

**PRA RANCANGAN PABRIK ALUMINIUM SULFAT
DARI BAUKSIT DAN ASAM SULFAT KAPASITAS
20.000 TON/TAHUN**

PRARANCANGAN PABRIK

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



Oleh:

**Nama : M. Mindzil Fadlooil
NIM : 19521148**

**Nama : Bagus Alri Naufalsyah
NIM : 19521153**

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

2023

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

PRA RANCANGAN PABRIK

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : M. Mindzil Fadlooil

Nama : Bagus Alri Naufalsyah

NIM : 19521148

NIM : 19521153

Yogyakarta, 8 Oktober 2023

Menyatakan bahwa seluruh hasil Prarancangan Pabrik ini adalah hasil karya sendiri. Apabila dikemudian hari terbukti bahwa ada beberapa bagian dari karya ini adalah bukan hasil karya sendiri, maka saya siap menanggung risiko dan konsekuensi apapun. Demikian surat pernyataan ini saya buat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Td. Tangan



M. Mindzil Fadlooil

Td. Tangan



Bagus Alri Naufalsyah

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING
PRA RANCANGAN PABRIK ALUMINIUM SULFAT DARI BAUKSIT
DAN ASAM SULFAT KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN

PRARANCANGAN PABRIK

Oleh :

Nama : M. Mindzil Fadlooil

NIM : 19521148

Nama : Bagus Alri Naufalsyah

NIM : 19521153

Yogyakarta, Oktober 2023

Pembimbing,



Umi Rofiqah, S.T., M.T

البركة الاستاذة الانيسية

**LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI
PRARANCANGAN PABRIK ALUMINIUM SULFAT
DARI BAUKSIT DAN ASAM SULFAT
KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN**

Nama : M. Mindzil Fadlooil

Nama : Bagus Alri Naufalsyah

No. Mahasiswa : 19521148

No. Mahasiswa : 19521153

Oleh :

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

Yogyakarta, 06 November 2023

Tim Penguji,

Umi Rofiqah, S.T., M.T.

Ketua

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

Anggota 1

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

Anggota 2


14/11/2023


13/11/2023


8 Nov 2023

Mengetahui :

**Ketua Program Studi Teknik Kimia
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia**




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

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

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

Tugas Akhir Pra Rancangan Pabrik yang berjudul “**PRA RANCANGAN PABRIK ALUMINIUM SULFAT DARI BAUKSIT DAN ASAM SULFAT**”, disusun sebagai penerapan dari ilmu Teknik Kimia yang telah didapat selama kuliah, serta merupakan sebagai salahsatu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Penulisan laporan Tugas Akhir ini dapat berjalan dengan lancar atas bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena ini, melalui kesempatan ini penyusun mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang selalu melimpahkan Hidayah dan Karunia-Nya
2. Bapak dan Ibunda kami tercinta yang selalu memberikan doa, semangat dan motivasi selama mengenyam Pendidikan di S1 Teknik Kimia di Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
4. Ibu Umi Rofiqah, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan bimbingan salam penulisan dan penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Teman-teman Teknik Kimia 2019 yang selalu memberikan dukungan, semangat serta doa.
6. Seluruh civitas akademik di lingkungan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
7. Semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu per satu dalam membantu penyusunan Tugas Akhir ini.

Kami menyadari bahwa dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini masih terdapat kekurangan, untuk itu kami mengharapkan kritik dan saran untuk kesempurnaan laporan ini. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak, Aamiin.

Wassalamu'alaikum Wr., Wb.

Yogyakarta, Oktober 2023

Penulis

LEMBAR PERSEMBAHAN

Karya ini saya persembahkan kepada:

Ayah terhebat dan Ibu terbaik saya yang tidak henti-hentinya memberikan doa, semangat, dorongan, kasih sayang, dan kepercayaan. Semoga kelak saya dapat membalas jasa yang telah diberikan. Tidak lupa juga terima kasih kepada seluruh keluarga saya tercinta yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

Bagus Alri Naufalsyah sebagai *partner* pra rancangan pabrik saya ini, yang selama ini telah bersabar dan terus berjuang dalam penyusunan pra rancangan pabrik ini. Terima kasih atas waktu, ilmu, semangat dan dukungan selama ini. Semoga ilmu yang didapat menjadi bekal yang bermanfaat di dunia dan di akhirat. Semoga kita kelak menjadi pribadi yang sukses kedepannya. Aamiin.

Teman-teman terdekat saya dari Teknik Kimia, terima kasih telah menerima segala suka duka selama melewati masa-masa perkuliahan dan Tugas Akhir ini. Terima kasih telah menjadi teman hebat yang bisa melewati rintangan semasa menjalani kuliah ini. Semoga kita diberikan ilmu yang bermanfaat dan sukses semua untuk kedepannya. Aamiin.

Teknik Kimia UII 2019, almamater tercinta, yang punya andil besar di dalam membentuk karakter pribadi menjadi lebih baik. Terima kasih sudah mengizinkan saya untuk menjadi bagian dari keluarga ini, semoga kalian sukses selalu. Aamiin

(M. Mindzil Fadloloil)

LEMBAR PERSEMBAHAN

Karya ini saya persembahkan kepada:

Ayah terhebat dan Ibu terbaik saya yang tidak henti-hentinya memberikan doa, semangat, dorongan, kasih sayang, dan kepercayaan. Semoga kelak saya dapat membalas jasa yang telah diberikan. Tidak lupa juga terima kasih kepada seluruh keluarga saya tercinta yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

M. Mindzil Fadlulloil sebagai *partner* pra rancangan pabrik saya ini, yang selama ini telah bersabar dan terus berjuang dalam penyusunan pra rancangan pabrik ini. Terima kasih atas waktu, ilmu, semangat dan dukungan selama ini. Semoga ilmu yang didapat menjadi bekal yang bermanfaat di dunia dan di akhirat. Semoga kita kelak menjadi pribadi yang sukses kedepannya. Aamiin.

Teman-teman terdekat saya dari Teknik Kimia, terima kasih telah menerima segala suka duka selama melewati masa-masa perkuliahan dan Tugas Akhir ini. Terima kasih telah menjadi teman hebat yang bisa melewati rintangan semasa menjalani kuliah ini. Semoga kita diberikan ilmu yang bermanfaat dan sukses semua untuk kedepannya. Aamiin.

Teknik Kimia UII 2019, almamater tercinta, yang punya andil besar di dalam membentuk karakter pribadi menjadi lebih baik. Terima kasih sudah mengizinkan saya untuk menjadi bagian dari keluarga ini, semoga kalian sukses selalu. Aamiin

(Bagus Alri Naufalsyah)

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	i
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING	ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iv
LEMBAR PERSEMBAHAN	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
DAFTAR LAMBANG/NOTASI/SINGKATAN	xvii
ABSTRAK	xix
ABSTRACT	xx
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik	2
1.3 Tinjauan Pustaka	10
1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika.....	16
BAB II	24
PERANCANGAN PROSES.....	24
2.1 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk.....	24
2.2 Pengendalian Kualitas	27
BAB III.....	29

PERANCANGAN PRODUK	29
3.1 Diagram Alir Proses dan Material.....	29
3.2 Uraian Proses.....	31
3.3 Spesifikasi Alat.....	33
3.3.1 Spesifikasi Reaktor.....	33
3.3.2 Spesifikasi Alat Pemisah dan Unit Operasi Pendukung	33
3.3.3 Alat Penyimpanan Bahan	38
3.3.4 Alat Transportasi Bahan.....	40
3.3.5 Alat Penukar Panas	45
3.4 Neraca Massa	46
3.5 Neraca Panas	52
BAB IV	55
PERANCANGAN PABRIK.....	55
4.1 Penentuan Lokasi Pabrik	55
4.2 Tata Letak Pabrik	57
4.4 Organisasi Perusahaan.....	62
BAB V.....	81
UTILITAS.....	81
5.1 Unit Pendukung Proses	81
5.2 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air.....	82
5.3 Unit Refrigerasi	88
5.4 Unit Penyediaan Udara Tekan.....	89
5.5 Unit Pembangkit <i>Steam</i>	90
5.6 Unit Pembangkit Listrik	90
5.7 Unit Penyediaan Bahan Bakar.....	95

5.8	Unit Pengolahan Limbah.....	97
5.9	Spesifikasi Alat Utilitas.....	100
BAB VI		106
EVALUASI EKONOMI		106
6.1	Penaksiran Harga Peralatan.....	107
6.2	Dasar Perhitungan	108
6.3	Penentuan <i>Total Capital Investment</i> (TCI)	109
6.4	Hasil Perhitungan	110
6.5	Analisis Profitabilitas	113
6.6	Evaluasi Risiko dalam Perhitungan Profitabilitas	118
BAB VII		124
KESIMPULAN DAN SARAN		124
7.1	Kesimpulan.....	124
7.2	Saran	125
DAFTAR PUSTAKA		126
LAMPIRAN		129

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1	Perusahaan Penghasil Aluminium Sulfat di Indonesia	3
Tabel 1. 2	Data Impor Aluminium Sulfat di Indonesia	4
Tabel 1. 3	Perusahaan Penghasil Aluminium Sulfat di Dunia	5
Tabel 1. 4	Data Ekspor Aluminium Sulfat di Indonesia	6
Tabel 1. 5	Kebutuhan Aluminium Sulfat Di Berbagai Sektor Industri	7
Tabel 1. 6	Penggunaan Aluminium Sulfat pada PDAM	8
Tabel 1. 7	Perbandingan Proses Dorr Dengan Proses Guilini.....	15
Tabel 1. 8	$\Delta H_r^{\circ} 298$ dan $\Delta G^{\circ} 298$	16
Tabel 1. 9	Komponen yang Masuk ke dalam Reaktor	20
Tabel 1. 10	Nilai dari $\ln(-\Delta C_a/\Delta t)$ dan $\ln C_A$	21
Tabel 1. 11	Nilai dari $\ln(-\Delta C_b/\Delta t)$ dan $\ln C_b$	22
Tabel 2. 1	Spesifikasi Produk.....	24
Tabel 2. 2	Identifikasi <i>Hazard</i> Bahan Kimia dalam Proses	25
Tabel 3. 1	Spesifikasi Reaktor	33
Tabel 3. 2	Spesifikasi <i>Ball Mill</i>	33
Tabel 3. 3	Spesifikasi Screening	34
Tabel 3. 4	Spesifikasi <i>Mixer</i>	35
Tabel 3. 5	Spesifikasi <i>Rotary Drum Vacuum Filter</i>	35
Tabel 3. 6	Spesifikasi <i>Crystallizer</i>	36
Tabel 3. 7	Spesifikasi <i>Centrifuge</i>	36
Tabel 3. 8	Spesifikasi <i>Rotary Drayer</i>	37
Tabel 3. 9	Spesifikasi <i>Cyclone</i>	38

Tabel 3. 10 Spesifikasi Tangki.....	38
Tabel 3. 11 Spesifikasi Silo.....	39
Tabel 3. 12 Spesifikasi <i>Conveyor</i>	40
Tabel 3. 13 Spesifikasi <i>Bucket Elevator</i>	41
Tabel 3. 14 Spesifikasi <i>Pneumatic Conveyor</i>	41
Tabel 3. 15 Spesifikasi <i>Blower</i>	42
Tabel 3. 16 Spesifikasi Pompa.....	43
Tabel 3. 17 Spesifikasi <i>Furnace</i>	45
Tabel 3. 18 Spesifikasi <i>Heat Exchanger</i>	45
Tabel 3. 19 Neraca Massa Total.....	46
Tabel 3. 20 Neraca Massa <i>Mixer</i> (M-01).....	47
Tabel 3. 21 Neraca Massa <i>Ball Mill</i> (BM-01).....	47
Tabel 3. 22 Neraca Massa <i>Screening</i> (SCR-01).....	48
Tabel 3. 23 Neraca Massa Reaktor (R-01).....	48
Tabel 3. 24 Neraca Massa <i>Rotary Drum Vacuum Filter</i> (RDVF-01).....	49
Tabel 3. 25 Neraca Massa <i>Crystallizer</i> (CR-01).....	49
Tabel 3. 26 Neraca Massa <i>Centrifuge</i> (CF-01)	50
Tabel 3. 27 Neraca Massa <i>Rotary Dryer</i> (RD-01)	50
Tabel 3. 28 Neraca Massa <i>Ball Mill</i> (BM-02).....	51
Tabel 3. 29 Neraca Massa <i>Screening</i> (SCR-02).....	51
Tabel 3. 30 Neraca Energi <i>Mixer</i> (M-01).....	52
Tabel 3. 31 Neraca Energi <i>Ball Mill</i> (BM-01)	52
Tabel 3. 32 Neraca Energi <i>Screening</i> (SCR-01)	52

Tabel 3. 33 Neraca Energi Reaktor (R-01)	52
Tabel 3. 34 Neraca Energi RDVF (RDVF-01)	53
Tabel 3. 35 Neraca Energi <i>Crystallizer</i> (CR-01)	53
Tabel 3. 36 Neraca Energi <i>Centrifuge</i> (CF-01).....	53
Tabel 3. 37 Neraca Energi <i>Rotary Drayer</i> (RD-01).....	53
Tabel 3. 38 Neraca Energi <i>Ball Mill</i> (BM-02)	54
Tabel 3. 39 Neraca Energi <i>Screening</i> (SCR-02)	54
Tabel 4. 1 Rincian Luas Pabrik	59
Tabel 4. 2 Jadwal Pembagian <i>Shift</i> Karyawan	74
Tabel 4. 3 Perincian Jabatan dan Gaji Karyawan.....	76
Tabel 5. 1 Parameter Fisis dalam Standar baku Mutu Air	84
Tabel 5. 2 Parameter Kimia dalam Standar Baku Mutu Air	84
Tabel 5. 3 Parameter Biologi dalam Standar Baku Mutu Air	85
Tabel 5. 4 Kebutuhan Air Proses dan Air Pendingin	85
Tabel 5. 5 Kebutuhan Air dan Sanitasi	85
Tabel 5. 6 Kebutuhan Air Total (<i>makeup water</i>)	86
Tabel 5. 7 Kebutuhan Listrik Unit Proses.....	91
Tabel 5. 8 Kebutuhan Listrik Unit Utilitas.....	92
Tabel 5. 9 Total Kebutuhan Listrik Pabrik.....	94
Tabel 5. 10 Spesifikasi Pompa Utilitas	104
Tabel 6. 1 Indeks Harga Alat Untuk Tahun 2001-2011.....	107
Tabel 6. 2 <i>Fixed Capital Investment</i> (FCI)	110
Tabel 6. 3 <i>Working Capital Investment</i> (WCI)	110

Tabel 6. 4 <i>Direct Manufacturing Cost</i> (DMC)	111
Tabel 6. 5 <i>Indirect Manufacturing Cost</i> (IMC)	111
Tabel 6. 6 <i>Fixed Manufacturing Cost</i> (FMC)	112
Tabel 6. 7 <i>General Expenses</i> (GE).....	112
Tabel 6. 8 Arus Kas <i>Non-discounted</i>	114
Tabel 6. 9 Arus Kas <i>Discounted</i>	116
Tabel 6. 10 Hasil Analisis Ketidakpastian FCI.....	121
Tabel 6. 11 Hasil Analisis Ketidakpastian Harga Produk.....	122
Tabel 6. 12 Hasil Analisis Ketidakpastian Harga Bahan Baku.....	122
Tabel 6. 13 Hasil Analisis Ketidakpastian Suku Bunga	123

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1	Grafik Data Impor Aluminium Sulfat di Indonesia.....	4
Gambar 1. 2	Grafik Data Ekspor Aluminium Sulfat di Indonesia	6
Gambar 1. 3	Grafik Data Penggunaan Aluminium Sulfat di Indonesia	8
Gambar 1. 4	Hubungan Antara Log Ca dan Log ($-\Delta Ca/\Delta t$).....	19
Gambar 1. 5	Grafik Ca	21
Gambar 1. 6	Grafik Cb	22
Gambar 3. 1	Diagram Alir Kualitatif	29
Gambar 3. 2	Diagram Alir Kuantitatif	30
Gambar 4. 1	Rencana Lokasi Pendirian Pabrik.....	55
Gambar 4. 2	Denah Pabrik	60
Gambar 4. 3	Tata Letak Peralatan	61
Gambar 4. 4	Struktur Organisasi Pabrik Aluminium Sulfat	66
Gambar 5. 1	Pengolahan Air Pabrik Aluminium Sulfat.....	87
Gambar 6. 1	Grafik Linierisasi Indeks Harga Alat	108
Gambar 6. 2	Diagram Arus Kas Non- <i>discounted</i>	115
Gambar 6. 3	Diagram Arus Kas <i>Discounted</i>	117
Gambar 6. 4	Kurva Evaluasi Risiko Ekonomi	120

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A	PERANCANGAN REAKTOR	129
LAMPIRAN B	<i>PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM</i> (PEFD)	156
LAMPIRAN C	KARTU KONSUTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN PABRIK.....	158

DAFTAR LAMBANG/NOTASI/SINGKATAN

T	: <i>Temperature</i> , °C
μ	: Viskositas, cP
ρ	: Densitas, kg/m ³
π	: Jari-jari, in
D	: Diameter, m
H	: Tinggi, m
V	: Volume, m ³
m	: Massa, kg
P	: Tekanan, psia
T	: Waktu, jam
K	: Konstanta kinetika reaksi, /menit
Fv	: Laju alir, m ³ /jam
Ms	: Massa <i>steam</i> , kg
A	: Luas bidang penumpang, ft ²
x	: Konversi, %
TD	: Titik didih, °C
Dt	: Dimensi reaktor, m
ID	: <i>Inside</i> diameter, in
OD	: <i>Outside</i> diameter, in
ts	: Ketebalan dinding, in
th	: Ketebalan <i>head</i> , in
P	: <i>Power</i> motor, hP
Re	: Bilangan <i>Reynold</i>
E	: Efisiensi sambungan
Ri	: Jari-jari reaktor
C	: <i>Corrision allowance</i>
f	: <i>Allowable stress</i> , psia
icr	: Jari-jari sudut dalam, in
W	: Faktor intensifikasi tegangan untuk jenis <i>head</i>
sg	: <i>Spesific gravity</i>
Di	: Diameter pengaduk, m
W	: Tinggi pengaduk, m
Wb	: Lebar <i>baffle</i> , m
L	: Lebar pengaduk, m
Zi	: Jarak pengaduk, m
ZL	: Tinggi pengaduk, m
N	: Kecepatan pengadukan, rpm
Rd	: Faktor pengotor
H	: Efisiensi
N	: Jumlah banyaknya lilitan
L	: Panjang koil, m
p	: Panjang, m
l	: Lebar, m
hi	: <i>Inside film coefficient</i> , Btu/jam ft ² °F

hio : *Outside film coefficient, Btu/jam ft²°F*
jH : *Heat transfer factor*
LMTD : *Long mean temperature different, °F*
Nt : *Jumlah tube*

ABSTRAK

Aluminium sulfat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) merupakan salah satu bahan kimia yang sangat diperlukan dalam industri pengolahan air. Industri yang menggunakan aluminium sulfat diantaranya adalah industri kertas, industri kulit, industri batik, industri tekstil, industri kosmetik dan industri bahan pemadam api. Pembuatan pabrik Aluminium Sulfat bertujuan untuk memenuhi kebutuhan dalam maupun luar negeri yang terus berkembang seiring berkembangnya industri. Pabrik ini memiliki kapasitas 20.000 ton/tahun dengan bahan baku 0,44 kg bauksit/1 kg produk dan 0,722 kg asam sulfat/1 kg produk. Pabrik direncanakan berdiri di Kawasan Industri Ketapang, Kalimantan Barat pada tahun 2027. Reaksi pembuatan aluminium sulfat terjadi pada fase heterogen (padat-cair) secara eksotermis. Reaksi berlangsung dalam reaktor *batch* pada suhu 120°C dan tekanan 1 atm dengan waktu tinggal dalam reaktor total selama 6,5 jam, menggunakan air sebagai media pendingin dengan konversi sebesar 96%. Proses pembentukan produk berupa kristal menggunakan reaktor *batch* dan *crystallizer*, kemudian pemisahan dan pemurnian produk dilakukan melalui proses filtrasi dan pengeringan. Unit pendukung proses pabrik meliputi unit pengadaan air (pendingin, sanitasi, dan umum) yang bersumber dari pengolahan air sungai pada unit utilitas dengan kebutuhan $6,758 \text{ m}^3/\text{ton}$ produk, udara tekan sebesar $14 \text{ m}^3/\text{ton}$ produk, untuk keperluan sistem refrigerasi dibutuhkan brine sebesar $19,18 \text{ m}^3/\text{ton}$ produk dan ammonia sebesar $0,074 \text{ m}^3/\text{ton}$ produk, tenaga listrik sebesar 83 kWh/ton produk, bahan bakar generator 5,78 L solar/ton produk dan furnace 8,917 L solar/ton produk. Pabrik ini didukung oleh unit pengolahan limbah dan laboratorium untuk mengontrol mutu bahan baku, produk, serta limbah sesuai spesifikasi yang diinginkan. Bentuk perusahaan yang dipilih adalah Perseroan Terbatas (PT), dengan struktur organisasi *line and staff*. Karyawan berdasarkan pembagian jam kerja terdiri dari karyawan *shift* dan *non-shift*. Berdasarkan analisis ekonomi, diperoleh nilai *Payback Period* (PBP) selama 2 tahun dan nilai *Rate of Return on Investment* (ROI) sebesar 31,38%. Selanjutnya di peroleh nilai *Break-even Point* (BEP) sebesar 42,88% dan nilai *Shut Down Point* (SDP) sebesar 17,11%. Dengan perhitungan estimasi ketidakpastian pabrik mengalami kerugian jika nilai modal (FCI) naik 159% dan Pabrik akan mengalami kerugian jika nilai produk turun melebihi -25%. Pabrik akan mengalami kerugian apabila nilai bahan baku naik melebihi 70%. Dan terakhir Pabrik tidak menguntungkan apabila laju bunga naik melebihi 250%. Dengan analisa ekonomi tersebut dikatakan bahwa pabrik dinyatakan layak untuk di bangun.

