

**PRARANCANGAN PABRIK MAGNESIUM SULFAT
HEPTAHIDRAT DARI MAGNESIUM OKSIDA
DAN ASAM SULFAT KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN
Tugas Khusus Perancangan Crystallizer 301 (CR-301)**

(Skripsi)

Oleh

GUNTUR ARYA PERDANA



**JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2019

ABSTRAK

PRARANCANGAN PABRIK MAGNESIUM SULFAT HEPTAHIDRAT DARI MAGNESIUM OKSIDA DAN ASAM SULFAT KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN (Tugas Khusus Perancangan Crystallizer-301 (CR-301))

Oleh :

Guntur Arya Perdana

Magnesium sulfat heptahidrat merupakan salah satu hasil industri kimia yang dibutuhkan baik sebagai bahan tambahan pupuk, bahan untuk obat-obatan, dan bahan *intermediate*. Magnesium sulfat heptahidrat dihasilkan dari reaksi antara magnesium oksida dan asam sulfat. Kebutuhan dalam negeri akan magnesium sulfat heptahidrat diperkirakan akan meningkat sehingga dibutuhkan pabrik yang mampu memenuhi kebutuhan dalam negeri.

Pabrik magnesium sulfat heptahidrat ini direncanakan akan didirikan di Kawasan Industri Cilegon, Jalan Gunung Sugih No. 75, Provinsi Banten. Pabrik ini direncanakan akan menghasilkan magnesium sulfat heptahidrat sebanyak 50.000 ton/tahun, dengan waktu operasi 330 hari/tahun. Bahan baku untuk magnesium oksida diperoleh dari PT. UNIKEMIKA Asia, Bogor dan asam sulfat yang diperoleh dari PT. Insoclay Acidatama Indonesia, Tangerang.

Tahapan proses pabrik magnesium sulfat heptahidrat ini terdiri dari penyiapan bahan baku, tahap reaksi, dan tahap separasi dan pemurnian. Unit utilitas pada pabrik magnesium sulfat heptahidrat terdiri atas unit penyedia air, penyedia listrik, penyedia *steam* dan penyedia bahan bakar.

Bentuk perusahaan adalah Perseroan Terbatas (PT), menggunakan struktur organisasi *line and staff* dengan kebutuhan karyawan 153 orang. Dari hasil evaluasi ekonomi diperoleh :

<i>Fixed Capital Investment</i>	(FCI)	= Rp 311.765.214.641
<i>Working Capital Investment</i>	(WCI)	= Rp 55.017.390.819
<i>Total Capital Investment</i>	(TCI)	= Rp 366.782.605.460
<i>Break Even Point</i>	(BEP)	= 38,5268 %
<i>Shut Down Point</i>	(SDP)	= 28,4046 %
<i>Pay Out Time after taxes</i>	(POT) _a	= 2,21 tahun
<i>Return on Investment after taxes</i>	(ROI) _a	= 32,7451 %
<i>Discounted cash flow</i>	(DCF)	= 35,30 %

Hasil studi kelayakan teknik dan ekonomi menyatakan bahwa pendirian Pabrik Magnesium Sulfat Heptahidrat layak dikaji lebih lanjut.

Kata Kunci : Magnesium sulfat heptahidrat, magnesium oksida, asam sulfat.

ABSTRACT

FEASIBILITY STUDY OF MAGNESIUM SULFATE HEPTAHYDRATE PLANT FROM MAGNESIUM OXIDE AND SULFURIC ACID CAPACITY 50,000 TONS/YEAR (Designing Crystallizer 301 (CR – 301))

By :
Guntur Arya Perdana

Magnesium sulfate heptahydrate is one of the chemical manufacture products that are needed both as fertilizer additives, ingredients for medicines, and intermediate in industry materials. Magnesium sulfate heptahydrate is produced from the reaction between magnesium oxide and sulfuric acid. Domestic demand for magnesium sulfate heptahydrate is expected to increase so that we need factories that can satisfy the demand of the product needs.

The Magnesium Sulfate Heptahydrate Plant is planned to be established in the Cilegon Industrial Area, Gunung Sugih Street No. 75, Banten Province. This factory is planned to produce 50,000 tons of magnesium sulfate heptahydrate, with an operating time of 330 days / year. The raw material for magnesium oxide is obtained from PT. UNIKEMIKA Asia, Bogor and sulfuric acid obtained from PT. Insoclay Acidatama Indonesia, Tangerang.

The stages of the magnesium sulphate heptahydrate manufacturing process consist of preparation of raw materials, reaction stages, and separation & purification stages. The supplies of plant's utility are: water supply units, electricity, steam and fuel. The company entity form is Limited Liability Company (PT), using a line and staff organization structure with the labors of 153 people. Plant's economic evaluation are:

<i>Fixed Capital Investment</i>	(FCI)	= Rp 311.765.214.641
<i>Working Capital Investment</i>	(WCI)	= Rp 55.017.390.819
<i>Total Capital Investment</i>	(TCI)	= Rp 366.782.605.460
<i>Break Even Point</i>	(BEP)	= 38,5268 %
<i>Shut Down Point</i>	(SDP)	= 28,4046 %
<i>Pay Out Time after taxes</i>	(POT) _a	= 2,21 years
<i>Return on Investment after taxes</i>	(ROI) _a	= 32,7451 %
<i>Discounted cash flow</i>	(DCF)	= 35,30 %

The results of technical and economic feasibility study is feasible and need further analysis, because the plant is profitable with good sustainability.

Key Word : Magnesium sulfate heptahydrate, magnesium oxide, sulfuric acid.

**PRARANCANGAN PABRIK MAGNESIUM SULFAT
HEPTAHIDRAT DARI MAGNESIUM OKSIDA
DAN ASAM SULFAT KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN
Tugas Khusus Perancangan Crystallizer 301 (CR-301)**

**Oleh
GUNTUR ARYA PERDANA**

**Skripsi
Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**



**JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2019**

Judul Skripsi

: **PRARANCANGAN PABRIK MAGNESIUM
SULFAT HEPTAHIDRAT DARI MAGNESIUM
OKSIDA DAN ASAM SULFAT KAPASITAS
50.000 TON/TAHUN (Perancangan Crystallizer
301 (CR-301))**

Nama Mahasiswa

: *Guntur Arya Perdana*

Nomor Pokok Mahasiswa : 1415041023

Program Studi

: **Teknik Kimia**

Fakultas

: **Teknik**



*Taharuddin*⁴⁴²
Taharuddin, S.T., M.Sc.
NIP. 197001261995121001

Muhammad Hanif
Muhammad Hanif, S.T., M.T.
NIP. 198104022009122002

Ketua Jurusan Teknik Kimia

Ir. Azhar
Ir. Azhar, M.T.
NIP. 196604011995011001

MENGESAHKAN

Tim Penguji

Ketua

: **Taharuddin, S.T., M.Sc.**

Taharuddin 442

Sekretaris

: **Muhammad Hanif, S.T., M.T.**

Muhammad Hanif

Penguji

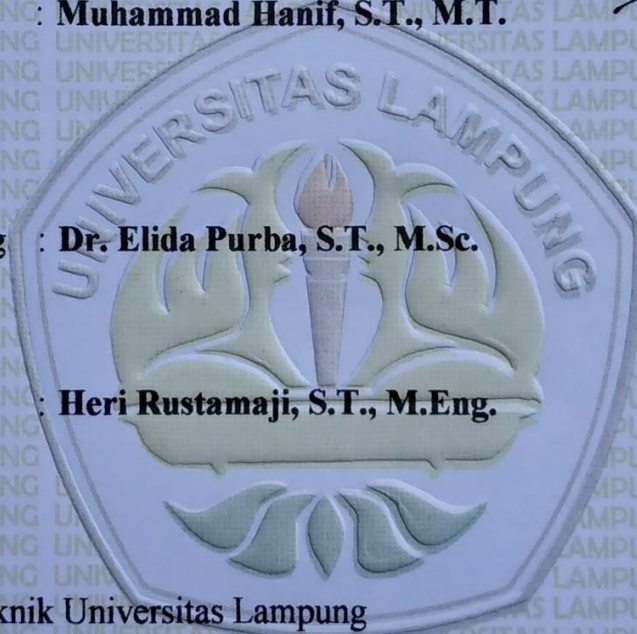
Bukan Pembimbing

: **Dr. Elida Purba, S.T., M.Sc.**

Elida Purba

: **Heri Rustamaji, S.T., M.Eng.**

Heri Rustamaji



Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung



Prof. Dr. Suharno, M.Sc., Ph.D.

NIP. 19620717 198703 1 0002

Tanggal Lulus Seminar: 26 Juli 2019

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan oleh orang lain dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atas pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana diterbitkan dalam daftar pustaka. Selain itu saya menyatakan pada skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya ini tidak benar maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 29 Juli 2019



Guntur Arya Perdana
NPM. 1415041023

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Metro, pada 16 Oktober 1995. Penulis merupakan anak kelima dari enam bersaudara, dari pasangan Bapak Sartik dan Ibu Tieh Sioe Khim. Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar Xaverius Metro, Metro (2002-2008), Sekolah Menengah Pertama Xaverius Metro, Metro (2008-2011), dan Sekolah Menengah Atas Kristen 1 Metro, Metro (2011-2014). Selanjutnya pada tahun 2014, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Selama di Universitas, penulis pernah aktif berorganisasi. Diantaranya menjadi anggota Divisi Kaderisasi UKM-U Buddha Unila (2015/2016), Wakil Ketua Umum UKM-U Buddha Unila (2016/2017), dan menjadi anggota Divisi Kewirausahaan UKM-U Buddha Unila (2017/2018). Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Pekon Cihorang, Kec. Gunung Alip, Kab. Tanggamus pada tahun 2017, serta menjadi anggota penyuluhan BNP2TKI (Badan Nasional Penempatan dan Perlindungan Tenaga Kerja Indonesia).

Penulis melakukan Kerja Praktik di PT. Pertamina (Persero) Refinery Unit-III, Plaju, Sungai Gerong, Palembang, dengan judul “Evaluasi Efisiensi Furnace 1 di CDU-II Kilang *Crude Distiller & Gas Plant* (CD & GP)” pada tahun 2018. Selain itu, penulis melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Waktu *Aging* terhadap Porsen Kristanilitas Zeolit Linde Tipe A (LTA)” pada tahun 2018.

Motto

*“Be kind to all creatures; This is the true religion”
(Buddha)*

*” We don't have time to waste asking for things we don't have. We can only look for the best way to fight with the things we have for our whole life”
(Youichi Hiruma)*

” If you've been brutally broken but still have the courage to be gentle to others, then you deserve a love deeper than the ocean itself”

*” What goes around, Comes around ”
(Karma)*

*” If you don't like it, don't do that to other people. It's that simple”
(Gxie)*

PERSEMBAHAN

Sebuah Karya...

Kupersembahkan dengan sepenuh Hati untuk...

Sang Buddha yang penuh Welas Asih, kasih setiaNya dan anugerah-Nya hingga aku dapat menyelesaikan karya kecil ini.

*Kedua Orangtuaku,
sebagai satu pengganti atas jutaan pengorbanan,
terima kasih atas segalanya, doa, dan kasih sayang,*

*Kakakku tercinta Arief Budiman, Anwar Kurniawan,
Megawati dan Adikku tersayang Ratna Sari serta seluruh
keluarga, terima kasih atas doa dan dukungannya.*

*Special thanks to Tjeng Yen-Yen, thank you for always
supporting me this past 9 years.*

*Dan tak lupa kupersembahkan kepada Almamaterku tercinta,
semoga kelak berguna di kemudian hari.*

SANWACANA

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa dan Sang Buddha yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Skripsi ini. Skripsi ini berjudul “Prarancangan Pabrik Magnesium Sulfat Heptahidrat dari Magnesium Oksida dan Asam Sulfat Kapasitas 50.000 Ton/Tahun”. Skripsi ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat guna memperoleh derajat kesarjanaan (Strata-1) di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Penulisan Skripsi ini dapat diselesaikan tidak lepas dari dukungan, bimbingan dan bantuan dari banyak pihak yang sangat berarti bagi penulis. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Suharno, M.Sc., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
2. Bapak Ir. Azhar, M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Lampung dan dosen Pembimbing Akademik.
3. Bapak Taharuddin, S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing I, yang telah memberikan arahan, masukan dan bimbingan selama penyelesaian Skripsi ini.
4. Bapak Muhammad Hanif, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II, yang juga telah memberikan pemahaman dan motivasi selama penyelesaian Skripsi ini.
5. Ibu Dr. Elida Purba, S.T., M.Sc. selaku Dosen Penguji I, yang telah memberikan saran dan kritik yang sangat membangun dalam pengerjaan Skripsi ini.
6. Bapak Heri Rustamaji, S.T., M.Eng. selaku Dosen Penguji II, yang telah memberikan saran dan kritik yang sangat membangun dalam pengerjaan Skripsi ini.

7. Ibu Simparmin Br. Ginting, S.T., M.T. selaku pembimbing Penelitian, dan Bapak Darmansyah, S.T. M.T. selaku dosen penguji seminar Penelitian.
8. Ibu Dr. Eng. Dewi Agustina Iryani, S.T. M.T. selaku dosen pembimbing Kerja Praktik dan Ibu Panca Nugrahini F., S.T., M.T. selaku dosen penguji seminar Kerja Praktik.
9. Segenap Dosen Teknik Kimia Universitas Lampung yang telah memberi semangat dan pacuan, serta kerelaan beliau sebagai tempat bertanya.
10. Kepada Ayah dan Ibu yang selalu peduli dan pemberian dukungan yang tak terhingga. Untuk kakak dan adikku yang menjadi pemacu semangat.
11. Teman-teman Teknik Kimia yang telah menjadi tempat berdiskusi.
12. Semua pihak yang telah turut andil dalam penyusunan Skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan.

Akhir kata, penulis mengharapkan agar Skripsi ini dapat bermanfaat bagi para cendikia dan masyarakat luas. Amin. Terima Kasih.

Bandar Lampung, 29 Juli 2019

Penulis

Guntur Arya Perdana

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
HALAMAN PENGESAHAN	v
PERNYATAAN	vii
RIWAYAT HIDUP	viii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	ix
SANWACANA	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR	xxi
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Kegunaan Produk.....	3
1.3. Ketersediaan Bahan Baku	5

1.4. Analisis Pasar	5
1.5. Kapasitas Produksi	12
1.6. Pemilihan Lokasi Pabrik	13
1.7. Spesifikasi Produk	16

BAB II. PEMILIHAN DAN DESKRIPSI PROSES

2.1. Macam-Macam Proses	19
2.2. Tinjauan Proses	32
2.3. Pemilihan Proses	65
2.4. Uraian Singkat Proses	67
2.5. Diagram Alir Proses	71
2.6. Blok Diagram Proses	72

BAB III. SPESIFIKASI BAHAN BAKU DAN PRODUK

3.1. Spesifikasi Bahan Baku	75
3.2. Spesifikasi Bahan Pembantu	76
3.3. Spesifikasi Produk	77
3.4. Spesifikasi <i>Impurities</i> (Pengotor).....	78

BAB IV. NERACA MASSA DAN ENERGI

4.1. Neraca Massa	82
4.2. Neraca Energi.....	88

BAB V. SPESIFIKASI PERALATAN

5.1. Peralatan Proses	94
-----------------------------	----

5.2. Peralatan Utilitas	116
-------------------------------	-----

BAB VI. UTILITAS DAN PENGOLAHAN LIMBAH

6.1. Unit Pendukung Proses (Unit Utilitas).....	151
6.2. Unit Pengolahan Limbah.....	169
6.3. Laboratorium.....	170
6.4. Instrumentasi dan Pengendalian Proses	174

BAB VII. TATA LETAK PABRIK

7.1. Lokasi Pabrik	177
7.2. Tata Letak Pabrik	181
7.3. Tata Letak Peralatan Proses Pabrik.....	187

BAB VIII. SISTEM MANAJEMEN DAN ORGANISASI PERUSAHAAN

8.1. <i>Project Master Schedule</i>	190
8.2. Bentuk Perusahaan	193
8.3. Struktur Organisasi Perusahaan	195
8.4. Tugas dan Wewenang	199
8.5. Status Karyawan dan Sistem Penggajian	209
8.6. Pembagian Jam Kerja Karyawan	210
8.7. Penggolongan Jabatan, Gaji dan Jumlah Karyawan	213
8.8. Kesejahteraan Karyawan.....	218
8.9. Manajemen Produksi.....	223

BAB IX. INVESTASI DAN EVALUASI EKONOMI

9.1. Investasi	227
9.2. Evaluasi Ekonomi	230
9.3. Angsuran Pinjaman	232
9.4. <i>Discounted Cash Flow</i> (DCF)	232
9.5. Penentuan Tingkat Resiko Pabrik.....	234

BAB X. KESIMPULAN DAN SARAN

10.1. Kesimpulan	235
10.2. Saran.....	236

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN A (Perhitungan Neraca Massa)

LAMPIRAN B (Perhitungan Neraca Energi)

LAMPIRAN C (Perhitungan Spesifikasi Peralatan Proses)

LAMPIRAN D (Perhitungan Utilitas)

LAMPIRAN E (Perhitungan Ekonomi)

LAMPIRAN F (Tugas Khusus Perancangan Crystallizer-301 (CR-301))

FLAWSHEET

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1.1. Harga Bahan Baku dan Produk	5
1.2. Data impor <i>Magnesium Sulfat Heptahidrat</i> di Indonesia Tahun 2013-2017	6
1.3. Data Produksi Magnesium Oksida di Indonesia	8
1.4. Data Produksi Asam Sulfat di Indonesia	8
1.5. Konsumsi Magnesium Sulfat Heptahidrat pada beberapa Industri (Ton/Tahun)	9
1.6. Data Produksi Magnesium Sulfat Heptahidrat di Dunia.....	10
1.7. Data Kebutuhan Magnesium Sulfat Heptahidrat di Negara Asia	10
1.8. Spesifikasi Magnesium Sulfat Heptahidrat Grade Pertanian.....	17
1.9. Spesifikasi Magnesium Sulfat Heptahidrat Grade Industri.....	17
1.10. Spesifikasi Magnesium Sulfat Heptahidrat Grade Medis	18
2.1. Data Nilai ΔH° dan ΔG° Reaktan dan Produk Proses Netralisasi.....	21
2.2. Data Nilai ΔH° dan ΔG° Reaktan dan Produk Proses <i>Brine and Dolomite</i>	24
2.3. Data Nilai ΔH° dan ΔG° Reaktan dan Produk Proses Farnsworth	30
2.4. Harga Bahan Baku dan Produk Pada Proses Netralisasi.....	33
2.5. Total Pengeluaran Pada Proses Netralisasi	35
2.6. Total Pemasukan Pada Proses Netralisasi.....	35
2.7. Harga Bahan Baku dan Produk Pada Proses <i>Brine and Dolomite</i>	36

2.8. Total Pengeluaran Pada Proses <i>Brine and Dolomite</i>	40
2.9. Total Pemasukan Pada Proses <i>Brine and Dolomite</i>	40
2.10. Harga Bahan Baku dan Produk Pada Proses Farnsworth.....	41
2.11. Total Pengeluaran Pada Proses Farnsworth	44
2.12. Total Pemasukan Pada Proses Farnsworth.....	44
2.13. Data Nilai ΔH°_f Komponen Reaksi pada Proses Netralisasi	46
2.14. Nilai Konstanta Kapasitas Panas Komponen Reaksi pada Proses Netralisasi.....	46
2.15. Data Nilai ΔH°_f Komponen Reaksi pada Proses <i>Brine and Dolomite</i> ...	48
2.16. Nilai Konstanta Kapasitas Panas Komponen Reaksi pada Proses <i>Brine and Dolomite</i>	48
2.17. Data Nilai ΔH°_f Komponen Reaksi pada Proses Farnsworth	53
2.18. Nilai Konstanta Kapasitas Panas Komponen Reaksi pada Proses Farnsworth	53
2.19. Data Nilai ΔG°_f Komponen Reaksi pada Proses Netralisasi	57
2.20. Data Nilai ΔG° Komponen pada Proses <i>Brine and Dolomite</i>	58
2.21. Data Nilai ΔG°_f Komponen pada Proses Farnsworth.....	61
2.22. Data Bahan Baku Proses Netralisasi	63
2.23. Data Bahan Baku Proses <i>Brine and Dolomite</i>	64
2.24. Data Bahan Baku Proses Farnsworth.....	64
2.25. Perbandingan Pemilihan Proses Pembuatan $MgSO_4 \cdot 7H_2O$	66
4.1. Neraca Massa di <i>Solution Tank</i> (ST-101)	82
4.2. Neraca Massa di <i>Mix Point</i> (MP-101)	83
4.3. Neraca Massa di Reaktor (RE-201)	83
4.4. Neraca Massa di <i>Rotary Drum Vacuum Filter</i> (RDVF-301)	84

4.5. Neraca Massa di <i>Mix Point</i> (MP-301)	84
4.6. Neraca Massa di <i>Evaporator</i> Efek I (EV-301)	85
4.7. Neraca Massa di <i>Evaporator</i> II (EV-302).....	85
4.8. Neraca Massa di <i>Evaporator</i> Efek III (EV-303).....	85
4.9. Neraca Massa di <i>Centrifuge</i> (CF-301)	86
4.10. Neraca Massa di <i>Crystallizer</i> (CR-301).....	86
4.11. Neraca Massa di <i>Rotary Dryer</i> (RD-301)	86
4.12. Neraca Massa di <i>Vibrating Screen</i> (VS-401).....	87
4.13. Neraca Massa di <i>Ball Mill</i> (BM-401).....	87
4.14. Neraca Panas <i>Solution Tank</i> (ST-101)	88
4.15. Neraca Panas <i>Mixing Point</i> (MP-101)	88
4.16. Neraca Panas Reaktor (RE-201)	88
4.17. Neraca Panas <i>Rotary Drum Vacuum Filter</i> (RDVF-301).....	89
4.18. Neraca Panas <i>Mix Point</i> (MP-301)	89
4.19. Neraca Panas <i>Evaporator</i> Efek I (EV-301)	89
4.20. Neraca Panas <i>Evaporator</i> Efek II (EV-302).....	90
4.21. Neraca Panas <i>Evaporator</i> Efek III (EV-303)	90
4.22. Neraca Panas <i>Crystallizer</i> (CR-301).....	90
4.23. Neraca Panas <i>Centrifuge</i> (CF-301)	91
4.24. Neraca Panas <i>Rotary Dryer</i> (RD-301)	91
4.25. Neraca Panas <i>Air Preheater</i> (AP-301).....	91
4.26. Aliran Neraca Massa Proses Keseluruhan	93
6.1. Spesifikasi Air Pendingin.....	152
6.2. Kebutuhan Air Pendingin Alat Proses	154
6.3. Spesifikasi Air Sanitasi	155

6.4. Kebutuhan Air Umum.....	155
6.5. Peralatan yang Membutuhkan <i>Steam</i>	159
6.6. Kebutuhan air di pabrik Magnesium Sulfat Heptahidrat	164
6.7. Tingkatan Kebutuhan Informasi dan Sistem Pengendalian	175
6.8. Pengendalian Variabel Utama Proses	176
7.1. Pemilihan Lokasi Pabrik	177
7.2. Perincian Luas Area Pabrik Magnesium Sulfat Heptahidrat	185
8.1. <i>Project Master Schedule of Magnesium Sulphate Heptahydrate Plant</i>	192
8.2. Jadwal Kerja Regu <i>Shift</i>	212
8.3. Perincian Tingkat Pendidikan	213
8.4. Jumlah Operator Berdasarkan Jenis Alat Proses.....	216
8.5. Jumlah Operator Berdasarkan Jenis Alat Utilitas	216
8.6. Gaji Karyawan	217
8.6. Gaji Karyawan	218
9.1. <i>Fixed Capital Investment</i>	228
9.2. <i>Manufacturing Cost</i>	229
9.3. <i>General Expenses</i>	230
9.4. Hasil Uji Kelayakan Ekonomi	233

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1.1. Grafik Perkembangan Impor <i>Magnesium Sulfate Heptahidrat</i> tahun 2013 – 2017	6
1.2. Grafik Kebutuhan Magnesium Sulfat Heptahidrat di negara Asia Tahun 2013-2017	11
1.3. Lokasi Pabrik Magnesium Sulfat Heptahidrat	15
2.1. Diagram Alir Singkat Pembuatan Magnesium Sulfat Heptahidrat dari MgO dan H ₂ SO ₄	20
2.2. Diagram Alir Singkat Pembuatan Magnesium Sulfat Heptahidrat dari <i>Brine and Dolomit</i>	23
2.3. Diagram Alir Singkat Pembuatan Magnesium Sulfat Heptahidrat dengan Menggunakan Bahan Baku MgCO ₃ dan CaSO ₄	29
2.4. Diagram Alir Pabrik Magnesium Sulfat Heptahidrat	73
4.1. Blok Diagram Aliran Neraca Massa	92
4.2. Nilai Aliran Neraca Massa Proses.....	92
6.1. Skema <i>Pengolahan Air Sanitasi</i>	157
6.2. Skema <i>Pengolahan Air Proses Dan Air Umpan ReBoiler</i>	163
6.3. Diagram Alir Sistem <i>Refrigasi</i> Kompresi Uap	167
7.1. Peta Lokasi Pabrik	178

7.2. Peta Kota Cilegon	178
7.3. Tata Letak Pabrik	186
7.4. Tata Letak Alat Proses	189
8.1. Struktur Organisasi Perusahaan	198
9.1. Kurva <i>Break Even Point</i> dan <i>Shut Dwon Point</i>	232
9.2. Kurva <i>Cummulative Cash Flow</i> Metode <i>Discounted Cash Flow</i>	233

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Industrialisasi merupakan salah satu usaha pembangunan ekonomi jangka panjang, guna menciptakan struktur ekonomi yang kokoh dan seimbang. Sebagai negara berkembang, Indonesia sedang meningkatkan struktur ekonomi yang menitikberatkan pembangunan ekonomi pada sektor industri dan sektor pertanian. Saat ini, di era globalisasi perdagangan yang ditandai dengan adanya AFTA (*ASEAN Free Trade Area*) serta ISO (*International Organization for Standardization*) lingkungan, menuntut tangguhnya sektor industri dan bidang-bidang penunjang lainnya, sehingga memotivasi dilakukan terobosan-terobosan baru guna menghasilkan produk yang mencukupi pangsa pasar, berdaya saing, efektif dan efisien serta ramah lingkungan.

Salah satu upaya yang dilakukan pemerintah dalam memajukan sektor industri adalah memenuhi kebutuhan bahan baku industri dalam negeri yang selama ini masih diimpor dari luar negeri. Perwujudan dari upaya ini adalah dengan pendirian berbagai pabrik kimia yang produknya mampu memenuhi kebutuhan dalam negeri dan juga diharapkan mampu menembus pasar internasional atau pasar ekspor.

Magnesium Sulfat Heptahidrat merupakan hasil industri kimia yang sampai saat ini belum dapat dipenuhi dari produksi dalam negeri. Pendirian pabrik Magnesium Sulfat Heptahidrat di Indonesia merupakan salah satu realisasi untuk mengurangi ketergantungan impor dan menghemat devisa negara. Selain itu, hal ini dapat juga memacu tumbuhnya industri lain yang menggunakan Magnesium Sulfat Heptahidrat sebagai bahan bakunya serta meningkatkan pengembangan sumber daya manusia Indonesia.

Ada beberapa pertimbangan dalam pendirian pabrik Magnesium Sulfat Heptahidrat, diantaranya :

1. Magnesium Sulfat Heptahidrat pada saat ini masih diimpor dari negara lain.
2. Pabrik Magnesium Sulfat Heptahidrat diharapkan dapat mendorong pertumbuhan industri di Indonesia secara umum.
3. Pabrik Magnesium Sulfat Heptahidrat diharapkan dapat mendorong berdirinya industri kimia lain yang menggunakan Magnesium Sulfat Heptahidrat sebagai bahan baku atau bahan penunjang.
4. Dalam segi sosial ekonomi, diharapkan dengan adanya pabrik Magnesium Sulfat Heptahidrat ini dapat menyerap tenaga kerja dan secara tidak langsung dapat meningkatkan perekonomian masyarakat.
5. Dalam sasaran jangka panjang, dengan bertambahnya permintaan Magnesium Sulfat Heptahidrat dipasar internasional, diharapkan Indonesia menjadi salah satu produsen penghasil Magnesium Sulfat Heptahidrat sekaligus menambah devisa negara.

1.2. Kegunaan Produk

Magnesium Sulfat Heptahidrat ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) merupakan produk *intermediate* yang selanjutnya dapat dimanfaatkan sebagai berikut :

1. Magnesium Sulfat Heptahidrat Bidang Pertanian (*Agricultural Use*)

Magnesium Sulfat Heptahidrat yang digunakan sebagai pupuk tanaman, biasanya memiliki kadar 96-97,5%. Beberapa kegunaan magnesium sulfat heptahidrat dalam bidang pertanian antara lain adalah sebagai berikut :

1. Magnesium sulfat heptahidrat digunakan untuk memperbaiki kekurangan magnesium atau belerang dalam tanah, magnesium merupakan elemen penting dalam molekul klorofil, dan sulfur adalah makronutrien penting lainnya serta meningkatkan produktivitas tanaman sebagai pupuk.
2. Pupuk Magnesium sulfat heptahidrat baik untuk pH tanah dikarenakan sifatnya yang netral sebagai garam alkali. Selain itu, Magnesium Sulfat Heptahidrat bisa dicampurkan dengan pupuk Ammonium Nitrat untuk meningkatkan efektivitas pupuk.
3. Magnesium sulfat heptahidrat digunakan untuk memperbaiki kekurangan magnesium atau belerang dalam tanah, magnesium merupakan elemen penting dalam molekul klorofil, dan sulfur adalah makronutrien penting lainnya.
4. Magnesium sulfat heptahidrat dapat digunakan untuk agen dehidrasi untuk mengurangi kadar air dan kelembapan pada pakan ternak agar lebih awet dan tahan lama.

2. Magnesium Sulfat Heptahidrat Bidang Medis (*Medical Use*)

Magnesium Sulfat Heptahidrat dengan kadar 99-99,5% merupakan bahan kimia tambahan yang digunakan dalam dunia medis. Dalam bidang medis/farmasi kegunaan magnesium sulfat adalah sebagai berikut:

1. Obat penghilang rasa nyeri otot dan luka memar.
2. Bahan netralisasi pada produk kecantikan.
3. Untuk menambah kadar magnesium dalam darah bagi penderita hipomagneemia.
4. Magnesium sulfat juga dapat menunda persalinan dengan menghambat kontraksi otot uterus dalam kasus persalinan prematur, untuk menunda kelahiran prematur.

3. Magnesium Sulfat Heptahidrat Bidang Industri (*Industrial Use*)

Magnesium Sulfat Heptahidrat dengan kadar 95-97,5% dapat digunakan sebagai bahan baku untuk berbagai macam industri di Indonesia. Kegunaannya antara lain adalah sebagai berikut :

1. Zat penstabil pada operasi *bleaching* industri pulp dan kertas; industri tekstil; dan penstabil enzim proses produksi sirup fruktosa dari jagung.
2. Bahan intermediet dalam pembuatan PVC serta gipsum.
3. Bahan retarder (tambahan) dalam magnesium oxysulfat untuk pembuatan atap dan bahan material bangunan.
4. Zat pengental proses pengolahan lateks karet.

5. Sebagai bahan baku utama pada pembuatan magnesium bisulfit, magnesium silikat dan magnesium trisilika.

1.3. Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku pembuatan Magnesium Sulfat Heptahidrat adalah magnesium oksida dan asam sulfat. Magnesium Oksida diperoleh dari PT. UNIKEMIKA Asia yang berlokasi di Bogor, Jawa Barat dan Asam Sulfat diperoleh dari PT. Insoclay Acidatama Indonesia, yang berlokasi di Tangerang Selatan.

1.4. Analisis Pasar

1. Harga Bahan Baku dan Produk

Berikut ini harga bahan baku dan harga produk pada pabrik Magnesium Sulfat Heptahidrat pada tahun 2018 yang diperoleh dari website Alibaba:

Tabel 1.1. Harga Bahan Baku dan Produk

No.	Bahan	Harga (\$/kg)	BM (kg/kgmol)
1.	Magnesium Sulfat Heptahidrat	0,77	246
2.	Magnesium Oksida	0,20	40
3.	Asam sulfat	0,18	98

(Sumber : www.alibaba.com)

2. Kapasitas Pabrik

Kapasitas produksi suatu pabrik ditentukan berdasarkan data impor, produksi bahan baku, kebutuhan konsumsi produk dalam negeri, serta data produksi yang telah ada di dalam negeri.

A. Data Impor

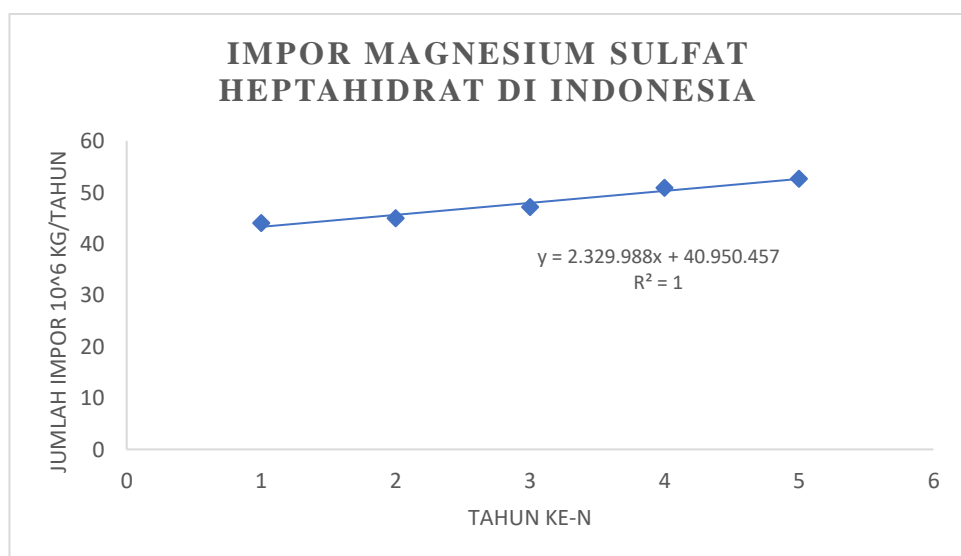
Magnesium Sulfat Heptahidrat di Indonesia banyak digunakan untuk memenuhi kebutuhan industri. Berdasarkan data statistik perkembangan impor Magnesium Sulfat Heptahidrat yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik, di Indonesia dari tahun 2013-2017, diperlihatkan pada tabel berikut ini :

Tabel 1.2. Data Impor Magnesium Sulfat Heptahidrat di Indonesia

Tahun	Impor (kg/tahun)
2013	43.982.768
2014	45.005.779
2015	47.116.893
2016	50.922.123
2017	52.674.534

(Sumber : BPS, 2018)

Jika dilihat dari tabel diatas, dapat diketahui bahwa perkembangan impor Magnesium Sulfat Heptahidrat pada tahun yang akan datang masih cukup tinggi. Proyeksi impor Magnesium Sulfat Heptahidrat dalam negeri diperoleh berdasarkan regresi linear sebagai berikut :



Gambar 1.1. Grafik Impor Magnesium Sulfat Heptahidrat Tahun 2013-2017

Untuk menghitung kebutuhan impor Magnesium Sulfat Heptahidrat tahun berikutnya maka menggunakan persamaan garis lurus :

$$y = ax + b$$

Keterangan :

y = kebutuhan impor Magnesium Sulfat Heptahidrat , ton/tahun

x = tahun ke (n)

b = *intercept*

a = gradien garis miring

Didapatkan nilai *slope* sebesar :

$$m = \frac{n \sum x \cdot y - \sum x \cdot \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} = 2.329.988 \quad \dots (1)$$

Dan didapatkan juga nilai *intercept* sebesar :

$$C = \frac{\sum x^2 \cdot \sum y - \sum xy \cdot \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} = 40.950.457 \quad \dots (2)$$

Melalui perhitungan persamaan garis lurus di atas diperoleh persamaan $y = 2.329.988x + 40.950.457$ yang dapat digunakan untuk memprediksi kebutuhan impor impor Magnesium Sulfat Heptahidrat di Indonesia pada tahun 2022.

Dari persamaan di atas diproyeksikan bahwa kebutuhan impor Magnesium Sulfat Heptahidrat di Indonesia pada tahun 2022 ($n = 10$) adalah :

$$y = 2.329.988 (10) + 40.950.457$$

$$y = 64.250.337 \text{ kg/tahun} = 64.250 \text{ ton/tahun}$$

Dari hasil perhitungan diperoleh proyeksi impor Magnesium Sulfat Heptahidrat dalam negeri pada tahun 2022 sebesar 64.250 ton/tahun.

B. Data Produksi Bahan Baku

Pemenuhan kebutuhan bahan baku dalam pembuatan Magnesium Sulfat Heptahidrat menggunakan proses Magnesita menggunakan Magnesium Oksida dan Asam Sulfat. Ketersediaan kedua bahan baku ini berasal dari PT. UNIKEMIKA Asia dan PT. Insoclay Acidatama Indonesia.

Berikut disajikan Tabel produksi Bahan Baku tersebut :

Tabel 1.3. Data Produksi Magnesium Oksida di Indonesia

Pabrik	Lokasi	Kapasitas (Ton/Tahun)
PT. UNIKEMIKA Asia	Bogor	120.000
PT. Nusa Indah Megah	Surabaya	90.000

Tabel 1.4. Data Produksi Asam Sulfat di Indonesia

Pabrik	Lokasi	Kapasitas (Ton/Tahun)
PT. Dunia Kimia Utama	Sumatera Selatan	110.000
PT. Indonesian Acid Industri	DKI Jakarta	125.000
PT. Liku Telaga	Jawa Timur	90.000
PT. Insoclay Acidatama Indonesia	Tangerang	150.000
PT. Aktif Indonesia Indah	Surabaya	175.000

C. Data Produksi

Indonesia belum memiliki pabrik yang bisa memproduksi Magnesium Sulfat Heptahidrat sehingga membuat penulis ingin memanfaatkan peluang yang ada dengan membangun pabrik Magnesium Sulfat Heptahidrat .

D. Data Konsumsi

Magnesium Sulfat Heptahidrat dimanfaatkan untuk bahan baku pada Industri tekstil, bidang medis, bidang pakan, dan pembuatan pupuk. Maka data konsumsi Magnesium Sulfat Heptahidrat dapat dilihat pada Tabel 1.5.

Tabel 1.5. Konsumsi Magnesium Sulfat Heptahidrat pada beberapa Industri (Ton/Tahun)

Tahun	Industri Pupuk	Industri Pakan	Industri Tekstil	Industri Farmasi	Total (ton/tahun)
2013	27.068	8743	3093	2.578	41.482
2014	27.809	9667	3123	2.406	43.005
2015	28.283	10.980	3257	2.596	45.116
2016	30.089	11.231	3.954	2.848	48.122
2017	30.234	11.868	4.109	3.098	49.309
Total	143.483	52.489	17.536	13.526	227.034

(Sumber : www.kemenperin.go.id/data-inquiry)

E. Data Produksi dan Kebutuhan Luar Negeri

Pemenuhan kebutuhan Magnesium Sulfat Heptahidrat di dunia memiliki kebutuhan yang beragam, berikut diberikan data produksi dari pabrik Magnesium Sulfat Heptahidrat yang ada di beberapa negara di dunia :

Tabel 1.6. Data Produksi Magnesium Sulfat Heptahidrat di Dunia

Pabrik	Negara Asal	Kapasitas (Ton/Tahun)
Dow Chemicals Co.	Amerika Serikat	95.000
Sterling Farm Research & Services Pvt. Ltd	India	45.000
BASF SE	Jerman	60.000
Yingkou Magnesia Chemical Ind Group Co.,Ltd	China	200.000
Star Grace Mining Co.,Ltd.	China	100.000
Hebei Meishen Chemical Technology Group Co.,Ltd	China	86.000
Ava Chemical Pvt., Ltd	India	78.000
Anderson Chemical	India	50.000

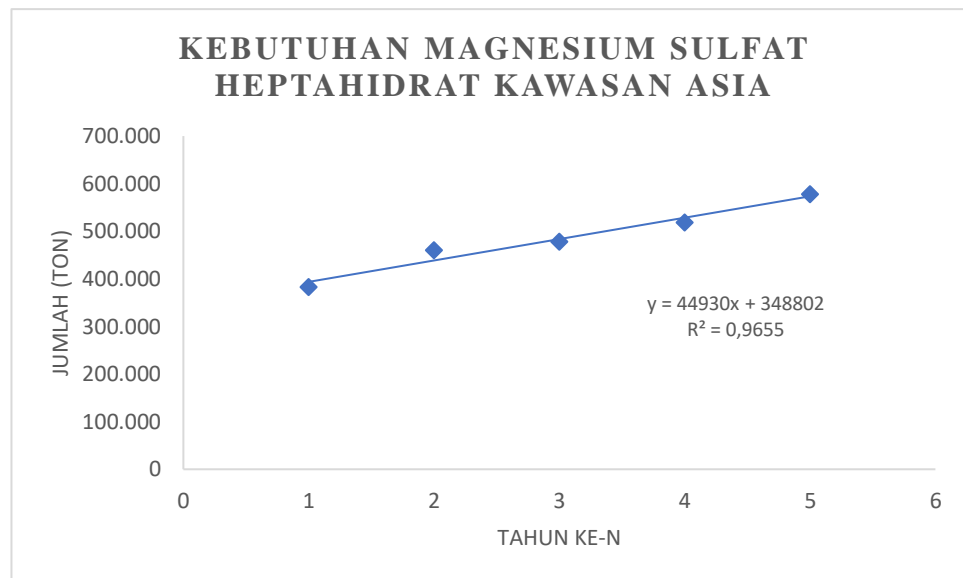
(Sumber : www.alibaba.com)**Tabel 1.7. Data Kebutuhan Magnesium Sulfat Heptahidrat di Negara Asia**

Tahun	Jumlah (Ton)
2013	383.078
2014	459.923
2015	478.000
2016	518.542
2017	578.419

(Sumber : www.indexmundi.com)

Jika dilihat dari Tabel 1.5., dapat diketahui bahwa perkembangan kebutuhan Magnesium Sulfat Heptahidrat di negara Kawasan Asia masih cukup tinggi.

Proyeksi kebutuhan Magnesium Sulfat Heptahidrat di negara Kawasan Asia diperoleh berdasarkan regresi linear sebagai berikut :



Gambar 1.2. Grafik Kebutuhan Magnesium Sulfat Heptahidrat di negara Asia
Tahun 2013-2017

Untuk menghitung kebutuhan impor Magnesium Sulfat Heptahidrat tahun berikutnya maka menggunakan persamaan garis lurus :

$$y = ax + b$$

Keterangan :

y = kebutuhan impor Magnesium Sulfat Heptahidrat , ton/tahun

x = tahun ke-n

b = *intercept*

a = gradien garis miring

Didapatkan nilai *slope* sebesar :

$$m = \frac{n \sum x.y - \sum x \cdot \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} = 44.930 \dots (3)$$

Dan didapatkan juga nilai *intercept* sebesar :

$$C = \frac{\sum x^2 \cdot \sum y - \sum xy \cdot \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} = 348.802 \dots\dots(4)$$

Melalui perhitungan persamaan garis lurus di atas diperoleh persamaan $y = 44.930x + 348.802$ yang dapat digunakan untuk memprediksi kebutuhan impor impor Magnesium Sulfat Heptahidrat di Indonesia pada tahun 2022.

Dari persamaan di atas diproyeksikan bahwa kebutuhan impor Magnesium Sulfat Heptahidrat di Indonesia pada tahun 2022 adalah :

$$y = 44.930 (10) + 348.802$$

$$y = 798.102 \text{ ton/tahun}$$

Dari hasil perhitungan diperoleh proyeksi impor Magnesium Sulfat Heptahidrat pada tahun 2022 sebesar 798.102 ton/tahun di berbagai negara Asia antara lain Thailand, India, Vietnam, Republik Rakyat China, Jepang, Korea Selatan, Malaysia, Singapura, dan Filipina.

1.5. Kapasitas Produksi

Dari persamaan di atas diketahui bahwa kebutuhan impor Magnesium Sulfat Heptahidrat di Indonesia pada tahun 2022 adalah 64.250 ton/tahun dan di negara Asia lainnya adalah 798.102 ton/tahun. Berdasarkan pertimbangan di atas dan berbagai persaingan yang akan tumbuh pada tahun 2022 maka kapasitas pabrik Magnesium Sulfat Heptahidrat ini pada tahun 2022 beroperasi 78% dari 64.250 Ton yaitu 50.000 Ton. Dengan memperhatikan analisa pasar, maka dalam perancangan pabrik Magnesium Sulfat Heptahidrat ini dipilih kapasitas 50.000 ton/tahun dengan pertimbangan sebagai berikut :

- a. Dari aspek bahan baku, kebutuhan akan Magnesium Oksida dan Asam Sulfat dapat tercukupi.

- b. Dari segi produksi pemasaran, produksi Magnesium Sulfat Heptahidrat sebesar 50.000 ton/tahun akan dapat memenuhi 78% kebutuhan Magnesium Sulfat Heptahidrat dalam negeri.
- c. Dapat memacu berdirinya industri-industri lain yang menggunakan Magnesium Sulfat Heptahidrat sebagai bahan baku utama maupun bahan baku penunjang.

1.6. Pemilihan Lokasi Pabrik

Penentuan lokasi pabrik yang tepat dan ekonomis dipengaruhi oleh banyak faktor. Lokasi suatu pabrik dapat mempengaruhi kedudukan suatu pabrik dalam persaingan maupun penentuan kelangsungan hidup pabrik. Lokasi pabrik yang baik harus dapat memberikan kemungkinan memperluas pabrik dan memberikan keuntungan jangka panjang serta juga ditentukan pada pelaksanaan operasionalnya.

Beberapa hal yang menunjukkan lokasi pabrik yang baik adalah sebagai berikut :

1. Mampu melayani konsumen dan pelanggan dengan memuaskan.
2. Mampu menyediakan bahan baku yang cukup dan berkesinambungan dengan harga sampai ditempat cukup murah ditunjang dengan sarana transportasi yang memadai.
3. Mudah mendapatkan tenaga kerja.
4. Kemungkinan untuk memperluas pabrik dimasa mendatang ditinjau dari segi keuntungan yang dicapai maupun area tanah untuk pabrik.

Pada dasarnya ada dua faktor yang mempengaruhi dalam pemilihan lokasi pabrik, yaitu faktor primer dan faktor sekunder.

