	4

Total Skor	25	24	29	29
Skor x Bobot	312,5	300	362,5	

Berdasarkan tabel perhitungan pembobotan diatas, dapat dilihat bahwa pemilihan proses yang terbaik baik dan efektif berdasarkan aspek teknis dan ekonomi akan menjamin berdirinya pabrik gipsum menggunakan prosedur ketiga dikarenakan bahan dasar yang dimanfaatkan dapat diperoleh dengan mudah, serta kadar kemurnian produk yang didapat bagus dengan hasil persentase tinggi.

1.5. Kapasitas Produksi

Dalam menentukan kapasitas pabrik, tentunya perlu diketahui kapasitas pabrik yang sudah beroperasi baik di dalam negeri ataupun internasional. Hal ini memiliki tujuan agar kita dapat mengetahui seberapa banyak dan seberapa besar pabrik yang memproduksi gipsum. Berikut adalah pabrik-pabrik penghasil gipsum yang sudah beroperasi di Indonesia :

Tabel 1. 8 Perusahaan Pemroduksi Gipsum di Indonesia

No	Pabrik	Kapabilitas (Ton/Tahun)
1	PT. Smelting (Gresik, Jawa Timur)	35.000
2	PT. Siam Gipsum (Bekasi, Jawa Barat)	180.000
3	PT. Petrokimia (Gresik, Jawa Timur)	800.000

(Perdana & Hidayat, 2022)

Pabrik pemroduksi gipsum yang berada di luar negeri bisa dicermati dalam tabel berikut :

Tabel 1. 9 Perusahaan Pemroduksi Gipsum di Luar Negeri

No	Pabrik	Kapabilitas (Ton/Tahun)
1	Beijing Anshuntai Construction Technology (China)	1.200.000

2	SAI RAM EXPORTS (India)	3.360.000
3	Pingyi Taefing Medicine Materials Imp. & Exp. Co., Ltd (China)	10.000.000
4	Market Success International MA SARL AU (Tunisia)	12.000.000
5	Liaocheng Sanyou Sunshine Import & Export CO., Ltd (China)	12.000.000

(Perdana & Hidayat, 2022)

Mengingat di Indonesia banyak pemakaian gipsum, banyaknya bahan dasarnya, juga data pabrik yang dibangun di Indonesia, sehingga pabrik akan dibangun dari bahan batu kapur serta asam sulfat sebanyak 75.000 ton/tahun pada tahun 2029, memberikan harapan bisa menekan dependensi terhadap impor gipsum dari luar negeri. Ketergantungan terhadap impor gipsum memang belum seluruhnya memenuhi, namun setidaknya biaya impor produk ini bisa diminimalisir.

1.5.1. Ketersediaan Bahan Baku

Bahan dasar yang dimanfaatkan guna menghasilkan gipsum yaitu batuan kapur dan asam sulfat. Bahan dasar asam sulfat bisa didapatkan dari dalam negeri karena saat ini Indonesia telah memiliki pabrik pemroduksi asam sulfat, PT. Petrokimia Gresik memiliki kapasitas produksi 440.000 ton/tahun sebagai bahan pengikat semen, 800.000 ton/tahun untuk gipsum murni. Sehingga jumlah kapabilitas pembuatan gipsum PT. Petrokimia Gresik yaitu 1.240.000 ton/tahun (Natalia, 2019). Sementara itu bahan baku batu kapur didapat dari penambangan di wilayah Tuban, Jawa Timur. Selain itu, bahan dasar batu kapur juga didapat dari PT. Rafansa Tuban tujuannya agar bahan baku dapat terpenuhi sesuai dengan kebutuhan.

1.5.2. Kebutuhan Impor Gipsum dalam Negeri

Dalam menentukan kapasitas produksi, kita perlu memperhatikan beberapa faktor dalam perhitungan kapsitas. Salah

satunya adalah data statistik dari impor gipsum di Indonesia. Dalam mencukupi keperluan gipsum negeri, Indonesia harus mengimpor gipsum dari luar negeri dengan jumlah besar. Kebutuhan impor gipsum di Indonesia dapat dilihat melalui data impor selama 5 tahun terakhir dari tahun 2020 hingga 2024 di bawah ini :

Tabel 1. 10 Impor Gipsum di Indonesia

Tahun	Jumlah Impor (Ton)	% Pertumbuhan
2020	609.025,21	
2021	750.985,61	23,3%
2022	851.857,96	13,4%
2023	720.652,01	-15,4%
2024	659.897,51	-8,4%
Total Nilai %P		12,9%
Rata-rata (i)		2,6%

Sumber : (Badan Pusat Statistik, 2025)

Dapat dilihat pada tabel diatas, bahwa jumlah impor gipsum ke Indonesia cenderung fluktuatif dengan rata-rata perubahan nilai impor sebesar 2,6%. Berdasarkan data yang telah diuraikan diatas, maka peluang terciptanya kapasitas produksi pabrik gipsum pada tahun 2029 dapat menentukan perhitungan dengan rumus :

$$F = F_o ((1 + i)^n)$$

Keterangan :

F = Perkiraan kebutuhan gipsum tahun 2029

F_o = Kebutuhan gipsum tahun 2024

i = Pertumbuhan rata-rata

n = Selisih waktu (tahun)

F = 659.897,51 ton $((1 + 2,6\%)^5)$
= 750.262,593 ton

Dari perhitungan tersebut didapatkan hasil untuk peluang penentuan kapasitas pabrik gipsum pada tahun 2029 adalah sebesar 750.262,593 ton. Berdasarkan hasil dari perhitungan peluang kapasitas pabrik gipsum pada

tahun 2029 tersebut, kami akan mengambil 10% dari peluang tersebut, yaitu sebanyak :

$$= 750.262,593 \times 10\%$$

$$= 75.026,259 \text{ ton}$$

Jadi hasil perhitungan kapasitas yang dipakai dibulatkan menjadi 75.000 ton/tahun.

1.6. Penetapan Lokasi Pabrik

Lokasi pabrik adalah aspek berpengaruh saat pembangunan pabrik dengan menetapkan tempat yang cocok, strategis, efisien, dan dapat bermanfaat bagi keberlangsungan kinerja pabrik. Penentuan lokasi pabrik gipsum diperoleh berdasarkan perbandingan antara dua lokasi. Lokasi A berada di Lowokwaru, Malang dan lokasi B berada di Kawasan industri utama di Kecamatan Manyar, Gresik, terpusat di Java Integrated Industrial an Port Estate (JIPE). Berikut beberapa faktor yang menjadi pertimbangan ketika penentuan lokasi pabrik :

1.6.1. Ketersediaan Bahan Baku

Bahan dasar produksi gipsum yaitu asam sulfat yang didapatkan dari PT. Petrokimia Gresik dengan kapasitas 600.000 ton/tahun serta batu kapur ditambang di daerah Tuban dan diperoleh dari PT. Rafansa Tuban dengan kapasitas 200.000 ton/tahun.

1.6.2. Daerah Pemasaran

Dalam pendirian suatu pabrik pastinya juga harus memperhatikan peluang pemasaran produknya. Kawasan Industri Gresik adalah tempat strategis guna mendirikan pabrik dikarenakan berdekatan dengan PT. Semen Gresik yang merupakan penghasil semen di Indonesia, juga pastinya membutuhkan gipsum sebagai bahan bakunya.

1.6.3. Utilitas

Faktor penunjang lain layaknya air, listrik, juga instrumen lain juga perlu diperhatikan untuk keberlangsungan pabrikasi. Di

wilayah Gresik sangat strategis karena lokasi pabrik dekat dengan sumber PLN Gardu Induk 150 kV Manyar, Gresik. Selain itu, lokasi pabrik juga dekat dengan Sungai Kali Wangen.

1.6.4. Tenaga Kerja

Ketersediaan karyawan yang berpengalaman tentunya dibutuhkan guna mengoperasikan alat pembuatan serta memberikan lowongan pekerjaan bagi tenaga kerja.

1.6.5. Kondisi Daerah

Berdasarkan letak geografisnya, Gresik termasuk daerah beriklim panas dengan temperatur 28,5°C. Selain itu, Gresik juga memiliki curah hujan rata-rata 2.245 mm/tahun.

1.6.6. Transportasi

Tak hanya lokasi yang strategis, transportasi juga tak kalah pentingnya bagi keberlangsungan produksi pabrik. Lokasi pabrik yang berada di wilayah Gresik ini dapat menggunakan transportasi untuk pemasaran melalui jalur darat dan laut. Dikarenakan lokasi pabrik dekat Jalan Raya Manyar dan Pelabuhan Hujung Galuh.

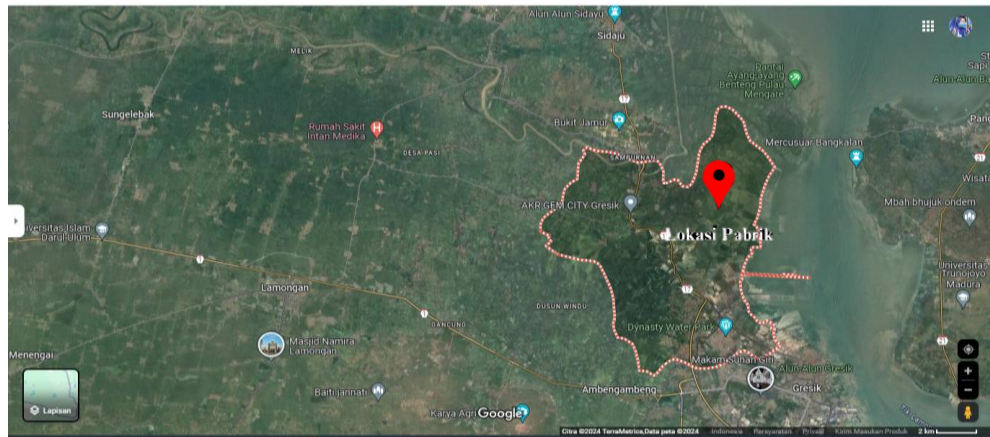
Berdasarkan faktor pertimbangan diatas, dapat dihitung menggunakan penilaian faktor seperti tabel berikut ini :

Tabel 1. 11 Penilaian untuk Lokasi Pabrik

No	Aspek	Bobot (%)	Lokasi A (Malang)		Lokasi B (Gresik)	
			Nilai	B x N	Nilai	B x N
1	Bahan Dasar	25	95	23,75	100	25
2	Pemasaran	15	85	12,75	90	13,5
3	Utilitas	10	80	8	85	8,5
4	Tenaga Kerja	15	75	11,25	80	12
5	Kondisi Daerah	15	75	11,25	70	10,5
6	Transportasi	20	85	17	85	17
Jumlah		100		84		86,5

Berdasarkan tabel diatas, lokasi pembangunan pabrik yang diperoleh dari hasil evaluasi dari beberapa faktor dengan skor lokasi A (Malang) sebesar 84 dan lokasi B (Gresik) sebesar 86,5. Oleh karena itu, dipilihlah lokasi pendirian pabrik gipsum yang terbaik yaitu dikawasan Kecamatan Manyar, Kabupaten Gresik, Jawa Timur.

1.6.7. Peta Lokasi



Gambar 1. 1 Peta Lokasi Pabrik Kecamatan Manyar, Kabupaten Gresik, Jawa Timur

BAB II

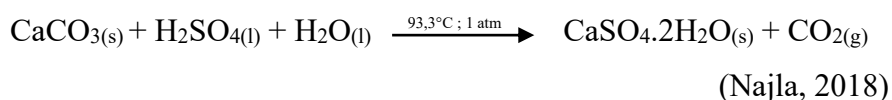
URAIAN PROSES

2.1. Konsep Proses

2.1.1. Dasar Reaksi

Proses produksi gipsum serta karbon dioksida dari batuan kapur serta asam sulfat adalah reaksi pengasaman. Larutan yang dimanfaatkan untuk produksi gipsum merupakan larutan anorganik. Bila produksi gipsum dilaksanakan pada reaktor tangki berpengaduk kontinyu atau *Continuous Stirred Tank Reactor* (CSTR), bahan bakunya adalah asam sulfat serta batu kapur yang mengandung bahan berbeda, ditempatkan secara bersamaan dari atas reaktor. (Perdana & Hidayat, 2022)

Berikut adalah reaksi umum yang terjadi pada pembuatan gipsum dari batu kapur dan asam sulfat:



2.1.2. Kondisi Operasi

Kondisi operasi pada reaktor saat suhu $93,3^\circ\text{C}$ serta tekanan 1 atm digunakan guna membentuk gipsum. Transformasi gipsum adalah 90%. Komparasi berat kapur serta asam sulfat yang dimasukkan ke dalam reaktor yaitu 1 : 2 dengan lamanya di dalam reaktor yaitu 5 sampai 10 menit. (Perdana & Hidayat, 2022)

2.1.3. Sifat Reaksi

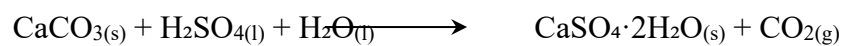
Pengujian termodinamika bertujuan guna mencari tahu sifat reaksi (endotermik/eksotermik) juga haluan reaksi (*reversible/irreversible*). Penetapan kalor suatu reaksi eksotermik atau endotermik bisa diukur dengan menghitung kalor pembentukan standar (ΔH°_f) dengan tekanan $P = 1 \text{ atm}$ serta $T = 298 \text{ }^\circ\text{K}$. (Perdana & Hidayat, 2022). Tabel di bawah merupakan harga ΔH°_f pada suhu $298 \text{ }^\circ\text{K}$ untuk setiap komponen disajikan dalam 2.1 :

Tabel 2. 1 Harga Molekul serta ΔH°_f Setiap Komponen

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

(Perdana & Hidayat, 2022)

Perubahan entalpi standar reaksi (ΔH°_R) merupakan perbedaan antara jumlah entalpi pembentukan standar dari produk dan reaktan pada suhu 298 K. Reaksi yang dianalisis dalam penelitian ini adalah reaksi antara kalsium karbonat (CaCO₃), asam sulfat (H₂SO₄), dan air (H₂O) yang menghasilkan kalsium sulfat dihidrat (CaSO₄·2H₂O) dan karbon dioksida (CO₂). Persamaan reaksinya dituliskan sebagai berikut:



Berdasarkan data ΔH°_f (entalpi pembentukan standar) dari masing-masing komponen pada suhu 298 K yang disajikan pada Tabel 2.1 diatas, dilakukan perhitungan sebagai berikut :

$$\Delta H^\circ_R = \Delta H^\circ_f (\text{produk}) - \Delta H^\circ_f (\text{reaktan})$$

$$= [\Delta H^\circ_f (\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) + \Delta H^\circ_f (\text{CO}_2)] - [\Delta H^\circ_f (\text{CaCO}_3) + \Delta H^\circ_f (\text{H}_2\text{SO}_4) + \Delta H^\circ_f (\text{H}_2\text{O})]$$

$$\begin{aligned}
&= [-479,33 + (-94,052)] - [-289,54 + (-193,69) + (-68,3174)] \\
&= -573,382 - (-551,5474) \\
&= -21,8346 \text{ kcal/mol}
\end{aligned}$$

Hasil perhitungan diatas menunjukkan bahwa nilai $\Delta H^\circ R$ adalah $-21,83 \text{ kcal/mol}$, yang berarti reaksi berlangsung secara eksoterm karena melepaskan kalor ke lingkungan (nilai negatif). Secara termodinamika, reaksi eksoterm menunjukkan kestabilan produk yang lebih tinggi dibandingkan reaktan, serta secara kinetika dapat mempercepat laju reaksi awal. Hal tersebut sepadan dengan persamaan dibawah ini :

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

Dapat dipahami bahwa penurunan suhu akan meningkatkan nilai konstanta kesetimbangan K pada reaksi eksoterm. Oleh karena itu, pengendalian suhu sangat penting dalam perancangan reaktor agar reaksi tetap berlangsung optimum ke arah pembentukan produk ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ dan CO_2) (Najla, 2018). Selain perubahan entalpi, perhitungan energi bebas Gibbs standar (ΔG) juga penting untuk mengevaluasi spontanitas reaksi. ΔG dihitung menggunakan persamaan:

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

Dengan suhu $T = 298 \text{ K}$. Nilai ΔS merupakan perubahan entropi standar reaksi yang dihitung dari selisih antara entropi total produk dan reaktan:

$$\begin{aligned}
\Delta S &= S (\text{produk}) - S (\text{reaktan}) \\
&= [S(\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) + S(\text{CO}_2)] - [S(\text{CaCO}_3) + S(\text{H}_2\text{SO}_4) + S(\text{H}_2\text{O})] \\
&= (194,0 + 213,74) - (92,9 + 156,9 + 69,91) \\
&= 407,74 - 319,71 \\
&= 88,03 \text{ J/mol} \cdot \text{K} = 0,08803 \text{ kcal/mol} \cdot \text{K}
\end{aligned}$$

Kemudian dihitung nilai ΔG :

$$\begin{aligned}\Delta G &= -21,8346 - (298 \times 0,08803) \\ &= -21,8346 - 26,2469 \\ &= -48,0815 \text{ kcal/mol}\end{aligned}$$

Nilai ΔG yang negatif menandakan bahwa reaksi berlangsung spontan secara termodinamika pada kondisi standar. Artinya, tanpa perlu masukan energi eksternal, reaksi akan cenderung berlangsung menuju pembentukan produk, yakni $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ dan CO_2 . Hal ini mendukung efisiensi proses reaksi dalam sistem, dan dapat digunakan sebagai dasar pertimbangan dalam optimasi proses industri seperti produksi gipsum dari batu kapur dan asam sulfat.

2.2. Langkah Proses

2.2.1. Langkah Penyiapan Bahan Baku

Batu kapur ditempatkan di penyimpanan pada suhu 30°C serta tekanan 1 atmosfer. Batu kapur padat dari penyimpanan dibawa dengan belt conveyor, diangkut dengan *bucket elevator*, dan disimpan di bunker terlebih dahulu. Batu kapur diumpankan dari *hopper* ke konveyor sekrup. Batu kapur padat terlebih dahulu dihancurkan menjadi potongan-potongan kecil memakai penghancur jenis *jaw crusher*. Batu kapur diumpankan dari *crusher* ke konveyor ulir yang bertindak sebagai pengumpan. Batu kapur tersebut kemudian ditempatkan ke dalam reaktor kemudian diproses. Selain batu kapur, bahan baku terpenting adalah asam sulfat. Pertama, asam sulfat ditempatkan pada tangki dengan suhu 30°C serta tekanan 1 atm. Kandungan asam sulfat sebesar 98%. Asam sulfat lalu dipompa ke dalam blender dan dicairkan dengan air sehingga memperoleh kadar 50%. Konsentrasi 50% adalah kondisi ideal untuk memaksimalkan pembentukan kristal kalsium sulfat dihidrat ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) atau gipsum dengan kemurnian tinggi. Blender juga memiliki filter

daur ulang (setelah proses awal berlangsung) (Najla, 2018).
Molaritas yang di dapat yaitu:

$$M = \frac{\% \times \text{massa jenis} \times 10}{\text{massa molar}} \quad (2.1)$$

$$M = \frac{50\% \times 1,84 \times 10}{98, \text{g/mol}} \quad (2.2)$$

$$M = 9,3878 \quad (2.3)$$

2.2.2. Langkah Pembentukan Produk

Tujuan pada tahap ini adalah pembentukan gipsum hasil reaksi antar batu kapur dengan campuran asam sulfat. Reaksi pada reaktor berlangsung dengan tekanan 1 atm serta suhu 93,33°C. Menggunakan reaktor RATB. Batu kapur dimasukkan ke reaktor dengan suhu 30°C, asam sulfat keluar dari blender dengan suhu 93,33°C serta tekanan 1 atm. Reaksi berlangsung di dalam reaktor bersifat eksotermik serta suhu produk yang keluar dari reaktor adalah 93,33°C. Reaksi ini tidak hanya membentuk kalsium sulfat dihidrat ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) tetapi juga karbon dioksida (CO_2) yang dilepaskan langsung ke lingkungan. Bubur yang keluar dipompa ke filter vakum drum berputar yang kemudian diproses oleh peralatan berikutnya yaitu pengering putar. (Perdana & Hidayat, 2022)

2.2.3. Langkah Pemisahan dan Pemurnian Produk

Tahap separasi dimaksudkan guna memisahkan air gipsum juga asam sulfat. Filter vakum drum yang berputar digunakan untuk proses pemisahan ini. Output dari filter beroperasi dengan suhu 93,3 °C serta 1 atm menghasilkan gipsum semacam *cake* serta larutan asam sulfat semacam filtrat. *Cake* gipsum yang keluar dari filter dikirim melalui konveyor ulir ke pengering putar yang beroperasi dengan suhu 80°C serta tekanan 1 atmosfer, di mana ia mengalami tahap pencucian, yaitu tahap untuk mereduksi cairan. (Perdana & Hidayat, 2022)

Proses pemurnian bungkil gipsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) memiliki tujuan guna meningkatkan otentitas bungkil gipsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) yang dihasilkan dengan cara penyaringan, mengingat keotentikan *cake* gipsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) yang produksinya masih rendah. Itu tidak cocok dengan apa yang tersedia secara komersial. Prosedur pencuciannya memanfaatkan mesin pengering putar *direct/counterflow*, dan proses pengeringannya memanfaatkan udara panas yang dihembuskan dari udara kering yang dipanaskan oleh *heat exchanger* dengan uap menjadi pemanasnya. (Najla, 2018)

Pengering putar memiliki kandungan $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ sebanyak 91,25%, melebihi kandungan pada pasaran yang sebanyak 91%. Produk yang keluar dari pengering putar kemudian diangkut dengan elevator ember ke silo tempat produk gipsum disimpan sementara, kemudian dikirim ke unit pengemasan, dikemas, dan disimpan di gudang sebagai produk utama. Sedangkan pada komponen bawah filter dihasilkan filtrat berbentuk air serta asam sulfat dikembalikan ke blender. Air serta asam sulfat yang ada di area keluar pengering putar keluar bersamaan dengan udara panas. Campuran sulfat serta air kemudian dikirim ke UPL (Upaya Pemantauan Lingkungan) untuk diolah. (Najla, 2018).