Kata kunci : Aluminium sulfat, Asam sulfat, Bauksit, Pabrik.

ABSTRACT

Aluminum sulfate ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) is a chemical that is very necessary in the water treatment industry. Industries that use aluminum sulfate include the paper industry, leather industry, batik industry, textile industry, cosmetics industry and fire extinguisher industry. The construction of the Aluminum Sulfate factory aims to meet domestic and foreign needs which continue to grow along with industrial development. This factory has a capacity of 20,000 tons/year with raw materials of 0.44 kg bauxite/1 kg product and 0.722 kg sulfuric acid/1 kg product. The factory is planned to be established in the Ketapang Industrial Area, West Kalimantan in 2027. The reaction for making aluminum sulfate occurs in the heterogeneous phase (solid-liquid) exothermically. The reaction took place in a batch reactor at a temperature of 120°C and a pressure of 1 atm with a total residence time in the reactor of 6.5 hours, using water as a cooling medium with a conversion of 96%. The process of forming the product in the form of crystals uses a batch reactor and crystallizer, then the separation and purification of the product is carried out through a filtration and drying process. Factory process support units include water supply units (cooling, sanitation and general) sourced from river water processing in utility units with a requirement of 6,758 m³/ton of product, compressed air of 14 m³/ton of product, for refrigeration system purposes a brine of 19.18 m³/ton of product and ammonia of 0.074 m³/ton of product, electric power of 83 kWh/ton of product, generator fuel 5.78 L of diesel/ton of product and furnace 8.917 L of diesel/ton of product. This factory is supported by a waste processing unit and laboratory to control the quality of raw materials, products and waste according to the desired specifications. The company form chosen is a Limited Liability Company (PT), with a line and staff organizational structure. Employees based on the division of working hours consist of shift and non-shift employees. Based on economic analysis, a Payback Period (PBP) value of 2 years was obtained and a Rate of Return on Investment (ROI) value of 31.38%. Furthermore, a Break-even Point (BEP) value of 42.88% and a Shut Down Point (SDP) value of 17.11% were obtained. By calculating the estimated uncertainty, the factory will experience a loss if the capital value (FCI) increases by 159% and the factory will experience a loss if the product value falls by more than -25%. The factory will experience losses if the value of raw materials increases by more than 70%. And finally, the factory is not profitable if the interest rate increases beyond 250%. With this economic analysis, it is said that the factory was declared suitable for construction.

Keywords: Aluminium sulfate, Sulfuric acid, Bauxite, Plant.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang dalam masa pengembangan pada saat ini. Hal ini mengakibatkan perkembangan pada sektor industri sangat pesat termasuk pada industri kimia, pada bidang industri kimia Indonesia memberikan perhatian yang cukup besar, hal ini dapat dilihat dari industri kimia sebagai salah satu sektor yang mampu memberikan kontribusi signifikan terhadap penerimaan devisa.

Produk-produk yang dihasilkan dari industri kimia sudah menjadi hal yang umum dan menjadi kebutuhan hampir di semua bidang kehidupan sehari-hari. Maka kebutuhan akan bahan-bahan kimia menjadi meningkat salah satunya aluminium sulfat.

Penggunaan aluminium sulfat telah terjadi sejak abad ke-17 penggunaannya berupa koagulan. Aluminium sulfat ini sendiri sudah digunakan sebagai unit penjernih air minum pada abad ke-17 dan masih digunakan sampai sekarang

Aluminium sulfat merupakan suatu senyawa kimia anorganik yang memiliki rumus $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$. Senyawa ini dapat larut dalam air, dan digunakan sebagai bahan flokulasi dalam pemurnian air minum dan kilang pengolahan air limbah, serta dalam pembuatan kertas. Aluminium sulfat biasa disebut alum. Alum mempunyai sifat larut dalam air dan tidak larut dalam alkohol. (Faith dan Keyes, 1957).

Aluminium sulfat dapat digunakan pada berbagai industri diantaranya industri kertas sebagai pengental bubur kayu dalam proses pembuatan kertas, industri kulit, industri batik, industri tekstil, industri kosmetik, industri pemadam api, industri kimia dasar organik yang menghasilkan bahan kimia khusus, industri resin sintetis dan bahan baku plastik, industri sabun, industri perekat atau lem, industri karet remah, industri barang-barang plastik lainnya, industri perlengkapan rumah tangga dari porselin dan industri batu baterai sekunder, (Ismayanda, 2011)

Dengan semakin luasnya kebutuhan aluminium sulfat maka dapat dilihat adanya pembangunan pabrik aluminium sulfat yang baru karena kebutuhan pasokan aluminium sulfat.

1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik

Kapasitas produksi pabrik merupakan suatu hal yang perlu diperhatikan pada saat perancangan pendirian suatu pabrik. Kapasitas produksi yang dihasilkan dari suatu pabrik, akan menentukan besar keuntungan yang akan diperoleh. Hal ini dikarenakan kapasitas produksi akan menentukan perhitungan teknis dan perhitungan ekonomis dari pabrik tersebut.

Penentuan kapasitas dilakukan dengan metode analisis peluang yang di dasarkan pada data *supply* dan *demand*.

$$\text{Peluang} = \text{Demand} - \text{Supply}$$

Demand terdiri dari data ekspor dan konsumsi aluminium sulfat pada tahun 2027. Selanjutnya *supply* terdiri dari data produksi aluminium sulfat di Indonesia dan data impor aluminium sulfat pada tahun 2027. Kaperluan data hasil impor, ekspor dan konsumsi pada tahun 2027 di karenakan rencana oprasional produksi pabrik aluminium sulfat akan terjadi pada tahun tersebut.

Baik hasil impor, ekspor dan konsumsi pada tahun 2027 dapat di ketahui menggunakan metode regresi linear. Model persamaan regresi linear merupakan salah satu cara yang dapat mengalisis kebutuhan aluminium sulfat untuk kedepannya, persamaan regresi linear.

a. *Supply*

Supply adalah keseluruhan pasokan barang atau kegiatan memasok barang ditawarkan oleh produsen. *Supply* terdiri dari produksi dalam negeri dan impor.

1. Produksi Dalam Negeri

Berdasarkan adanya pabrik Aluminium Sulfat yang berdiri di Indonesia maka data produksi dalam negeri dapat dilihat di Tabel 1.1.

Tabel 1. 1 Perusahaan Penghasil Aluminium Sulfat di Indonesia

Pabrik	Kapasitas (Ton/Tahun)
PT. Dunia Kimia Utama	30.000
PT. Indonesian Acids Industry	44.600
PT. Liku Telaga	161.400
PT. Mahkota Indonesia	45.000
PT. Aktif Indonesia Indah	20.868

(PT. Lautan Luas Tbk, 2014)

Berdasarkan dari tabel di atas jumlah total produksi aluminium sulfat sebesar 381.168 ton/tahun.

2. Impor

Data impor aluminium sulfat di Indonesia dalam kurun waktu lima tahun terakhir dari tahun 2017-2021 mengalami penurunan yang signifikan, hal tersebut disebabkan oleh dampak pandemi Covid-19 dengan menurunnya hasil pendapatan, hasil penjualan, hasil produksi, terhambatnya pemasaran dan distribusi, dan lain-lain. Karena berbagai kebijakan-kebijakan yang diterapkan oleh pemerintah.

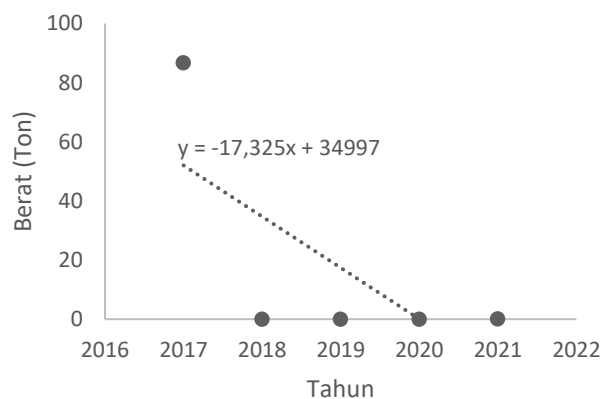
Salah satu kebijakan pemerintah adalah kebijakan penguncian wilayah hal ini dilakukan untuk menahan terjadinya penyebaran virus Covid-19 telah menyebabkan banyak perusahaan menutup usaha dan mengalami kebangkrutan, hal ini berdasarkan data Badan Pusat Statistik. Data Impor Aluminium Sulfat di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 1.2.

Tabel 1. 2 Data Impor Aluminium Sulfat di Indonesia

Tahun	Berat (Ton)
2017	86,747
2018	0
2019	0
2020	0
2021	0,121

(Badan Pusat Statistik, 2022)

Berdasarkan Tabel 1.2 data impor aluminium sulfat dapat di proyeksikan dalam bentuk grafik. Hal ini dilakukan untuk menentukan persamaan regresi linear, dengan persamaan tersebut maka nilai prediksi impor aluminium sulfat pada tahun 2027 dapat diketahui.

**Gambar 1. 1 Grafik Data Impor Aluminum Sulfat di Indonesia**

Dari hasil grafik data impor aluminum sulfat di Indonesia di peroleh persamaan regresi linear sebagai berikut :

$$y = -17,325x + 34997 \dots\dots\dots(1.1)$$

Dengan persamaan regresi linear tersebut dan mensubsitusi tahun produksi yaitu 2027, maka pada tahun 2027 di peroleh data impor sebesar -121,228 ton/tahun, dari hasil yang di peroleh dapat dikatakan bahwa hasil impor bernilai negatif, sehingga kami menuliskan bahwa nilai impor pada tahun 2027 dapat dikatakan 0 ton/tahun. Hasil impor yang ini dapat di peroleh dari beberapa negara, pada Tabel 1.3 dapat di lihat beberapa negara dan pabrik sumber impor Indonesia.

Tabel 1. 3 Perusahaan Penghasil Aluminium Sulfat di Dunia

No	Negara Asal	Pabrik	Kapasitas (Ton)
1	Cina	Sanghai Yixin Chemical Co.,Ltd	1.000.000
2	Hongkong	Hongkong Vilia Chemical.Ltd	12.000
3	Malaysia	Yucheng Jinhe Industry Co.,Ltd	134.500
4	Bangladesh	Total Link Corporation	200.000

(Ali Baba, 2004)

Berdasarkan data dan hasil perhitungan dari Produksi Dalam Negeri pada tabel 1.1 dan Data Impor Aluminium Sulfat di Indonesia pada tabel 1.2 di tahun 2027 yang sudah di dapatkan, maka nilai *supply* yang diperoleh sebagai berikut :

Supply = Produksi + impor

Supply = 381.168 ton/tahun + 0 ton/tahun

Supply = 381.168 ton/tahun

b. *Demand* (Permintaan)

Demand adalah jumlah barang dan jasa yang ingin dibeli atau permintaan oleh konsumen. *Demand* terdiri dari Ekspor dan Konsumsi dalam negeri

1. Ekspor

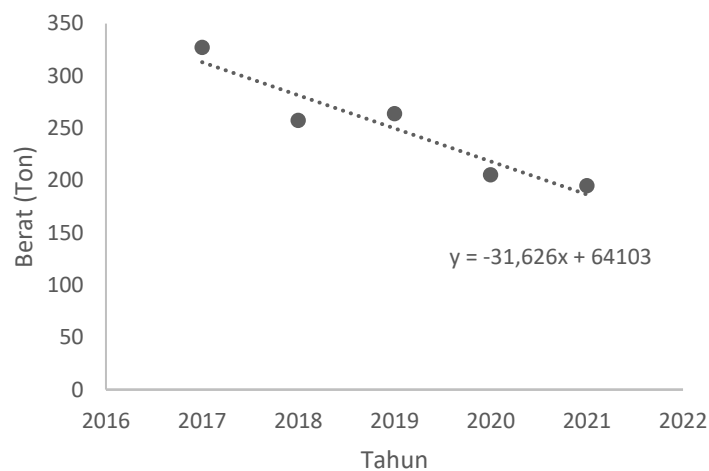
Secara umum data ekspor Aluminium Sulfat di Indonesia dalam kurun waktu lima tahun terakhir dari tahun 2017-2021 mengalami penurunan, beberapa hal yang dapat menyebabkan terjadinya penurunan yaitu pandemi Covid-19 dengan itu pemerintah memberikan kebijakan penguncian wilayah untuk menahan penyebaran virus Covid-19. Sehingga proses produksi tidak bisa berjalan semestinya. Hal ini dilihat dari data Badan Pusat Statistik. Data ekspor Aluminium Sulfat di Indonesia disajikan pada Tabel 1.4.

Tabel 1. 4 Data Ekspor Aluminium Sulfat di Indonesia

Tahun	Berat (Ton)
2017	327,23728
2018	257,47066
2019	263,860
2020	205,541
2021	195,072,5

(Badan Pusat Statistik, 2022)

Berdasarkan Tabel 1.4 data ekspor aluminium sulfat dapat di gambarkan dalam bentuk grafik. Hal ini dilakukan untuk menentukan persamaan regresi linear, dengan persamaan tersebut maka nilai prediksi impor aluminium sulfat pada tahun 2027 dapat diketahui.

**Gambar 1. 2 Grafik Data Ekspor Aluminum Sulfat di Indonesia**

Dari hasil grafik data ekspor aluminum sulfat di Indonesia di peroleh persamaan regresi linear sebagai berikut :

$$y = -31,626x + 64103 \dots\dots\dots(1.2)$$

Dari persamaan regresi linear diatas dan dengan mensubstitusi tahun produksi yaitu 2027, maka pada tahun 2027 di peroleh data ekspor sebesar -3,171 ton/tahun, dengan perolehan hasil ekspor yang bernilai negatif, maka kami menuliskan bahwa nilai impor pada tahun 2027 dapat dikatakan 0 ton/tahun.

2. Konsumsi Dalam Negeri

Aluminium sulfat banyak digunakan di beberapa industri, hal ini dapat dilihat pada Tabel 1.5.

Tabel 1.5 Kebutuhan Aluminium Sulfat Di Berbagai Sektor Industri

Sektor industri	Kuantitas (Ton)
Kegiatan rumah potong dan pengepakan daging bukan unggas	363,070
Industri gula pasir	58,374
Industri pengolahan gula lainnya dan bukan sirup	14.849,185
Industri kimia dasar organik yang bersumber dari hasil pertanian	69,788
Industri kimia dasar organik yang menghasilkan bahan kimia khusus	491,521
Industri sabun dan bahan pembersih keperluan rumah tangga	61,815
Industri perekat atau lem	5,392
Industri minyak atsiri	142,400
Industri pengolahan lain yang belum termasuk golongan manapun	7,200

(Badan Pusat Statistik, 2016)

Berdasarkan dari tabel di atas jumlah total penggunaan Aluminium Sulfat pada sektor industri sebesar 16.314,845 ton/tahun.

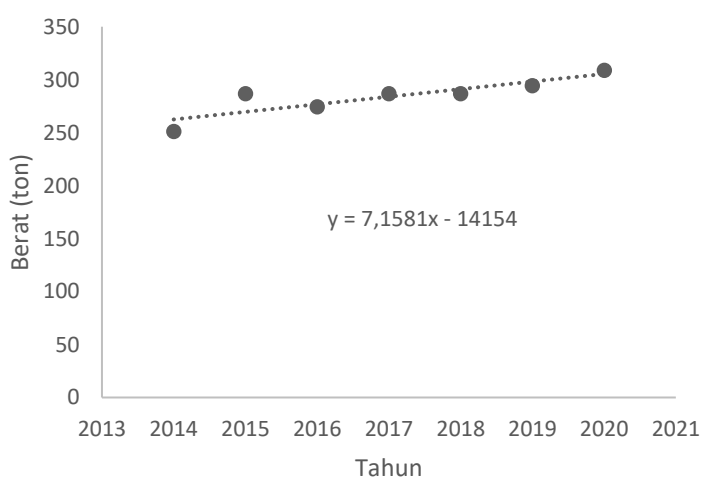
Selanjut data penggunaan aluminium sulfat pada perusahaan daerah air minum (PDAM) berdasarkan badan pusat statistik ditunjukkan pada Tabel 1.6.

Tabel 1. 6 Penggunaan Aluminium Sulfat pada PDAM

Tahun	Berat (Ton)
2014	250,958
2015	286,52
2016	274,195
2017	286,51
2018	286,52
2019	294,05
2020	308,639

(Badan Pusat Statistik, 2022)

Berdasarkan Tabel 1.6 data penggunaan aluminium sulfat dapat di lihat dalam bentuk grafik. Hal ini dilakukan untuk menentukan persamaan regresi linear, dengan persamaan tersebut maka nilai prediksi impor aluminium sulfat pada tahun 2027 dapat diketahui.

**Gambar 1. 3 Grafik Data Penggunaan Aluminum Sulfat di Indonesia**

Dari hasil grafik data penggunaan aluminum sulfat di atas di peroleh persamaan regresi linear sebagai berikut :

$$y = 7,1581x - 14154 \dots\dots\dots(1.3)$$

Dari persamaan regresi linear diatas dan mengganti nilai x sebagai tahun produksi yaitu 2027, maka pada tahun 2027 di peroleh data impor sebesar 288,86 ton/tahun.

Berdasarkan data dan hasil perhitungan dari konsumsi Dalam Negeri pada tabel 1.5 dan tabel 1.6 juga Data ekspor Aluminium Sulfat di Indonesia pada tabel 1.4 di tahun 2027 yang sudah di dapatkan, maka nilai *demand* yang diperoleh sebagai berikut :

Demand = konsumsi + ekspor

Demand = (16.314,845 ton/tahun + 288,86 ton/tahun.
+ 0 ton/tahun)

Demand = 16.603,705 ton/tahun

c. Peluang

Berdasarkan hasil perhitungan *supply* dan juga *demand* yang di peroleh. Maka peluang pasar aluminium sulfat di Indonesia dapat di tentukan.