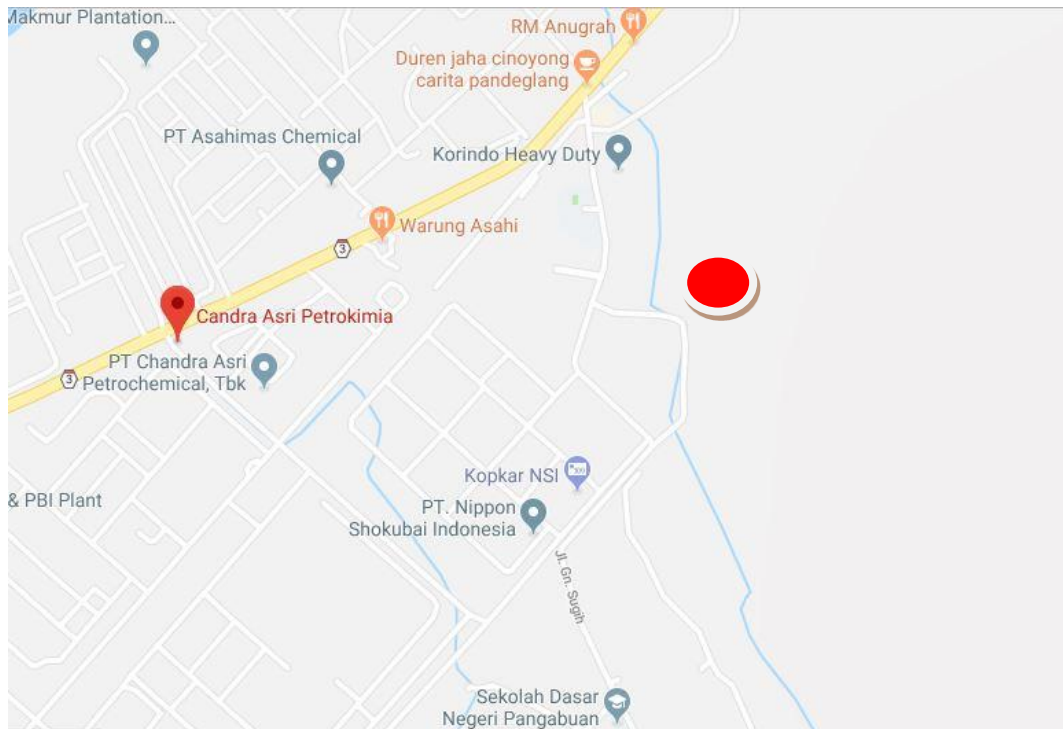
1. Faktor primer meliputi :

- a. Letak pabrik terhadap pasar (*market oriented*)
- b. Letak pabrik terhadap sumber bahan baku (*raw material oriented*)
- c. Tersedianya sarana transportasi (*transport oriented*)
- d. Adanya tenaga kerja yang murah (*labour oriented*)
- e. Tersedianya sumber air, tenaga listrik dan bahan bakar yang cukup (*power oriented*)

2. Faktor sekunder meliputi :

- a. Harga tanah dan gedung
- b. Kemungkinan perluasan pabrik
- c. Tersedianya tempat perbelanjaan untuk kepentingan pabrik
- d. Keadaan masyarakat daerah (adat istiadat, keamanan, dan sikap)
- e. Keadaan tanah dan iklim

Faktor-faktor tersebut perlu dipertimbangkan dalam menentukan lokasi pabrik disamping faktor bentuk, tujuan, dan jenis pabrik. Dengan memperhatikan faktor-faktor tersebut, maka pembangunan pabrik Magnesium Sulfat Heptahidrat dipilih di kawasan Industri Cilegon, Jalan Gunung Sugih No. 71, Provinsi Banten.



Gambar 1.3. Lokasi Pabrik Magnesium Sulfat Heptahidrat
Google Maps - ©2018 Google

Ada beberapa faktor yang mendukung dipilihnya lokasi ini diantaranya :

- Pemasaran Produk

Mudahnya memasarkan hasil produksi, baik disekitar pabrik maupun dijual antar pulau di Indonesia karena lokasinya dekat dengan dua buah pelabuhan yaitu Pelabuhan Cirebon dan Pelabuhan Merak yang menghubungkan dengan kota-kota besar di Indonesia.

- Bahan Baku

Bahan baku dalam pembuatan Magnesium Sulfat Heptahidrat adalah Magnesium Oksida (MgO) yang diperoleh dari . PT. UNIKEMIKA Asia, Bogor (Jawa Barat) dan Asam Sulfat (H₂SO₄) diperoleh dari PT. Insoclay Acidatama Indonesia, Banten.

- Utilitas

Utilitas, khususnya air dapat diperoleh dari Sungai Cidanau yang tidak jauh dari lokasi pabrik. Debit air sungai yang cukup besar menjamin kesinambungan persediaan air.

- Transportasi

Lokasi yang dipilih dalam prarancangan pabrik ini merupakan daerah yang memiliki akses transportasi baik darat maupun perairan. Hal ini ditinjau dari lokasi pendirian pabrik yang terletak tidak jauh dari pelabuhan.

- Tenaga Kerja

Untuk memenuhi kebutuhan tenaga kerja dapat disediakan dari tenaga kerja profesional yang berasal dari lulusan Universitas di Pulau Jawa serta tenaga kerja pelaksana yang berasal dari penduduk sekitar pabrik.

- Biaya Untuk Tanah

Tanah yang tersedia untuk lokasi pabrik masih sangat luas dengan harga yang cukup terjangkau Rp. 1.500.000/m² (BPN, 2018), sehingga membuka peluang untuk perluasan pabrik nantinya.

- Kondisi Iklim dan Cuaca

Lokasi ini memiliki iklim yang cukup baik untuk industri kimia dengan temperatur rata-rata 24 – 32 °C.

1.7. Spesifikasi Produk

Dari berbagai kegunaan yang bisa didapatkan dari produksi Magnesium Sulfat Heptahidrat, masing-masing spesifikasi Magnesium Sulfat Heptahidrat memiliki kegunaan yang berbeda juga. Oleh karena itu berikut akan diberikan kategori spesifikasi magnesium sulfat heptahidrat dalam agrikultular, bidang industri dan bidang medis.

1. Sebagai Pupuk Pertanian (*Agricultural purpose*)

Magnesium Sulfat Heptahidrat dapat digunakan sebagai pupuk pertanian dengan spesifikasi sebagai berikut :

Tabel 1.8. Spesifikasi Magnesium Sulfat Heptahidrat Grade Pertanian

Component	Range (%)	Typical (%)
MgSO ₄ .7H ₂ O	96,5 min	97,5 max
H ₂ O	0,974	0,774
MgSO ₄	1,287	0,887
MgO	0,351	0,251
H ₂ SO ₄	0,527	0,527
CaO	0,361	0,061
Ukuran partikel	0.1-1.0 mm	0.1-1.0 mm

(CAS no.10034-99-8, EINECS no.231-298-2)

2. Sebagai Bahan Baku Kelas Industri (*Industrial Use*)

Magnesium Sulfat Heptahidrat dapat digunakan Bahan baku kelas industri dengan spesifikasi sebagai berikut :

Tabel 1.9. Spesifikasi Magnesium Sulfat Heptahidrat Grade Industri

Component	Range (%)	Typical (%)
MgSO ₄ .7H ₂ O	95,0 min	97,5 max
H ₂ O	0,972	0,772
MgSO ₄	1,975	0,975
MgO	0,876	0,176
H ₂ SO ₄	0,724	0,524
CaO	0,453	0,053
Ukuran partikel	1.0-1.5 mm	1.0-1.5 mm

(CAS No.: 7487-87-9)

3. Sebagai Bahan Obat-obatan (*Medical Grade*)

Magnesium Sulfat Heptahidrat dapat digunakan sebagai Bahan obat-obatan dan makanan dengan spesifikasi sebagai berikut :

Tabel 1.10. Spesifikasi Magnesium Sulfat Heptahidrat Grade Medis

Component	Range (%)	Typical (%)
MgSO ₄ .7H ₂ O	99,0 min	99,5 max
H ₂ O	0,174	0,174
MgSO ₄	0,587	0,287
MgO	0,204	0,004
H ₂ SO ₄	0,034	0,034
CaO	0,001	0,001
Ukuran partikel	0.01-0.1 mm	0.01-0.1 mm
Appereance	White Crystalline	White Crystalline

(CAS No.: 7487-88-9)

Jadi, berdasarkan tabel 1.8, 1.9 dan 1.10 pabrik magnesium sulfat heptahidrat akan membuat magnesium sulfat heptahidrat untuk grade pertanian.

BAB II PEMILIHAN DAN DESKRIPSI PROSES

2.1. Macam-Macam Proses

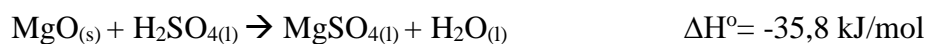
Ada beberapa proses yang dapat digunakan untuk menghasilkan Magnesium Sulfat Heptahidrat, yaitu sebagai berikut :

1. Proses Netralisasi (Proses 1)

Magnesium Sulfat Heptahidrat dapat diproduksi dari bahan baku yang mengandung magnesium oksida / magnesia (MgO), dengan tahapan sebagai berikut :

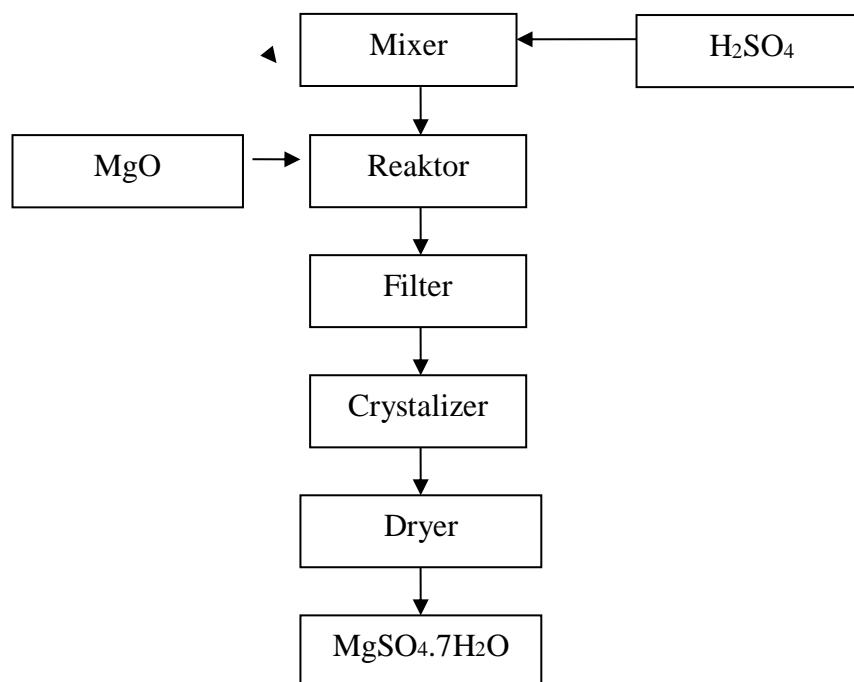
a) Reaksi dengan asam sulfat

yang direaksikan dengan asam sulfat, dengan reaksi :



Reaksi ini berlangsung pada suhu 80°C, dan diperoleh konversi MgSO₄ sebesar 98 % dari *mother liquor*. Kemudian impuritis seperti besi dan material yang tak larut difiltrasi, sehingga diperoleh *mother liquor* yang bebas kontaminan. Larutan MgSO₄ ini kemudian dikristalisasi didalam *crystallizer* untuk memperoleh kristal produk *Magnesium Sulfat Heptahidrat*. Proses kristalisasi ini berlangsung pada suhu 23°C. Kristal yang terbentuk kemudian discreen, sedangkan 24 % filtrat MgSO₄ yang

tidak terkristalisasi kemudian di *recycle* kembali dari *crystalizer* menuju ke reaktor.



Gambar 2.1. Diagram Alir Singkat Pembuatan Magnesium Sulfat Heptahidrat dari MgO dan H₂SO₄

b.) Tinjauan Termodinamika

Tinjauan secara termodinamika bertujuan untuk mengetahui apakah reaksi bersifat endotermis atau eksotermis. Penentuan panas reaksi yang berjalan secara eksotermis atau endotermis dapat dihitung dengan perhitungan panas pembentukan standar ($\Delta H^{\circ}f$) pada $P = 1 \text{ atm}$ dan $T = 298 \text{ K}$.

Reaksi yang terjadi adalah :



Tabel 2.1. Data Nilai ΔH°_f dan ΔG° Reaktan dan Produk Proses

Netralisasi			
Komponen	Rumus Molekul	ΔH°_f (kJ/mol)	ΔG° (kJ/mol)
Magnesium oksida	MgO	-143,8	-596,3
Asam Sulfat	H ₂ SO ₄	- 193,69	-689,9
Magnesium Sulfat	MgSO ₄	-304,94	-1170,6
Air	H ₂ O	-68,3174	-237,14

(Sumber : Perry, 2008)

Reaksi yang terjadi antara lain :



$$\begin{aligned} \Delta H^\circ &= \Delta H^\circ_{f \text{ produk}} - \Delta H^\circ_{f \text{ reaktan}} \\ &= [(-304,94 \text{ kJ/mol}) + (-68,3174 \text{ kJ/mol}) - [(-143,8 \text{ kJ/mol}) + (-193,69 \text{ kJ/mol})]] \\ &= -35,8 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta G^\circ_{r298K} &= \Delta G^\circ_{\text{produk}} - \Delta G^\circ_{\text{reaktan}} \\ &= [(-1170,6 \text{ kJ/mol}) + (-237,14 \text{ kJ/mol}) - [(-596,3 \text{ kJ/mol}) + (-689,9 \text{ kJ/mol})]] \\ &= -121,54 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

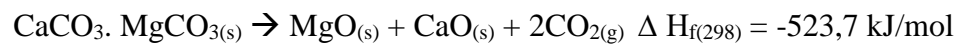
Berdasarkan nilai ΔG° yang telah didapatkan sebesar -121,54 kJ/gmol menunjukkan bahwa Proses Netralisasi dapat berlangsung tanpa membutuhkan energi yang besar, karena diinginkan nilai $\Delta G^\circ < 0$ agar tidak membutuhkan energi berupa panas yang terlalu besar (konsumsi energi kecil).

2. *Brine and Dolomite Process (Proses 2)*

Proses ini menggunakan brine dan dolomit sebagai bahan baku dengan tahapan sebagai berikut :

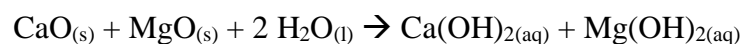
a) Kalsinasi Dolomit

Dalam proses kalsinasi gas CO₂ dibebaskan. Temperatur yang digunakan dalam proses ini adalah sekitar 750°C dan tekanan 1 atm. Pada kondisi ini dolomit terdekomposisi membentuk magnesium oksida (MgO) dengan persentase sebesar 42% dan kalsium oksida (CaO) sebesar 58%. Reaksi yang terjadi :



b) Pemberian Air (*Slaking*)

Dolomit yang telah terkalsinasi direaksikan dengan air berlebih. Penambahan air didasarkan pada kandungan CaO dan MgO. Kedua senyawa ini direaksikan dengan air membentuk Ca(OH)₂ dan Mg(OH)₂. Yield Mg(OH)₂ yang diperoleh sebesar 20-35 %. Reaksi yang terjadi yaitu:



$$\Delta H_{\text{f}(298)} = -28,96 \text{ kJ/mol}$$

c) Pengendapan Mg(OH)₂

Pengendapan Mg(OH)₂ dilakukan dengan penambahan agen flokulan yaitu dengan MgCl₂ dan diperoleh yield Mg(OH)₂ sebesar 20-80%. Reaksi yang terjadi sebagai berikut :

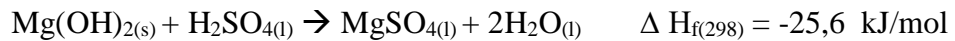


$$\Delta H_{\text{f}(298)} = -2,09 \text{ kJ/mol}$$

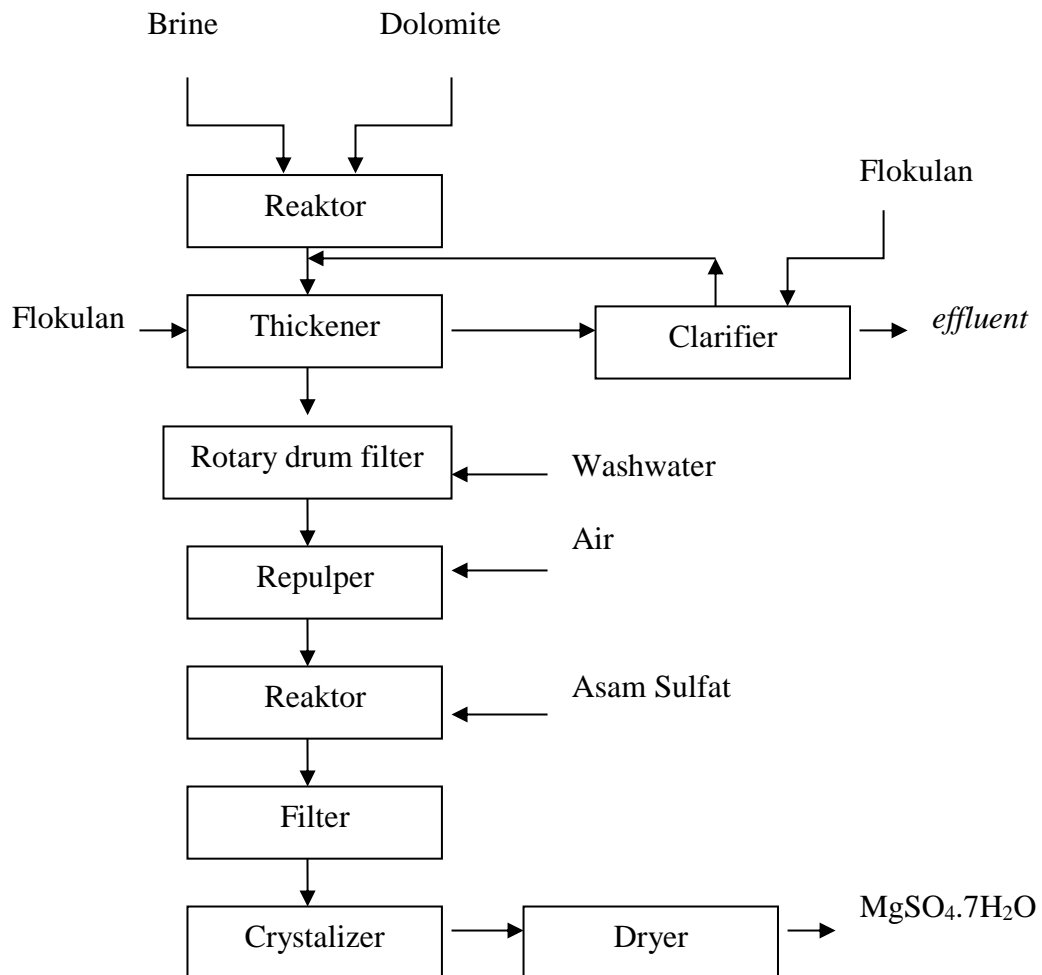
Secara teoritis dari 1 kg dolomit akan diperoleh 1,2 kg $\text{Mg}(\text{OH})_{2(s)}$ (termasuk pengotor).

d) Reaksi dengan asam

Endapan $\text{Mg}(\text{OH})_{2(s)}$ kemudian direaksikan dengan asam sulfat, dengan reaksi sebagai berikut :



Larutan MgSO_4 ini akan difiltrasi untuk memisahkan filtrate dari mother liquor, dilanjutkan dengan tahapan kristalisasi di *crystalizer* untuk memperoleh kristal produk Magnesium Sulfat Heptahidrat.

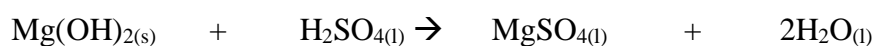
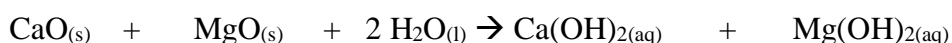


Gambar 2.2. Diagram Alir Singkat Pembuatan Magnesium Sulfat Heptahidrat dari *Brine and Dolomit*

e.) Tinjauan Termodinamika

Tinjauan secara termodinamika bertujuan untuk mengetahui apakah reaksi bersifat endotermis atau eksotermis. Penentuan panas reaksi yang berjalan secara eksotermis atau endotermis dapat dihitung dengan perhitungan panas pembentukan standar (ΔH°_f) pada $P = 1 \text{ atm}$ dan $T = 298 \text{ K}$.

Reaksi yang terjadi adalah :



Tabel 2.2
Data Nilai ΔH°_f dan ΔG° Reaktan dan Produk Proses Brine and Dolomite

Komponen	Rumus Molekul	ΔH°_f (kJ/mol)	ΔG° (kJ/mol)
Magnesium oksida	MgO	-143,8	-596,3
Asam Sulfat	H ₂ SO ₄	-193,69	-689,9
Magnesium Sulfat	MgSO ₄	-304,94	-1170,6
Air	H ₂ O	-68,3174	-237,14
Magnesium Hidroksida	Mg(OH) ₂	-221,90	-833,7
Magnesium Klorida	MgCl ₂	-189,76	-591,8
Kalsium Hidroksida	Ca(OH) ₂	-239,2	-897,5
Kalsium Klorida	CaCl ₂	-209,15	-816,05
Kalsium oksida	CaO	-151,7	-603,3
Karbon Dioksida	CO ₂	-393,5	-394,39
Dolomit	CaCO ₃ · MgCO ₃	-558,8	0

(Sumber: Perry, 2008)

Reaksi yang terjadi antara lain :



$$\Delta H^\circ = \Delta H^\circ_{f \text{ produk}} - \Delta H^\circ_{f \text{ reaktan}}$$

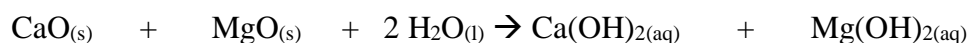
$$= [(-143,8 \text{ kJ/mol}) + (-151,7 \text{ kJ/mol}) + (2 \times -393,5 \text{ kJ/mol})] - (-558,8 \text{ kJ/mol})$$

$$= -523,7 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G^\circ = \Delta G^\circ_{\text{produk}} - \Delta G^\circ_{\text{reaktan}}$$

$$= [(-596,3 \text{ kJ/mol}) + (-603,3 \text{ kJ/mol}) + (2 \times -394,39 \text{ kJ/mol})] - (0 \text{ kJ/mol})$$

$$= -1988,38 \text{ kJ/mol}$$



$$\Delta H^\circ_f = \Delta H^\circ_{f \text{ produk}} - \Delta H^\circ_{f \text{ reaktan}}$$

$$= [(-239,2 \text{ kJ/mol}) + (-221,90 \text{ kJ/mol})] - [(-151,7 \text{ kJ/mol}) + (-143,8 \text{ kJ/mol}) + (2 \times -68,3174 \text{ kJ/mol})]$$

$$= -28,96 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G^\circ = \Delta G^\circ_{\text{produk}} - \Delta G^\circ_{\text{reaktan}}$$

$$= [(-897,5 \text{ kJ/mol}) + (-833,7 \text{ kJ/mol})] - [(-603,3 \text{ kJ/mol}) + (-596,3 \text{ kJ/mol}) + (2 \times -237,14 \text{ kJ/mol})]$$

$$= -57,32 \text{ kJ/mol}$$



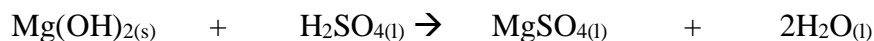
$$\Delta H^\circ_f = \Delta H^\circ_{f \text{ produk}} - \Delta H^\circ_{f \text{ reaktan}}$$

$$= [(2 \times -221,90 \text{ kJ/mol}) + (-209,15 \text{ kJ/mol})] - [(-239,2 \text{ kJ/mol}) + (-221,90 \text{ kJ/mol}) + (-189,76 \text{ kJ/mol})]$$

$$= -2,09 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G^\circ = \Delta G^\circ_{\text{produk}} - \Delta G^\circ_{\text{reaktan}}$$

$$\begin{aligned}
 &= [(-833,7 \text{ kJ/mol}) + (-816,05 \text{ kJ/mol})] - [(-897,5 \text{ kJ/mol}) + (-833,7 \text{ kJ/mol}) + (-591,8 \text{ kJ/mol})] \\
 &= 673,25 \text{ kJ/mol}
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 \Delta H_f^\circ &= \Delta H_f^\circ \text{ produk} - \Delta H_f^\circ \text{ reaktan} \\
 &= [(-304,94 \text{ kJ/mol}) + (2 \times -68,3174 \text{ kJ/mol})] - [(-221,90 \text{ kJ/mol}) + (-193,69 \text{ kJ/mol})] \\
 &= -25,6 \text{ kJ/mol}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta G^\circ &= \Delta G^\circ \text{ produk} - \Delta G^\circ \text{ reaktan} \\
 &= [(-1170,6 \text{ kJ/mol}) + (2 \times -237,14 \text{ kJ/mol})] - [(-833,7 \text{ kJ/mol}) + (-689,9 \text{ kJ/mol})] \\
 &= -121,28 \text{ kJ/mol}
 \end{aligned}$$

Sehingga, Jumlah Totalnya adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \Delta H_f^\circ \text{ total} &= (-523,7 \text{ kJ/gmol}) + (-28,96 \text{ kJ/gmol}) + \\
 &\quad (-2,09 \text{ kJ/gmol}) + (-25,6 \text{ kJ/gmol})
 \end{aligned}$$

$$\Delta H_f^\circ \text{ total} = -580,35 \text{ kJ/gmol}$$

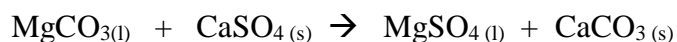
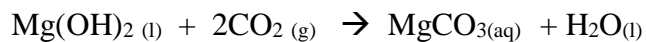
$$\begin{aligned}
 \Delta G^\circ \text{ total} &= (-1988,38 \text{ kJ/gmol}) + (-57,32 \text{ kJ/gmol}) + (673,25 \text{ kJ/gmol}) \\
 &\quad + (-121,28 \text{ kJ/gmol})
 \end{aligned}$$

$$\Delta G^\circ \text{ total} = -913,39 \text{ kJ/gmol}$$

Berdasarkan nilai ΔG° yang telah didapatkan sebesar -913,39 kJ/gmol menunjukkan bahwa reaksi Brine and Dolomite berlangsung tanpa memerlukan energi yang besar, karena diinginkan nilai $\Delta G^\circ < 0$ agar tidak membutuhkan energi berupa panas yang terlalu besar (konsumsi energi kecil).

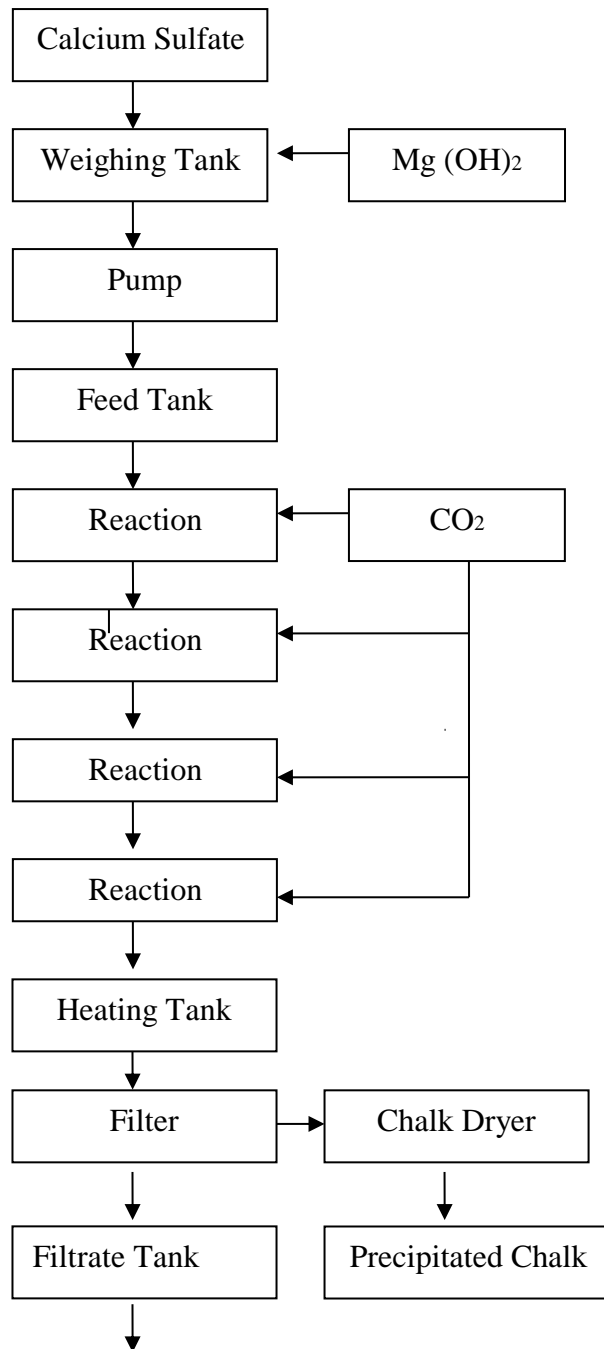
3. Proses Farnsworth (Proses 3)

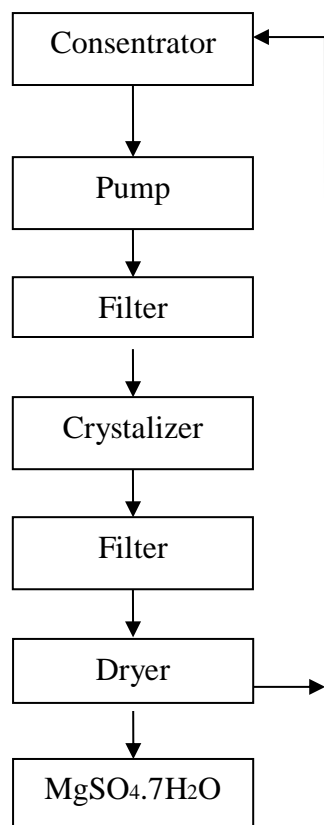
Proses ini pertama kali ditemukan oleh Farnsworth - Patent US2231327A pada tahun 1937, dengan bahan baku Magnesium Hidroksida ($\text{Mg}(\text{OH})_2$) dan Kalsium Sulfat (CaSO_4). Kedua bahan baku ini diatur perbandingan komposisinya didalam *weighing tank* sebelum diumpankan kedalam *feed tank*. Suspensi ini akan dipompa dan dikarbonasi dengan karbon dioksida (CO_2) didalam reaktor yang bertujuan untuk membentuk magnesium karbonat (MgCO_3), dengan reaksi :



Reaksi karbonasi ini berlangsung pada $P = 3,5 - 5 \text{ atm}$, dan $T = 90 \text{ }^\circ\text{C}$, sehingga diperoleh larutan magnesium bikarbonat *aqueous*, kemudian akan difiltrasi untuk menghasilkan magnesium karbonat tak larut. Selanjutnya, magnesium karbonat yang terbentuk direaksikan dengan gipsum (CaSO_4) untuk menghasilkan Magnesium Sulfat (MgSO_4). Keluaran dari reaktor ini akan diumpankan ke *heating tank* pada $T = 70 - 100 \text{ }^\circ\text{C}$ dan dilakukan proses pemanasan untuk menghilangkan gas Karbon Dioksida yang tersisa. Kemudian dilakukan filtrasi untuk memisahkan endapan kapur (CaCO_3). Filtrat yang terbentuk akan dipekatkan di dalam *consentrator*, lalu difilter kembali dan dilanjutkan dengan proses kristalisasi di *crystalizer*. Kristal yang terbentuk akan difiltrasi kembali dan di keringkan untuk memperoleh produk *Epsom salt*.

Berikut ini adalah blok diagram proses Farnsworth.



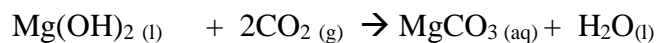


Gambar 2.3. Diagram Alir Singkat Pembuatan Magnesium Sulfat Heptahidrat dengan Menggunakan Bahan Baku MgCO_3 dan CaSO_4

3.1. Tinjauan Termodinamika

Tinjauan secara termodinamika bertujuan untuk mengetahui apakah reaksi bersifat endotermis atau eksotermis. Penentuan panas reaksi yang berjalan secara eksotermis atau endotermis dapat dihitung dengan perhitungan panas pembentukan standar (ΔH°_f) pada $P = 1 \text{ atm}$ dan $T = 298 \text{ K}$.

Reaksi yang terjadi adalah :



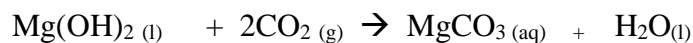
Tabel 2.3.

Data Nilai ΔH°_f dan ΔG° Reaktan dan Produk Proses Farnsworth

Komponen	Rumus Molekul	ΔH°_f (kJ/mol)	ΔG° (kJ/mol)
Karbon dioksida	CO ₂	-393,5	-394,39
Magnesium Sulfat	MgSO ₄	-304,94	-1170,6
Air	H ₂ O	-68,3174	-237,14
Magnesium Hidroksida	Mg(OH) ₂	-221,90	-833,7
Magnesium Karbonat	MgCO ₃	-261,73	-1012,1
Magnesium	Mg ⁺²	0	0
Hidrogen Karbonat	HCO ₃ ⁻	0	0
Kalsium Sulfat	CaSO ₄	-336,58	-1309,1
Kalsium Karbonat	CaCO ₃	-289,5	-1129,1

(Sumber: Perry, 2008)

Reaksi yang terjadi antara lain :



$$\begin{aligned} \Delta H^{\circ}_f &= \Delta H^{\circ}_f \text{ produk} - \Delta H^{\circ}_f \text{ reaktan} \\ &= [(-261,73 \text{ kJ/mol}) + (-68,3174 \text{ kJ/mol})] - [(-221,90 \text{ kJ/mol}) \\ &\quad + (-393,5 \text{ kJ/mol})] \\ &= -285,35 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta G^{\circ} &= \Delta G^{\circ} \text{ produk} - \Delta G^{\circ} \text{ reaktan} \\ &= [(-1012,1 \text{ kJ/mol}) + (-237,14 \text{ kJ/mol})] - [(-833,7 \text{ kJ/mol}) + \\ &\quad (-394,39 \text{ kJ/mol})] \\ &= -21,15 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$



Dikarenakan proses merupakan subreaksi 1 maka :

$$\Delta H^{\circ}_f = 0$$

$$\Delta G^{\circ} = 0$$



$$\begin{aligned} \Delta H^{\circ}_f &= \Delta H^{\circ}_{f \text{ produk}} - \Delta H^{\circ}_{f \text{ reaktan}} \\ &= [(-304,94 \text{ kJ/mol}) + (-289,5 \text{ kJ/mol})] - [(-261,73 \text{ kJ/mol}) + (-336,58 \text{ kJ/mol})] \\ &= -3,87 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta G^{\circ} &= \Delta G^{\circ}_{\text{produk}} - \Delta G^{\circ}_{\text{reaktan}} \\ &= [(-1170,6 \text{ kJ/mol}) + (-1129,1 \text{ kJ/mol})] - [(-1012,1 \text{ kJ/mol}) + (-1309,1 \text{ kJ/mol})] \\ &= 21,5 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Sehingga, Jumlah Totalnya adalah sebagai berikut :

$$\Delta H^{\circ}_f \text{ total} = (-285,35 \text{ kJ/gmol}) + 0 + (-3,87 \text{ kJ/gmol})$$

$$\Delta H^{\circ}_f \text{ total} = -289,22 \text{ kJ/gmol}$$

$$\Delta G^{\circ} \text{ total} = (-21,15 \text{ kJ/gmol}) + 0 + (21,5 \text{ kJ/gmol})$$

$$\Delta G^{\circ} \text{ total} = 0,35 \text{ kJ/gmol}$$

Berdasarkan nilai ΔG° yang telah didapatkan sebesar 0,35 kJ/gmol menunjukkan bahwa proses Farnsworth berlangsung dengan energi yang kecil, karena diinginkan nilai $\Delta G^{\circ} < 0$ agar tidak membutuhkan energi berupa panas yang terlalu besar (konsumsi energi rendah).

2.2. Tinjauan Proses

Dalam pemilihan proses mempertimbangkan beberapa faktor seperti bahan baku yang digunakan, jumlah reaksi, suhu operasi, panas reaksi pada keadaan standar, katalis yang digunakan, yield, hasil samping, biaya bahan baku (perhitungan ekonomi kasar) dan harga pembuatan Magnesium Sulfat Heptahidrat/kg.

2.2.1. Pemilihan Proses Berdasarkan Kelayakan Ekonomi

A) Perhitungan Ekonomi Kasar Pembuatan Magnesium Sulfat Heptahidrat

Proses Netralisasi

Kapasita Produksi $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	= 50.000 ton/tahun
	= 5.707,7626 kg/jam
	= 90,5807 kmol/jam
Konversi $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	= 95% (Kirk and Othmer 2005)
Yield $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	= 95% (Kirk and Othmer 2005)
Sehingga, Massa $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	= 5.707,7626 kg/jam x 95%
	= 5.422,37447 kg/jam
	= 86,05167934 kmol/jam

Tabel 2.4. Harga Bahan Baku dan Produk Pada Proses Netralisasi

No	BM	Nama	Senyawa	Rp/Unit	\$/Unit
1	40,3044	Magnesium Oksida	MgO	2.718,981/kg	0,18/kg
2	98,079	Asam Sulfat	H ₂ SO ₄	2.265,818/kg	0,15/kg
3	120,366	Magnesium Sulfat	MgSO ₄	11.631,2/kg	0,77/kg
4	18,01	Air	H ₂ O	0/kg	0/kg
5	246,466	Magnesium Sulfat Heptahidrat	MgSO ₄ ·7H ₂ O	15.500/kg	1,0261/kg

(Keterangan : Kurs 1 US \$ = Rp 15.105,45)

Tahapan Reaksi Netralisasi yaitu :

Reaksi :	MgO _(s)	+	H ₂ SO _{4(l)}	⇌	MgSO _{4(l)}	+	H ₂ O _(l)
Mula (M)	a		b				
Reaksi (Rx)	e		e		e		e
Sisa (S)	a - e		b - e		e		e

Reaksi :	MgO _(s)	+	H ₂ SO _{4(l)}	⇌	MgSO _{4(l)}	+	H ₂ O _(l)
Mula (M)	45,29035		45,29035				
Reaksi (Rx)	43,02584		43,02584		43,02584		43,02584
Sisa (S)	2,26451		2,26451		43,02584		43,02584

- Jumlah magnesium oksida (MgO) yang dibutuhkan pada proses Netralisasi:

$$\text{Banyaknya MgO} = 43,02584 \text{ kmol/jam} \times 17,0307 \text{ kg/mol}$$

$$= 732,7602 \times 24 \text{ jam} \times 330 \text{ hari}$$

$$= 5.803.461 \text{ kg/tahun}$$

Jika kemurnian Bahan Baku MgO 100% maka kebutuhan bahan baku adalah 5.803.461 kg/tahun, tetapi dalam kenyataannya bahan baku yang didapat memiliki kadar MgO sebanyak 93,73% sehingga kebutuhan menjadi :

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan MgO} &= \left(\frac{100 - 93,73}{100} \times 5.803.461 \right) + 5.803.461 \\ &= 6.167.338 \text{ kg/tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya} &= 6.167.338 \text{ kg/tahun} \times 0,18/\text{kg} \\ &= 1.110.120,84 \text{ \$/tahun} \end{aligned}$$

- Jumlah Asam Sulfat (H_2SO_4) yang dibutuhkan pada proses Netralisasi :

$$\begin{aligned} \text{Banyaknya } \text{H}_2\text{SO}_4 &= 43,02584 \text{ kmol/jam} \times 17,0307 \text{ kg/mol} \\ &= 732,7602 \times 24 \text{ jam} \times 330 \text{ hari} \\ &= 5.803.461 \text{ kg/tahun} \end{aligned}$$

Jika kemurnian bahan baku H_2SO_4 100% maka kebutuhan bahan baku adalah 5.803.461 kg/tahun, tetapi dalam kenyataannya bahan baku yang didapat memiliki kadar H_2SO_4 sebanyak 98% sehingga kebutuhan menjadi:

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan } \text{H}_2\text{SO}_4 &= \left(\frac{100 - 98}{100} \times 5.803.461 \right) + 5.803.461 \\ &= 5.919.530,22 \text{ kg/tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya} &= 5.919.530,22 \text{ kg/tahun} \times 0,15\$/\text{kg} \\ &= 887.929,5 \text{ \$/tahun} \end{aligned}$$

Jadi *Total Cost of Feed* pada Proses Netralisasi :

Jumlah biaya MgO + H_2SO_4 :

$$\text{Total Cost of Feed} = 1.110.120,84 \text{ \$/tahun} + 887.929,5 \text{ \$/tahun}$$

$$\text{Total Cost of Feed} = 1.998.050,37 \text{ \$/tahun}$$

Jumlah Magnesium Sulfat (MgSO_4) yang dihasilkan pada proses Netralisasi :

$$\text{Banyaknya } \text{MgSO}_4 = 43,02584 \text{ kmol/jam} \times 17,0307 \text{ kg/mol}$$

$$= 732,7602 \times 24 \text{ jam} \times 330 \text{ hari}$$

$$= 5.803.461 \text{ kg/tahun}$$

$$\text{Biaya} = 5.803.461 \text{ kg/tahun} \times \$1,02617/\text{kg}$$

$$= 5.955.045,729 \text{ \$/tahun}$$

Jadi, *Total Cost of Product* pada Proses Netralisasi :

$$\text{Total Cost of Product} = 5.955.045,729 \text{ \$/tahun}$$

Jadi, *Economic Potential* (EP) pada Proses Netralisasi :

$$\text{Economic Potential (EP)} = \text{Total Cost of Product} - \text{Total Cost of Feed}$$

$$\text{Economic Potential (EP)} = 5.955.045,729 \text{ \$/tahun} - 1.998.050,37 \text{ \$/tahun}$$

$$\text{Economic Potential (EP)} = 3.956.995,36 \text{ \$/tahun} \times \text{Rp } 15.105,45$$

$$\text{Economic Potential (EP)} = \text{Rp } 59.772.195.538/\text{tahun}$$

Tabel 2.5. Total Pengeluaran Pada Proses Netralisasi

Komponen	Massa (kg/tahun)	Biaya (Rp/kg)	Biaya (Rp/tahun)
MgO	6.167.338	2.718,981	16.768.874.840
H ₂ SO ₄	5.919.530	2.265,818	13.412.577.630
Total			30.181.452.470

Tabel 2.6. Total Pemasukan Pada Proses Netralisasi

Komponen	Massa (kg/tahun)	Biaya (Rp/kg)	Biaya (Rp/tahun)
MgSO ₄	5.803.461	15.500	89.953.645.500
Total			89.953.645.500

Biaya Produksi/tahun	= Rp 30.181.452.470
Biaya Produksi/kg	= Rp 4.984,799
Penjualan/kg	= Rp 15.500
Biaya Penjualan/tahun	= Rp 89.953.645.500
Keuntungan	= Rp 59.772.195.538

B.) Perhitungan Ekonomi Kasar Pembuatan Magnesium Sulfat Heptahidrat

Proses *Brine and Dolomite*

Kapasitas Produksi $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	= 50.000 ton/tahun
	= 5.707,7626 kg/jam
	= 90,5807 kmol/jam
Konversi $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	= 92% (Kirk, 2006)
<i>Yield</i> $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	= 91% (Kirk, 2006)
Sehingga, Massa $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	= 5.707,7626 kg/jam x 91%
	= 5.194,063966 kg/jam
	= 82,42845074 kmol/jam

Tabel 2.7. Harga Bahan Baku dan Produk Pada Proses *Brine and Dolomite*

BM	Nama	Senyawa	Rp/Unit	\$/Unit
184,399	Dolomite	CaCO_3	3.021,09/kg	0,2/kg
		MgCO_3		
98,079	Asam Sulfat	H_2SO_4	2.265,818/kg	0,15/kg
120,366	Magnesium Sulfat	MgSO_4	11.631,2/kg	0,77/kg
18,01	Air	H_2O	0/kg	0/kg
246,466	Magnesium Sulfat Heptahidrat	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	15.500/kg	1,0261/kg

(Sumber: www.alibaba.com; Keterangan : Kurs 1 US \$ = Rp 15.105,45)

Tahapan Reaksi Brine and Dolomite yaitu :

Reaksi 4 :	Mg(OH)_2	+	H_2SO_4	\rightleftharpoons	MgSO_4	+	$2\text{H}_2\text{O}$
Mula (M)	a		b				
Reaksi (Rx)	e		e		e		2 e
Sisa (S)	a - e		b - e		e		2 e

Reaksi 4 :	Mg(OH)_2	+	H_2SO_4	\rightleftharpoons	MgSO_4	+	$2\text{H}_2\text{O}$
Mula (M)	45,29035		45,29035				
Reaksi (Rx)	41,667122		41,667122		41,667122		83,334244
Sisa (S)	3,623228		3,623228		41,667122		83,334244

Reaksi 3:	Ca(OH)_2	+	Mg(OH)_2	+	MgCl_2	\rightleftharpoons	2Mg(OH)_2	+	CaCl_2
Mula (M)	a		b		c				
Reaksi (Rx)	e		e		e		e		e
Sisa (S)	a - e		b - e		c - e		e		e

Reaksi 3:	Ca(OH)_2	+	Mg(OH)_2	+	MgCl_2	\rightleftharpoons	2Mg(OH)_2	+	CaCl_2
Mula (M)	45,29035		45,29035		45,29035				
Reaksi (Rx)	41,21423		41,21423		41,21423		82,42846		41,21423
Sisa (S)	4,07612		4,07612		4,07612		82,42846		41,21423

Reaksi 2:	CaO	+	MgO	+	$2\text{H}_2\text{O}$	\rightleftharpoons	Ca(OH)_2	+	Mg(OH)_2
Mula (M)	a		b		c				
Reaksi (Rx)	e		e		e		e		e
Sisa (S)	a - e		b - e		c - e		e		e

Reaksi 2:	CaO	+	MgO	+	2H ₂ O	⇌	Ca(OH) ₂	+	Mg(OH) ₂
Mula (M)	45,29035		45,29035		45,29035				
Reaksi (Rx)	41,21423		41,21423		41,21423		41,21423		41,21423
Sisa (S)	4,07612		4,07612		4,07612		41,21423		41,21423

Reaksi 1:	CaCO ₃ . MgCO ₃	⇌	MgO	+	CaO	+	2CO ₂
Mula (M)	a						
Reaksi (Rx)	e		e		e		e
Sisa (S)	a - e		e		e		e

Reaksi 1:	CaCO ₃ . MgCO ₃	⇌	MgO	+	CaO	+	2CO ₂
Mula (M)	45,29035						
Reaksi (Rx)	41,667122		41,667122		41,667122		83,334244
Sisa (S)	3,623228		41,667122		41,667122		83,334244

Jumlah Dolomite (CaCO₃. MgCO₃) yang dibutuhkan pada proses *Brine and Dolomite* :

$$\begin{aligned}
 \text{Banyaknya CaCO}_3. \text{MgCO}_3 &= 45,29035 \text{ kmol/jam} \times 17,0307 \text{ kg/mol} \\
 &= 771,3263637 \times 24 \text{ jam} \times 330 \text{ hari} \\
 &= 6.108.904,801 \text{ kg/tahun}
 \end{aligned}$$

Jika kemurnian Bahan Baku CaCO₃. MgCO₃ 100% maka kebutuhan bahan baku adalah 6.108.904,801 kg/tahun, tetapi dalam kenyataannya bahan baku yang didapat memiliki kadar CaCO₃. MgCO₃ sebanyak 97% sehingga kebutuhan menjadi:

$$\text{Kebutuhan H}_2\text{SO}_4 = \left(\frac{100 - 97}{100} \right) \times 6.108.904,801 + 6.108.904,801$$

$$= 6.292.171,95 \text{ kg/tahun}$$

$$\text{Biaya} = 6.292.171,95 \text{ kg/tahun} \times 0,2\$/\text{kg}$$

$$= 1.258.434,389 \text{ \$/tahun}$$

- Jumlah Asam Sulfat (H_2SO_4) yang dibutuhkan pada proses *Brine and Dolomite* :

$$\text{Banyaknya } \text{H}_2\text{SO}_4 = 45,29035 \text{ kmol/jam} \times 17,0307 \text{ kg/mol}$$

$$= 771,3263637 \times 24 \text{ jam} \times 330 \text{ hari}$$

$$= 6.108.904,801 \text{ kg/tahun}$$

Jika kemurnian Bahan Baku H_2SO_4 100% maka kebutuhan bahan baku adalah 6.108.904,801 kg/tahun, tetapi dalam kenyataannya bahan baku yang didapat memiliki kadar H_2SO_4 sebanyak 98% sehingga kebutuhan menjadi:

$$\text{Kebutuhan } \text{H}_2\text{SO}_4 = \left(\frac{100 - 98}{100} \times 6.108.904,801 \right) + 6.108.904,801$$

$$= 6.231.082,90 \text{ kg/tahun}$$

$$\text{Biaya} = 6.231.082,90 \text{ kg/tahun} \times 0,15\$/\text{kg}$$

$$= 934.662,4346 \text{ \$/tahun}$$

Jadi *Total Cost of Feed* pada Proses *Brine and Dolomite* :