BAB III

SPESIFIKASI BAHAN DASAR DAN PRODUK

3.1. Spesifikasi Bahan Dasar

3.1.1. Batuan Kapur (Gamping)

Rumus molekul	: CaCO_3
Wujud	: Padat
Berat molekul (g/gmol)	: 100
Komposisi	: CaCO_3 : 97,89 %
	MgCO_3 : 0,95 %
	CaSO_4 : 0,08 %
	Fe_2O_3 : 0,25 %
	Al_2O_3 : 0,17 %
	SiO_2 : 0,36 %
	H_2O : 0,30 %

(Perdana & Hidayat, 2022)

3.1.2. Asam Sulfat

Rumus molekul	: H_2SO_4
Wujud	: Cair
Sifat	: Korosif
Berat molekul (g/gmol)	: 98
Kemurnian	: 98 %
Kelarutan	: Mudah larut dalam air (<i>miscible</i>)
Densitas	: 1,837 g/cm ³
Titik didih	: 338 °C
Titik leleh	: 10,36 °C (93 % - 100 %)
<i>Specific gravity</i>	: 1,834
Cp	: 0,4518 Cal/g°C
Viskositas	: 26,7 cp
Impuritas H_2O	: 2 % mol
Komposisi	: H_2SO_4 : 98 % , H_2O : 2 %

(Perdana & Hidayat, 2022)

3.1.3. Air

Rumus molekul	: H_2O
Wujud	: Cair
Berat molekul (g/gmol)	: 18
Titik didih	: $100\text{ }^\circ\text{C}$
<i>Specific gravity</i>	: 0,95838 g/ml
Viskositas	: 0,838 Kg/m.s
Bertindak sebagai pelarut juga merupakan cairan bening tak memiliki warna.	

(Perdana & Hidayat, 2022)

3.2. Spesifikasi Produk

3.2.1. Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum)

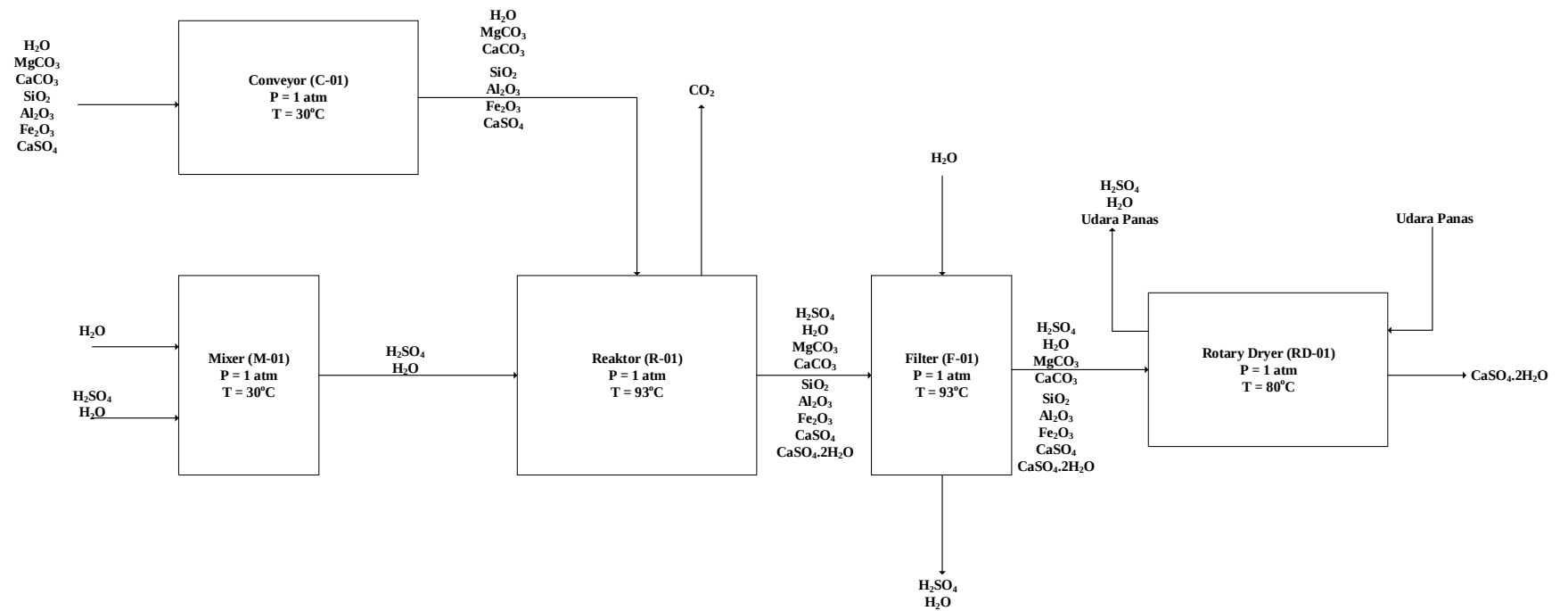
Rumus molekul	: $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Nama lain	: Kalsium sulfat dihidrat
Berat molekul (g/gmol)	: 172
Kemurnian	: 91,66 %
Kenampakan	: Serbuk berwarna putih
Kelarutan dalam air ($20\text{ }^\circ\text{C}$)	: 0,21g $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ / 100g larutan
Densitas	: $2,32\text{ g/cm}^3$
<i>Melting point</i>	: $150\text{ }^\circ\text{C}$
Kadar impuritas	: Total maksimal 9 % berat
Komposisi	: H_2SO_4 : 0,38 %
	: CaCO_3 : 5,92 %
	: MgCO_3 : 0,57 %
	: CaSO_4 : 0,04 %
	: Fe_2O_3 : 0,15 %
	: Al_2O_3 : 0,10 %
	: SiO_2 : 0,21 %
	: H_2O : 0,93 %

(Perdana & Hidayat, 2022)

BAB IV

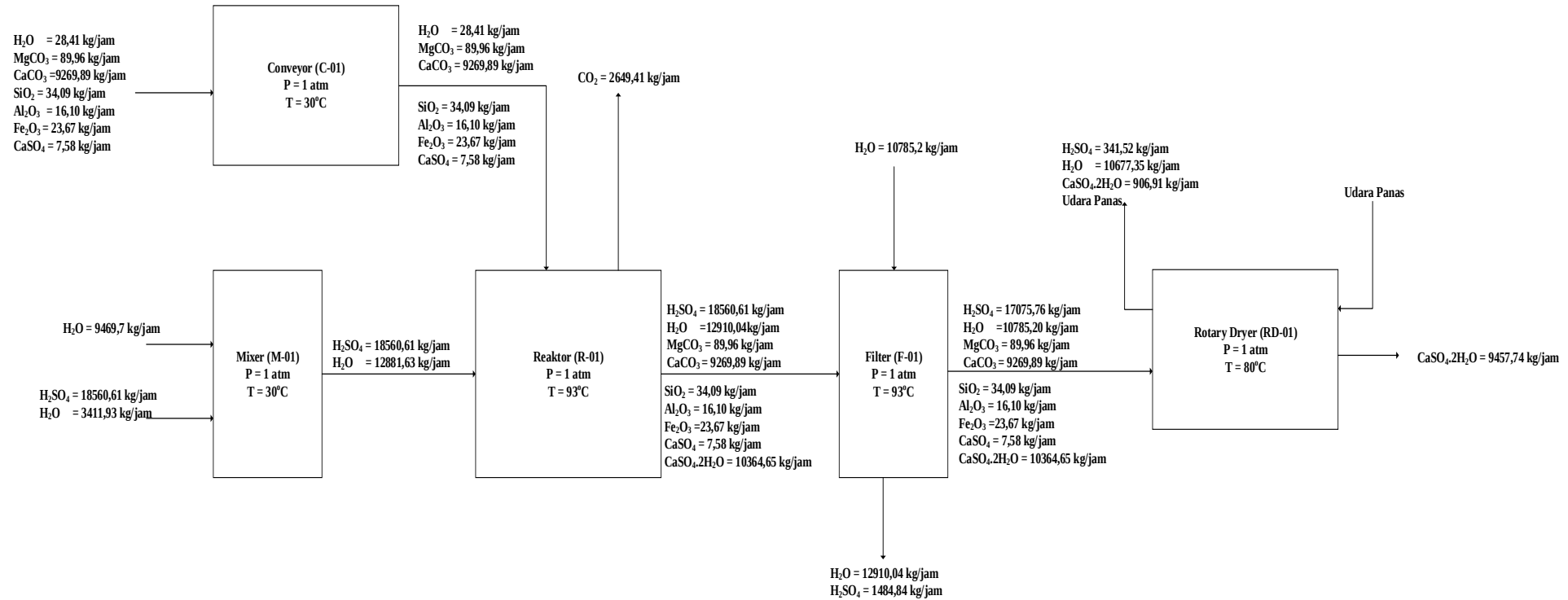
DIAGRAM ALIR

4.1 Diagram Alir Kualitatif



Gambar 4. 1 Diagram Alir Kualitatif Pabrik Gypsum

4.2 Diagram Alir Kuantitatif



Gambar 4. 2 Diagram Alir Kuantitatif

BAB V

NERACA MASSA

5.1. Neraca Massa *Crusher* (C-01)

Tabel 5. 1 Neraca Massa Crusher (C-01)

Komponen	Input (Kg/jam)	Output (Kg/jam)
	A1	A2
CaCO ₃	9.269,89	9.269,89
H ₂ O	28,40909091	28,41
CaSO ₄	7,575757576	7,58
SiO ₂	34,09090909	34,09
MgCO ₃	89,96212121	89,96
Al ₂ O ₃	16,09848485	16,10
Fe ₂ O ₃	23,67424242	23,67
Sub Total	9.469,70	9.469,70
Total	9.469,70	9.469,70

5.2. Neraca Massa *Mixer* (M-01)

Tabel 5. 2 Neraca Massa Mixer (M-01)

Komponen	Input (Kg/jam)		Output (Kg/jam)
	A4	A5	A6
H ₂ SO ₄	18560,60606		18560,60606
H ₂ O	3411,931818	9469,69697	12881,62879
Sub Total	21972,53788	9469,69697	31442,23485
Total	31442,23485		31442,23485

5.3. Neraca Massa Reaktor (R-01)

Tabel 5. 3 Neraca Massa Reaktor (R-01)

Komponen	Input (Kg/jam)		Output (Kg/jam)	
	A2	A6	A7	A8
CaCO ₃	9.269,89		9.269,89	
H ₂ O	28,41	12881,62879	12.910,04	
CaSO ₄	7,58		7,58	
SiO ₂	34,09		34,09	
MgCO ₃	89,96		89,96	
Al ₂ O ₃	16,10		16,10	
Fe ₂ O ₃	23,67		23,67	
H ₂ SO ₄		18560,60606	18.560,61	
CaSO ₄ .2H ₂ O			10.364,65	
CO ₂				2.649,41
Sub Total	9.469,70	31.442,23	51.276,58	2.649,41
Total	53.925,99		53.925,99	

5.4. Neraca Massa *Rotary Drum Vacuum Filter* (F-01)

Tabel 5. 4 Neraca Massa Rotary Drum Vacuum Filter (F-01)

Komponen	Input (Kg/jam)		Output (Kg/jam)	
	A7	A9	A10	A11
CaCO ₃	9.269,89		9.269,89	
H ₂ O	12.910,04	10785,19708	10.785,20	12.910,04
CaSO ₄	7,58		7,58	
SiO ₂	34,09		34,09	
MgCO ₃	89,96		89,96	
Al ₂ O ₃	16,10		16,10	
Fe ₂ O ₃	23,67		23,67	
H ₂ SO ₄	18.560,61		17.075,76	1484,848485
CaSO ₄ .2H ₂ O	10.364,65		10.364,65	
Sub Total	51.276,58	10.785,20	47.666,89	14.394,89
Total	62.061,78		62.061,78	

5.5. Neraca Massa *Rotary Dryer* (RD-01)

Tabel 5. 5 Neraca Massa Rotary Dryer (RD-01)

Komponen	Input (Kg/jam)	Output (Kg/jam)	
	A10	A13	A14
CaCO ₃	9.269,89	9.269,89	
H ₂ O	10.785,20	107,85	10.677,35
CaSO ₄	7,58	7,58	
SiO ₂	34,09	34,09	
MgCO ₃	89,96	89,96	
Al ₂ O ₃	16,10	16,10	
Fe ₂ O ₃	23,67	23,67	
H ₂ SO ₄	17.075,76	341,52	16.734,24
CaSO ₄ .2H ₂ O	10.364,65	9.457,74	906,91
Sub Total	47.666,89	19.348,40	28.318,49
Total	47.666,89	47.666,89	

BAB VI

NERACA PANAS

6.1. Neraca Panas Reaktor (R-01)

Tabel 6. 1 Neraca Panas Reaktor (R-01)

Masuk (Kcal/jam)		Keluar (Kcal/jam)	
$\Delta H1$	9464,967227	$\Delta H3$	782009,9146
$\Delta H2$	32820,99986	$\Delta H4$	36392,15314
$\Delta H5$	14297,30828	$\Delta H6$	14297,30828
HR	905214,7348	Q_{loss}	129098,6342
Total	961798,0102	Total	961798,0

6.2. Neraca Panas *Rotary Dryer* (RD-01)

Tabel 6. 2 Neraca Panas Rotary Dryer (RD-01)

Masuk (Kcal/jam)		Keluar (Kcal/jam)	
$\Delta H1$	177920,16	$\Delta H3$	344768,5567
$\Delta H4$	168582,44	Q_{loss}	1723,191949
Total	346503	Total	346492

6.3. Neraca Panas *Heater* (HE-01)

Tabel 6. 3 Neraca Panas Heater (HE-01)

Masuk (Kcal/jam)		Keluar (Kcal/jam)	
$\Delta H1$	1354,7531	$\Delta H2$	24560,4879
Q	23453,8205	Q_{loss}	248,0857
Total	24808,5736	Total	24808,5736

BAB VII

SPESIFIKASI ALAT

7.1. *Belt Conveyor* (BC-01)

Tabel 7. 1 Belt Conveyor (BC-01)

Kode	: BC-01
Fungsi	: Mengangkut batuan kapur dari gudang untuk di umpankan ke crusher
Jenis	: Troughed Belt, dengan sudut kemiringan 45°C
Material	: Carbon Steel SA-283 Grade C
Kapasitas	: 7 ton/jam
Panjang	: 1,524 m
Lebar	: 0,3556 m
Kecepatan	: 100 ft/menit
Power motor	: 20 Hp

7.2. *Bucket Elevator* (BE-01)

Tabel 7. 2 Bucket Elevator (BE-01)

Kode	: BE-01
Fungsi	: Mengangkut batuan kapur dari Belt Conveyor ke Crusher
Jenis	: Continuous Bucket Elevator
Material	: Carbon Steel SA 283 Grade C
Kapasitas	: 5 ton/jam
Panjang	: 0,8333 m
Lebar	: 0,9791 m
Tinggi	: 7,62 m
Kecepatan	: 16,4055 ft/menit
Power motor	2 Hp

7.3. *Crusher* (C-01)

Tabel 7. 3 Crusher (C-01)

Kode	: C-01
Fungsi	: Menghancurkan batu kapur
Jenis	: Blake Jaw Crusher
Kapasitas	: 99,73 Kg/jam
Power motor	: 4 Hp

7.4. *Screw Conveyor* (SC-01)

Tabel 7. 4 Screw Conveyor (SC-01)

Kode	: SC-01
Fungsi	: Mengumpulkan batu kapur dari Crusher menuju screen
Jenis	: Helicoid Flight
Material	: Carbon Steel SA 283 Grade C
Kapasitas	: 99,73 Kg/jam
Panjang	: 4,572 m
Diameter Screw	: 8 in
Kecepatan	: 30 rpm
Power motor	: 2 Hp

7.5. Hopper (H-01)

Tabel 7. 5 Hopper (H-01)

Kode	: H-01
Fungsi	: Tempat penampungan sementara batuan kapur sebelum masuk reaktor
Jenis	: Silinder vertikal dengan alas berbentuk kerucut (Conical Bin)
Material	: Carbon Steel SA-283 Grade C
Kapasitas	: 99,73 Kg/jam
Suhu	: 30°C
Tekanan	: 1 atm
Lama penyimpanan	: 7 hari
Tinggi total	: 1,8117 m
Diameter	: 0,9081 m
Tebal	: 0,8125 in

7.6. Tangki Penyimpanan H₂SO₄ (T-01)

Tabel 7. 6 Tangki Penyimpanan H₂SO₄ (T-01)

Kode	: T-01
Fungsi	: Menyimpan kebutuhan asam sulfat untuk proses produksi selama 7 hari
Jenis	: Tangki silinder tegak dengan dasar datar (flat bottom) dan bagian atas berbentuk kerucut (conical)
Material	: Stainless Steel SA-240 type 316
Kapasitas	: 96,04 Kg/jam
Waktu Penyimpanan	: 7 hari
Volume	: 1682,87995 Kg/jam
Tekanan Operasi	: 1 atm
Diameter	: 12,192 m
Tinggi	: 4,57 m

7.7. Mixer (M-01)

Tabel 7. 7 Mixer (M-01)

Kode	: M-01
Fungsi	: Mencampurkan larutan asam sulfat dengan air sehingga adanya pengenceran
Jenis	: Tangki Silinder Tegak/vertical dengan atap berbentuk Torispherical dan dilengkapi dengan pengaduk
Material	: Stainless Steel SA 167 Grade 3 Type 304
Kapasitas	: 114,4153 Kg/jam
Volume	: 15,322 m ³
Suhu	: 30°C
Tekanan Operasi	: 1 atm
Tinggi mixer	: 2,4476 m
Tebal shell	: 0,2127 in
Tebal head	: 0,2491 in
Tinggi total cairan	: 1,2259 m
Tipe pengaduk	: Turbin impeller with 6 blades
Diameter pengaduk	: 0,4892 m
Kecepatan	: 85,737 rpm
Power	: 24,381 Hp

7.8. Pompa (P-01)

Tabel 7. 8 Pompa (P-01)

Kode	: P-01
Fungsi	: Mengalirkan Asam Sulfat dari Tangki menuju Mixer
Jenis	: Centrifuge Pump
Kapasitas	: 18,3753 m ³ /jam
Power	: 3,5 Hp

7.9. Heater (HE-01)

Tabel 7. 9 Heater (HE-01)

Kode	: HE-01
Fungsi	: Menaikkan temperatur umpan Asam sulfat dari 30°C menjadi 93°C dari tangki penyimpanan (T-01) menuju reaktor (R-01)
Jenis	: Double Pipe Heat Exchanger
Material	: Stainless Steel SA-167 type 316
Media pemanas	: Steam
Luas transfer panas	: 60,87 ft ²

7.10. Reaktor (R-01)

Tabel 7. 10 Reaktor (R-01)

Kode	: R-01	
Fungsi	: Mereaksikan larutan	
Jenis	: Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR)	
Material	: Stainless Steel SA 299 Grade 3 Type 304	
Suhu Operasi	: 93 °C	
Tekanan Operasi	: 1 atm	
Waktu Tinggal	: 10 menit	
Diameter	: 0,84415 m	
Tinggi	: 1,6501 m	
Tebal shell	: 0,1875 in	
Tipe Head dan bottom	: Torispherical Dished Head	
Tebal head dan bottom	: 0,16 in	
Jenis pengaduk	: Turbin 6 blade disk standar	
Diameter pengaduk	: 0,2814 m	
Panjang blade	: 0,08825 m	
lebar blade	: 0,07035 m	
Power	: 2 Hp	
Koil pendingin	: Air	
Diameter koil	: ID	: 1,23 in
	: OD	: 1,66 in
Jumlah lilitan	: 2	
Tinggi tumpukan koil	: 0,201 m	

7.11. Filter (F-01)

Tabel 7. 11 Filter (F-01)

Kode	: F-01
Fungsi	: Untuk memisahkan padatan gipsum dari slurry
Jenis	: Rotary Drum Vacuum Filter
Material	: Stainless Steel SA 299 Grade 3 Type 304
Suhu operasi	: 70 °C
Tekanan operasi	: 1 atm
Diameter	: 1,08495 m
Panjang	: 2,1669 m
Tebal cake	: 0,019685 m
Kecepatan	: 1,75825 rpm
Power	: 37 Hp

7.12. Rotary Dryer (RD-01)

Tabel 7. 12 Rotary Dryer (RD-01)

Kode	: RD-01
Fungsi	: Mengurangi Kandungan Cairan dalam produk Gipsum
Jenis	: Direct contact counter current
Material	: Low-alloy steels SA-302 grade B
Suhu bahan masuk	: 30 °C
suhu udara masuk	: 120 °C
Suhu bahan keluar	: 80 °C
Suhu udara keluar	: 59 °C
Diameter	: 0,59141 m
Panjang	: 4 m
Tebal shell	: 0,0028 m
Power	: 2,5 Hp

7.13. *Cooler (CL-01)*

Tabel 7. 13 Cooler (CL-01)

Kode	: CL-01
Fungsi	: Mendinginkan fluida keluaran reaktor (R-01) sebelum masuk filter (F-01) dari suhu 93°C menjadi 70°C
Jenis	: Shell and Tube 1-1
Material	: Stainless Steel SA-167 type 316
Media pendingin	: Air
Luas transfer panas	: 114,5565 ft ²
ID shell	: 17 in
Baffle spacing shell	: 4,75 in
Passes	: 1
Id tube	: 0,241 in
Od tube	: 1/4 in
BWG	: 4
Panjangn tube	: 10 ft
Passes	: 2

7.14. *Screen (VS-01)*

Tabel 7. 14 Screen (VS-01)

Kode	: VS-01
Fungsi	: Menyeragamkan ukuran batuan kapur hingga 100 mesh
Jenis	: High speed vibrating screen
Material	: Carbon Steel

7.15. Silo (S-01)

Tabel 7. 15 Silo (S-01)

Kode	: S-01
Fungsi	: Menyimpan produk Gypsum untuk kebutuhan selama 7 hari
Jenis	: Silinder tegak dengan tutup datar dan alas berbentuk kerucut
Material	: Galvanized steel
Kapasitas	: 1642,267 m ³
Suhu operasi	: 30 °C
Tekanan operasi	: 1 atm

BAB VIII

UTILITAS

Untuk mendukung proses dalam suatu pabrik diperlukan sarana penunjang yang penting demi kelancaran jalannya proses produksi. Sarana penunjang merupakan sarana lain yang diperlukan selain bahan baku dan bahan pembantu agar proses produksi dapat berjalan sesuai yang diinginkan. Unit utilitas merupakan unit penunjang bagi unit-unit yang lain dalam pabrik atau sarana penunjang untuk menjalankan suatu pabrik dari tahap awal sampai produk akhir. Unit utilitas ini meliputi :

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

8.1. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (*Water Treatment System*)

8.1.1. Unit Penyediaan Air

Dalam memenuhi kebutuhan air suatu industri, pada umumnya menggunakan air sumur, air sungai, air danau maupun air laut sebagai sumber untuk mendapatkan air. Dalam perancangan pabrik Kalsium Sulfat Dihidrat ini, sumber air yang digunakan berasal dari sungai Sungai bawah tanah di Gua Ngerong, Desa Rengel, Tuban yang tidak jauh dari lokasi pabrik., Untuk menghindari fouling yang terjadi pada alat-alat penukar panas maka perlu diadakan pengolahan air sungai. Pengolahan dilakukan secara fisis dan kimia. Pertimbangan menggunakan air sungai sebagai sumber untuk mendapatkan air adalah sebagai berikut :

1. Air sungai merupakan sumber air yang kontinuitasnya relatif tinggi, sehingga kendala kekurangan air dapat dihindari.
2. 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.