Peluang = *Demand* – *Supply*

Peluang = 16.603,705 ton/tahun – 381.168 ton/tahun

Peluang = -364.564,295 ton/tahun

Berdasarkan hasil perhitungan di atas yaitu sebesar -364.564,295 ton/tahun. Hal ini menandakan bahwa nilai *supply* (pasokan) lebih besar di bandingkan dengan *demand* (permintaan).

d. Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan adalah bauksit dan aluminium sulfat, bahan-bahan tersebut diperoleh dari pabrik-pabrik dibawah ini :

Bauksit diperoleh dari pabrik:

1. PT. Cita Mineral Investindo Tbk yang berlokasi di Kabupaten Sandai, Kalimantan Barat dengan kapasitas 4,6 juta ton/tahun.
2. PT. Antam (Persero) Tbk Indonesia dengan kapasitas 2,2 ton/tahun yang berlokasi di Pulau Bintan.

Selain bahan baku bauksit produksi aluminium sulfat membutuhkan asam sulfat. Asam sulfat yang dapat di peroleh :

1. PT. Indonesian Acids Industry yang berlokasi di Jakarta dengan kapasitas produksi 82.500 ton/tahun.

2. PT. Timur Raya Tungal yang berlokasi di Tangerang dengan kapasitas produksi 57.000 ton/tahun.
 3. PT Petrokimia Gresik yang berlokasi di Gresik dengan kapasitas produksi 678.000 ton/tahun.
 4. PT Aktif Indonesia Indah yang berlokasi di Surabaya dengan kapasitas produksi 15.000 ton/tahun.
- e. Kapasitas Pabrik Aluminium Sulfat

Kapasitas suatu pabrik dapat di pertimbangkan dari beberapa hal, beberapa diantaranya yaitu data *demand* terdiri dari data ekspor dan konsumsi aluminium sulfat. Selanjutnya *supply* terdiri dari data produksi aluminium sulfat di Indonesia dan data impor aluminium sulfat.

Penentuan kapasitas pabrik juga di lihat dari jumlah pabrik aluminium sulfat yang sudah berdiri sebelumnya, selain itu jumlah sektor-sektor industri lainnya yang membutuhkan aluminium sulfat.

Berdasarkan data-data yang telah diperoleh maka kapasitas produksi perancangan pabrik aluminium sulfat pada tahun 2027 sebesar 20.000 ton/tahun. Dengan tujuan sebagian produksi dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, mengurangi impor dan sebagian di ekspor ke beberapa negara.

1.3 Tinjauan Pustaka

1.3.1 Bauksit

Bauksit adalah mineral yang mengandung oksida aluminium dan ditemukan dalam bentuk batuan. Bauksit adalah oksida aluminium yang bersifat amfoterik, yang berarti dapat bereaksi dengan baik dengan asam maupun basa. (Nesse, W.D.2016)

Bauksit juga memiliki sifat tahan terhadap korosi Bauksit terdiri dari oksida aluminium seperti gibsit ($\text{Al}(\text{OH})_3$), boehmit ($\gamma\text{-AlO}(\text{OH})$), dan diaspor ($\alpha\text{-AlO}(\text{OH})$). Selain itu, bauksit juga dapat mengandung mineral tambahan seperti hematit, goethit, kaolinit, dan anatase. Bauksit terdiri dari oksida aluminium, yang umumnya dikenal sebagai

alumina (Al_2O_3), serta mengandung sejumlah kecil senyawa lain seperti oksida besi, silika, dan titanium. Warna bauksit umumnya memiliki warna putih hingga abu-abu, tetapi juga bisa berwarna kuning, merah, atau coklat.

Kristal bauksit biasanya berbentuk tabular atau berbentuk massa seperti tanah liat. Bauksit sendiri adalah bahan baku utama dalam produksi aluminium. Setelah diekstraksi dan diolah, bauksit menghasilkan alumina, yang kemudian digunakan dalam produksi aluminium melalui proses elektrolisis. (Gu, Y., Cheng, C., & Zhang, W.2019)

1.3.2 Asam Sulfat

Asam sulfat, merupakan asam mineral (anorganik) yang kuat. Zat ini larut dalam air pada semua perbandingan. Asam sulfat mempunyai banyak kegunaan dan merupakan salah satu produk utama industri kimia. Produksi dunia asam sulfat mencapai ratusan juta ton per tahun. Kegunaan utamanya termasuk pemrosesan bijih mineral, sintesis kimia, pemrosesan air limbah dan pengilangan minyak. Asam sulfat merupakan komoditas kimia yang sangat penting, dan sebenarnya pula, produksi asam sulfat suatu negara merupakan indikator yang baik terhadap kekuatan industri negara tersebut (Chenier, 1987).

Meskipun asam sulfat yang mendekati 100% dapat dibuat, ia akan melepaskan SO_3 pada titik didihnya dan menghasilkan asam 98,3%. Asam sulfat 98% lebih stabil untuk disimpan, dan merupakan bentuk asam sulfat yang paling umum. Asam sulfat 98% umumnya disebut sebagai asam sulfat pekat (Lide, D.R., 2007).

Terdapat berbagai macam konsentrasi asam sulfat yang digunakan sesuai dengan kebutuhan, semakin tinggi konsentrasi asam sulfat harganya akan semakin mahal. Mutu murni asam sulfat digunakan untuk membuat obat-obatan dan zat warna. Asam sulfat diproduksi dari belerang, oksigen, dan air melalui proses kontak.

1.3.3 Aluminium Sulfat

Aluminium sulfat $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ adalah senyawa kimia yang umum digunakan sebagai koagulan dalam pengolahan air, pemurnian air minum, dan industri tekstil. Senyawa ini membantu mengendapkan partikel-partikel kecil dan mengurangi kekeruhan air. Aluminium sulfat adalah senyawa yang bersifat asam. Ketika dilarutkan dalam air, ia melepaskan ion hidrogen (H^+), sehingga larutan aluminium sulfat menjadi asam.

Aluminium sulfat merupakan suatu senyawa kimia dengan rumus $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$. Senyawa ini dapat larut dalam air dan umumnya digunakan sebagai bahan flokulasi dalam pemurnian air minum dan kilang pengolahan limbah, dan dalam industri kertas. Aluminium memiliki bentuk seperti kristal putih, butiran, bubuk atau mineral alunogenite. (Komarek, M., & Bajer, T. 2020)

Kata Alum dalam aluminium sulfat berasal dari bahasa latin yaitu alumen, selain itu aluminium sulfat juga memiliki beberapa nama lain seperti alum, filter alum papermaker's alum, dan alugonetik dan saat ini lebih dikenal sebagai tawas. (Nurcahyo, 2014).

Aluminium sulfat merupakan kristal putih yg memiliki fungsi sebagai berikut, yaitu:

- a. Sebagai pengontrol pH air, penjernih air dan membantu dalam pengolahan air buangan yaitu dapat sebagai koagulan yang nantinya dapat mengendapkan kotoran-kotoran dan bakteri sehingga air menjadi bersih terbebas dari pencemaran dan dapat memenuhi standard air minum yang diperbolehkan.
- b. Sebagai isolasi atau penyekatan selulosa.
- c. Sebagai pelekats kertas yang digunakan pada industri pulp dan kertas. yaitu untuk mengendapkan damar yang larut dalam kanji dalam serat kertas. Selain itu juga untuk mengontrol pH pada bubur kertas, setting ukuran kertas dan membantu mengolah air pulp dengan cara menambahkan Aluminium Sulfat ke dalam pulp kertas sebelum masuk

kedalam mesin pembuat kertas nya.

- d. Sebagai agen tahan air dalam beton
- e. Sebagai pengontrol pH air, penjernih air dan membantu dalam pengolahan air buangan yaitu dapat sebagai koagulan yang nantinya dapat mengendapkan kotoran-kotoran dan bakteri sehingga air menjadi bersih terbebas dari pencemaran dan dapat memenuhi standard air minum yang diperbolehkan. (Mc.Ketta dan Kirk Othmer).

1.3.4 Air

Air adalah suatu zat cair yang tidak mempunyai rasa, bau dan warna dan terdiri dari hidrogen dan oksigen dengan rumus kimia H_2O . Karena air mempunyai sifat yang hampir bisa digunakan untuk apa saja, maka air merupakan zat yang paling penting bagi semua bentuk kehidupan (tumbuhan, hewan, dan manusia) sampai saat ini selain matahari yang merupakan sumber energi.

Air dapat berupa air tawar dan air asin (air laut) yang merupakan bagian terbesar di bumi ini. Di dalam lingkungan alam proses, perubahan wujud, gerakan aliran air (di permukaan tanah, di dalam tanah, dan di udara) dan jenis air mengikuti suatu siklus keseimbangan dan dikenal dengan istilah siklus hidrologi (Kodoatie dan Sjarief, 2010).

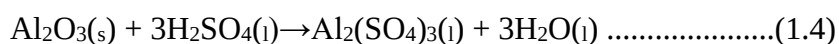
1.3.5 Macam-macam Proses

- a. Proses Dorr

Penemuan ini berkaitan dengan hidrometalurgi dan memiliki untuk objek utama penyediaan proses yang lebih baik untuk produksi dan pemulihan aluminium sulfat dari bahan-bahan yang mengandung alumina seperti bijih, tanah liat, serpih, terak, konsentrat dan residu limbah.

Pada proses ini aluminium sulfat dibuat dengan cara mereaksikan bauksit dengan asam sulfat 60% dalam suatu reaktor dan dijalankan

pada suhu 120°C dengan tekanan 1 atm. Reaksi antara asam sulfat dan padatan bauksit yang dapat larut merupakan reaksi yang sangat dipengaruhi oleh suhu dan komposisi campuran. Reaktor yang digunakan pada reaksi ini adalah satu unit Reaktor *Batch* atau dengan konversi sebesar 96%. Reaksi yang terjadi dalam reaksi antara biji bauksit dan asam sulfat adalah sebagai berikut :



Lalu dari reaktor diumpankan ke centrifuge untuk dipisahkan dengan kandungan air. Diumpankan ke evaporator untuk dikurangi kadar airnya. Selanjutnya diumpankan lagi ke crystallizer agar produk membentuk kristal. Selanjutnya masuk lagi ke centrifuge dan rotary dryer untuk dikurangi kembali kadar air nya dan kemudian disimpan di dalam silo. (U.S. Patent No. 3216792)

b. Proses Giulini

Pada dasarnya proses guilini merupakan salah satu proses yng dapat digunakan untuk memproduksi aluminium sulfat dengan menggunakan bahan baku utama yaitu alumnium hidroksida ($\text{Al}(\text{OH})_3$) dan asam sulfat (H_2SO_4).

Proses ini berlangsung dengan persamaan reaksi sebagai berikut :



Setiap bahan baku yaitu aluminium hidroksida dan asam sulfat di masukkan kedalam reactor yang suhunya telah di tentukan pada suhu 170 °C dan bertekanan sebesar 5 – 6 atm. Kemudian hasil dari rekator atau produk akan di pekatkan dengan menggunakan evaporator setelah itu akan didinginkan pada tangka vakum.

Selanjutnya produk aluminium sulfat akan diumpankan kedalam mixer dan juga ditambahkan serbuk aluminium sulfat 1-2% yang memiliki manfaat untuk mempercepat proses terjadinya pembentukan produk. Lalu produk yang di peroleh di kristalisasikan menggunakan alat *crystallizer*. Dimana panas kristalisasi yang tinggi belum bias

dilakukan pengecilan ukuran, sehingga harus didinginkan terlebih dahulu. Setelah mendapatkan produk yang diinginkan kemudian siap dibawa ke unit packaging atau dapat disimpan untuk sementara waktu di dalam silo penyimpanan. Konversi reaksi dari proses ini adalah 90% dan yield aluminium sulfat dari proses ini mencapai 99,92% (U.S. Patent no.3226188).

Tabel 1. 7 Perbandingan Proses Dorr Dengan Proses Guilini

Kriteria	Proses Dorr	Proses Guilini
Suhu operasi	Reaktor, heating 120°C	Reaktor, heating 150-170°C
Tekanan	1 atm	5-6 atm
<i>Yield</i>	92%	99,92%
Konversi	96%	90%
Bahan baku	Bauksit (memiliki kadar SiO_3 , TiO_2 , Fe_2O_3)	$\text{Al}(\text{OH})_3$ Kadar Al_2O_3 tinggi dan SiO_2 , Fe_2O_3 , Na_2O rendah
Bahan Pendukung	Larutan asam sulfat	-Seed aluminium sulfat - asam sulfat
Limbah	Limbah yang dihasilkan berupa H_2S sangat sedikit jumlahnya, dapat dimasukkan ke dalam unit pengolahan limbah sehingga tidak membahayakan	Limbah yang dihasilkan berupa debu yang berbentuk serbuk yang ukurannya sangat halus sehingga dapat membahayakan paru – paru manusia

Berdasarkan hasil perbandingan diatas maka produksi aluminium sulfat dilakukan dengan proses dorr dengan bahan baku yang digunakan bauksit dan asam sulfat dengan beberapa pertimbangan yaitu :

- Bahan baku yang dipakai yaitu bauksit lebih murah pada proses dorr dari pada pada proses giulini yaitu alumnum hidroksida dan juga bauksit mudah diperoleh tanpa perlu melakukan impor dari negara lain.
- Reaksi yang pada proses dorr terjadi secara spontan sehingga dibutuhkan energi yang lebih kecil.
- Proses dorr berlansung pada suhu dan tekanan operasi yang lebih

kecil, sehingga biaya operasi proses lebih rendah.

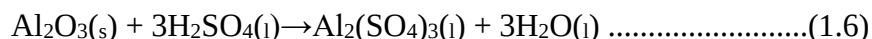
d. Proses dorr memiliki konversi yang lebih tinggi di banding proses guilini.

1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika

1.4.1 Tinjauan Termodinamika

Kebutuhan untuk menentukan tinjauan secara termodinamika adalah untuk dapat mengetahui sifat reaksi berupa eksotermis atau endotermis juga untuk dapat diketahui arah reaksi baik itu reversibel ataupun irreversibel. Untuk dapat menentukan hal diatas dapat dilakukan perhitungan dengan panas pembetukan standar (ΔH_r° pada $P = 1 \text{ atm}$ dan $T = 25^\circ\text{C}$). (Yaws, 1999).

Dari reaksi pembuatan aluminium sulfat di tinjau dari reaksi kesetimbangan yaitu :



$\Delta H_r^\circ 298$ dan $\Delta G^\circ 298$ dapat dilihat padal Tabel 1.8 sebagai berikut :

Tabel 1. 8 $\Delta H_r^\circ 298$ dan $\Delta G^\circ 298$

Komponen	$\Delta H_r^\circ 298$ (Kjoule/mol)	$\Delta G^\circ 298$ (Kjoule/mol)
Al_2O_3	-1675,700	-1582,476
H_2SO_4	-735,130	-744,828
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	-3440,800	-3190,026
H_2O	-241,800	-229,467

(Yaws, 1999)

a. Panas Reaksi Standar (ΔH_r)

$$\Delta H_r^\circ = \sum \Delta H_r^\circ (\text{produk}) - \sum \Delta H_r^\circ (\text{reaktan})$$

$$\Delta H_r = - [(\Delta H_r^\circ \text{ Al}_2(\text{SO}_4)_3) + 3(\Delta H_r^\circ \text{ H}_2\text{O})] - [(\Delta H_r^\circ \text{ Al}_2\text{O}_3) + 3(\Delta H_r^\circ \text{ H}_2\text{SO}_4)]$$

$$\Delta H_r^\circ = [(-3440,800) + 3(-241,800)] - [(-1675,700) + 3 (-735,130)]$$

$$\Delta H_r^\circ = -285,11 \text{ Kjoule/mol}$$

Dari hasil perhitungan di atas didapatkan hasil negatif (-) maka

dapat diketahui bahwa reaksi pembentukan aluminium sulfat dari asam sulfat dan kaolin bersifat eksotermis, menghasilkan nilai negatif ini berarti reaksi ada pembebasan panas.

b. Harga kesetimbangan dari persamaan energy Gibsy (ΔG°)

$$\ln K = \frac{-\Delta G}{RT} \dots\dots\dots(1.7)$$

Keterangan :

K = Konstanta keseimbangan

G = Energi bebas Gibbs (kj/mol)

R = Konstanta gas (kj/mol.K)

T = *Temperature* (K)

$$\Delta G^\circ = \sum \Delta G^\circ (\text{produk}) - \sum \Delta G^\circ (\text{reaktan})$$

$$\Delta G^\circ = [(\Delta G^\circ \text{ Al}_2(\text{SO}_4)_3) + 3(\Delta G^\circ \text{ H}_2\text{O})] - [(\Delta G^\circ \text{ Al}_2\text{O}_3) + 3(\Delta G^\circ \text{ H}_2\text{SO}_4)]$$

$$\Delta G^\circ = [(-3190,026) + 3(-229,467)] - [(-1582,476) + 3 (-744,828)]$$

$$\Delta G^\circ = -61,467 \text{ Kjoule/mol}$$

$$\Delta G^\circ = -61467 \text{ joule/mol}$$

Dari beberapa kriteria untuk kesetimbangan dan spontanitas, kita akan lebih banyak menggunakan kriteria yang melibatkan dG atau ΔG karena sebagian besar reaksi kimia dan perubahan fasa mensyaratkan kondisi T dan p konstan. tanda ΔG menunjukkan 3 kemungkinan:

1. $\Delta G -$: perubahan terjadi secara spontan atau alami
2. $\Delta G = 0$, sistem berada dalam kesetimbangan atau
3. $\Delta G +$: arah perubahan alami berlawanan dengan arah perubahan yang diinginkan (perubahan terjadi secara tidak spontan)

Dari hasil yang di peroleh $\Delta G^\circ = -61467 \text{ joule/mol}$ dapat disimpulkan bahwa reaksi pembentukan aluminium sulfat terjadi secara spontan.

$$\ln K = \frac{\Delta G}{RT} \dots\dots\dots(1.8)$$

$$\ln K = \frac{-(-61467)}{(8,314) \times (298)}$$

$$\ln K = 24,80936982$$

$$K = 5,95076 \times 10^{10}$$

Besar kecilnya nilai K (tetapan kesetimbangan secara umum) dapat menjelaskan kondisi reaksi kimia ketika dalam keadaan kesetimbangan. Keadaan setimbang yang dimaksud adalah setimbang laju reaksi ke arah produk dan ke arah reaktan. Laju reaksi ke kiri dan ke kanan sama besar. Pada saat reaksi telah mencapai kesetimbangan konsentrasi zat-zat baik pereaksi atau produk tidak berubah.

1. $K > 1$: Pada reaksi kesetimbangan cenderung ke arah produk, konsentrasi produk lebih besar dari konsentrasi reaktan pada kesetimbangan.
2. $K < 1$: Pada reaksi kesetimbangan cenderung ke arah reaktan (pereaksi), konsentrasi reaktan lebih besar dari konsentrasi produk pada kesetimbangan.
3. Ketika nilai K mendekati 1 atau sama dengan 1, nilai K ini tidak dapat langsung menjelaskan apakah reaktan konsentrasinya lebih besar dari konsentrasi produk, atau sebaliknya atau sama persis. Menurut penjelasan dari KhanAcademy.org bahwa ambang batasnya sebagai berikut:

1. Jika $K > 10^3$, jumlah produk mendominasi reaktan: reaksi berlangsung hampir selesai, nyaris selesai, berkesudahan.
2. Jika $K < 10^3$, jumlah reaktan mendominasi produk: reaksi hampir tidak terjadi sama sekali.
3. Jika K antara 10^3 sampai 10^3 , konsentrasi reaktan dan produk keduanya cukup signifikan pada keadaan kesetimbangan.