Jumlah biaya CaCO_3 . $\text{MgCO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4$:

$$\textit{Total Cost of Feed} = 1.258.434,389 \text{ \$/tahun} + 934.662,4346 \text{ \$/tahun}$$

$$\textit{Total Cost of Feed} = 2.193.096,82 \text{ \$/tahun}$$

Jumlah Magnesium Sulfat (MgSO_4) yang dihasilkan pada proses *Brine and Dolomite* :

$$\text{Banyaknya } \text{MgSO}_4 = 41,667122 \text{ kmol/jam} \times 17,0307 \text{ kg/mol}$$

$$= 709,6202546 \times 24 \text{ jam} \times 330 \text{ hari}$$

$$= 5.620.192,417 \text{ kg/tahun}$$

$$\text{Biaya} = 5.620.192,417 \text{ kg/tahun} \times 1,0261/\text{kg}$$

$$= 5.766.990,223 \text{ \$/tahun}$$

Jadi, *Total Cost of Product* pada Proses *Brine and Dolomite* :

$$\text{Total Cost of Product} = 5.766.990,223 \text{ \$/tahun}$$

Jadi, *Economic Potential* (EP) pada Proses *Brine and Dolomite* :

$$\text{Economic Potential (EP)} = \text{Total Cost of Product} - \text{Total Cost of Feed}$$

$$\text{Economic Potential (EP)} = 5.766.990,223 \text{ \$/tahun} - 2.193.096,82 \text{ \$/tahun}$$

$$\text{Economic Potential (EP)} = 3.573.893,40 \text{ \$/tahun} \times \text{Rp } 15.105,45$$

$$\text{Economic Potential (EP)} = \text{Rp } 53.985.268.104/\text{tahun}$$

Tabel 2.8. Total Pengeluaran Pada Proses *Brine and Dolomite*

Komponen	Massa (kg/tahun)	Biaya (Rp/kg)	Biaya (Rp/tahun)
CaCO ₃ . MgCO ₃	6.292.171,95	3.021,09	19.009.217.756
H ₂ SO ₄	6.231.082,90	2.265,818	14.118.499.794
Total			33.127.717.551

Tabel 2.9. Total Pemasukan Pada Proses *Brine and Dolomite*

Komponen	Massa (kg/tahun)	Biaya (Rp/kg)	Biaya (Rp/tahun)
MgSO ₄	5.620.192,417	15.500	87.112.982.464
Total			87.112.982.464

$$\text{Biaya Produksi/tahun} = \text{Rp } 33.127.717.551$$

$$\text{Biaya Produksi/kg} = \text{Rp } 5.286,908$$

$$\text{Penjualan/kg} = \text{Rp } 15.500$$

$$\text{Biaya Penjualan/tahun} = \text{Rp } 87.112.982.464$$

Keuntungan = Rp 53.985.268.104

C) Perhitungan Ekonomi Kasar Pembuatan Magnesium Sulfat Heptahidrat

Proses Farnsworth

Kapasita Produksi $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	= 50.000 ton/tahun
	= 5.707,7626 kg/jam
	= 90,5807 kmol/jam
Konversi $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	= 93% (Farnsworth, 1937)
Yield $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	= 93% (Farnsworth, 1937)
Sehingga, Massa $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	= 5.707,7626 kg/jam x 93%
	= 5308,219218 kg/jam
	= 84,24006503 kmol/jam

Tabel 2.10. Harga Bahan Baku dan Produk Pada Proses Farnsworth

BM	Nama	Senyawa	Rp/Unit	\$/Unit
58,3197	Magnesium Hidroksida	$\text{Mg}(\text{OH})_2$	3927,417/kg	0,26/kg
136,14	Kalsium Sulfat	CaSO_4	6193,2345/kg	0,41/kg
120,366	Magnesium Sulfat	MgSO_4	11.631,2/kg	0,77/kg
246,466	Magnesium Sulfat Heptahidrat	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	15.500/kg	1,0261/kg

(Keterangan : Kurs 1 US \$ = Rp 15.105,45)

Tahapan Reaksi Farnsworth yaitu :

Reaksi 3:	MgCO_3	+	CaSO_4	\rightleftharpoons	MgSO_4	+	CaCO_3
Mula (M)	a		b				
Reaksi (Rx)	e		e		e		e
Sisa (S)	a - e		b - e		e		e

Reaksi 3:	MgCO_3	+	CaSO_4	\rightleftharpoons	MgSO_4	+	CaCO_3
Mula (M)	45,29035		45,29035				
Reaksi (Rx)	42,1200255		42,1200255		42,1200255		42,1200255
Sisa (S)	3,1703245		3,1703245		42,1200255		42,1200255

Reaksi 2:	Mg(OH)_2	+	2CO_2	\rightleftharpoons	$\text{Mg(CO}_3)_2$
Mula (M)	a		b		
Reaksi (Rx)	e		e		e
Sisa (S)	a - e		b - e		e

Reaksi 2:	Mg(OH)_2	+	2CO_2	\rightleftharpoons	$\text{Mg(CO}_3)_2$
Mula (M)	30,19356667		60,38713333		
Reaksi (Rx)	28,080017		56,160034		28,080017
Sisa (S)	2,113549667		4,227099333		28,080017

Jumlah Magnesium Hidroksida (Mg(OH)_2) yang dibutuhkan pada proses Farnsworth:

$$\begin{aligned}
 \text{Banyaknya Mg(OH)}_2 &= 30,19356667 \text{ kmol/jam} \times 17,0307 \text{ kg/mol} \\
 &= 514,2175759 \text{ x } 24 \text{ jam} \times 330 \text{ hari} \\
 &= 4.072.603,201 \text{ kg/tahun}
 \end{aligned}$$

Jika kemurnian Bahan Baku $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 100% maka kebutuhan bahan baku adalah 4.072.603,201 kg/tahun, tetapi dalam kenyataannya bahan baku yang didapat memiliki kadar $\text{Mg}(\text{OH})_2$ sebanyak 94% sehingga kebutuhan menjadi:

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan H}_2\text{SO}_4 &= \left(\frac{100 - 94}{100} \times 4.072.603,201 \right) + 4.072.603,201 \\ &= 4.276.233,36 \text{ kg/tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya} &= 4.276.233,36 \text{ kg/tahun} \times 0,26\$/\text{kg} \\ &= 1.111.820,674 \text{ \$/tahun} \end{aligned}$$

- Jumlah Kalsium Sulfat (CaSO_4) yang dibutuhkan pada proses Farnsworth :

$$\begin{aligned} \text{Banyaknya CaSO}_4 &= 45,29035 \text{ kmol/jam} \times 17,0307 \text{ kg/mol} \\ &= 771,3263637 \times 24 \text{ jam} \times 330 \text{ hari} \\ &= 6.108.904,801 \text{ kg/tahun} \end{aligned}$$

Jika kemurnian Bahan Baku CaSO_4 100% maka kebutuhan bahan baku adalah 6.108.904,801 kg/tahun, tetapi dalam kenyataannya bahan baku yang didapat memiliki kadar CaSO_4 sebanyak 92% sehingga kebutuhan menjadi:

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan H}_2\text{SO}_4 &= \left(\frac{100 - 92}{100} \times 6.108.904,801 \right) + 6.108.904,801 \\ &= 6.597.617,19 \text{ kg/tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya} &= 6.597.617,19 \text{ kg/tahun} \times 0,41\$/\text{kg} \\ &= 2.705.023,046 \text{ \$/tahun} \end{aligned}$$

Jadi *Total Cost of Feed* pada Proses Farnsworth:

Jumlah biaya $\text{Mg}(\text{OH})_2 + \text{CaSO}_4$:

$$\text{Total Cost of Feed} = 1.111.820,674 \text{ \$/tahun} + 2.705.023,046 \text{ \$/tahun}$$

$$\text{Total Cost of Feed} = 3.816.843,72 \text{ \$/tahun}$$

Jumlah Magnesium Sulfat (MgSO_4) yang dihasilkan pada proses Farnsworth:

$$\begin{aligned} \text{Banyaknya MgSO}_4 &= 42,1200255 \text{ kmol/jam} \times 17,0307 \text{ kg/mol} \\ &= 717,3335183 \times 24 \text{ jam} \times 330 \text{ hari} \\ &= 5.681.281,465 \text{ kg/tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya} &= 5.681.281,465 \text{ kg/tahun} \times 1,0261 \text{ \$/kg} \\ &= 5.829.562,911 \text{ \$/tahun} \end{aligned}$$

Jadi, *Total Cost of Product* pada Proses Farnsworth:

$$\text{Total Cost of Product} = 5.829.562,911 \text{ \$/tahun}$$

Jadi, *Economic Potential* (EP) pada Proses Farnsworth :

$$\text{Economic Potential (EP)} = \text{Total Cost of Product} - \text{Total Cost of Feed}$$

$$\text{Economic Potential (EP)} = 5.829.562,911 \text{ \$/tahun} - 3.816.843,72 \text{ \$/tahun}$$

$$\text{Economic Potential (EP)} = 2.012.719,19 \text{ \$/tahun} \times \text{Rp } 15.105,45$$

$$\text{Economic Potential (EP)} = \text{Rp } 30.403.029.107/\text{tahun}$$

Tabel 2.11. Total Pengeluaran Pada Proses Farnsworth

Komponen	Massa (kg/tahun)	Biaya (Rp/kg)	Biaya (Rp/tahun)
Mg(OH) ₂	4.072.603,201	3.927,417	15.994.811.046
CaSO ₄	6.108.904,801	6.193,2345	37.833.879.971
Total			53.828.691.017

Tabel 2.12. Total Pemasukan Pada Proses Farnsworth

Komponen	Massa (kg/tahun)	Biaya (Rp/kg)	Biaya (Rp/tahun)
MgSO ₄	5.681.281,465	15.500	88.059.862.708
Total			88.059.862.708

$$\text{Biaya Produksi/tahun} = \text{Rp } 53.828.691.017$$

Biaya Produksi/kg	= Rp 10.120,6515
Penjualan/kg	= Rp 15.500
Biaya Penjualan/tahun	= Rp 88.059.862.708
Keuntungan	= Rp 30.403.029.107

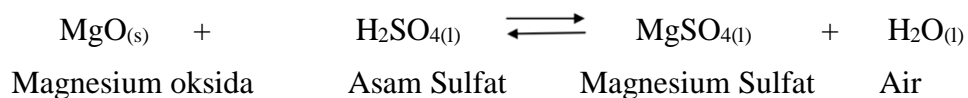
2.2.2. Berdasarkan Kelayakan Teknis

a) Tinjauan Termodinamika Berdasarkan Enthalpi ($\Delta H^{\circ} r$)

($\Delta H^{\circ} r$) menunjukkan panas reaksi yang dihasilkan selama proses berlangsungnya reaksi kimia, seperti pada reaksi pembentukan produk berupa Magnesium Sulfat. Besar atau kecil nilai ΔH tersebut menunjukkan jumlah energi yang dibutuhkan maupun dihasilkan. ΔH bernilai positif (+) menunjukkan bahwa reaksi tersebut membutuhkan panas untuk berlangsungnya reaksi sehingga semakin besar ΔH maka semakin besar juga energi yang dibutuhkan. Sedangkan ΔH bernilai negatif (-) menunjukkan bahwa reaksi tersebut menghasilkan panas selama proses berlangsungnya reaksi.

1. Pembuatan Magnesium Sulfat Heptahidrat melalui Proses Netralisasi

Reaksi yang terjadi adalah :



Nilai $\Delta H^{\circ} f$ masing-masing komponen pada suhu 298 K dapat dilihat pada Tabel 2.13 sebagai berikut :

Tabel 2.13
Data Nilai ΔH°_f Komponen Reaksi pada Proses Netralisasi

Komponen	Rumus Molekul	ΔH°_f (kJ/mol)
Magnesium oksida	MgO	-143,8
Asam Sulfat	H ₂ SO ₄	- 193,69
Magnesium Sulfat	MgSO ₄	-304,94
Air	H ₂ O	-68,3174

(Sumber : Perry, 2008)

Tabel 2.14. Nilai Konstanta Kapasitas Panas Komponen Reaksi pada Proses Netralisasi

Komponen	A	B	C	D
MgO	-8,00	2,469E-01	3,766E-04	1,9830E-07
H ₂ SO ₄	9,486	3,3795E-01	-3,8078E-04	2,1308E-07
MgSO ₄	75,83207	1,11722E-02	-3,968842E-03	5,129835E-07
H ₂ O	33,933	-8,4186E-03	2,9906E-05	-1,7825E-08

(Yaws, 1999)

Reaksi 1 yang terjadi antara lain :



$$\begin{aligned} \Delta H^{\circ}_{rx} 298K &= \Delta H^{\circ}_f \text{produk} - \Delta H^{\circ}_f \text{reaktan} \\ &= [(-304,94 \text{ kJ/mol}) + (-68,3174 \text{ kJ/mol}) - [(-143,8 \\ &\quad \text{kJ/mol}) + (- 193,69 \text{ kJ/mol})] \\ &= -35,8 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Dapat dihitung :

$$\begin{aligned} \Delta A &= \Sigma A_{\text{produk}} - \Sigma A_{\text{reaktan}} \\ &= (75,83207 + 33,933) - (-8,00 + 9,486) \\ &= 108,27907 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta B &= \Sigma B_{\text{produk}} - \Sigma B_{\text{reaktan}} \\ &= (1,11722E-02 + -8,42E-03) - (2,47E-01 + 3,38E-01) \\ &= -0,5820964 \end{aligned}$$

$$\Delta C = \Sigma C_{\text{produk}} - \Sigma C_{\text{reaktan}}$$

$$= (-3,968842\text{E-}03 + 2,99\text{E-}05) - (3,77\text{E-}04 + -3,81\text{E-}04)$$

$$= -0,003934756$$

$$\Delta D = \Sigma D_{\text{produk}} - \Sigma D_{\text{reaktan}}$$

$$= (5,129835\text{E-}07 + -1,78\text{E-}08) - (1,98\text{E-}07 + 2,13\text{E-}07)$$

$$= 8,37785\text{E-}08$$

Lalu, mencari nilai ΔH_r^0 untuk reaksi di suhu 80°C ($353,15\text{ K}$) :

$$\int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p}{R} dT = (\Delta A)T_0(\tau - 1) + \frac{\Delta B}{2} T_0^2(\tau^2 - 1) + \frac{\Delta C}{3} T_0^3(\tau^3 - 1) + \frac{\Delta D}{T_0} \left(\frac{\tau - 1}{\tau}\right)$$

$$\tau = \frac{T}{T_0} = \frac{353,15}{298,15} = 1,185067114 \quad \dots\dots (Yaws, 1999)$$

$$\int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p}{R} dT = (108,27907) \cdot 298 \cdot (1,185067114 - 1) + \frac{-0,5820964}{2} \cdot 298^2 \cdot$$

$$(1,185067114^2 - 1) + \frac{-0,003934756}{3} \cdot 298^3 (1,185067114^3 - 1)$$

$$+ \frac{8,37785\text{E-}08}{298} \times \left(\frac{1,185067114 - 1}{1,185067114}\right)$$

$$= -880,218641 \text{ kJ/mol}$$

$$R \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p}{R} dT = -880,218641 \text{ kJ/mol} \times 8,314 = -7.318,137781 \text{ kJ/mol}$$

Sehingga, diperoleh nilai ΔH_r^0 353 K sebagai berikut :

$$\Delta H_r^0 \text{ 353 K} = \Delta H_f^0 + R \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p}{R} dT$$

$$\Delta H_r^0 \text{ 353 K} = -35,8 \text{ kJ/mol} + -7.318,137781 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_r^0 \text{ 353 K} = -7.353,937781 \text{ kJ/mol}$$

Karena nilai ΔH_r^0 353 K adalah negatif, maka reaksi bersifat eksotermis.

2. Pembuatan Magnesium Sulfat Heptahidrat melalui Proses *Brine and Dolomite*

Nilai ΔH_f^0 masing-masing komponen pada suhu 298 K dapat dilihat pada Tabel

2.15 sebagai berikut :

Tabel 2.15. Data Nilai ΔH°_f Komponen Reaksi pada Proses *Brine and Dolomite*

Komponen	Rumus Molekul	ΔH°_f (kJ/mol)
Magnesium oksida	MgO	-143,8
Asam Sulfat	H ₂ SO ₄	-193,69
Magnesium Sulfat	MgSO ₄	-304,94
Air	H ₂ O	-68,3174
Magnesium Hidroksida	Mg(OH) ₂	-221,90
Magnesium Klorida	MgCl ₂	-189,76
Kalsium Hidroksida	Ca(OH) ₂	-239,2
Kalsium Klorida	CaCl ₂	-209,15
Kalsium oksida	CaO	-151,7
Karbon Dioksida	CO ₂	-393,5
Dolomit	CaCO ₃ . MgCO ₃	-558,8

(Sumber: Perry, 2008)

Tabel 2.16. Nilai Konstanta Kapasitas Panas Komponen Reaksi pada Proses *Brine and Dolomite*

Komponen	A	B	C	D
MgO	-8,00	0,2469	3,766E-04	1,9830E-07
H ₂ SO ₄	9,486	0,33795	-3,8078E-04	2,1308E-07
MgSO ₄	75,83207	1,11722E-02	-3,968842E-03	5,129835E-07
H ₂ O	33,933	-8,4186E-03	2,9906E-05	-1,7825E-08
Mg(OH) ₂	84,9	7,444 E-01	-6,8928E-03	2,6632E-06
MgCl ₂	78,307	2,4358E-02	6,8588E-04	-1,7289E-07
Ca(OH) ₂	81,103	0,15019	-3,059E-04	0,2138E-07
CaCl ₂	87,296	-0,350764	4,4128E-03	-9,85E-07
CaO	49,95	4,888E-02	-0,352E-04	0,0462E-07
CO ₂	27,437	4,2315E-02	-1,9555E-05	3,9968E-09
CaCO ₃ . MgCO ₃	44,937	1,497085	-7,4182E-03	1,1976E-06

(Sumber: Yaws, 1999)

Reaksi 1 yang terjadi antara lain :



$$\begin{aligned}
 \Delta H^{\circ}_{rx} 298K &= \Delta H^{\circ}_{f \text{ produk}} - \Delta H^{\circ}_{f \text{ reaktan}} \\
 &= [(-304,94 \text{ kJ/mol}) + (-68,3174 \text{ kJ/mol}) - [(-143,8 \\
 &\quad \text{kJ/mol}) + (-193,69 \text{ kJ/mol})] \\
 &= -523,7 \text{ kJ/mol}
 \end{aligned}$$

Dapat dihitung :

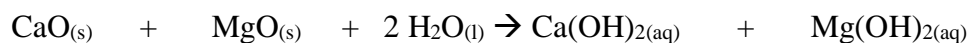
$$\begin{aligned}
 \Delta A &= \Sigma A_{\text{produk}} - \Sigma A_{\text{reaktan}} \\
 &= (-8 + 49,95 + (2 \times 27,437)) - (44,937) \\
 &= 51,887
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta B &= \Sigma B_{\text{produk}} - \Sigma B_{\text{reaktan}} \\
 &= (0,2469 + 4,888E-02 + (2 \times 4,2315E-02)) - (1,497085) \\
 &= -1,12
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta C &= \Sigma C_{\text{produk}} - \Sigma C_{\text{reaktan}} \\
 &= (3,766E-04 + -0,352E-04 + (2 \times -1,9555E-05)) - (-7,4182E-03) \\
 &= 7,7205E-03
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta D &= \Sigma D_{\text{produk}} - \Sigma D_{\text{reaktan}} \\
 &= (1,9830E-07 + 0,0462E-07 + (2 \times 3,9968E-09)) - (1,1976E-06) \\
 &= -9,87E-07
 \end{aligned}$$

Reaksi 2 yang terjadi antara lain :



$$\begin{aligned}
 \Delta H^{\circ}_{rx} 298K &= \Delta H^{\circ}_{f \text{ produk}} - \Delta H^{\circ}_{f \text{ reaktan}} \\
 &= [(-239,2 \text{ kJ/mol}) + (-221,90 \text{ kJ/mol})] - [(-151,7 \\
 &\quad \text{kJ/mol}) + (-143,8 \text{ kJ/mol}) + (2 \times -68,3174 \text{ kJ/mol})] \\
 &= -28,96 \text{ kJ/mol}
 \end{aligned}$$

Dapat dihitung :

$$\begin{aligned}\Delta A &= \Sigma A_{\text{produk}} - \Sigma A_{\text{reaktan}} \\ &= (81,103 + 84,9) - (49,95 + -8,00 + (2 \times 33,933)) \\ &= 56,187\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta B &= \Sigma B_{\text{produk}} - \Sigma B_{\text{reaktan}} \\ &= (0,15019 + 7,444 \text{ E-}01) - (4,888\text{E-}02 + 0,2469 + (2 \times -8,4186\text{E-}03)) \\ &= 6,16\text{E-}01\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta C &= \Sigma C_{\text{produk}} - \Sigma C_{\text{reaktan}} \\ &= (-3,059\text{E-}04 + -6,8928\text{E-}03) - (-0,352\text{E-}04 + 3,766\text{E-}04 + (2 \times 2,9906\text{E-}05)) \\ &= -0,007599912\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta D &= \Sigma D_{\text{produk}} - \Sigma D_{\text{reaktan}} \\ &= (81,103 + 84,9) - (49,95 + -8,00 + (2 \times 33,933)) \\ &= 2,51731\text{E-}06\end{aligned}$$

Reaksi 3 yang terjadi antara lain :



$$\begin{aligned}\Delta H^{\circ}_{\text{rx}} 298\text{K} &= \Delta H^{\circ}_{\text{f produk}} - \Delta H^{\circ}_{\text{f reaktan}} \\ &= [(2 \times -221,90 \text{ kJ/mol}) + (-209,15 \text{ kJ/mol})] - [(-239,2 \\ &\quad \text{kJ/mol}) + (-221,90 \text{ kJ/mol}) + (-189,76 \text{ kJ/mol})] \\ &= -2,09 \text{ kJ/mol}\end{aligned}$$

Dapat dihitung :

$$\begin{aligned}\Delta A &= \Sigma A_{\text{produk}} - \Sigma A_{\text{reaktan}} \\ &= ((2 \times 84,9) + 87,296) - (81,103 + 84,9 + 78,307)\end{aligned}$$

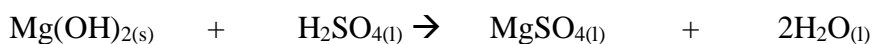
$$= 12,786$$

$$\begin{aligned}\Delta B &= \Sigma B_{\text{produk}} - \Sigma B_{\text{reaktan}} \\ &= ((2 \times 7,444 \text{ E-}01) - 0,350764) - (0,15019 + 7,444 \text{ E-}01 + 2,4358\text{E-}02) \\ &= 0,219088\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta C &= \Sigma C_{\text{produk}} - \Sigma C_{\text{reaktan}} \\ &= ((2 \times -6,8928\text{E-}03) + 4,4128\text{E-}03) - (-3,059\text{E-}04 + -6,8928\text{E-}03 + \\ &\quad 6,8588\text{E-}04) \\ &= -0,00285998\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta D &= \Sigma D_{\text{produk}} - \Sigma D_{\text{reaktan}} \\ &= ((2 \times 2,6632\text{E-}06) - 9,85\text{E-}07) - (0,2138\text{E-}07 + 2,6632\text{E-}06 + -1,7289\text{E-} \\ &\quad 07) \\ &= 1,82971\text{E-}06\end{aligned}$$

Reaksi 4 yang terjadi antara lain :



$$\begin{aligned}\Delta H^{\circ}_{\text{rx}} 298\text{K} &= \Delta H^{\circ}_{\text{f produk}} - \Delta H^{\circ}_{\text{f reaktan}} \\ &= [(-304,94 \text{ kJ/mol}) + (2 \times -68,3174 \text{ kJ/mol})] - [(- \\ &\quad 221,90 \text{ kJ/mol}) + (-193,69 \text{ kJ/mol})] \\ &= -25,6 \text{ kJ/mol}\end{aligned}$$

Sehingga, Jumlah Total untuk $\Delta H^{\circ}_{\text{f}} 298\text{K}$ adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\Delta H^{\circ}_{\text{f}} \text{ total} &= (-523,7 \text{ kJ/mol kJ/gmol}) + (-28,96 \text{ kJ/gmol}) + \\ &\quad (-2,09 \text{ kJ/gmol}) + (-25,6 \text{ kJ/gmol}) \\ \Delta H^{\circ}_{\text{f}} \text{ total} &= -580,35 \text{ kJ/mol}\end{aligned}$$

Dapat dihitung :

$$\Delta A = \Sigma A_{\text{produk}} - \Sigma A_{\text{reaktan}}$$

$$= (75,83207 + (2 \times 33,933)) - (84,9 + 9,486)$$

$$= 49,31207$$

$$\Delta B = \Sigma B_{\text{produk}} - \Sigma B_{\text{reaktan}}$$

$$= (1,11722\text{E-}02 + (2 \times -8,4186\text{E-}03)) - (7,444 \text{E-}01 + 0,33795)$$

$$= -1,088015$$

$$\Delta C = \Sigma C_{\text{produk}} - \Sigma C_{\text{reaktan}}$$

$$= (-3,968842\text{E-}03 + (2 \times 2,9906\text{E-}05)) - (-6,8928\text{E-}03 + -3,8078\text{E-}04)$$

$$= 0,00336455$$

$$\Delta D = \Sigma D_{\text{produk}} - \Sigma D_{\text{reaktan}}$$

$$= (5,129835\text{E-}07 + (2 \times -1,7825\text{E-}08)) - (2,6632\text{E-}06 + 2,1308\text{E-}07)$$

$$= -2,39895\text{E-}06$$

Lalu, mencari nilai ΔH_r^0 untuk reaksi di suhu 750°C (1023 K) :

$$\int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p}{R} dT = (\Delta A)T_0(\tau - 1) + \frac{\Delta B}{2} T_0^2(\tau^2 - 1) + \frac{\Delta C}{3} T_0^3(\tau^3 - 1) + \frac{\Delta D}{T_0} \left(\frac{\tau - 1}{\tau}\right)$$

$$\tau = \frac{T}{T_0} = \frac{1023}{298} = 3,432885906 \dots\dots (Yaws, 1999)$$

Pada Reaksi 1, suhu Reaksi 1023 K diperoleh :

$$R \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p}{R} dT = -485,256 \text{ kJ/mol} \times 8,314 = -4034,418 \text{ kJ/mol}$$

Pada Reaksi 2, suhu Reaksi 1023 K diperoleh :

$$R \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p}{R} dT = 335,715 \text{ kJ/mol} \times 8,314 = 2791,13451 \text{ kJ/mol}$$

Pada Reaksi 3, suhu Reaksi 1023 K diperoleh :

$$R \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p}{R} dT = 114,183 \text{ kJ/mol} \times 8,314 = 949,317462 \text{ kJ/mol}$$

Pada Reaksi 4, suhu Reaksi 1023 K diperoleh :

$$R \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p}{R} dT = -485,258 \text{ kJ/mol} \times 8,314 = -4034,435012 \text{ kJ/mol}$$

Maka, jumlah total nilai dari semua reaksi adalah :

$$R \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p}{R} dT (\text{rx1}+2+3+4) = -4.328,401424 \text{ kJ/mol}$$

Sehingga, diperoleh nilai ΔH_r^0 1023 K sebagai berikut :

$$\Delta H_r^{\circ} 1023 \text{ K} = \Delta H_f^{\circ} + R \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^{\circ}}{R} dT$$

$$\Delta H_r^{\circ} 1023 \text{ K} = -580,35 \text{ kJ/gmol} + -4.328,401424 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_r^{\circ} 1023 \text{ K} = -4.908,751 \text{ kJ/mol}$$

Karena nilai ΔH_r° 1023K adalah negatif, maka reaksi bersifat eksotermis.

3. Pembuatan Magnesium Sulfat Heptahidrat melalui Proses Farnsworth

Nilai ΔH_f° masing-masing komponen pada suhu 298 K dapat dilihat pada Tabel

2.17 sebagai berikut :

Tabel 2.17. Data Nilai ΔH_f° Komponen Reaksi pada Proses Farnsworth

Komponen	Rumus Molekul	ΔH_f° (kJ/mol)
Karbon dioksida	CO ₂	-393,5
Magnesium Sulfat	MgSO ₄	-304,94
Air	H ₂ O	-68,3174
Magnesium Hidroksida	Mg(OH) ₂	-221,90
Magnesium Karbonat	MgCO ₃	-261,73
Magnesium	Mg ⁺²	-462
Hidrogen Karbonat	HCO ₃ ⁻	-167,19
Kalsium Sulfat	CaSO ₄	-336,58
Kalsium Karbonat	CaCO ₃	-289,5

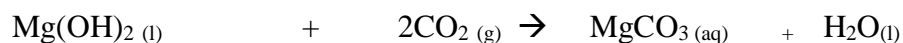
(Sumber: Perry, 2008)

Tabel 2.18. Nilai Konstanta Kapasitas Panas Komponen Reaksi pada Proses Farnsworth

Komponen	A	B	C	D
CO ₂	-8,00	0,2469	3,766E-04	1,9830E-07
MgSO ₄	75,83207	1,11722E-02	-3,968842E-03	5,129835E-07
H ₂ O	33,933	-8,4186E-03	2,9906E-05	-1,7825E-08
Mg(OH) ₂	84,9	7,444E-01	-6,8928E-03	2,6632E-06
MgCO ₃	44,937	1,49708E-01	-7,4182E-02	1,1976E-04
CaSO ₄	30,234	3,457E-01	-2,325E-04	3,614E-07
CaCO ₃	25,489	2,1893E-01	-1,349E-03	2,981E-06

(Sumber: Yaws, 1999)

Reaksi 1 yang terjadi antara lain :



$$\begin{aligned} \Delta H_{\text{rx}}^{\circ} 298\text{K} &= \Delta H_{\text{f produk}}^{\circ} - \Delta H_{\text{f reaktan}}^{\circ} \\ &= [(-261,73 \text{ kJ/mol}) + (-68,3174 \text{ kJ/mol})] - [(-221,90 \\ &\quad \text{kJ/mol}) + (-393,5 \text{ kJ/mol})] \\ &= -285,35 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Dapat dihitung :

$$\begin{aligned} \Delta A &= \Sigma A_{\text{produk}} - \Sigma A_{\text{reaktan}} \\ &= (44,937 + 33,933) - (84,9 + (2 \times -8,00)) \\ &= 9,97 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta B &= \Sigma B_{\text{produk}} - \Sigma B_{\text{reaktan}} \\ &= (1,49708\text{E-}01 + 8,4186\text{E-}03) - (7,444 \text{ E-}01 + (2 \times 0,2469)) \\ &= -1,0969106 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta C &= \Sigma C_{\text{produk}} - \Sigma C_{\text{reaktan}} \\ &= (-7,4182\text{E-}02 + 2,9906\text{E-}05) - (-6,8928\text{E-}03 + (2 \times 3,766\text{E-}04)) \\ &= -0,068012494 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta D &= \Sigma D_{\text{produk}} - \Sigma D_{\text{reaktan}} \\ &= (1,1976\text{E-}04 + -1,7825\text{E-}08) - (2,6632\text{E-}06 + (2 \times 1,9830\text{E-}07)) \\ &= 0,000116682 \end{aligned}$$

Reaksi 2 yang terjadi antara lain :



$$\Delta H_{\text{rx}}^{\circ} 298\text{K} = \Delta H_{\text{f produk}}^{\circ} - \Delta H_{\text{f reaktan}}^{\circ}$$

$$\begin{aligned}
 &= [(-304,94 \text{ kJ/mol}) + (-289,5 \text{ kJ/mol})] - [(-261,73 \\
 &\quad \text{kJ/mol}) + (-336,58 \text{ kJ/mol})] \\
 &= -3,87 \text{ kJ/mol}
 \end{aligned}$$

Dapat dihitung :

$$\begin{aligned}
 \Delta A &= \Sigma A_{\text{produk}} - \Sigma A_{\text{reaktan}} \\
 &= (75,83207 + 25,489) - (44,937 + 30,234) \\
 &= 26,15007
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta B &= \Sigma B_{\text{produk}} - \Sigma B_{\text{reaktan}} \\
 &= (1,11722\text{E-}02 + 2,1893\text{E-}01) - (1,49708\text{E-}01 + 3,457\text{E-}01) \\
 &= -0,2653058
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta C &= \Sigma C_{\text{produk}} - \Sigma C_{\text{reaktan}} \\
 &= (-3,968842\text{E-}03 - 1,349\text{E-}03) - (-7,4182\text{E-}02 - 2,325\text{E-}04) \\
 &= 0,069096658
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta D &= \Sigma D_{\text{produk}} - \Sigma D_{\text{reaktan}} \\
 &= (5,129835\text{E-}07 + 2,981\text{E-}06) - (1,1976\text{E-}04 + 3,614\text{E-}07) \\
 &= -0,000116627
 \end{aligned}$$

Lalu, mencari nilai ΔH_r^0 untuk reaksi di suhu 140°C (413 K) :

$$\int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p}{R} dT = (\Delta A)T_0(\tau - 1) + \frac{\Delta B}{2} T_0^2(\tau^2 - 1) + \frac{\Delta C}{3} T_0^3(\tau^3 - 1) + \frac{\Delta D}{T_0} \left(\frac{\tau - 1}{\tau}\right)$$

$$\tau = \frac{T}{T_0} = \frac{413}{298} = 1,38590604 \dots\dots\dots (\text{Yaws, 1999})$$

Pada Reaksi 1, suhu Reaksi 413 K diperoleh :

$$R \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p}{R} dT = -436,979 \text{ kJ/mol} \times 8,314 = -3.633,04341 \text{ kJ/mol}$$

Pada Reaksi 2, suhu Reaksi 413 K diperoleh :

$$R \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p}{R} dT = -783,911 \text{ kJ/mol} \times 8,314 = -6.517,4361 \text{ kJ/mol}$$

Maka, jumlah total nilai dari semua reaksi adalah :

$$R \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p}{R} dT (\text{rx1}+2) = -3.359,9451 \text{ kJ/mol}$$

Sehingga, diperoleh nilai ΔH_r^0 413 K sebagai berikut :

$$\Delta H_r^0 \text{ 413 K} = \Delta H_f^0 + R \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p}{R} dT$$

$$\Delta H_r^0 \text{ 413 K} = -285,35 \text{ kJ/mol} + -3.359,9451 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_r^0 \text{ 413 K} = -3.645,295 \text{ kJ/mol}$$

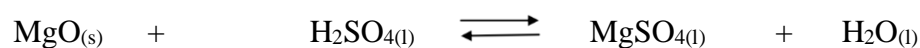
Karena nilai ΔH_r^0 413 K adalah negatif, maka reaksi bersifat eksotermis.

b.) Tinjauan Termodinamika Berdasarkan Energi Gibbs (ΔG^0_r)

ΔG^0 menunjukkan spontan atau tidak spontannya suatu reaksi kimia. ΔG^0 bernilai positif (+) menunjukkan bahwa reaksi tidak dapat berlangsung secara spontan, sehingga dibutuhkan energi tambahan dari luar. Sedangkan ΔG^0 bernilai negatif (-) menunjukkan bahwa reaksi tersebut dapat berlangsung secara spontan dan hanya membutuhkan sedikit energi. Oleh karena itu semakin kecil atau negatif ΔG^0 maka reaksi tersebut akan semakin baik karena untuk reaksi yang berlangsung spontan energi yang dibutuhkan semakin kecil.

1. Pembuatan Magnesium Sulfat Heptahidrat melalui Proses Netralisasi

Reaksi yang terjadi adalah :



Nilai ΔG^0_f masing-masing komponen pada suhu 298 K dapat dilihat pada Tabel 2.19. sebagai berikut :

Tabel 2.19. Data Nilai ΔG°_f Komponen Reaksi pada Proses Netralisasi

Komponen	Rumus Molekul	ΔG°_f (kJ/mol)
Magnesium oksida	MgO	-596,3
Asam Sulfat	H ₂ SO ₄	-689,9
Magnesium Sulfat	MgSO ₄	-1170,6
Air	H ₂ O	-237,14

(Sumber : Perry, 2008)

$$\begin{aligned}\Delta G^\circ_r 298 \text{ K} &= \Delta G^\circ_f \text{ produk} - \Delta G^\circ_f \text{ reaktan} \\ &= [(-1170,6 \text{ kJ/mol}) + (-237,14 \text{ kJ/mol}) - [(-596,3 \text{ kJ/mol}) + (-689,9 \text{ kJ/mol})] \\ &= -121,54 \text{ kJ/mol}\end{aligned}$$

Karena nilai $\Delta G^\circ_r 298 \text{ K}$ adalah negatif, maka reaksi berjalan dengan spontan.

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

$$\Delta S^\circ = \Delta S_0^\circ + R \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^\circ}{R} \frac{dT}{T}$$

$$\Delta S^\circ = \frac{\Delta H_0 - \Delta G_0}{T_0}$$

$$\int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^\circ}{R} \frac{dT}{T} = (\Delta A) \ln \tau + [\Delta B T_0 + (\Delta C T_0^2 + \frac{\Delta D}{\tau^{2T_0}})] \left(\frac{\tau+1}{2}\right) \quad (\tau - 1)$$

$$\Delta G^\circ = \Delta H_0^\circ + R \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^\circ}{R} dT - T \Delta S_0^\circ - RT \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^\circ}{R} \frac{dT}{T}$$

$$\Delta G^\circ = \Delta H_0^\circ - \frac{T}{T_0} (\Delta H_0^\circ - \Delta G_0^\circ) + R \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^\circ}{R} dT - RT \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^\circ}{R} \frac{dT}{T}$$

Pada Reaksi 1, Suhu Reaksi 353 K diperoleh :

$$R \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^\circ}{R} dT = -880,218641 \text{ kJ/mol} \times 8,314 = -7.318,137781 \text{ kJ/mol}$$

$$RT \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^\circ}{R} \frac{dT}{T} = -0,989995034 \times 8,314 \times 353 = -2.905,479 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_f^\circ 298\text{K} - \Delta G_f^\circ 298 \text{ K} = -35,8 \text{ kJ/mol} - (-121,54 \text{ kJ/mol})$$

$$= 85,74 \text{ kJmol}$$

Sehingga, diperoleh nilai $\Delta G^\circ_r 353 \text{ K}$ sebagai berikut :

$$\Delta G^\circ = \Delta H_0^\circ - \frac{T}{T_0} (\Delta H_0^\circ - \Delta G_0^\circ) + R \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^\circ}{R} dT - RT \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^\circ}{R} \frac{dT}{T}$$

$$\Delta G^\circ_r 353\text{K} = (-35,8 \text{ kJ/mol}) - \left(\frac{353}{298} \times 85,74 \text{ kJmol}\right) + -7.318,137781 \text{ kJ/mol}$$

$$- (-2.905,479 \text{ kJ/mol})$$

$$\Delta G^{\circ}_r \text{ 353 K} = -4.550,0233 \text{ kJ/mol}$$

Karena nilai ΔG°_r 353 K adalah negatif, maka reaksi berjalan dengan spontan.

2. Pembuatan Magnesium Sulfat Heptahidrat melalui Proses *Brine and Dolomite*

Nilai ΔG°_f masing-masing komponen pada suhu 298 K dapat dilihat pada Tabel 2.20 sebagai berikut :

Tabel 2.20. Data Nilai ΔG° Komponen pada Proses *Brine and Dolomite*

Komponen	Rumus Molekul	ΔG°_f (kJ/mol)
Magnesium oksida	MgO	-596,3
Asam Sulfat	H ₂ SO ₄	-689,9
Magnesium Sulfat	MgSO ₄	-1170,6
Air	H ₂ O	-237,14
Magnesium Hidroksida	Mg(OH) ₂	-833,7
Magnesium Klorida	MgCl ₂	-591,8
Kalsium Hidroksida	Ca(OH) ₂	-897,5
Kalsium Klorida	CaCl ₂	-816,05
Kalsium oksida	CaO	-603,3
Karbon Dioksida	CO ₂	-394,39
Dolomit	CaCO ₃ · MgCO ₃	0

(Sumber: Perry, 2008)

$$\begin{aligned} \Delta G^{\circ}_r \text{ 298 K} &= \Delta G^{\circ}_f \text{ produk} - \Delta G^{\circ}_f \text{ reaktan} \\ &= [(-596,3 \text{ kJ/mol}) + (-603,3 \text{ kJ/mol}) + (2 \times -394,39 \text{ kJ/mol})] - \\ &\quad (0 \text{ kJ/mol}) \\ &= -1988,38 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Karena nilai ΔG°_r 298 K adalah negatif, maka reaksi berjalan dengan spontan.

$$\Delta G^{\circ} = \Delta H^{\circ} - T \Delta S^{\circ}$$

$$\Delta S^{\circ} = \Delta S^{\circ}_0 + R \int_{T_0}^T \frac{\Delta C^{\circ}_p}{R} \frac{dT}{T}$$

$$\Delta S^{\circ} = \frac{\Delta H_0 - \Delta G_0}{T_0}$$

$$\int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^\circ}{R} \frac{dT}{T} = (\Delta A) \ln \tau + [\Delta B T_0 + (\Delta C T_0^2 + \frac{\Delta D}{\tau^{2T_0^2}}) (\frac{\tau+1}{2})] (\tau - 1)$$

$$\Delta G^\circ = \Delta H_0^\circ + R \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^\circ}{R} dT - T \Delta S_0^\circ - RT \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^\circ}{R} \frac{dT}{T}$$

$$\Delta G^\circ = \Delta H_0^\circ - \frac{T}{T_0} (\Delta H_0^\circ - \Delta G_0^\circ) + R \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^\circ}{R} dT - RT \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^\circ}{R} \frac{dT}{T}$$

Pada Reaksi 1, Suhu Reaksi 1023 K diperoleh :

$$R \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^\circ}{R} dT = -485,256 \text{ kJ/mol} \times 8,314 = -4.034,418 \text{ kJ/mol}$$

$$RT \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^\circ}{R} \frac{dT}{T} = -0,485256 \times 8,314 \times 1023 = -4.127,21 \text{ kJ/mol}$$

$$\begin{aligned} \Delta H_f^\circ 298\text{K} - \Delta G_f^\circ 298 \text{ K} &= -523,7 \text{ kJ/mol} - (-1988,38 \text{ kJ/mol}) \\ &= 1.464,68 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Pada Reaksi 2, Suhu Reaksi 1023 K diperoleh :

$$R \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^\circ}{R} dT = 335,715 \text{ kJ/mol} \times 8,314 = 2791,13451 \text{ kJ/mol}$$

$$RT \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^\circ}{R} \frac{dT}{T} = 0,335715 \times 8,314 \times 1023 = 2.855,33 \text{ kJ/mol}$$

$$\begin{aligned} \Delta H_f^\circ 298\text{K} - \Delta G_f^\circ 298 \text{ K} &= -28,96 \text{ kJ/mol} - (-57,32 \text{ kJ/mol}) \\ &= 28,36 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Pada Reaksi 3, Suhu Reaksi 1023 K diperoleh :

$$R \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^\circ}{R} dT = 114,183 \text{ kJ/mol} \times 8,314 = 949,317462 \text{ kJ/mol}$$

$$RT \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^\circ}{R} \frac{dT}{T} = 0,114183 \times 8,314 \times 1023 = 971,152 \text{ kJ/mol}$$

$$\begin{aligned} \Delta H_f^\circ 298\text{K} - \Delta G_f^\circ 298 \text{ K} &= -2,09 \text{ kJ/mol} - (673,25 \text{ kJ/mol}) \\ &= -675,34 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Pada Reaksi 4, Suhu Reaksi 1023 K diperoleh :

$$R \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^\circ}{R} dT = -485,258 \text{ kJ/mol} \times 8,314 = -4034,435012 \text{ kJ/mol}$$

$$RT \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^\circ}{R} \frac{dT}{T} = -0,485256 \times 8,314 \times 1023 = -4.127,21 \text{ kJ/mol}$$

$$\begin{aligned} \Delta H_f^\circ 298\text{K} - \Delta G_f^\circ 298 \text{ K} &= -25,6 \text{ kJ/mol} - (-121,28 \text{ kJ/mol}) \\ &= 95,68 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Jadi, Jumlah Total dari Reaksi 1+2+3+4 adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} R \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^\circ}{R} dT \text{ (rx1+2+3+4)} &= -4.034,418 \text{ kJ/mol} + 2791,13451 \text{ kJ/mol} + 949,317462 \\ &\text{ kJ/mol} + (-4034,435012 \text{ kJ/mol}) \\ &= -4.328,40 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} RT \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^\circ}{R} \frac{dT}{T} \text{ (rx1+2+3+4)} &= -4.127,21 \text{ kJ/mol} + 2.855,33 \text{ kJ/mol} + 971,152 \text{ kJ/mol} \\ &+ (-4.127,21 \text{ kJ/mol}) \\ &= -4.427,94 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta H_f^{298\text{K}} - \Delta G_f^{298\text{K}} \text{ (rx1+2+3+4)} &= 1.464,68 \text{ kJ/mol} + 28,36 \text{ kJ/mol} + (-675,34 \\ &\text{ kJ/mol}) + 95,68 \text{ kJ/mol} \\ &= 913,38 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Sehingga, diperoleh nilai $\Delta G_r^{1023\text{K}}$ sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \Delta G^\circ &= \Delta H_0^\circ - \frac{T}{T_0} (\Delta H_0^\circ - \Delta G_0^\circ) + R \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^\circ}{R} dT - RT \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^\circ}{R} \frac{dT}{T} \\ \Delta G_r^{1023\text{K}} &= (1.464,68 \text{ kJ/mol}) - \left(\frac{1023}{298} \times 913,38 \text{ kJ/mol} \right) + -4.328,40 \text{ kJ/mol} - (- \\ &\quad 4.427,94 \text{ kJ/mol}) \end{aligned}$$

$$\Delta G_r^{1023\text{K}} = -1.571,31 \text{ kJ/mol}$$

Karena nilai $\Delta G_r^{1023\text{K}}$ adalah negatif, maka reaksi bersifat spontan.

3. Pembuatan Magnesium Sulfat Heptahidrat melalui Proses Farnsworth

Nilai ΔG_f° masing-masing komponen pada suhu 298 K dapat dilihat pada Tabel

2.21 sebagai berikut :

Tabel 2.21. Data Nilai ΔG°_f Komponen pada Proses Farnsworth

Komponen	Rumus Molekul	ΔG°_f (kJ/mol)
Karbon dioksida	CO ₂	-394,39
Magnesium Sulfat	MgSO ₄	-1170,6
Air	H ₂ O	-237,14
Magnesium Hidroksida	Mg(OH) ₂	-833,7
Magnesium Karbonat	MgCO ₃	-1012,1
Magnesium	Mg ⁺²	0
Hidrogen Karbonat	HCO ₃ ⁻	-149
Kalsium Sulfat	CaSO ₄	-1309,1
Kalsium Karbonat	CaCO ₃	-1129,1

(Sumber: Perry, 2008)

$$\begin{aligned}
 \Delta G^\circ_r 298 \text{ K} &= \Delta G^\circ_f_{\text{produk}} - \Delta G^\circ_f_{\text{reaktan}} \\
 &= [(-1012,1 \text{ kJ/mol}) + (-237,14 \text{ kJ/mol})] - [(-833,7 \text{ kJ/mol}) + \\
 &\quad (-394,39 \text{ kJ/mol})] \\
 &= -21,15 \text{ kJ/mol}
 \end{aligned}$$

Karena nilai $\Delta G^\circ_r 298 \text{ K}$ adalah negatif, maka reaksi berjalan dengan spontan.