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

a. Air Pendingin

Pada umumnya air digunakan sebagai pendingin karena pertimbangan sebagai berikut :

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

b. Air Sanitasi

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

a. Syarat Fisika, meliputi :

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

b. Syarat Kimia, meliputi :

- a. Tidak mengandung zat organik dan anorganik yang terlarut dalam air.
- b. Tidak beracun
- c. Kadar klor bebas sekitar 0,7 ppm.

c. Syarat Bakteriologis : Tidak mengandung bakteri-bakteri, terutama bakteri patogen.

c. Air Umpan Boiler (*Boiler Feed Water*)

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penanganan air umpan boiler adalah sebagai berikut :

1. Zat-zat yang dapat menyebabkan korosi

Korosi yang terjadi dalam boiler disebabkan air mengandung larutan asam, gas-gas terlarut seperti O_2 , CO_2 , H_2S dan NH_3 . O_2 masuk karena aerasi maupun kontak dengan udara luar.

2. Zat yang dapat menyebabkan kerak (scale forming).

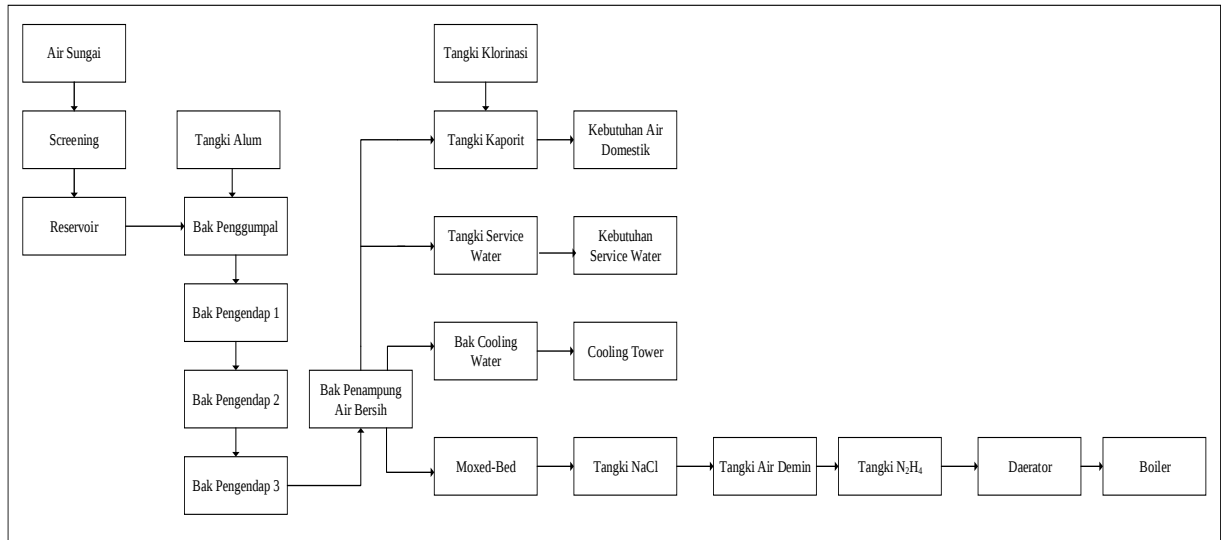
Pembentukan kerak disebabkan adanya kesadahan dan suhu tinggi, yang biasanya berupa garam-garam karbonat dan silika.

3. Zat yang menyebabkan foaming.

Air yang diambil kembali dari proses pemanasan bisa menyebabkan foaming pada boiler karena adanya zat-zat organik yang tak larut dalam jumlah besar. Efek pembusaan terutama terjadi pada alkalitas tinggi.

8.1.2. Unit Pengolahan Air

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



Gambar 8. 1 Diagram Alir Pengolahan Air

1. Penghisapan

Air yang diambil dari sungai perlu adanya pemompaan yang selanjutnya air tersebut dialirkan menuju alat penyaringan (*screen*) untuk proses penyaringan untuk menghilangkan partikel kotoran yang berukuran cukup besar. Setelah tahap *screening* air akan diolah di dalam reservoir.

2. Penyaringan (*Screening*)

Sebelum air dari sungai akan digunakan sebagai air bersih, maka pada proses ini air disaring untuk memisahkan kotoran-kotoran yang berukuran besar, misalnya: daun, ranting, dan sampah-sampah lainnya. Pada tahap *screening* partikel yang berukuran padat dan besar akan tersaring secara langsung tanpa menggunakan bahan kimia. Sementara untuk partikel yang kecil masih akan terbawa bersama air yang kemudian akan diolah ke tahap pengolahan air berikutnya. Tujuan penyaringan yaitu untuk memisahkan kotoran yang besar agar tidak terikut ke pengolahan selanjutnya, sehingga pada sisi isap pompa perlu dipasang saringan (*screen*) dan ditambah fasilitas pembilas agar meminimalisir alat *screen* menjadi kotor.

3. Penampungan (*Reservoir*)

Mengendapkan kotoran dan lumpur yang terbawa dari air sungai dengan proses sedimentasi. Kotoran kasar yang terdapat dalam air akan mengalami pengendapan yang terjadi karena gravitasi.

4. Koagulasi

Koagulasi merupakan proses penggumpalan akibat penambahan zat kimia atau bahan koagulan ke dalam air. Koagulan yang digunakan adalah tawas atau Aluminium Sulfat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$), yang merupakan garam yang berasal dari basa lemah dan asam kuat, sehingga dalam air yang mempunyai suasana basa akan mudah terhidrolisa. Untuk memperoleh sifat alkalis agar proses flokulasi dapat berjalan efektif, sering ditambahkan kapur ke dalam air. Selain itu kapur juga berfungsi untuk mengurangi atau menghilangkan kesadahan karbonat dalam air untuk membuat suasana basa sehingga mempermudah penggumpalan. Sedangkan pada proses flokulasi bertujuan untuk mengendapkan kotoran yang berupa dispersi koloid dalam air dengan menambahkan koagulan, untuk menggumpalkan kotoran.

5. Bak Pengendap 1 dan Bak Pengendap 2

Tujuan dari adanya bak pengendap 1 dan 2 ini adalah mengendapkan endapan yang berbentuk flok yang terbawa dari air sungai dengan proses flokulasi (menghilangkan flokulasi). Endapan serta flok yang berasal dari proses koagulasi akan diendapkan pada bak pengendap 1 dan bak pengendap 2.

6. Penyaringan (*Sand Filter*)

Pada tahap ini terjadi proses filtrasi dimana air yang keluar dari bak pengendap 2 masih terdapat kandungan padatan tersuspensi, sehingga harus di proses ke alat filter untuk difiltrasi. Unit ini berfungsi untuk menghilangkan mineral-mineral yang terkandung di dalam air, seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , dan lain-lain dengan menggunakan resin. Air yang diperoleh adalah air bebas

mineral yang akan diproses lebih lanjut menjadi air umpan ketel (*Boiler Feed Water*).

7. Bak Penampung Air Bersih

Air yang sudah melalui tahap filtrasi sudah bias disebut dengan air bersih. Kemudian air keluaran proses filtrasi akan ditampung dalam bak penampungan air bersih. Dalam hal ini air bersih yang ditampung langsung dapat digunakan sebagai air layanan umum (*service water*) serta untuk air pendingin. Kegunaan air bersih ini juga dapat digunakan *untuk domestic water* dan *boiler feed water*, namun air harus di desinfektanisasi terlebih dahulu menggunakan resin untuk menghilangkan mineral-mineral yang terkandung dalam air seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} dimana tujuan penghilangan mineral-mineral tersebut untuk menghasilkan air demin yang melalui proses demineralisasi.

8. Demineralisasi

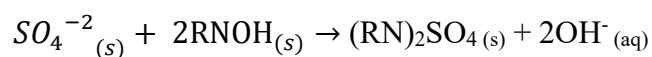
Pada proses demineralisasi bertujuan untuk menyiapkan air yang digunakan untuk boiler feed water dan air ini harus murni serta bebas dari kadar mineral-mineral yang terlarut didalamnya. Proses demineralisasi ini dapat dilakukan dengan alat yang terdiri dari penukaran anion (*anion exchanger*) dan kation (*cation exchanger*). Demineralisasi diperlukan karena air umpan boiler memerlukan syarat syarat :

1. Tidak menimbulkan kerak pada kondisi steam yang dikehendaki maupun pada tube heat exchanger. Jika steam digunakan sebagai pemanas yang biasanya berupa garam-garam karbonat dan silica, hal ini akan mengakibatkan turunnya efisiensi operasi, bahkan bisa mengakibatkan boiler tidak beroperasi sama sekali.
2. Bebas dari gas-gas yang dapat menimbulkan korosi terutama gas O_2 , CO_2 , H_2S dan NH_3 .
3. Bebas dari zat yang menyebabkan *foaming*

Air yang diambil dari proses pemanasan biasanya menyebabkan foaming pada boiler karena adanya zat-zat organik, anorganik dan zat-zat yang tidak larut dalam jumlah besar. Efek pembusaan terjadi akibat adanya alkalinitas yang tinggi. Pengolahan air di unit demineralisasi, yaitu : Proses *Cation Exchanger* dan *Anion Exchanger* berlangsung pada *Resin Mixed-Bed*. *Resin Mixed-Bed* adalah kolom resin campuran antara resin kation dan resin anion. Air yang mengandung kation dan anion bila dilewatkan ke *Resin Mixed-Bed* tersebut, kation akan terambil oleh resin kation dan anion akan terambil oleh resin anion. Saat resin kation dan anion telah jenuh oleh ion-ion, resin penukar kation dan anion akan diregenerasi kembali.

1. Anion (*Anion Exchanger*)

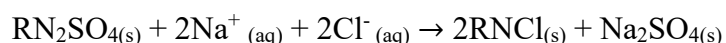
Anion Exchanger memiliki fungsi untuk mengikat ion-ion negatif yang larut dalam air dengan resin yang memiliki sifat basa, yang memiliki formula $RNOH_3$. Sehingga anion-anion seperti CO_3^{2-} , Cl^- , dan SO_4^{2-} akan membantu garam resin tersebut. Sebelum di regenerasi anion yang terbentuk di dalam reaksi adalah sebagai berikut:



Ion SO_4^{2-} dapat menggantikan ion OH^- yang ada dalam resin karena selektivitas SO_4^{2-} lebih besar dari selektivitas OH^- . Urutan selektivitas anion adalah sebagai berikut :



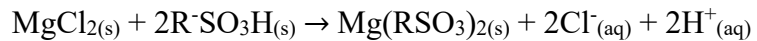
Saat resin anion telah jenuh, maka resin penukar anion akan diregenerasi kembali. Larutan peregenerasi yang digunakan adalah NaCl. Reaksi Regenerasi :



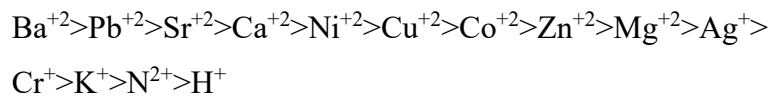
2. Kation (*Cation Exchanger*)

Cation Exchanger merupakan resin penukar kation-kation. Untuk cation exchanger berupa resin padat yang

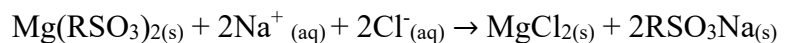
sering ada dipasaran yaitu kation dengan formula RSO_3H dan $(\text{RSO}_3)\text{Na}$, dimana pengganti kation-kation yang dikandung dalam air akan diganti dengan ion H^+ atau Na^+ . Karena menggunakan ion H^+ sehingga air akan keluar dari *Cation Exchanger* adalah air yang mengandung anion dan ion H^+ . Reaksi penukar kation :



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

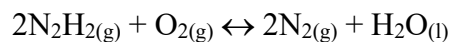


Saat resin kation telah jenuh, maka resin penukar kation akan diregenerasi kembali. Larutan peregenerasi yang digunakan adalah NaCl . Reaksi Regenerasi :



9. Deaerator

Unit Deaerator ini bertujuan untuk menghilangkan gas CO_2 dan O_2 yang terikat dalam *feed water*. Air yang sudah mengalami demineralisasi biasanya masih ada kandungan gas-gas terlarut terutama CO_2 dan O_2 . Gas-gas tersebut harus dihilangkan dari air karena dapat menimbulkan korosi. Gas-gas tersebut dihilangkan dalam suatu deaerator. Dalam unit deaerator diinjeksikan zat-zat kimia yaitu Hidrazin yang berfungsi mengikat oksigen berdasarkan reaksi berikut :



Berdasarkan reaksi tersebut maka hidrazin berfungsi untuk menghilangkan sisa-sisa gas yang terlarut terutama O_2 sehingga tidak terjadinya korosi. Unit Deaerator memiliki fungsi untuk memanaskan air yang keluar dari proses pertukaran ion yang terjadi di alat penukar ion (ion exchanger) dan sisa kondensat yang belum dikirim sebagai umpan ketel, pada unit

deaerator air dipanaskan hingga suhu mencapai 90°C agar gas-gas yang terlarut dalam air yaitu O₂ dan CO₂ dapat dihilangkan. Hal ini disesebabkan gas-gas tersebut dapat menimbulkan suatu reaksi kimia yang dapat menyebabkan terjadinya bintik-bintik yang semakin menebal dan pada akhirnya akan menutupi permukaan pipa-pipa , hal itulah penyebab terjadinya korosi pada pipa-pipa ketel. Dalam hal ini perlu adanya pemanasan yaitu pemanasan dilakukan deengan menggunakan koil pemanas yang ada di dalam deaerator.

8.1.3. Kebutuhan Air

a. Kebutuhan Air Steam

Tabel 8. 1 Kebutuhan Air Steam

Nama Alat	Kode	Jumlah (Kg/jam)
Heater	HE-01	4.536,15
Heater	HE-02	6.582,48
Total		11.118,64

Direncanakan steam yang digunakan adalah saturated steam dengan kondisi:

$$P = 74 \text{ psia} = 5 \text{ atm}$$

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

$$\text{Faktor keamanan} = 20 \%$$

Perancangan dibuat over design sebesar 20%

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan steam} &= 20\% \times 11.118,64 \text{ Kg/jam} \\ &= 2223,728 \text{ Kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Blowdown} &= 15\% \times \text{kebutuhan steam} \\ &= 15\% \times 2223,728 \text{ Kg/jam} \\ &= 333,5592 \text{ Kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Steam Trap} &= 5\% \times \text{kebutuhan steam} \\ &= 5\% \times 2223,728 \text{ Kg/jam} \\ &= 111,1864 \text{ Kg/jam} \end{aligned}$$

Kebutuhan air make up untuk steam = Blowdown + Steam Trap

$$= 333,5592 \text{ Kg/jam} + 111,1864 \text{ Kg/jam} = 444,7456 \text{ Kg/jam}$$

b. Kebutuhan Air Pendingin

Tabel 8. 2 Kebutuhan Air Pendingin

Nama Alat	Kode	Jumlah (Kg/jam)
Reaktor	R-01	32.329,58
Cooler	CL-01	86.382,96
Total		118.662,54

Perancangan dibuat over design sebesar 20%, maka kebutuhan air pendingin menjadi :

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

Jumlah air yang menguap (W_e) = $0,00085 \times W_c \times (T_{in} - T_{out})$

$$\begin{aligned} &= 0,00085 \times 118.622,54 \times (17) \\ &= 1.714,1 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Drift Loss (} W_d \text{)} &= 0,0002 \times W_c \\ &= 0,0002 \times 118.622,54 \\ &= 23,72 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Blowdown (} W_b \text{)} &= \frac{W_e - (\text{cycle} - 1)W_d}{\text{cycle} - 1} \\ &= 547,64 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Sehingga jumlah makeup air adalah :

1. $W_e = 1.714,1 \text{ kg/jam}$
2. $W_d = 23,72 \text{ kg/jam}$
3. $W_b = 547,64 \text{ kg/jam}$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan Make Up Water (} W_m \text{)} &= W_e + W_d + W_b \\ &= 2.285,46 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

c. Kebutuhan Air Domestik

Kebutuhan air domestik terdiri dari kebutuhan air untuk tempat tinggal area mess dan kebutuhan air karyawan.

1. Kebutuhan Air Karyawan

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

Diambil kebutuhan air tiap orang = 100 liter/hari

Jumlah Karyawan = 127 orang

Kebutuhan air untuk semua karyawan = 635 Kg/jam

2. Kebutuhan Air Area Mess

Jumlah mess = 17 rumah

Penghuni mess = 45 orang

Kebutuhan air untuk mess = 225 Kg/jam

Kebutuhan air domestik = 500 Kg/jam

3. Kebutuhan *Service Water*

Kebutuhan air *service water* diperkirakan sekitar 150 kg/jam. perkiraan kebutuhan air ini nantinya akan digunakan untuk layanan umum yang meliputi laboratorium, masjid, pemadam kebakaran, kantin, bengkel dan lain-lain.

8.2. Unit Pembangkit Steam (*Steam Generation System*)

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

Kapasitas : 13.342 kg/jam

Jenis : *Water Tube Boiler*

Jumlah : 1 buah

Boiler tersebut dilengkapi dengan sebuah unit *economizer safety valve system* dan pengaman pengaman yang bekerja secara otomatis. Air dari water treatment plant yang akan digunakan sebagai umpan boiler terlebih dahulu diatur kadar silika, O₂, Ca dan Mg yang mungkin masih terikut dengan jalan menambahkan bahan-bahan kimia ke dalam boiler feed water tank. Selain itu juga perlu diatur pHnya yaitu sekitar 10,5-11,5 karena pada pH yang terlalu

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

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

8.3. Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*)

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

Kapasitas = 2.000 kW

Jumlah = 1 buah

Berikut rincian untuk kebutuhan listrik pabrik :

1. Kebutuhan Listrik untuk alat proses

Power yang dibutuhkan = 321.618,3123 Watt
= 321,6183 kW

2. Kebutuhan Listrik untuk utilitas

Power yang dibutuhkan = 716.327,1870 Watt
= 716,3272 kW

3. Kebutuhan listrik untuk penerangan dan AC

Listrik yang digunakan untuk AC diperkirakan sekitar 15 kW Listrik yang digunakan untuk penerangan sekitar 100kW.

4. Kebutuhan Listrik untuk bengkel dan laboratorium

Listrik untuk bengkel dan laboratorium sekitar 40kW

5. Kebutuhan Listrik untuk instrumentasi

Listrik untuk instrumentasi sekitar 10 kW

Tabel 8. 3 Kebutuhan Listrik Pabrik

No.	Keperluan	Kebutuhan (kW)
1	Kebutuhan Plant	
	Proses	321,6183
	Utilitas	716,3272
2	Listrik AC	15
	Listrik Penerangan	100
3	Laboratorium & Bengkel	40
4	Instrumentasi	10
Total		1202,9455

Total kebutuhan listrik untuk keseluruhan proses adalah 1.202,9455 kW. Dengan faktor daya sebesar 80% maka kebutuhan listrik total sebesar 1.503,6819 kW. Kebutuhan listrik dipenuhi dari PLN dan generator sebagai cadangannya.