Pendapat lain mengatakan (*Cracolice & Peter, Introductory Chemistry An Active Learning Approach, 6th, 2016*) :

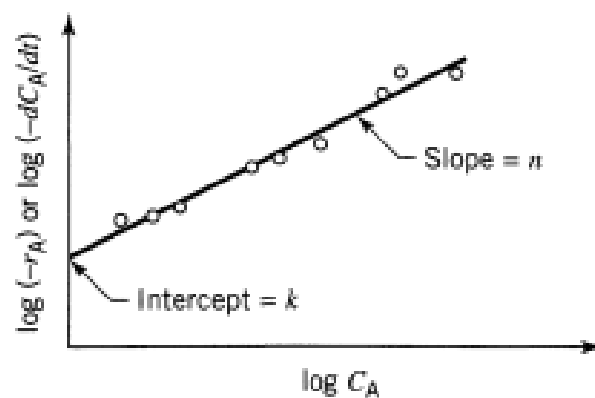
1. Jika tetapan kesetimbangan sangat besar ($K > 100$), reaksi maju (ke kanan) lebih disukai yang berarti jumlah produk mendominasi.

2. Jika tetapan kesetimbangan itu sangat kecil ($K < 0,01$) reaksi sebaliknya (ke kiri) lebih disukai yang berarti jumlah reaktan mendominasi.
3. Jika $0,01 < \text{nilai } K < 100$ maka semua spesies pada sistem tersebut berada pada keadaan kesetimbangan.

Dilihat dari hasil perhitungan dan penjabaran di atas, nilai K yang diperoleh $K = 5,95076 \times 10^{10}$ maka $K > 1$ Pada reaksi kesetimbangan cenderung ke arah produk, $K > 10^3$, jumlah produk mendominasi reaktan, dan tetapan kesetimbangan sangat besar ($K > 100$), reaksi maju (ke kanan) berarti jumlah produk mendominasi, sehingga dianggap bahwa reaksi pembentukan aluminium sulfat merupakan reaksi *irreversible* atau reaksi satu arah.

1.4.2 Tinjauan Kinetika

Reaksi Al_2O_3 dan $3\text{H}_2\text{SO}_4$ adalah reaksi padatan yang memiliki ukuran kecil (serbuk) dengan cairan. Reaksi pembentukan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ dari Al_2O_3 dan $3\text{H}_2\text{SO}_4$ merupakan reaksi orde 3. Penentuan orde tersebut diperoleh melalui data penelitian *Production of Alumunium Sulfate from Indigenous Bauxcite without Precalcinatio of Ore* (Hussain. 1995). Kemudian dilakukan pendekatan melaui grafik di bawah (Levenspiel. 1999).



Gambar 1. 4 Hubungan Antara Log C_A dan Log $(-\Delta C_A/\Delta t)$

Tabel 1. 9 Komponen yang Masuk ke dalam Reaktor

Komponen	TOTAL INPUT	ρ (kg/L)	V_o (L/Jam)	Mr
Air	1276,734	0,889	1436,146	18
Alum Sulfat		1,858		342
Asam Sulfat	1554,159	1,666	932,869	98
Silikon Dioksida	129,939	2,627	49,462	60
Titanium Dioksida	6,449	4,261	1,513	80
Alum Okside	539,198	3,003	179,525	102
Besi (II) oksida	50,339	4,741	10,617	72
Total	3556,818	19,046	2.610,132	772

$V_o =$ 2.610,132 L/jam

Waktu tinggal = 6,5 Jam

Menghitung C_{ao}

$Al_2O_3 = 5,286$ kmol/jam

$CaO = \frac{n_{Al_2O_3}}{V_o} = 0,002$ kmol/L

$CaO = 2,025$ mol/L

Menghitung C_{bo}

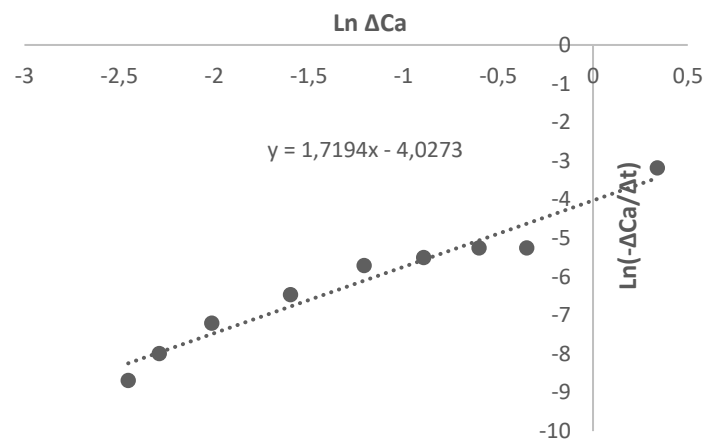
$H_2SO_4 = 15,859$ kmol/jam

$C_{bO} = \frac{n_{H_2SO_4}}{V_o} = 0,006$ kmol/L

$C_{bO} = 6,076$ mol/L

Tabel 1. 10 Nilai dari $\ln(-\Delta Ca/\Delta t)$ dan $\ln CA$

Waktu Reaksi	Δt (jam)	$CA=CaO(1-X_a)$	y				x	
			ΔCa	$\ln(-\Delta Ca/\Delta t)$	Ca (rata-rata)		$\ln Ca$ (rata-rata)	
0	30	2,025	-1,244	-3,183	1,404		0,339	
30	30	0,782	-0,156	-5,259	0,704		-0,351	
60	30	0,626	-0,156	-5,259	0,548		-0,602	
90	30	0,470	-0,122	-5,509	0,409		-0,894	
120	30	0,348	-0,099	-5,711	0,299		-1,208	
150	60	0,249	-0,093	-6,468	0,203		-1,597	
210	60	0,156	-0,045	-7,205	0,134		-2,012	
270	60	0,111	-0,020	-7,994	0,101		-2,290	
330	60	0,091	-0,010	-8,687	0,086		-2,453	
390		0,081						

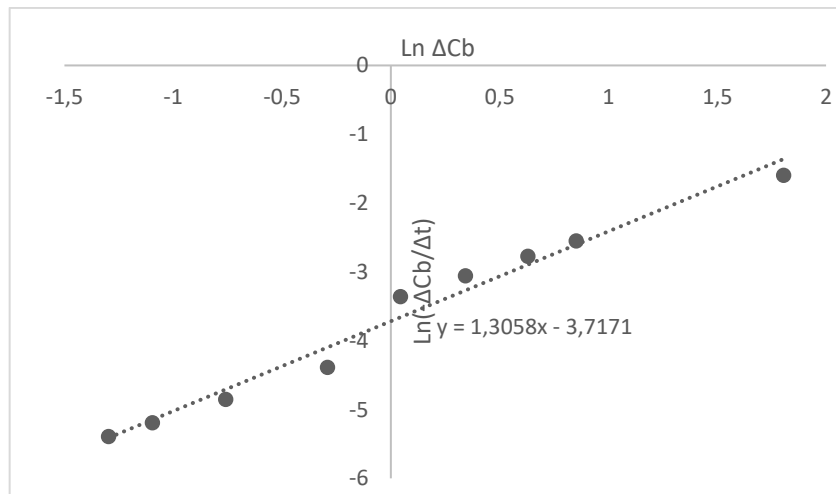


Gambar 1. 5 Grafik Order Terhadap A (n)

didapatkan orde reaksi senyawa A (N) = 1,7 dibulatkan = 2

Tabel 1. 11 Nilai dari $\ln(-\Delta C_b/\Delta t)$ dan $\ln C_b$

Waktu Reaksi	Δt (jam)	CB=CbO-($3C_{ao}.X_a$)	ΔC_b	y	Cb (rata-rata)	x
				$\ln(-\Delta C_b/\Delta t)$		$\ln C_b$ (rata-rata)
0	30	6,076	-3,731	-1,597	4,211	1,804
30	30	2,345	-0,468	-2,549	2,111	0,852
60	30	1,877	-0,468	-2,771	1,644	0,630
90	30	1,410	-0,365	-3,058	1,227	0,343
120	30	1,045	-0,298	-3,357	0,896	0,044
150	60	0,747	-0,279	-4,386	0,608	-0,291
210	60	0,468	-0,134	-4,854	0,401	-0,760
270	60	0,334	-0,061	-5,190	0,304	-1,096
330	60	0,273	-0,273	-5,391	0,273	-1,297
390						



Gambar 1. 6 Grafik Order Terhadap B (m)

Didapatkan orde reaksi senyawa B (m) = 1,3 dibulatkan = 1

Order Reaksi Total = m + n = 1 + 2 = 3

$$-r_a = k.Ca^2.Cb^1 \dots\dots\dots(1.9)$$

$$= k * C_{ao}(1-X_a)^2 * C_{bO} - (3C_{ao}.X_a)$$

ketika t = 6,5 jam = 390 menit

Xa = 96,00%

$$V = \frac{F_{Ao} \cdot X_A}{-r_a} \dots\dots\dots(1.10)$$

$$V = \frac{v_o \cdot C_{Ao} \cdot X_A}{-r_a}$$

$$\frac{V}{V_o} = \frac{2,025.96\%}{k \cdot C_{a2} \cdot C_{b1}}$$

$$\tau = \frac{2,025.96\%}{k \cdot 0,081^2 \cdot 0,234}$$

$$k = \frac{2,025.96\%}{6,5 * 60 \cdot 0,081^2 \cdot 0,234}$$

$$k = 3,126 \text{ L}^2/\text{mol}^2 \cdot \text{min}$$

$$\text{Maka : } k = 187,536 \text{ L}^2/\text{Kmol}^2/\text{Jam}$$

BAB II

PERANCANGAN PROSES

Untuk memenuhi kualitas produk sesuai spesifikasi dan target pada perancangan ini, maka proses pembuatan aluminium sulfat dengan menggunakan bauksit dan asam sulfat sebagai bahan baku utamanya dapat dirancang berdasarkan variabel-variabel utama, yaitu spesifikasi produk, spesifikasi bahan baku dan bahan pembantu serta pengendalian kualitas.

2.1 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk

Tabel 2. 1 Spesifikasi Produk

Spesifikasi	Bahan Baku						Produk
	Komponen Bauksit					Asam Sulfat	
	Aluminium Oksida	Ferri Oxide	Silicon Dioxide	Titanium Dioxide	Air		Aluminium Sulfat
Komposisi	56,02 %	5,23 %	13,5 %	0,8 %	24,45 %		
Rumus Molekul	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	TiO ₂	H ₂ O	H ₂ SO ₄	Al ₂ (SO ₄) ₃
Berat Molekul	101,9 g/mol	159,8 g/mol	60,06 g/mol	79,9 g/mol	18,015 g/mol	98,084 g/mol	342,15 g/mol
Densitas (g/cm ³)	3,95 g/cm ³	5,24 g/cm ³	2,65 g/cm ³	4,23 g/cm ³	998 g/cm ³	1,83 g/cm ³	2,67 g/cm ³

Tabel 2.1 Spesifikasi Produk (Lanjutan)

Titik Leleh	1999°C - 1032°C	1560°C	<1425°C	1640°C	0°C	10,49 °C	660,2°C
Titik Didih	2977°C	1987°C	2.230 °C	2.900°C	100°C	337°C	N/A
Titik Mengkristal	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	16°C
Spesific Gravity	3,4 – 4,0	4,8 – 5,26	2,1	-2,20	1	3,9 – 4,2	1,69
Sumber	(MSDS No. 2227)	(MSDS No. 11521)	(Safety Data Sheet No. 5738)	(MSDS No. 3330)	(MSDS No. 031)	(MSDS No. 185)	(MSDS No.015)

Tabel 2.2 Identifikasi *Hazard* Bahan Kimia dalam Proses

Identifikasi <i>Hazard</i> Bahan Kimia dalam Proses						
Komponen	<i>Hazard</i>					Pengolahan
	<i>Toxic</i>	<i>Flammable</i>	<i>Corrosive</i>	<i>Explosive</i>	<i>Irritation</i>	
Aluminium sulfat (sumber : MSDS No. 015)					√	Menyebabkan kerusakan mata yang serius, sehingga penanganannya menggunakan sarung tangan pelindung, pelindung mata, pelindung wajah. Apabila terkena mata bilas dengan air selama beberapa menit. Lepaskan lensa kontak jika memakainya dan dapatkan nasehat/perhatian medis.

Tabel 2. 2 Identifikasi Hazard Bahan Kimia dalam Proses (Lanjutan)

Bauksit (sumber : Geo Safety data sheet, 3215N)	√				√	Bauksit mengandung kelembapan sekitar 12% sehingga, dalam kondisi pengirimannya, tidak berdebu, namun jika dikeringkan debu bauksit dianggap sebagai pegganggu. Hal ini tidak mudah diserap melalui kilit atau saluran pencernaan dan hanya buruk melalui paru-paru. Paparan debu bauksit yang berlebihan dapat menyebabkan iritasi selaput lender pada hidung dan tenggorokan. Gunakan praktik kerja yang aman untuk menghindari kontak mata dan pembentukan debu (penghirupan).
Asam sulfat (sumber : MSDS Smart-Lab, 079)	√		√		√	Dapat korosif terhadap logam, dapat menyebabkan iritasi dan terbakar, berbahaya jika teroles. Hindari uap ataupun asapnya. Gunakan dalam ventilasi cukup. Hindari kontak dengan mata, kulit, baju. Cuci tangan dengan bersih setelah memegang dan simpan rapat-rapat.

2.2 Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas (*Quality Control*) pada pabrik aluminium sulfat meliputi pengendalian kualitas pada bahan baku, pengendalian kualitas proses ini dan pengendalian kualitas produk.

2.2.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Pada pengendalian kualitas dari bahan baku yang di maksud untuk memahami sejauh mana kualitas bahan baku yang dipakai, apakah sudah memenuhi spesifikasi yang ditentukan untuk proses. Oleh karena itu sebelum melakukan proses produksi, maka dilakukan pengujian terhadap kualitas dari bahan baku yang memiliki tujuan agar bahan yang diperlukan dapat diproses didalam pabrik. Beberapa uji yang dilakukan diantaranya uji viskositas, densitas, kadar komposisi komponen, dan kemurnian bahan baku.

2.2.2 Pengendalian Proses Produksi

Pengendalian proses dilakukan untuk mengetahui aliran dan alat sistem kontrol pabrik Aluminium Sulfat.

a. Alat Sistem Kontrol

1. Sensor, dipergunakan untuk mengidentifikasi variabel – variabel proses. Alat yang dipakai yaitu manometer untuk sensor aliran fluida, tekanan dan level, serta thermocouple sebagai sensor suhu.
2. *Controller* dan indikator, diantaranya yaitu level indicator dan control, temperature indicator, pressure control, dan flow control.
3. Actuator, dipergunakan untuk memanipulasi agar variabelnya sama seperti variabel *controller*. Alat yang dipakai yaitu *automatic control valve* dan *manual hand valve*.

b. Aliran Sistem Kontrol

1. Aliran *Pneumatic* (aliran udara tekan) dipergunakan untuk *valve* dari *controller* ke actuator.
2. Aliran *electric* (aliran listrik) dipergunakan untuk suhu dari sensor ke *controller*.

3. Aliran mekanik (aliran gerakan/perpindahan level) dipergunakan untuk *flow* dari sensor ke *controller*.

Jika terjadi sesuatu dalam proses produksi, maka dari itu terdeteksi oleh sinyal, lampu, alarm dan lain-lain untuk mengembalikan kondisi normalnya. Hal ini dapat digunakan secara otomatis atau manual untuk menghindari masalah yang dapat disebabkan oleh berbagai faktor, antara lain bahan baku tidak memenuhi standar, kerusakan alat reproduksi, kesalahan operasional dan lain sebagainya.

2.2.3 Pengendalian Kualitas Produk

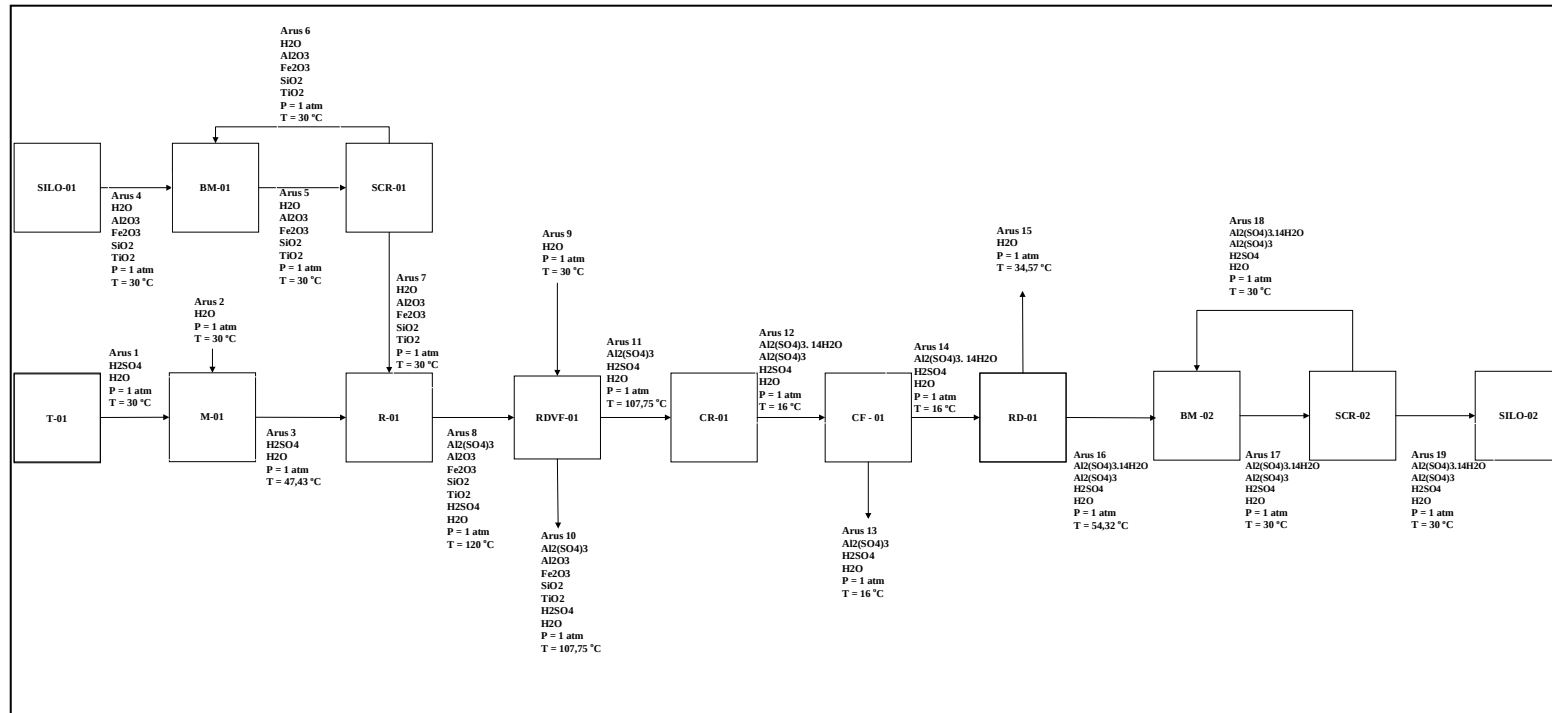
Pengendalian kualitas produk digunakan untuk memperoleh mutu produk standar maka dari itu digunakan bahan yang berkualitas, pengawasan serta pengendalian terhadap proses dengan cara system control sehingga untuk mendapatkan produk yang berkualitas dan dapat dipasarkan. Pengujian densitas, viskositas, volatilitas, kemurnian produk, dan komposisi produk dilakukan untuk menentukan produk yang mana akan diproduksi sesuai dengan standar yang ada.