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

$$\Delta S^\circ = \Delta S_0^\circ + R \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^\circ}{R} \frac{dT}{T}$$

$$\Delta S^\circ = \frac{\Delta H_0^\circ - \Delta G_0^\circ}{T_0}$$

$$\int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^\circ}{R} \frac{dT}{T} = (\Delta A) \ln \tau + \left[\Delta B T_0 + \left(\Delta C T_0^2 + \frac{\Delta D}{\tau^2 T_0^2} \right) \left(\frac{\tau + 1}{2} \right) \right] (\tau - 1)$$

$$\Delta G^\circ = \Delta H_0^\circ + R \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^\circ}{R} dT - T \Delta S_0^\circ - RT \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^\circ}{R} \frac{dT}{T}$$

$$\Delta G^\circ = \Delta H_0^\circ - \frac{T}{T_0} (\Delta H_0^\circ - \Delta G_0^\circ) + R \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^\circ}{R} dT - RT \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^\circ}{R} \frac{dT}{T}$$

Pada Reaksi 1, Suhu Reaksi 413 K diperoleh :

$$R \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^\circ}{R} dT = -436,979 \text{ kJ/mol} \times 8,314 = -3.633,04341 \text{ kJ/mol}$$

$$RT \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^\circ}{R} \frac{dT}{T} = -0,436979 \times 8,314 \times 413 = -1.500,447 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_f^\circ 298\text{K} - \Delta G_f^\circ 298 \text{ K} = -285,35 \text{ kJ/mol} - (-21,15 \text{ kJ/mol})$$

$$= -264,2 \text{ kJ/mol}$$

Pada Reaksi 2, Suhu Reaksi 413 K diperoleh :

$$R \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^\circ}{R} dT = -783,911 \text{ kJ/mol} \times 8,314 = -6.517,4361 \text{ kJ/mol}$$

$$RT \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^\circ}{R} \frac{dT}{T} = -0,783911 \times 8,314 \times 413 = -2.691,70 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_f^\circ 298\text{K} - \Delta G_f^\circ 298 \text{ K} = -3,87 \text{ kJ/mol} - (21,5 \text{ kJ/mol})$$

$$= -25,37 \text{ kJ/mol}$$

Jadi, Jumlah Total dari Reaksi 1+2 adalah sebagai berikut :

$$R \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^\circ}{R} dT (\text{rx1+2}) = -3.633,04341 \text{ kJ/mol} + (-6.517,4361 \text{ kJ/mol})$$

$$= -3.359,95 \text{ kJ/mol}$$

$$RT \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^\circ}{R} \frac{dT}{T} (\text{rx1+2}) = -1.500,447 \text{ kJ/mol} + (-2.691,70 \text{ kJ/mol})$$

$$= \text{kJ/mol}$$

$$\Delta H_f^\circ 298\text{K} - \Delta G_f^\circ 298 \text{ K} (\text{rx1+2}) = -264,2 \text{ kJ/mol} + (-25,37 \text{ kJ/mol})$$

$$= 1.361,05 \text{ kJ/mol} - 289,57$$

Sehingga, diperoleh nilai ΔG_r° 413 K sebagai berikut :

$$\Delta G^\circ = \Delta H_0^\circ - \frac{T}{T_0} (\Delta H_0^\circ - \Delta G_0^\circ) + R \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^\circ}{R} dT - RT \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^\circ}{R} \frac{dT}{T}$$

$$\Delta G_r^\circ 413 \text{ K} = (-586,36 \text{ kJ/mol}) - \left(\frac{413}{298} \times -289,57 \text{ kJ/mol} \right) + -4.192,147 \text{ kJ/mol} - (-$$

$$3.995,74 \text{ kJ/mol})$$

ΔG_r° 413 K = -1.836,8575 kJ/mol

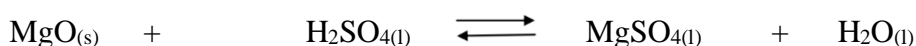
Karena nilai ΔG_r° 413 K adalah negatif, maka reaksi berjalan dengan spontan.

C. Tinjauan Bahan Baku

Bahan baku merupakan salah satu faktor krusial yang harus dipertimbangkan dalam perancangan suatu pabrik kimia. Dikarenakan, jika bahan baku langka atau sukar untuk didapatkan dapat berdampak buruk bagi kelangsungan pabrik yaitu produksi yang terhambat. Selain itu sifat kimia bahan baku juga beragam, ada bahan baku yang memiliki perlakuan khusus saat proses transportasi, dan saat proses *packing* serta mempertimbangkan dari segi lokasi pendirian pabrik dengan jarak tempuh bahan baku. Harga juga merupakan faktor penting yang menjadi pertimbangan dalam pemilihan proses.

1. Pembuatan Magnesium Sulfat Heptahidrat melalui Proses Netralisasi

Reaksi yang terjadi adalah :



Tabel 2.22. Data Bahan Baku Proses Netralisasi

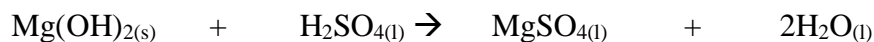
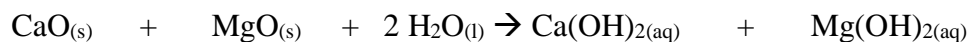
Indikator	Magnesium oksida (MgO)	Asam Sulfat (H ₂ SO ₄)
Produsen	PT. UNIKEMIKA Asia	PT. Insoclay Acidatama Indonesia
Lokasi Pabrik	Cilegon	Tangerang
Harga (Rp/kg)	2.718,981	2.265,818
Produksi (ton/tahun)	30.000	45.000
Kebutuhan (ton/tahun)	6.167,338	5.919,530
Fasa	Padat	Cair
Sifat Kimia	Tidak reaktif	Korosif
Kemurnian (%)	93,73	98

2. Pembuatan Magnesium Sulfat Heptahidrat melalui Proses *Brine and*

Dolomite

Reaksi yang terjadi adalah :



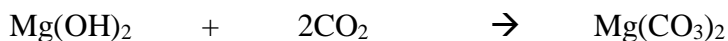


Tabel 2.23. Data Bahan Baku Proses *Brine and Dolomite*

Indikator	Dollomite (CaCO ₃ . MgCO ₃)	Asam Sulfat (H ₂ SO ₄)
Produsen	PT. Anugerah Dolomit Lestari	PT. Insoclay Acidatama Indonesia
Lokasi Pabrik	Palembang	Tangerang
Harga (Rp/kg)	3.021,09	2.265,818
Produksi (ton/tahun)	40.000	45.000
Kebutuhan (ton/tahun)	6.292,17195	6.231,08290
Fasa	Padat	Cair
Sifat Kimia	Tidak reaktif	Korosif
Kemurnian (%)	92	98

3. Pembuatan Magnesium Sulfat Heptahidrat melalui Proses Farnsworth

Reaksi yang terjadi adalah :



Tabel 2.24. Data Bahan Baku Proses Farnsworth

Indikator	Magnesium Hidroksida { Mg(OH) ₂ }	Kalsium Sulfat (CaSO ₄)
Produsen	Weifang Kaibo Magnesium Salt Co.,LTD	Foodchem International Corporation
Lokasi Pabrik	ShanDong, China	Shanghai, China
Harga (Rp/kg)	3.021,09	2.265,818
Produksi (ton/tahun)	50.000	60.000
Kebutuhan (ton/tahun)	4.072,603201	6.108,904801
Fasa	Padat	Padat
Sifat Kimia	Tidak reaktif	Tidak reaktif
Kemurnian (%)	94	92

4. Analisis Bahan Baku

Berdasarkan ketiga proses diatas, dapat disimpulkan bahwa Proses Netralisasi memiliki keunggulan dari kedua proses yang lainnya, dikarenakan :

1. Bahan Baku Proses Netralisasi lebih mudah didapatkan dan dekat dari rencana lokasi pendirian pabrik yang berada di Cilegon, sehingga menghemat biaya transportasi.
2. Ketersediaan Bahan Baku yang melimpah.
3. Bahan Baku mudah ditangani dan tidak termasuk *high risk process* dalam pengolahannya menjadi produk.

2.3. Pemilihan Proses

Berdasarkan penjelasan proses Pembuatan Magnesium Sulfat Heptahidrat di atas, dari rangkaian 3 proses yaitu Proses Netralisasi, *Brine and Dollomite Process*, serta Proses Farnsworth, maka semua penjelasan diatas dapat dibandingkan di dalam Tabel 2.25. sebagai berikut :

Tabel 2.25. Perbandingan Pemilihan Proses Pembuatan $MgSO_4 \cdot 7H_2O$

Parameter	Netralisasi	<i>Brine and Dollomite</i>	Farnsworth
Temperatur Reaksi	353 K	1023 K	413 K
Tekanan Operasi	1 atm	1 atm	5 atm
Fasa Reaksi	Cair-Padat	Padat-Cair-Padat	Cair-Padat
Yield	95	91	93
Konversi	98	92	93
Katalis	-	-	-
Keuntungan	3.956.995,36 \$/th	3.573.893,40 \$/th	2.012.719,19 \$/th
Panas Standar (ΔH_f° 298K)	-35,8 kJ/mol	-580,35 kJ/mol	-586,36 kJ/mol
Panas Reaksi (ΔH_r°)	-7.353,937781 kJ/mol	-4.908,751 kJ/mol	-3.645,295 kJ/mol
Energi Gibbs (ΔG_f° 298K)	-121,54 kJ/mol	-913,39 kJ/mol	-1.888,67 kJ/mol
Energi Gibbs (ΔG_r°)	-4.550,0233 kJ/mol	-1.571,31 kJ/mol	-1.836,8575 kJ/mol
Bahan Baku	MgO dan H_2SO_4	Mg(CO_3) ₂ dan H_2SO_4	Mg(OH) ₂ dan $CaSO_4$

Berdasarkan perbandingan pemilihan proses pembuatan Magnesium Sulfat Heptahidrat pada Tabel 2.25, maka di pilih Proses Netralisasi untuk memproduksi Magnesium Sulfat Heptahidrat dari magnesium oksida dan asam sulfat karena jika ditinjau dari segi ekonomi proses ini memberikan keuntungan terbesar dibandingkan proses lainnya, dengan pertimbangan bahan baku yang digunakan pada Proses Netralisasi ini yaitu magnesium oksida (MgO) dan asam

sulfat (H_2SO_4) banyak terdapat di Indonesia, konversinya tinggi dan secara perhitungan ekonomi, proses ini lebih menguntungkan.

2.4. Uraian Singkat Proses

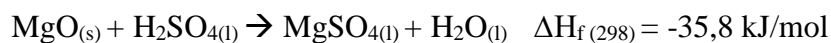
Proses pembuatan Magnesium Sulfat Heptahidrat dari bahan baku Magnesia dan asam sulfat ini meliputi beberapa tahap operasi, yaitu :

1. Tahap Persiapan Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan yaitu magnesium oksida (MgO) dan asam sulfat (H_2SO_4). Serbuk MgO yang diperoleh dari PT. UNIKEMIKA Asia Indonesia disimpan di silo (S-101) berkapasitas $71,0738 \text{ m}^3$ yang kemudian diangkut dengan *screw conveyor* (SC-101), dan ditumpahkan ke *bucket elevator* untuk menuju reaktor (RE-201). Sedangkan asam sulfat (H_2SO_4) yang diperoleh dari PT. Insoclay Acidatama Indonesia dengan konsentrasi 98% (v/v) disimpan di tangki penyimpanan (T-101) dengan kapasitas $291,0112 \text{ m}^3$. Asam sulfat ini dipompakan ke *solution tank* (ST-101) untuk diencerkan menjadi 22 % (v/v), lalu dipompakan menuju reaktor (RE-201)

2. Tahap Reaksi

Tahap reaksi ini berlangsung di reaktor CSTR (RE-201) pada suhu 80°C dan tekanan 1 atm selama 30 menit, dengan reaksi :



Reaktor dilengkapi dengan pengaduk dan koil pendingin. Adapun fungsi dari pengaduk adalah untuk membuat seluruh umpan yang masuk dapat bercampur dengan sempurna. Faktor tumbukan dipengaruhi oleh sifat

pencampuran pereaksi. Jika pereaksi tidak saling melarutkan atau tidak bercampur dengan sempurna maka pengaduk sangat dibutuhkan. Sedangkan koil pendingin pada reaktor ini berfungsi sebagai penyerap panas, dan juga sebagai penstabil suhu reaktor akibat reaksi eksotermis.

3. Tahap Pemisahan (*Finishing*)

Produk Magnesium Sulfat hasil reaksi di reaktor (RE-201) ini dipisahkan dari *impurities* di *Rotary Drum Vacuum Filter* (RDVF-301) dengan kondisi operasi tekanan uap (ΔP) = 4 inHg dan suhu (T) = 80 °C. Selain itu RDVF ini menggunakan tekanan *vacuum* yaitu 2 - 26 inHg (Brown, 1950; 555). *Impurities* yang berupa *cake* ini memiliki kandungan CaO, MgO, SiO₂, CaSO₄, Fe₂O₃, dan Al₂O₃ akan dibawa ke UPL, sedangkan produk Magnesium Sulfat dipekatkan dalam *Tripple Effect Evaporator*. Alasan pemilihan jumlah evaporator berjumlah 3 buah adalah karena berdasarkan pertimbangan ekonomis, dimana harga steam yang dihemat selama 3 tahun masa operasi lebih besar daripada harga pengadaan 3 buah evaporator, koleh karena itu dipilih jumlah evaporator sebanyak 3 buah. Jenis evaporator yang dipakai adalah *Short Tube Vertical Evaporator* dikarenakan untuk fluida dengan viskositas < 10 cP, evaporator inilah yang cocok untuk diapakai (Tabel 4-7 Ulrich, 1984). Kondisi Operasi evaporator 1 yaitu Temperatur umpan = 80°C, Temperatur evaporator (T1) = 54,1723 °C, Temperatur referensi = 25°C dan Pdesign = 24,5896 psi. Kondisi Operasi evaporator 2 yaitu Temperatur umpan (T1) = 54,1723°C, Temperatur evaporator (T2) = 72,9769 °C, dan P design = 32,4625 psi. Kondisi Operasi evaporator 3 yaitu Temperatur umpan (T2) = 72,9769 °C, Temperatur evaporator (T3)

= 96,1599 °C, dan $P_{design} = 23,7711$ psi. Larutan pekat ini kemudian didinginkan di *crystallizer* (CR-301) pada suhu 23,2311 °C untuk membentuk kristal $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ alasan digunakan pendinginan untuk kristalisasi adalah pendinginan menghasilkan yield yang lebih besar (Mullin, 2001: 321). Mekanisme kristalisasi terdiri dari dua tahap, yaitu nukleasi dan pertumbuhan kristal. Potensial pendorong untuk kedua tahap itu ialah kelewatjenuhan atau supersaturasi. Baik nukleasi maupun pertumbuhan kristal tidak dapat berlangsung di dalam larutan jenuh atau tidak jenuh. Proses pembuatan larutan supersaturasi dapat dilakukan dengan berbagai cara, antara lain sebagai berikut :

- Pendinginan larutan

Pendinginan larutan dilakukan dengan cara mendinginkan larutan yang akan dikristalisasi sampai keadaan lewat jenuh tercapai disaat konsentrasi larutan lebih tinggi daripada konsentrasi larutan lewat jenuh pada suhu itu.

- Penguapan solven

Penguapan solven dilakukan dengan tujuan konsentrasi solut akan meningkat dan dapat melewati konsentrasi jenuhnya pada suhu tertentu. Larutan diuapkan dalam evaporator untuk dipekatkan lalu dikristalkan dengan pendinginan.

- Penambahan senyawa lain

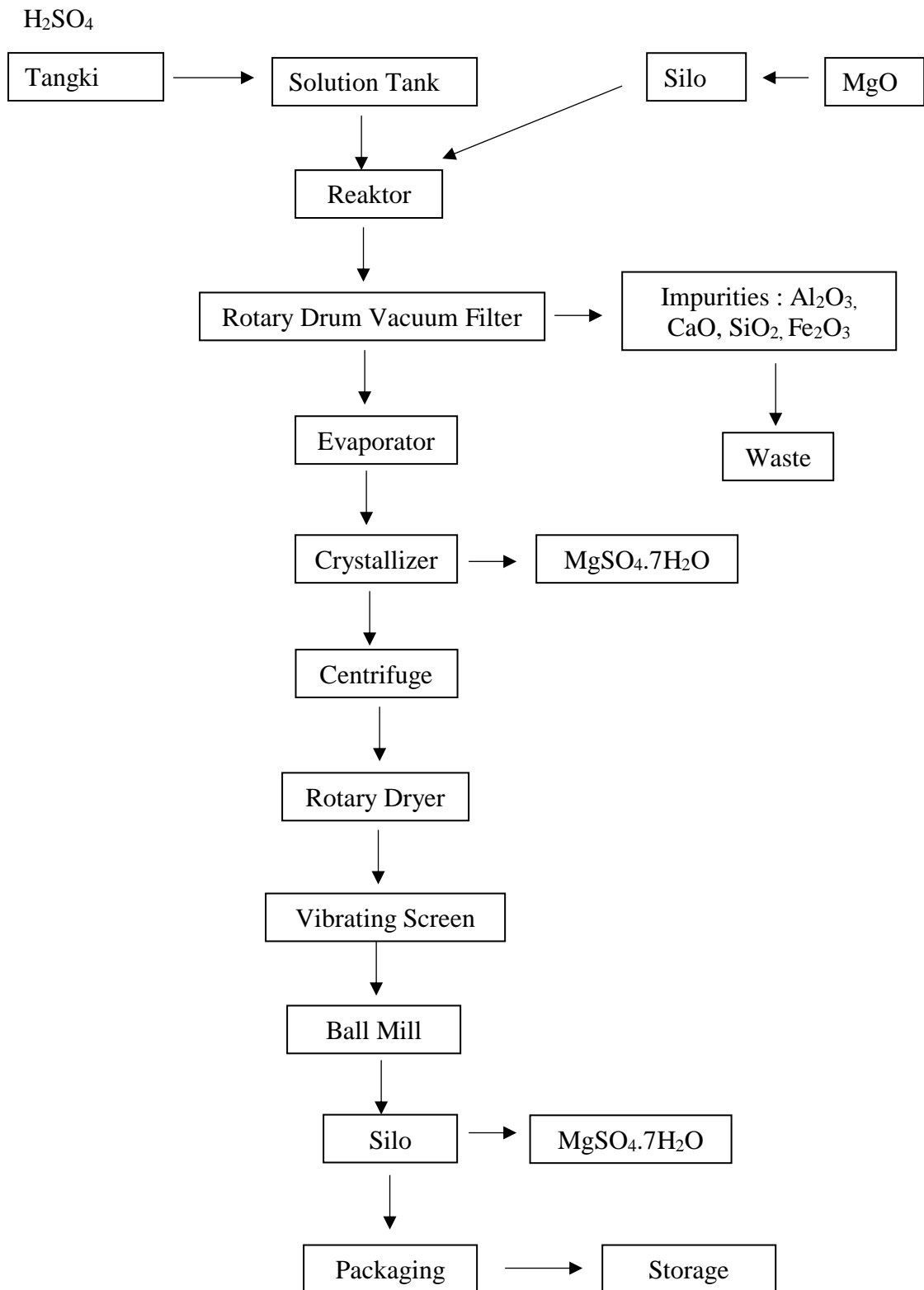
Penambahan senyawa lain dapat mengubah kelarutan senyawa dalam suatu solven menjadi lebih kecil, sehingga dapat berubah menjadi supersaturasi.

- Evaporasi adiabatik

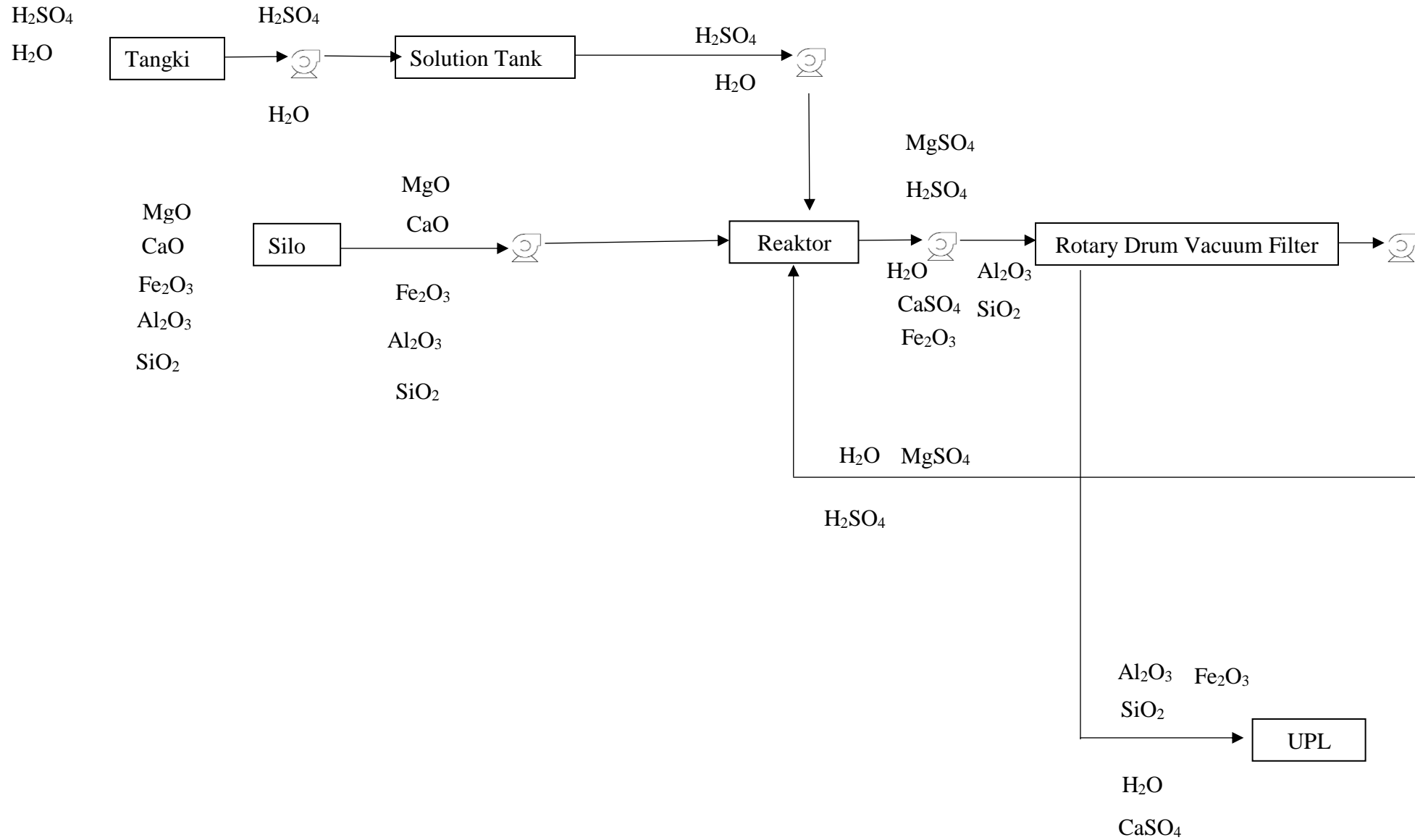
Dalam keadaan panas bila larutan dimasukkan ke dalam ruang vakum, maka akan terjadi penguapan dengan sendirinya karena tekanan total lebih rendah dibandingkan tekanan uap solven tersebut. Penguapan ini mengambil energi dari larutan itu sendiri. Penguapan dan turunnya suhu diikuti proses kristalisasi. Partikel kristal yang dominan adalah sebesar 1,0756 mm dan partikel rata-rata, L_a adalah 1,3158 mm. Kapasitas *Crystallizer* adalah 5,1242 m³ dengan waktu kristalisasi 0,6309 jam.

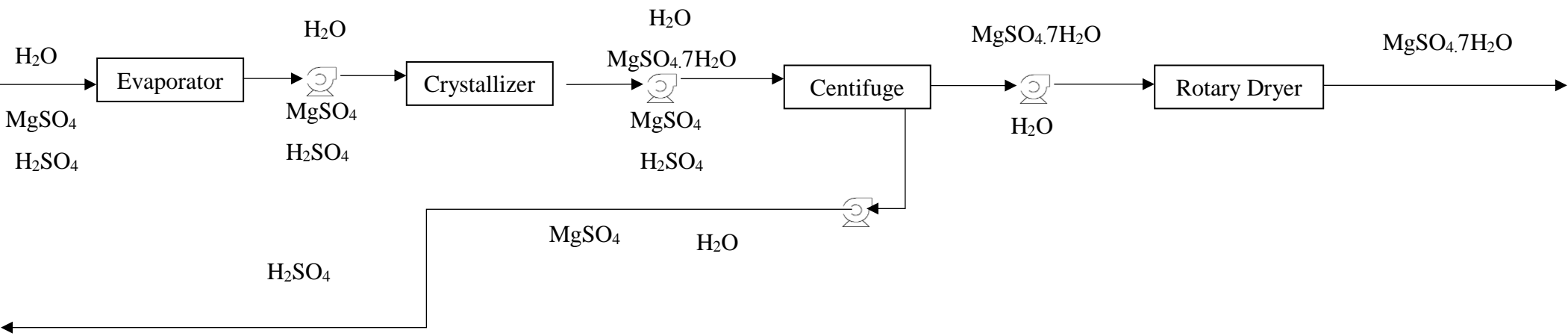
Kristal yang terbentuk disaring di *centrifuge* untuk memisahkan kristal dengan *mother liquor* dengan kondisi operasi $P = 1$ atm dan $T = 50^\circ\text{C}$. *Mother liquor* ini dikembalikan ke reaktor (RE-201) sedangkan kristal yang terbentuk kemudian dikeringkan sampai kadar airnya 0,2% di dalam *Rotary Dryer* (RD-301). Kondisi operasi dalam *Rotary Dryer* yaitu Temperatur Umpan = 23,2311 °C, Temperatur Produk = 30 °C, Temperatur Udara Masuk = 100 °C, Temperatur Udara Keluar = 42,0462 °C, Temperatur bola basah di dalam *dryer* = 25,4009 °C. Hasil keluaran *Rotary Dryer* berupa butiran garam Magnesium Sulfat Heptahidrat (*Epsom Salt*), kemudian disaring di *Vibrating Screen*. Ukuran kristal yang tidak lolos dalam *Vibrating Screen* (VC-301) akan diperkecil ukurannya di *Ball Mill* (BM-301). Kristal ini diangkut menuju silo (S-401), lalu diproses dalam unit pengkantongan dengan ukuran 25 kg/kantong dan dikirim ke *Warehouse* (W-401) untuk disimpan sementara sebelum dijual.

2.5. Diagram Alir Proses

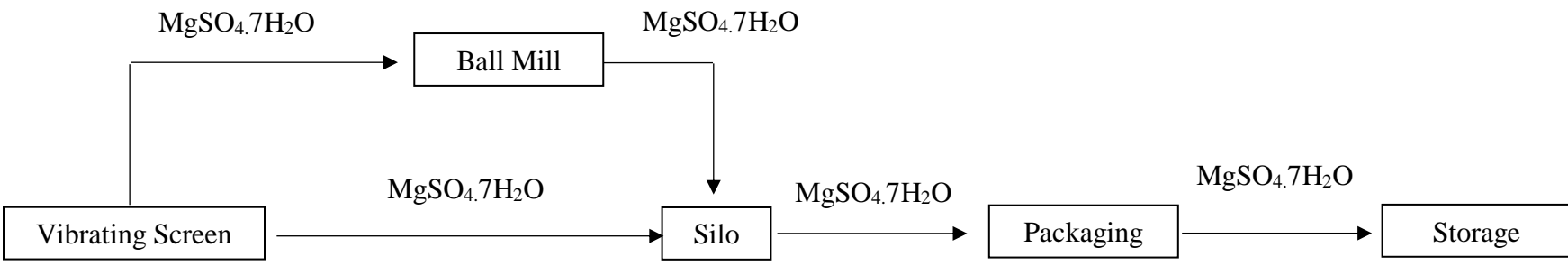


2.6. Blok Diagram Proses





Gambar 2.4. Diagram Alir Pabrik Magnesium Sulfat Heptahidrat



BAB III
SPEKIFIKASI BAHAN DAN PRODUK

3.1. Spesifikasi Bahan Baku

1. Magnesium Oksida

Sifat-Sifat fisik Magnesium Oksida :

Rumus Molekul	: MgO
Berat Molekul	: 40 gr/mol
Wujud	: Padatan (Granular 1 mm - 10 mm)
Warna	: Putih
Titik Leleh	: 2.800 °C pada 1 atm
Titik Didih	: 3.600 °C pada 1 atm
Densitas	: 3,58 g/cm ³
Kapasitas panas	: 0,92885 kJ/mol.K
ΔH_f°	: -143,84 kJ/mol
ΔG_f°	: -596,3 kJ/mol
Konduktivitas Panas	: 60 W/m.K pada 27°C
<i>Aqueous Solubility</i> , g/100ml	: 0,00062 (20 °C) ; 0,0086 (30 °C)
Komposisi	: 93,73 % MgO; 2,03 % CaO; 0,43% Fe ₂ O ₃ ; 0,38% Al ₂ O ₃ ; 3,43% SiO ₂

2. Asam Sulfat (*Sulfuric Acid*)

Rumus Molekul	: H_2SO_4
Berat Molekul	: 98 g/mol
Wujud	: Cairan
Warna	: Putih bening
Titik Didih, pada 1 atm	: 340 °C pada 1 atm
Titik Lebur, pada 1 atm	: 10,5 °C pada 1 atm
Densitas, pada 25 °C	: 1,834 g/cm ³
Kapasitas panas, Cp	: 0,3404 kkal/mol.K
ΔH_f°	: -193,69 kJ/mol
ΔG_{298}°	: -689,9 kJ/mol
Komposisi	: 98% H_2SO_4 ; 2% H_2O

3.2. Spesifikasi Bahan Pembantu

1. Air

Rumus Molekul	: H_2O
Berat Molekul	: 18 g/gmol
Wujud	: Cairan
Warna	: Jernih
Titik Didih, pada 1 atm	: 100 °C
Titik Beku, pada 1 atm	: 0 °C
Densitas	: 0,9997 - 1 g/cm ³
Kapasitas panas, Cp	: 4,192 kJ/kg.K

ΔH_f° : -68,3174 kJ/mol

2. Ammonia Refrigerant

Rumus molekul : NH_3

Berat molekul : 17 kg/kmol

Wujud : Gas

Warna : Tak berwarna

Titik didih : -33,34 °C (murni, 1 atm)

Titik beku : -77,73 °C

Temperatur kritis : 132,6 °C

Tekanan kritis : 111,2 atm

Densitas : 681,9 kg/m³

ΔH_f° : -11.013 kcal/kmol

ΔG_f° : -91.820 kcal/kmol

3.3. Spesifikasi Produk

Magnesium Sulfat Heptahidrat / *Epsom Salt* ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)

Rumus Molekul : $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

Berat Molekul : 246,66 g/mol

Wujud : Kristal

Warna : Bening

Sistem Kristal : *Orthorhombic*

Ukuran Partikel Produk	: 0,1 – 1,0 mm (CAS no.10034-99-8, EINECS no.231-298-2)
Titik Didih	: ± 150 °C pada 1 atm
Densitas	: 1,678 g/cm ³
Indeks Refraksi	: 1,4325; 1,4554; 1,4609
Kapasitas panas, Cp	: 89 kal/mol.K
ΔH_f°	: -304,94 kJ/mol
ΔG°_{298}	: -1170,6 kJ/mol
Komposisi	: 99% MgSO ₄ .7H ₂ O; 0,244 % H ₂ O; 0,549% MgSO ₄ ; 0,207% H ₂ SO ₄ .

(Ekmekyapar,1991)

3.4. Spesifikasi *Impurities* (Pengotor)

1. Kalsium Oksida (CaO)

Sifat-Sifat fisik Kalsium Oksida:

Rumus Molekul	: CaO
Berat Molekul	: 56,08 gr/mol
Wujud	: Padatan
Warna	: Putih
Titik Leleh	: 2.570 °C pada 1 atm
Titik Didih	: 2.850 °C pada 1 atm
Densitas	: 3,32 g/cm ³
ΔH_f°	: -635 kJ/mol
<i>Aqueous Solubility</i> , g/100ml	: 0,173 (20 °C) ; 0,256 (30 °C)

Komposisi : 93,73 % MgO; 2,03 % CaO; 0,43% Fe₂O₃;
0,38% Al₂O₃; 3,43% SiO₂

2. Silika Dioksida (SiO₂)

Sifat-Sifat fisik Silika Dioksida:

Rumus Molekul : SiO₂

Berat Molekul : 60,08 gr/mol

Wujud : Padatan

Warna : Putih

Titik Leleh : 1.710 °C pada 1 atm

Titik Didih : 2.230 °C pada 1 atm

Densitas : 2,32 g/cm³

Aqueous Solubility , g/100ml : *insoluble*

Komposisi : 93,73 % MgO; 2,03 % CaO; 0,43% Fe₂O₃;
0,38% Al₂O₃; 3,43% SiO₂

3. Iron (III) Oxide (Fe₂O₃)

Sifat-Sifat fisik Iron (III) Oxide:

Rumus Molekul : Fe₂O₃

Berat Molekul : 159,69 gr/mol

Wujud : Padatan

Warna : Putih

Titik Leleh : 1.539 °C pada 1 atm

Densitas	: 5,242 g/cm ³
<i>Aqueous Solubility</i> , g/100ml	: <i>insoluble</i>
Komposisi	: 93,73 % MgO; 2,03 % CaO; 0,43% Fe ₂ O ₃ ; 0,38% Al ₂ O ₃ ; 3,43% SiO ₂

4. Alumunium Oksida (Al₂O₃)

Sifat-Sifat fisik Alumunium Oksida:

Rumus Molekul	: Al ₂ O ₃
Berat Molekul	: 101,961 gr/mol
Wujud	: Padatan
Warna	: Putih
Titik Leleh	: 1990 °C pada 1 atm
Titik Didih	: 2.210 °C pada 1 atm
Densitas	: 3,99 g/cm ³
<i>Aqueous Solubility</i> , g/100ml	: <i>insoluble</i>
Komposisi	: 93,73 % MgO; 2,03 % CaO; 0,43% Fe ₂ O ₃ ; 0,38% Al ₂ O ₃ ; 3,43% SiO ₂

5. Kalsium Sulfat (CaSO₄)

Sifat-Sifat fisik Kalsium Sulfat:

Rumus Molekul	: CaSO ₄
Berat Molekul	: 136,14 gr/mol
Wujud	: Padatan

Warna	: Putih
Titik Didih / Lebur	: 1460 °C pada 1 atm
Densitas	: 2,96 g/cm ³ (anhidrat)
<i>Aqueous Solubility</i> , g/100ml	: 0,21 (20 °C)
Komposisi	: 97,5% MgSO ₄ .7H ₂ O; 0,874 % H ₂ O; 0,987% MgSO ₄ ; 0,639% H ₂ SO ₄

BAB IV

NERACA MASSA DAN NERACA ENERGI

Perhitungan neraca massa berdasarkan kapasitas produksi yang telah ditetapkan :

Basis perhitungan : 1 jam operasi

Kapasitas produksi : 50.000 ton/tahun

Operasi pabrik : 330 hari /tahun

Kapasitas produksi : $\frac{50.000 \text{ ton}}{1 \text{ tahun}} \times \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ ton}} \times \frac{1 \text{ tahun}}{330 \text{ hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}}$

: 6.313,1313 kg/jam

4.1. NERACA MASSA

1. Solution Tank (ST 101)

Tabel 4.1. Neraca Massa di *Solution Tank* (ST-101)

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)
	Aliran 1	Aliran 2	Aliran 3
MgSO ₄ .7H ₂ O	0	0	0
H ₂ O	49,8360	8.035,1986	8.085,0346
MgSO ₄	0	0	0
H ₂ SO ₄	2.441,9636	0	2.441,9636
Total	2.491,7996	8.035,1986	10.526,9982
	10.526,9982		

2. Mix Point (MP-101)

Tabel 4.2. Neraca Massa di *Mix Point* (MP-101)

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)
	Aliran 3	Aliran 18	Aliran 4
MgSO ₄ .7H ₂ O	0	0	0
H ₂ O	8.085,0346	1.658,1581	9.743,1927
MgSO ₄	0	719,9505	719,9505
H ₂ SO ₄	2.441,9636	349,6402	2.791,6038
Total	10.526,9982	2.727,7488	13.254,7470
	13.254,7470		

3. Reaktor (RE-201)

Tabel 4.3. Neraca Massa di Reaktor (RE-201)

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)
	Aliran 4	Aliran 5	Aliran 6
H ₂ O	9.743,1927	0	10.244,9710
MgSO ₄	719,9505	0	4.017,6429
H ₂ SO ₄	2.791,6038	0	16,1700
MgO	0	1.077,2462	21,5449
CaO	0	23,3309	1,1665
Fe ₂ O ₃	0	4,9420	4,9420
Al ₂ O ₃	0	4,3674	4,3674
SiO ₂	0	39,4213	39,4213
CaSO ₄	0	0	53,8288
Total	13.254,7470	1.149,3078	14.404,0548
	14.404,0548		

4. Rotary Drum Vacum Filter (RDVF-301)

Tabel 4.4. Neraca Massa di *Rotary Drum Vacum Filter* (RDVF-301)

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)	
	Aliran 6	Aliran 9	Aliran 7	Aliran 8
H ₂ O	10.244,9710	123,1018	507,5481	9.860,5247
MgSO ₄	4.017,6429	51,6101	212,7823	3.856,4707
H ₂ SO ₄	16,1700	0,1840	0,7211	17,0751
MgO	21,5449	0	21,5449	0
CaO	1,1665	0	1,1665	0
Fe ₂ O ₃	4,9420	0	4,9420	0
Al ₂ O ₃	4,3674	0	4,3674	0
SiO ₂	39,4213	0	39,4213	0
CaSO ₄	53,8288	0	53,8288	0
Total	14.404,0548	174,8959	844,8802	13.734,0705
	14.578,9507		14.578,9507	

5. Mix Point (MP-301)

Tabel 4.5. Neraca Massa di *Mix Point* (MP-301)

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)	
	Aliran 8	Aliran 9	Aliran 9	Aliran 10
MgSO ₄ .7H ₂ O	0	0	0	0
H ₂ O	9.666,3971	123,1092	9.239,1455	
MgSO ₄	4052,4986	51,6118	3955,8785	
H ₂ SO ₄	13,7326	0,1749	362,7084	
Total	13.732,6283	174,8959	11.659,7314	
			13.732,6283	

6. *Evaporator* Efek I (EV-301)

Tabel 4.6. Neraca Massa di *Evaporator* Efek I (EV-301)

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)	
	Aliran 10	Aliran 11	Aliran 11	Aliran 12
MgSO ₄ .7H ₂ O	0	0	0	0
H ₂ O	9.239,1455	8.219,1440	8.219,1440	1.020,0016
MgSO ₄	3955,8785	3955,8785	3955,8785	0
H ₂ SO ₄	362,7084	362,7084	362,7084	0
Total	13.557,7325	12.537,7309	12.537,7309	1.020,0016
			13.557,7325	

7. *Evaporator* Efek II (EV-302)

Tabel 4.7. Neraca Massa di *Evaporator* Efek II (EV-302)

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)	
	Aliran 11	Aliran 13	Aliran 13	Aliran 14
MgSO ₄ .7H ₂ O	0	0	0	0
H ₂ O	8.219,1440	6.859,1419	6.859,1419	1.360,0021
MgSO ₄	3955,8785	3.955,8785	3.955,8785	0
H ₂ SO ₄	362,7084	362,7084	362,7084	0
Total	12.537,7309	11.177,7288	11.177,7288	1.360,0021
			12.537,7309	

8. *Evaporator* Efek III (EV-303)

Tabel 4.8. Neraca Massa di *Evaporator* Efek III (EV-303)

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)	
	Aliran 13	Aliran 15	Aliran 15	Aliran 16
MgSO ₄ .7H ₂ O	0	0	0	0
H ₂ O	6.859,1419	5.088,9720	5.088,9720	0
MgSO ₄	3.955,8785	3.955,8785	3.955,8785	0
H ₂ SO ₄	362,7084	362,7084	362,7084	0
Total	11.177,7288	9.407,5589	9.407,5589	1.770,1699
			11.177,7288	

9. Centrifuge (CF-301)

Tabel 4.9. Neraca Massa di *Centrifuge* (CF-301)

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)	
	Aliran 17	Aliran 18	Aliran 18	Aliran 19
MgSO ₄ .7H ₂ O	6.250,0000	0	6.250,0000	
H ₂ O	2040,2409	1658,1581	382,0828	
MgSO ₄	754,6096	719,9505	34,6591	
H ₂ SO ₄	362,7084	349,6402	13,0682	
Total	9.407,5589	2.727,7488	6.679,8101	9.407,5589

10. Crystallizer (CR-301)

Tabel 4.10. Neraca Massa di *Crystallizer* (CR-301)

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)	
	Aliran 15	Aliran 17	Kristal	Mother Liquor
MgSO ₄ .7H ₂ O	0	6.250,0000	0	0
H ₂ O	5241,4909	0	2040,2409	
MgSO ₄	3803,3596	0	754,6096	
H ₂ SO ₄	362,7084	0	362,7084	
Total	9407,5589	6.250,0000	3157,5589	9407,5589

11. Rotary Dryer (RD-301)

Tabel 4.11. Neraca Massa di *Rotary Dryer* (RD-301)

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)	
	Aliran 19	Aliran 20	Aliran 21	Aliran 22
MgSO ₄ .7H ₂ O	6250,0000	0	0	6250,0000
H ₂ O	382,0828	303,0910	669,7697	15,4040
MgSO ₄	34,6591	0	0	34,6591
H ₂ SO ₄	13,0682	0	0	13,0682
Total	6.679,8101	303,0910	669,7697	6.313,1313
	6.982,9011		6.982,9011	

12. Vibrating Screen (VS-401)

Tabel 4.12. Neraca Massa di *Vibrating Screen* (VS-401)

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)	
	Aliran 22	Aliran 24	Aliran 23	Aliran 25
MgSO ₄ .7H ₂ O	6250,0000	312,5000	312,5000	6250,0000
H ₂ O	15,4040	0,7702	0,7702	15,4040
MgSO ₄	34,6591	1,7330	1,7330	34,6591
H ₂ SO ₄	13,0682	0,6534	0,6534	13,0682
Total	6.313,1313	315,6566	315,6566	6.313,1313
		6.628,7879	6.628,7879	

13. Ball Mill (BM-401)

Tabel 4.13. Neraca Massa di *Ball Mill* (BM-401)

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)
	Aliran 23	Aliran 24
MgSO ₄ .7H ₂ O	312,5000	312,5000
H ₂ O	0,7702	0,7702
MgSO ₄	1,7330	1,7330
H ₂ SO ₄	0,6534	0,6534
Total	315,6566	315,6566

4.2. NERACA ENERGI

1. *Solution Tank* (ST 101)

Tabel 4.14. Neraca Panas *Solution Tank* (ST-101)

Panas Masuk		Panas Keluar	
Keterangan	kJ/jam	Keterangan	kJ/jam
Q ₁	25.413,85		
Q ₂	161.174,76	Q ₃	1.825.486,68
Q _{pengenceran}	1.638.898,073		
TOTAL	1.825.486,68	TOTAL	1.825.486,68

2. *Mix Point* (MP-101)

Tabel 4.15. Neraca Panas *Mixing Point* (MP-101)

Panas Masuk		Panas Keluar	
Keterangan	kJ/jam	Keterangan	kJ/jam
Q ₃	1.825.486,68	Q ₄	1.812.370,47
Q ₁₈	-13.116,21		
TOTAL	1.812.370,47	TOTAL	1.812.370,47

3. Reaktor (RE-201)

Tabel 4.16. Neraca Panas Reaktor (RE-201)

Panas Masuk		Panas Keluar	
Keterangan	kJ/jam	Keterangan	kJ/jam
Q ₄	1.812.370,47		
Q ₅	5307,43	Q ₆	2.479.898,40
Q _R (353 K)	6.259.013,67		
Q _{p in}	1.839.667,49	Q _{p out}	7.436.460,66
TOTAL	9.916.359,06	TOTAL	9.916.359,06

4. Rotary Drum Vacum Filter (RDVF-301)

Tabel 4.17. Neraca Panas *Rotary Drum Vacum Filter* (RDVF-301)

Panas Masuk		Panas Keluar	
Keterangan	kJ/jam	Keterangan	kJ/jam
Q ₆	2.479.898,40	Q ₇	151.724,34
Q ₉	31.036,1498	Q ₈	2.359.210,21
TOTAL	2.510.934,55	TOTAL	2.510.934,55

5. Mix Point (MP-301)

Tabel 4.18. Neraca Panas *Mix Point* (MP-301)

Panas Masuk		Panas Keluar	
Keterangan	kJ/jam	Keterangan	kJ/jam
Q ₈	2.359.210,21	Q ₉	31.036,1498
		Q ₁₀	2.328.174,46
TOTAL	2.359.210,21	TOTAL	2.359.210,21

6. Evaporator *Triple-Effect*

Tabel 4.19. Neraca Panas Evaporator Efek I (EV-301)

Panas Masuk		Panas Keluar	
Keterangan	kJ/jam	Keterangan	kJ/jam
Q ₁₀	2.328.174,46	Q ₁₁	940.333,3965
Q _{s1}	1.914.476,33	Q ₁₂	3.302.317,3966
TOTAL	4.242.650,7931	TOTAL	4.242.650,7931

Tabel 4.20. Neraca Panas Evaporator Efek II (EV-302)

Panas Masuk		Panas Keluar	
Keterangan	kJ/jam	Keterangan	kJ/jam
Q ₁₁	940.333,3965	Q ₁₃	1.360.480,5558
Q _{S2}	2.872.880,0516	Q ₁₄	2.452.732,8923
TOTAL	3.813.213,4481	TOTAL	3.813.213,4481

Tabel 4.21. Neraca Panas Evaporator Efek III (EV-303)

Panas Masuk		Panas Keluar	
Keterangan	kJ/jam	Keterangan	kJ/jam
Q ₁₃	1.360.480,5558	Q ₁₅	1.643.580,4587
Q _{S3}	3.655.206,9642	Q ₁₆	3.372.107,0613
TOTAL	5.015.687,5200	TOTAL	5.015.687,5200

7. Crystallizer (CR-301)

Tabel 4.22. Neraca Panas *Crystallizer* (CR-301)

Panas Masuk		Panas Keluar	
Keterangan	kJ/jam	Keterangan	kJ/jam
Q ₁₅	1.643.580,4587	Q ₁₇	-29.885,8289
Q _{kristalisasi}	338.036,8750	Q _{Pout}	2.081.854,0387
Q _{Pin}	70.350,8761		
TOTAL	2.051.968,2098	TOTAL	2.051.968,2098

8. Centrifuge (CF-301)

Tabel 4.23. Neraca Panas *Centrifuge* (CF-301)

Panas Masuk		Panas Keluar	
Keterangan	kJ/jam	Keterangan	kJ/jam
Q ₁₇	-29.885,8289	Q ₁₈	-11.927,6459
		Q ₁₉	-17.958,1836
TOTAL	-29.885,8289	TOTAL	-29.885,8289

9. Rotary Dryer (RD-301)

Tabel 4.24. Neraca Panas *Rotary Dryer* (RD-301)

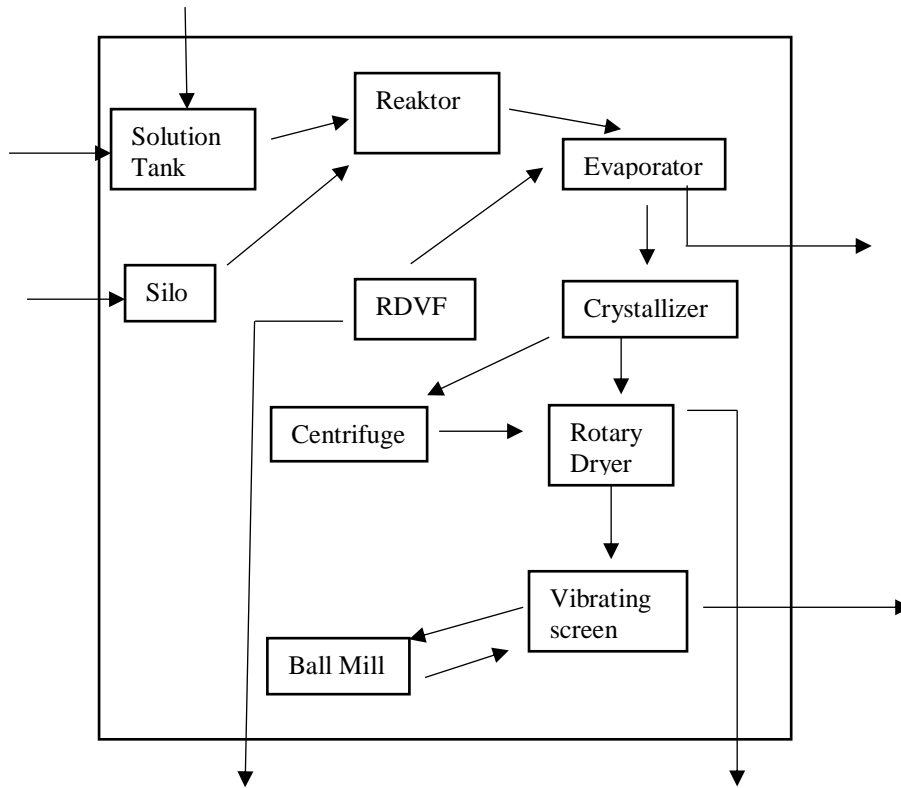
Panas Masuk		Panas Keluar	
Keterangan	kJ/jam	Keterangan	kJ/jam
H _{S1}	254.181,9259	H _{S2}	282.248,1567
H _{G2}	2.436.956,2089	H _{G1}	2.408.889,9781
TOTAL	2.691.138,1349	TOTAL	2.691.138,1349

10. Air Preheater (AP-301)

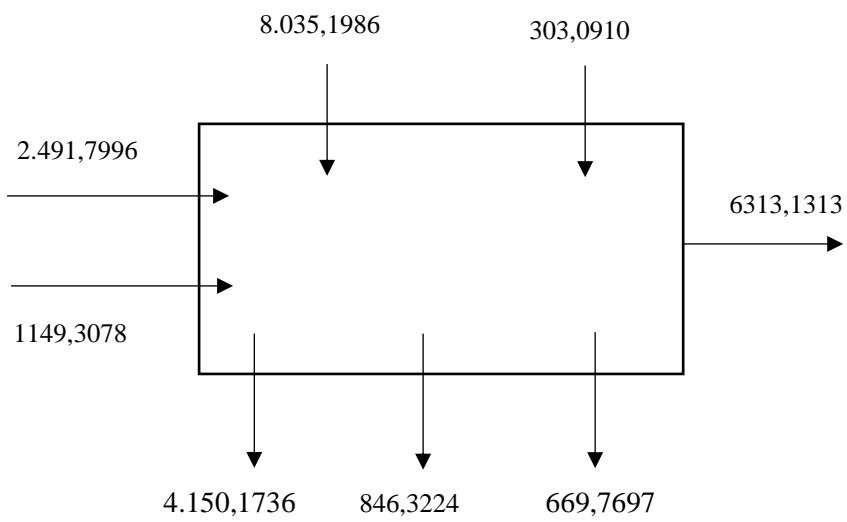
Tabel 4.25. Neraca Panas *Air Preheater* (AP-301)

Panas Masuk		Panas Keluar	
Keterangan	kJ/jam	Keterangan	kJ/jam
Q _{udara in}	1.016.758,8821	Q _{udara out}	2.436.956,209
Q _{Sin}	1.744.982,0555	Q _{Sout}	324.784,7287
TOTAL	2.761.740,9376	TOTAL	2.761.740,9376

Pembuktian Neraca Massa telah *Balance*



Gambar 4.1. Blok Diagram Aliran Neraca Massa



Gambar 4.2. Nilai Aliran Neraca Massa Proses

Tabel 4.26. Aliran Neraca Massa Proses Keseluruhan

No.	In (kg/jam)	Out (kg/jam)
1	2.491,7996	6313,1313
2	8.035,1986	669,7697
3	1.149,3078	846,3224
4	303,0910	1.020,0016
5	-	1.360,0021
6	-	1.770,1699
	11.979,3970	11.979,3970

Dari Tabel 29. Dapat disimpulkan bahwa massa masuk = massa keluar, artinya neraca massa balance.