8.4. Unit Penyediaan Udara Tekan

Udara tekan diperlukan untuk pemakaian alat *pneumatic control*. Total kebutuhan udara tekan diperkirakan 46,728 m³/jam.

8.5. Unit Penyediaan Bahan Bakar

Unit penyediaan bahan bakar mempunyai fungsi untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar pada boiler dan generator. Jenis bahan bakar yang digunakan untuk generator yaitu solar sebanyak 196,6509 kg/jam. Sedangkan untuk bahan bakar fuel oil yang digunakan pada boiler sebanyak 765,2907 kg/jam. Bahan bakar tersebut diperoleh dari PT. Pertamina.

8.6. Unit Pengolahan Limbah

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

a. Limbah Sanitasi

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

b. Air Limbah Laboratorium dan Limbah Cair dari Proses

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

1. COD : maks. 100 mg/l
2. BOD : maks. 20 mg/l
3. TSS : maks. 80 mg/l
4. Oil : maks. 5 mg/l
5. pH : 6,5 – 8,5

c. Limbah Hasil Proses

Limbah yang dihasilkan dari proses pembuatan gipsum ini terdapat limbah berupa gas dan cair. Untuk Limbah gas berupa CO_2 dan Limbah cair berupa H_2O serta H_2SO_4 yang ikut terbawa oleh udara panas sehingga menjadi uap air. Dimana limbah tersebut yang berupa uap air dan gas-gas yang tidak diperlukan dalam proses. Uap air yang dihasilkan dari reaktor dan dryer bukan merupakan gas yang berbahaya. Dalam proses penguapan, bahan seperti karbon dioksida dibutuhkan pengawasan yang ketat agar gas terkondensasi secara sempurna. Kondensasi yang sempurna bertujuan agar gas-gas yang akan diuapkan berubah fasa menjadi cair.

BAB IX

TATA LETAK PABRIK

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

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

9.1. Tata Letak Pabrik

Tata letak pabrik merupakan suatu pengaturan yang optimal dari seperangkat fasilitas-fasilitas dalam pabrik. Tata letak yang tepat sangat penting untuk mendapatkan efisiensi, keselamatan, dan kelancaran kerja para pekerja serta keselamatan proses. Pabrik ini terletak di Kawasan industri utama di Kecamatan Manyar, Gresik, terpusat di Java Integrated Industrial an Port Estate (JIPE). . Di wilayah Gresik sangat strategis sehingga memudahkan dalam pendirian pabrik terutama terkait utilitas pabrik dalam kondisi yang optimal. Untuk mencapai kondisi yang optimal, maka hal-hal yang harus diperhatikan dalam menentukan tata letak pabrik adalah :

1. Pabrik gipsum ini merupakan pabrik baru (bukan pengembangan), sehingga penentuan *lay out* tidak dibatasi oleh bangunan yang ada.
2. Kemungkinan perluasan pabrik sebagai pengembangan pabrik di masa depan.
3. Faktor keamanan sangat diperlukan untuk bahaya kebakaran dan ledakan, maka perencanaan lay out selalu diusahakan jauh dari sumber api, bahan panas, dan dari bahan yang mudah meledak, juga jauh dari asap atau gas beracun.

4. Sistem konstruksi yang direncanakan adalah out door untuk menekan biaya bangunan dan gedung, dan juga karena iklim Indonesia memungkinkan konstruksi secara *out door*.
5. Lahan terbatas sehingga diperlukan efisiensi dalam pemakaian dan pengaturan ruangan atau lahan.

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

- a. Daerah Administrasi/Perkantoran, Laboratorium dan Ruang Kontrol serta Fasilitas Pendukung

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

- b. Daerah Gudang, Bengkel dan Garasi

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

- c. Daerah Proses

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

- d. Daerah Penyimpanan Bahan Baku dan Produk

Merupakan daerah untuk tangki bahan baku dan produk.

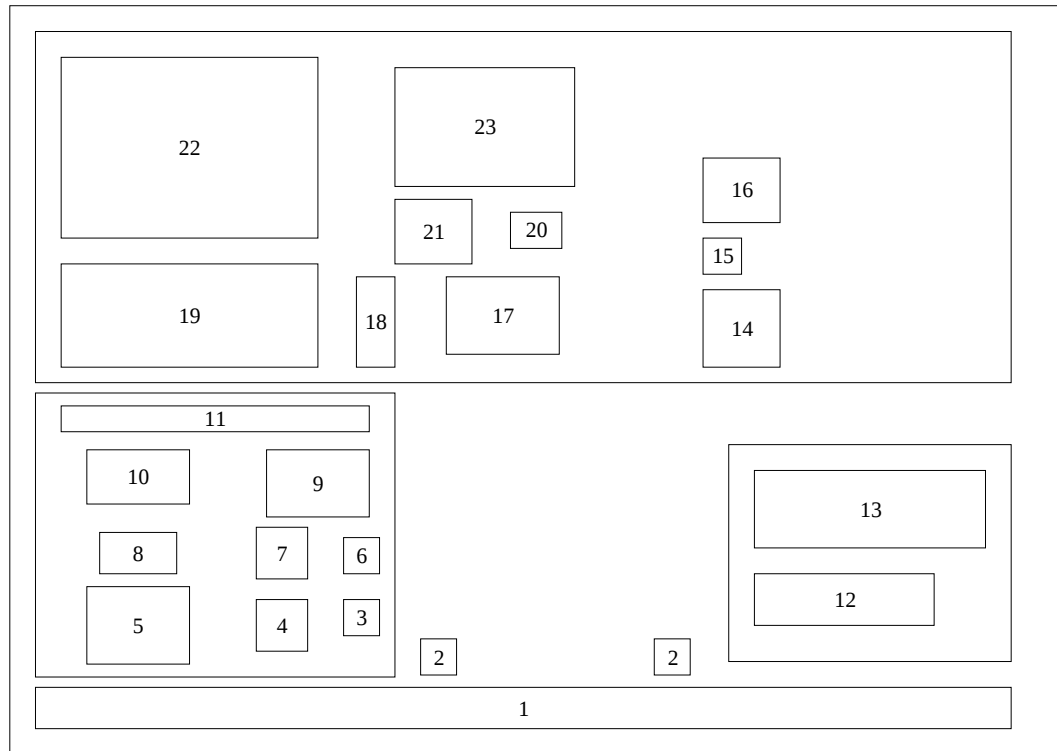
- e. Daerah Utilitas

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

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

Tabel 9. 1 Perincian Luas Tanah Sebagai Bagunan Pabrik

No.	Lokasi	Panjang (m)	Lebar (m)	Luas (m ²)
1	Area Proses	170	150	25500
2	Area Utilitas	90	90	8100
3	Bengkel	25	20	500
4	Gudang Peralatan	40	20	800
5	Kantin	15	15	225
6	Kantor Teknik Dan Produksi	30	35	1050
7	Kantor Utama	30	40	1200
8	Laboratorium	30	25	750
9	Parkir Utama	40	30	1200
10	Parkir Truck	40	40	1600
11	Perpustakaan	20	15	300
12	Poliklinik	20	25	500
13	Pos Keamanan	25	20	500
14	Control Room	40	40	1600
15	Control Utilitas	40	40	1600
16	Area Rumah Dinas	50	90	4500
17	Area Mess	50	100	5000
18	Masjid	30	40	1200
19	Unit Pemadam Kebakaran	35	40	1400
20	Unit Pengolahan Limbah	40	25	1000
21	Taman	25	70	1750
22	Jalan	20	600	12000
23	Daerah Perluasan	100	150	15000
	Luas Tanah	87275		
	Luas Bangunan	72275		
	Total	159550		



Skala: 1: 1000

Gambar 9. 1 Tata Letak Lokasi Pabrik

Keterangan:

- | | |
|-------------------------------|----------------------------|
| 1. Jalan Raya | 14. Parkir Truck |
| 2. Pos Keamanan | 15. Bengkel |
| 3. Perpustakaan | 16. Unit Pemadan Kebakaran |
| 4. Laboratorium | 17. Ruang Kontrol Proses |
| 5. Kantor Utama | 18. Gudang Peralatan |
| 6. Poliklinik | 19. Perluasan Pabrik |
| 7. Kantor Teknik Dan Produksi | 20. Unit Pengolahan Limbah |
| 8. Masjid | 21. Ruang Kontrol Utilitas |
| 9. Parkir Utama | 22. Area Proses |
| 10. Kantin | 23. Area Utilitas |
| 11. Taman | |
| 12. Area Mess | |
| 13. Area Rumah Dinas | |

9.2. Tata Letak Alat Proses

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

a. Aliran Bahan Baku dan Produk

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

b. Aliran Udara

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

c. Pencahayaan

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

d. Lalu Lintas Manusia dan Kendaraan

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

e. Pertimbangan Ekonomi

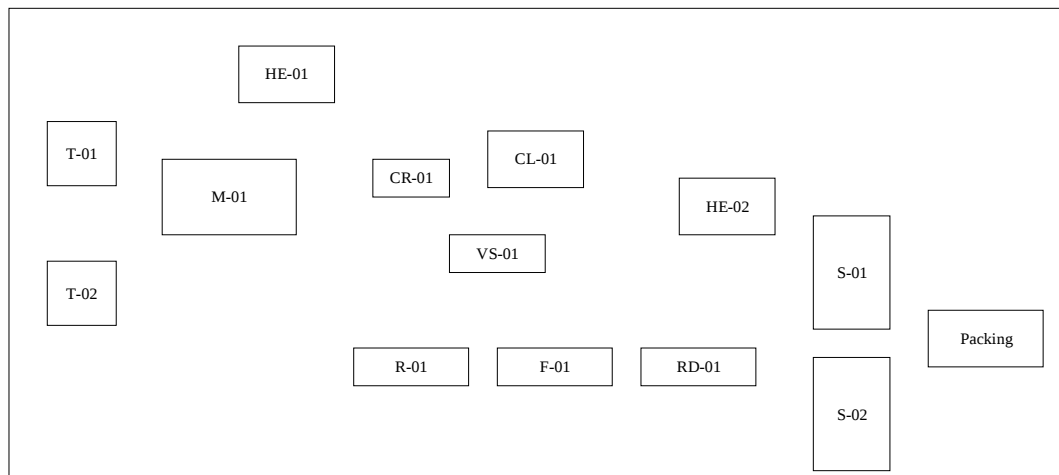
Dalam menempatkan alat-alat proses diusahakan dapat menekan biaya operasi dan menjamin kelancaran dan keamanan produksi pabrik. Pertimbangan ini dilakukan dengan tujuan agar pabrik memperoleh suatu keuntungan.

f. Jarak Antar Alat Proses

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

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

1. Kelancaran proses produksi dapat terjamin
2. Dapat mengefektifkan luas lahan yang tersedia
3. Karyawan mendapat kepuasan kerja agar dapat meningkatkan produktifitas kerja disamping keamanan yang terjadi.



Gambar 9. 2 Tata letak Alat Proses

Keterangan:

1. T-01 : Tangki sebagai tempat Penyimpanan H_2SO_4
2. T-02 : Tangki Sebagai penyimpanan air proses
3. M-01 : *Mixer* tempat pengenceran H_2SO_4
4. HE-01 : *Heater* sebagai pemanas sebelum masuk reaktor
5. CR-01 : *Crusher* sebagai penghancur $CaCO_3$
6. VS-01 : *Vibrating Screen* sebagai tempat penyamaan ukuran $CaCO_3$
7. R-01 : Reaktor sebagai tempat mereaksikan komponen
8. CL-01 : *Cooler* sebagai pendingin sebelum masuk filter
9. F-01 : Filter untuk memisahkan antara *cake* dan filtrat
10. RD-01 : *Rotary Dryer* untuk mengurangi kadar air dalam produk
11. HE-02 : *Heater* untuk memanaskan udara sebelum masuk ke *heater*
12. BL-01 : *Blower* untuk mengalirkan udara masuk ke *heater*
13. S-01 : Silo sebagai tempat penyimpanan gipsum
14. S-02 : Silo sebagai tempat penyimpanan gipsum
15. Packaging : Tempat pengemasan produk

BAB X

ORGANISASI PERUSAHAAN

10.1. Bentuk Perusahaan

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

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

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

10.2. Struktur Organisasi

Dalam rangka menjalankan suatu proses pabrik dengan baik dalam hal ini di suatu perusahaan, diperlukan suatu manajemen atau organisasi

yang memiliki pembagian tugas dan wewenang yang baik. Struktur organisasi dari suatu perusahaan dapat bermacam-macam sesuai dengan bentuk dan kebutuhan dari masing-masing perusahaan. Jenjang kepemimpinan dalam perusahaan ini adalah sebagai berikut:

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

Tanggung jawab, tugas dan wewenang dari masing-masing jenjang kepemimpinan tentu saja berbeda-beda. Tanggung jawab, tugas serta wewenang tertinggi terletak pada puncak pimpinan yaitu dewan komisaris. Sedangkan kekuasaan tertinggi berada pada rapat umum pemegang saham. Untuk mendapatkan suatu sistem organisasi yang terbaik maka perlu diperhatikan beberapa azas yang dapat dijadikan pedoman, antara lain:

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

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

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

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

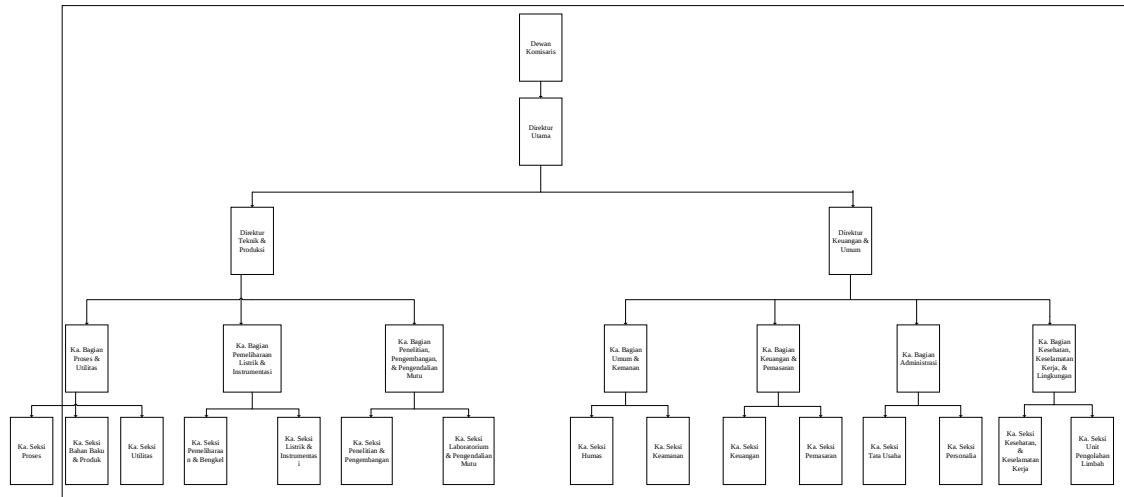
Pemegang saham sebagai pemilik perusahaan, dalam pelaksanaan tugas sehari-harinya diwakili oleh seorang Dewan Komisaris, sedangkan tugas menjalankan perusahaan dilaksanakan oleh seorang Direktur Utama yang dibantu oleh Direktur Teknik dan Produksi serta Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum. Dimana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

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

1. Menjelaskan mengenai pembatasan tugas,tanggungjawab dan wewenang.
2. Sebagai bahan orientasi untuk pejabat.

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

Berikut gambar struktur organisasi pabrik Gypsum (Kalsium sulfat dihidrat) kapasitas 75.000 ton/tahun.



Gambar 10. 1 Struktur Organisasi Pabrik Gypsum (Kalsium Sulfat Dihidrat) Kapasitas 75.000 Ton/Tahun.

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

10.3. Tugas dan Wewenang

1. Pemegang Saham

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

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

2. Dewan Komisaris

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

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

3. Direktur Utama

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

1. Direktur Teknik dan Produksi

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

2. Direktur Keuangan dan Umum

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

3. Staf Ahli

Staf ahli terdiri dari tenaga-tenaga ahli yang bertugas membantu direktur dalam menjalankan tugasnya baik yang berhubungan dengan teknik maupun administrasi. Staf ahli

bertanggung jawab kepada Direktur Utama sesuai dengan bidang keahliannya masing-masing. Tugas dan wewenang staf ahli meliputi:

- a. Memberikan nasehat dan saran dalam perencanaan pengembangan perusahaan.
- b. Mengadakan evaluasi bidang teknik dan ekonomi perusahaan.
- c. Memberikan saran-saran dalam bidang hukum.

4. Kepala Bagian

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

- Kepala Bagian Proses dan Utilitas
Tugas : Mengkoordinasikan kegiatan pabrik dalam bidang proses dan penyediaan bahan baku dan utilitas.
- Kepala Bagian Pemeliharaan, Listrik, dan Instrumentasi
Tugas : Bertanggung jawab terhadap kegiatan pemeliharaan dan fasilitas penunjang kegiatan produksi.
- Kepala Bagian Penelitian, Pengembangan dan Pengendalian Mutu
Tugas : Mengkoordinasikan kegiatan yang berhubungan dengan penelitian, pengembangan perusahaan, dan pengawasan mutu.
- Kepala Bagian Produksi
Tugas : Mengawasi terkait pemakaian bahan baku, pemakaian packing material dengan tujuan meminimalkan pemborosan dan kegagalan proses, menjaga dan mengawasi agar mutu bahan baku dalam proses dan mutu produk yang dihasilkan sesuai dengan standar yang telah ditetapkan serta mengawasi pembuatan laporan produksi terkait laporan absensi, pemakaian

bahan baku, hasil produksi dan jam berhenti (stoppage) tiap-tiap mesin.

- **Kepala Bagian Teknik**

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

- **Kepala Bagian Keuangan dan Pemasaran**

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

- **Kepala Bagian Administrasi**

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

- **Kepala Bagian Humas dan Keamanan**

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

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

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

5. Kepala Seksi

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

- a. **Kepala Seksi Bahan Baku dan Produk** Tugas : Bertanggung jawab terhadap penyediaan bahan baku dan menjaga kemurnian bahan baku, serta mengontrol produk yang dihasilkan.
- b. **Kepala Seksi Proses** Tugas : Memimpin langsung serta memantau kelancaran proses produksi.

- c. Kepala Seksi Utilitas Tugas : Bertanggung jawab terhadap penyediaan air, steam, bahan bakar, dan udara tekan baik untuk proses maupun instrumentasi.
- d. Kepala Seksi Pemeliharaan dan Bengkel Tugas : Bertanggung jawab atas kegiatan perawatan dan penggantian alat- alat serta fasilitas pendukungnya.
- e. Kepala Seksi Listrik dan Instrumentasi Tugas : Bertanggung jawab terhadap penyediaan listrik serta kelancaran alat- alat instrumentasi.
- f. Kepala Seksi Laboratorium dan pengendalian mutu Tugas : Menyelenggarakan pengendalian mutu untuk bahan baku, bahan pembantu, produk dan limbah.
- g. Kepala Seksi Keuangan Tugas : Bertanggung jawab terhadap pembukuan serta hal-hal yang berkaitan dengan keuangan perusahaan.
- h. Kepala Seksi Pemasaran Tugas : Mengkoordinasikan kegiatan pemasaran produk dan pengadaan bahan baku pabrik.
- i. Kepala Seksi Personalia Tugas : Mengkoordinasikan kegiatan yang berhubungan dengan kepegawaian.
- j. Kepala Seksi Humas Tugas : Menyelenggarakan kegiatan yang berkaitan dengan relasi perusahaan, pemerintah, dan masyarakat.
- k. Kepala Seksi Keamanan Tugas : Menyelenggarakan kegiatan yang berkaitan dengan mengawasi langsung masalah keamanan perusahaan.
- l. Kepala Seksi Kesehatan dan Keselamatan Kerja Tugas : Mengurus masalah kesehatan karyawan dan keluarga, serta menangani masalah keselamatan kerja di perusahaan.

10.1. Status Karyawan

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

1. Karyawan Tetap Karyawan yang diangkat dan diberhentikan dengan Surat Keputusan (SK) Direksi dan mendapat gaji bulanan sesuai dengan kedudukan, keahlian dan masa kerja.
2. Karyawan Harian Karyawan yang diangkat dan diberhentikan tanpa Surat Keputusan Direksi dan mendapat upah harian yang dibayar tiap akhir pekan.
3. Karyawan Borongan Karyawan yang digunakan oleh pabrik/perusahaan bila diperlukan saja. Karyawan ini menerima upah borongan untuk suatu pekerjaan.