BAB III

PERANCANGAN PRODUK

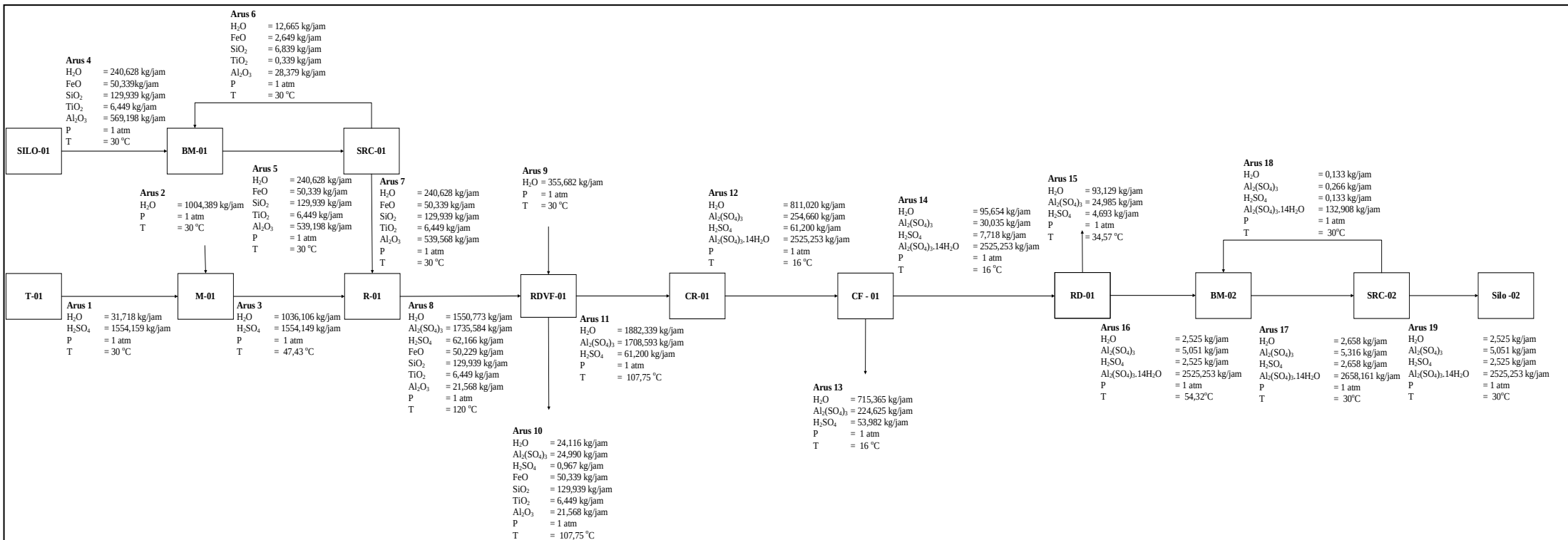
3.1 Diagram Alir Proses dan Material

a. Diagram Alir Kualitatif



Gambar 3. 1 Diagram Alir Kualitatif

b. Diagram Alir Kuantitatif



Gambar 3. 2 Diagram Alir Kuantitatif

3.2 Uraian Proses

3.2.1 Tahap persiapan bahan baku

Tahapan persiapan bahan baku bertujuan untuk menyiapkan kondisi bahan baku sebelum proses produksi dilakukan, bahan pertama yaitu bauksit yang diperoleh dari hasil pertambangan di simpan di dalam Silo (SILO-01) pada tekanan dan suhu atmosfer berkisar 1 atm dan 30°C. Sebelum bauksi dimasukkan kedalam reaktor pada awalnya bauksit dibawa menggunakan *belt conveyor* menuju *ball mill* untuk mengecilkan ukuran bauksit hingga ukuran partikel sebesar 120 mesh. Setelah itu bauksit yang telah halus kemudian ditimbang dan di umpankan menuju reaktor (R-01) dengan *pneumatic conveyor*. Bahan berikutnya asam sulfat dengan konsentrasi 98% yang di simpan pada tekanan 1 atm dan suhu 30°C, asam sulfat dialirkan menuju *mixer* (M-01) dan di encerkan menggunakan air untuk memperoleh konsentrasi sebesar 60% dan siap di umpankan ke dalam reaktor.

3.2.2 Tahap reaksi

Pada tahap reaksi hal ini di tujukan untuk menghasilkan aluminium sulfat dengan cara mereaksikan aluminium oksida (Al_2O_3) yang terkandung dalam bauksit dengan asam sulfat (H_2SO_4). Reaksi berlangsung dalam reaktor *batch* (R-01) dengan perbandingan mol aluminium oksida (Al_2O_3) dan asam sulfat (H_2SO_4) yaitu 1:3 dengan konversi 96%. Reaksi yang terjadi dalam reaktor *batch* beroperasi pada suhu 120°C dan bertekanan 1 atm selama 6,5 jam. Pelarutam aluminium oksida dengan asam sulfat merupakan reaksi eksotermis sehingga di perlukan jaket pendingin dengan media pendingin yang di gunakan *colling water* yang masuk pada suhu 30°C.

3.2.3 Tahap Pemisahan dan Pemurnian

Tahap ini bertujuan untuk memisahkan aluminium sulfat sehingga di peroleh produk aluminium sulfat dalam bentuk kristal, tahap pemisahan dan permurnian produk utama dan produk samping terdiri dari beberapa hal sebagai berikut :

- a. Hasil dari reaksi pada reaktor yang berupa larutan selanjutnya di umpankan ke dalam Rotary Drayer Vacuum Filter (RDVF) untuk memisahkan cake SiO_2 , TiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 dengan cairan, kemudian cairan tersebut di umpankan ke dalam *crystalizer* (CR-01) yang mana larutan umpan yang masuk akan di turunkan suhunya menggunakan *refrigerated brine* sehingga terbentuknya nukleus kristal. Produk yang diperoleh dari *crystalizer* (CR-01) berupa kristal $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$ dengan *mother liquor* yang selanjutnya di pisahkan di dalam *centrifuge*.
- b. *Centrifuge* (CF-01) mempunyai dua aliran produk keluar, yaitu kristal dan *mother liquor*, *crystal* dari *centrifuge* (CF-01) di tranportasikan dengan *screw conveyor* akan di keringkan dalam *rotary drayer* menggunakan udara panas untuk menguapkan kandungan air sehingga di peroleh produk kristal aluminium sulfat dengan kadar air berkisar 0,1%, selanjutnya aluminium kering terlebih dahulu dihaluskan dengan *ball mill* sehingga diperoleh aluminium sulfat bubuk berukuran 200 mesh yang akan di simpan di silo penyimpanan produk melewati *pneumatic conveyor*.

3.3 Spesifikasi Alat

3.3.1 Spesifikasi Reaktor

Tabel 3. 1 Spesifikasi Reaktor

Kode :	R-01
Fungsi :	Untuk mereaksikan bauksit dengan asam sulfat membentuk aluminium sulfat
Jenis :	Silinder vertikal dengan <i>Head</i> dan <i>Bottom</i> berbentuk <i>Torispherical</i>
Mode operasi :	<i>Batch</i>
Kondisi Operasi :	
Tekanan :	1 atm
Suhu :	120°C
Kondisi :	Non-isothermal
Dimensi reaktor :	
Bahan reaktor :	<i>Stainless steel SA-240 Grade M type 316 (18 Cr-12 Ni-2 Mo)</i>
Diameter <i>shell</i> :	2,865 m
Tinggi <i>shell</i> :	2,865 m
Volume reaktor :	16965,855 m ³
Tinggi reaktor :	3,897 m
Tinggi <i>head</i> (OA) :	0,516 m
Tebal <i>shell</i> :	0,00635 m
Tebal <i>head</i> :	0,0079375 m

3.3.2 Spesifikasi Alat Pemisah dan Unit Operasi Pendukung

a. *Ball Mill*

Tabel 3. 2 Spesifikasi *Ball Mill*

TabeKode :	BM-01	BM-02
Jenis :	Horizontal Ball Mill	
Fungsi :	Memperkecil ukuran bauksit	Mengecilkan ukuran partikel aluminium sulfat
Jenis Bahan :	Carbon steel SA 283 Grade D	
Jumlah :	2 unit	
Kondisi Operasi		

Tabel 3.2 Spesifikasi *Ball Mill* (Lanjutan)

Tekanan :	1 atm	
Suhu :	30°C	
Dimensi <i>Ball Mill</i>		
Diameter :	1,82 m	
Panjang :	1,82 m	
Volume :	4,732 m	
Daya :	25 hP	
Kecepatan :	57,066 rpm	84,600 rpm

c. *Screening*Tabel 3. 3 Spesifikasi *Screening*

Kode :	SCR-01	SCR-02
Fungsi :	Mengayak bahan baku dan produk agar sesuai dengan kebutuhan	
Tipe :	Vibrating Screening	
Jumlah :	2 unit	
Kondisi Operasi		
Tekanan :	1 atm	
Suhu Operasi :	30°C	
Kondisi Operasi :	Isotermal	
Dimensi Reaktor		
Jenis bahan :	Stainless steel SA-240 Grade M type 316	
Panjang :	0,2212 m	1,5846 m
Lebar :	0,1106 m	0,7923 m
Luas :	0,02445 m ²	1,2554 m ²
Kecepatan :	3600 vibrating/menit	3600 vibrating/menit

b. Mixer**Tabel 3. 4 Spesifikasi Mixer**

Kode :	M-01
Fungsi :	Mengencerkan kadar asam sulfat 98% menjadi 60%
Tipe :	Tangki silinder tegak dengan bentuk atap dan dasarnya <i>torispherical</i> dan dilengkapi dengan pengaduk
Jumlah :	1 unit
Kondisi Operasi	
Tekanan :	1 atm
Suhu Operasi :	30°C
Kondisi Operasi :	Non-Isotermal
Dimensi Reaktor	
Jenis bahan :	<i>Stainless steel SA-240 Grade M type 316</i>
Diameter :	0,842 m
Tinggi :	1,043 m
Volume Mixer :	0,43073 m ³
Tinggi Mixer :	0,842 m
Tinggi Head (OA):	0,178 m
Tebal Shell :	0,852 m
Tebal Head :	0,044 m

d. Rotary Drum Vacum Filter**Tabel 3. 5 Spesifikasi Rotary Drum Vacum Filter**

Kode :	RDVF-01
Fungsi :	Memisahkan <i>cake</i> (SiO ₂ , TiO ₂ , FeO dan Al ₂ O ₃) dengan <i>mother liquor</i>
Jumlah :	1 unit
Jenis :	<i>Rotary Drum Vacum Filter</i>
Kondisi Operasi :	
Tekanan :	1 atm
Suhu :	30°C

Tabel 3.5 Spesifikasi Rotary Drum Vacum Filter (Lanjutan)

Dimensi RDVF	
Diameter <i>Filter</i> :	1,579 m
Volume <i>cake</i> :	108,272 L/jam
Filtrat yang terambil :	15,506 ft ³ /siklus
Power :	2 hP

e. Crystallizer**Tabel 3. 6 Spesifikasi Crystallizer**

Kode :	CR-01
Fungsi :	Membentuk kristal $Al_2SO_4 \cdot 14H_2O$ dari produk keluaran RDVF
Jumlah :	1 unit
Jenis bahan :	<i>Carbon steel SA-283 Grade C</i>
Kondisi Operasi :	
Tekanan :	1 atm
Suhu :	16°C
Dimensi Crystallizer :	
Volume <i>Crystallizer</i> :	2,3183 m ³
Tinggi <i>Shell</i> :	1,763 m
Diameter <i>Shell</i> :	1,476 m
Tebal <i>Head</i> :	0,0048 m
Tebal <i>Shell</i> :	0,005 m
Tinggi <i>Head</i> (OA) :	0,279 m

f. Centrifuge**Tabel 3. 7 Spesifikasi Centrifuge**

Kode :	CF-01
Fungsi :	Memisahkan kristal aluminium sulfat hidrat dari mother liquornya
Jumlah :	1 unit
Jenis bahan :	<i>Nozzle Discharge Centrifuge</i>

Tabel 3.7 Spesifikasi *Centrifuge* (Lanjutan)

Kondisi Operasi :	
Tekanan :	1 atm
Suhu :	40°C
Dimensi <i>Centrifuge</i> :	
Volume <i>centrifuge</i> :	2,296 m ³
Tegangan <i>bowl</i> :	6250 rpm
Volume total <i>bowl</i> :	15,940 ft ²
Power <i>centrifuge</i> :	9,05 hP

g. *Rotary Dryer*Tabel 3. 8 Spesifikasi *Rotary Drayer*

Kode :	RD-01
Fungsi :	Mengurangi kadar air dalam produk akhir aluminium sulfat sehingga kadar air produk akhir 0,1%
Tipe :	<i>Direct Contact Counter Current Rotary Dryer</i>
Jumlah :	1 unit
Kondisi Operasi :	
Tekanan :	1 atm
Suhu :	54°C
Dimensi <i>Rotary Dryer</i> :	
Panjang <i>rotary dryer</i> :	6,189 m
Diameter <i>rotary dryer</i> :	1,196 m
Tebal <i>shell</i> :	0,00405384 m
Power <i>rotary</i> :	2,7885 hP

g. *Cyclone*Tabel 3. 9 Spesifikasi *Cyclone*

Kode :	CY-01	CY-02
Fungsi :	Memisahkan antara padatan dengan gas yang dibawa <i>pneumatic</i> conveyor ke reaktor	Memisahkan antara padatan dengan gas yang dibawa <i>pneumatic</i> conveyor silo
Jumlah :	2 unit	
Kondisi Operasi :		
Tekanan :	1 atm	
Suhu :	30°C	
Dimensi Cyclone :		
Diameter :	0,74118 m	
Tinggi :	3,335 m	

3.3.3 Alat Penyimpanan Bahan

a. Tangki

Tabel 3. 10 Spesifikasi Tangki

Kode :	T-01
Fungsi :	Menyimpan bahan baku H ₂ SO ₄ selama 30 hari
Tipe :	Tangki silinder tegak alas datar dengan bagian atas berbentuk <i>conical roof</i>
Jenis bahan :	<i>Stainless steel SA-240 Grade M 316 L</i>
Jumlah :	1 unit
Kondisi Operasi :	
Tekanan :	1 atm

Tabel 3.9 Spesifikasi Tangki (Lanjutan)

Suhu :	30°C
Dimensi Tangki :	
Diameter :	15,240 m
Tinggi :	14,080 m
Volume :	1106,873 m ³

b. Silo

Tabel 3. 11 Spesifikasi Silo

Kode :	S-01	S-02
Fungsi :	Menyimpan bahan baku (bauksit)	menyimpan produk $\text{Al}_2(\text{SO}_4)$
Tipe :	Tangki silinder tegak dengan bagian bawah berbentuk cone 60°	
Jenis bahan :	<i>Carbon steel SA 283 Grade C</i>	
Jumlah :	1 unit	1 unit
Kondisi Operasi :		
Tekanan :	1 atm	
Suhu :	30°C	
Dimensi Silo :		
Volume silo :	120,560 m ³	1.085,331 m ³
Tebal <i>shell</i> :	0,006 m	0,016 m
Lebar silo :	2,759 m	5,743 m
Tinggi total :	6,352 m	13,161 m

3.3.4 Alat Transportasi Bahan

a. Belt Conveyor

Tabel 3. 12 Spesifikasi Conveyor

Kode :	BC-01	BC-02	BC-03	SC-01
Fungsi :	Memindahkan bauksit dari <i>Truck</i> ke <i>Bucket Elevator</i>	Memindahkan bauksit dari Silo ke <i>Ball mill</i>	Memindahkan produk dari <i>Rotary Dryer</i> ke <i>Ball mill</i>	Mengalirkan Aluminium Sulfat dari <i>Centrifuge 01</i> ke <i>Rotary Dryer</i>
Jenis :	<i>Closed Belt Conveyor</i>	<i>Closed Belt Conveyor</i>	<i>Closed Belt Conveyor</i>	<i>Feed hopper</i> dan <i>Discharge chute</i>
Bahan konstruksi :	<i>Stainless Steel SA 299 Grade 3 Type 304</i>	<i>Stainless Steel SA 299 Grade 3 Type 304</i>	<i>Stainless Steel SA 299 Grade 3 Type 304</i>	<i>Stainless Steel SA 299 Grade 3 Type 304</i>
Spesifikasi				
Kapasitas :	11,664 Ton/jam	0,967 Ton/jam	2,535 Ton/jam	5,162 Ton/jam
Panjang :	7,032 m	7,032 m	7,032 m	3 m
Tinggi :	1,82 m	1,82 m	1,82 m	1,82 m
Power motor :	0,286 hP	0,048 hP	0,078 hP	0,5 hP

b. *Bucket Elevator*Tabel 3. 13 Spesifikasi *Bucket Elevator*

Kode :	BE-01
Fungsi :	Memindahkan bauksit dari belt conveyor (BC-01) ke silo (S-101)
Jumlah :	1 unit
Power :	0,5 hP
Dimensi <i>Bucket Elevator</i>	
Ukuran Bucket :	6 x 4 x 4 1/4 in
Kecepatan Bucket :	26,779 ft/menit
Kecepatan putar poros	5,118 rpm

c. *Pneumatic Conveyor*Tabel 3. 14 Spesifikasi *Pneumatic Conveyor*

Kode :	PC-01	PC-01
Fungsi :	Mengalirkan udara untuk menggerakkan produk dari <i>Ball Mill</i> menuju <i>reactor</i>	Mengalirkan udara untuk menggerakkan produk dari <i>Ball Mill</i> menuju Silo
Jumlah :	1 unit	1 unit
Dimensi Blower <i>Pneumatic Conveyor</i>		

Tabel 3.14 Spesifikasi *Pneumatic Conveyor* (Lanjutan)

Kapasitas :	966,553 Kg/jam	2535,354 Kg/jam
Kecepatan :	8,181 m/s	8,181 m/s
Debit udara :	0,094 m ³ /s	0,330 m ³ /s
Diameter pipa :	0,051 m	0,051 m
Tenaga gesekan :	5361,4186 ft lb/s	14075,9933 ft lb/s

d. *Blower*Tabel 3. 15 Spesifikasi *Blower*

Kode :	BL-01	BL-02	BL-03
Fungsi :	Mengalirkan udara dalam <i>Pneumatic Conveyor</i> (PC-01)	Mengalirkan udara pemanas dalam <i>Rotary Dryer</i> (RD-01)	M ngalirkan udara dalam <i>Pneumatic Conveyor</i> (PC-02)
Jenis :	<i>Centrifugal Blower</i>	<i>Centrifugal Blower</i>	<i>Centrifugal Blower</i>
Jumlah :	1 unit	1 unit	1 unit
Power :	30 hP	5 hP	75 hP

e. Pompa

Tabel 3. 16 Spesifikasi Pompa

Kode	P - 01	P - 02	P - 03	P - 04	P - 05	P - 06
Tugas	Mengalirkan Asam sulfat dari bongkar muat menuju Tangki	Mengalirkan Asam sulfat dari tangki menuju mixer -01	Mengalirkan Asam sulfat dari mixer-01 menuju reactor-01	Mengalirkan produk dari reactor menuju filter	Mengalirkan produk dari filter menuju crystallizer I	Mengalirkan produk dari crytallizer I ke centrifuge I
Tipe	Centrifugal single state	Centrifugal single state	Centrifugal single state	Rotary Pump	Centrifugal single state	Rotary Pump
Jumlah	1	1	1	1	1	1
Bahan konstuksi	Commercial steel	Commercial steel	Commercial steel	Commercial steel	Commercial steel	Commercial steel
Kapasitas (gpm)	4,628	8,388	7,545	21,480	23,901	12,895
NPSH available (ft)	57,75	23,70	28,38	7,00	38,08	19,61
Dimensi						
IPS	1,00	1,00	1,25	1,50	1,25	1,25
SN	80	80	40	40	40	40
ID pipa (in)	0,96	0,96	1,28	1,61	1,38	1,38
OD pipa (in)	1,32	1,32	1,66	1,90	1,66	1,66

Tabel 3.16 Spesifikasi Pompa (Lanjutan)