Neraca Massa Masuk = Aliran 1 + Aliran 2 + Aliran 5 + Aliran 20

Neraca massa Masuk = 2.491,7996 + 8.035,1986 + 1.149,3078 + 303,0910

Neraca massa Masuk = **11.979,3970**

Neraca Massa Keluar = Aliran 25 + Aliran 21 + Aliran 7 + Aliran 20 + (Aliran 12 + Aliran 14 + Aliran 16)

Neraca Massa Keluar = 6313,1313 + 669,7697 + 846,3224 + (1.020,0016 + 1.360,0021 + 1.770,1699)

Neraca Massa Keluar = **11.979,3970**

BAB V

SPESIFIKASI PERALATAN

5.1. Peralatan Proses

1. Tangki Penyimpanan Asam Sulfat (T-101)

Kode Alat	: T – 101
Fungsi	: Menyimpan asam sulfat dengan laju alir 2.491,7996 kg/jam
Tipe	: Silinder tegak (vertikal) dengan dasar datar (<i>flat bottom</i>) dan atap (<i>head</i>) berbentuk <i>conical</i> .
Kapasitas	: 291,0112 m ³
Dimensi	: Diameter <i>shell</i> , D = 25 ft (7,62 m) Tinggi <i>shell</i> , H = 18 ft (5,4864 m) Tebal <i>shell</i> , t _s = 1/2 in (0,0127 m) Tipe <i>head</i> = <i>Conical</i> Tebal <i>head</i> , t _c = 3/8 in (0,0095 m) Tinggi atap = 1,889 ft (0,576 m) Tinggi total tangki, H _t = 19,889 ft (6,062 m)
Tekanan Desain	: 29,8125 psi
Bahan Konstruksi	: <i>Silicon Cast Iron</i> ASTM tipe A518

2. Silo (S-101)

Kode Alat	: S – 101
Fungsi	: Menyimpan Magnesium Oksida (MgO) dengan laju alir 1.149,3078 kg/jam selama 7 hari.
Tipe	: Silinder vertikal dengan dasar konis (<i>conical bottom</i>) dan atap datar (<i>flat head</i>).
Kapasitas	: 71,0738 m ³
Dimensi	: Diameter <i>shell</i> , D = 10 ft (3,048 m) Tinggi <i>shell</i> , H = 30 ft (9,144 m) Tebal <i>shell</i> , t _s = 1/2 in (0,0127 m) Diameter konis, d = 0,0645 ft (0,0197 m) Tinggi konis, h ₂ = 4,9677 ft (1,5142 m) Tebal <i>conical</i> , t _c = 5/8 in (0,0159 m) Tinggi Silo, H _t = 34,9677 ft (10,6582 m)
Tekanan Desain	: 21,4511 psi (1,46 atm)
Bahan Konstruksi	: <i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>

3. *Solution Tank* (ST- 101)

Kode Alat	: ST – 101
Fungsi	: Mengencerkan H ₂ SO ₄ 98% (v/v) menjadi 22% (v/v), dengan laju alir 10.526,9982 kg/jam
Tipe	: Silinder vertikal dengan dasar dan atap <i>torispherical</i> yang dilengkapi dengan pengaduk
Kapasitas	: 9,4919 m ³

Dimensi	: Diameter <i>shell</i> , D	= 6,4583 ft (1,9685 m)
	Tinggi <i>shell</i> , H	= 8,3442 ft (2,5433 m)
	Tebal <i>shell</i> , t_s	= 0,25 in (0,00635 m)
	Tinggi <i>head</i>	= 1,3693 ft (0,4173 m)
	Tebal <i>conical</i> (t_c)	= $\frac{5}{16}$ in (0,0079 m)
	Tipe pengaduk	= <i>marine propeller 3 blade</i>
	Jumlah pengaduk	= 2 buah
	Tinggi <i>solution tank</i>	= 11,0827 ft 3,3780 m)
Tekanan Desain	: 25,8443 psi (1,76 atm)	
Power Motor	: 4,2506 hp	
Bahan Konstruksi	: <i>Silicon Cast Iron</i> ASTM tipe A518	

4. *Screw Conveyor* (SC-101)

Kode Alat	: SC – 101
Fungsi	: Mengangkut Magnesium Oksida dari <i>silo</i> (S-101) menuju <i>Bucket Elevator</i> (BE-101) dengan laju alir 1.149,3078 kg/jam
Tipe	: <i>Helicoid Screw Conveyor</i>
Kapasitas	: 5 ton/jam
Dimensi	: Kecepatan <i>screw</i> = 40 rpm
	Diameter <i>flights</i> = 9 in (0,2286 m)
	Diameter pipa = 2 $\frac{1}{2}$ in (0,0635 m)
	Diameter <i>shaft</i> = 2 in (0,0508 m)
	Panjang <i>screw</i> = 30 ft (9,144 m)
Power motor	: 1 hp

Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA-212 Grade A*

5. *Bucket Elevator (BE -101)*

Kode Alat : BE – 101

Fungsi : Mengangkut Magnesium Oksida keluaran dari *Screw Conveyer (SC-101)* menuju *Hopper (HP-101)* secara vertikal dengan laju alir 1.149,3078 kg/jam

Tipe : *Spaced – Bucket Centrifugal - Discharge Elevator*

Kapasitas : 14 ton/jam

Dimensi : Lebar *Bucket* = 6 in (0,1524 m)
Projection Bucket = 4 in (0,1016 m)
 Kedalaman *Bucket* = 4,25 in (0,108 m)
 Jarak antar *Bucket* = 12 in (0,3048 m)
 Jumlah *Bucket* = 15 Buah
 Kecepatan *Bucket* = 225 ft/menit

Power motor : 2 hp

Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA-212 Grade A*

6. *Hopper (HP-101)*

Kode Alat : HP – 101

Fungsi : Menampung Magnesium Oksida keluaran dari *Bucket Elevator (BE-101)* dan mengumpulkannya ke Reaktor (*RE-201*), dengan laju alir 1.149,3078 kg/jam

Tipe : *Conical Hopper*

Kapasitas : 13,157 ft³

Dimensi : Diameter *hopper*, D = 1,84404 m

Tinggi *hopper*, H = 0,911 m

Tebal *hopper* = 0,25 in (0,00635 m)

Tekanan Desain : 21,4511 psi (1,46 atm)

Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA-283 Grade C*

7. Reactor (RE-201)

Kode Alat : RE – 201

Fungsi : Mereaksikan Magnesium Oksida dengan Asam Sulfat menghasilkan Magnesium Sulfat ($MgSO_4$)

Tipe : Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB), dengan tutup dan alas *thorispheical head*, dan dilengkapi dengan media pendingin koil.

Konversi : 98 %

Dimensi : Diameter *shell*, D = 10 ft (3,048 m)
 Tinggi total reaktor, Ht = 18 ft (5,4864 m)
 Tebal *shell*, t_s = $\frac{3}{8}$ in (0,0095 m)
 Tebal head, t_h = $\frac{3}{8}$ in (0,0095 m)
 OD koil = 2,38 in (0,0604 m)
 Lilitan Koil = 11 lilitan
 Tinggi Koil = 12,5 ft (3,81 m)
 Panjang Koil = 31,4 ft (9,57 m)

Tekanan Desain : 24,4336 psi (1,66 atm)

Bahan konstruksi : *Cast Iron A346*

8. *Rotary Drum Vacuum Filter (RDVF -301)*

Kode Alat	: RDVF – 301
Fungsi	: Memisahkan padatan Magnesium Oksida dari <i>slurry</i> keluaran dari Reaktor
Tipe Alat	: <i>Rotary Drum Vacuum Filter</i>
Kondisi Operasi	: Tekanan = 4 inHg Temperatur = 80°C
Dimensi	: Diameter alat, D = 1 m Lebar alat, L = 2,2 m Luas permukaan filtrasi, A = 1,44 m ²
Daya Motor	: 2 Hp

9. *Evaporator Multieffect (EV-301)*

a. *Evaporator Effect I*

Kode Alat	: EV – 301
Fungsi	: Memekatkan larutan MgSO ₄ keluaran dari Reaktor (RE-301)
Tipe Alat	: <i>Vertikal short tube evaporator</i> dengan tutup standar <i>dished head</i>
Kondisi Operasi	: Tekanan, P _{design} = 24,5896 psi Temperatur = 54,1723 °C
Kapasitas	: 21,7936 m ²
Dimensi	: Diameter <i>shell</i> , D = 6,4795 ft (1,9750 m) Tinggi <i>shell</i> , H = 20,3044 ft (6,1889 m)

Tebal <i>shell</i> , t_s	= $\frac{3}{8}$ in (0,0095 m)
Tebal <i>head</i> , t_h	= $\frac{3}{8}$ in (0,0095 m)
OD <i>tube</i>	= 0,75 in (0,0191 m) 16 BWG
Panjang <i>tube</i>	= 5 ft (1,524 m)
Jumlah <i>tube</i>	= 239 <i>tube</i>

Bahan Kontruksi : *Carbonsteel SA 212 Grade A*

b. *Evaporator Effect II (EV – 302)*

Kode Alat	: EV – 302
Fungsi	: Memekatkan kembali larutan $MgSO_4$ dari <i>Evaporator Effect I (EV-301)</i> .
Tipe Alat	: <i>Vertikal Short Tube Evaporator</i> dengan tutup standar <i>Dished Head</i>
Kondisi Operasi	: Tekanan, P_{design} = 32,4625 psi Temperatur = 72,9769 °C
Kapasitas	: 21,7936 m ²
Dimensi	: Diameter <i>shell</i> , D = 5,9202 ft (1,8045 m) Tinggi <i>shell</i> , H = 31,8632 ft (9,712 m) Tebal <i>shell</i> , t_s = $\frac{3}{8}$ in (0,0095 m) Tebal <i>head</i> , t_h = $\frac{7}{16}$ in (0,0111 m) OD <i>tube</i> = 0,75 in 16 BWG Panjang <i>tube</i> = 5 ft (1,524 m) Jumlah <i>tube</i> = 239 <i>tube</i>

Bahan Kontruksi : *Carbonsteel SA 212 Grade A*

c. *Evaporator Effect III (EV -303)*

Kode Alat	: EV – 303
Fungsi	: Memekatkan kembali larutan MgSO ₄ dari <i>Evaporator Effect II (EV-302)</i> .
Tipe Alat	: <i>Vertikal short tube evaporator</i> dengan tutup standar <i>dished head</i>
Kondisi Operasi	: Tekanan, P_{design} = 43,7148 psi Temperatur = 96,1599 °C
Kapasitas	: 21,7936 m ²
Dimensi	: Diameter <i>shell</i> , D = 10,5881 ft (3,2272 m) Tinggi <i>shell</i> , H = 34,739 ft (10,5884 m) Tebal <i>shell</i> , t_s = $\frac{5}{16}$ in (0,0079 m) Tebal <i>head</i> , t_h = $\frac{3}{8}$ in (0,0095 m) OD <i>tube</i> = 0,75 in 16 BWG Panjang <i>tube</i> = 5 ft (1,524 m) Jumlah <i>tube</i> = 239 <i>tube</i>
Pemanas	: <i>Saturated Steam</i>
Bahan Kontruksi	: <i>Carbonsteel SA 212 Grade A</i>

10. *Barometric Condenser*

Fungsi	: Mengembunkan uap air yang keluar dari <i>Evaporator Effect I (EV-301)</i>
Jenis	: <i>Counter Current Barometric Condenser</i>
Dimensi	: Diameter <i>condenser</i> , D = 1,6586 ft (0,5054 m)

Tinggi badan *condenser* = 5 ft (1,52 m)

Tinggi kolom *barometric* = 34 ft (10,4 m)

Jumlah air pendingin = 43.535,1434 kg/jam

Diameter pipa : 10 in, *Schedule 40*

11. *Crystallizer* (CR- 301)

Kode Alat : CR – 301

Fungsi : Membentuk kristal $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

Tipe Alat : *Continuous Stirred Tank Crystallizer*

Kondisi Operasi : Tekanan, P_{design} = 19,2808 psi

Temperatur = 23,2311 °C

Kapasitas : 5,1242 m³

Dimensi : OD = 8,02 ft (2,45 m)

Tinggi *shell*, H = 8 ft (2,438 m)

Tebal *shell*, t_s = $\frac{3}{16}$ in (0,0048 m)

Tebal *head*, t_h = $1 \frac{7}{8}$ in (0,0454 m)

Tipe pengaduk = 6 *flat blades turbine inclined 45°*

Jumlah pengaduk = 4 buah

Daya pengaduk = 4,5479 hp

OD koil = 0,840 in (0,0213 m)

Panjang koil = 468,46 ft (142,79 m)

Lilitan koil = 13 putaran (1 set)

Tinggi koil = 21,84 in (0,555 m)

ID Koil = 0,622 in (0,0158 m)

Pendingin : *Ammonia refrigerant*

Bahan Kontruksi : *Stainless steel SA 167 Grade 11 Type 316*

Waktu Kristalisasi: 0,6309 jam

12. *Centrifuge (CF- 301)*

Kode Alat : CF – 301

Fungsi : Memisahkan kristal yang keluar di *crystalizer* (CR-301) dari *mother liquor*, dengan laju alir 9.037,89 kg/jam

Tipe Alat : *Scroll– Discharge Solid Bowl Centrifuge*

Kapasitas : 0,2585 m³

Dimensi : Diameter *bowl*, $d_B = 24$ in (0,6096 m)

Panjang *bowl*, $b = 48$ in (1,2192 m)

Luas *centrifuge*, $\Sigma = 4.520,822$ m²

Waktu tinggal (t_T) = 165,5706 detik

Daya Motor : 125 hp

13. *Screw Conveyor (SC-301)*

Kode Alat : SC – 301

Fungsi : Mengalirkan produk kristal magnesium sulfat heptahidrat dari *Centrifuge* (CF-301) ke *Rotary Dryer* (RD-301), dengan laju alir 6.679,8101 kg/jam

Tipe : *Helicoid Screw Conveyor*

Kapasitas : 159,2526 ft³/jam

Dimensi : Kecepatan *screw* = 40 rpm

Diameter *flights* = 9 in

Diameter pipa = $2\frac{1}{2}$ in

Diameter *shaft* = 2 in

Panjang *screw* = 30 ft

Power motor : 1 hp

Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA 212 Grade A*

14. *Fan* (FN-301)

Kode Alat : FN-301

Fungsi : Mengalirkan udara dan uap air dari dalam *Rotary Dryer*

Tipe : *Centrifugal Multiblade Backward Curved Fan*

Kondisi operasi : P = 3 in. H₂O

T = 315,03 K

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA 212 Grade A*

Daya : 2 hp

15. *Blower* (BL -301)

Kode Alat : BL-301

Fungsi : Mengalirkan udara dan uap air dari dalam *Rotary Dryer*

Tipe : *Centrifugal Multiblade Backward Curved Fan*

Kondisi operasi : P = 3 in. H₂O

T = 315,03 K

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA 212 Grade A*

Daya : 5,6 hp

16. Air Preheater (AP-301)

Kode Alat : AP-301

Fungsi : Memanaskan udara *Rotary Dryer* (RD-301) dari 30 °C menjadi 120 °C dengan menggunakan *saturated steam*.

Tipe Alat : *Shell and Tube Heater*

Dimensi	<i>Shell</i>	<i>Tube</i>
ID	: 13 1/4 in	OD : ¾ in
Crosses	: 1	ID : 0,482 in
ΔP_s	: 0,0353 psi	BWG : 10
<i>Baffle Space</i>	: 2,65 in	Panjang <i>tube</i> , L (ft) : 20
		a" (ft ² /lin ft) : 0,1963
		ΔP_t : 0,0018 psi
	$\Delta TLMTD$: 52,89 °F	
	A : 409,011 ft ²	
	U_c : 17,044 Btu/jam ft ² °F	
	R_d : -0,0423 jam ft ² °F/Btu	
Bahan konstruksi	<i>Stainless Steel (Austenitic)</i> AISI tipe 316	

17. Rotary Dryer (RD-301)

Kode Alat : RD-301

Fungsi : Menguapkan air yang ada di dalam Kristal Magnesium Sulfat Heptahidrat hingga mencapai kadar air yang diinginkan

Luas Penampang : $17,7901 \text{ ft}^2$

Kondisi operasi : Tekanan desain, $P = 17,6352 \text{ psi}$
Temperatur, $T = 30 \text{ }^\circ\text{C}$

Luas penampang : $17,7901 \text{ ft}^2$

Dimensi : Diameter, $D = 1,4504 \text{ m}$
Panjang, $L = 13,0949 \text{ m}$
Tebal *shell / flight* = $\frac{3}{16} \text{ in} = 0,0048 \text{ m}$
Jumlah *flight* = 12 flight
Tinggi *flight* = $0,1813 \text{ m}$
Jarak antar *flight* = $0,3798 \text{ m}$
Jumlah putaran = $6,3047 \text{ rpm}$
Waktu tinggal = $23,3003 \text{ menit}$

Daya motor : $15,1816 \text{ hp}$

Bahan konstruksi : *Carbonsteel SA 105 I*

18. *Screw Conveyor (SC-302)*

Kode Alat : SC – 302

Fungsi : Mengalirkan produk kristal Magnesium Sulfat
Heptahidrat dari *Rotary Dryer (RD-301)* ke *Vibrating Screen (VS-401)*, dengan laju alir $6.679,8101 \text{ kg/jam}$

Tipe : *Helicoid Screw Conveyor*

Kapasitas : $159,2526 \text{ ft}^3/\text{jam}$

Dimensi : Kecepatan *screw* = 40 rpm
Diameter *flights* = $9 \text{ in} (0,2286 \text{ m})$

Diameter pipa = 2 1/2 in (0,0635 m)

Diameter *shaft* = 2 in (0,0508 m)

Panjang *screw* = 30 ft (9,144 m)

Power motor : 1 hp

Bahan konstruksi : *Carbonsteel SA 212 Grade A*

19. *Vibrating Screen* (VC-401)

Kode Alat : VC-401

Fungsi Alat : Untuk memisahkan kristal Magnesium Sulfat Heptahidrat yang *oversize* dari produk

Tipe : *Electrical Vibrated Hum-mer Screen*

Dimensi : Ukuran *mesh* = 150 (0,105 mm)

Diameter partikel (Dp) = 0,1 mm > Dp > 100 μm

Panjang *screen* (L) = 3 m (10 ft)

Diameter *screen* (D) = 1,5 m

Berat *screen* (W) = 3600 lb

Kecepatan (N) = 50 getaran/s

Luas permukaan *screen* (A) = L x D = 50 ft²

Daya motor : 5 hp

Bahan konstruksi : *Carbonsteel SA 212 Grade A*

20. *Ball Mills* (BM-401)

Kode Alat : BM-401

Fungsi	: Memperkecil ukuran kristal Magnesium Sulfat Heptahidrat yang <i>oversize</i> , dengan laju alir 315,6566 kg/jam
Tipe	: <i>Conical Ball Mills</i>
Dimensi	: Diameter, D = 5 ft (1,524 m) Panjang, L = 22 in (6,7056 m) Kecepatan = 30,4 rpm (0,105 mm) Ukuran = 150 mesh (0,105 mm)
Daya	: 16,5596 hp
Bahan konstruksi	: <i>Carbonsteel SA 212 Grade A</i>

21. *Screw Conveyor (SC-401)*

Kode Alat	: SC – 401
Fungsi	: mengalirkan produk kristal Magnesium Sulfat Heptahidrat dari <i>Vibrating Screen (VS-401)</i> ke <i>Bucket Elevator (BE-401)</i> , dengan laju alir 6.313,1313 kg/jam
Tipe	: <i>Helicoid screw conveyor</i>
Kapasitas	: 159,2526 ft ³ /jam
Dimensi	: Kecepatan <i>screw</i> = 40 rpm Diameter <i>flights</i> = 9 in (0,2286 m) Diameter pipa = 2 ¹ / ₂ in (0,0635 m) Diameter <i>shaft</i> = 2 in (0,0508 m) Panjang <i>screw</i> = 30 ft (9,144 m)
Power motor	: 1 hp
Bahan konstruksi	: <i>Carbonsteel SA 212 Grade A</i>

22. *Bucket Elevator* (BE-401)

Kode Alat	: BE-401
Fungsi	: Mengalirkan produk kristal Magnesium Sulfat Heptahidrat dari <i>Screw Conveyor</i> (SC-402) ke Silo (S-401) dengan laju alir 6.313,1313 kg/jam
Tipe	: <i>Centrifugal - Discharge Spaced Bucket Elevator</i>
Kapasitas	: 14 ton/jam
Dimensi	: Ukuran <i>bucket</i> = 6 x 4 x 4, ¹ / ₄ in <i>Bucket spacing</i> = 12 in (0,3048 m) Kecepatan <i>bucket</i> = 68,6 m/menit Tinggi <i>elevator</i> = 25 ft (7,62 m)
Daya motor	: 2 hp
Bahan konstruksi	: <i>Carbonsteel SA 212 Grade A</i>

23. *Silo* (S-401)

Kode Alat	: S – 401
Fungsi	: Menyimpan Magnesium Sulfat Heptahidrat (MgSO ₄ .7H ₂ O) dengan laju alir 6.313,1313 kg/jam selama 4 hari
Tipe	: Silinder vertikal dengan dasar konis (<i>conical bottom</i>) dan atap datar (<i>flat head</i>).
Kapasitas	: 402,0167 m ³
Dimensi	: Diameter <i>shell</i> , D = 17,8748 ft (5,4483 m) Tinggi <i>shell</i> , H = 53,6245 ft (16,3448 m)

Tebal *shell*, t_s = $\frac{3}{4}$ in (0,019 m)
 Diameter konis, d = 0,168 ft (0,0512 m)
 Tinggi konis, h_2 = 8,8533 ft (2,6985 m)
 Tebal *conical*, t_c = 1 in (0,0254 m)
 Tinggi Silo, H_t = 62,4778 ft (19,0432 m)

Tekanan Desain : 54,1126 psi

Bahan Konstruksi : *Carbonsteel SA 283 Grade C*

24. Belt Conveyor (BC-401)

Kode Alat : BC – 401

Fungsi : Mengangkut $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ dari unit pengepakan ke
 Warehouse (Gudang) produk

Tipe : *Troughed belt on 20° idlers*

Kapasitas : 5,55556 ton /jam

Dimensi : Panjang *belt*, L = 16 ft

Lebar *belt*, l = 14 ft

Daya motor : 3,2 hp

Bahan Konstruksi : *Carbonsteel SA 212 Grade A*

25. Warehouse (Gudang) Produk (W-401)

Kode Alat : W-401

Fungsi : Menyimpan produk Magnesium Sulfat Heptahidrat selama
 30 hari operasi

Tipe Alat : Bangunan tertutup

Kondisi operasi : Tekanan, P = 1 atm
 Temperatur, T = 303 K

Dimensi : Panjang = 46 m
 Lebar = 23 m

26. Pompa Proses (PP-101)

Kode Alat : PP-101

Fungsi : Mengalirkan Asam Sulfat dari tangki Asam Sulfat menuju
Solution Tank (ST-101)

Jenis : *Centrifugal pump, single suction, single stage*

Kapasitas : 6,8 gal/mnt

Efisiensi Pompa : 40 %

Schedule Number : 80

Dimensi : NPS = 1,5 inch (0,0381 m)
 ID = 1,5 inch (0,0381 m)
 OD = 1,9 inch (0,0483 m)
 Power motor = 5 hp
 Putaran (N) = 3500 rpm
 NPSH_A = 3,48 m

Bahan Konstruksi : *Stainless Steel (austenitic)* AISI tipe 316

27. Pompa Proses (PP-102)

Kode Alat : PP-102

Fungsi : Memompa H₂SO₄ dari *Solution Tank* (ST-101) ke *Reactor*
 (R-201)

Jenis : *Centrifugal pump, single suction, single stage*

Kapasitas : 29,71329 gal/mnt

Efisiensi Pompa : 45 %

Dimensi : NPS = 1,25 in (0,0318 m)

Sch = 40 in (1,016 m)

Power motor = 0,5629 hp

Putaran (N) = 3500 rpm

NPSH (minimum) = 0,0168 m

Bahan Konstruksi : *Stainless Steel (austenitic)* AISI tipe 316

28. Pompa Proses (PP-201)

Kode Alat : PP-201

Fungsi : Memompa H₂SO₄ dari *Reactor (R-201)* ke *Rotary Drum Vacum Filter (RDVF-301)*

Jenis : *Centrifugal pump, single suction, single stage*

Kapasitas : 48,7421 gal/mnt

Efisiensi Pompa : 62 %

Dimensi : NPS = 1,5 in

Sch = 40 in

Power motor = 0,5843 hp

Putaran (N) = 3500 rpm

NPSH (minimum) = 0,0234 m

Bahan Konstruksi : *Stainless Steel (austenitic)* AISI tipe 316

29. Pompa Proses (PP-301)

Kode Alat	: PP-301
Fungsi	: Memompa <i>slurry</i> dari <i>Rotary Drum Vacum Filter</i> (RDVF-301) ke <i>Evaporator Effect I</i> (EV-301)
Jenis	: <i>Centrifugal pump, single suction, single stage</i>
Kapasitas	: 6,325 gal/mnt
Efisiensi Pompa	: 39 %
Dimensi	: NPS = 0,75 in
	<i>Sch</i> = 40 in
	Power motor = 0,27403 hp
	Putaran (N) = 3500 rpm
	NPSH (minimum) = 0,3521 m
Bahan Konstruksi	: <i>Stainless Steel (austenitic)</i> AISI tipe 316

30. Pompa Proses (PP-302)

Kode Alat	: PP-302
Fungsi	: Memompa <i>slurry</i> dari <i>Evaporator Effect I</i> (EV-301) ke <i>Evaporator Effect II</i> (EV-302)
Jenis	: <i>Centrifugal pump, single suction, single stage</i>
Kapasitas	: 12,6561 gal/mnt
Efisiensi Pompa	: 50 %
Dimensi	: NPS = 0,75 in
	<i>Sch</i> = 40 in
	Power motor = 0,6756 hp

Putaran (N) = 3500 rpm

NPSH (minimum) = 0,0095 m

Bahan Konstruksi : *Stainless Steel (austenitic)* AISI tipe 316

31. Pompa Proses (PP-303)

Kode Alat : PP-303

Fungsi : Memompa *slurry* dari *Evaporator Effect II* (EV-301) ke
Evaporator Effect III (EV-303)

Jenis : *Centrifugal pump, single suction, single stage*

Kapasitas : 28,8273 gal/mnt

Efisiensi Pompa : 50 %

Dimensi : NPS = 1 in

Sch = 40 in

Power motor = 0,9788 hp

Putaran (N) = 3500 rpm

NPSH (minimum) = 0,0165 m

Bahan Konstruksi : *Stainless Steel (austenitic)* AISI tipe 316

32. Pompa Proses (PP-304)

Kode Alat : PP-304

Fungsi : Memompa *slurry* dari *Evaporator Effect III* (EV-303) ke
Crystallizer (CR-301)

Jenis : *Centrifugal pump, single suction, single stage*

Kapasitas : 69,3273 gal/min

Efisiensi Pompa : 50 %

Dimensi : NPS = 2 in
Sch = 40 in
 Power motor = 2,5 hp
 Putaran (N) = 3500 rpm
 NPSH (minimum) = 0,0165 m

Bahan Konstruksi : *Stainless Steel (austenitic)* AISI tipe 316

Jumlah : 2 buah (1 cadangan)

33. Pompa Proses (PP-305)

Kode Alat : PP-305

Fungsi : Memompa *slurry* dari *Crystallizer* (CR-301) ke *Centrifuge* (CF-301)

Jenis : *Centrifugal pump, single suction, single stage*

Kapasitas : 12,6561 gal/mnt

Efisiensi Pompa : 50 %

Dimensi : NPS = 2 in
Sch = 40 in
 Power motor = 0,6756 hp
 Putaran (N) = 3500 rpm
 NPSH (minimum) = 0,0095 m

Bahan Konstruksi : *Stainless Steel (austenitic)* AISI tipe 316

5.2. Peralatan Utilitas

1. Bak Sedimentasi (BS-401)

Alat	: Bak Sedimentasi
Kode	: BS-401
Fungsi	: Mengendapkan lumpur dan kotoran air sungai
Bentuk	: Bak rectangular
Kapasitas	53,0762 m ³
Dimensi	: Panjang = 8,55 m
	Lebar = 2,85 m
	Kedalaman = 3,048 m
	Tebal dinding = 12 cm

2. Bak Penggumpal (BP-401)

Alat	: Bak Penggumpal
Kode	: BP-401
Fungsi	: Menggumpalkan kotoran yang tidak mengendap di bak sedimentasi dengan menambahkan alum, soda kaustik, dan klorin
Bentuk	: Silinder vertical
Kapasitas	: 22,1352 m ³
Dimensi	: Diameter = 2,8247m
	Tinggi = 2,8247 m
Pengaduk	: <i>Marine propeller</i>

Diameter pengaduk = 0,9416 m

Power = 0,2181 hp

3. Tangki Alum (TI-401)

Alat	: Tangki alum
Kode	: TI-401
Fungsi	: Tempat penyimpanan larutan alum sebagai injeksi ke bak penggumpal
Bentuk	: Silinder vertikal dengan tutup <i>conical</i> dan alas plat datar
Dimensi	: Diameter <i>shell</i> (D) = 1,8288 m Tinggi <i>shell</i> (H _s) = 1,8288 m Tebal <i>shell</i> (t _s) = ¼ in Tebal <i>head</i> (t _h) = ¼ in Tinggi atap = 0,33 m
Tutup atas	: <i>Conical head</i>
Tekanan Desain	: 18,6460 psia
Bahan konstruksi	: <i>Carbon steel SA-283 Grade C</i>

4. Tangki Soda Kaustik (TI-402)

Alat	: Tangki Soda Kaustik
Kode	: TI-402

Fungsi	:Menyiapkan dan menyimpan larutan Soda Kaustik konsentrasi 40 % volume selama 1 hari untuk diinjeksikan ke dalam bak penggumpal.
Bentuk	: Silinder vertikal dengan tutup <i>Conical</i> dan alas plat datar
Dimensi	: Diameter <i>shell</i> (D) = 3,0480 m Tinggi <i>shell</i> (H _s) = 3,6576 m Tebal <i>shell</i> (t _s) = ¼ in Tebal <i>head</i> (t _h) = 5/16 in Tinggi atap = 0,33 m
Tutup atas	: <i>Conical head</i>
Tekanan Desain	: 22,2550 psia
Bahan konstruksi	: <i>Stainless steel</i> 316 CF-20

5. Tangki Klorin (TI-403)

Alat	Tangki Klorin
Kode	TI-403
Fungsi	Menyiapkan dan menyimpan larutan klorin konsentrasi 30 % volume selama 1 hari untuk diinjeksikan ke dalam bak penggumpal.
Bentuk	Silinder vertikal dengan tutup <i>Conical</i> dan alas plat datar
Dimensi	Diameter <i>shell</i> (D) = 3,0480 m Tinggi <i>shell</i> (H _s) = 3,6576 m Tebal <i>shell</i> (t _s) = ¼ in

	Tebal <i>head</i> (t_h)	= $\frac{3}{8}$ in
	Tinggi atap	= 0,33 m
Tutup atas	<i>Conical head</i>	
Tekanan Desain	21,6516 psi	
Bahan konstruksi	<i>Hastelloy alloy C-276</i>	

6. Clarifier (CF-401)

Alat	<i>Clarifier</i>	
Kode	CF-401	
Fungsi	Mengendapkan gumpalan kotoran dari Bak Penggumpal	
Bentuk	Bak berbentuk kerucut terpancung	
Kapasitas	58,6304 m ³	
Dimensi	Tinggi	= 4 m
	Diameter	= 4,005 m
Pengaduk	Tipe 4 <i>blade turbine</i>	
	Diameter = 1,335m	
	<i>Power</i>	= 5,5646 hp

7. Sand Filter (SF-401)

Alat	: <i>Sand Filter</i>
Kode	: SF-401
Fungsi	: Menyaring kotoran yang masih terbawa oleh air
Bentuk	: Silinder tegak (vertikal) dengan <i>head</i> dan <i>bottom</i> berbentuk <i>torispherical</i> dan media penyaring pasir dan kerikil

Dimensi	: Diameter	= 0,7882	m
	Tinggi	= 2,0963	m
	Tebal <i>shell</i> (t_s)	= $\frac{3}{16}$	in
	Tinggi <i>head</i>	= 0,1947	m
Tekanan desain	: 17,7280	psia	
Waktu <i>backwash</i>	: 30	menit	
Tebal <i>head</i>	: $\frac{3}{16}$	in	
Bahan konstruksi	: <i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>		

8. Tangki Penyimpanan Air (TF-401)

Alat	: Tangki Penyimpanan Air
Kode	: TF-401
Fungsi	: Tempat penyimpanan bahan baku air untuk kebutuhan <i>steam</i> dan proses pada suhu 30 °C dan pada tekanan atmosferik
Bentuk	: Silinder tegak (vertikal) dengan dasar datar (<i>flat bottom</i>) dan atap (<i>head</i>) berbentuk <i>conical</i>
Dimensi	: Diameter <i>shell</i> (D) = 6,0961 m
	Tinggi <i>shell</i> (Hs) = 5,4865 ft
	Tebal <i>shell</i> (t_s) = $\frac{3}{8}$ in
	Tinggi atap = 0,3810 m
	Tebal lantai = $\frac{5}{16}$ in, bentuk <i>plate</i>
	Jumlah <i>course</i> = 3
Tutup atas	: Bentuk <i>conical</i>

Tekanan Desain : 24,2419 psi
 Tebal *head* : $\frac{3}{8}$ in
 Bahan konstruksi : *Carbon steel SA-283 Grade C*

9. Tangki Air Filter 2 (TF-402)

Alat : Tangki Air Filter 2
 Kode : TF-402
 Fungsi : Tempat penyimpanan bahan baku air untuk keperluan umum (*general uses*) pada suhu 30 °C dan pada tekanan atmosferik selama 1 *shift* (8 jam)
 Bentuk : Silinder tegak (vertikal) dengan dasar datar (*flat bottom*) dan atap (*head*) berbentuk *conical*
 Dimensi : Diameter *shell* (D) = 4,5721 m
 Tinggi *shell* (Hs) = 5,4865 m
 Tebal *shell* (t_s) = $\frac{7}{16}$ in
 Tebal *head* (t_h) = $\frac{7}{16}$ in
 Tinggi atap = 0,1829 m
 Tebal lantai = $\frac{1}{4}$ in
 Jumlah *course* = 3
 Tutup atas : Bentuk *conical*
 Tekanan Desain : 24,2419 psi
 Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA-283 Grade C*

10. Hot Basin (HB-401)

Alat	: <i>Hot Basin</i>		
Kode	: HB-401		
Fungsi	: Menampung sisa air proses yang akan didinginkan di <i>cooling water</i>		
Bentuk	: Bak rektangular		
Dimensi	Panjang	=	2,8654 m
	Lebar	=	2,8654 m
	Tinggi	=	5,7308 m
	Tebal dinding	=	12 cm

11. Cooling Tower (CT -401)

Alat	: <i>Cooling Tower</i>		
Kode	: CT- 401		
Fungsi	: Mendinginkan air pendingin yang telah digunakan oleh peralatan proses dengan menggunakan media pendingin udara dari temperatur 45°C menjadi 35 °C		
Tipe	: <i>Induced Draft Cooling Tower</i>		
Dimensi	: Menara		
	Panjang	=	5,33 m
	Lebar	=	2,664 m
	Tinggi	=	8 m
Tenaga motor	: 10 hp		

Bahan konstruksi : Beton

12. *Cold Basin* (CB-401)

Alat : *Cold Basin*

Kode : CB-401

Fungsi : Menampung air yang telah didinginkan di *Cooling Tower*

Bentuk : Bak persegi panjang

Dimensi : Panjang = 2,8624 m

Lebar = 2,8624 m

Tinggi = 5,7248 m

Tebal dinding = 12 cm

13. Tangki Penyimpanan Kaporit (TI-404)

Alat : Tangki Penyimpanan Kaporit

Kode : TI-404

Fungsi : Tempat penyimpanan larutan kaporit sebagai injeksi ke tangki TF-401 dan CT-401

Bentuk : Silinder tegak (vertikal) dengan dasar datar (*flat bottom*) dan atap (*head*) berbentuk *conical*

Dimensi : Diameter *shell* (D) = 4,5721 m

Tinggi *shell* (Hs) = 3,6576 m

Tebal *shell* (t_s) = $\frac{3}{8}$ in

Tebal *head* (t_h) = $\frac{1}{2}$ in

	Tinggi atap	= 0,33 m
	Jumlah <i>course</i>	= 2
Tutup atas	:	Bentuk <i>Conical</i>
Tekanan Desain	:	21,6425 psi
Bahan konstruksi	:	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>

14. Tangki Larutan Asam Sulfat (TI-405)

Alat	:	Tangki Penyimpanan asam sulfat
Kode	:	TI-405
Fungsi	:	Tempat penyimpanan larutan asam sulfat sebagai injeksi ke CT-401
Bentuk	:	Silinder tegak (vertikal) dengan dasar datar (<i>flat bottom</i>) dan atap (<i>head</i>) berbentuk <i>conical</i>
Dimensi	:	Diameter <i>shell</i> (D) = 3,0480 m
		Tinggi <i>shell</i> (Hs) = 3,6576 m
		Tebal <i>shell</i> (t_s) = $\frac{7}{16}$ in
		Tebal <i>head</i> (t_h) = $\frac{1}{2}$ in
		Tinggi atap = 0,33 m
		Jumlah <i>course</i> = 2
Tutup atas	:	Bentuk <i>conical</i>
Tekanan desain	:	21,5631 psi
Bahan konstruksi	:	<i>Hastelloy alloy B-2</i>

15. Tangki Larutan Natrium Fosfat (TI-406)

Alat	Tangki Penyimpanan Natrium Fosfat
Kode	TI-405
Fungsi	Tempat penyimpanan larutan natrium fosfat sebagai injeksi ke CT-401
Bentuk	Silinder tegak (vertikal) dengan dasar datar (<i>flat bottom</i>) dan atap (<i>head</i>) berbentuk <i>conical</i>
Dimensi	Diameter <i>shell</i> (D) = 3,0480 m Tinggi <i>shell</i> (H _s) = 3,6576 m Tebal <i>shell</i> (t _s) = $\frac{5}{16}$ in Tebal <i>head</i> (t _s) = $\frac{7}{16}$ in Tinggi atap = 0,33 m Jumlah <i>course</i> = 2
Tutup atas	Bentuk <i>conical</i>
Tekanan Desain	29,4208 psi
Bahan konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283-Grade C</i>

16. Tangki Larutan *Dispersant* (TI-407)

Alat	Tangki Penyimpanan <i>Dispersant</i>
Kode	TI-407
Fungsi	Tempat penyimpanan larutan <i>dispersant</i> sebagai injeksi ke CT-401
Bentuk	Silinder tegak (vertikal) dengan dasar datar (<i>flat bottom</i>) dan atap (<i>head</i>) berbentuk <i>conical</i>

Kapasitas	: 14,2886 m ³
Dimensi	: Diameter <i>shell</i> (D) = 3,0480 m
	Tinggi <i>shell</i> (Hs) = 3,6576 m
	Tebal <i>shell</i> (t _s) = ¼ in
	Tebal <i>head</i> (t _s) = ⅜ in
	Tinggi atap = 0,5984 m
	Jumlah <i>course</i> = 2
	Tutup atas : Bentuk <i>conical</i>
Tekanan desain : 21,393 psi	
Bahan konstruksi : <i>Carbon Steel SA-283-Grade C</i>	

17. Cation Exchanger (CE-401)

Alat	: <i>Cation Exchanger</i>
Kode	: CE-401
Fungsi	: Menghilangkan ion-ion positif yang terlarut dan menghilangkan kesadahan air
Bentuk	: Silinder tegak (vertikal) dengan head berbentuk torispherical.
Dimensi	: Diameter <i>shell</i> (D) = 2,590 m
	Tinggi <i>shell</i> (Hs) = 3,004 m
	Tebal <i>shell</i> (t _s) = 0,25 in
	Tebal <i>head</i> (t _s) = 0,3125 in
	Tinggi atap = 0,4975 m
Tutup atas	: Bentuk <i>torispherical</i>

Tekanan desain : 16,7825 psi
 Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA-283-Grade C*

18. Tangki Larutan Asam Sulfat 2 (TI-408)

Alat : Tangki Penyimpanan asam sulfat
 Kode : TI-408
 Fungsi : Tempat penyimpanan larutan asam sulfat 5 % sebagai injeksi ke CE-401
 Bentuk : Silinder tegak (vertikal) dengan dasar datar (*flat bottom*) dan atap (*head*) berbentuk *conical*
 Dimensi : Diameter *shell* (D) = 1,8288 m
 Tinggi *shell* (Hs) = 1,8288 m
 Tebal *shell* (t_s) = $\frac{5}{16}$ in
 Tebal *head* (t_h) = $\frac{3}{8}$ in
 Tinggi atap = 0,33 m
 Tutup atas : Bentuk *conical*
 Tekanan Desain : 18,6214 psi
 Bahan konstruksi : *Hastelloy alloy B-2*

19. Anion Exchanger (AE-401)

Alat : *Anion Exchanger*
 Kode : AE-401
 Fungsi : Menghilangkan ion-ion negatif yang terlarut dan menghilangkan kesadahan air

Bentuk	: Silinder tegak (vertikal) dengan <i>head</i> berbentuk <i>torispherical</i>
Dimensi	: Diameter (D) : 0,7196 m
	Tinggi (H) : 0,9574 m
	Tebal <i>shell</i> (t_s) : $\frac{3}{16}$ in
	Tinggi atap : 0,1749 m
Tekanan desain	: 16,7736 psi
Tebal <i>head</i>	: $\frac{3}{16}$ in
Bahan konstruksi	: <i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i> AISI tipe 316

20. Tangki larutan NaOH (TI-409)

Alat	: Tangki NaOH
Kode	: TI-409
Fungsi	: Menyimpan larutan NaOH selama 1 hari sebagai regeneran ke <i>anion exchanger</i>
Bentuk	: Tangki vertikal dengan <i>head</i> berbentuk <i>torispherical</i>
Dimensi	: Diameter <i>shell</i> (D) = 1,8288 m
	Tinggi <i>tangki</i> = 1,8288 m
	Tebal <i>shell</i> (t_s) = $\frac{1}{4}$ in
	Tebal <i>head</i> (t_h) = $\frac{1}{4}$ in
Tekanan Desain	: 18,6603 psi
Bahan konstruksi	: <i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>

21. Tangki Penyimpanan Air Demin TP-401

Alat	: Tangki Penyimpanan air demin
------	--------------------------------

Kode	: TP-401
Fungsi	: Menampung air demin keluaran <i>Anion Exchanger</i>
Bentuk	: Silinder tegak (vertikal) dengan dasar datar (<i>flat bottom</i>) dan atap (<i>head</i>) berbentuk <i>conical</i>
Dimensi	: Diameter <i>shell</i> (D) = 7,3153 m Tinggi <i>shell</i> (Hs) = 7,3153 m Tebal <i>shell</i> (t _s) = $\frac{7}{16}$ in Tinggi atap = 0,4705 m
Tekanan Desain	: 27,0909 psi
Tebal <i>head</i>	: $\frac{5}{16}$ in
Bahan	: <i>Carbon steel SA-283 Grade C</i>

22. Deaerator (DA-401)

Alat	: <i>Deaerator</i>
Kode	: DA-401
Fungsi	: Menghilangkan gas-gas terlarut dalam air, seperti: O ₂ dan CO ₂ , agar korosif dan kerak tidak terjadi
Bentuk	: Tangki horizontal dengan <i>head</i> berbentuk ellips dilengkapi <i>sparger</i>
Bahan Isian	: <i>Rasching Ring Metal</i> Diameter packing = 1 in Tinggi <i>bed</i> = 0,4396 m Diameter <i>bed</i> = 0,9144 m
Dimensi	: Diameter <i>shell</i> (D) = 0,9144 m

Tinggi *shell* (Hs) = 3,6576 m

Tebal *shell* (t_s) = $\frac{3}{16}$ in

Tekanan Desain : 21,3278 psi

Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA-283 Grade C*

23. Tangki Larutan Hidrazin (TI-410)

Alat : Tangki Larutan Hidrazin

Kode : TI-410

Fungsi : Menyiapkan dan menyimpan hidrazin untuk diinjeksikan ke *deaerator*

Bentuk : Silinder vertical

Tekanan desain : 21,4391 psia

Dimensi : Diameter = 3,0480 m

Tinggi = 3,6576 m

Tebal *shell* = $\frac{1}{4}$ in

Tebal *head* = $\frac{3}{8}$ in

Tinggi *head* = 0,5984 ft

Bahan Kontruksi : *Carbon Steel SA 283 grade C tipe 316*

24. Tangki Air Hidran (TF-403)

Alat : Tangki Air Hidran

Kode : TF - 403

Fungsi : Menampung air untuk kebutuhan pemadam kebakaran

Bentuk	: Silinder tegak (vertikal) dengan dasar datar (<i>flat bottom</i>) dan atap (<i>head</i>) berbentuk <i>conical</i>
Dimensi	: Diameter <i>shell</i> (D) = 3,0480 m Tinggi <i>shell</i> (Hs) = 3,6576 m Tebal <i>shell</i> (t_s) = $\frac{1}{4}$ in Tinggi atap = 0,1424 m Tebal lantai = $\frac{1}{4}$ in, bentuk <i>plate</i> Jumlah <i>course</i> = 2
Tutup atas	: Bentuk <i>conical</i>
Tekanan desain	: 21,3930 psi
Tebal <i>head</i>	: $\frac{1}{4}$ in
Bahan konstruksi	: <i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>