10.2. Pembagian Jam Kerja Karyawan

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

- a. Pegawai non shift yang bekerja selama 6 jam dalam seminggu dengan total kerja 40 jam per minggu. Sedangkan hari minggu dan hari besar libur. Pegawai non shift termasuk karyawan tidak langsung menangani operasi pabrik yaitu direktur, kepala departemen, kepala divisi, karyawan kantor atau administrasi, dan divisi-divisi di bawah tanggung jawab non teknik atau yang bekerja di pabrik dengan jenis pekerjaan tidak kontinu. Berikut adalah ketentuan jam kerja pegawai non shift:
 1. Senin- Kamis : 07.00 - 16.00 (Istirahat 12.00 – 13.00)
 2. Jum'at : 07.00 – 16.00 (Istirahat 11.00 – 13.00)
 3. Sabtu : 07.00 – 12.00
 4. Minggu : Libur, termasuk hari libur nasional
- b. Pegawai shift bekerja 24 jam perhari yang terbagi dalam 3 shift. Karyawan shift adalah karyawan yang langsung menangani proses operasi pabrik yaitu kepala shift, operator, karyawan-karyawan shift, gudang serta keamanan dan keselamatan kerja. Berikut adalah ketentuan jam kerja pegawai shift sebagai berikut :
 1. Shift I : 08.00 - 16.00

2. Shift II : 16.00 - 24.00
3. Shift III : 24.00 - 08.00

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

Tabel 10. 1 Jadwal Kerja Karyawan Shift

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

10.3. Status, Sistem Penggajian, dan Penggolongan Karyawan

10.3.1. Jumlah Karyawan

Tabel 10. 2 Jumlah Karyawan

No.	Jabatan	Jumlah
1	Direktur Utama	1
2	Direktur Teknik & Produksi	1
3	Direktur Keuangan & Umum	1
4	Ka. Bag. Produksi	1
5	Ka. Bag. Teknik	1
6	Ka. Bag. Litbang	1
7	Staff Ahli	1
8	Ka. Bag. Pemasaran & Keuangan	1
9	Ka. Bag. Administrasi & Umum	1
10	Ka. Bag. Humas & Kemanan	1
11	Ka. Bag. Kesehatan, Keselamatan Kerja	1
12	Ka. Bag. Pemeliharaan, Listrik dan Instrumentasi	1
13	Ka. Seksi UPL	1
14	Ka. Seksi Utilitas	1

15	Ka. Seksi Proses	1
16	Ka. Seksi Bahan Baku & Produk	1
17	Ka. Seksi Pemeliharaan	1
18	Ka. Seksi Listrik & Instrumentasi	1
19	Ka. Seksi Laboratorium	1
20	Ka Seksi Keuangan	1
21	Ka. Seksi Pemasaran	1
22	Ka. Seksi Personalia	1
23	Ka. Seksi Humas	1
24	Ka. Seksi Keamanan	1
25	Ka. Seksi Kesehatan, Keselamatan Kerja	1
26	Operator Proses	16
27	Operator Utilitas	8
28	Karyawan Personalia	3
29	Karyawan Humas	3
30	Karyawan Litbang	3
31	Karyawan Pembelian	3
32	Karyawan Pemasaran	3
33	Karyawan Administrasi	2
34	Karyawan Anggaran	2
35	Karyawan Proses	9
36	Karyawan Pengendalian	3
37	Karyawan Laboratorium	3
38	Karyawan Pemeliharaan	3
39	Karyawan Utilitas	6
40	Karyawan Kesehatan Keselamatan Kerja	3
41	Karyawan Keamanan	9
42	Sekretaris	3
43	Dokter	2
44	Perawat	3
45	Supir	7

46	Office Boy	8
Total		127

10.3.2. Penggolongan Jabatan

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

Tabel 10. 3 Penggolongan Jabatan

No.	Jabatan	Jenjang Pendidikan
1	Direktur Utama	Sarjana Teknik Kimia
2	Direktur Teknik & Produksi	Sarjana Teknik Kimia
3	Direktur Keuangan & Umum	Sarjana Ekonomi
4	Ka. Bag. Produksi	Sarjana Teknik Kimia
5	Ka. Bag. Teknik	Sarjana Teknik Mesin
6	Ka. Bag. Litbang	Sarjana Kimia
7	Ka. Bag. Pemasaran & Keuangan	Sarjana Ekonomi
8	Ka. Bag. Administrasi & Umum	Sarjana Administrasi
9	Ka. Bag. Humas & Kemanan	Sarjana Hukum
10	Ka. Bag. Kesehatan, Keselamatan Kerja	Sarjana K3/Sarjana Lingkungan
11	Ka. Bag. Pemeliharaan, Listrik dan Instrumentasi	Sarjana Teknik Elektro
12	Kepala Divisi	Sarjana Teknik Kimia
13	Operator	Diploma Teknik
14	Sekretaris	Sarjana Administrasi
15	Staff Ahli	Sarjana Semua Jurusan
16	Medis	Dokter
17	Paramedis	Keperawatan
18	Lain-Lain	SMP sederajat

10.3.3. Sistem Penggajian

Sistem Gaji Pegawai Sistem pembagian gaji pada perusahaan terbagi menjadi 3 jenis yaitu :

1. Gaji Bulanan

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

2. Gaji Harian

Gaji yang diberikan kepada karyawan tidak tetap atau buruh harian.

3. Gaji Lembur

Gaji yang diberikan kepada karyawan yang bekerja melebihi jam kerja pokok. Berikut adalah perincian gaji sesuai dengan jabatan.

Tabel 10. 4 Jabatan dan Gaji Karyawan

No.	Jabatan	Gaji Per Bulan
1	Direktur Utama	Rp 37.000.000
2	Direktur Teknik & Produksi	Rp 30.000.000
3	Direktur Keuangan & Umum	Rp 30.000.000
4	Ka. Bag. Produksi	Rp 17.000.000
5	Ka. Bag. Teknik	Rp 17.000.000
6	Ka. Bag. Litbang	Rp 17.000.000
8	Ka. Bag. Pemasaran & Keuangan	Rp 17.000.000
9	Ka. Bag. Administrasi & Umum	Rp 17.000.000
10	Ka. Bag. Humas & Keamanan	Rp 17.000.000
11	Ka. Bag. Kesehatan, Keselamatan Kerja	Rp 17.000.000
12	Ka. Bag. Pemeliharaan, Listrik dan Instrumentasi	Rp 17.000.000
13	Ka. Seksi UPL	Rp 11.500.000
14	Ka. Seksi Utilitas	Rp 11.500.000
15	Ka. Seksi Proses	Rp 11.500.000
16	Ka. Seksi Bahan Baku & Produk	Rp 11.500.000
17	Ka. Seksi Pemeliharaan	Rp 11.500.000

18	Ka. Seksi Listrik & Instrumentasi	Rp	11.500.000
19	Ka. Seksi Laboratorium	Rp	11.500.000
20	Ka Seksi Keuangan	Rp	11.500.000
21	Ka. Seksi Pemasaran	Rp	11.500.000
22	Ka. Seksi Personalia	Rp	11.500.000
23	Ka. Seksi Humas	Rp	11.500.000
24	Ka. Seksi Keamanan	Rp	11.500.000
25	Ka. Seksi Kesehatan, Keselamatan Kerja	Rp	11.500.000
26	Operator Proses	Rp	8.500.000
27	Operator Utilitas	Rp	8.500.000
28	Karyawan Personalia	Rp	7.700.000
29	Karyawan Humas	Rp	7.700.000
30	Karyawan Litbang	Rp	7.700.000
31	Karyawan Pembelian	Rp	7.700.000
32	Karyawan Pemasaran	Rp	7.700.000
33	Karyawan Administrasi	Rp	7.700.000
34	Karyawan Anggaran	Rp	7.700.000
35	Karyawan Proses	Rp	7.700.000
36	Karyawan Pengendalian	Rp	7.700.000
37	Karyawan Laboratorium	Rp	7.700.000
38	Karyawan Pemeliharaan	Rp	7.700.000
39	Karyawan Utilitas	Rp	7.700.000
40	Karyawan Kesehatan Keselamatan Kerja	Rp	7.700.000
41	Karyawan Keamanan	Rp	5.500.000
42	Sekretaris	Rp	7.000.000
43	Dokter	Rp	8.500.000
44	Perawat	Rp	6.000.000
45	Supir	Rp	5.300.000
46	Office Boy	Rp	5.200.000

10.4. Kesejahteraan Sosial Karyawan

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

1. Tunjangan

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

2. Cuti

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

3. Pakaian Kerja

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

4. Pengobatan

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

5. Asuransi Tenaga Kerja (ASTEK)

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

- a. Penyediaan mobil dan bus untuk transportasi antar jemput karyawan.

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

BAB XI

EVALUASI EKONOMI

Dalam pra rancangan pabrik diperlukan analisa ekonomi untuk mendapatkan perkiraan (estimation) tentang kelayakan investasi modal dalam suatu kegiatan produksi suatu pabrik, dengan meninjau kebutuhan modal investasi, besarnya laba yang diperoleh, lamanya modal investasi dapat dikembalikan dan terjadinya titik impas dimana total biaya produksi sama dengan keuntungan yang diperoleh. Selain itu analisa ekonomi dimaksudkan untuk mengetahui apakah pabrik yang akan didirikan dapat menguntungkan dan layak atau tidak untuk didirikan. Dalam evaluasi ekonomi ini faktor-faktor yang ditinjau adalah :

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

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

1. Penentuan Modal Industri (*Total Capital Investment*)

Meliputi :

1. Modal tetap (*Fixed Capital Investment*)
2. Modal kerja (*Working Capital Investment*)

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

Meliputi :

1. Biaya pembuatan (*Manufacturing Cost*)
2. Biaya pengeluaran umum (*General Expenses*)

3. Pendapatan modal

Untuk mengetahui titik impas, maka perlu dilakukan perkiraan terhadap :

1. Biaya tetap (*Fixed Cost*)
2. Biaya variabel (*Variable Cost*)
3. Biaya mengambang (*Regulated Cost*)

11.1. Harga Alat

Harga peralatan akan berubah setiap saat tergantung pada kondisi ekonomi yang mempengaruhinya. Untuk mengetahui harga peralatan yang pasti setiap tahun sangatlah sulit, sehingga diperlukan suatu metode atau cara untuk memperkirakan harga alat pada tahun tertentu dan perlu diketahui terlebih dahulu harga indeks peralatan operasi pada tahun tersebut. Di dalam analisa ekonomi harga – harga alat maupun harga – harga lain diperhitungkan pada tahun analisa. Untuk mencari harga pada tahun analisa, maka dicari index pada tahun analisa. Harga indeks tahun 2027 diperkirakan secara garis besar dengan data indeks dari tahun 1987 sampai 2027, dicari dengan persamaan regresi linier.

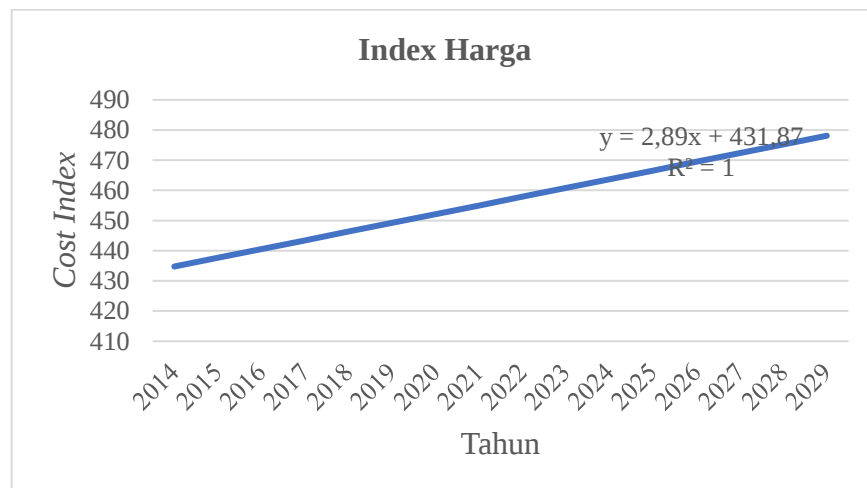
Tabel 11. 1 Indeks Harga

No	Tahun (Xi)	Index (Yi)
1.	2014	434,76
2.	2015	437,65
3.	2016	440,54
4.	2017	443,43
5.	2018	446,32
6.	2019	449,21
7.	2020	452,1
8.	2021	454,99
9.	2022	457,88
10.	2023	460,77
11.	2024	463,66
12.	2025	466,55
13.	2026	469,44
14.	2027	472,33
15.	2028	475,22
16.	2029	478,11

Sumber: (Chemical Engineering, 2026)

Dalam penentuan harga ala-alat produksi pabrik asam fenil asetat ini dilakukan berdasarkan beberapa asumsi untuk perhitungan alat tersebut diperlukan nilai CEPCI (*Chemical Engineering Plant Cost Indice*) untuk membandingkan harga alat yang didapat dari literatur pada waktu tertentu untuk harga alat saat ini atau dengan harga saat prarancangan pabrik dalam hal ini tahun 2026.

Grafik 11. 1 Index Harga



Berdasarkan grafik diatas ditemukan:

$$Y = 2,89x + 431,87$$

Harga peralatan proses selalu mengalami perubahan setiap tahun tergantung pada kondisi ekonomi yang ada. Untuk mengetahui harga peralatan yang ada saat ini, dapat ditaksir dari harga alat tahun lalu berdasarkan indeks harga. Persamaan pendekatan yang digunakan untuk memperkirakan harga peralatan yang ada pada saat sekarang. Harga alat pabrik dapat ditentukan berdasarkan harga pada tahun yang lalu dikalikan dengan rasio indeks harga:

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

Keterangan:

E_x = Harga alat pada tahun x

E_y = Harga alat pada tahun y

N_x = Indeks harga pada tahun x

N_y = Indeks harga pada tahun y

Tabel 11. 2 Alat Proses dan Harga

No	Nama Alat	Jumlah	Harga (Rp.)	Harga Total
1	Tangki Asam Sulfat	1	Rp 343.151.705	Rp 343.151.705
2	Tangki Air Proses	1	Rp 1.717.476.000	Rp 1.717.476.000
3	Mixer	1	Rp 183.769.932	Rp 183.769.932
4	Crusher	1	Rp 841.563.240	Rp 841.563.240
5	Vibrating screen	1	Rp 257.621.400	Rp 257.621.400
6	Reaktor	1	Rp 360.669.960	Rp 360.669.960
7	Rotary Drum Vacuum Filter	1	Rp 240.446.640	Rp 240.446.640
8	Rotary Dryer	1	Rp 618.353.190	Rp 618.353.190
9	Heater	3	Rp 147.702.936	Rp 443.108.808
10	Cooler	1	Rp 503.907.459	Rp 503.907.459
11	Blower	1	Rp 324.259.469	Rp 324.259.469
12	Belt Conveyor	1	Rp 343.395.200	Rp 343.395.200
13	Bucket Elevator	4	Rp 309.145.680	Rp 1.236.582.720
14	Hopper	2	Rp 155.053.734	Rp 310.107.468
15	Screw Conveyor	4	Rp 108.200.988	Rp 432.803.952
16	Silo	1	Rp 1.717.476.000	Rp 1.717.476.000
17	Pompa	5	Rp 121.371.281	Rp 606.856.405
18	Tangki Penyimpanan	1	Rp 2.060.971.200	Rp 2.060.971.200
Total				Rp 12.542.520.748

Tabel 11. 3 Alat Utilitas dan Harga

No	Nama Alat	Jumlah	Harga (Rp)	Harga Total
1	Tangki HCL	1	Rp 343.495.200	Rp 343.495.200
2	Tangki Air Demin	1	Rp 515.242.800	Rp 515.242.800
3	Tangki Hydrazine	1	Rp 186.346.146	Rp 186.346.146
4	Tangki Air Bertekanan	1	Rp 893.070.346	Rp 893.070.346
5	Tangki Service Water	1	Rp 154.572.840	Rp 154.572.840
6	Pompa	21	Rp 120.206.146	Rp 2.524.329.066
7	Tangki Bahan Bakar	1	Rp 343.395.200	Rp 343.395.200
8	Kompresor	1	Rp 455.131.140	Rp 455.131.140
Total				Rp 5.415.582.738

Sumber: (Alibaba.com, 2026)

$$\begin{aligned}\text{Total harga peralatan} &= \text{Harga alat proses} + \text{Harga Alat utilitas dan limbah} \\ &= \text{Rp. 17.958.103.486}\end{aligned}$$

11.2. Harga Tanah

$$\begin{aligned}\text{Harga tanah di Gresik} &= \text{Rp. 2.000.000/m}^2 \quad (\text{rumah123, 2026}) \\ \text{Total kebutuhan tanah pabrik} &= 87.275 \text{ m}^2 \\ \text{Total biaya pembelian tanah} &= \text{Harga tanah di wilayah} \times \text{tanah kebutuhan} \\ &\text{pabrik} \\ &= \text{Rp. 2.000.000/m}^2 \times 87.275 \text{ m}^2 \\ &= \text{Rp. 174.500.000.000}\end{aligned}$$

11.3. Harga Bangunan

$$\begin{aligned}\text{Total luas bangunan} &= 17550 \text{ m}^2 \\ \text{Harga bangunan} &= \text{Luas bangunan} \times \text{Upah bangunan} \\ &= 17550 \text{ m}^2 \times \text{Rp. 725.000} \\ &= \text{Rp. 12.708.750.000}\end{aligned}$$

11.4. Harga Bahan Baku Proses Dan Utilitas

Tabel 11. 4 Harga Bahan Baku Proses Dan Utilitas

No	Nama	Kebutuhan	Satuan	Harga Satuan	Total Harga
1	Batu Kapur	789.861,60	Kg/Tahun	13200	Rp 10.426.173.120
2	Asam Sulfat	760636,8	Kg/Tahun	15000	Rp 11.409.552.000
3	Aluminium Sulfat	20	Kg/Tahun	8000	Rp 160.000
4	RNOH3	20	Kg/Tahun	40000	Rp 800.000
5	Listrik	1.503,68	kWh/Tahun	1000	Rp 1.503.682
6	Solar	1557475,128	Liter/Tahun	13000	Rp 20.247.176.664
7	Fuel Oil	6061102,344	Liter/Tahun	13000	Rp 78.794.330.472
Total					Rp 120.879.695.938

11.5. Gaji Pegawai

$$\begin{aligned}\text{Dapat dilihat dari tabel total gaji karyawan} &= \text{Rp 1.124.900.000} \\ \text{Gaji Karyawan} &= \text{Rp 1.124.900.000} \times 12 \\ &= \text{Rp 13.498.800.000}\end{aligned}$$

11.6. Harga Produk

$$\begin{aligned}\text{Kapasitas produk} &= 75.000 \text{ Ton/Tahun} \\ &= 75.000.000 \text{ Kg/Tahun} \\ \text{Harga Produk} &= \text{Rp. } 5.300/\text{Kg} \\ \text{Harga Produk Per Tahun} &= \text{Harga Produk} \times \text{Kapasitas Produk} \\ &= \text{Rp. } 5.300/\text{Kg} \times 75.000.000 \text{ Kg/Tahun} \\ &= \text{Rp. } 750.000.000.000,00\end{aligned}$$

11.7. Penentuan Investasi Total (*Total Capital Investment*)

Fixed capital atau modal tetap dapat didefinisikan sebagai total biaya instalasi pemrosesan, bangunan, layanan tambahan, dan rekayasa yang terlibat dalam pembangunan pabrik baru. Biaya ini meliputi :

1. Biaya Pemasangan Alat (*Equipment Installation Cost*)

Pemasangan peralatan meliputi biaya pekerja, pondasi, penyangga, podium. Biaya konstruksi dan faktor lain yang berhubungan langsung dengan pemasangan peralatan. Meliputi pemasangan, pengecatan, dan isolasi peralatan. Besarnya biaya pemasangan sekitar 25-55% dari biaya peralatan, diambil sebesar 25% (Peters & Timmerhaus, 1991).

$$\begin{aligned}\text{Biaya pemasangan alat} &= 25\% \times \text{Harga Alat} \\ &= 0,25 \times \text{Rp. } 17.958.103.486 \\ &= \text{Rp. } 4.489.525.872\end{aligned}$$

2. Biaya Instrumentasi dan Kontrol

Biaya total instrumentasi tergantung pada jumlah kontrol yang diperlukan dan sekitar 6–30% dari harga total peralatan, diambil sebesar 25 % (Peters & Timmerhaus, 1991).

$$\begin{aligned}\text{Biaya Instrumentasi dan Kontrol} &= 25\% \times \text{Harga Alat} \\ &= 0,25 \times \text{Rp. } 17.958.103.486 \\ &= \text{Rp. } 4.489.525.872\end{aligned}$$

3. Biaya Perpipaan (*Piping Cost*)

Biaya perpipaan meliputi biaya pekerja pembungkus pipa, *valve*, *fitting*, pipa penyangga danlainnya yang termasuk dalam pemancangan lengkap semua pipa yang digunakan secara langsung dalam proses.