<i>flow area</i> (in ²)	0,72	0,72	1,28	2,04	1,50	1,50
Power Pompa (HP)	1/4	1/12	3/4	3/4	1/8	1/4
Power Motor (HP)	1/3	1/8	1	1	1/4	1/3
Efisiensi Pompa	38%	37%	48%	55%	38%	45%
Efisiensi Motor	80%	80%	80%	80%	80%	80%
NPSH required (ft)	0,70	1,04	0,97	1,94	2,09	1,38

3.3.5 Alat Penukar Panas

a. *Furnace*

Tabel 3. 17 Spesifikasi *Furnace*

Kode :	F-01
Fungsi :	Sebagai pemanas udara untuk pengering dalam <i>rotary dryer</i>
Jumlah :	1 unit
Kondisi Operasi :	
Tekanan :	1 atm
Suhu :	127°C
Dimensi <i>Furnace</i> :	
Panjang :	9,7536 m
Lebar :	2,3637 m
Tinggi :	10,072 m

c. *Heat Exchanger*

Tabel 3. 18 Spesifikasi *Heat Exchanger*

Kode :	HE-01
Fungsi :	Sebagai menaikkan suhu dari mixer menuju reaktor (R-01)
Jumlah :	1 unit
Kondisi Operasi :	
Tekanan :	1 atm
Suhu :	120°C
Dimensi Heat Exchanger:	
<i>Cold Fluid Annulus</i>	
IPS :	0,1016 m
OD :	0,1143 m
ID :	0,10325 m

Tabel 3.18 Spesifikasi *Heat Exchanger* (Lanjutan)

<i>Hot Fluid Inner Pipe</i>	
IPS :	0,0762 m
OD :	0,0889 m
ID :	0,0779 m

3.4 Neraca Massa

Neraca massa merupakan perhitungan kuantitatif dari semua bahan-bahan yang masuk, keluar, terakumulasi, serta terbuang dalam sebuah sistem. Perhitungan neraca digunakan untuk mencari variable proses yang belum diketahui, berdasarkan data *variable* proses yang telah ditentukan/diketahui. Terdapat beberapa komponen yang berpengaruh dalam neraca massa, di antaranya:

3.4.1 Neraca Massa Total

Tabel 3. 19 Neraca Massa Total

Komponen	<i>Input</i>	<i>Output</i>
Air	1632,416	835,136
Alum Sulfat		281,650
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$		2525,253
Asam Sulfat	1554,159	62,166
Besi (II) oksida	50,339	50,339
Silikon Dioksida	129,939	129,939
Titanium Dioksida	6,449	6,449
Alum Okside	539,198	21,568
Jumlah	3912,500	3912,500

3.4.2 Neraca Massa *Mixer* (M-01)**Tabel 3. 20 Neraca Massa *Mixer* (M-01)**

Komponen	Input		Output
	F1	F2	F3
H ₂ O	31,718	1004,389	1036,106
Al ₂ (SO ₄) ₃	1554,159		1554,159
H ₂ SO ₄			
FeO			
SiO ₂			
TiO ₂			
Al ₂ O ₃			
Jumlah	1585,877	1004,389	2590,266
	2590,266		

3.4.3 Neraca Massa *Ball Mill* (BM-01)**Tabel 3. 21 Neraca Massa *Ball Mill* (BM-01)**

Komponen	Input		Output
	F4	F6	F5
H ₂ O	240,628	12,665	251,414
Al ₂ (SO ₄) ₃			
H ₂ SO ₄			
FeO	50,339	2,649	52,596
SiO ₂	129,939	6,839	135,764
TiO ₂	6,449	0,339	6,738
Al ₂ O ₃	539,198	28,379	563,369
Jumlah	966,553	50,871	1017,424
	1017,424		

3.4.4 Neraca Massa Screening (SCR-01)

Tabel 3. 22 Neraca Massa Screening (SCR-01)

Komponen	<i>Input</i>	<i>Output</i>	
	F5	F6	F7
H ₂ O	253,292	12,665	240,628
Al ₂ (SO ₄) ₃			
H ₂ SO ₄			
FeO	52,989	2,649	50,339
SiO ₂	136,778	6,839	129,939
TiO ₂	6,788	0,339	6,449
Al ₂ O ₃	567,577	28,379	539,198
Jumlah	1017,424	50,871	966,553
		1017,424	

3.4.5 Neraca Massa Reaktor (R-01)

Tabel 3. 23 Neraca Massa Reaktor (R-01)

Komponen	Input		Output
	F3	F7	F8
H ₂ O	1036,106	240,628	1550,773
Al ₂ (SO ₄) ₃			1735,584
H ₂ SO ₄	1554,159		62,166
FeO		50,339	50,339
SiO ₂		129,939	129,939
TiO ₂		6,449	6,449
Al ₂ O ₃		539,198	21,568
Jumlah	2590,266	966,553	3556,818
	3556,818		

3.4.6 Neraca Massa *Rotary Drum Vacuum Filter* (RDVF-01)

Tabel 3. 24 Neraca Massa *Rotary Drum Vacuum Filter* (RDVF-01)

Komponen	<i>Input</i>		<i>Output</i>	
	F8	F9	F10	F11
H ₂ O	1550,773	355,682	24,116	1882,339
Al ₂ (SO ₄) ₃	1735,584		26,990	1708,593
H ₂ SO ₄	62,166		0,967	61,200
FeO	50,339		50,339	
SiO ₂	129,939		129,939	
TiO ₂	6,449		6,449	
Al ₂ O ₃	21,568		21,568	
Jumlah	3.556,818	355,682	260,368	3652,132
	3912,500		3912,500	

3.4.7 Neraca Massa *Crystallizer* (CR-01)

Tabel 3. 25 Neraca Massa *Crystallizer* (CR-01)

Komponen	<i>Input</i>	<i>Output</i>
	F11	F12
H ₂ O	1882,339	811,020
Al ₂ (SO ₄) ₃	1708,593	254,660
Al ₂ (SO ₄) ₃ . 14H ₂ O		2525,253
H ₂ SO ₄	61,200	61,200
FeO		
SiO ₂		
TiO ₂		
Al ₂ O ₃		
Jumlah	3652,132	3652,132

3.4.8 Neraca Massa *Centrifuge* (CF-01)Tabel 3. 26 Neraca Massa *Centrifuge* (CF-01)

Komponen	<i>Input</i>	<i>Output</i>	
	F12	F13	F14
H ₂ O	811,020	715,365	95,654
Al ₂ (SO ₄) ₃	254,660	224,625	30,035
Al ₂ (SO ₄) ₃ . 14H ₂ O	2525,253		2525,253
H ₂ SO ₄	61,200	53,982	7,218
FeO			
SiO ₂			
TiO ₂			
Al ₂ O ₃			
Jumlah	3652,132	993,971	2658,161
		3652,132	

3.4.9 Neraca Massa *Rotary Dryer* (RD-01)Tabel 3. 27 Neraca Massa *Rotary Dryer* (RD-01)

Komponen	<i>Input</i>	<i>Output</i>	
	F14	F15	F16
H ₂ O	95,654	93,129	2,658
Al ₂ (SO ₄) ₃	30,035	24,985	5,316
Al ₂ (SO ₄) ₃ . 14H ₂ O	2525,253		2658,161
H ₂ SO ₄	7,218	4,693	2,658
FeO			
SiO ₂			
TiO ₂			
Al ₂ O ₃			
Jumlah	2658,161	122,807	2668,793
		2658,161	

3.4.10 Neraca Massa *Ball Mill* (BM-02)**Tabel 3. 28 Neraca Massa *Ball Mill* (BM-02)**

Komponen	Input		Output
	F16	F18	F17
H ₂ O	2,525	0,133	2,658
Al ₂ (SO ₄) ₃	5,051	0,266	5,316
Al ₂ (SO ₄) ₃ . 14H ₂ O	2525,253	132,908	2658,161
H ₂ SO ₄	2,525	0,133	2,658
FeO			
SiO ₂			
TiO ₂			
Al ₂ O ₃			
Jumlah	2535,354	133,440	2668,793
	2668,793		

3.4.11 Neraca Massa *Screening* (SCR-02)**Tabel 3. 29 Neraca Massa *Screening* (SCR-02)**

Komponen	<i>Input</i>	<i>Output</i>	
	F17	F18	F19
H ₂ O	2,658	0,133	2,525
Al ₂ (SO ₄) ₃	5,316	0,266	5,051
Al ₂ (SO ₄) ₃ . 14H ₂ O	2658,161	132,908	2525,253
H ₂ SO ₄	2,658	0,133	2,525
FeO			
SiO ₂			
TiO ₂			
Al ₂ O ₃			
Jumlah	2668,793	133,440	2535,354
		2662,326	

3.5 Neraca Panas

3.5.1 Mixer (M-01)

Tabel 3. 30 Neraca Energi Mixer (M-01)

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
<i>Q in</i>	22.517,410	
<i>Q out</i>		22.517,410
Total	22.517,410	22.517,410

3.5.2 Ball Mill (BM-01)

Tabel 3. 31 Neraca Energi Ball Mill (BM-01)

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
<i>Q in</i>	9246,994	
<i>Q out</i>		9246,994
Total	9246,994	9246,994

3.5.3 Screening (SCR-01)

Tabel 3. 32 Neraca Energi Screening (SCR-01)

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
<i>Q in</i>	9246,994	
<i>Q out</i>		9246,994
Total	9246,994	9246,994

3.5.4 Reaktor (R-01)

Tabel 3. 33 Neraca Energi Reaktor (R-01)

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
<i>Q in</i>	37.449,396	
<i>Q out</i>		678.859,27
<i>Q Reaksi</i>	1.446.573,426	
<i>Q Pendingin</i>		678.859,27
Total	1.484.022,822	1.484.022,822

3.5.5 Rotary Drum Vacum Filter (RDVF-01)

Tabel 3. 34 Neraca Energi RDVF (RDVF-01)

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Q <i>in</i>	878.270,576	
Q <i>out</i>		878.270,576
Total	878.270,576	878.270,575

3.5.6 Crystallizer (CR-01)

Tabel 3. 35 Neraca Energi Crystallizer (CR-01)

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Q <i>in</i>	770.525,692	
Q <i>out</i>		41.942,886
Q pendingin		728.582,806
Total	770.525,692	770.525,692

3.5.7 Centrifuge (CF-01)

Tabel 3. 36 Neraca Energi Centrifuge (CF-01)

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Q <i>in</i>	41.942,886	
Q <i>out</i>		41.942,886
Total	41.942,886	41.942,886

3.5.8 Rotary Drayer (RD-01)

Tabel 3. 37 Neraca Energi Rotary Drayer (RD-01)

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Q <i>in</i>	8.632,998	
Q <i>out</i>		9.174,041
Q udara masuk	1.190.726,555	
Q udara keluar		1.022.392,159
Q <i>loss</i>		167.793,3537
Total	1.199.359,554	1.199.359,554

3.5.9 *Ball Mill* (BM-02)**Tabel 3. 38 Neraca Energi *Ball Mill* (BM-02)**

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
<i>Q in</i>	4474,991	
<i>Q out</i>		4474,991
Total	4474,991	4474,991

3.5.10 *Screening* (SCR-02)**Tabel 3. 39 Neraca Energi *Screening* (SCR-02)**

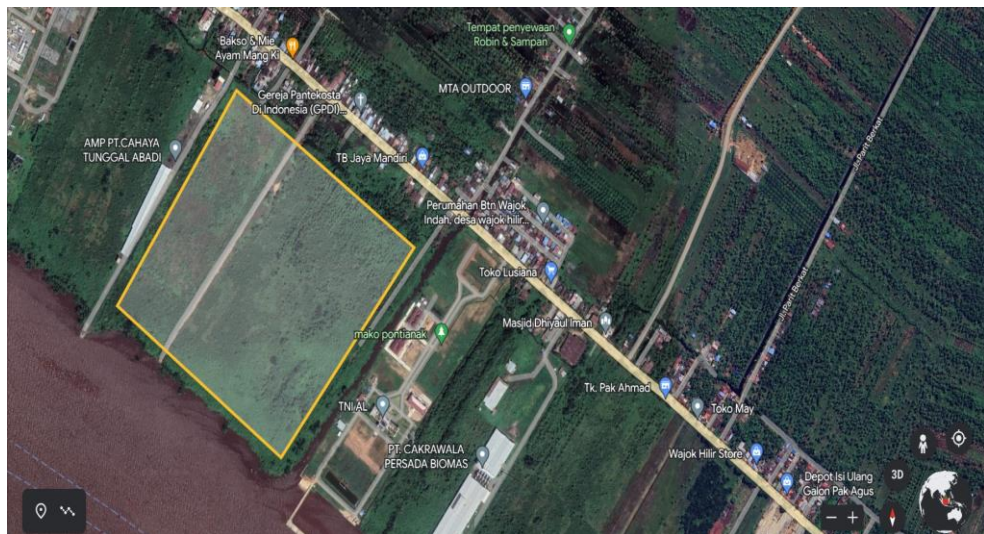
Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
<i>Q in</i>	4481,616	
<i>Q out</i>		4481,616
Total	4481,616	4481,616

BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1 Penentuan Lokasi Pabrik

Penentuan lokasi dalam mendirikan pabrik adalah hal yang penting untuk dipertimbangkan. Tujuan ini menyangkut kelangsungan pabrik baik secara ekonomi maupun operasional mulai dari produksi, distribusi dan pemasaran. Ada beberapa aspek yang menjadi dalam penentuan dan pemilihan lokasi mendirikan pabrik yang diantaranya adalah ketersediaan bahan baku, transportasi, pemasaran, lingkungan disekitar pabrik, sarana di sekitar pabrik, dan sebagainya. Pabrik Aluminium sulfat dengan kapasitas 20.000 ton/tahun ini direncanakan akan didirikan di Kabupaten Mempawah, Kalimantan Barat. Lokasi pabrik ini dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Rencana Lokasi Pendirian Pabrik

Penentuan lokasi pabrik direncanakan atas pemikiran secara praktis serta meninjau aspek keuntungan dari segi teknis maupun ekonomis. Terdapat beberapa faktor yang dipertimbangkan dalam penentuan lokasi pabrik, diantaranya :

a. Keterjangkauan Bahan Baku

Pabrik yang baik adalah pabrik yang lokasinya sedekat mungkin dengan pemasok bahan baku demi menghemat biaya impor bahan baku melalui jalur darat. Selain itu, pabrik juga memiliki akses sedekat mungkin dengan pelabuhan demi mempermudah proses ekspor produk maupun impor bahan baku melalui jalur laut.

b. Keterjangkauan Pemasaran Produk

Pabrik didirikan sedekat mungkin dengan industri yang membutuhkan produk Aluminium sulfat baik sebagai bahan utama maupun bahan pendukung demi menghemat biaya ekspor melalui jalur darat.

c. Keterjangkauan Energi dan Sumber Daya

Air merupakan sarana utilitas yang penting demi mendukung proses produksi aluminium sulfat, sehingga pabrik didirikan sedekat mungkin dengan sungai, danau, atau laut. Sedangkan, energi merupakan sarana utilitas demi mendukung operasional produksi Aluminium sulfat.

d. Ketersediaan Tenaga Kerja

Tenaga kerja merupakan pelaku dari proses produksi. Ketersediaan tenaga kerja yang terampil dan terdidik akan memperlancar jalannya proses produksi.

e. Kondisi Geografis dan Sosial

1. Bencana Alam

Pabrik didirikan pada daerah yang aman dari bencana alam (banjir, gempa bumi, angin tornado, sambaran petir, dsb).

2. Regulasi Pemerintah

Diutamakan memilih daerah yang memiliki regulasi pendirian pabrik yang mudah untuk diakses.

3. Sosial Masyarakat

Kondisi sosial masyarakat diharapkan memberi dukungan terhadap operasional pabrik sehingga dipilih lokasi yang memiliki masyarakat yang dapat menerima keberadaan pabrik.

Berdasarkan pertimbangan-pertimbangan di atas, maka pabrik Aluminium sulfat ini dalam perencanaannya akan didirikan di Kawasan Industri Jalan Ahmad Yani, Jungkat, Kec. Jongkat, Kab. Mempawah, Kalimantan Barat. Hal tersebut didukung dengan beberapa faktor, diantaranya:

- a. Dekat dengan pelabuhan yang akan memudahkan impor barang – barang kebutuhan pabrik dan ekspor produk.
- b. Dekat dengan Sungai Kapuas sebagai sumber air.
- c. Dekat dengan sumber bahan baku, yaitu Aluminium sulfat yang dipasok dari PT. Indonesian Acids Industry dan Bauksit dari PT. Cita Mineral Investindo Tbk.
- d. Sarana dan prasarana yang meliputi transportasi, jalan, dan listrik memadai.
- e. Tenaga kerja dapat diperoleh dari daerah disekitarnya, baik tenaga terdidik maupun tenaga kasar.
- f. Bukan daerah subur, sehingga tidak mengganggu lahan pertanian.
- g. Regulasi pendirian pabrik dengan persyaratan yang mudah untuk diakses.

4.2 Tata Letak Pabrik

Tata letak pabrik (*layout plant*) merupakan sebuah susun fasilitas fisik yang terdiri atas perlengkapan, tenaga, bangunan, serta sarana lain demi mengoptimalkan hubungan antara pekerja, aliran informasi, aliran barang, serta tata cara yang diperlukan untuk pertimbangan agar didapatkan proses seefisien mungkin demi menghasilkan produk yang optimum. Tata letak pabrik dapat dibagi menjadi beberapa bagian utama sebagai berikut:

- a. Perkantoran atau administrasi

Daerah perkantoran merupakan pusat kegiatan administrasi dan keuangan pabrik, serta tempat yang mengurus urusan dengan pihak luar dan pihak dalam perusahaan sendiri. Daerah ini biasanya berada dibagian depan

area pabrik.

b. Proses

Daerah proses merupakan tempat berlangsungnya kegiatan operasional produksi. Daerah ini meliputi tempat penyimpanan bahan baku dan produk, penempatan alat-alat proses dan ruang pengendalian (controll room). Daerah ini berada di tempat yang terpisah dengan daerah lainnya untuk tujuan keamanan.

c. Instalasi dan Utilitas

Daerah instalasi dan utilitas merupakan tempat yang menyediakan kebutuhan-kebutuhan penunjang proses, seperti kebutuhan air, steam pemanas, air pendingin, listrik dan bahan bakar.

d. Fasilitas Umum

Daerah ini merupakan pusat fasilitas umum yang dapat digunakan oleh karyawan meliputi perumahan/mess, poliklinik, tempat ibadah, kantin, taman dan sebagainya.

e. Keamanan

Daerah keamanan merupakan tempat untuk menyimpan alat-alat keamanan dalam rangka mengantisipasi dan meminimalisir dampak yang ditimbulkan apabila terjadi ledakan, asap, kebakaran, kebocoran gas beracun dan hal lainnya. Oleh karena itu, perlu disediakan alat pemadam kebakaran di beberapa titik yang berbahaya dan dapat memicu kebakaran.

f. Pengolahan Limbah

Dalam mendirikan suatu pabrik harus memperhatikan aspek kelestarian lingkungan. Oleh sebab itu perlu adanya tempat khusus yang dapat dipergunakan untuk tempat pengolahan limbah yang tidak mencemari atau merusak lingkungan sekitar. Limbah hasil produksi dapat mengalami pengolahan dan pengujian yang lebih lanjut agar memastikan batas komponen yang berbahaya yang terkandung sehingga aman apabila dibuang ke lingkungan.