25. Tangki Penyimpanan Umpan *Boiler* (TP-402)

Alat	: Tangki Penyimpanan Umpan <i>Boiler</i>
Kode	: TP-402
Fungsi	: Menampung air kondensat dari unit proses
Bentuk	: Silinder tegak (vertikal) dengan dasar datar (<i>flat bottom</i>) dan atap (<i>head</i>) berbentuk <i>conical</i>
Dimensi	: Diameter <i>shell</i> (D) = 5,4865 m Tinggi <i>shell</i> (Hs) = 5,4865 m Tebal <i>shell</i> (t_s) = $\frac{5}{16}$ in Tinggi atap = 0,3708 m Tebal lantai = $\frac{1}{4}$ in

	Jumlah <i>course</i>	= 3
Tutup atas	:	Bentuk <i>conical</i>
Tekanan Desain	:	24,2419 psi
Tebal <i>head</i>	:	$\frac{5}{16}$ in
Bahan konstruksi	:	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>

26. Pompa Utilitas 401 (PU-401):

Fungsi	:	Mengalirkan air sungai menuju bak sedimentasi (BS – 401)
Jenis	:	<i>Centrifugal Pump</i>
Kondisi Operasi	:	Temperatur = 30 °C Tekanan = 1 atm
Bahan Konstruksi	:	<i>Carbon steel</i>
Kapasitas	:	64,9132 gal/min
Dimensi	:	NPS = 2 in ID = 2,067 in (0,0525 m) OD = 2,380 in (0,0605 m) <i>Flow Area</i> = 3,35 in ² (0,0022 m ²) Sch No = 40
Power	:	2,5hp
NPSH	:	0,043 m

27. Pompa Utilitas -402 (PU – 402)

Fungsi	: Mengalirkan air dari bak sedimentasi ke bak penggumpal (BP – 401)
Jenis	: <i>Centrifugal Pump</i>
Kondisi Operasi	: Temperatur = 30 °C Tekanan = 1 atm
Bahan Konstruksi	: <i>Carbon steel</i>
Kapasitas	: 64,9132 gal/min
Dimensi	: NPS = 2 in ID = 2,067 in (0,0525 m) OD = 2,380 in (0,0605 m) <i>Flow Area</i> = 3,35 in ² (0,0022 m ²) Sch No = 40
Power	: 2,5hp
NPSH	: 0,043 m

28. Pompa Utilitas -403 (PU – 403)

Fungsi	: Mengalirkan alum dari tangki alum ke bak penggumpal (BP – 401)
Jenis	: <i>Centrifugal pump</i>
Kondisi Operasi	: Temperatur : 30 °C Tekanan : 1 atm
Bahan Konstruksi	: <i>Carbon steel</i>
Kapasitas	: 0,3895 gal/min

Dimensi : NPS = 0,25 inch
Suction Pipe = 0,25 inch
 Sch No = 40
 Power : 1 hp

29. Pompa Utilitas -404 (PU – 404)

Fungsi : Mengalirkan *caustic soda* dari tangki *caustic soda*
 ke bak penggumpal (BP – 401)
 Jenis : *Centrifugal pump*
 Kondisi Operasi : Temperatur = 30 °C
 Tekanan = 1 atm
 Bahan Konstruksi : *Carbon steel*
 Kapasitas : 3,2457 gal/min
 Dimensi : NPS = 0,5 inch
Suction Pipe = 0,5 inch
 Sch No = 40
 Power : 1 hp

30. Pompa Utilitas -405 (PU – 405)

Fungsi : Mengalirkan *chlorin* (Cl_2) dari tangki *chlorin* ke
 bak penggumpal (BP – 401)
 Jenis : *Centrifugal pump*
 Kondisi Operasi : Temperatur : 30 °C
 Tekanan : 1 atm

Bahan Konstruksi	: <i>Carbon steel</i>
Kapasitas	: 0,7790 gal/min
Dimensi	: NPS = 0,25 inch <i>Suction Pipe</i> = 0,25 inch Sch No = 40
Power	: 1 hp

31. Pompa Utilitas -406 (PU – 406)

Fungsi	: Mengalirkan air dari bak penggumpal menuju <i>clarifier</i> (CL – 401)
Jenis	: <i>Centrifugal Pump</i>
Kondisi Operasi	: Temperatur = 30 °C Tekanan = 1 atm
Bahan Konstruksi	: <i>Carbon steel</i>
Kapasitas	: 69,3273 gal/min
Dimensi	: NPS = 2 in ID = 2,067 in (0,0525 m) OD = 2,380 in (0,0605 m) <i>Flow Area</i> = 3,35 in ² (0,0022 m ²) Sch No = 40
Power	: 3 hp

32. Pompa Utilitas -407 (PU – 407)

Fungsi	: Mengalirkan air dari <i>clarifier</i> menuju <i>sand filter</i>
--------	---

Jenis	: <i>Centrifugal Pump</i>
Kondisi Operasi	: Temperatur = 30 °C Tekanan = 1 atm
Bahan Konstruksi	: <i>Carbon steel</i>
Kapasitas	: 110,9237 gal/min
Dimensi	: NPS = 2,5 in ID = 2,4090 in (0,0612 m) OD = 2,8800 in (0,0732 m) <i>Flow Area</i> = 4,7900 in ² (0,0031 m ²) Sch No = 40
Power	: 5 hp

33. Pompa Utilitas -408 (PU – 408)

Fungsi	: Mengalirkan air <i>sand filter</i> ke tangki hidran
Jenis	: <i>Centrifugal Pump</i>
Kondisi Operasi	: Temperatur = 30 °C Tekanan = 1 atm
Bahan Konstruksi	: <i>Carbon steel</i>
Kapasitas	: 69,3273 gal/min
Dimensi	: NPS = 2 in ID = 2,067 in (0,0525 m) OD = 2,380 in (0,0605 m) <i>Flow Area</i> = 3,35 in ² (0,0022 m ²) Sch No = 40

Power : 2 hp

34. Pompa Utilitas -409 (PU – 409)

Fungsi : Mengalirkan air dari *sand filter* menuju tangki filter

Jenis : *Centrifugal Pump*

Kondisi Operasi : Temperatur = 30 °C

Tekanan = 1 atm

Bahan Konstruksi : *Carbon steel*

Kapasitas : 69,3273 gal/min

Dimensi : NPS = 2 in

ID = 2,067 in (0,0525 m)

OD = 2,380 in (0,0605 m)

Flow Area = 3,35 in² (0,0022 m²)

Sch No = 40

Power : 2,5 hp

35. Pompa Utilitas -410 (PU – 410)

Fungsi : Mengalirkan air dari tangki filter untuk
kebutuhan domestik dan air proses

Jenis : *Centrifugal Pump*

Kondisi Operasi : Temperatur = 30 °C

Tekanan = 1 atm

Bahan Konstruksi : *Carbon steel*

Kapasitas : 16,7199 gal/min

Dimensi	: NPS	= 1 in
	ID	= 1,049 in (0,0266 m)
	OD	= 1,32 in (0,0355 m)
	<i>Flow Area</i>	= 0,864 in ² (0,0006 m ²)
	Sch No	= 40
Power	: 1 hp	

36. Pompa Utilitas -411 (PU – 411)

Fungsi	: Mengalirkan air <i>make up</i> dari tangki <i>filter 2</i> ke <i>cation exchanger</i> dan <i>cold basin</i>
Jenis	: <i>Centrifugal pump</i>
Kondisi Operasi	: Temperatur = 30 °C Tekanan = 1 atm
Bahan Konstruksi	: <i>Carbon steel</i>
Kapasitas	: 170,2134 gal/min
Dimensi	: NPS = 3 inch <i>Suction Pipe</i> = 3 inch Sch No = 40
Power	: 6,5 hp

37. Pompa Utilitas -412 (PU – 412)

Fungsi	Mengalirkan larutan kaporit dari tangki kaporit ke bak <i>hot basin</i>
Jenis	<i>Centrifugal pump</i>

Kondisi Operasi	: Temperatur = 30 °C
	Tekanan = 1 atm
Bahan Konstruksi	<i>Carbon steel</i>
Kapasitas	1,9903 gal/min
Dimensi	NPS = 0,5 inch
	<i>Suction Pipe</i> = 0,5 inch
	Sch No = 40
Power	1 hp

38. Pompa Utilitas -413 (PU – 413)

Fungsi	: Mengalirkan larutan asam sulfat dari tangki sulfat ke bak <i>hot basin</i>
Jenis	: <i>Centrifugal pump</i>
Kondisi Operasi	: Temperatur = 30 °C
	Tekanan = 1 atm
Bahan Konstruksi	: <i>Carbon steel</i>
Kapasitas	: 0,3297 gal/min
Dimensi	: NPS = 0,125 inch
	<i>Suction Pipe</i> = 0,125 inch
	Sch No = 40
Power	: 1 hp

39. Pompa Utilitas -414 (PU – 414)

Fungsi	: Mengalirkan larutan <i>inhibitor</i> dari tangki <i>natrium fosfat</i> ke bak hot basin
Jenis	: <i>Centrifugal pump</i>
Kondisi Operasi	: Temperatur = 30 °C Tekanan = 1 atm
Bahan Konstruksi	: <i>Carbon steel</i>
Kapasitas	: 0,1342 gal/min
Dimensi	: NPS = 0,125 inch <i>Suction Pipe</i> = 0,125 inch Sch No = 40
Power	: 1 hp

40. Pompa Utilitas -415 (PU – 415)

Fungsi	: Mengalirkan larutan <i>dispersant</i> dari tangki <i>dispersant</i> ke bak hot basin
Jenis	: <i>Centrifugal pump</i>
Kondisi Operasi	: Temperatur = 30 °C Tekanan = 1 atm
Bahan Konstruksi	: <i>Carbon steel</i>
Kapasitas	: 0,3404 gal/min
Dimensi	: NPS = 0,25 inch <i>Suction Pipe</i> = 0,25 inch Sch No = 40

Power : 1 hp

41. Pompa Utilitas -416 (PU – 416)

Fungsi : Mengalirkan air sisa pendingin alat proses menuju
ke hot basin

Jenis : *Centrifugal pump*

Kondisi Operasi : Temperatur = 30 °C
Tekanan = 1 atm

Bahan Konstruksi : *Carbon steel*

Kapasitas : 170,2134 gal/min

Dimensi : NPS = 3 in
ID = 3,068 in (0,0779m)
OD = 3,5 in (0,0889m)
Flow Area = 7,35 in² (0,0047 m²)
Sch No = 40

Power : 5 hp

42. Pompa Utilitas -417 (PU – 417)

Fungsi : Mengalirkan air dari hot basin menuju *Cooling*
Tower (CT – 401)

Jenis : *Centrifugal pump*

Kondisi Operasi : Temperatur = 30 °C
Tekanan = 1 atm

Bahan Konstruksi : *Carbon steel*

Kapasitas	: 172,6423 gal/min
Dimensi	: NPS = 3 in
	ID = 3,068 in (0,0779m)
	OD = 3,5 in (0,0889m)
	<i>Flow Area</i> = 7,35 in ² (0,0047 m ²)
	Sch No = 40
Power	: 5 hp

43. Pompa Utilitas -418 (PU – 418)

Fungsi	: Mengalirkan air cooling tower menuju <i>cold basin</i>
Jenis	: <i>Centrifugal pump</i>
Kondisi Operasi	: Temperatur = 30 °C
	Tekanan = 1 atm
Bahan Konstruksi	: <i>Carbon steel</i>
Kapasitas	: 172,6423 gal/min
Dimensi	: NPS = 3 in
	ID = 3,068 in (0,0779m)
	OD = 3,5 in (0,0889m)
	<i>Flow Area</i> = 7,35 in ² (0,0047 m ²)
	Sch No = 40
Power	: 5 hp

44. Pompa Utilitas -419 (PU – 419)

Fungsi	: Mengalirkan air dari <i>cold basin</i> sebagai pendingin alat proses
Jenis	: <i>Centrifugal pump</i>
Kondisi Operasi	: Temperatur = 30 °C Tekanan = 1 atm
Bahan Konstruksi	: <i>Carbon steel</i>
Kapasitas	: 172,6423 gal/min
Dimensi	: NPS = 3 in ID = 3,068 in (0,0779m) OD = 3,5 in (0,0889m) <i>Flow Area</i> = 7,35 in ² (0,0047 m ²) Sch No = 40
Power	: 6 hp

45. Pompa Utilitas -420 (PU – 420)

Fungsi	: Mengalirkan larutan asam sulfat sebagai larutan regenerasi pada <i>cation exchanger</i>
Jenis	: <i>Centrifugal pump</i>
Kondisi Operasi	: Temperatur = 30 °C Tekanan = 1 atm
Bahan Konstruksi	: <i>Carbon steel</i>
Kapasitas	: 0,4615 gal/min
Dimensi	: NPS = 0,25 inch

Suction Pipe = 0,25 inch

Sch No = 40

Power : 1 hp

46. Pompa Utilitas -421 (PU – 421)

Fungsi : Mengalirkan air dari *cation exchanger* ke *anion exchanger*

Jenis : *Centrifugal pump*

Kondisi Operasi : Temperatur = 30 °C

Tekanan = 1 atm

Bahan Konstruksi : *Carbon steel*

Kapasitas : 35,0030 gal/min

Dimensi : NPS = 1, 5 inch

Suction Pipe = 1, 5 inch

Sch No = 40

Power : 1,5 hp

47. Pompa Utilitas -422 (PU – 422)

Fungsi : Mengalirkan larutan NaOH sebagai larutan regenerasi pada *anion exchanger*

Jenis : *Centrifugal pump*

Kondisi Operasi : Temperatur = 30 °C

Tekanan = 1 atm

Bahan Konstruksi : *Carbon steel*

Kapasitas	: 0,4195 gal/min
Dimensi	: NPS = 0,25 inch
	<i>Suction Pipe</i> = 0,25 inch
	Sch No = 40
Power	: 1 hp

48. Pompa Utilitas -423 (PU – 423)

Fungsi	: Mengalirkan air dari anion exchanger sebagai umpan boiler
Jenis	: <i>Centrifugal pump</i>
Kondisi Operasi	: Temperatur = 30 °C
	Tekanan = 1 atm
Bahan Konstruksi	: <i>Carbon steel</i>
Kapasitas	: 35,0030 gal/min
Dimensi	: NPS = 1,5 in
	ID = 1,049 in (0,0266 m)
	OD = 1,9 in (0,0483 m)
	<i>Flow Area</i> = 1,6 in ² (0,0010 m ²)
	Sch No = 40
Power	: 1,5 hp

49. Pompa Utilitas -424 (PU – 424)

Fungsi	: Mengalirkan larutan hidrazin sebagai larutan injektor pada <i>deaerator</i>
--------	---

Jenis	: <i>Centrifugal pump</i>
Kondisi Operasi	: Temperatur = 30 °C Tekanan = 1 atm
Bahan Konstruksi	: <i>Carbon steel</i>
Kapasitas	: 20,7214 gal/min
Dimensi	: NPS = 1 inch <i>Suction Pipe</i> = 1 inch Sch No = 40
Power	: 1 hp

50. Pompa Utilitas – 425(PU-425)

Fungsi	: Mengalirkan air dari tangki air umpan <i>boiler</i> ke <i>Deaerator</i>
Jenis	: <i>Centrifugal pump</i>
Kondisi Operasi	: Temperatur = 30 °C Tekanan = 1 atm
Bahan Konstruksi	: <i>Carbon steel</i>
Kapasitas	: 51,5801 gal/min
Dimensi	: NPS = 2 in ID = 2,067 in (0,0525 m) OD = 2,380 in (0,0605 m) <i>Flow Area</i> = 3,35 in ² (0,0022 m ²) Sch No = 40
Power	: 2 hp

51. Pompa Utilitas – 426 (PU-426)

Fungsi	: Mengalirkan air dari <i>deaerator</i> sebagai umpan <i>boiler</i>
Jenis	: <i>Centrifugal pump</i>
Kondisi Operasi	: Temperatur = 30 °C Tekanan = 1 atm
Bahan Konstruksi	: <i>Carbon steel</i>
Kapasitas	: 20,9836 gal/min
Dimensi	: NPS = 1 in ID = 1,049 in (0,0266 m) OD = 1,32 in (0,0335 m) <i>Flow Area</i> = 0,864 in ² (0,0006 m ²) Sch No = 40
Power	: 1 hp

52. Pompa Utilitas – 427 (PU-427)

Fungsi	: Mengalirkan bahan bakar dari tangki bahan bakar ke <i>boiler</i>
Jenis	: <i>Centrifugal pump</i>
Kondisi Operasi	: Temperatur = 30 °C Tekanan = 1 atm
Bahan Konstruksi	: <i>Carbon steel</i>
Kapasitas	: 2,2861 gal/min
Dimensi	: NPS = 0,5 inch

Suction Pipe = 0,5 inch

Sch No = 40

Power : 1 hp

53. Boiler (BO-401)

Alat : *Boiler (Steam generator)*

Kode : BO-401

Fungsi : Membangkitkan *low pressure steam*

Tipe : *Fire Tube Boiler*

Kondisi operasi : Temperatur = 120 °C

Tekanan = 1.254,4 Kpa

Kebutuhan air = 10.330,79 lb/jam

Heating surface = 2.922,35 ft²

Kapasitas = 9.782,68 Btu/jam

Steam yang dihasilkan = 10.330,80 lb/jam

Efisiensi = 80 %

Bahan baker = Solar

Kebutuhan bahan bakar = 650,4440 lb/jam

Power = 292,24 hp

Bahan : *Carbon steel SA-283 Grade C*

54. Steam Compressor (CP-401)

Alat : *Steam Compressor*

Kode : CP-401

Fungsi	: Mengalirkan <i>low pressure steam</i> dari <i>boiler</i> ke unit proses
Kondisi operasi	: Temperatur masuk = 120 °C Temperatur keluar = 120,02 °C Tekanan masuk = 1.254,1 kPa Tekanan keluar = 1.254,3 kPa
Efisiensi	: 80 %
Daya	: 1 hp
Bahan konstruksi	: <i>Stainless steel type 316</i>

55. Kompresor Udara (CP-402)

Alat	Kompresor Udara
Kode	CP-402
Fungsi	Mengalirkan udara dari lingkungan untuk kebutuhan instrumentasi
Laju alir udara	18,67 m ³ /jam
Kondisi operasi	Temperatur masuk = 30 °C Temperatur keluar = 228,51 °C Tekanan masuk = 14,7 psi Tekanan keluar = 87 psi
Efisiensi	70 %
Daya	2,32 hp

56. Tangki Bahan Bakar (TU-411)

Alat	: Tangki Penyimpanan <i>bahan bakar</i>
Kode	: TU-411
Fungsi	: Menyimpan <i>bahan bakar</i>
Bentuk	: silinder vertikal dengan dasar datar (<i>flat bottom</i>) dan atap (<i>head</i>) berbentuk kerucut (<i>conical</i>).
Kapasitas	: 2.956,77 ft ³
Dimensi	: Diameter <i>shell</i> (D) = 180 in : Tebal <i>shell</i> (t _s) = ³ / ₈ in : Tebal <i>head</i> = ³ / ₈ in : Panjang tangki = 15,75 ft
Tekanan Desain	: 23,22 psi
Bahan	: <i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>

BAB VI

UTILITAS DAN PENGOLAHAN LIMBAH

6.1. Unit Pendukung Proses (Unit Utilitas)

Unit pendukung proses atau sering pula disebut unit utilitas merupakan sarana penunjang proses yang diperlukan pabrik agar dapat berjalan dengan baik. Penyediaan utilitas dapat dilakukan secara langsung dimana utilitas diproduksi di dalam pabrik tersebut, atau secara tidak langsung yang diperoleh dari pembelian ke perusahaan-perusahaan yang menjualnya. Pada pabrik magnesium sulfat heptahidrat ini, utilitas terbagi menjadi beberapa unit, yaitu unit penyedia air, unit penyedia steam, unit penyedia listrik, unit penyedia bahan bakar, unit refrigerant, unit penyedia udara instrumen, unit pengolahan limbah, dan laboratorium. Penjelasan dari tiap-tiap unit yang disebut di atas dijelaskan di bawah ini.

Unit pendukung proses yang terdapat dalam pabrik Magnesium Sulfat Heptahidrat adalah:

1. Unit penyediaan dan pengolahan air (*Water System*)

Unit ini bertugas menyediakan dan mengolah air untuk memenuhi kebutuhan air sebagai berikut :

a. Air Pendingin

Air pendingin yang digunakan adalah air sungai yang diperoleh dari Sungai yang letaknya dekat dengan pabrik. Air ini digunakan sebagai pendingin peralatan proses di pabrik. Hal-hal yang harus diperhatikan dalam penyediaan air untuk keperluan pendingin adalah :

1. Kesadahan air yang dapat menyebabkan terjadinya *scale* (kerak) pada sistem perpipaan.
2. Mikroorganisme seperti bakteri, plankton yang tinggal dalam air sungai, berkembang dan tumbuh, sehingga menyebabkan *fouling* alat *heat exchanger* .
3. Besi, yang dapat menimbulkan korosi
4. Minyak, yang merupakan penyebab terganggunya *film corrosion inhibitor*, menurunkan *heat transfer coefficient*, dapat menjadi makanan mikroba sehingga menimbulkan endapan.
5. Bahan-bahan penyebab korosi dan bahan-bahan penyebab penurunan efisiensi perpindahan panas seperti senyawa asam kuat.

Tabel 6.1. Spesifikasi Air Pendingin

Spesifikasi	Nilai	Satuan
Ca <i>hardness</i> sebagai CaCO ₃	< 150	ppm
Mg <i>hardness</i> sebagai MgCO ₃	< 100	ppm
Silika sebagai SiO ₂	< 200	ppm
Turbiditas	< 10	FAU
Cl ⁻ dan SO ₄ ²⁻	< 1000	ppm
pH	6 – 8	
Ca ²⁺	max. 300	ppm
Silika	max. 150	ppm
TDS	max 2500	ppm

Total air pendingin yang diperlukan sebesar 8.290,4810 kg/jam. Air pendingin diolah pada menara pendingin (*cooling tower*). Unit air pendingin ini mengolah air dengan proses pendinginan dari suhu 45 °C menjadi 35 °C, untuk dapat digunakan kembali sebagai air untuk proses pendinginan pada alat pertukaran panas. Kualitas standar *cooling water* antara lain yaitu : pH pada 25 °C sebesar 6,8 – 7,3 dan turbiditas kurang dari 10 FAU.

Air pendingin yang telah keluar dari media-media perpindahan panas di area proses akan disirkulasikan dan didinginkan kembali seluruhnya di dalam *cooling tower*. Selama proses di *cooling tower* terjadi *losses* (kehilangan) massa air karena penguapan atau pembuangan. Untuk menjaga total air yang didinginkan sama maka ditambahkan *fresh make-up water* sebesar 1.200 kg/jam.

Sistem air pendingin terutama terdiri dari *cooling tower* dan basin, pompa air pendingin untuk peralatan proses, sistem injeksi bahan kimia, dan *induce draft fan*. Sistem injeksi bahan kimia disediakan untuk mengolah air pendingin untuk mencegah korosi, mencegah terbentuknya kerak dan pembentukan lumpur diperalatan proses, karena akan menghambat atau menurunkan kapasitas perpindahan panas. Pengolahan air pada *cooling tower* dilakukan dengan menginjeksikan zat kimia pada basin, yaitu :

- a. *Corrosion inhibitor*, yaitu asam sulfat agar air yang akan masuk ke unit tidak menimbulkan korosi.

- b. *Scale inhibitor*, berupa *dispersant* yang berfungsi untuk mencegah pembentukan kerak pada peralatan yang disebabkan oleh senyawa-senyawa terlarut.
- c. Cl_2 yang berfungsi untuk mencegah pertumbuhan organisme seperti lumut, ganggang, dll.

Sistem resirkulasi yang dipergunakan bagi air pendingin ini adalah sistem terbuka. Sistem ini akan memungkinkan berbagai penghematan dalam hal biaya penyediaan utilitas khususnya untuk air pendingin. Udara bebas akan digunakan sebagai pendingin dari air panas yang terbentuk sebagai produk dari proses perpindahan panas. Udara masuk dari sisi bawah menara berlawanan arah dengan aliran air. Air mengalir ke bawah menuju basin dan udara mengalir ke atas dihisap oleh *induce draft fan*. Aliran udara ke atas mendinginkan air yang turun ke bawah. Desain temperatur air pendingin 35 °C dan air panas balik 45 °C.

Peralatan proses yang membutuhkan air pendingin dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 6.2. Kebutuhan Air Pendingin Alat Proses

Alat	Kebutuhan (kg/jam)
Reaktor	10.532,16
Total	10.532,16
<i>Make-up</i> 11,5 %	1.200

b. Air Untuk Keperluan Umum dan Sanitasi

Air untuk keperluan umum adalah air yang dibutuhkan untuk sarana dalam pemenuhan kebutuhan pegawai seperti untuk mandi, cuci, kakus (MCK) dan

untuk kebutuhan kantor lainnya, serta kebutuhan rumah tangga. Air sanitasi diperlukan untuk pencucian atau pembersihan peralatan pabrik, utilitas, laboratorium dan lainnya. Beberapa persyaratan untuk air sanitasi adalah sebagai berikut :

1. Syarat fisis; di bawah suhu kamar, tidak berwarna, tidak berasa, dan tidak berbau, tingkat kekeruhan $< 1 \text{ mg SiO}_2/\text{Liter}$.
2. Syarat kimia; tidak mengandung zat organik dan anorganik yang terlarut dalam air, logam-logam berat lainnya yang beracun.
3. Syarat biologis (bakteriologis); tidak mengandung kuman/bakteri terutama bakteri patogen.

Tabel 6.3. Spesifikasi Air Sanitasi

Syarat fisis	Di bawah suhu kamar
	Tidak berwarna
	Tidak berasa
	Tidak berbau
Kekeruhan	$< 1 \text{ mg SiO}_2/\text{Liter}$
Syarat kimia	Tidak mengandung zat organik dan anorganik
	Tidak mengandung logam berat dan beracun
Syarat biologis	Tidak mengandung bakteri patogen

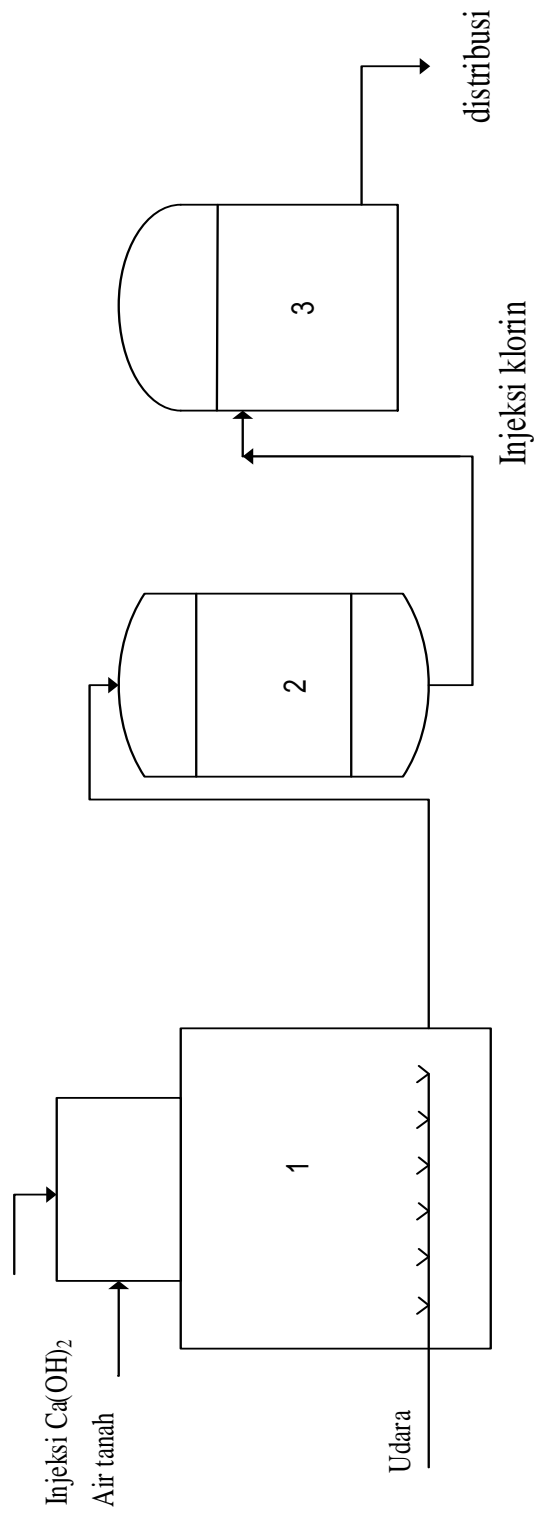
Tabel 6.4. Kebutuhan Air Umum

Keperluan	Kebutuhan (kg/jam)
Air Kebutuhan Karyawan dan Kantor	309,6
Air Perumahan Karyawan dan Sanitasi	583,333
Air Laboratorium	208,333
Air Kebersihan dan Pertamanan	208,333
Total	1.359,132

Proses pengolahan air untuk penyediaan umum dan sanitasi.

Sumber air untuk keperluan konsumsi dan sanitasi berasal dari sumber air dalam tanah. Pengolahan air untuk kebutuhan konsumsi dan sanitasi merupakan suatu unit tersendiri di pabrik. Proses pengolahan yang dilakukan yaitu proses aerasi dan filtrasi. Aerasi bertujuan untuk menghilangkan gas-gas terlarut dan mengoksidasi kandungan ion ferro untuk diubah menjadi ion ferri dalam bentuk ferri hidroksida yang tidak larut dalam air. Endapan ferri hidroksida dibuang dengan cara *blowdown*, dan sisanya yang tidak terendapkan disaring di *iron removal filter*. Ke dalam air produk penyaringan selanjutnya diinjeksikan larutan kalsium hipoklorit untuk mematikan kandungan biologis air. Konsentrasi kalsium hipoklorit dijaga sekitar 0,8 – 1,0 ppm. Untuk menjaga pH air minimum, ditambah larutan Ca(OH)_2 sehingga pH-nya sekitar 6,8 – 7,0. Selain penambahan senyawa di atas ditambahkan juga *flouride*.

Skema pengolahan air tanah untuk kebutuhan konsumsi dan sanitasi dapat dilihat pada Gambar 6.1.



Gambar 6.1. Skema Pengolahan Air Sanitasi.

Keterangan :

1. Aerator
 2. Filter
 3. Tangki penyimpanan
- (Sumber : Hand Out Utilitas PT. Badak LNG)

c. Air Pembangkit *Steam* Dan Air Proses

Air produk deaerasi akan digunakan sebagai umpan boiler. Air tersebut akan menuju boiler (unit penyedia listrik) dan kemudian berubah fasa menjadi uap bertekanan tinggi. Energi uap bertekanan tinggi tersebut digunakan untuk menggerakkan turbin, dan sisa energinya berupa steam bertekanan rendah/sedang digunakan sebagai pemanas di unit proses., sedangkan air proses akan digunakan sebagai *solvent* di alat *solution tank* di unit proses.

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam penanganan air umpan *boiler* yaitu :

1. Zat-zat penyebab korosi

Korosi yang terjadi di dalam ketel disebabkan air pengisi mengandung larutan asam dan gas-gas terlarut, seperti O₂, CO₂, H₂S, NH₃.

2. Zat-zat penyebab *foaming*

Air yang diambil kembali dari proses pemanasan bisa menyebabkan *foam* (busa) pada *boiler*. Karena adanya zat-zat organik, anorganik, dan zat-zat yang tidak terlarut dalam jumlah besar. Efek pembusaan terutama terjadi pada alkalinitas yang tinggi.

3. Zat-zat yang menyebabkan *scale foaming*

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

Adapun syarat-syarat air umpan *boiler* adalah sebagai berikut :

- pH : 8,5 - 9
- *Hardness* : 1 ppm sebagai CaCO₃
- CO₂ terlarut : 25 ppm

- Fe^{2+} : 0,05 ppm
- Ca^{2+} : 0,01 ppm
- SiO_2 : 0,1 ppm
- Oksigen terlarut : 0,02 ppm
- Cl_2 : 4,2 ppm

Kebutuhan air proses di *Solution Tank* adalah 8.035,1986 kg/jam. Sedangkan kebutuhan *steam* dapat dilihat pada tabel 6.5.:

Tabel 6.5.Peralatan yang Membutuhkan *Steam*

Alat	Kebutuhan (kg/jam)
<i>Air Preheater</i> (AP-301)	644,7852
<i>Evaporator</i> (EV-201)	1.659,5040
Total	2.305,2992

Diasumsikan *boiler* hanya dapat memulihkan (*recovery*) 80 % dari *steam* yang masuk. Maka 20 % yang hilang ditambahkan oleh *water make-up* :

$$\begin{aligned} \text{Water make up boiler} &= 0,2 \times 2.305,2992 \text{ kg/jam} \\ &= 461.0598 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Proses Pengolahan Air Umpan *Boiler*

Air yang berasal dari dalam tanah atau alam (air baku) pada umumnya belum memenuhi persyaratan yang diperlukan, biasanya mengandung material penyebab *foaming*, oksigen bebas dan kadang mengandung asam, sehingga harus menjalani proses pengolahan terlebih dahulu. Tahapan pengolahan air baku menjadi air proses dan air umpan boiler meliputi :

1. Aerasi, merupakan proses mekanis penghembusan air dengan udara.

Proses ini bertujuan untuk menghilangkan gas-gas terlarut dan kadar

besi yang terlarut dalam air. Terjadi proses oksidasi yang menjadikan besi terlarut menjadi endapan besi yang tidak larut. Proses aerasi dilakukan dalam suatu unit yang disebut aerator. Untuk menaikkan pH air ditambahkan NaOH sehingga air pada keadaan netral.

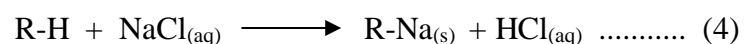
2. Penghilangan Besi, merupakan suatu unit saringan bertekanan yang mengandung MgO_2 untuk menyaring endapan besi yang tidak sempat mengendap di aerator. Alat yang digunakan biasa disebut *Iron Removal Filter*.

3. Demineralisasi

Demineralisasi berfungsi mengambil semua ion yang terkandung di dalam air. Air yang telah mengalami proses ini disebut air demin (*deionized water*). Sistem demineralisasi disiapkan untuk mengolah air filter dengan penukar ion (*ion exchanger*) untuk menghilangkan padatan yang terlarut dalam air dan menghasilkan air demin sebagai air umpan ketel (*boiler feed water*) untuk membangkitkan *steam*.

Unit penyediaan air bebas mineral terdiri dari *cation exchanger* dan *anion exchanger*. Pada penukar kation diisi dengan penukar ion asam lemah berupa metilen akrilat yang merupakan tipe (PK 6). Resin ini dirancang untuk menghilangkan/mengikat ion-ion logam dari air atau ion-ion positif seperti K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} dan Al^{3+} .

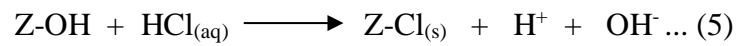
Dengan reaksi :



Penukar anion berisi penukar ion basa lemah berupa resin amino polistirena, yang merupakan tipe (PK 9, $NH(CH)_2OH$). Resin ini

dirancang untuk menghilangkan ion asam dari air atau ion-ion negatif seperti karbonat, bikarbonat, sulfat, sulfit, nitrat, nitrit, silika, dan lain-lain.

Dengan reaksi :



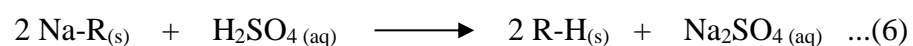
Penukar kation-anion berisi campuran resin kation dan anion untuk pengolahan akhir air. Semua penukar ion dioperasikan dengan aliran air yang kontinyu. Resin yang diisikan ke penukar ion diregenerasi bila kemampuannya menukar ion telah habis dan sebagai batasannya adalah total galon dan konduktivitas air (*high SiO₂, high conductivity*). Regenerasi terdiri dari tiga langkah yaitu cuci balik (*backwash*), regenerasi awal dengan bahan kimia dan pencucian (*rinse*).

Bahan kimia yang dipakai untuk regenerasi dari penukar ion dan netralisasi air bekas regenerasi adalah :

1. Asam sulfat (H₂SO₄)
2. Soda kaustik (NaOH)

Reaksi yang terjadi pada saat regenerasi adalah :

Pada penukar kation



Pada penukar anion

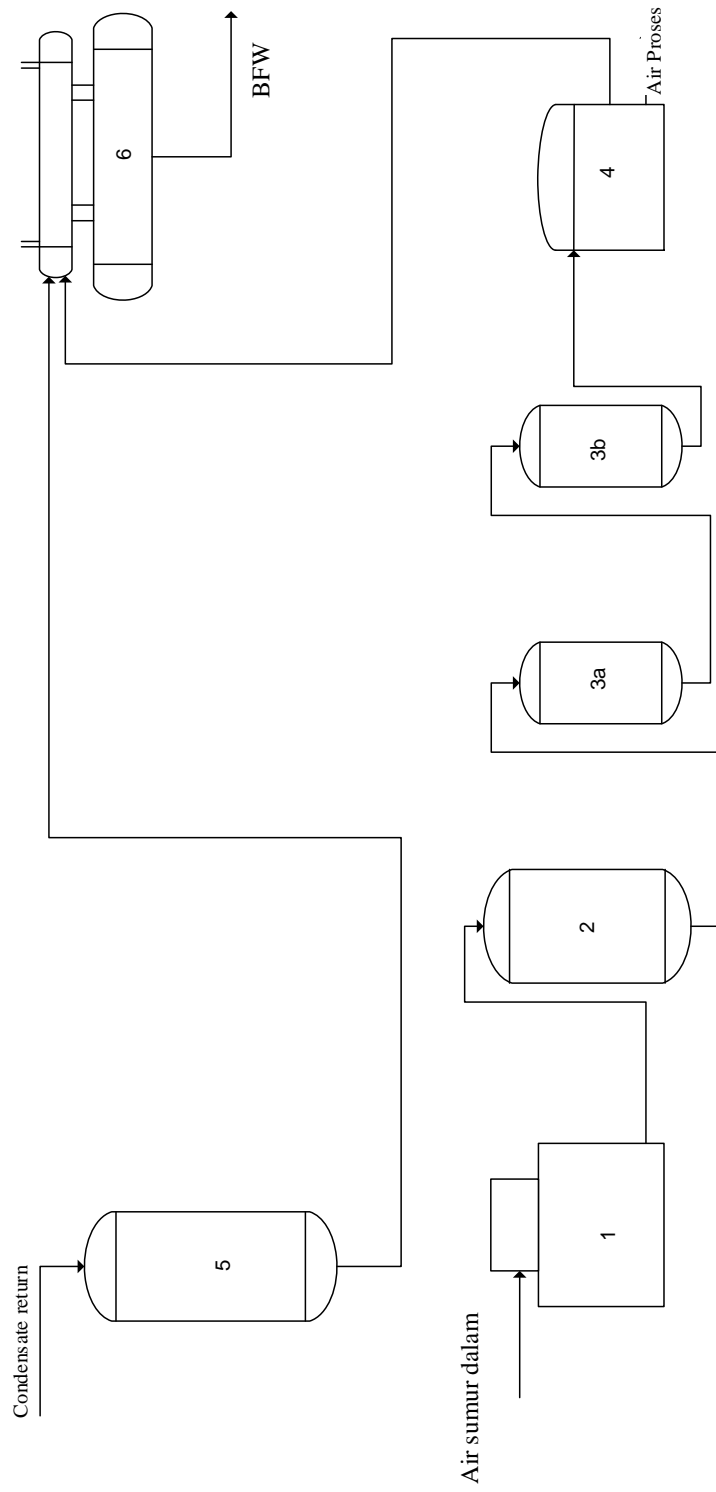


Buangan bekas bahan kimia dari *cation exchanger* dan *anion exchanger* mengalir ke bawah ke dalam kolam netralisasi melalui saluran

pembuangan. Air bebas mineral yang telah diproduksi selanjutnya akan dialirkan ke tangki penampungan air demin.

4. Deaerasi, merupakan proses penghilangan gas-gas terlarut, terutama oksigen dan karbondioksida dengan cara pemanasan menggunakan *steam*. Oksigen terlarut dapat merusak baja. Gas-gas ini kemudian dibuang ke atmosfer.

Skema proses pengolahan air proses dan air umpan boiler dapat dilihat pada Gambar 6.2. :



Gambar 6.2. Skema Pengolahan Air Proses dan Air UmpanBoiler

Keterangan :

- 1. Aerator
- 2. Iron removal filter
- 3a. Demineraliser (cation)
- 3b. Demineraliser (anion)
- 4. Tangki penampung
- 5. Polisher
- 6. Deaerator

(Sumber : *Hand Out Utilitas PT. Badak LNG*)

Secara keseluruhan, kebutuhan air total untuk pabrik magnesium sulfat heptahidrat dapat dilihat pada Tabel berikut :

Tabel 6.6. Kebutuhan air di pabrik Magnesium Sulfat Heptahidrat

Keperluan	Kebutuhan (kg/jam)
Make up air pendingin	1.200
Air proses	8.035,1986
Make up air umpan boiler	2.305,2992
Air kebutuhan umum	1.359,132
Total	12.899,6298

Untuk menghindari *losses* kebutuhan air maka dibuat berlebih dengan faktor kemanan (*safety factor*) 20 %.

$$\begin{aligned} \text{Total kebutuhan air} &= 1,2 \times 12.899,6298 \text{ kg/jam} \\ &= 15.479,56 \text{ kg/jam} = 15,48 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

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

Steam yang digunakan dalam pabrik magnesium sulfat ini adalah *low pressure steam* pada suhu 120 °C dengan tekanan 1.254,4 kPa. *Steam* ini dipergunakan untuk menukar panas pada aliran yang perlu dinaikkan suhunya. Sistem penyediaan *steam* terdiri dari *boiler (steam generator)* dan *blower steam*.

3. Unit Penyedia Udara Instrument (*Instrument Air System*)

Sumber udara pabrik dan udara instrument adalah dari udara proses yang dihasilkan oleh kompresor dan dikirim ke penerima udara. Udara dari sekeliling

mengalir melalui filter udara dan selanjutnya dikompresi oleh kompresor udara yang digerakkan oleh penggerak motor. Udara bertekanan selanjutnya didinginkan oleh *after cooler* dan kemudian mengalir melewati pemisah air dan selanjutnya dialirkan ke penerima udara.

a. Udara Pabrik (*Plant Air*)

Udara pabrik digunakan untuk berbagai keperluan seperti aerasi dan suplai udara seperti suplai udara ke *Rotary Dryer*.

b. Udara Instrumen (*Instrument Air*)

Sumber udara instrumen berasal dari kompresor udara proses. Udara pabrik didefinisikan sebagai udara kering (*dew point* rendah) yang dipakai terbatas untuk pengoperasian instrumentasi. Udara pabrik dari penerima udara dialirkan ke instrumen oleh kompresor dimana kandungan air diturunkan oleh bahan pengering hingga memenuhi *dew point* menjadi udara instrumen dan dikirim ke pemakai melewati *Instrument Air Header*.

Udara instrumen adalah udara kering (*dew point* rendah) yang dipergunakan terbatas untuk pengoperasian instrumentasi. Unit udara tekan diperlukan untuk menggerakkan instrumen-instrumen pengendalian proses yang ada dalam pabrik magnesium sulfat heptahidrat.

4. Unit Penyediaan Refrigerant

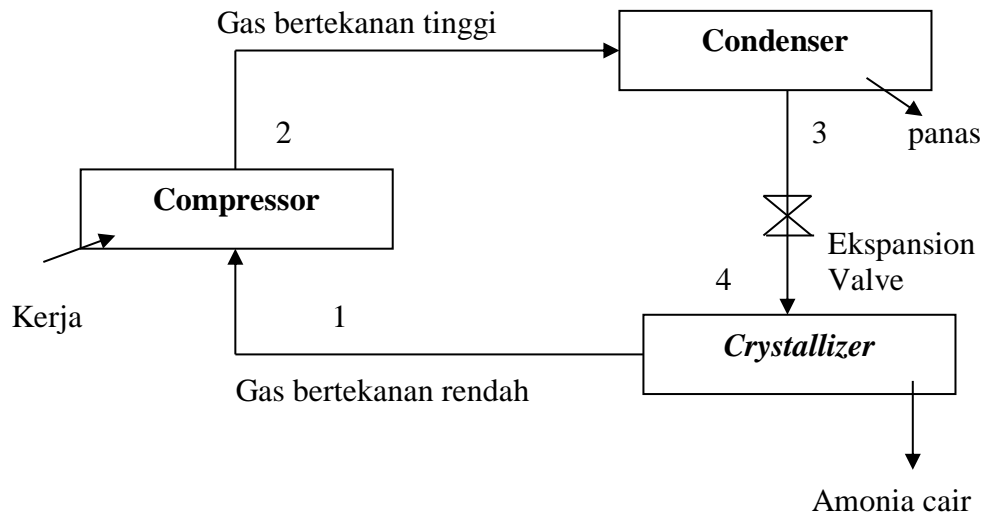
Refrigerant yang digunakan adalah amonia sebagai pendingin pada kristalizer. Amonia yang telah digunakan diolah dalam sistem refrigerasi amonia pada unit utilitas. Sistem refrigerasi ini berfungsi untuk mensirkulasikan amonia pendingin pada crystallizer dengan kondisi operasi sebagai berikut:

T operasi	= 30°C
Tekanan operasi	= 1 atm
Temperatur masuk ammonia (cair)	= -33,5 °C (P = 1 atm)
Tempertatur keluar ammonia (gas)	= -33,5 °C

Amonia bersirkulasi menggunakan konsep *liquifaction*, *liquifaction* adalah perubahan zat dari wujud gas ke bentuk cairan. Karena perubahan wujud zat sebanding dengan perbedaan jumlah energi dari molekul yang membentuk zat tersebut, maka energi panas harus diserap atau dilepas oleh zat tersebut sehingga dapat merubah keadaan wujud zat tersebut. Dengan demikian, perubahan zat dari padat ke cair atau dari cair ke gas memerlukan penambahan panas. Jika gas mengalami kompresi, panas akan terlepas dan berubah fasa menjadi cair, sehingga pendinginan ekstrem tidak mutlak diperlukan untuk pencairan gas. Pendinginan semacam ini ditemukan oleh Thomas Andrew pada tahun 1969. disebutkan bahwa setiap gas mempunyai temperatur kritis, dan apabila pencairan dilakukan di atas temperatur kritis maka gas tersebut tidak dapat dicairkan dan tidak berpengaruh berapapun tekanan diberikan.

Ketika gas tersebut dikompresi, molekul-molekul gas saling tarik-menarik sehingga kalor pun terlepas. Pada proses kompresi, kecepatan molekul-molekul gas dan jarak antara molekul tersebut semakin dekat sampai akhirnya gas tersebut mengalami perubahan wujud menjadi cairan.

Sistem refrigerasi kompresi uap merupakan sistem/daur yang paling banyak digunakan dalam daur refrigerasi. Proses-proses yang membentuk daur kompresi uap adalah :



Gambar 6.3. Sistem Refrigerasi Kompresi Uap

Keterangan :

- 1-2 Kompresi adiabatik dan reversible, dari uap jenuh menuju tekanan kondensor
- 2-3 Pelepasan kalor reversible pada tekanan konstan, menyebabkan penurunan panas lanjut (*desuperheating*) dan pengembunan refrigerant
- 3-4 Ekspansi irreversibel pada entalpi konstan, dari cairan jenuh menuju tekanan kristalizer.
- 4-1 Penambahan kalor reversible pada tekanan tetap, yang menyebabkan penguapan menuju uap jenuh

Dari neraca panas, panas yang diserap oleh fluda dingin :

Beban pendingin = 1.979.235,7443 kJ/jam

Nilai Q negatif berarti panasnya harus dibuang, maka untuk menghitung beban pendingin

- Pendingin yang digunakan = ammonia pada $T = -33.5\text{ }^{\circ}\text{C}$
- H_v ammonia pada $-33,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ = 1417,498 kJ/kg
- H_f ammonia pada $-33,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ = 47,9006 kJ/kg
- λ (panas laten) = 1369,5973 kJ/kg

Kebutuhan ammonia *refrigerant* :

$$m_{\text{amonia}} = \frac{1.979.235,7443 \text{ kJ/hr}}{1369,59732 \text{ kJ/kg}}$$

$$= 1.445,1224 \text{ kg/jam}$$

5. Unit Pembangkit Tenaga Listrik (*Power Plant*)

Kebutuhan tenaga listrik dipenuhi oleh Generator yang digerakkan oleh Generator Diesel dan Pembangkit Listrik Negara (PLN). Listrik pabrik magnesium sulfat heptahidrat ini utamanya berasal dari PLN, adapun Generator Diesel hanya sebagai *back-up* ketika terjadi gangguan pasokan listrik dari PLN. Listrik yang digunakan berdaya 220 V, dan diperkirakan pabrik magnesium sulfat heptahidrat ini membutuhkan daya 462,33 kW.