Besarnya biaya perpipaan sekitar 10-80% dari biaya peralatan, diambil sebesar 40% (Peters & Timmerhaus, 1991).

$$\begin{aligned}\text{Biaya perpipaan} &= 40\% \times \text{Harga Alat} \\ &= 0,4 \times \text{Rp. 17.958.103.486} \\ &= \text{Rp. 7.183.241.394}\end{aligned}$$

4. Biaya Instalasi Listrik (*Electrical Installation*)

Biaya untuk instalasi listrik meliputi pekerja instalasi utama dan material untuk daya dan lampu dengan penerangan gedung termasuk biaya servis. Besarnya sekitar 10-40% dari total biaya peralatan, diambil sebesar 20% (Peters & Timmerhaus, 1991).

$$\begin{aligned}\text{Biaya instalasi listrik} &= 20\% \times \text{Harga Alat} \\ &= 0,2 \times \text{Rp. 17.958.103.486} \\ &= \text{Rp. 3.591.620.697}\end{aligned}$$

Jadi, Free on Board (FOB)

= Biaya pemasangan alat + instrument dan kontrol + perpipaan + instalasi listrik

$$\begin{aligned}&= \text{Rp. 4.489.525.872} + \text{Rp. 4.489.525.872} + \text{Rp. 7.183.241.394} + \\ &\text{Rp. 3.591.620.697} \\ &= \text{Rp. 19.753.913.835}\end{aligned}$$

5. Biaya Pengadaan Alat (*Purchased Equipment Cost*)

Biaya pengadaan alat adalah biaya pembelian peralatan pabrik dari tempat pembelian sampai ke lokasi pabrik, biaya terdiri dari:

$$\begin{aligned}\text{a. Biaya Angkutan (Kapal)} &= 15\% \text{ FOB} \\ &= 0,15 \times \text{Rp. 19.753.913.835} \\ &= \text{Rp. 2.963.087.075}\end{aligned}$$

Jadi, *Cost, Insurance and Freight* (CIF) = Rp. 2.963.087.075

$$\begin{aligned}\text{b. Transport ke lokasi} &= 20\% \text{ CIF} \\ &= 0,2 \times \text{Rp. 2.963.087.075} \\ &= \text{Rp. 3.950.782.767}\end{aligned}$$

6. Pengembangan Lahan (*Yard Improvement*)

Biaya ini meliputi biaya untuk pagar, sekolah dasar, fasilitas olahraga, jalanraya, jalan alternatif, pertamanan, dan lainnya. Dalam

industri kimia nilainya sekitar 10-20% dari total biaya peralatan diambil sebesar 10% (Peters & Timmerhaus, 1991).

$$\begin{aligned}\text{Biaya pengembangan lahan} &= 0,1 \times \text{Harga Alat} \\ &= 0,1 \times \text{Rp. 17.958.103.486} \\ &= \text{Rp. 1.795.810.349}\end{aligned}$$

7. Harga Tanah (Land)

$$\text{Harga tanah} = \text{Rp. 174.550.000.000}$$

8. Biaya Transportasi

Biaya transportasi meliputi biaya pembelian alat transportasi karyawan dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 11. 5 Biaya Transportasi

No.	Jenis Kendaraan	Unit	Harga	Harga Total
1	Bus Karyawan	3	Rp 1.165.900.000,00	Rp 3.497.700.000,00
2	Mobil Pemadam	3	Rp 1.150.000.000,00	Rp 3.450.000.000,00
3	Ambulan	2	Rp 317.238.530,00	Rp 634.477.060,00
4	Mobil Dinas Pegawai (Tipe tertutup)	5	Rp 629.800.000,00	Rp 3.149.000.000,00
5	Sepeda Patroli	10	Rp 9.760.000,00	Rp 9.760.000,00
6	Mobil Patroli Pegawai	5	Rp 630.480.000,00	Rp 3.152.400.000,00
Total				Rp 13.893.337.060,00

11.8. Penentuan Investasi Total

1. *Physical Plant Cost (PPC)*

Plant supplies cost adalah biaya yang diperlukan untuk pengadaan pabrik. PPC ini diperoleh dari komponen pembelian alat, pemasangan, material dan upah buruh yang dibutuhkan untuk membangun plant ini.

$$\begin{aligned}\text{PPC} = & \text{Harga Alat} + \text{Harga Alat utilitas dan limbah} + \text{Harga Tanah} + \\ & \text{Harga bangunan} + \text{Harga Bahan Baku dan Utilitas} + \text{Biaya} \\ & \text{pemasangan alat} + \text{Biaya instrument dan control} + \text{biaya} \\ & \text{perpipaan} + \text{biaya instalasi listrik} + \text{FOB} + \text{Biaya pengadaan alat} \\ & + \text{Biaya transportasi ke lokasi} + \text{pengembangan lahan} + \text{Biaya} \\ & \text{transportasi pegawai}\end{aligned}$$

$$= \text{Rp. } 427.898.019.344$$

2. *Engineering and Construction (EC)*

Merupakan biaya yang dikeluarkan dalam tahap pelaksanaan konstruksi.

EC diperoleh dari 20% PPC (Peters & Timmerhaus, 1991).

$$\begin{aligned} \text{EC} &= 20\% \times \text{PPC} \\ &= 20\% \times \text{Rp. } 427.898.019.344 \\ &= \text{Rp. } 85.579.603.869 \end{aligned}$$

3. *Direct Plant Cost (DPC)*

Merupakan berupa biaya untuk bahan dan buruh yang aktif dalam pembangunan pabrik (Ni Ketut Sari, 2011).

$$\begin{aligned} \text{DPC} &= \text{PPC} + \text{EC} \\ &= \text{Rp. } 427.898.019.344 + \text{Rp. } 85.579.603.869 \\ &= \text{Rp. } 513.477.623.213 \end{aligned}$$

4. *Contractors Fee (CF)*

Biaya ini bervariasi pada situasi yang berbeda-beda, namun dapat diperkirakan sekitar 6-30% dari total direct cost, diambil sebesar 6% (Peters & Timmerhaus, 1991).

$$\begin{aligned} \text{Biaya jasa kontraktor} &= 6\% \times \text{DPC} \\ &= 0,06 \times \text{Rp. } 513.476.623.213 \\ &= \text{Rp. } 30.808.657.393 \end{aligned}$$

5. *Contingency Cost (CC) atau Biaya Tak terduga*

Merupakan dana cadangan untuk mengantisipasi setiap risiko yang dirasakan akan dialami dalam pelaksanaan suatu proyek (Pegunusa dkk., 2020).

$$\begin{aligned} \text{CC} &= 15\% \times \text{DPC} \\ &= 15\% \times \text{Rp. } 513.476.623.213 \\ &= \text{Rp. } 77.021.643.482 \end{aligned}$$

6. *Fixed Capital Investment (FCI)*

Merupakan modal yang diperlukan untuk pemasangan peralatan proses dengan semua komponen untuk operasi proses (Rahmayanti & Susanti, 2023).

$$\text{FCI} = \text{DPC} + \text{CF} + \text{C}$$

$$= \text{Rp. } 621.307.924.087$$

11.9. Biaya Pembuatan Pabrik

1. *Direct Manufacturing Cost (DMC)*

Manufacturing cost merupakan biaya yang dikeluarkan untuk proses pembuatan produk.

a. Harga Produk

$$\begin{aligned} \text{Nama Produk} &= \text{Gypsum} \\ \text{Kapasitas} &= 75.000 \text{ Ton/tahun} \\ \text{Harga/kg} &= 75.000.000 \text{ Kg/tahun} \\ \text{Harga kg/tahun} &= \text{Rp. } 5.300 \\ &= 750.000.000 \text{ Kg/tahun} \times \text{Rp. } 5.300 \\ &= \text{Rp. } 397.500.000.000 \end{aligned}$$

b. *Labor Cost* (Gaji Karyawan)

$$\begin{aligned} \text{Dapat dilihat dari tabel total gaji karyawan} &= \text{Rp } 1.124.900.000 \\ \text{Gaji Karyawan} &= \text{Rp } 1.124.900.000 \times 12 \\ &= \text{Rp } 13.498.800.000 \end{aligned}$$

c. *Supervision*

Merupakan biaya per paket tugas pengawasan yang ditetapkan berdasarkan jabatan per paket tugas pengawasan yang ditetapkan berdasarkan jabatan dalam tugas pengawasan. Besar biaya *supervision* adalah 10-37% dari labor cost (Aries & Newton, 1954).

$$\begin{aligned} \text{Supervision} &= 25\% \times \text{Rp } 13.498.800.000 \\ &= \text{Rp. } 2.699.760.000 \end{aligned}$$

d. *Mainetenance*

Biaya *maintenance* atau biaya pemeliharaan merupakan pengeluaran yang dibebankan perusahaan untuk menjaga aset fisik mereka (Manurung et al., 2018). *Maintenance* sebesar 2-10% tergantung dari jenis kerusakan (Aries & Newton, 1954).

$$\begin{aligned} \text{Maintenance} &= 6\% \times \text{FCI} \\ &= 6\% \times \text{Rp. } 621.307.924.087 \\ &= \text{Rp. } 18.639.237.723 \end{aligned}$$

e. *Plant Supplies*

Plant supplies merupakan Biaya yang dikeluarkan untuk pembeliannya dapat diperkirakan sebagai jumlah yang setara yaitu 15% dari maintenance (Aries & Newton, 1954).

$$\begin{aligned}\text{Plant supplies} &= 15\% \times \text{maintenance} \\ &= 15\% \times \text{Rp. 18.639.237.723} \\ &= \text{Rp. 2.795.885.658}\end{aligned}$$

f. *Royalty and Patent*

Biaya paten yang dibeli untuk tujuan produksi biasanya diamortisasi selama masa perlindungan hukumnya. *Royalty and patent* rata rata 1-5% dari sales price, dan diambil 1% dari *sales price* (Aries & Newton, 1954).

$$\begin{aligned}\text{Royalty and patent} &= 1\% \times \text{harga jual produk} \\ &= 1\% \times \text{Rp. 397.500.000.000} \\ &= \text{Rp. 3.975.000.000}\end{aligned}$$

g. *Utilities*

$$\begin{aligned}\text{Diperoleh dari biaya utilitas} &= \text{Rp. 99.043.185.817} \\ \text{Total biaya DMC} &= \text{Rp. 140.652.654.199}\end{aligned}$$

2. *Indirect Manufacturing Cost (IMC)*

1. *Payroll overhead*

Semua biaya perusahaan yang dikeluarkan melalui pensiun, liburan berbayar, asuransi kelompok, gaji cacat, jaminan sosial, dan pajak pengangguran diklasifikasikan sebagai biaya overhead penggajian. Totalnya diperkirakan setara dengan 15-20% (Aries & Newton, 1954).

$$\begin{aligned}&= 15\% \times \text{Rp 13.498.800.000} \\ &= \text{Rp. 2.024.820.000}\end{aligned}$$

2. Laboratorium

Dalam proses kimia, diperlukan pekerjaan laboratorium untuk memastikan kontrol kualitas. Biaya rata-rata yang setara dengan 10%-20% dari biaya tenaga kerja dapat digunakan (Aries & Newton, 1954).

$$= 15\% \times \text{Rp } 13.498.800.000$$

$$= \text{Rp. } 2.024.820.000$$

3. *Plant Overhead*

Biaya *overhead* pabrik adalah biaya untuk mempertahankan fungsi layanan tertentu yang dibutuhkan oleh unit produk. Nilai yang setara dengan 50 hingga 100% dari biaya tenaga kerja produktif (Aries & Newton, 1954).

$$= 50\% \times \text{Rp } 13.498.800.000$$

$$= \text{Rp. } 6.749.400.000$$

4. *Packaging & Shipping*

Biaya wadah untuk pengemasan sangat bergantung pada sifat kimia dan fisik produk serta nilainya. Biaya pengemasan sekitar 4-35% dari harga jual produk berdasarkan jenis produk (Aries & Newton, 1954).

$$= 10\% \times \text{Rp. } 397.500.000.000$$

$$= \text{Rp. } 39.750.000.000$$

$$\text{Total IMC} = \text{Rp. } 50.549.040.000$$

3. ***Fixed Manufacturing Cost (FMC)***

a. Depreciation

Penyusutan dapat disebut sebagai upaya untuk menghapuskan biaya modal tersebut selama masa produktif unit, setelah itu dianggap hanya memiliki nilai sisa. Untuk tujuan estimasi, total penyusutan tahunan dapat diestimasi setara dengan 8 hingga 10% dari investasi modal tetap (Aries & Newton, 1954).

$$= 10\% \times \text{Rp. } 621.307.924.087$$

$$= \text{Rp. } 62.130.792.409$$

b. Property Taxes

Pajak properti sepenuhnya bergantung pada lokasi di mana pabrik berada. Nilai tahunan yang setara dengan 1 hingga 2% dari investasi

modal tetap dapat digunakan untuk memperkirakan pajak properti (Aries & Newton, 1954).

$$= 1\% \times \text{Rp. } 621.307.924.087$$

$$= \text{Rp. } 6.213.079.241$$

c. Insurance

Meskipun biayanya kecil, tarif asuransi pada pabrik sangat bervariasi tergantung pada bahaya yang terlibat. Asuransi tahunan yang setara dengan 1% dari FCI dapat digunakan untuk estimasi (Aries & Newton, 1954).

$$= 1\% \times \text{Rp. } 621.307.924.087$$

$$= \text{Rp. } 6.213.079.241$$

Total biaya *Fixed Manufacturing Cost* = Rp. 74.556.950.890

11.10. Modal Kerja (*Working Capital*)

1. Raw-material inventory (Stok Bahan Baku)

Stok bahan baku yang dibutuhkan untuk produksi dikendalikan oleh tingkat konsumsi, nilai, ketersediaan, sumber, dan persyaratan penyimpanan. Untuk memperkirakan tujuan, persediaan selama 1 bulan dengan nilai pembelian dapat digunakan (Aries & Newton, 1954).

$$= (1/12) \times \text{Rp. } 74.556.950.890$$

$$= \text{Rp. } 6.213.079.241$$

2. In-Process Inventory

Dalam proses kimia, nilai inventaris proses bergantung pada panjang keseluruhan siklus pemrosesan. Diperkirakan nilai ini 1,5 bulan dari total *manufacturing* (Aries & Newton, 1954).

$$= 1,5 \times \text{Rp. } 74.556.950.890$$

$$= \text{Rp. } 111.835.426.336$$

3. Production inventory

Jumlah inventaris produk yang mesti dijaga sangat bervariasi bergantung pada jenis produknya. Jika tidak ada data, inventaris produk dapat diasumsikan sama dengan produksi 1 bulan yang dinilai berdasarkan biaya produksi.

$$= (1/12) \times \text{Rp. } 74.556.950.890$$

$$= \text{Rp. } 6.213.079.241$$

4. *Extended Credit*

Modal yang cukup harus tersedia untuk menutupi piutang yang belum dibayar untuk pembayaran barang dagangan yang dikirim ke pelanggan. Kredit yang diberikan dapat diperkirakan sebagai produksi 1 bulan pada nilai penjualan atau dua kali biaya produksi (Aries & Newton, 1954).

$$= (1/12) \times \text{Rp. } 397.500.000.000$$

$$= \text{Rp. } 33.125.000.000$$

5. *Available Cash*

Dana yang diperlukan untuk membayar upah dan jasa serta bahan baku. Kas yang tersedia dapat diperkirakan sebesar biaya produksi 1 bulan (Aries & Newton, 1954).

$$= (1/12) \times \text{Rp. } 74.556.950.890$$

$$= \text{Rp. } 6.213.079.241$$

$$\text{Total biaya } \textit{working capital} = \text{Rp. } 45.551.158.482$$

$$\text{Total capital investment (TCI)} = \text{FCI} + \text{WC}$$

$$= \text{Rp. } 666.859.082.569$$

11.11. Biaya Pengeluaran Umum (*General Expenses*)

1. *Administrasi*

Biaya administrasi suatu perusahaan berkaitan dengan pengeluaran seperti gaji manajemen, biaya hukum, dan audit yang dikeluarkan dalam manajemen keseluruhan di semua fase perusahaan. Perkiraan biaya administrasi diantara 2-3% dari manufacturing cost (Aries & Newton, 1954).

$$= 3\% \times \text{Rp. } 74.556.950.890$$

$$= \text{Rp. } 2.236.708.527$$

2. *Sales Promotion*

Biaya penjualan akan sangat bervariasi tergantung pada jenis produk, metode penjualan dan distribusi, pasar pelanggan, dan keberadaan iklan. Biaya ini diperkirakan 3-22% dari *manufacturing cost* (Aries & Newton, 1954).

$$= 5\% \times \text{Rp. } 74.556.950.890$$

$$= \text{Rp. } 3.727.847.545$$

3. *Research*

Industri kimia menghabiskan 2,5% dolar penjualannya untuk penelitian, dibandingkan dengan rata-rata industri secara keseluruhan yang sebesar 2% (Aries & Newton, 1954).

$$= 2\% \times \text{Rp. } 397.500.000.000$$

$$= \text{Rp. } 11.925.000.000$$

4. *Finance*

Hingga beberapa tahun terakhir, ekspansi kimia umumnya dibiayai dari laba ditahan. Bunga atas modal pinjaman dapat diperkirakan sebesar 2-4% per tahun (Aries & Newton, 1954).

$$= 2\% \times \text{Rp. } 74.556.950.890$$

$$= \text{Rp. } 46.680.135.780$$

$$\text{Total General Expense (GE)} = \text{Rp. } 64.569.961.851$$

11.12. **Biaya Produksi (*Production Cost*)**

$$\text{Total biaya produksi} = \text{MC} + \text{GE}$$

$$= \text{Rp. } 139.126.642.742$$

11.13. **Analisis Keuntungan**

Keuntungan pabrik dapat dianalisa berdasarkan 2 bagian, yaitu:

1. Keuntungan sebelum pajak

$$\text{Sebelum Pajak} = \text{Total penjualan} - \text{total biaya produksi}$$

$$= \text{Rp. } 258.373.357.258$$

2. Keuntungan setelah pajak

$$\text{Setelah pajak} = 44\% \times \text{keuntungan sebelum pajak}$$

$$= \text{Rp. } 113.684.277.194$$

11.14. **Return On Investment (ROI)**

ROI adalah besarnya keuntungan yang diperoleh setiap tahun berdasarkan pada kecepatan pengembalian modal tetap. Perhitungan ROI sangat penting bagi perusahaan untuk mengetahui kapan modal-modal dapat dikembalikan.

$$\text{ROI} = \frac{\text{Laba Tahunan}}{\text{Modal Tetap}} \times 100\%$$

ROI terbagi menjadi 2:

- a. ROI sebelum pajak = 42%
- b. ROI setelah pajak = 18%

11.15. *Pay Out Time (POT)*

POT adalah waktu minimum yang diperlukan untuk mengembalikan modal tetap *Fixed Capital Investment* (FCI) berdasarkan keuntungan tiap tahun.

$$POT = \frac{Invesmnet}{Annual Profit + 0,1 Investment}$$

Cash return meliputi annual profit dan depresiasi:

Sebelum Pajak = 2 Tahun

Sesudah Pajak = 4 Tahun

Syarat POT sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan resiko rendah adalah maksimal 5 tahun (Aries & Newton, 1954).

11.16. *Break Event Point (BEP)*

Break event point merupakan kondisi dimana jika pabrik berhasil menjual sebagian produk dari kapasitas produknya, maka pabrik tidak mendapat keuntungan maupun menderita kerugian.

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

Keterangan:

Fa = Annual Fixed Manufacturing Cost

Ra = Annual Regulated Expense

Sa = Annual Sales Value

Va = Annual Variable Expense

Dimana :

Fa = Rp. 80.268.871.650

Ra = Rp. 106.178.375.232

Sa = Rp. 397.500.000.000

Va = Rp. 120.879.695.938

BEP = 55%

11.17. *Shut Down Point (SDP)*

SDP adalah kondisi dimana jika pabrik berhasil menjual sebagian dari kapasitas produksinya, maka pabrik baik memproduksi maupun tidak hanya dapat mengembalikan *fixed capital investment*.

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

$$SDP = 16\%$$

11.18. *Discounted Cash Flow (DCF)*

DFC merupakan besarnya perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahun, didasarkan pada jumlah investasi yang tidak kembali pada setiap tahun selama umur ekonomi pabrik.

$$S = (FC+WC) (1+i)^n - (SV+WC)$$

$$R = C1(1+i)^n + C2(1+i)^{n-2} + \dots + Cn(1+i) + Cn$$

Keterangan:

S = Nilai modal pada waktu yang akan datang setelah koreksi dengan *Salvage Value (SV)* dan *Working Capital (WC)*

R = Cash flow berdasarkan pendapatan akhir tahun

SV = Salvage Value

$$= \text{Rp. } 62.130.792.409$$

FC = Fixed Capital

$$= \text{Rp. } 621.307.924.087$$

WC = Working Capital

$$= \text{Rp. } 45.551.158.482$$

CF = Cash Flow setelah pajak berdasarkan total finance

$$= \text{Rp. } 222.495.205.382$$

N = 10 Tahun

$$SV+WC = \text{Rp. } 107.681.950.890$$

$$WC+FC = \text{Rp. } 666.859.082.569$$

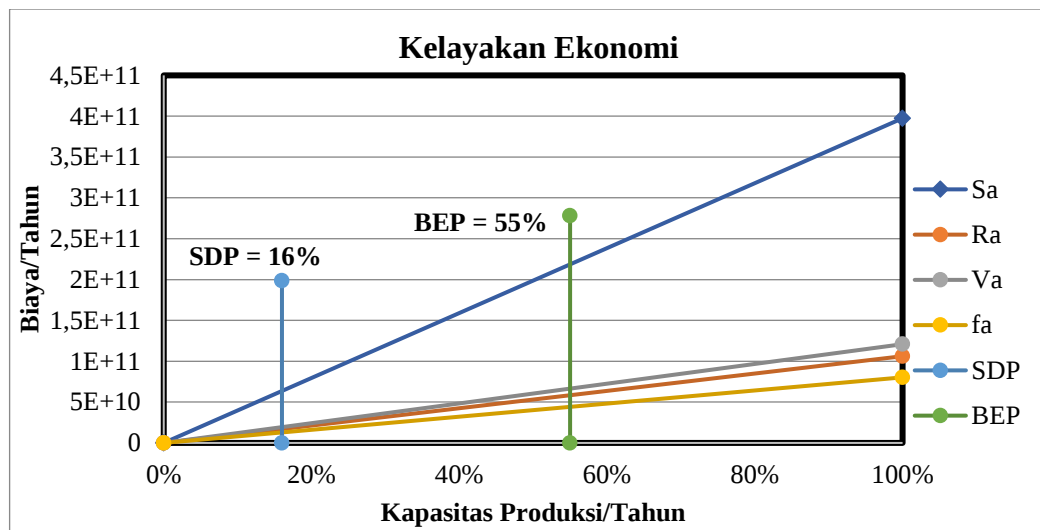
$$S = \text{Rp. } 49.581.487.038.213$$

$$R = C \left(\frac{(1+i)^{10}-1}{i} \right)$$

Nilai i dicari menggunakan trial and error, sehingga di dapat S=R

$$\begin{aligned}
 \text{Hasil trial } i &= 0,538 \\
 \text{Harga DCF} &= 54\% \\
 \text{Batas minimal DCF} &= (1,5-2) \times \text{suku bunga bank} \\
 &= 0,5 \times 4,75\% \\
 &= 2\%
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diperoleh nilai I sebesar 54 % per tahun. Harga i yang diperoleh lebih besar dari harga i untuk pinjaman modal pada bank. Hal ini menunjukkan bahwa pabrik layak untuk didirikan dengan kondisi tingkat bunga komersial di Indonesia saat ini berkisar 4,75% per tahun (Bank Indonesia, 2026) atau dengan minimal suku bunga bank sebesar 2%.