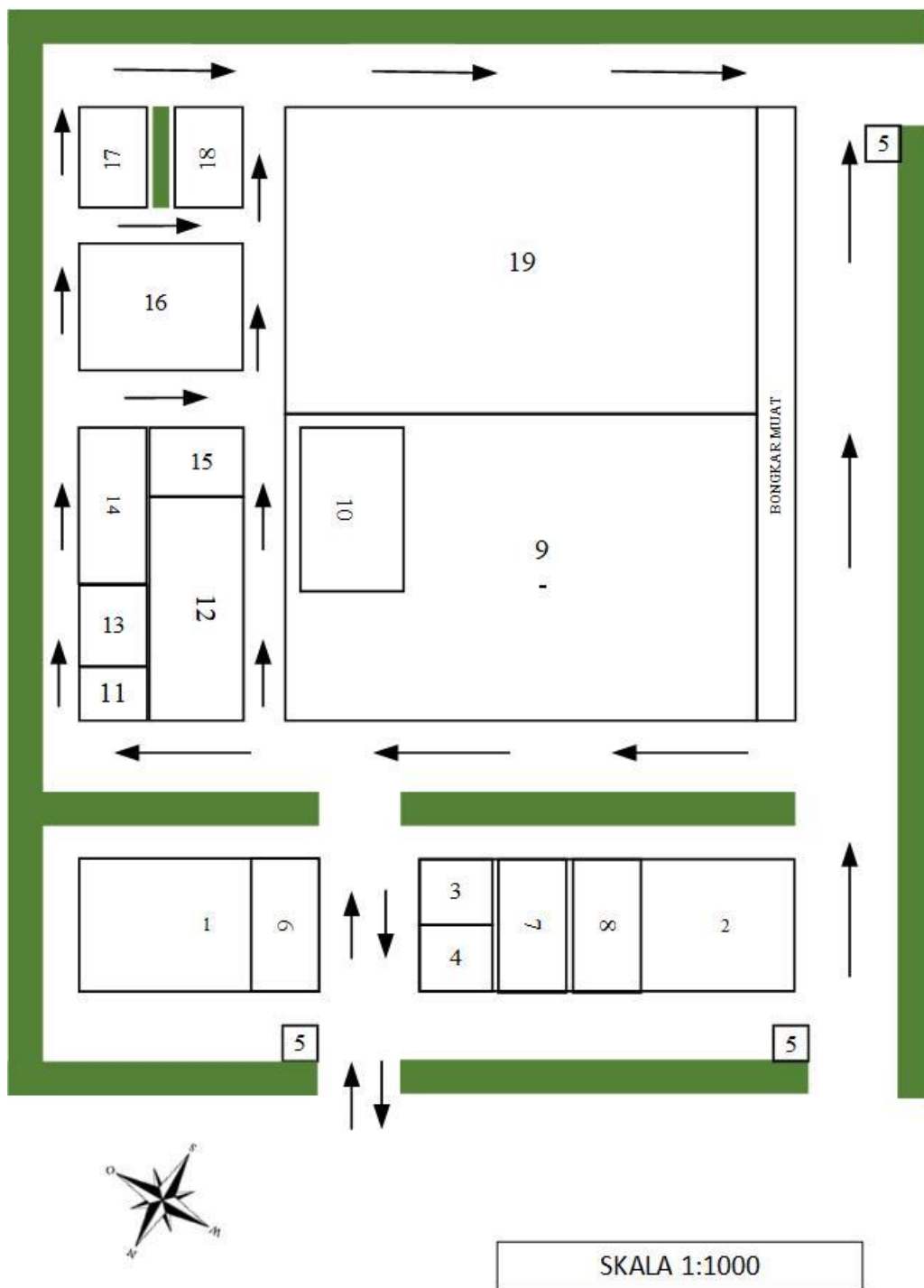
g. Perluasan

Dalam rangka mengantisipasi kemungkinan adanya peningkatan

kapasitas produksi yang disebabkan oleh permintaan produk yang meningkat, perlu dipertimbangkan untuk menyediakan lahan kosong sebagai daerah perluasan pabrik apabila dibutuhkan di masa mendatang. Rincian luas pabrik yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan data tata letak pabrik (*plant layout*) dapat dilihat pada Gambar 4.2.

Tabel 4. 1 Rincian Luas Pabrik

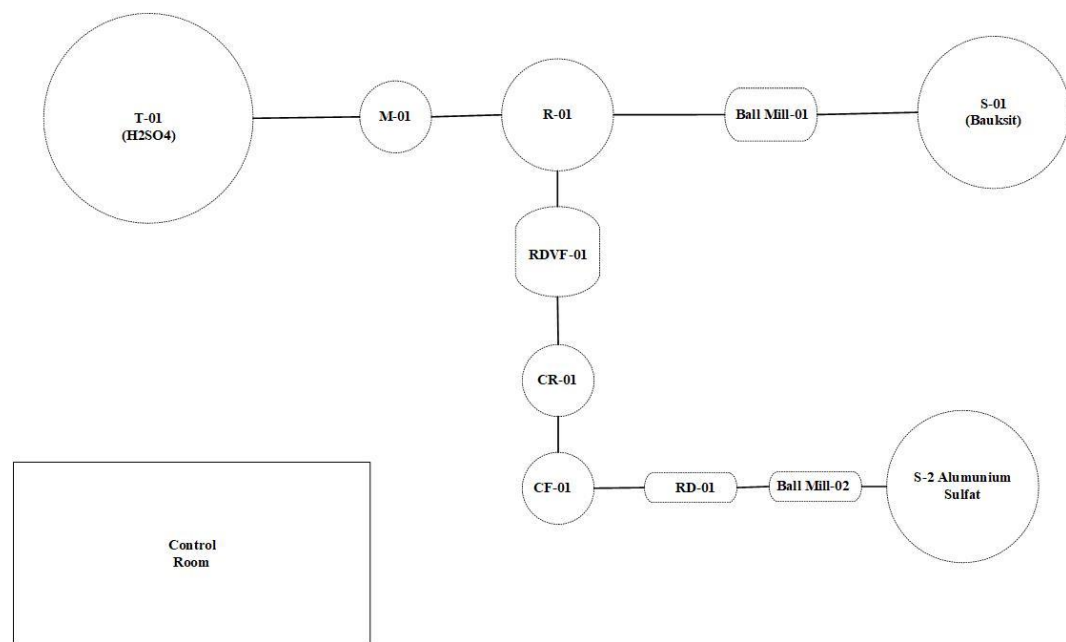
No	Lokasi	Panjang (m)	Lebar (m)	Luas (m ²)
1.	Kantor Pusat	40	20	800
2.	Area Parkir	50	20	1000
3.	Kantin	20	20	400
4.	Poliklinik	10	10	100
5.	Pos Keamanan	3	3	9
6.	Kantor Administrasi	20	10	200
7.	Taman	20	10	200
8.	Masjid	20	10	200
9.	Area Proses	80	60	4800
10.	Ruang Control	10	20	200
11.	K3 Training Management	20	10	200
12.	Utilitas	60	40	2400
13.	Laboratorium	10	15	150
14.	Ruang Generator	10	10	100
15.	Pemadam Kebakaran	10	15	150
16.	UPL	20	15	300
17.	Bengkel Pemeliharaan	15	15	225
18.	Gudang	20	20	400
19.	Area perluasan	60	40	2400
20.	Jalan	1100,8	5	5504
Luas Tanah				19.738
Luas bangunan				10.634
Sisa Tanah				9104



Gambar 4. 2 Denah Pabrik

4.3 Tata Letak Peralatan (*Machines Layout*)

Tata letak peralatan proses dirancang dengan pertimbangan agar didapatkan proses seefisien mungkin demi menghasilkan produk yang optimum. Terdapat beberapa pertimbangan yang diperhatikan, diantaranya:



Gambar 4. 3 Tata Letak Peralatan

a. Ekonomi

Tata letak alat proses didesain sebaik mungkin demi memberikan biaya konstruksi dan biaya operasional seminimal mungkin. Biaya operasional dapat diminimalisir dengan mengatur jarak antar alat sehingga menggunakan jalur pemipaan terpendek beserta bahan konstruksi yang ekonomis.

b. Kebutuhan Proses

Tata letak alat proses diharapkan dapat memberikan ruangan yang memadai bagi setiap alat agar mampu beroperasi tanpa hambatan, didukung dengan jalur distribusi utilitas yang memadai.

c. Pemantauan Khusus

Peralatan yang membutuhkan pemantauan lebih lanjut, diletakan sedekat mungkin dengan *control room*.

d. Aksesibilitas Pekerja

Beberapa alat yang memungkinkan pekerja dapat mengaksesnya

secara langsung harus diletakan pada ketinggian serta kemiringan yang mudah dijangkau oleh operator.

e. Keamanan

Jauhkan peralatan yang memiliki resiko bahaya tinggi dari area para pekerja, serta berikan tanda peringatan khusus untuk meminimalisir terjadinya insiden.

f. Perluasan Area

Pabrik yang didirikan diharapkan memiliki tata letak yang mampu dikembangkan dengan menambah unit alat apabila diperlukan perluasan area.

4.4 Organisasi Perusahaan

4.4.1 Bentuk Organisasi Perusahaan

Dalam merancang pabrik, perlu membentuk dari perusahaan tersebut. Karena dapat mempengaruhi proses manajemen organisasi yang baik. Untuk membentuk struktur yang baik sangat diperlukan. Untuk pembagian tanggung jawab, wewenang, dan pembagian tugas yang jelas agar tidak terjadi hal yang merugikan dan mengakibatkan hasil pabrik tersebut. Untuk meninjau dari badan hukum, bentuk perusahaan dapat dibedakan menjadi empat bagian, yakni :

- a. Perusahaan Perseorangan adalah modal yang dimiliki oleh satu orang bertanggungjawab terhadap kesuksesan perusahaan.
- b. Persekutuan Firma adalah modal yang dikumpulkan dari dua orang atau lebih dan memiliki tanggungjawab perusahaan berdasarkan surat perjanjian dari akta notaris.
- c. Persekutuan Komanditer yang kerap disebut CV adalah terdiri dari dua orang atau lebih yang memiliki peran sebagai sekutu aktif (orang yang menjalankan perusahaan), dan sekutu pasif (orang yang hanya memasukkan modal dan bertanggung jawab 60 sebatas modal yang dimasukkan saja).
- d. Perseroan Terbatas (PT) adalah modal yang dihasilkan dari penjualan saham untuk mendirikan perusahaan dan yang memiliki

tanggung jawab penuh adalah pemegang saham sebesar modal yang dimiliki.

Pabrik aluminium sulfat direncanakan mempunyai bentuk usaha Perseroan Terbatas (PT). Lapangan usaha yang dituju adalah industri aluminium sulfat dengan lokasi perusahaan di Kawasan Industri Pontianak, Kalimantan Barat. Beberapa faktor yang menjadi alasan pemilihan bentuk perusahaan ini menurut Widjaja (2003), antara lain:

- a. Modal mudah didapatkan dengan menjual saham perusahaan.
- b. Tanggung jawab pemegang saham terbatas sehingga kelancaran produksi hanya dipegang oleh pimpinan perusahaan beserta karyawan.
- c. Pemilik dan pengurus perusahaan terpisah satu sama lain, yakni pemilik perusahaan adalah para pemegang saham, sedangkan pengurus perusahaan adalah direksi yang diawasi oleh dewan komisaris.
- d. Kelangsungan perusahaan lebih terjamin karena tidak terpengaruh dengan berhentinya pemegang saham, direksi, serta staf atau karyawan.
- e. Para pemegang saham dapat memilih dewan komisaris dan direktur utama.
- f. Bentuk perusahaan tersebut memiliki kekayaan tersendiri yang terpisah dari kekayaan pribadi.

Ciri-ciri Perseroan Terbatas :

- a. Perseroan Terbatas didirikan dengan akta dari notaris dengan berdasarkan Kitab Undang-Undang Hukum Dagang Nomor 40 tahun 2007.
- b. Besarnya modal ditentukan dalam akta pendirian dan terdiri dari saham-sahamnya. Pemiliknya adalah para pemegang saham. Perseroan Terbatas dipimpin oleh suatu direksi yang terdiri dari para pemegang saham.
- c. Pembinaan personalia sepenuhnya diserahkan kepada direksi dengan memperhatikan hukum-hukum perburuhan.

4.4.2 Struktur Organisasi

Struktur organisasi merupakan salah satu faktor penting yang dapat menunjang kelangsungan dan kemajuan perusahaan demi tercapainya kerja sama yang baik antara karyawan. Oleh karena itu, menurut Widjaja (2003) pembentukan struktur organisasi perlu memperhatikan beberapa pedoman, antara lain :

- a. Perumusan tujuan perusahaan dengan jelas.
- b. Tujuan organisasi harus dipahami oleh setiap orang dalam organisasi.
- c. Tujuan organisasi harus diterima oleh setiap orang dalam organisasi 4. Adanya kesatuan arah (*unity of direction*).
- d. Adanya kesatuan perintah (*unity of command*) .
- e. Adanya keseimbangan antara wewenang dan tanggung jawab.
- f. Adanya pembagian tugas (*distribution of work*).
- g. Adanya koordinasi.
- h. Struktur organisasi disusun sederhana.
- i. Pola dasar organisasi harus relatif permanen.
- j. Adanya jaminan jabatan (*unity of tenure*).
- k. Balas jasa yang diberikan kepada setiap orang harus setimpal dengan jasanya.
- l. Penempatan orang harus sesuai keahliannya Struktur organisasi yang digunakan adalah sistem garis dan staf.

Struktur organisasi ini memiliki garis wewenang yang lebih sederhana, praktis, dan tegas. Pada struktur ini, staf ahli perlu dibentuk untuk mencapai tujuan perusahaan karena bertugas memberi bantuan pemikiran dan nasihat kepada tingkat pengawas. Menurut Zamani (1998), sistem garis dan staf terdiri dari dua kelompok orang yang berpengaruh menjalankan organisasi perusahaan, yaitu :

- a. Garis

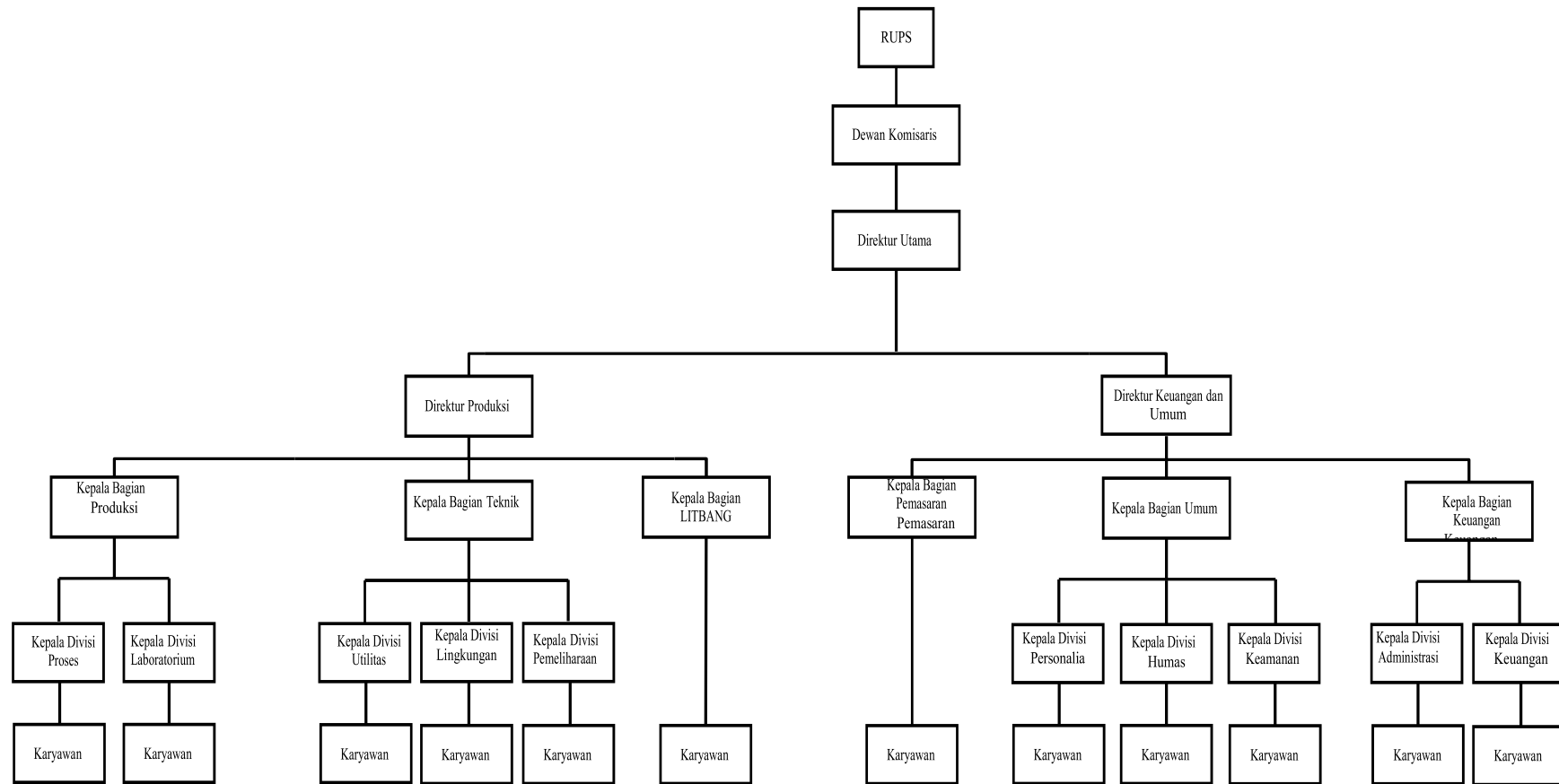
Kelompok garis terdiri dari orang-orang yang melaksanakan

tugas pokok dalam rangka mencapai tujuan organisasi.

b. Staf

Kelompok staf terdiri dari orang-orang yang melaksanakan tugas sesuai dengan keahliannya dan berfungsi untuk memberi saran-saran kepada unit operasional.

Dewan Komisaris mewakili para pemegang saham dalam melaksanakan tugas sehari-harinya. Direktur Utama bertugas menjalankan perusahaan dengan memperoleh bantuan dari Direktur Produksi serta Direktur Keuangan dan Umum. Kedua direktur tersebut membawahi kepala bagian yang bertanggung jawab atas bagian dalam perusahaan serta sebagai bagian dari pendelegasian wewenang dan tanggung jawab. Masing-masing kepala bagian membawahi beberapa divisi dan masing-masing divisi membawahi para karyawan perusahaan pada setiap bidangnya. Karyawan perusahaan dibagi dalam beberapa kelompok regu yang dipimpin oleh seorang kepala regu. Setiap kepala regu bertanggung jawab kepada pengawas masing-masing divisi (Widjaja, 2003). Struktur organisasi pabrik aluminium sulfat dapat dilihat pada Gambar 5.1.



Gambar 4. 4 Struktur Organisasi Pabrik Aluminium Sulfat

4.4.3 Tugas dan Wewenang

a. Pemegang Saham

Pemegang saham adalah beberapa orang yang mengumpulkan modal untuk kepentingan pendirian dan berjalannya operasi perusahaan. Kekuasaan tertinggi pada perusahaan ini adalah Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS). Para pemegang saham pada RUPS memiliki wewenang sebagai berikut :

1. Mengangkat dan memberhentikan Dewan Komisaris.
2. Mengangkat dan memberhentikan Direktur.
3. Mengesahkan hasil-hasil usaha serta neraca perhitungan untung-rugi tahunan dari perusahaan.

b. Dewan Komisaris

Dewan Komisaris merupakan pelaksana tugas sehari-hari dari pemilik saham sehingga Dewan Komisaris bertanggung jawab kepada pemilik saham. Dewan Komisaris memiliki wewenang sebagai berikut:

1. Menilai dan menyetujui rencana direksi tentang kebijakan umum, target perusahaan, alokasi sumber-sumber dana, dan pengarahan pemasaran.
2. Mengawasi tugas-tugas direksi.
3. Membantu direksi dalam tugas-tugas penting.

c. Dewan Direksi

Dewan Direksi adalah perwakilan para pemegang saham dalam menjalankan kepentingan perusahaan. Dewan Direksi dipimpin oleh seorang Direktur Utama yang merupakan pimpinan tertinggi dalam perusahaan dan bertanggung jawab sepenuhnya terhadap kemajuan perusahaan. Direktur Utama bertanggung jawab kepada Dewan Komisaris atas segala tindakan dan kebijakan yang telah diambil. Direktur Utama membawahi Direktur Produksi serta Direktur Keuangan dan Umum.