Kebutuhan listrik total sebesar = 462,33 kW

Sistem Penyediaan bahan bakar

Unit pengadaan bahan bakar bertujuan untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar pada generator dan boiler. Bahan bakar yang digunakan adalah bahan bakar solar.

$$\begin{aligned} \text{Total kebutuhan bahan bakar solar} &= \text{solar untuk boiler} + \text{solar untuk generator} \\ &= 339,1 + 76,19 \text{ liter/jam} \\ &= 415,31 \text{ liter/jam} \end{aligned}$$

6.2. Unit Pengolahan Limbah

Beberapa limbah yang dihasilkan dari pabrik magnesium sulfat heptahidrat adalah sebagai berikut :

1. Limbah Sanitasi

Air buangan sanitasi yang berasal dari seluruh toilet di kawasan pabrik, pencucian, dan dapur dikumpulkan dan diolah dalam unit stabilisasi dengan menggunakan lumpur aktif dan proses aerasi untuk mendegradasikan zat-zat organik yang ada dan menambah kadar oksigen di dalam limbah. Sedangkan kotoran yang berasal dari WC dibuang ke tempat pembuangan khusus *septic tank*.

Adapun karakteristik limbah sanitasi yang diolah diantaranya :

- Padatan total = 1200 mg/L
 - a. Terlarut = 850 mg/L
 - b. *Suspended solid* = 350 mg/L
- Padatan mengendap = 20 mg/L
- *Biochemical Oxygen Demand* = 400 mg/L
(BOD) 5 hari, 20 °C
- Karbon Organik total = 290 mg/L
- *Chemical Oxygen Demand (COD)* = 1000 mg/L
- Nitrogen Total, N = 85 mg/L
 - a. Organik = 35 mg/L
 - b. Amonia bebas = 50 mg/L
 - c. Nitrit = 0 mg/L
 - d. Nitrat = 0 mg/L

- Fosfor, P = 15 mg/L
 - a. Organik = 5 mg/L
 - b. Anorganik = 10 mg/L
- Klorida, Cl = 100 mg/L
- Sulfat, SO_4^{2-} = 50 mg/L
- Kebasaan, CaCO_3 = 200 mg/L
- Oli = 150 mg/L
- Bakteri E. Coli Total = 10^9 Jumlah/100 mL
- *Volatile Organic Compounds, (VOCs)* = >400 $\mu\text{g/L}$

Sumber : Tabel. 3-16. *Waste Water Engineering, Metcalf & Eddy, 1991:109*

2. Limbah Utilitas

Air buangan dari unit proses dan unit utilitas bersifat asam atau basa dikirim ke bak netralisasi. Penetralan dilakukan dengan menambahkan asam sulfat atau basa NaOH sampai air tersebut mempunyai pH netral (diharapkan 6,5 – 8).

3. Limbah Proses

Limbah yang dihasilkan dari pabrik magnesium sulfat heptahidrat berupa limbah padat. Limbah ini tidak termasuk limbah yang berbahaya bagi lingkungan, sehingga tidak memerlukan penanganan khusus. Limbah padat dibuang pada lahan terbuka dan dibiarkan mengering.

6.3. Laboratorium

Laboratorium merupakan bagian yang sangat penting dalam menunjang kelancaran proses produksi dan menjaga mutu produksi. Dengan data yang

diperoleh dari laboratorium maka proses produksi akan selalu dapat dikendalikan dan kualitas produk dapat dijaga sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan. Di samping itu juga berperan dalam pengendali pencemaran lingkungan. Laboratorium mempunyai tugas pokok antara lain :

1. Sebagai pengendali kualitas bahan baku dan pengendali kualitas produk.
2. Sebagai pengendali terhadap proses produksi dengan melakukan analisis terhadap pencemaran lingkungan yang meliputi polusi udara, limbah cair dan limbah padat yang dihasilkan unit-unit produksi.
3. Sebagai pengendali terhadap mutu air umpan *Boiler*, *Steam*, dan lain-lain yang berkaitan langsung dengan proses produksi.

Laboratorium melaksanakan tugas selama 24 jam sehari dalam kelompok kerja *shift* dan *non-shift*.

a. Kelompok Non-*Shift*

Kelompok ini bertugas melakukan analisis khusus, yaitu Analisis yang sifatnya tidak rutin dan menyediakan *reagen* kimia yang diperlukan oleh laboratorium. Dalam membantu kelancaran kinerja kelompok *shift*, kelompok ini melaksanakan tugasnya di laboratorium utama dengan tugas-tugas antara lain :

- Menyediakan reagen kimia untuk analisis laboratorium.
- Melakukan Analisis bahan buangan penyebab polusi.
- Melakukan penelitian/percobaan untuk membantu kelancaran produksi.

b. Kelompok *Shift*

Kelompok ini melaksanakan tugas pemantauan dan analisis-analisis rutin terhadap proses produksi. Dalam melaksanakan tugasnya, kelompok ini

menggunakan sistem bergilir yaitu kerja *shift* selama 24 jam dengan masing-masing *shift* bekerja selama 8 jam.

Dalam pelaksanaan tugasnya, seksi laboratorium dikelompokkan menjadi :

a. Laboratorium Fisika

Bagian ini mengadakan pemeriksaan atau pengamatan terhadap sifat-sifat fisis bahan baku dan produk. Pengamatan yang dilakukan antara lain : *spesifik gravity*, viskositas kinematik dan kandungan air

b. Laboratorium Analitik

Bagian ini mengadakan pemeriksaan terhadap bahan baku dan produk mengenai sifat-sifat kimianya.

Analisis yang dilakukan antara lain :

- Kadar impuritis pada bahan baku
- Kandungan logam berat
- Kandungan metal

c. Laboratorium Penelitian dan Pengembangan

Bagian ini bertujuan untuk mengadakan penelitian, misalnya :

- Diversifikasi produk
- Pemeliharaan lingkungan (pembersihan air buangan).

Di samping mengadakan penelitian rutin, laboratorium ini juga mengadakan penelitian yang sifatnya non-rutin, misalnya saja penelitian terhadap produk di unit tertentu yang tidak biasanya dilakukan penelitian, guna mendapatkan alternatif lain tentang penggunaan bahan baku.

d. Laboratorium Analisis Air

Pada laboratorium Analisis air ini yang di analisis antara lain :

1. Bahan baku air
2. Air demineralisasi
3. Air umpan *boiler*

Parameter yang diuji antara lain warna, pH, kandungan klorin, tingkat kekeruhan, total kesadahan, jumlah padatan, total alkalinitas, kadar minyak, sulfat, silika dan konduktivitas air.

Alat- alat yang digunakan dalam laboratorium analisis air adalah :

- pH meter, digunakan untuk mengetahui tingkat keasaman / kebasaan.
- Spektrometer, untuk menentukan konsentrasi suatu senyawa terlarut dalam air dengan syarat larutan harus berwarna.
- *Spectroscopy*, untuk menentukan kadar sulfat.
- *Gravimetric*, untuk mengetahui jumlah kandungan padatan dalam air.
- Peralatan titrasi , untuk mengetahui kandungan klorida, kasadahan dan alkalinitas.
- *Conductivity meter* , untuk mengetahui konduktivitas suatu zat yang terlarut dalam air.

Air terdeminerasasi yang dihasilkan unit terdemineralizer juga diuji oleh departemen ini. Parameter yang diuji antara lain pH, konduktivitas dan kandungan silikat (SiO_2). Sedangkan parameter air umpan *boiler* yang dianalisis antara lain kadar hidrazin, amonia dan ion fosfat.

e. Alat Analisis

Alat Analisis yang digunakan :

- *Water Content Tester*, untuk menganalisis kadar air dalam produk.
- *Viskometer Bath*, untuk mengukur viskositas produk keluar reaktor.

- *Hydrometer*, untuk mengukur *specific gravity*.

6.4. Instrumentasi dan Pengendalian Proses

Dalam pengoperasian dan pengendalian alat-alat proses, diperlukan sistem instrumentasi yang dapat mengukur, mengindikasikan, dan mencatat variabel-variabel proses. Variabel proses itu antara lain temperatur, tekanan, laju alir, dan ketinggian. Pengendalian alat-alat proses dipusatkan di ruang kendali, walaupun dapat pula dilakukan langsung di lapangan. Pengendalian terhadap kualitas bahan baku dan produk dilakukan di laboratorium pabrik.

Sistem pengendalian di pabrik magnesium sulfat ini menggunakan *Distributed Control System (DCS)*. Sistem ini mempergunakan komputer mikroprosesor yang membagi aplikasi besar menjadi sub-sub yang lebih kecil. Data yang diperoleh dari elemen-elemen sensor diolah dan disimpan. Pengendalian dilakukan dalam *Programmable Logic Controller* dengan cara mengubah data-data tersebut menjadi sinyal elektrik untuk pembukaan atau penutupan *valve-valve*. Untuk melakukan perhitungan matematis yang rumit dan kompleks dibutuhkan *Supervisor Control System (SCS)*.

Beberapa kemampuan yang dimiliki oleh SCS adalah :

1. Kalkulasi termodinamik.
2. Prediksi sifat/komposisi produk dan kontrol.
3. Menyimpan data dalam jangka waktu yang panjang.

Model hierarki pengendalian meliputi empat tingkat kebutuhan informasi dan sistem pengendalian. *Computer Integrated Manufacturing (CIM)* dicapai

dengan pengkoordinasian dan penggunaan secara efektif aliran informasi melalui seluruh tingkatan. Keempat tingkatan ini diperlihatkan pada Tabel 6.7.

Tabel 6.7. Tingkatan Kebutuhan Informasi dan Sistem Pengendalian

Tingkatan	Fungsi
1. <i>Regulatory and Sequential Control</i>	Memantau, mengendalikan, dan mengatur berbagai aktuator dan perangkat lapangan yang berhubungan langsung dengan proses.
2. <i>Supervisory Control System</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Mengkoordinasikan kegiatan satu atau lebih DCS - Menyediakan <i>plantwide summary</i> dan <i>plantwide process overview</i>.
3. Sistem informasi yang dibutuhkan oleh <i>Local Plant Management</i>	Pengaturan operasi hari ke hari, seperti penjadwalan produk, pemantauan operasi, laboratorium jaminan kualitas, akumulasi data produksi – biaya, dan <i>tracking shipment</i> .
4. <i>Management Information System</i>	Mengkoordinasikan informasi keuangan, penjualan, dan pengembangan produk pada tingkat perusahaan.

Pengendalian terhadap variabel proses dilakukan dengan sistem pengendali elektronik. Variabel-variabel yang dikendalikan berupa temperatur, tekanan, laju alir dan level cairan. Pengendalian variabel utama proses tercantum pada Tabel 6.8. di bawah ini.

Tabel 6.8. Pengendalian Variabel Utama Proses

No.	Variabel	Alat Ukur
1.	Temperatur	Termokopel
2.	Tekanan	<i>Pressure gauge</i>
3.	Laju Alir	<i>Orificemeter, venturimeter, vortexcoriolismeter</i>
4.	Level cairan	<i>Float level device</i>

BAB VII

LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK

7.1. Lokasi Pabrik

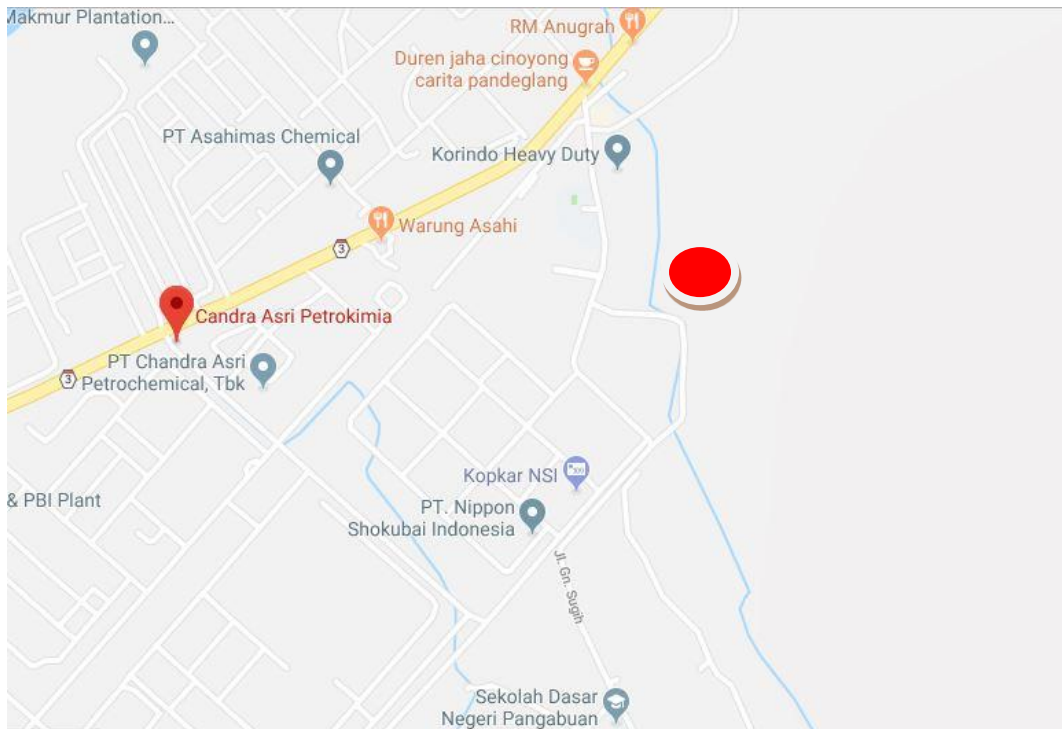
Penentuan lokasi pabrik adalah salah satu hal yang terpenting dalam mendirikan suatu pabrik. Lokasi pabrik akan berpengaruh secara langsung terhadap kelangsungan proses pabrik yang meliputi keberhasilan dan kelancaran produksi pabrik.

Pabrik Magnesium Sulfat Heptahidrat dengan kapasitas 50.000 ton/tahun ini direncanakan didirikan di Kawasan Industri Cilegon, Provinsi Banten.

Bahan pertimbangan dalam pemilihan lokasi pabrik adalah sebagai berikut :

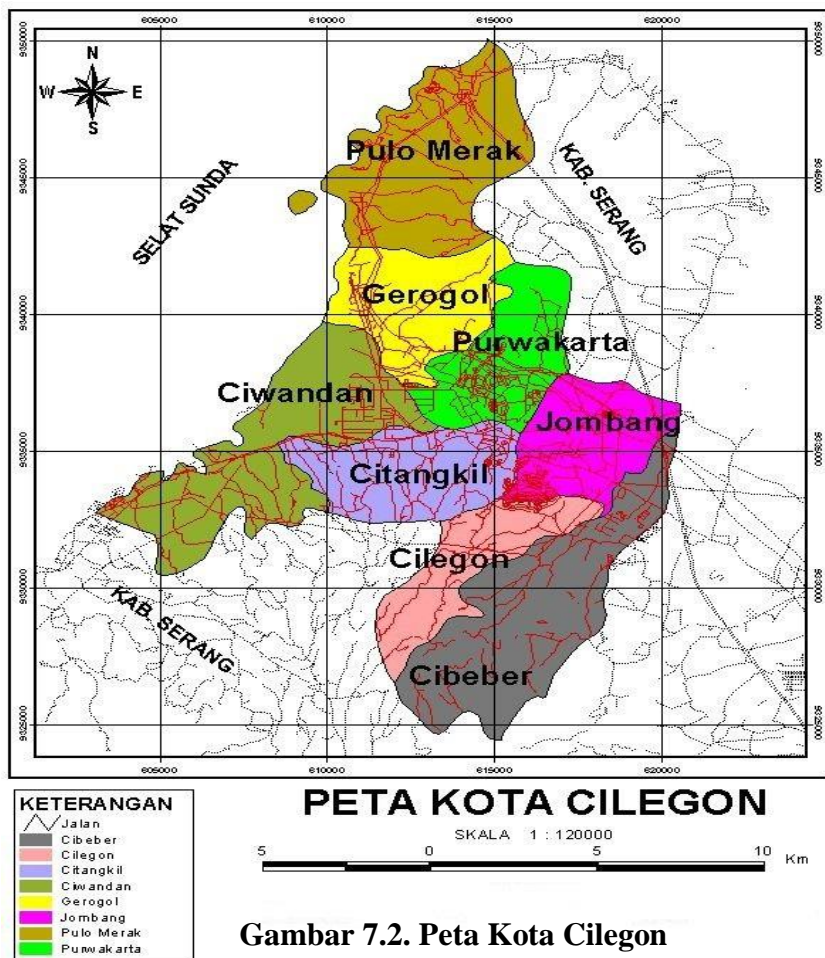
Tabel 7.1. Pemilihan Lokasi Pabrik

Faktor Primer	Faktor Sekunder
1. Sumber bahan baku	1. Tenaga kerja
2. Daerah pemasaran	2. Kondisi masyarakat dan keamanan
3. Transportasi	3. Tanah
4. Persediaan air	4. Lingkungan
	5. Kebijakan pemerintah



(Sumber : www.google.co.id/maps)

Gambar 7.1. Peta Lokasi Pabrik



Gambar 7.2. Peta Kota Cilegon

Bahan pertimbangan dalam pemilihan lokasi pabrik adalah sebagai berikut :

1. Mampu melayani konsumen dan pelanggan dengan memuaskan.
2. Mampu menyediakan bahan baku yang cukup dan berkesinambungan dengan harga sampai ditempat cukup murah ditunjang dengan sarana transportasi yang memadai.
3. Mudah mendapatkan tenaga kerja.
4. Kemungkinan untuk memperluas pabrik dimasa mendatang ditinjau dari segi keuntungan yang dicapai maupun area tanah untuk pabrik.

Pada dasarnya ada dua faktor yang mempengaruhi dalam pemilihan lokasi pabrik, yaitu faktor primer dan faktor sekunder.

1. Faktor Primer meliputi :
 - a. Letak pabrik terhadap pasar (*market oriented*).
 - b. Letak pabrik terhadap sumber bahan baku (*raw material oriented*).
 - c. Tersedianya sarana transportasi (*transport oriented*).
 - d. Adanya tenaga kerja yang murah (*labour oriented*).
 - e. Tersedianya sumber air, tenaga listrik dan bahan bakar yang cukup (*power oriented*).
2. Faktor Sekunder meliputi :
 - a. Harga tanah dan gedung.
 - b. Kemungkinan perluasan pabrik.
 - c. Tersedianya tempat perbelanjaan untuk kepentingan pabrik.
 - d. Keadaan masyarakat daerah (adat istiadat, keamanan, dan sikap).
 - e. Keadaan tanah dan iklim.

Faktor-faktor tersebut perlu dipertimbangkan dalam menentukan lokasi pabrik disamping faktor bentuk, tujuan, dan jenis pabrik. Dengan memperhatikan faktor-faktor tersebut, maka pembangunan pabrik Magnesium Sulfat Heptahidrat dipilih di Kabupaten Cilegon, Provinsi Banten.

Ada beberapa faktor yang mendukung lokasi ini diantaranya :

- Pemasaran Produk

Pabrik Magnesium Sulfat Heptahidrat ini didirikan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri. Provinsi Banten dan sekitarnya termasuk tempat yang strategis untuk distribusi produk. Selain itu, lokasi pabrik yang dekat pelabuhan tentunya mempermudah proses distribusi produk dalam skala besar, menengah maupun kecil.

- Bahan Baku

Bahan baku dalam pembuatan Magnesium Sulfat Heptahidrat adalah Asam Sulfat (H_2SO_4) yang diperoleh dari PT. Insoclay Acidatama Indonesia, Banten dan Magnesium Oksida (MgO) yang diperoleh dari PT. UNIKEMIKA Asia, Bogor (Jawa Barat).

- Utilitas

Utilitas, khususnya air dapat diperoleh dari Sungai Cidanau yang tidak jauh dari lokasi pabrik. Debit air sungai yang cukup besar menjamin kesinambungan persediaan air.

- Transportasi

Lokasi yang dipilih dalam pra rancangan pabrik ini merupakan daerah yang memiliki akses transportasi baik darat maupun perairan. Hal ini ditinjau dari lokasi pendirian pabrik yang terletak tidak jauh dari pelabuhan dan sungai.

- Tenaga Kerja

Untuk memenuhi kebutuhan tenaga kerja dapat disediakan dari tenaga kerja profesional yang berasal dari lulusan Universitas di Pulau Jawa serta tenaga kerja pelaksana yang berasal dari penduduk sekitar pabrik.

- Biaya untuk Tanah

Tanah yang tersedia untuk lokasi pabrik masih sangat luas dengan harga yang terjangkau Rp 1.500.000/m² (BPN, 2018), sehingga membuka peluang untuk perluasan pabrik nantinya.

- Kondisi Iklim dan Cuaca

Lokasi ini memiliki iklim yang cukup baik untuk industri kimia dengan temperatur rata-rata 24 – 32 °C.

7.2. Tata Letak Pabrik

Tata letak pabrik adalah cara pengaturan letak dari unit-unit peralatan dan bangunan dalam suatu pabrik. Adapun tujuan dari pengaturan tata letak pabrik adalah untuk menjamin kelancaran proses produksi dengan baik dan efisien, menjaga keselamatan kerja para karyawannya dan menjaga keamanan dari pabrik itu sendiri.

Jalannya aliran proses dan aktivitas dari para pekerja yang ada merupakan dasar pertimbangan dalam pengaturan bangunan-bangunan dalam suatu pabrik, sehingga proses dapat berjalan efektif. Dalam pengaturan tata letak pabrik ini perlu mempertimbangkan faktor-faktor sebagai berikut:

1. Kemudahan dalam proses yang disesuaikan dengan kemudahan dalam pemeliharaan peralatan serta kemudahan mengontrol hasil produksi dan jalannya proses.
2. Distribusi sarana penunjang (utilitas) yang tepat dan ekonomis.
3. Keselamatan dan keamanan kerja karyawan.
4. Memberikan kebebasan bergerak yang cukup leluasa diantara peralatan yang menyimpan bahan- bahan berbahaya.
5. Masalah pembuangan limbah pabrik agar tidak mengganggu lingkungan dan tidak menimbulkan polusi.
6. Adanya perluasan pabrik di masa yang akan datang.
7. Pengaturan jalan, bangunan, dan tata lingkungan yang ada.

Berdasarkan pertimbangan faktor-faktor tersebut, maka pengaturan tata letak pabrik Magnesium Sulfat Heptahidrat direncanakan sebagai berikut :

1. Area Proses

Area proses merupakan pusat kegiatan proses produksi magnesium sulfat heptahidrat. Daerah ini diletakan pada lokasi yang memudahkan suplai bahan baku dari tempat penyimpanan dan pengiriman produk ke area penyimpanan produk serta mempermudah pengawasan dan perbaikan alat- alat. Pada area proses, terdapat ruang kontrol yang akan mengontrol jalannya proses.

2. Area Penyimpanan

Area penyimpanan merupakan tempat penyimpanan bahan baku dan produk yang dihasilkan. Penyimpanan bahan baku dan produk diletakkan di daerah yang dijangkau oleh peralatan pengangkutan.

3. Area Pemeliharaan dan Perbaikan

Area ini merupakan lokasi untuk melakukan kegiatan pemeliharaan dan perbaikan peralatan pabrik berupa bengkel teknik dan gudang teknik. Daerah ini diletakkan di luar daerah proses karena adanya aktifitas di dalam bengkel yang dapat berakibat fatal bagi jalannya proses.

4. Area Laboratorium

Area ini merupakan lokasi untuk melakukan analisis terhadap kualitas bahan baku yang akan digunakan dan produk yang dihasilkan, serta melakukan penelitian dan pengembangan terhadap produk yang dihasilkan. Oleh karena itu, daerah ini diletakkan dekat dengan daerah proses.

5. Area Utilitas

Area ini merupakan lokasi untuk menyediakan keperluan yang menunjang jalannya proses, berupa penyediaan air, penyediaan listrik dan penyediaan bahan bakar.

6. Area Perkantoran

Area ini merupakan pusat kegiatan administrasi pabrik sehari-hari, baik untuk kepentingan dalam pabrik maupun luar pabrik. Daerah ini mencakup ruang serba guna.

7. Area Fasilitas Umum

Area ini terdiri dari kantin, mushola, klinik dan lapangan parkir. Daerah ini diletakkan sedemikian rupa sehingga waktu perjalanan yang diperlukan oleh karyawan antar gedung dapat seminimal mungkin.

8. Area Perluasan

Area ini dimaksudkan untuk persiapan perluasan pabrik dimasa yang akan datang. Perluasan pabrik dilakukan karena peningkatan kapasitas produksi akibatnya adanya peningkatan produk.

9. Pos Satpam

Pos keamanan dapat diletakkan pada pintu masuk dan pintu keluar. Pos keamanan ini diperlukan agar keamanan pabrik dapat terjaga.

10. Control Room

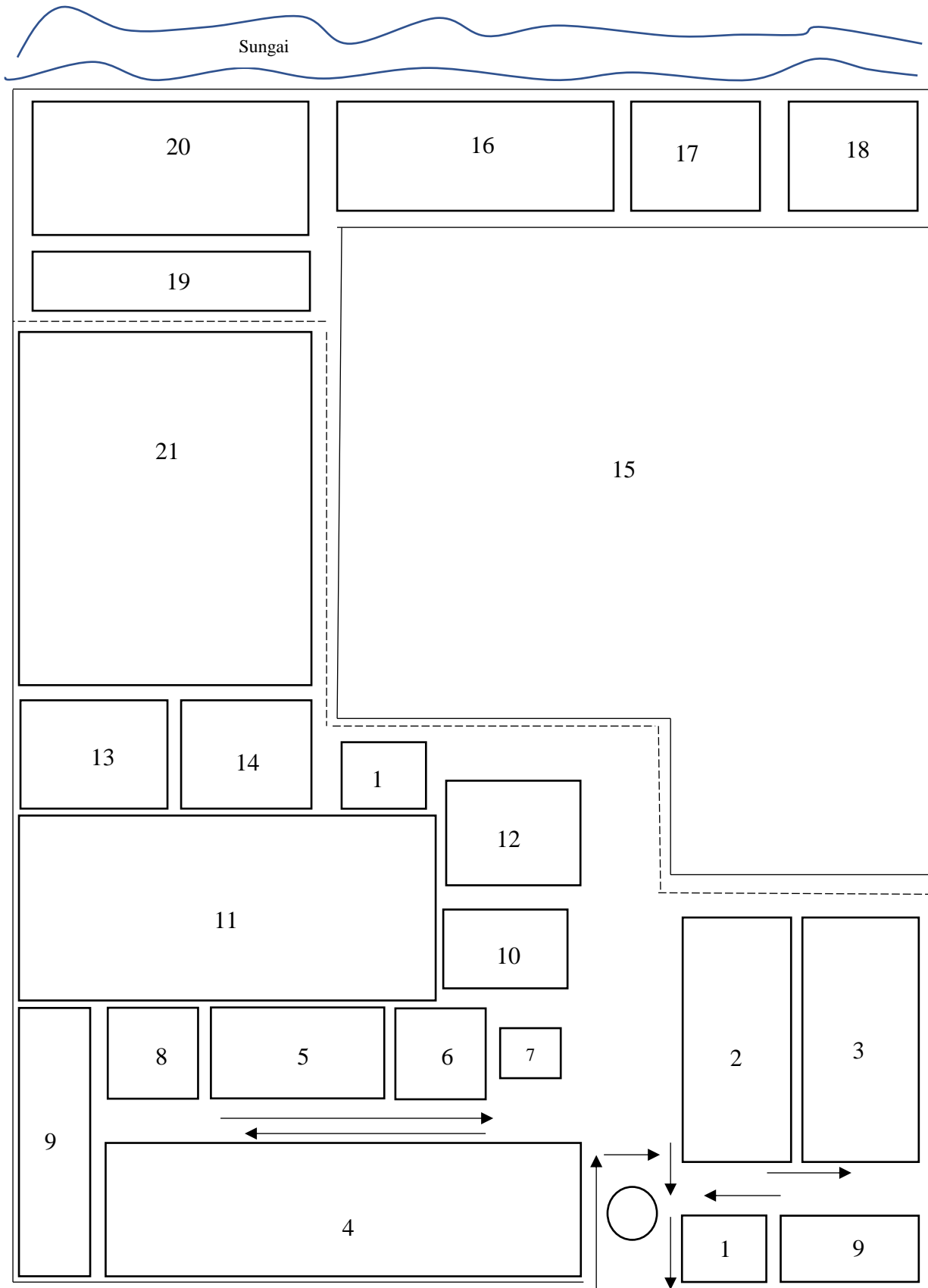
Area ini dimaksudkan untuk digunakan sebagai ruang pusat kendali seluruh peralatan yang ada di areal pabrik, baik dari area proses, area utilitas dan area penunjang lainnya. Semua peralatan itu akan dikontrol melalui ruangan ini.

Gambar tata letak pabrik dapat dilihat pada Gambar 7.3. berikut ini.

Tabel 7.2. Perincian Luas Area Pabrik Magnesium Sulfat Heptahidrat

No	Bangunan	Total Luas (m ²)
1	Pos Satpam	600
2	Gudang Bahan Baku	2.000
3	Gudang Produk	2.000
4	Kantor	3.000
5	Gedung Serba Guna	800
6	Kantin	500
7	Mushola	200
8	Poliklinik	500
9	Tempat Parkir	2.000
10	Sarana Olahraga	1.000
11	Perumahan Karyawan	4.500
12	Bengkel <i>Maintenance</i>	1.000
13	Laboratorium	1.000
14	<i>Control Room</i>	1.000
15	Area Proses	15.000
16	Unit Pengolahan Air	2.500
17	Unit Penyedia Steam	1.500
18	Unit Penyedia Udara	1.500
19	Unit Pembangkit Listrik	1.500
20	Unit Pengolahan Limbah	3.000
21	Areal Perluasan dan Ruang Terbuka Hijau	4.750
Total		49.850

Jadi area lahan yang dibutuhkan untuk membangun Pabrik Magnesium Sulfat Heptahidrat adalah 51.000 m² (5,1 ha). Tabel 7.2. memberikan keterangan pada gambar 7.3. sebagai berikut :



Gambar 7.3. Tata Letak Pabrik

7.3. Tata Letak Peralatan Proses Pabrik

Konstruksi yang ekonomis dan operasi yang efisien dari suatu unit proses akan tergantung kepada bagaimana peralatan proses itu disusun. Faktor-faktor yang dipertimbangkan dalam penyusunan tata letak alat proses adalah :

1. Pertimbangan Ekonomis

Biaya produksi diminimalisasi dengan cara menempatkan peralatan sedemikian rupa sehingga alat transportasi yang digunakan lebih efisien.

2. Faktor Kemudahan Operasi

Letak tiap alat diusahakan agar dapat memberikan keleluasaan bergerak pada para pekerja dalam melaksanakan aktifitas produksi. Selain itu, alat-alat tersebut hendaknya diletakkan pada posisi yang tepat dan cukup mudah untuk dijangkau dan terdapat ruang antara disekitar peralatan untuk memudahkan pekerjaan operator.

3. Kemudahan Pemeliharaan

Kemudahan pemeliharaan alat juga menjadi pertimbangan yang penting dalam menempatkan alat-alat proses. Hal ini dikarenakan pemeliharaan alat merupakan hal yang penting untuk menjaga alat beroperasi sebagaimana mestinya, dan supaya peralatan dapat berumur panjang. Penempatan alat yang baik akan memberikan ruang gerak yang cukup untuk memperbaiki jika terjadi kerusakan maupun untuk membersihkan peralatan

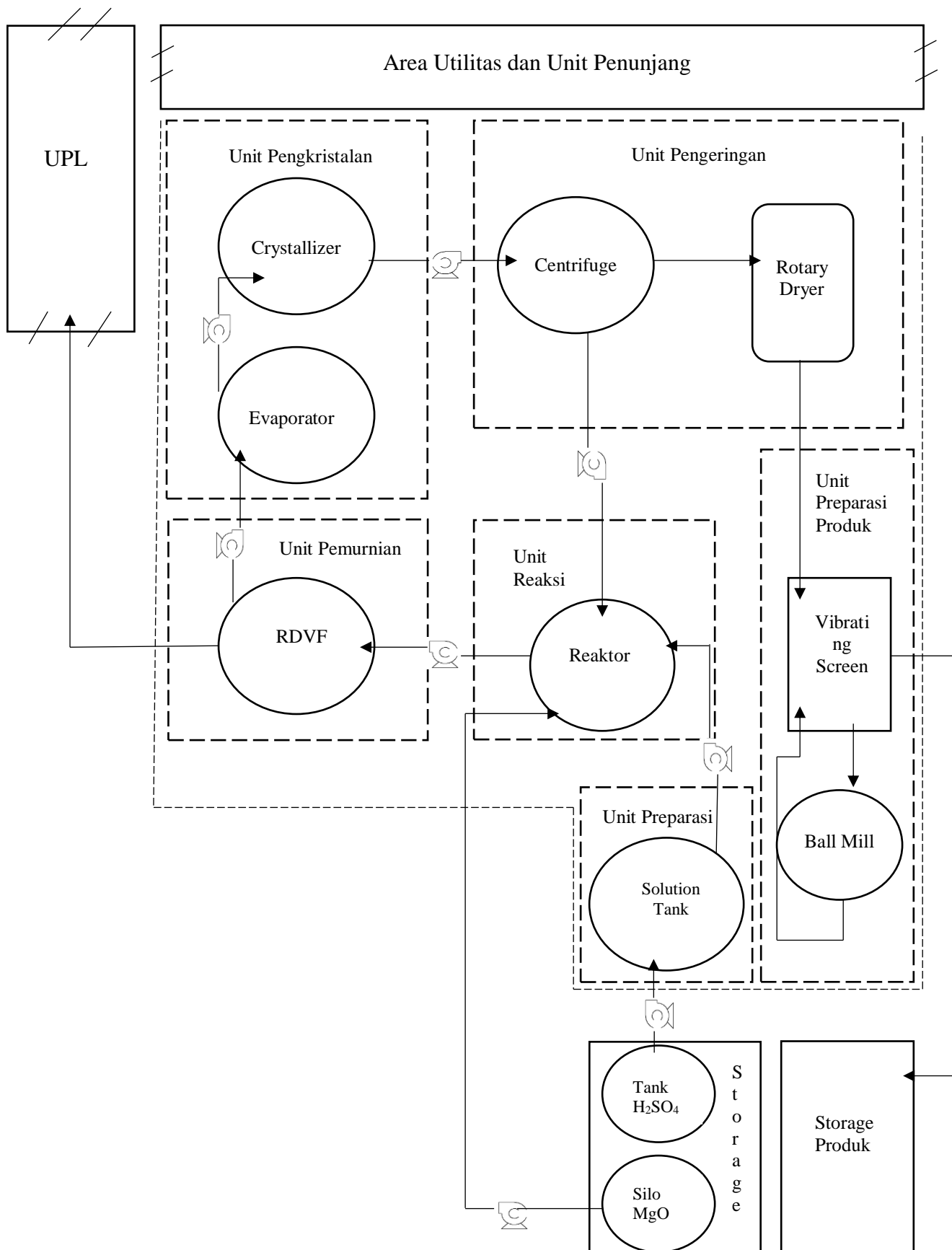
4. Faktor Keamanan

Alat-alat yang beroperasi pada temperatur tinggi perlu diisolasi untuk memperkecil resiko terjadinya hal-hal yang tidak diinginkan pada karyawan, seperti kebakaran, ledakan atau kebocoran dari peralatan dalam suatu pabrik.

Selain itu perlu dibangun 2 pintu keluar (pintu utama dan pintu darurat). Hal ini akan memudahkan para karyawan untuk menyelamatkan diri bila terjadi kecelakaan.

Tata letak peralatan proses pabrik secara keseluruhan ditunjukkan pada

Gambar 7.4. berikut :



Gambar 7.4. Tata Letak Alat Proses

BAB VIII

SISTEM MANAJEMEN DAN ORGANISASI PERUSAHAAN

Parameter keberhasilan suatu perusahaan bertumpu pada bentuk, struktur dan sistem manajemen organisasi perusahaan. Sistem pengelolaan (manajemen) organisasi perusahaan bertugas untuk mengatur, merencanakan, melaksanakan dan mengendalikan perusahaan dengan efektif dan efisien. Selain itu, untuk mendapatkan profit yang optimal juga harus didukung oleh pembagian tugas dan wewenang yang jelas dari setiap anggota yang terlibat dalam perusahaan. Sehingga demi kelancaran jalannya perusahaan diperlukan pemilihan bentuk dan sistem manajemen organisasi yang sesuai dengan kapasitas dan tujuan perusahaan.

8.1. *Project Master Schedule*

Untuk mendirikan pabrik Magnesium Sulfat Heptahidrat akan dilakukan melalui beberapa tahapan yang antara lain yaitu :

a. Pembebasan Lahan dan Perizinan Pendirian Pabrik

Tahap ini merupakan tahap pembebasan lahan yang akan dijadikan tempat untuk mendirikan pabrik. Setelah pembebasan lahan berhasil dilakukan, tahap selanjutnya yaitu mendapatkan izin pendirian pabrik dan tempat pendirian pabrik ke instansi terkait agar usaha yang akan didirikan legal dan tidak akan diganggu gugat oleh pihak manapun.

b. *Engineering*

Tahap ini merupakan tahap penyempurnaan perancangan sehingga bisa direalisasikan sebagai sebuah pabrik. Teknologi peralatan yang dipilih adalah yang paling efektif dan cocok (*compatible*) dengan lingkungan.

c. *Procurement*

Tahap ini merupakan tahap pemilihan *supplier* peralatan, material pabrik beserta kantor yang paling sesuai dengan perancangan yang telah dilakukan. Pemilihan *supplier* akan dilakukan secara *open tender*. Kemudian dilakukan pembelian semua peralatan pabrik pada *supplier* tersebut dan dilakukan pengontrolan terhadap peralatan yang dibeli agar sesuai dengan perjanjian pembelian sebelumnya.

d. *Construction*

Tahap ini merupakan tahap pendirian pabrik, kantor dan rumah susun. Tahap *engineering*, *procurement*, dan *construction* biasa disebut EPC. Untuk tahap EPC akan dipilih kontraktor EPC dari dalam negeri.

e. *Precommissioning*

Tahap ini merupakan tahap pengetesan semua peralatan pabrik oleh supervisi dari para ahli *engineering* sehingga pada saat dioperasikan nantinya akan sesuai dengan hasil yang diharapkan. Melalui beberapa pengetesan tersebut akan didapatkan beberapa punch list yang akan diserahkan kepada kontraktor untuk segera diperbaiki.

f. *Commissioning*

Tahap ini merupakan tahap persiapan *start up* pabrik setelah dilakukan beberapa perbaikan oleh kontraktor. Ada dua tahap *commissioning* yaitu *dry test* dan *wet test*. *Dry test* dilakukan pada serangkaian alat yang tidak menggunakan cairan. Sedangkan *wet test* dilakukan pada serangkaian alat yang menggunakan cairan.

g. *Start-up Operation*

Setelah semua test dijalankan dan tidak ada kerusakan ataupun kesalahan, *start-up* dapat segera dijalankan. *Start-up Operation* harus dilakukan sesuai prosedur yang telah ditetapkan.

Tabel 8.1. Project Master Schedule of Magnesium Sulphate Heptahydrate Plant

No.	Kegiatan	Triwulan			
		1	2	3	4
1	Perizinan Pendirian Pabrik dan Pembebasan Lahan	■			
2	<i>Engineering</i>	■			
3	<i>Procurement</i>		■		
4	<i>Construction</i>		■	■	
5	<i>Precommisioning</i>			■	
6	<i>Commisioning</i>				■
7	<i>Start-up Operation</i>				■

Keterangan : ■ = Waktu Pelaksanaan

8.2. Bentuk Perusahaan

Perusahaan adalah suatu unit kegiatan ekonomi yang diorganisasikan dan dioperasikan untuk menyediakan barang dan jasa bagi konsumen agar memperoleh keuntungan. Bila dilihat dari tanggung jawab pemiliknya, maka perusahaan atau badan usaha dapat dibedakan sebagai berikut :

1. Perusahaan Perseorangan

Perusahaan Perseorangan yaitu badan usaha yang didirikan, dimiliki, dan dimodali oleh satu orang. Pemilik juga bertindak sebagai pemimpin. Pemilik bertanggung jawab penuh atas segala hutang/kewajiban perusahaan dengan seluruh hartanya, baik yang ditanamkan pada perusahaan maupun harta pribadinya.

2. Perusahaan Firma

Perusahaan Firma yaitu badan usaha yang didirikan dan dimiliki oleh beberapa orang dengan memakai satu nama (salah satu anggota atau nama lain) untuk kepentingan bersama. Semua anggota firma bertindak sebagai pemimpin perusahaan dan bertanggung jawab penuh atas segala kewajiban/hutang firma dengan seluruh hartanya, baik harta yang ditanamkan pada perusahaan maupun harta pribadinya.

3. Perusahaan Komanditer

Perusahaan Komanditer yaitu badan usaha yang didirikan oleh dua orang atau lebih dimana sebagian anggotanya duduk sebagai anggota aktif dan sebagian yang lain sebagai anggota pasif. Anggota aktif yaitu anggota yang bertugas mengurus, mengelola, dan bertanggung jawab atas maju

mundurnya perusahaan. Anggota aktif bertanggung jawab penuh atas kewajiban perusahaan dengan seluruh harta bendanya, baik yang ditanamkan pada perusahaan maupun harta pribadinya. Sedangkan anggota pasif yaitu anggota yang hanya berperan memasukkan modalnya ke perusahaan.

4. Perseroan Terbatas (PT)

Perseroan Terbatas yaitu badan usaha yang modalnya didapatkan dari penjualan saham. Saham adalah surat berharga yang dikeluarkan oleh perusahaan atau PT. Setiap pemegang saham memiliki tanggung jawab pada sejumlah modal yang ditanamkan pada perusahaan dan setiap pemegang saham adalah pemilik perusahaan sedangkan pengurus perusahaan adalah direksi beserta stafnya yang diawasi oleh dewan komisaris.

Bentuk perusahaan yang dipakai untuk mendirikan pabrik Manesium Sulfat Heptahidrat, adalah:

- Bentuk Perusahaan : Perseroan Terbatas (PT)
- Lapangan Usaha : Industri Kimia
- Lokasi Perusahaan : Kawasan Industri Cilegon, Banten.

Alasan dipilihnya bentuk Perseroan Terbatas berdasarkan atas beberapa faktor:

1. Mudah mendapatkan modal dengan menjual saham perusahaan.
2. Tanggung jawab pemegang saham terbatas sehingga kelancaran produksi hanya dipegang oleh pimpinan perusahaan.
3. Pemilik dan pengurus perusahaan terpisah satu sama lain.
4. Lapangan usaha lebih luas karena suatu PT dapat menarik modal yang

sangat besar dari masyarakat sehingga dengan modal ini PT dapat memperluas usaha sehingga kelangsungan hidup perusahaan lebih terjamin, karena tidak terpengaruh dengan berhentinya pemegang saham, manajer beserta *staff*-nya dan karyawan perusahaan.

5. Kepemilikan dapat berganti-ganti dengan jalan memindahkan hak milik dengan cara menjual saham kepada orang lain.
6. Efisiensi dari manajemen. Para pemegang saham dapat memilih orang yang ahli sebagai Dewan Komisaris dan manajer yang cakap dan berpengalaman.

8.3. Struktur Organisasi Perusahaan

Salah satu faktor yang menunjang kemajuan perusahaan adalah struktur organisasi yang terdapat dan dipergunakan oleh perusahaan tersebut. Untuk mendapatkan suatu sistem yang baik maka perlu diperhatikan beberapa pedoman, antara lain adalah perumusan tujuan perusahaan jelas, pendelegasian wewenang, pembagian tugas kerja yang jelas, kesatuan perintah dan tanggung jawab, sistem pengontrol atas pekerjaan yang telah dilaksanakan, dan organisasi perusahaan yang fleksibel.

Pola hubungan kerja dan lalu lintas wewenang berdasarkan struktur dapat dibedakan menjadi 3 sistem organisasi, yaitu :

- 1) Organisasi garis

Merupakan organisasi yang sederhana, jumlah karyawan sedikit dan mempunyai hubungan darah. Pimpinan bersifat diktator.

2) Organisasi *line and staf*

Merupakan organisasi yang memiliki 2 kelompok yang berpengaruh dalam menjalankan organisasi.

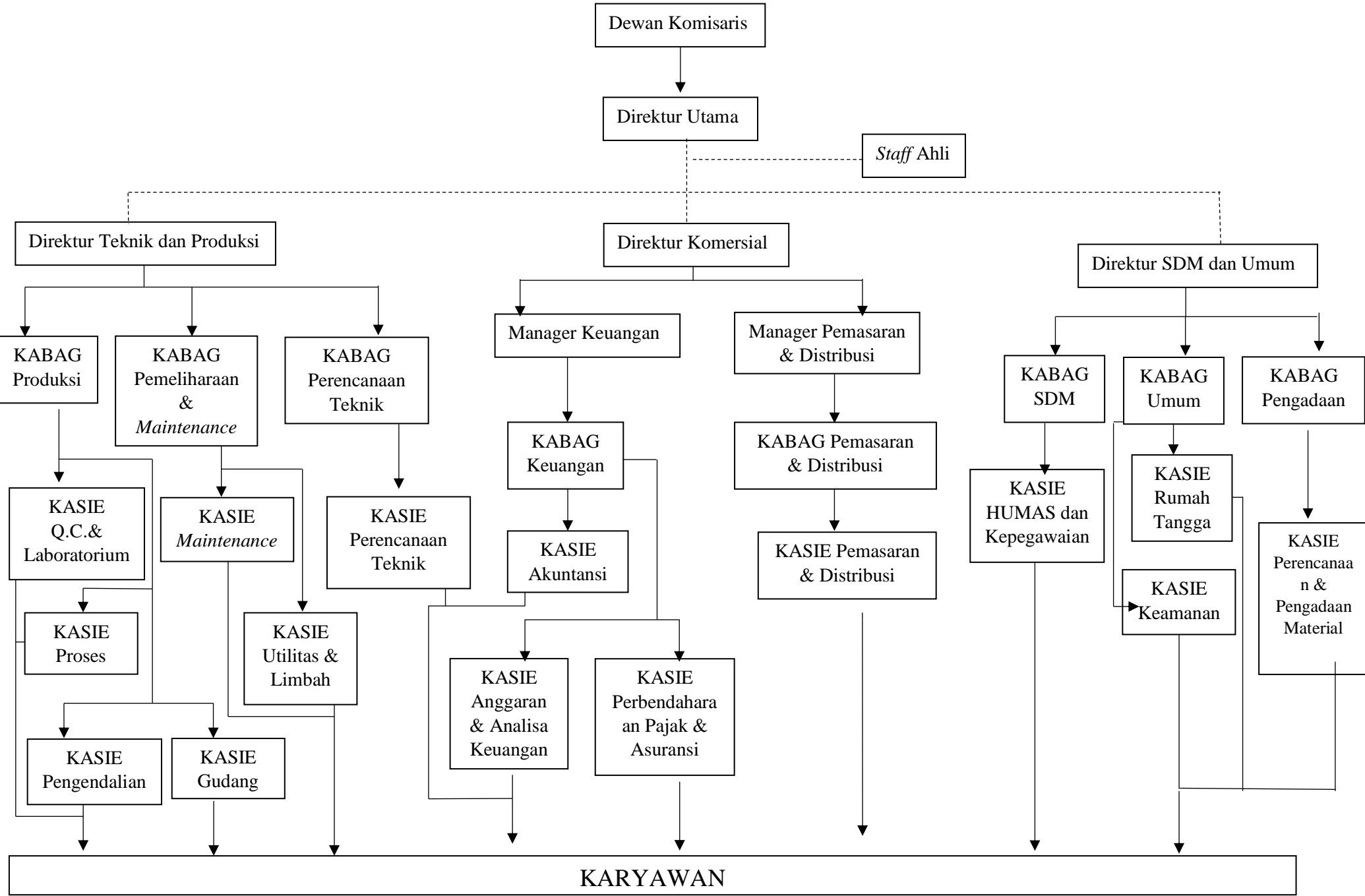
- a. Sebagai *staff* yaitu orang-orang yang melakukan tugas sesuai dengan keahliannya, dalam hal ini berfungsi untuk memberi saran-saran kepada unit operasional.
- b. Sebagai garis atau *line* yaitu orang-orang yang menjalankan tugas pokok organisasi dalam rangka mencapai tujuan.