Grafik 11. 2 Kelayakan Ekonomi

BAB XII

KESIMPULAN

Prarancangan Pabrik Gypsum Dari Batuan Kapur Dan Asam Sulfat dirancang dengan kapasitas 75.000 ton/tahun akan didirikan di Gresik dengan luas tanah 87.275 m². Pabrik beroperasi selama 330 hari efektif setiap tahun dan 24 jam/hari. Bentuk perusahaan Perseroan Terbatas (PT) dengan jumlah tenaga kerja yang diserap sebanyak 127 orang Sesuai perhitungan analisa ekonomi dapat diketahui :

- a. ROI untuk pabrik ini 92% sebelum pajak dan 42% setelah pajak.
- b. POT untuk pabrik ini adalah 0,9 tahun sebelum pajak dan 2 tahun setelah pajak.
- c. *Break Event Point* (BEP) adalah 54%.

Berdasarkan perhitungan analisa ekonomi di atas, maka Pabrik Gypsum dari Batuan Kapur dan Asam Sulfat Dengan Kapasitas 75.000 Ton/Tahun dapat dilanjutkan ketahap perancangan selajutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Alibaba.com. (2026, Februari). *Harga-harga Alat Utilitas*.
https://www.alibaba.com/search/page?spm=a2700.prosearch.the-new-header_fy23_pc_search_bar.keydown__Enter&SearchScene=proSearch&SearchText=harga+alat+kompresor&pro=true&from=pcHomeContent
- Aries, R. S., & Newton, R. D. (1954). *Chemical Engineering Cost Estimation*. McGraw-Hill.
- Badan Pusat Statistik. (2025, Januari 24). *Data Ekspor Impor Nasional*.
<https://www.bps.go.id/id/exim>
- Bank Indonesia. (2026, Februari). *Bunga Komersial Nasional*.
<https://www.bi.go.id/id/search.aspx#k=bunga%20komersial>
- Chemical Engineering. (2026, Maret). *Indeks Biaya Pabrik Teknik Kimia*.
<https://www.chemengonline.com/pci-home>
- I Made Adristya, T. (2020). Prarencana Pabrik Gypsum dari Batu Kapur dan Asam Sulfat Kapasitas 762.000 ton/tahun. *Doctoral dissertation, Widya Mandala Catholic University Surabaya*.
- Najla, S. (2018). *Pra Rancangan Pabrik Kimia Gypsum (Kalsium Sulfat Dihidrat) Dari Asam Sulfat Dan Batuan Kapur Dengan Kapasitas 500.000 Ton/Tahun Perancangan Pabrik*.
- Nasution, M. H., Putri, N. B. N., & Candra, L. (2019). Pengaruh Komposisi Gypsum Terhadap Setting Time Pada Proses Produksi Semen PCC. *CHEMICA: Jurnal Teknik Kimia*, 6(1), 31–37.
- Natalia Manik. (2019). Prarancangan Pabrik Pembuatan Kalsium Sulfat Dihidrat dari Batu Kapur dan Asam Sulfat dengan Kapasitas 500.000 Ton/Tahun. *Doctoral dissertation, Universitas Bhayangkara Jakarta Raya*.
- Ni Ketut Sari. (2011). *Ekonomi Teknik*. Yayasan Humaniora.

Peginusa, S. S., Willar, D., & Manoppo, F. J. (2020). *Model Estimasi Biaya Kontingensi Berbasis Risiko Pada Proyek Normalisasi Sungai Di Daerah Perkotaan*.

Perdana, M. D. H. A. R. (2022). *Pra Rancangan Pabrik Kimia Gypsum (Kalsium Sulfat Dihidrat) Dari Asamsulfat Dan Batuan Kapur Dengan Kapasitas 300.000 Ton/Tahun*.

Perry, R. H., & Green, D. W. (2007). Perry's Chemical Engineering Handbook. Dalam D. W. Green & R. H. Perry (Ed.), *Buku elektronik* (8 ed.). McGraw Hill LLC.

Peters, M. S., & Timmerhaus, K. D. (1991). *McGraw-Hill Chemical Engineering Series Editorial Advisory Board Building the Literature of a Profession*.

Rahmayanti, A. P. D., & Susanti, A. (2023). Analisis Ekonomi Pra Rancangan Pabrik Kimia Pembuatan Karbon Aktif Dari Serbuk Gergaji Dengan Kapasitas 8100 Ton/Tahun. *DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi*, 9(4), 510–518. <https://doi.org/10.33795/distilat.v9i4.4182>

Revo M. (2024, Maret 28). *Industri Semen Indonesia Overcapacity? Warga RI Wajib Baca Data Ini*. CNBC Indonesia.

rumah123. (2026, Februari). *Harga Tanah di Gresik*. <https://www.rumah123.com/jual/tanah/>

U.S. Geological Survey. (2026). *Statistik dan Informasi Gypsum*. <https://www.usgs.gov/centers/national-minerals-information-center/gypsum-statistics-and-information>

LAMPIRAN

A. Perhitungan Neraca Massa

Kapasitas gypsum yang direncanakan = 75.000 ton/tahun

Jumlah hari kerja = 330 hari

Jumlah waktu kerja per hari = 1 hari = 24 jam

Kapasitas produksi gypsum = $\frac{75.000}{\text{tahun}} \times \frac{1000}{\text{ton}} \times \frac{1}{330} \times \frac{1}{24}$

Kapasitas = 9469,69697 kg/jam

Perhitungan bahan baku :

Basis CaCO₃ yang masuk = 927.822,93 kg/jam

Rasio yang di gunakan = Batu Kapur : Asam Sulfat : Air

= 1 : 2 : 1

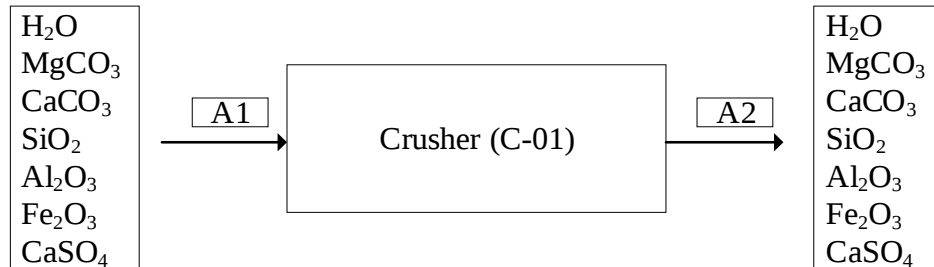
Komponen	Fraksi massa (%)	Berat Molekul (kg/kmol)	Massa (kg/jam)
CaCO ₃	97,89%	100,09	9.269,89
MgCO ₃	0,95%	84,31	89,96
SiO ₂	0,36%	60,08	34,09
H ₂ O	0,30%	18,015	28,41
Fe ₂ O ₃	0,25%	159,69	23,67
Al ₂ O ₃	0,17%	101,96	16,10
CaSO ₄	0,08%	136,14	7,58

Komponen	Fraksi massa (%)	Berat Molekul (kg/kmol)	Massa (kg/jam)
H ₂ SO ₄	98%	98	1818939,394
H ₂ O	2%	18,015	3411,931818

Komponen	Fraksi massa (%)	Berat Molekul (kg/kmol)	Massa (kg/jam)
H ₂ O	100%	18,015	9469,69697

A.1. *Crusher* (C-01)

Fungsi : Menghancurkan batu kapur



Neraca massa :

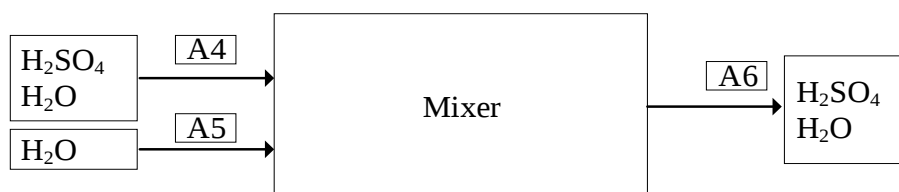
Input = Output

A1 = A2

Komponen	Input (Kg/jam)	Output (Kg/jam)
	A1	A2
CaCO ₃	9.269,89	9.269,89
H ₂ O	28,40909091	28,41
CaSO ₄	7,575757576	7,58
SiO ₂	34,09090909	34,09
MgCO ₃	89,96212121	89,96
Al ₂ O ₃	16,09848485	16,10
Fe ₂ O ₃	23,67424242	23,67
Sub Total	9.469,70	9.469,70
Total	9.469,70	9.469,70

A.2. *Mixer* (M-01)

Fungsi : Mencampurkan larutan asam sulfat dengan air sehingga adanya pengenceran



Neraca massa :

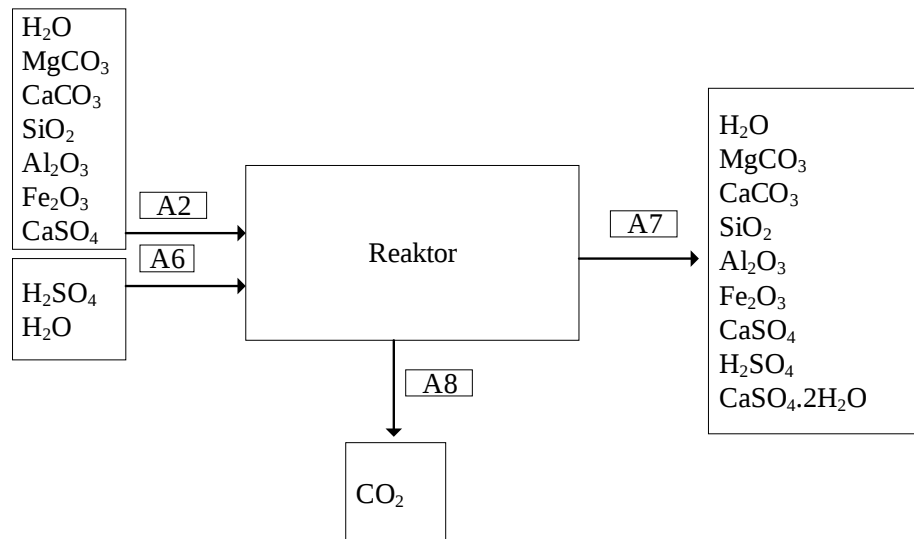
Input = Output

A4 + A5 = A6

Komponen	Input (Kg/jam)		Output (Kg/jam)
	A4	A5	A6
H ₂ SO ₄	18560,60606		18560,60606
H ₂ O	3411,931818	9469,69697	12881,62879
Sub Total	21972,53788	9469,69697	31442,23485
Total	31442,23485		31442,23485

A.3. Reaktor (R-01)

Fungsi : Mereaksikan larutan



Neraca masuk (A2) :

H₂O = 528,41 kg/jam
= massa/BM

= 1,577 mol

MgCO₃ = 89,96 kg/jam
= 1,067 mol

CaCO₃ = 9268,89 kg/jam
= 92,62 mol

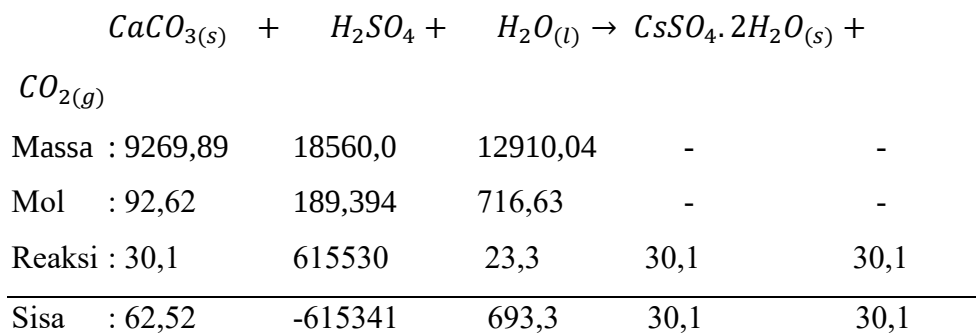
SiO₂ = 34,09 kg/jam

$$\begin{aligned}
 &= 0,567 \text{ mol} \\
 \text{Al}_2\text{O}_3 &= 16,10 \text{ kg/jam} \\
 &= 0,158 \text{ mol} \\
 \text{Fe}_2\text{O}_3 &= 23,67 \text{ kg/jam} \\
 &= 0,148 \text{ mol} \\
 \text{CaSO}_4 &= 7,58 \text{ kg/jam} \\
 &= 0,056 \text{ mol}
 \end{aligned}$$

Neraca masuk (A6) :

$$\begin{aligned}
 \text{H}_2\text{SO}_4 &= 18560,6 \text{ kg/jam} \\
 &= 189,4 \text{ mol} \\
 \text{H}_2\text{O} &= 9659,09 \text{ kg/jam} \\
 &= 715,1 \text{ mol}
 \end{aligned}$$

Reaksi yang terjadi dengan konversi 92%



Neraca massa keluar:

Komponen	Massa (Kg/Jam)	
	Bereaksi	Sisa
CaCO ₃	3012,713068	6257,1733
H ₂ O	419,5762311	12490,4616
CaSO ₄	0	0
SiO ₂	0	0
MgCO ₃	0	0
Al ₂ O ₃	0	0
Fe ₂ O ₃	0	0

H ₂ SO ₄	60321969,7	-60303409
CaSO ₄ .2H ₂ O	5182,323998	5182,324
CO ₂	1324,702789	1324,70279

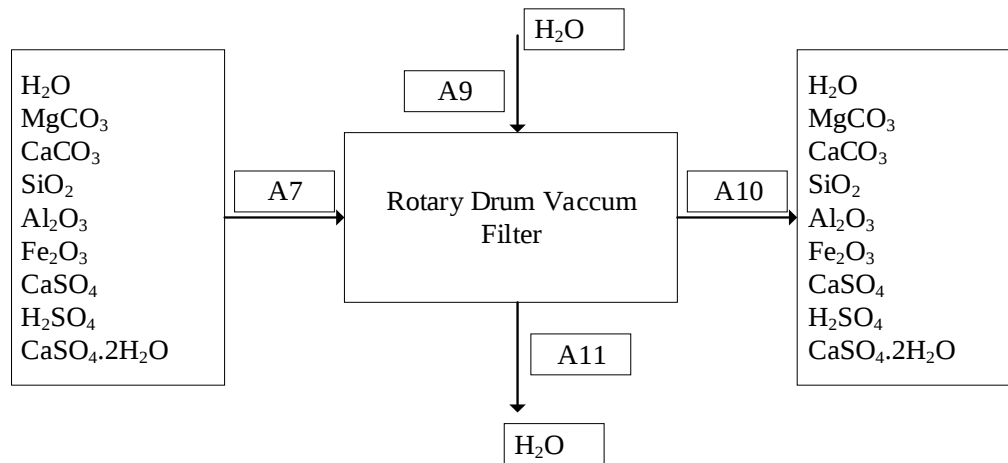
Komponen	Massa (Kg/Jam)
CaCO ₃	9269,886364
H ₂ O	12910,03788
CaSO ₄	7,58
SiO ₂	34,09
MgCO ₃	89,96
Al ₂ O ₃	16,10
Fe ₂ O ₃	23,67
H ₂ SO ₄	18.560,61
CaSO ₄ .2H ₂ O	10.364,65
CO ₂	2.649,41

Sehingga :

Komponen	Input (Kg/jam)		Output (Kg/jam)	
	A2	A6	A7	A8
CaCO ₃	9.269,89		9.269,89	
H ₂ O	28,41	12881,62879	12.910,04	
CaSO ₄	7,58		7,58	
SiO ₂	34,09		34,09	
MgCO ₃	89,96		89,96	
Al ₂ O ₃	16,10		16,10	
Fe ₂ O ₃	23,67		23,67	
H ₂ SO ₄		18560,60606	18.560,61	
CaSO ₄ .2H ₂ O			10.364,65	
CO ₂				2.649,41
Sub Total	9.469,70	31.442,23	51.276,58	2.649,41
Total	53.925,99		53.925,99	

A.4. Rotary Drum Vacuum Filter (F-01)

Fungsi : Untuk memisahkan padatan gipsum dari slurry



Efisiensi:

1. Cake yang terikut kedalam air sebesar 2%
2. H₂O yang terikut cake sebesar 2%
3. H₂O yang dibutuhkan 20% dari total arus

Neraca komponen :

H₂O yang dibutuhkan = 20% dari total aliran masuk
= 10785,2 kg/jam

H₂O yang terikut cake = 2% dari H₂O yang masuk
= 473,905 kg/jam

H₂O yang terikut filtrat = 92% total H₂O
= 21799,6 kg/jam

H₂SO₄ = 8% dari H₂SO₄ yang masuk
= 1484,85 kg/jam

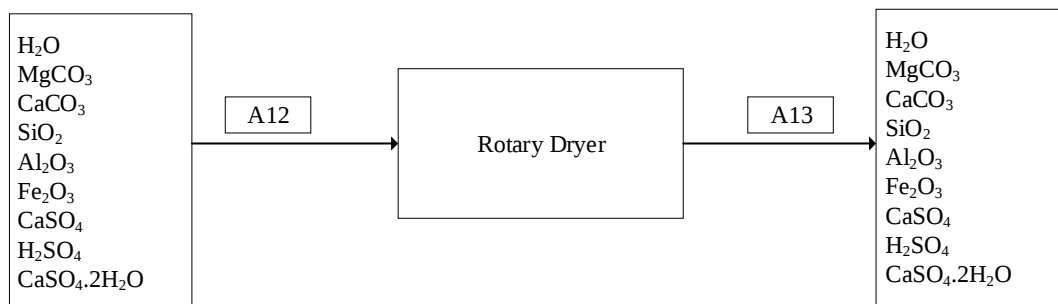
Neraca massa total :

Komponen	Input (Kg/jam)		Output (Kg/jam)	
	A7	A9	A10	A11
CaCO ₃	9.269,89		9.269,89	
H ₂ O	12.910,04	10785,19708	10.785,20	12.910,04
CaSO ₄	7,58		7,58	
SiO ₂	34,09		34,09	

MgCO ₃	89,96		89,96	
Al ₂ O ₃	16,10		16,10	
Fe ₂ O ₃	23,67		23,67	
H ₂ SO ₄	18.560,61		17.075,76	1484,848485
CaSO ₄ .2H ₂ O	10.364,65		10.364,65	
Sub Total	51.276,58	10.785,20	47.666,89	14.394,89
Total	62.061,78		62.061,78	

A.5. Rotary Dryer (RD-01)

Fungsi : Mengurangi Kandungan Cairan dalam produk Gypsum



Neraca kompon :

H₂O yang terfiltrat = 1% dari H₂O yang masuk

= 107,85 kg/jam

H₂SO₄ yang terfiltrat = 98% dari H₂SO₄ yang masuk

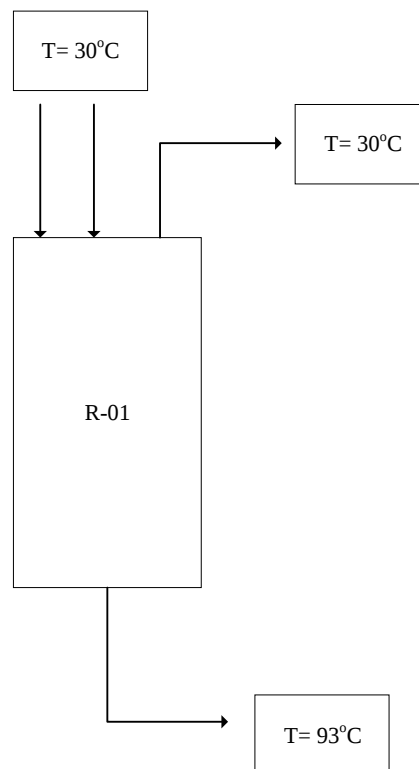
= 16734,242 kg/jam

Komponen	Input (Kg/jam)	Output (Kg/jam)	
	A10	A13	A14
CaCO ₃	9.269,89	9.269,89	
H ₂ O	10.785,20	107,85	10.677,35
CaSO ₄	7,58	7,58	
SiO ₂	34,09	34,09	
MgCO ₃	89,96	89,96	
Al ₂ O ₃	16,10	16,10	

Fe ₂ O ₃	23,67	23,67	
H ₂ SO ₄	17.075,76	341,52	16.734,24
CaSO ₄ .2H ₂ O	10.364,65	9.457,74	906,91
Sub Total	47.666,89	19.348,40	28.318,49
Total	47.666,89	47.666,89	

B. Neraca Panas

B.1. Reaktor (R-01)



Energy balance :

$$\Delta H1 + \Delta H2 + \Delta H5 + \Delta HR = \Delta H3 + \Delta H4 + \Delta H6 + Q \text{ loss}$$

$$\Delta H1 + \Delta H2 + Q \text{ serap} + \Delta HR = \Delta H3 + \Delta H4 + Q \text{ loss}$$

Keterangan:

$\Delta H1$ = Panas yang terkandung pada bahan CaCO₃

$\Delta H2$ = Panas yang terkandung pada bahan asam sulfat

$\Delta H3$ = Panas yang terkandung pada produk bahan keluar

$\Delta H4$ = Panas yang terkandung pada produk samping bahan keluar

ΔH_5 = Panas yang terkandung pada cooling water masuk

ΔH_6 = Panas yang terkandung pada cooling water keluar

ΔH_R = Panas yang timbul akibat terjadi reaksi

Q loss = Panas yang hilang

Direncanakan:

Suhu bahan masuk = $30^\circ\text{C} = 303,15\text{ K}$

Suhu air masuk = $30^\circ\text{C} = 303,15\text{ K}$

Suhu reaktor = $93^\circ\text{C} = 366,15\text{ K}$

Suhu bahan keluar = $93^\circ\text{C} = 366,15\text{ K}$

Suhu referensi = $25^\circ\text{C} = 298,15\text{ K}$

Dari A2:

Komponen	Massa (kg)	BM	Kgmol	Cp	ΔT	ΔH (kkal/jam)
CaCO ₃	9.269,89	100,09	92,61550968	19,94	5	9233,766315
MgCO ₃	89,96	84,31	1,067039749	16,9	5	90,16485876
SiO ₂	34,09	60,08	0,567425251	10,89	5	30,89630493
Al ₂ O ₃	16,10	101,96	0,157890201	19,11	5	15,08640866
FeO ₃	23,67	159,69	0,148251252	24,98	5	18,51658137
CaSO ₄	7,58	136,14	0,055646816	17,48	5	4,863531748
H ₂ O	28,41	18,015	1,576968688	9,09	5	71,67322686
Total						9464,9672

Dari A6:

Komponen	Massa (kg)	BM	Kgmol	Cp	ΔT	ΔH (kkal/jam)
H ₂ SO ₄	18560,61	98	189,3939	0,34	5	321,9697
H ₂ O	12881,63	18,015	715,0502	9,09	5	32499,03
Total						32821

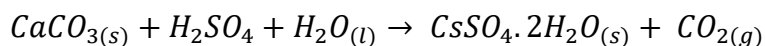
Perhitungan panas yang keluar :

Komponen	Massa (kg)	BM	Kgmol	Cp	ΔT	ΔH (kkal/jam)
CaSO ₄ .2H ₂ O	10.364,65	172,17	60,20008129	46,8	68	191580,7387
CaCO ₃	9.269,89	100,09	92,61550968	21,74	68	136915,3603
MgCO ₃	89,96	84,31	1,067039749	16,9	68	1226,242079
SiO ₂	34,09	60,08	0,567425251	12,26	68	473,0510834
Al ₂ O ₃	16,10	101,96	0,157890201	21,47	68	230,5133772
Fe ₂ O ₃	23,67	159,69	0,148251252	27,43	68	276,5241652
CaSO ₄	7,58	136,14	0,055646816	18,15	68	68,67930072
H ₂ SO ₄	18.560,61	98	189,3939394	0,34	68	4378,787879
H ₂ O	12.910,04	18,015	716,6271373	9,17	68	446860,0177
Total						782009,91

Perhitungan panas produk samping:

Komponen	Massa (kg)	BM	Kgmol	Cp	ΔT	H (kkal/jam)
CO ₂	2.649,41	44,01	60,20008129	8,89	68	36392,15314

Reaksi:



Panas pembentukan standar $\Delta H_{f,298,15}$

Komponen Reaktan	$\Delta H_{f,298,15}$ (Kkal/kmol)	$\Delta H_{f,298,15}$ (kkal/jam)
CaCO ₃	-289,5	-27941,06
H ₂ SO ₄	193,7	-18693,97
H ₂ O	-68,3	-53228,68
Total		-99863,71

Komponen Produk	$\Delta H_{f,298,15}$ (Kkal/kmol)	$\Delta H_{f,298,15}$ (kkal/jam)
CaSO ₄ .2H ₂ O	-429,3	-46259,59
CO ₂	-94,1	-9077,42
Total		-55337,01

$$\Delta Hf_{298,15} = \Delta Hf_{produk} - \Delta Hf_{reaktan}$$

$$= 44526,7 \text{ kkal/jam}$$

$$\Delta HR = 905214,7348 \text{ kkal/jam}$$

$$Q \text{ loss} = 422,86 \text{ kkal/jam}$$

Menghitung panas pada system reaktor:

$$\Delta H1 + \Delta H2 + Q \text{ serap} + \Delta HR = \Delta H3 + \Delta H4 + Q \text{ loss}$$

$$947500,7019 \text{ kkal/jam} = 818824,9274 \text{ kkal/jam}$$

$$Q = -128675,7745 \text{ kkal/jam}$$

$$= -128675,7745 \text{ kkal/jam}$$

Air pendingin digunakan untuk memenuhi kebutuhan:

$$\text{Suhu air pendingin masuk} = 27^\circ\text{C} = 300,15 \text{ K}$$

$$\text{Suhu air pendingin keluar} = 45^\circ\text{C} = 318,15 \text{ K}$$

$$\text{Suhu referensi} = 25^\circ\text{C} = 298,15 \text{ K}$$

$$Cp \text{ air pendingin} = 9,10$$

Massa air pendingin masuk:

$$Q \text{ serap} = \Delta H5 - \Delta H6$$

$$\Delta H5 = m \times Cp \times \Delta T$$

$$M = 182$$

$$\Delta H6 = m \times Cp \times \Delta T$$

$$M = 18,2$$

$$Q \text{ serap} = 182m - 18,2m$$

$$128675,7754 = 163,8$$

$$M = 785,57 \text{ kkal/jam}$$

$$\Delta H5 = 142973,0828 \text{ kkal/jam}$$

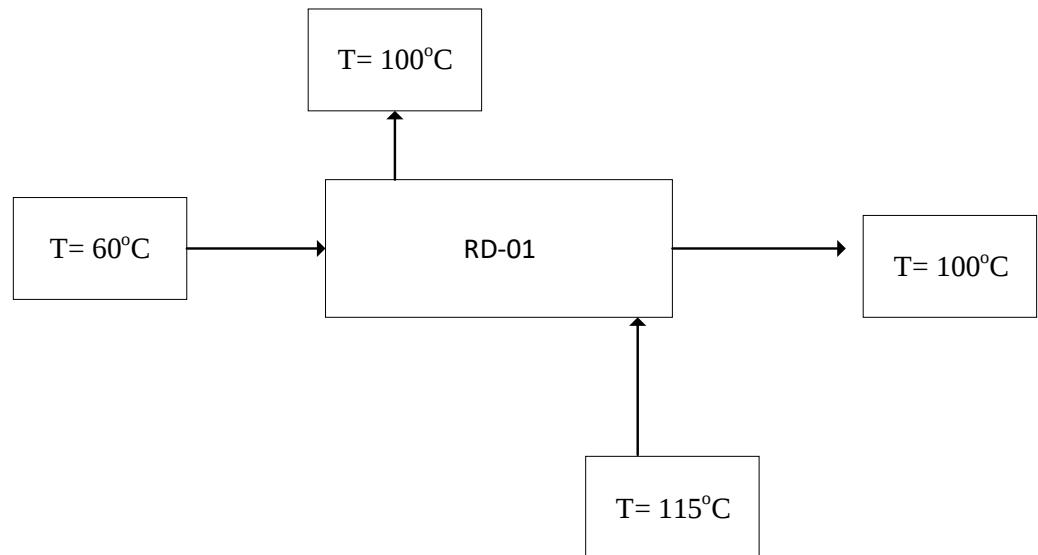
$$\Delta H6 = 14297,30828 \text{ kkal/jam}$$

Neraca panas pada Reaktor (R-01)

Masuk (Kcal/jam)		Keluar (Kcal/jam)	
$\Delta H1$	9464,967227	$\Delta H3$	782009,9146
$\Delta H2$	32820,99986	$\Delta H4$	36392,1531

$\Delta H5$	14297,30828	$\Delta H5$	14297,3083
ΔH_{HR}	905214,7348	Q	129098,6342
Total	961798,0102		961798,0102

B.2. Rotary Dryer (RD-01)



Overall energy balance:

Panas masuk = panas keluar

$$\Delta H1 + \Delta H4 = \Delta H2 + \Delta H3 + Q \text{ loss}$$

Keterangan:

$\Delta H1$ = Panas yang terkandung pada bahan masuk

$\Delta H2$ = Panas yang terkandung pada bahan keluar

$\Delta H3$ = Panas yang terkandung pada produk bahan keluar

$\Delta H4$ = Panas yang dibawa udara masuk

$Q \text{ loss}$ = Panas yang hilang

Direncanakan:

Suhu bahan masuk = 60°C = 333,15 K

Suhu bahan masuk = 100°C = 373,15 K

Suhu air masuk = 115°C = 388,15 K

Suhu referensi = 25°C = 298,15 K

Perhitungan panas bahan masuk ($\Delta H1 = m \times C_p \times \Delta T$)

Komponen	Massa (kg)	BM	Kgmol	Cp	ΔT	ΔH (kkal/jam)
CaSO ₄ .2H ₂ O	10.364,65	172,17	60,20	46,80	35,00	98.607,73
CaCO ₃	9.269,89	100,09	92,62	20,87	35,00	67.651,00
MgCO ₃	89,96	84,31	1,07	16,90	35,00	631,15
SiO ₂	34,09	60,08	0,57	11,60	35,00	230,37
Al ₂ O ₃	16,10	101,96	0,16	20,36	35,00	112,51
Fe ₂ O ₃	23,67	159,69	0,15	26,25	35,00	136,21
CaSO ₄	7,58	136,14	0,06	17,84	35,00	34,75
H ₂ SO ₄	17.075,76	98,00	174,24	0,34	35,00	2.073,48
H ₂ O	10.785,20	18,02	598,68	9,17	35,00	192.145,93
Total						361623,14

Menghitung panas udara masuk ($\Delta H4$):

Cp Udara = 0,6734 kkal/kgk

$\Delta H4 = m \times C_p \times \Delta T$

M = 60,606 kkal/jam

Menghitung bahan keluar ($\Delta H3 = m \times C_p \times \Delta T$)

Komponen	Massa (kg)	BM	Kgmol	Cp	ΔT	ΔH (kkal/jam)
CaSO ₄ .2H ₂ O	9.457,74	172,17	54,93257418	46,8	75	192813,3354
CaCO ₃	9.269,89	100,09	92,61550968	20,87	75	144966,4265
MgCO ₃	89,96	84,31	1,067039749	16,9	75	1352,472881
SiO ₂	34,09	60,08	0,567425251	11,6	75	493,6599685
Al ₂ O ₃	16,10	101,96	0,157890201	20,36	75	241,0983362
Fe ₂ O ₃	23,67	159,69	0,148251252	26,25	75	291,8696523
CaSO ₄	7,58	136,14	0,055646816	17,84	75	74,45544026
H ₂ SO ₄	16.734,24	98	170,7575758	0,34	75	4354,318182
H ₂ O	107,85	18,015	5,986787165	9,17	75	4117,412873
Total						348705,0492

Menghitung panas yang hilang:

$$Q_{\text{loss}} = 1\% \times (\Delta H_1 + \Delta H_4)$$

$$= 361623,14 + 0,6061 \text{ m}$$

Menghitung udara masuk:

$$\Delta H_1 + \Delta H_4 = \Delta H_2 + \Delta H_3 + Q_{\text{loss}}$$

$$361623,14 + 60,61 \text{ m} = 352321,2807 + 0,6061 \text{ m}$$

$$60 \text{ m} = -9301,86 \text{ kg/jam}$$

$$M = -155,031 \text{ kg/jam}$$

$$\Delta H_4 = 60,61 \text{ m}$$

$$= -9396,43 \text{ kkal/jam}$$

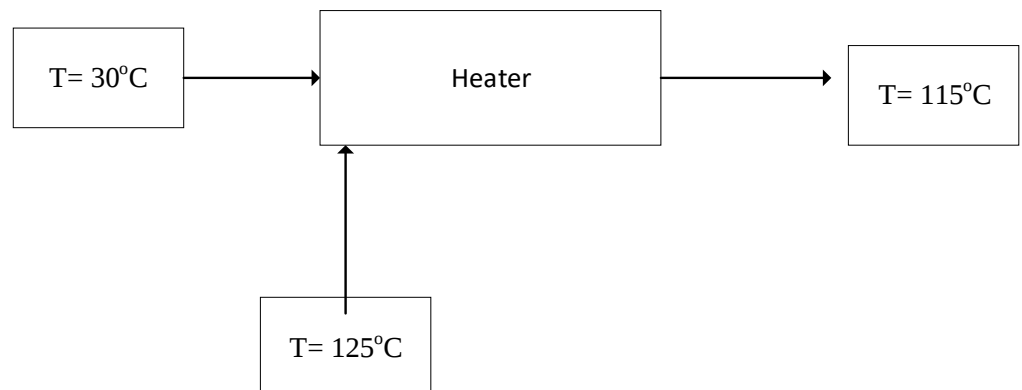
$$Q_{\text{loss}} = 3616,23 + 0,6061 \text{ m}$$

$$= 3522,267 \text{ kkal/jam}$$

Neraca panas pada *rotary dryer* :

Masuk (Kcal/jam)		Keluar (Kcal/jam)	
ΔH_1	361623,14	ΔH_3	348705,0492
ΔH_4	-9396,43	Q loss	3522,267117
Total	352227		352227

B.3. Heater (H-01)



Overall energy balance:

Panas masuk = panas keluar

$$\Delta H1 + Q = \Delta H2 + Q_{loss}$$

Keterangan:

$\Delta H1$ = Panas udara yang masuk

$\Delta H2$ = Panas udara yang keluar

Q_{steam} = Panas yang terkandung pada steam

Q_{loss} = Panas yang hilang

a. Menghitung panas udara masuk $\Delta H1$

$$\text{Suhu udara masuk} = 30^{\circ}\text{C} = 303,15 \text{ K}$$

$$\text{Suhu air masuk} = 25^{\circ}\text{C} = 298,15 \text{ K}$$

$$\text{Massa udara} = 2332,43 \text{ kg/jam}$$

$$C_p = 6,97 \text{ kkal/kgmol.K}$$

$$\text{BM udara} = 60$$

$$\begin{aligned}\Delta H1 &= m \times C_p \times \Delta T \\ &= 1354,753092 \text{ kkal/jam}\end{aligned}$$

b. Menghitung panas udara keluar $\Delta H2$

$$\text{Suhu udara masuk} = 115^{\circ}\text{C} = 388,15 \text{ K}$$

$$\text{Suhu air masuk} = 25^{\circ}\text{C} = 298,15 \text{ K}$$

$$\text{Massa udara} = 2332,43 \text{ kg/jam}$$

$$C_p = 67,02 \text{ kkal/kgmol.K}$$

$$\text{BM udara} = 60$$

$$\begin{aligned}\Delta H2 &= m \times C_p \times \Delta T \\ &= 24560,4879 \text{ kkal/jam}\end{aligned}$$

c. Menghitung panas yang hilang

$$Q_{loss} = 1\% \times (\Delta H1 + Q)$$

$$= 13,5475 + 0,01 Q \text{ kkal/jam}$$

d. Menghitung panas yang diberikan steam

Neraca total:

$$\begin{aligned}\Delta H1 + Q &= \Delta H2 + Q \text{ loss} \\ 13,5475 + Q &= 24560,4879 + 0,01 Q \\ 0,99 Q &= 23219,28234 \\ Q &= 23453,82054 \text{ kkal/jam} \\ Q \text{ loss} &= 13,5475 + 0,01 Q \\ &= 248,0857 \text{ kkal/jam}\end{aligned}$$

e. Menentukan kebutuhan steam

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan steam} &= H \text{ vapor} - H \text{ liquid} \\ &= 2706 - 503,7 \\ &= 2202,3 \text{ kj/kg} \\ &= 526,37 \text{ kkal/kg}\end{aligned}$$

$$Q \text{ steam} = m \times \text{kebutuhan steam}$$

$$23453,82054 \text{ kkal/jam} = 526,37 \text{ kkal/kg} \times \text{kebutuhan steam}$$

$$\text{Kebutuhan steam} = 44,577 \text{ kg/jam}$$

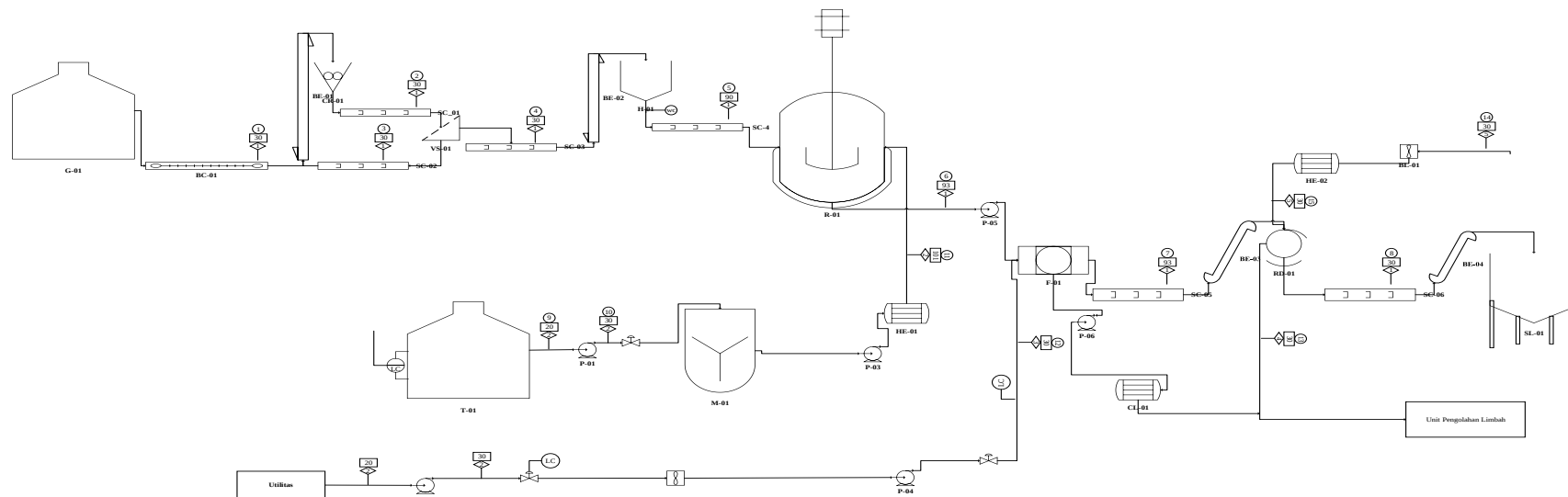
Neraca panas pada heater :

Masuk (Kcal/jam)		Keluar (Kcal/jam)	
$\Delta H1$	1354,7531	$\Delta H2$	24560,4879
Q	23453,8205	$Q \text{ loss}$	248,0857
Total	24808,5736	Total	24808,5736

C. Process Flow Diagram (PFD)



PRA RANCANGAN PABRIK GIPSUM DARI BATUAN KAPUR DAN ASAM SULFAT DENGAN KAPASITAS 75.000 TON/TAHUN



Komponen	Kg/Jam											
	A1	A2	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A13	A14
Kalsium Karbonat	9269,89	9269,89	0	0	0	9269,89	0	0	9269,89	0	9269,89	0
Air	28,41	28,41	3411,93	9469,7	12881,63	12910,04	0	10785,2	10785,2	12910,04	107,85	10677,35
Asam sulfat	0	0	18560,60	0	18560,60	18560,61	0	0	17075,76	1484,85	341,52	16734,24
Kalsium Sulfat	7,58	7,58	0	0	0	7,58	0	0	7,58	0	7,58	0
Silikon Dioksida	34,09	34,09	0	0	0	34,09	0	0	34,09	0	34,09	0
Magnesium Karbonat	89,96	89,96	0	0	0	89,96	0	0	89,96	0	89,96	0
Aluminium Oksida	16,10	16,10	0	0	0	16,10	0	0	16,10	0	16,10	0
Feroksida	23,67	23,67	0	0	0	23,67	0	0	23,67	0	23,67	0
Kalsium Sulfat Hidrat	0	9269,89	0	0	0	10364,65	0	0	10364,65	0	10364,65	906,91
Karbon Dioksida	0	0	0	0	0	0	2649,41	0	0	0	0	0

Keterangan			
CR	Crusher	P	Pompa
M	Mixer	FC	Flow Controller
BC	Belt Conveyor	LC	Level Controller
BE	Bucket Elevator	U	Level Indicator
H	Hopper	WC	Weight Controller
R	Reaktor	TC	Temperature Controller
F	Filter	VR	Volume Recorder
SL	Silo		Temperatur (°C)
SC	Screw Conveyor		Tekanan (atm)
VS	Screening		Pipa
RD	Rotary Driver		Nomor Arus
T	Tanki	BL	Blower
CL	Cooler		



PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS NAHDLATUL ULAMA AL-GHAZALI
CILACAP

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRA RANCANGAN PABRIK GIPSUM DARI BATUAN KAPUR DAN
ASAM SULFAT DENGAN KAPASITAS 75.000 TON/TAHUN

Diekrjakan Oleh:
Nama : 1. Andika Manggala Putra (19242013002)
2. Andika Adhi Setianingsih (19242011001)

Dosen Pembimbing : 1. Siti Khuzaimah, M.Pd., M.T.
2. Arnesya Ramadhani, M.T.