3) Organisasi fungsional

Merupakan organisasi yang berdasarkan pembagian tugas dan kegiatannya berdasarkan spesialisasi yang dimiliki oleh pejabat-pejabatnya.

Berdasarkan pedoman tersebut maka akan diperoleh struktur organisasi yang baik, yang salah satunya sistem *Line and Staff*. Pada sistem ini, garis kekuasaan lebih sederhana dan praktis. Demikian pula kebaikan dalam pembagian tugas kerja seperti yang terdapat dalam sistem organisasi fungsional, sehingga seorang karyawan hanya akan bertanggung jawab pada seorang atasan saja. Sedangkan untuk mencapai kelancaran produksi maka perlu dibentuk *staff* ahli yang terdiri dari orang-orang ahli dibidangnya. *Staff* ahli akan memberikan bantuan pemikiran dan nasehat kepada tingkat pengawas, demi tercapainya tujuan perusahaan. Bagan struktur organisasi dapat dilihat pada Gambar 8.1. Sistem organisasi *line and staf* dipilih untuk digunakan dalam Pabrik Magnesium Sulfat Heptahidrat dikarenakan mempunyai kelebihan antara lain:

1. Dapat digunakan dalam organisasi skala besar dengan susunan organisasi yang kompleks dan pembagian tugas yang beragam.
2. Dapat menghasilkan keputusan yang logis dan sehat karena adanya pegawai yang ahli.
3. Lebih mudah dalam pelaksanaan pengawasan dan pertanggung jawaban.
4. Cocok untuk perubahan yang cepat (rasionalisasi dan promosi).
5. Memungkinkan konsentrasi dan loyalitas tinggi terhadap pekerjaan



Gambar 8.1. Struktur Organisasi Perusahaan

Pemegang saham sebagai pemilik perusahaan dalam pelaksanaan tugas sehari-harinya diwakili oleh Dewan Komisaris yang dipimpin oleh Presiden Komisaris, sedangkan tugas untuk menjalankan perusahaan dilaksanakan Direktur Utama dibantu oleh Direktur Produksi serta Direktur Keuangan dan Umum, dimana Direktur Produksi membawahi bagian teknik dan produksi. Sedangkan Direktur Keuangan dan Umum membawahi bagian pemasaran, keuangan dan umum. 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, dan masing-masing Kepala Regu akan bertanggung jawab kepada kepala pengawas pada masing-masing seksi. Dalam struktur organisasi perusahaan, setiap bawahan hanya mempunyai satu garis tanggung jawab kepada atasannya dan setiap atasan hanya memiliki satu garis komando kepada bawahannya.

8.4. Tugas dan Wewenang

Secara khusus badan usaha Perseroan Terbatas diatur dalam Undang-Undang No.40 Tahun 2007 tentang Perseroan Terbatas (UUPT), yang secara efektif berlaku sejak tanggal 16 Agustus 2007. Adapun tugas dan wewenang dari organ-organ PT adalah :

1. Pemegang Saham

Pemegang saham adalah beberapa orang yang mengumpulkan modal untuk kepentingan pendirian dan berjalannya operasi perusahaan tersebut. Kekuasaan tertinggi pada perusahaan yang mempunyai bentuk Perseroan

Terbatas (PT) adalah Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS). Pada RUPS tersebut para pemegang saham berwenang :

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

2. Dewan Komisaris

Dewan Komisaris merupakan pelaksana tugas sehari-hari dari 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 perusahaan, alokasi sumber-sumber dana dan pengarahannya pemasaran.
- b. Mengawasi tugas-tugas direktur.
- c. Membantu Direktur Utama dalam tugas-tugas yang penting.

3. Dewan Direksi

a. Direktur Utama

Direktur Utama merupakan pimpinan tertinggi dalam perusahaan dan bertanggung jawab sepenuhnya terhadap maju mundurnya perusahaan.

Direktur Utama bertanggung jawab kepada Dewan Komisaris atas segala tindakan dan kebijaksanaan yang diambil sebagai pimpinan perusahaan. Direktur Utama membawahi Direktur Produksi dan Direktur Keuangan dan Umum.

Tugas Direktur Utama antara lain :

- i. Melaksanakan kebijakan perusahaan dan mempertanggungjawabkan pekerjaannya pada pemegang saham pada akhir masa jabatannya.
- ii. Menjaga stabilitas organisasi perusahaan dan membuat kontinuitas hubungan yang baik antara pemilik saham, pimpinan, konsumen dan karyawan.
- iii. Mengangkat dan memberhentikan Kepala Bagian dengan persetujuan Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS).
- iv. Mengkoordinir kerjasama dengan Direktur Produksi serta Direktur Keuangan dan Umum.

b. Direktur

Secara umum tugas Direktur adalah mengkoordinir, mengatur dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan garis-garis yang diberikan oleh pimpinan perusahaan. Direktur yang terdiri dari direktur Teknik dan Produksi, serta Direktur Keuangan dan Umum bertanggung jawab kepada Direktur Utama.

1. Tugas Direktur Teknik dan Produksi antara lain :

- i. Bertanggung jawab kepada Direktur Utama dalam bidang produksi dan teknik
- ii. Mengkoordinir, mengatur dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan kepala-kepala bagian yang menjadi bawahannya.

2. Tugas Direktur Teknik dan Produksi antara lain :

- i. Bertanggung jawab kepada Direktur Utama dalam bidang produksi dan teknik

ii. Mengkoordinir, mengatur dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan kepala-kepala bagian yang menjadi bawahannya.

3. Tugas Direktur Komersil antara lain :

i. Bertanggung jawab kepada Direktur Utama dalam bidang keuangan, pemasaran dan distribusi produk.

ii. Mengkoordinir, mengatur dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan kepala-kepala manager-manager yang menjadi bawahannya.

4. Tugas Direktur SDM dan Umum antara lain :

i. Bertanggung jawab kepada Direktur Utama dalam bidang SDM karyawan dan pelayanan umum.

ii. Mengkoordinir, mengatur dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan kepala-kepala bagian yang menjadi bawahannya.

c. *Staff Ahli*

Staff ahli terdiri dari tenaga-tenaga ahli yang bertugas membantu manajer dalam menjalankan tugasnya baik yang berhubungan dengan teknik maupun administrasi. *Staff ahli* bertanggung jawab kepada Direktur Utama.

Tugas dan wewenang *Staff Ahli* meliputi :

1) Memberikan nasehat dan saran dalam perencanaan pengembangan perusahaan.

2) Mengadakan evaluasi bidang teknik dan ekonomi perusahaan.

3) Memberikan saran-saran dalam bidang hukum.

d. Kepala Bagian

Secara umum tugas Kepala Bagian adalah mengkoordinir, mengatur dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan garis-garis yang diberikan oleh pimpinan perusahaan. Kepala Bagian bertanggung jawab kepada Direktur sesuai dengan bagiannya masing-masing. Kepala Bagian terdiri dari :

1) Kepala Bagian Produksi

Bertanggung jawab kepada Direktur Teknik dan Produksi dalam bidang mutu dan kelancaran produksi. Kepala Bagian Produksi membawahi :

(a) Kepala Seksi Proses

Tugas Kepala Seksi Proses meliputi :

- ◆ Menjalankan tindakan seperlunya pada peralatan produksi yang mengalami kerusakan, sebelum diperbaiki oleh seksi yang berwenang.
- ◆ Mengawasi jalannya proses dan produksi.

(b) Kepala Seksi Quality Control dan Laboratorium

Tugas Kepala Seksi Quality Control dan Laboratorium adalah memimpin Seksi Quality Control dan Laboratorium dalam melaksanakan tugasnya yang meliputi:

Menangani hal-hal yang dapat mengancam keselamatan kerja dan mengurangi potensi bahaya yang ada.

- ◆ Mempertinggi mutu suatu produk dan mengadakan pemilihan pemasaran produk ke suatu tempat..

- ◆ Mengawasi Memperbaiki proses dari pabrik/perencanaan alat untuk pengembangan produksi.
- ◆ Mempertinggi efisiensi kerja.
- ◆ Mengawasi dan menganalisa mutu bahan baku dan bahan pembantu.

(c.) Kepala Seksi Pengendalian

Tugas Kepala Seksi Pengendalian adalah memimpin Seksi Pengendalian dalam melaksanakan tugasnya yang meliputi menangani hal-hal yang dapat mengancam keselamatan kerja dan mengurangi potensi bahaya yang ada.

(d.) Kepala Seksi Gudang

Tugas Kepala Seksi Gudang adalah memimpin Seksi Gudang dalam melaksanakan tugasnya yang meliputi pengontrolan persediaan bahan baku dan produk.

2.) Kepala Bagian Pemeliharaan dan Utilitas

Bertanggung jawab kepada Direktur Teknik dan Produksi dalam bidang pemeliharaan peralatan dan utilitas. Kepala Bagian Pemeliharaan dan Utilitas membawahi:

1. Kepala Seksi Utilitas dan Pengolahan Limbah

Tugas Kepala Seksi Utilitas dan Pengolahan Limbah adalah memimpin Seksi Utilitas dan Pengolahan Limbah dalam melaksanakan tugasnya yang meliputi melaksanakan dan pengaturan sarana utilitas untuk memenuhi kebutuhan proses, air, dan tenaga

listrik. Selain itu juga mengawasi, mengolah dan menganalisa limbah buangan pabrik.

2. Kepala Seksi *Maintenance*

Tugas Kepala Seksi *Maintenance* adalah memimpin Seksi *Maintenance* dalam melaksanakan tugasnya yang meliputi:

- i. Melaksanakan pemeliharaan fasilitas gedung dan peralatan pabrik.
- ii. Memperbaiki peralatan pabrik.

3) Kepala Bagian Perencanaan Teknik

Bertanggung jawab kepada Direktur Teknik dan Produksi dalam bidang perancangan proses produksi. Kepala Bagian Perencanaan Teknik membawahi Kepala Seksi Perencanaan Teknik. Tugas Kepala Seksi Perencanaan Teknik antara lain memimpin Seksi Perencanaan Teknik dalam melaksanakan tugasnya yang meliputi perencanaan dan perluasan produksi.

4) Kepala Bagian Keuangan

Kepala Bagian Keuangan bertanggung jawab kepada Manajer Keuangan dalam bidang administrasi dan keuangan. Kepala Bagian Keuangan membawahi :

1. Kepala Seksi Anggaran dan Analisis Keuangan

Tugas Kepala Seksi Anggaran dan Analisis Keuangan adalah memimpin Seksi Anggaran dan Analisis Keuangan dalam melaksanakan tugasnya yang meliputi:

- i. Mengetahui harga alat dan bahan baku serta mengatur keluar masuknya bahan dan alat.
- ii. Melaksanakan pembelian barang dan peralatan yang dibutuhkan perusahaan.
- iii. Mengadakan perhitungan tentang gaji dan insentif karyawan.
- iv. Menghitung penggunaan uang perusahaan, mengamankan uang dan membuat prediksi keuangan masa depan.

2. Kepala Seksi Perbendaharaan Pajak dan Asuransi.

Tugas Kepala Seksi Perbendaharaan Pajak dan Asuransi adalah memimpin Seksi Perbendaharaan Pajak dan Asuransi dalam melaksanakan tugasnya yang meliputi pembukuan pajak dan asuransi.

3. Kepala Seksi Akutansi

Tugas Kepala Seksi Akutansi adalah memimpin Seksi Perbendaharaan Akutansi dalam melaksanakan tugasnya yang meliputi penyelenggaraan pencatatan hutang piutang dan administrasi persediaan kantor dan pembukuan.

5) Kepala Bagian Pemasaran dan Distribusi

Kepala Bagian Pemasaran dan Distribusi bertanggung jawab kepada Manajer Pemasaran dan Distribusi dalam bidang pemasaran hasil produksi. Kepala Bagian Pemasaran membawahi Kepala Seksi Pemasaran dan Distribusi. Tugas Kepala Seksi Pemasaran dan Distribusi adalah memimpin Seksi Pemasaran dan Distribusi dalam

melaksanakan tugasnya yang meliputi perencanaan strategi penjualan hasil produksi. Selain itu juga melaksanakan tugasnya yang meliputi perencanaan strategi penyaluran hasil produksi ke tangan konsumen ataupun distributor di tingkat lainnya.

6) Kepala Bagian SDM

Kepala Bagian SDM bertanggung jawab kepada Direktur SDM dan Umum dalam bidang kepegawaian dan hubungan masyarakat. Kepala Bagian SDM membawahi :

1. Kepala Seksi Humas dan Kepegawaian

Tugas Kepala Seksi Kepegawaian adalah memimpin Seksi Kepegawaian dalam melaksanakan tugasnya yang meliputi:

- i. Membina tenaga kerja dan menciptakan suasana kerja yang sebaik mungkin antara pekerja dan pekerjaannya serta lingkungannya supaya tidak terjadi pemborosan waktu dan biaya.
- ii. Mengusahakan disiplin kerja yang tinggi dalam menciptakan kondisi kerja yang dinamis.

Kepala Seksi Humas

Tugas Kepala Seksi Humas (Hubungan Masyarakat) adalah memimpin Seksi Humas dalam melaksanakan tugasnya yang meliputi pengaturan hubungan perusahaan dengan masyarakat luar.

7) Kepala Bagian Umum

Kepala Bagian Umum bertanggung jawab kepada Direktur SDM dan Umum dalam bidang rumah tangga dan keamanan areal pabrik.

Kepala Bagian Umum membawahi :

1. Kepala Seksi Rumah Tangga

Tugas Kepala Seksi Rumah Tangga adalah memimpin Seksi Rumah Tangga dalam melaksanakan tugasnya yang meliputi pelaksanaan hal-hal yang berhubungan dalam kesejahteraan karyawan.

2. Kepala Seksi Keamanan

Tugas Kepala Seksi Keamanan adalah memimpin Seksi Keamanan dalam melaksanakan tugasnya yang meliputi:

- i. Menjaga semua bangunan pabrik dan fasilitas yang ada di perusahaan.
- ii. Mengawasi keluar masuknya orang-orang baik karyawan maupun bukan karyawan ke dalam lingkungan perusahaan.
- iii. Menjaga dan memelihara kerahasiaan yang berhubungan dengan intern perusahaan

8) Kepala Bagian Pengadaan

Kepala Bagian Pengadaan bertanggung jawab kepada Direktur SDM dan Umum dalam bidang pengadaan barang-barang ke dalam areal pabrik. Kepala Bagian Pengadaan membawahi Kepala Seksi Perencanaan dan Pengadaan Material. Dikarenakan bahan-bahan yang ada di pabrik diproses secara kimia, maka perusahaan menetapkan dasar bagi rekrutmen operator pabrik dengan modal pendidikan minimum adalah SMA. Karena masing-masing operator harus sudah memiliki bekal pengetahuan ilmu kimia yang telah diajarkan oleh sekolah kepada siswa SMA. Diharapkan dengan bekal ilmu

pengetahuan yang sesuai, para karyawan mulai dari tingkat operator mempunyai kesadaran yang tinggi tentang keselamatan kerja dan mengetahui bahaya dari bahan kimia yang dikelola oleh unit kerjanya.

8.5. Status Karyawan dan Sistem Penggajian

Pada pabrik Magnesium Sulfat Heptahidrat ini sistem penggajian karyawan berbeda-beda tergantung pada status karyawan, kedudukan, tanggung jawab dan keahlian.

1. Status Karyawan

Menurut status karyawan dibagi menjadi 3 golongan yaitu :

a. Karyawan Tetap

Yaitu karyawan yang diangkat dan diberhentikan dengan SK Direksi dan mendapat gaji bulanan sesuai dengan kedudukan, keahlian dan masa kerja.

b. Karyawan Harian

Yaitu karyawan yang diangkat dan diberhentikan direksi SK Direksi dan mendapat upah harian yang dibayar tiap akhir pekan.

c. Karyawan Borongan

Yaitu karyawan yang digunakan oleh pabrik bila diperlukan saja.

Karyawan ini menerima upah borongan untuk suatu perusahaan.

2. Gaji Karyawan

Menurut gaji karyawan, penggolongan dapat dibagi menjadi 3 yaitu sebagai berikut:

a. Gaji bulanan

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

b. Gaji harian

Gaji ini diberikan kepada karyawan tidak tetap atau buruh harian.

c. Gaji lembur

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

8.6. Pembagian Jam Kerja Karyawan

Pabrik Magnesium Sulfat Heptahidrat direncanakan beroperasi 330 hari selama satu tahun dan 24 jam perhari. Sisa hari yang bukan hari libur digunakan untuk perbaikan atau perawatan dan *shutdown*. Sedangkan pembagian jam kerja karyawan digolongkan dalam 2 golongan, yaitu :

1) Karyawan *Non-Shift*

Karyawan *non-shift* adalah para karyawan yang tidak menangani proses produksi secara langsung. Termasuk karyawan *non-shift* yaitu Direktur, *Staff* Ahli, Kepala Bagian, Kepala Seksi serta bawahan yang berada di kantor. Karyawan *non-shift* dalam satu minggu akan bekerja selama 5 hari dengan pembagian jam kerja sebagai berikut :

Jam kerja :

◆ Hari Senin - Kamis : jam 07.30 - 16.30

◆ Hari Jumat : jam 07.30 - 17.00

Jam istirahat :

◆ Hari Senin – Kamis : jam 12.00 – 13.00

- ◆ Hari Jumat : jam 11.30 – 13.00

2) Karyawan *Shift*

Karyawan *Shift* adalah karyawan yang secara langsung menangani proses produksi atau mengatur bagian-bagian tertentu dari pabrik yang mempunyai hubungan dengan masalah keamanan dan kelancaran produksi. Yang termasuk Karyawan *Shift* antara lain karyawan unit proses, utilitas, laboratorium, sebagian dari bagian teknis, bagian gudang dan bagian-bagian yang harus selalu siaga untuk menjaga keselamatan serta keamanan pabrik.

Para karyawan *shift* akan bekerja bergantian sehari semalam, dengan pengaturan sebagai berikut :

Karyawan Produksi dan Teknik :

- ◆ *Shift* pagi : jam 07.00 – 15.00
- ◆ *Shift* siang : jam 15.00 – 23.00
- ◆ *Shift* malam : jam 23.00 – 07.00

Karyawan Keamanan :

- ◆ *Shift* pagi : jam 07.00 – 15.00
- ◆ *Shift* siang : jam 15.00 – 23.00
- ◆ *Shift* malam : jam 23.00 – 07.00

Untuk Karyawan *Shift* dibagi dalam 4 regu dimana 3 regu bekerja dan 1 regu istirahat dan dikenakan secara bergantian. Tiap regu akan mendapat giliran 3 hari kerja dan 1 hari libur tiap-tiap *shift* dan masuk lagi untuk shift berikutnya. Jadwal kerja masing-masing regu ditunjukkan dalam Tabel. 8.2. di bawah ini.

Tabel 8.2. Jadwal Kerja Regu *Shift*

Tanggal															
Shift	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	P	P	P		M	M	M		S	S	S		P	P	P
B	S	S		P	P	P		M	M	M		S	S	S	
C	M		S	S	S		P	P	P		M	M	M		S
D		M	M	M		S	S	S		P	P	P		M	M

Tanggal																
Shift	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
A		M	M	M		S	S	S		P	P	P		M	M	M
B	P	P	P		M	M	M		S	S	S		P	P	P	
C	S	S		P	P	P		M	M	M		S	S	S		P
D	M		S	S	S		P	P	P		M	M	M		S	S

Keterangan :

P = Pagi M = Malam

S = Siang  = Libur

Kelancaran produksi dari suatu pabrik sangat dipengaruhi oleh faktor kedisiplinan karyawannya. Untuk itu kepada seluruh karyawan diberlakukan absensi dan masalah absensi ini akan digunakan pimpinan perusahaan sebagai acuan dasar dalam mengembangkan karir para karyawan dalam perusahaan.

8.7. Penggolongan Jabatan, Gaji dan Jumlah Karyawan

Sumber daya manusia merupakan salah satu unsur produksi yang berperan penting dalam perencanaan suatu pabrik. Tenaga kerja dalam pabrik Magnesium Sulfat Heptahidrat ini disusun berdasarkan tingkat kedudukan dan jenjang pendidikan dalam organisasi (Tabel 8.3).

Tabel 8.3. Perincian Tingkat Pendidikan

No	JABATAN	PRASYARAT
1	Direktur Utama	Sarjana Semua Jurusan
2	Direktur Teknik dan Produksi	Sarjana Teknik Kimia
3	Direktur Keuangan dan Umum	Sarjana Ekonomi Akuntansi
4	Staf Ahli	Sarjana Teknik / Ekonomi
5	Sekretaris	Sarjana Muda Sekretaris
6	Kepala Bagian Umum	Sarjana Ekonomi
7	Kepala Bagian Pemasaran	Sarjana Ekonomi Manajemen
8	Kepala Bagian Keuangan	Sarjana Ekonomi Akuntansi
9	Kepala Bagian Teknik	Sarjana Teknik Mesin / Elektro
10	Kepala Bagian Produksi	Sarjana Teknik Kimia
11	Kepala Seksi Personalia	Sarjana Hukum
12	Kepala Seksi Humas	Sarjana Fisip
13	Kepala Seksi Keamanan	SMU / Sederajat
14	Kepala Seksi Pembelian	Sarjana Ekonomi Manajemen
15	Kepala Seksi Lab & Pengendalian Proses	Sarjana Teknik Kimia
16	Kepala Seksi Laboratorium	Sarjana Teknik Kimia/Kimia Murni
17	Kepala Seksi Pemasaran	Sarjana Ekonomi Manajemen
18	Kepala Seksi Administrasi	Sarjana Ekonomi Manajemen
19	Kepala Seksi Kas	Sarjana Ekonomi Akuntansi
20	Kepala Seksi Proses	Sarjana Teknik Kimia
21	Kepala Seksi Pemeliharaan	Sarjana Teknik Mesin
22	Kepala Seksi Utilitas	Sarjana Teknik Mesin/Elektro
23	Karyawan Personalia & Humas	SMU / SMEA / Sederajat
24	Karyawan Keamanan	SMU / SMP / Sederajat
25	Karyawan Bagian Pemasaran	SMU / SMEA / Sederajat
26	Karyawan Bagian Keuangan	SMU / SMEA / Sederajat
27	Karyawan Bagian Produksi	SMU / STM / Sederajat
28	Karyawan Bagian Teknik	SMU / STM / Sederajat
29	Sopir, OB, <i>Cleaning Service</i>	SMP / Sederajat

Untuk menentukan jumlah karyawan pabrik Magnesium Sulfat Heptahidrat yang berkapasitas 50.000 ton/tahun, digunakan literatur Ulrich, 1984 tabel 6-2. hal 329. Jumlah karyawan ditentukan dengan cara menghitung jumlah karyawan proses per unit regu, dan rincian karyawan yang lain ditentukan, sehingga kelancaran proses dapat tercapai dengan baik dan efektif.

1. Penggolongan Jabatan

Rincian jabatan dan prasyarat yang harus dipenuhi terdapat pada Tabel 8.3.

2. Penggolongan Gaji

Sistem gaji pada perusahaan dibagi menjadi tiga golongan, yaitu :

a) Gaji bulanan

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

b) Gaji harian

Gaji ini diberikan kepada karyawan tidak tetap atau buruh harian.

c) Gaji lembur

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

3. Jumlah Karyawan

Sumber daya manusia merupakan salah satu unsur produksi yang berperan penting dalam perencanaan suatu pabrik. Tenaga kerja dalam pabrik Magnesium Sulfat Heptahidrat ini disusun berdasarkan tingkat kedudukan dan jenjang pendidikan dalam organisasi (Tabel 35). Untuk menentukan

jumlah karyawan pabrik Magnesium Sulfat Heptahidrat yang berkapasitas 50.000 ton/tahun, digunakan literatur (Ulrich,1987) Tabel 6-2, hal 329. Jumlah karyawan harus ditentukan dengan tepat dengan cara menghitung jumlah karyawan proses per unit regu, dan rincian karyawan yang lain ditentukan, sehingga semua pekerjaan yang ada dapat diselenggarakan dengan baik dan efektif.

Adapun kelompok pekerja di lingkungan pabrik terbagi menjadi:

- *Direct Operating Labor*

Direct Operating Labor adalah pekerja yang berhubungan langsung dengan jalannya operasi proses di pabrik.

- *Indirect Operating Labor*

Indirect Operating Labor adalah pekerja yang tidak berhubungan langsung dengan jalannya operasi pabrik. Jenis pekerja ini dapat dikategorikan untuk pekerja pada bidang perbengkelan/pemeliharaan, bidang litbang, bagian umum dan bagian pemasaran serta keuangan.

Rincian jumlah operator yang bekerja di pabrik Magnesium sulfat heptahidrat terdapat di Tabel 8.4. :

Tabel 8.4. Jumlah Operator Berdasarkan Jenis Alat Proses

Alat Proses	Jumlah alat	Koefisien	Operator 1 shift
Tangki penyimpanan	4	0	0
<i>Solution tank</i>	1	0,3	0,3
<i>Ball mill</i>	1	1	1
<i>Reaktor</i>	1	0,5	0,5
<i>RDFV dan Filter</i>	2	0,1	0,2
<i>Evaporator</i>	3	0,3	0,9
<i>Crystalizer</i>	1	0,17	0,17
<i>Rotary Dryer</i>	1	0,5	0,5
Pengkantongan	1	0,2	0,2
<i>Air Heater dan fan</i>	2	0,1	0,2
<i>Blower</i>	3	0,2	0,6
<i>Conveyer</i>	5	0,2	1
Pompa	9	0	0
Total			5,57

Jumlah karyawan proses untuk 1 shift adalah 6 orang, jadi untuk total karyawan proses selama 4 shift adalah **24 orang**.

Tabel 8.5. Jumlah Operator Berdasarkan Jenis Alat Utilitas

Alat Utilitas	Jumlah alat	Koefisien	Operator	Jumlah operator 4 shift
<i>Air Plant</i>	1	1	1	
<i>Cooling tower</i>	1	1	1	
<i>Electric generating plant</i>	1	3	3	
<i>Water demineralizers</i>	1	0,5	0,5	
<i>Water treatment plants</i>	1	2	2	
<i>Refrigant</i>	1	0,5	0,5	
Total			8	32
Total Operator Proses + Total Operator Utilitas				56

Jumlah karyawan yang bekerja di pabrik Magnesium Sulfat Heptahidrat adalah sebagai berikut :

Tabel 8.6. Gaji Karyawan

Jabatan	Jumlah	Gaji/ bulan (Rp)	Gaji Total/tahun (Rp)
Direktur Utama	1	60.000.000	720.000.000
Direktur Teknik dan Produksi	1	35.500.000	426.000.000
Direktur Keuangan dan Umum	1	35.500.000	426.000.000
Staff Ahli	2	11.000.000	264.000.000
Kepala Bagian Umum	1	15.000.000	180.000.000
Kepala Bagian Pemasaran	1	15.000.000	180.000.000
Kepala Bagian Keuangan	1	15.000.000	180.000.000
Kepala Bagian Teknik	1	15.000.000	180.000.000
Kepala Bagian Produksi	1	15.000.000	180.000.000
Kepala Seksi Personalialia	1	8.000.000	96.000.000
Kepala Seksi Humas	1	8.000.000	96.000.000
Kepala Seksi Keamanan	1	8.000.000	96.000.000
Kepala Seksi Pembelian	1	8.000.000	96.000.000
Kepala Seksi Lab & Pengendalian Proses	1	8.000.000	96.000.000
Kepala Seksi Litbang	1	8.000.000	96.000.000
Kepala Seksi Pemasaran	1	8.000.000	96.000.000
Kepala Seksi Administrasi	1	8.000.000	96.000.000
Kepala Seksi Kas	1	8.000.000	96.000.000
Kepala Seksi Proses	1	8.000.000	96.000.000
Kepala Seksi Pemeliharaan	1	8.000.000	96.000.000
Kepala Seksi Utilitas	1	8.000.000	96.000.000
Kepala Regu Proses	4	8.000.000	384.000.000
Kepala Regu Utilitas	4	8.000.000	384.000.000
Kepala Regu Keamanan	4	8.000.000	384.000.000
Sekretaris	3	5.500.000	198.000.000
Karyawan <i>shift</i>, terdiri dari :			
Karyawan Keamanan (Satpam)	12	3.500.000	504.000.000
Karyawan Lab & Pengendalian Proses	4	6.000.000	288.000.000
Karyawan Proses	24	6.000.000	142.000.000
Karyawan Utilitas	32	6.000.000	192.000.000
Karyawan non shift, terdiri dari :			
Karyawan Personalialia	3	4.000.000	144.000.000
Karyawan Humas	3	4.000.000	144.000.000
Karyawan Pembelian	3	4.000.000	144.000.000
Karyawan Litbang	4	4.000.000	192.000.000
Karyawan Bagian Pemasaran	4	4.000.000	192.000.000
Karyawan Administrasi	3	4.000.000	144.000.000
Karyawan Kas	4	4.000.000	192.000.000

Lanjutan Tabel 8.6.

Karyawan Pemeliharaan	3	4.000.000	144.000.000
Sopir	6	3.000.000	216.000.000
Pesuruh	3	3.000.000	108.000.000
<i>Cleaning Service</i>	3	3.000.000	108.000.000
Dokter	2	9.000.000	216.000.000
Paramedis	3	4.500.000	162.000.000
Total Administrative cost	153		14.184.000.000

8.8. Kesejahteraan Karyawan

Salah satu faktor dalam meningkatkan efektifitas kerja pada perusahaan ini adalah kesejahteraan bagi karyawan. Kesejahteraan karyawan yang diberikan oleh perusahaan pada karyawan antara lain berupa :

1. Tunjangan

- a) Tunjangan berupa gaji pokok yang diberikan berdasarkan golongan karyawan yang bersangkutan.
- b) Tunjangan jabatan diberikan berdasarkan jabatan yang dipegang.
- c) Tunjangan lembur yang diberikan kepada karyawan yang bekerja diluar jam kerja berdasarkan jumlah jam kerja.
- d) Cuti
 - (1) Cuti tahunan diberikan kepada setiap karyawan selama 12 hari kerja dalam 1 tahun.
 - (2) Cuti sakit diberikan kepada karyawan yang menderita sakit berdasarkan keterangan dokter.
- e) Pakaian Kerja

Pakaian kerja diberikan kepada setiap karyawan sejumlah 3 pasang.
- f) Pengobatan

(1) Biaya pengobatan bagi karyawan yang menderita sakit yang diakibatkan oleh kerja ditanggung perusahaan sesuai dengan undang-undang yang berlaku.

(2) Biaya pengobatan bagi karyawan yang menderita sakit tidak disebabkan oleh kecelakaan kerja diatur berdasarkan perusahaan.

g) Badan Penyelenggara Jaminan Sosial Kesehatan (BPJS Kesehatan)

BPJS Kesehatan bersifat wajib dimiliki oleh setiap pekerja perusahaan.

Para pekerja harus membayar premi setiap bulannya dan untuk pekerja yang kurang mampu akan dibiayai oleh pemerintah sesuai dengan prosedur yang telah ditetapkan oleh pemerintah. (BPJS, 2015)

2. Kesehatan dan Keselamatan Kerja

Kegiatan yang dilakukan dalam rangka kesehatan dan keselamatan kerja antara lain : mengawasi keselamatan jalannya operasi proses, bertanggung jawab terhadap alat-alat keselamatan kerja, bertindak sebagai instruktur *safety*, membuat rencana kerja pencegahan kecelakaan, membuat prosedur darurat agar penanggulangan kebakaran dan kecelakaan proses berjalan dengan baik, mengawasi kuantitas dan kualitas bahan buangan pabrik agar tidak berbahaya bagi lingkungan.

Pelaksanaan tugas dalam kesehatan dan keselamatan kerja berdasarkan :

◆ UU No. 1/1970

Menangani keselamatan kerja karyawan yang dikeluarkan oleh Departemen Tenaga Kerja.

◆ UU No. 2/1951

Mengenai ganti rugi akibat kecelakaan kerja yang dikeluarkan oleh Departemen Tenaga Kerja.

◆ PP No. 4/1982

Mengenai ketentuan pokok pengolahan lingkungan hidup yang dikeluarkan oleh Menteri Negara Kelestarian Lingkungan Hidup.

◆ PP No. 29/1986

Mengenai ketentuan AMDAL yang dikeluarkan oleh Menteri Negara Kelestarian Lingkungan Hidup.

Dalam proses produksi Magnesium sulfat heptahidrat, pabrik Magnesium sulfat heptahidrat ini menggunakan bahan baku utama dan bahan baku penunjang yang mempunyai karakter berbeda-beda. Beberapa karakter tersebut berpotensi menimbulkan bahaya. Karena itu diperlukan usaha-usaha khusus agar keamanan dan keselamatan kerja terjamin. Pengetahuan dan peraturan keamanan dan keselamatan kerja diinformasikan secara intensif kepada para karyawan dan setiap orang yang berada di lingkungan pabrik. Tim khusus dibentuk untuk menangani masalah keamanan dan keselamatan kerja. Beberapa hal penting mengenai keamanan dan keselamatan kerja di pabrik Magnesium sulfat heptahidrat ini :

a. Perusahaan bertanggung jawab terhadap keamanan dan keselamatan kerja

Di lingkungan pabrik Magnesium Sulfat Heptahidrat ini.

b. Perusahaan menyediakan perlengkapan perlindungan kerja sesuai kebutuhan.

c. Perusahaan mengikutsertakan seluruh karyawan dalam program BPJS

d. Perusahaan memasang rambu-rambu tanda bahaya dan menyusun petunjuk praktis dalam menangani suatu kecelakaan

Ada beberapa bahaya yang dapat terjadi di lingkungan pabrik Magnesium Sulfat Heptahidrat ini, salah satunya adalah bahaya kebakaran. Ada 3 unsur utama yang terlibat dalam proses pembakaran, yaitu bahan bakar, udara, dan panas (berperan sebagai pemicu awal kebakaran). Agar tidak terjadi kebakaran, unsur panas di lingkungan pabrik harus ditangani dengan baik, terutama di daerah-daerah yang berpotensi timbul api. Beberapa unsur penyebab timbulnya panas adalah percikan api, nyala api (seperti pemantik dan korek api), listrik, gesekan, dan matahari.

Dalam usahanya mencegah bahaya, pabrik Magnesium sulfat heptahidrat ini telah membuat peraturan tentang keamanan dan keselamatan kerja. Setiap orang yang akan memasuki lingkungan pabrik Magnesium sulfat heptahidrat ini, khususnya daerah *plant*, diwajibkan memakai perlengkapan keselamatan seperti helm, *safety glass*, dan *safety shoes*. Bagi pegawai, pemakaian perlengkapan keselamatan tambahan seperti *ear plug*, sarung tangan, *face shield*, *chemical suite*, dan *chemical pant* jika bekerja di lingkungan yang mewajibkannya. Sarung tangan disesuaikan dengan kebutuhan. Sarung tangan katun digunakan jika bekerja dengan benda licin, *chemical glove* digunakan jika bekerja dengan bahan kimia, *rubber glove* digunakan jika bekerja dengan listrik, *asbes glove* digunakan jika pekerjaannya melibatkan panas, dan *welder* atau *ladder glove* dipakai jika hendak menangani benda-benda tajam dan percikan api.

Selain perlengkapan keselamatan kerja, setiap karyawan juga diwajibkan mempunyai izin kerja. Tujuannya agar para pegawai mengenal dan dapat meminimalisasi timbulnya bahaya yang mungkin timbul di lingkungan kerjanya.

Izin-izin kerja yang terdapat di pabrik Magnesium Sulfat Heptahidrat ini adalah :

1. *Cold Work Permit*, merupakan izin untuk bekerja di lingkungan yang tidak menimbulkan api dan panas, termasuk alat-alat yang digunakan.
2. *Hot Work Permit*, merupakan izin untuk bekerja di lingkungan yang menggunakan api atau panas.
3. *Confined Space Entry Permit*, merupakan izin untuk bekerja di ruang tertutup. Sebelumnya dilakukan pengujian terhadap kandungan gas-gas berbahaya kadar oksigen dalam ruang tersebut.
4. *Excavation Work Permit*, merupakan izin untuk melakukan penggalian di lingkungan pabrik dengan kedalaman minimal 1,5 m dari permukaan tanah. Sebelum melakukan penggalian, pekerja harus memastikan ada tidaknya pipa bawah tanah di dalam daerah yang akan digali dengan membaca skema pabrik.
5. *Electrical Work Permit*, merupakan izin untuk melakukan pekerjaan yang berhubungan dengan instalasi listrik yang terpasang di pabrik.
6. *Vehicle Entry Permit*, merupakan izin untuk membawa masuk kendaraan ke dalam pabrik. Kendaraan yang diperbolehkan masuk ke dalam pabrik adalah kendaraan diesel (bahan bakar solar) dan harus melalui *route* yang

ditentukan oleh petugas *safety* atau *supervisor* setempat. Bila perlu, terlebih dahulu dilakukan pemeriksaan terhadap gas buang kendaraan.

Selain itu, dilarang membawa peralatan elektronika yang tidak *explosion prove* (seperti *handphone*, kamera, dan lain-lain). Apabila terjadi kecelakaan, korban yang sakit harus dibawa ke klinik pabrik Magnesium sulfat heptahidrat ini, sebelum dibawa ke rumah sakit atau sarana kesehatan lain di luar lingkungan pabrik.

Dalam lingkungan pabrik terdapat divisi khusus yang disebut *emergency response team*. Divisi ini terdiri dari personil-personil *fire safety*, operasi keamanan, dan tim kesehatan. Pada saat terjadi keadaan yang membahayakan, semua orang akan dipindahkan ke daerah evakuasi. Jika setelah didata ada orang yang hilang, divisi ini akan mencari orang yang hilang tersebut. Dalam lingkungan pabrik terdapat *alarm* dan beberapa alat dilengkapi dengan *automatic shutdown system* untuk mengantisipasi meluasnya bahaya.

8.9. Manajemen Produksi

Manajemen produksi merupakan salah satu bagian dari manajemen perusahaan yang fungsi utamanya adalah menyelenggarakan semua kegiatan untuk memproses bahan baku menjadi produk, jadi dengan mengatur penggunaan faktor-faktor produksi sedemikian rupa sehingga proses produksi berjalan sesuai dengan yang direncanakan. Manajemen produksi meliputi manajemen perencanaan dan pengendalian produksi. Tujuan perencanaan dan pengendalian produksi adalah mengusahakan agar diperoleh kualitas produksi yang sesuai dengan rencana dan dalam jangka waktu yang tepat. Dengan meningkatnya

kegiatan produksi maka selayaknya untuk diikuti dengan kegiatan perencanaan dan pengendalian agar dapat dihindarkan terjadinya penyimpangan-penyimpangan yang tidak terkendali.

Perencanaan ini sangat erat kaitannya dengan pengendalian, dimana perencanaan merupakan tolak ukur bagi kegiatan operasional, sehingga penyimpangan yang terjadi dapat diketahui dan selanjutnya dikendalikan ke arah yang sesuai.

1. Perencanaan Produksi

Dalam menyusun rencana produksi secara garis besar ada dua hal yang perlu dipertimbangkan yaitu faktor *eksternal* dan *internal*. Yang dimaksud faktor *eksternal* adalah faktor yang menyangkut kemampuan pasar terhadap jumlah produk yang dihasilkan, sedang faktor internal adalah kemampuan pabrik.

a. Kemampuan Pasar

Dapat dibagi menjadi dua kemampuan :

- 1) Kemampuan pasar lebih besar dibandingkan kemampuan pabrik, maka rencana produksi disusun secara maksimal.
- 2) Kemampuan pasar lebih kecil dibandingkan kemampuan pabrik

Ada tiga alternatif yang dapat diambil, yaitu :

- i. Rencana produksi sesuai dengan kemampuan pasar atau produksi diturunkan sesuai dengan kemampuan pasar, dengan mempertimbangkan untung dan rugi.
- ii. Rencana produksi tetap dengan mempertimbangkan bahwa kelebihan produksi disimpan dan dipasarkan tahun berikutnya.

iii. Mencari daerah pemasaran lain dengan menggunakan fasilitas-fasilitas pemasaran yang mudah diakses seperti menggunakan *e-bussines*.

b. Kemampuan Pabrik

Pada umumnya kemampuan pabrik ditentukan oleh beberapa faktor antara lain :

1) Material (bahan baku)

Dengan pemakaian yang memenuhi kualitas dan kuantitas maka akan mencapai target produksi yang diinginkan.

2) Manusia (tenaga kerja)

Kurang terampilnya tenaga kerja akan menimbulkan kerugian pabrik, untuk itu perlu dilakukan pelatihan atau *training* pada karyawan agar keterampilan meningkat.

3) Mesin (peralatan)

Ada dua hal yang mempengaruhi kehandalan dan kemampuan peralatan, yaitu jam kerja mesin efektif dan kemampuan mesin. Jam kerja mesin efektif adalah kemampuan suatu alat untuk beroperasi pada kapasitas yang diinginkan pada periode tertentu. Kemampuan mesin adalah kemampuan suatu alat dalam proses produksi.

2. Pengendalian Produksi

Setelah perencanaan produksi dijalankan perlu adanya pengawasan dan pengendalian produksi agar proses berjalan dengan baik. Kegiatan proses produksi diharapkan menghasilkan produk yang mutunya sesuai dengan standar dan jumlah produksi yang sesuai dengan rencana serta waktu yang

tepat sesuai jadwal. Untuk itu perlu dilaksanakan pengendalian produksi sebagai berikut :

a. Pengendalian kualitas

Penyimpangan kualitas terjadi karena mutu bahan baku jelek, kesalahan operasi dan kerusakan alat. Penyimpangan dapat diketahui dari hasil monitor/analisa pada bagian laboratorium pemeriksaan.

b. Pengendalian kuantitas

Penyimpangan kuantitas terjadi karena kesalahan operator, kerusakan mesin, keterlambatan pengadaan bahan baku, perbaikan alat terlalu lama dll. Penyimpangan tersebut perlu diidentifikasi penyebabnya dan diadakan evaluasi. Selanjutnya diadakan perencanaan kembali sesuai dengan kondisi yang ada.

c. Pengendalian waktu

Untuk mencapai kuantitas tertentu perlu adanya waktu tertentu pula.

d. Pengendalian bahan proses

Bila ingin dicapai kapasitas produksi yang diinginkan, maka bahan untuk proses harus mencukupi. Untuk itu diperlukan pengendalian bahan proses agar tidak terjadi kekurangan.

BAB X

KESIMPULAN DAN SARAN

10.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis ekonomi yang telah dilakukan terhadap Prarancangan Pabrik Magnesium Sulfat Heptahidrat dari Magnesium Oksida dan Asam Sulfat dengan kapasitas 50.000 ton/tahun dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. *Percent Return on Investment* (ROI) sesudah pajak 32,7451 %
2. *Pay Out Time* (POT) sesudah pajak 2,21 tahun (metode linier).
3. *Break Even Point* (BEP) sebesar 38,5268 %. *Shut Down Point* (SDP) sebesar 28,4046 % yakni batasan kapasitas produksi sehingga pabrik harus berhenti berproduksi karena merugi.
4. *Discounted Cash Flow Rate of Return* (DCF) sebesar 35,30 % lebih besar dari suku bunga bank sekarang sehingga investor akan lebih memilih untuk berinvestasi ke pabrik ini dari pada ke bank.

10.2. Saran

Pabrik Magnesium Sulfat Heptahidrat dari Magnesium Oksida dan Asam Sulfat dengan kapasitas 50.000 ton/tahun sebaiknya dikaji lebih lanjut baik dari segi proses, maupun ekonominya.

DAFTAR PUSTAKA

- Alibaba Group. 2018. *Product Price*. <https://indonesian.alibaba.com/g/magnesium-oxide.html>. Diakses pada tanggal 10 Oktober 2018 pukul 16.45WIB.
- Badan Pusat Statistik. 2016. *Statistic Indonesia*. Diakses dari www.bps.go.id pada 25 September 2018 pukul 13.45 WIB.
- Badan Pertanahan Nasional. 2018. Harga Tanah. <https://www.atrbpn.go.id/>. Diakses pada 20 Desember 2018 pukul 17.09 WIB.
- Badger, W.L. and Banchemo, J.T. 1957. *Introduction to Chemical Engineering*. McGraw-Hill Book Company, Singapore.
- Bank Indonesia. 2019. *Kurs BI*. (www.bi.go.id). Diakses April 2019.
- Brownell, L.E. and Young, E.H. 1979. *Process Equipment Design*, 3 ed. John Wiley & Sons, New York.
- Coulson, J.M. and Richardson, J.F. 1989. *Chemical Engineering*, vol. 6. Pergamon Press Inc, New York.
- Ekmekyapar, Ahmed, dkk . 1991. *Dissolution Kinetics of Magnesite Ore With Sulfuric Acid Solution*. Department of Chemical Engineering University Malatya, Turkey.
- Geankoplis, Christie J. 1993. *Transport Processes and Unit Operations*. 3th ed. Allyn and Bacon Inc, New Jersey.
- Google LLC. 2018. *Google Maps*. www.googlemaps.com. Diakses pada 3 Oktober 2018 pukul 19.30 WIB.

- Himmeblau, David. 1996. *Basic Principles and Calculations in Chemical Engineering*. Prentice Hall Inc, New Jersey
- Indexamundi. 2018. *Product Demand*. www.indexmundi.com. Diakses pada 1 Oktober 2018 pukul 21.00 WIB
- Kementrian Perindustrian Republik Indonesia. 2018. Data Industri. Diakses dari www.kemenperin.go.id/data-inquiry pada 28 September 2018.
- Kern, Donald Q. 1983. *Process Heat Transfer*. McGraw-Hill Book Company, New York.
- Kirk, R.E and Othmer, D.F. 2005. *Encyclopedia of Chemical Technology*, 4th ed. John Wiley & Sons, New York.
- Levenspiel, O. 1972. *Chemical Reaction Engineering*, 2nd Edition. John Wiley and sons Inc, New York.
- Mc Cabe, W.L. Smith, J.C. Harriot, P. 1985. *Operasi Teknik Kimia*, jilid 1, edisi ke-4. Erlangga
- Megyesy, E. F. 1983. *Pressure Vessel Handbook*. Pressure Vessel Handbook Publishing Inc, USA.
- Mullin, J. W. 2001. *Crystallization*. 4th ed. Emeritus Professor of Chemical Engineering, University of London.
- Perry, R.H. and Green, D. 2008. *Perry's Chemical Engineer's Handbook*. 8th ed. McGraw-Hill Book Company, New York.
- Peter, M.S. and Timmerhaus, K.D. 1981. *Plant Design and Economic for Chemical Engineers*. 3 ed. McGraw-Hill Book Company, New York
- Smith, J.M. and Van Ness, H.C. 1975. *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*. 3 ed. McGraw-Hill Inc, New York

- Smith, J.M. 1981. *Chemical Engineering Kinetics*. 3 ed. McGraw-Hill Book Company, Tokyo.
- Treybal, R.E. 1984. *Mass Transfer Operation*, 3 ed. McGraw-Hill Book Company, Tokyo.
- Ulrich, G.D. 1987. *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. John Wiley & Sons Inc, New York.
- United States Patent and Trademark Office. 2018. Proses Farnsworth *Patent* US2231327A. www.uspto.gov diakses pada 11 November 2018.
- Wallas, S.M. 1988. *Chemical Process Equipment*. Butterworth Publishers. Stoneham, M.A, USA.
- Yaws, C.L. 1999. *Chemical Properties Handbook*. Mc Graw Hill Book Co. New York.