Tugas-tugas Direktur Utama, antara lain:

1. Melaksanakan kebijakan perusahaan dan mempertanggung

jawabkan pekerjaannya secara berkala atau pada masa akhir pekerjaannya pada pemegang saham.

2. Menjaga kestabilan organisasi perusahaan dan membuat kelangsungan hubungan yang baik antara pemilik saham, pimpinan, karyawan, dan konsumen.
3. Mengangkat dan memberhentikan kepala bagian dengan persetujuan rapat pemegang saham.
4. Mengoordinasikan kerja sama antara bagian produksi (Direktur Produksi) serta bagian keuangan dan umum (Direktur Keuangan dan Umum).

Tugas-tugas Direktur Produksi yaitu :

1. Bertanggungjawab kepada Direktur Utama dalam bidang produksi, teknik, serta penelitian dan pengembangan (LITBANG).
2. Mengoordinasikan, mengatur, dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan kepala-kepala bagian yang menjadi bawahannya.
3. Memimpin pelaksanaan kegiatan pabrik yang berhubungan dengan bidang teknik, produksi pengembangan, pemeliharaan peralatan, dan laboratorium.

Tugas-tugas Direktur Keuangan dan Umum yaitu :

1. Bertanggung jawab kepada Direktur Utama dalam bidang keuangan dan pemasaran.
2. Mengoordinasikan, mengatur, dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan kepala-kepala bagian yang menjadi bawahannya.

d. Staf Ahli

Staf ahli terdiri dari tenaga-tenaga ahli yang bertugas membantu direktur dalam menjalankan tugasnya, baik yang berhubungan dengan teknik maupun administrasi. Staf ahli bertanggung jawab kepada Direktur Utama sesuai dengan bidang keahlian masing-masing. Tugas

dan wewenang staf ahli, antara lain:

1. Mengadakan evaluasi bidang teknik dan ekonomi perusahaan
2. Memberi masukan-masukan dalam perencanaan dan pengembangan perusahaan
3. Memberi saran-saran dalam bidang hukum.

e. Kepala Bagian

Tugas Kepala Bagian adalah mengoordinasi, mengatur, dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan garis wewenang yang diberikan oleh pimpinan perusahaan. Selain itu, Kepala Bagian juga bertindak sebagai staf direktur. Terdapat enam Kepala Bagian, yaitu :

1. Kepala Bagian Produksi

Kepala Bagian Produksi bertanggung jawab kepada Direktur Produksi dalam bidang mutu dan kelancaran produksi serta mengoordinasi kepala-kepala divisi yang menjadi bawahannya. Kepala Bagian Produksi membawahi Divisi Proses dan Divisi Pengendalian.

Tugas divisi proses antara lain:

- a) Mengawasi jalannya proses produksi.
- b) Menjalankan tindakan seperlunya terhadap kejadian-kejadian yang tidak diharapkan sebelum diambil oleh seksi yang berwenang.

Tugas divisi pengendalian adalah sebagai pusat pengendalian produksi untuk menciptakan atau menghasilkan produk sesuai target pencapaian yang ditetapkan oleh perusahaan.

2. Kepala Bagian Penelitian dan Pengembangan (LITBANG)

Kepala Bagian LITBANG bertanggung jawab kepada Direktur Produksi. Kepala Bagian LITBANG membawahi Divisi Laboratorium dan Divisi Penelitian dan Pengembangan (LITBANG). Tugas dan wewenang divisi penelitian dan

pengembangan meliputi :

- a) Memperbaiki mutu produksi.
- b) Memperbaiki dan melakukan inovasi terhadap proses produksi.
- c) Meningkatkan efisiensi perusahaan di berbagai bidang.

Tugas divisi laboratorium, antara lain :

- a) Mengawasi dan menganalisa mutu bahan baku dan bahan pembantu.
- b) Mengawasi dan menganalisa mutu produksi.
- c) Mengawasi hal – hal yang berhubungan dengan buangan pabrik.

3. Kepala Bagian Teknik

Kepala Bagian Teknik bertanggung jawab kepada Direktur Produksi dalam bidang peralatan dan utilitas serta mengoordinasi kepala-kepala divisi yang menjadi bawahannya. Kepala Bagian Teknik membawahi Divisi Pemeliharaan, Divisi Utilitas, dan Divisi Keselamatan Kerja dan Lingkungan.

Tugas Divisi Pemeliharaan, antara lain :

- a) Melaksanakan pemeliharaan fasilitas gedung dan peralatan pabrik.
- b) Memperbaiki kerusakan peralatan pabrik.

Tugas divisi Utilitas adalah melaksanakan dan mengatur sarana utilitas untuk memenuhi kebutuhan proses, air, dan tenaga listrik.

Tugas divisi Keselamatan Kerja dan Lingkungan, antara lain :

- a) Melakukan pengadaan segala kebutuhan yang berhubungan dengan keselamatan dan kesehatan kerja bagi karyawan di lingkungan perusahaan.
- b) Melindungi pabrik dari bahaya kebakaran.

4. Kepala Bagian Keuangan

Kepala Bagian Keuangan ini bertanggung jawab kepada Direktur Keuangan dan Umum dalam bidang administrasi dan keuangan serta membawahi dua divisi, yaitu Divisi Administrasi, Divisi Keuangan, dan Divisi Pembelian.

Tugas divisi administrasi keuangan antara lain :

- a) Menyelenggarakan pencatatan utang piutang.
- b) Administrasi persediaan kantor dan pembukuan.
- c) Masalah perpajakan.

Tugas divisi keuangan antara lain :

- a) Menghitung penggunaan uang perusahaan, mengamankan uang dan membuat ramalan tentang keuangan masa depan.
- b) Mengadakan perhitungan tentang gaji dan insentif karyawan.

Tugas divisi pembelian, antara lain :

- a) Melaksanakan pembelian barang dan peralatan yang dibutuhkan perusahaan dalam kaitannya dengan proses produksi.
- b) Mengetahui harga pasar dan mutu bahan baku serta mengatur keluar masuknya bahan dan alat dari gudang.

5. Kepala Bagian Umum dan SDM

Kepala Bagian Umum dan SDM bertanggung jawab kepada Direktur Keuangan dan Umum dalam bidang personalia, hubungan masyarakat, dan keamanan serta mengoordinasi kepala-kepala divisi yang menjadi bawahannya. Kepala Bagian Umum dan SDM membawahi Divisi Personalia, Divisi Hubungan Masyarakat, dan Divisi Keamanan.

Tugas Divisi Personalia :

- a) Membina tenaga kerja dan menciptakan suasana kerja yang sebaik mungkin antara pekerja, pekerjaan dan lingkungannya supaya tidak terjadi pemborosan waktu dan biaya.
- b. Mengusahakan disiplin kerja yang tinggi dalam menciptakan kondisi kerja yang tenang dan dinamis.
- c. Melaksanakan hal-hal yang berhubungan dengan kesejahteraan karyawan. Divisi Humas bertugas mengatur hubungan antara perusahaan dengan masyarakat di luar lingkungan perusahaan.

Tugas Divisi Keamanan :

- a) Mengawasi keluar masuknya orang – orang baik karyawan maupun bukan karyawan di lingkungan pabrik.
- b) Menjaga semua bangunan pabrik dan fasilitas perusahaan.
- c) Menjaga dan memelihara kerahasiaan yang berhubungan dengan internal perusahaan.

6. Kepala Bagian Pemasaran

Kepala Bagian Pemasaran bertanggung jawab kepada Direktur Keuangan dan Umum dalam bidang pemasaran hasil produksi serta membawahi Divisi Pemasaran dan Divisi Penjualan.

Tugas divisi pemasaran, antara lain :

- a) Merencanakan strategi penjualan hasil produksi.
- b) Mengatur distribusi hasil produksi.

Tugas divisi penjualan yaitu mengatur dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan administrasi penjualan.

f. Kepala Divisi

Kepala Divisi adalah pelaksana pekerjaan sesuai bagiannya masing-masing di dalam proses produksi. Setiap Kepala Divisi

bertanggung jawab kepada Kepala Bagian masing-masing sesuai dengan divisinya.

4.4.4 Pembagian Jam Kerja Karyawan

Pabrik Aluminium sulfat yang akan beroperasi 330 hari selama satu tahun dalam 24 jam per hari. Sisa hari tidak termasuk hari libur dipergunakan untuk perawatan atau shut down. Sedangkan hari sabtu, minggu, dan hari besar libur. Oleh karena itu, untuk menjaga kelancaran proses produksi dan kegiatan administrasi dan pemasaran adanya pembagian jam kerja yang diatur secara efektif dan efisien. Berdasarkan jam kerja karyawan di perusahaan ini dibedakan menjadi dua golongan yaitu :

a. Karyawan Non-Shift

Karyawan *non-shift* adalah karyawan yang tidak memiliki tanggung jawab secara proses produksi. Karyawan *non-shift* meliputi jajaran direksi, kepala bagian, kepala seksi, serta jabatan yang dibawahnya yang bekerja di kantor. Karyawan *non-shift* bekerja selama 5 hari sama dengan ketentuan jam sebagai berikut :

1. Jam kerja : Senin-Jumat pukul 08.00 - 16.00
2. Jam istirahat : Senin-Kamis pukul 12.00 - 13.00
Jumat pukul 11.00 - 13.00
Sabtu dan Minggu : Libur termasuk hari besar.

b. Karyawan Shift

Karyawan *shift* adalah karyawan yang bertanggung jawab secara langsung dalam memproduksi atau mengatur bagian tertentu dari pabrik yang memiliki hubungan dengan keamanan dan 72 kegiatan produksi. Sebagian dari bagian teknik, bagian gudang, dan beberapa bagian lain harus siaga demi keselamatan dan keamanan pabrik. Karyawan *shift* bekerja sama dengan ketentuan jam sebagai berikut :

1. Shift I : 08.00 - 16.00

2. *Shift* II : 16.00 - 23.00

3. *Shift* III : 24.00 - 08.00

Jam kerja *shift* berlangsung selama 8 jam sehari dan mendapat pergantian *shift* setiap hari kerja sekali. Karyawan *shift* bekerja dengan sistem 3 hari kerja dan 1 hari libur. Hari Minggu dan libur hari besar semua karyawan *shift* tidak libur. Tetapi, karyawan memiliki hak jatah cuti selama 12 hari setiap tahunnya. Pembagian *shift* dilakukan dalam 4 regu, dimana 3 regu mendapat giliran *shift* sedangkan 1 regu libur.

Jadwal kerja dibagi menjadi empat minggu dan empat kelompok. Setiap kelompok kerja mendapatkan libur satu kali dari tiga kali *shift*. Setiap hari ada tiga kelompok kerja, dan satu kelompok libur. Berikut adalah jadwal kerja karyawan *shift* :

Tabel 4. 2 Jadwal Pembagian Shift Karyawan

Hari ke- Shift	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pagi	A	A	A	B	B	B	C	C	C	D
Siang	B	B	C	C	C	D	D	D	A	A
Malam	C	D	D	D	A	A	A	B	B	B
Libur	D	C	B	A	D	C	B	A	D	C
Hari ke- Shift	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Pagi	D	D	A	A	A	B	B	B	C	C
Siang	A	B	B	B	C	C	C	D	D	D
Malam	C	C	C	D	D	D	A	A	A	B
Libur	B	A	D	C	B	A	D	C	B	A

Tabel 4. 2 Jadwal Pembagian Shift Karyawan (lanjutan)

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

4.4.5 Status Karyawan dan Sistem Upah

Sistem upah karyawan pada pabrik aluminium sulfat berdasarkan pada status karyawan, kedudukan, tanggung jawab, dan keahlian. Status karyawan di perusahaan ini dibagi menjadi tiga golongan, yaitu karyawan tetap, karyawan harian, dan karyawan borongan.

a. Karyawan Tetap

Karyawan tetap diangkat dan diberhentikan dengan surat keputusan (SK) direksi serta mendapat gaji bulanan sesuai dengan kedudukan, keahlian, dan masa kerjanya.

b. Karyawan Harian

Karyawan harian diangkat dan diberhentikan tanpa SK direksi serta mendapat upah harian yang dibayar tiap akhir pekan.

c. Karyawan Borongan

Karyawan borongan digunakan oleh pabrik bila diperlukan saja dan menerima upah borongan untuk suatu pekerjaan.

Penentuan jumlah karyawan harus dilakukan secara tepat sehingga semua pekerjaan dapat diselesaikan dengan baik dan efisien. Jumlah dan gaji karyawan di Pabrik Aluminium sulfat berdasarkan jabatannya dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Perincian Jabatan dan Gaji Karyawan

No.	Jabatan	Kualifikasi	Jumlah	Gaji/Bulan(Rp)	Total Gaji/Bulan (Rp)
1	DirekturUtama	S2, pengalaman 15tahun	1	40.000.000	40.000.000
2	DirekturProduksi	S1/S2, pengalaman 10tahun	1	25.000.000	25.000.000
3	Direktur Keuangan dan Umum	S1/S2, pengalaman 10tahun	1	25.000.000	25.000.000
4	Staff ahli	S2/S3, pengalaman 10tahun	4	20.000.000	80.000.000
5	Kepala Bagian Produksi	S1, pengalaman 2tahun	1	12.000.000	12.000.000
6	Kepala Bagian Penelitian dan Pengembangan	S1, pengalaman 2tahun	1	12.000.000	12.000.000
7	Kepala Bagian Teknik	S1, pengalaman 2tahun	1	12.000.000	12.000.000
8	Kepala Bagian Keuangan	S1, pengalaman 2tahun	1	12.000.000	12.000.000
9	Kepala Bagian Pemasaran	S1, pengalaman 2tahun	1	12.000.000	12.000.000
10	Kepala Bagian Umum danSDM	S1, pengalaman 2tahun	1	12.000.000	12.000.000
11	Kepala Divisi Proses	S1, pengalaman 2tahun	1	8.000.000	8.000.000
12	Kepala Divisi Utilitas	S1, pengalaman 2tahun	1	8.000.000	8.000.000
13	Kepala Divisi Laboratorium	S1, pengalaman 2tahun	1	8.000.000	8.000.000

Tabel 4.3 Perincian Jabatan dan Gaji Karyawan (Lanjutan)

14	Kepala Divisi Keselamatan Kerja dan Lingkungan	S1, pengalaman 2tahun	1	8.000.000	8.000.000
15	Kepala Divisi Pemeliharaan	S1, pengalaman 2tahun	1	8.000.000	8.000.000
16	Kepala Divisi Keuangan	S1, pengalaman 2tahun	1	8.000.000	8.000.000
17	Kepala Divisi Administrasi	S1, pengalaman 2tahun	1	8.000.000	8.000.000
18	Kepala Divisi Hubungan Masyarakat	S1, pengalaman 2tahun	1	8.000.000	8.000.000
19	Kepala Divisi Pemasaran	S1, pengalaman 2tahun	1	8.000.000	8.000.000
20	Kepala Divisi Personalia	S1, pengalaman 2tahun	1	8.000.000	8.000.000
21	Sekretaris	S1/D3	3	5.000.000	15.000.000
22	Karyawan Proses dan Utilitas <i>Shift</i>	S1/D3	48	3.000.000	144.000.000
23	Karyawan Proses Non- <i>shift</i>	S1/D3	2	4.000.000	8.000.000
24	Karyawan Utilitas Non- <i>shift</i>	S1/D3	2	4.000.000	8.000.000
25	Karyawan Laboratorium <i>Shift</i>	S1/D3	12	3.000.000	36.000.000

Tabel 4. 3 Perincian Jabatan dan Gaji Karyawan (Lanjutan)

26	Karyawan Laboratorium Non-shift	S1/D3	2	4.000.000	8.000.000
27	Karyawan Keselamatan Kerja dan Lingkungan Shift	S1/D3	8	3.000.000	24.000.000
28	Karyawan Keselamatan Kerja dan Lingkungan Non-Shift	S1/D3	2	4.000.000	8.000.000
29	Karyawan PemeliharaanShift	S1/D3	8	3.000.000	24.000.000
30	Karyawan Pemeliharaan Non-shift	S1/D3	2	4.000.000	8.000.000
31	Karyawan Keuangan	S1/D3	3	4.000.000	12.000.000
32	Karyawan Administrasi	S1/D3	3	4.000.000	12.000.000
33	Karyawan Hubungan Masyarakat	S1/D3	3	4.000.000	12.000.000
34	Karyawan Pemasaran	S1/D3	3	4.000.000	12.000.000
35	Karyawan Personalia	S1/D3	3	4.000.000	12.000.000

Tabel 4.3 Perincian Jabatan dan Gaji Karyawan (Lanjutan)

38	Lain-lain :				
	- Dokter	S1/D3	2	7.000.000	14.000.000
	- Paramedis	S1/D3	2	6.000.000	12.000.000
	- Satpam	SLTA	16	4.500.000	72.000.000
	- Sopir	SLTA	4	4.500.000	18.000.000
Total			151	326.600.000	680.000.000

4.4.6 Kesejahteraan Sosial Karyawan

Kesejahteraan sosial yang telah diberikan oleh perusahaan kepada karyawan antara lain seperti tunjangan, cuti, seragam kerja, BPJS kesehatan dan ketenagakerjaan.

a. Tunjangan Tunjangan yang diberikan kepada karyawan adalah sebagai berikut :

1. Tunjangan yang berupa gaji pokok yang diberikan berdasarkan golongan karyawan yang bersangkutan.
2. Tunjangan jabatan yang diberikan berdasarkan jabatan yang dipegang oleh karyawan.
3. Tunjangan lembur yang diberikan kepada karyawan yang bekerja di luar jam kerja berdasarkan jumlah jam kerja.

b. Cuti

Hak cuti yang diberikan kepada karyawan adalah sebagai berikut:

1. Cuti tahunan diberikan kepada setiap karyawan selama 12 hari kerja dalam satu tahun.
2. Cuti sakit diberikan kepada setiap karyawan yang menderita sakit berdasarkan keterangan dokter.

c. Pakaian Kerja

Pakaian kerja yang diberikan kepada karyawan sebanyak 3 pasang untuk setiap tahunnya untuk menghindari kesenjangan antar karyawan. Selain itu, perusahaan juga menyediakan masker dan alat pelindung diri (APD) sebagai alat pengaman kerja.

d. BPJS Kesehatan

Berdasarkan UU No. 40 Tahun 2004 tentang Sistem Jaminan Sosial Nasional dan UU No. 24 Tahun 2011 BPJS Kesehatan Pasal 5 Ayat 2 Huruf A menyelenggarakan program jaminan kesehatan. Jaminan kesehatan yang diberikan oleh perusahaan adalah sebagai berikut :

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

e. BPJS Ketenagakerjaan

Berdasarkan UU No. 40 Tahun 2004 tentang Sistem Jaminan Sosial Nasional dan UU No. 24 Tahun 2011 tentang Badan Penyelenggara Jaminan Sosial, BPJS Ketenagakerjaan menyelenggarakan 4 program yaitu Program Jaminan Kecelakaan Kerja (JKK), Jaminan Hari Tua (JHT), Jaminan Pensiun (JP), dan Jaminan Kematian (JK). Sementara program jaminan kesehatan diselenggarakan oleh BPJS Kesehatan. Berdasarkan UU, pemberi kerja (perusahaan) wajib mendaftarkan seluruh pekerja menjadi peserta BPJS Ketenagakerjaan secara bertahap menurut ketentuan perundang-undangan.

BAB V

UTILITAS

Unit utilitas merupakan sarana penunjang dalam kelancaran proses produksi. Sarana penunjang adalah sarana lain yang diperlukan selain bahan baku dan bahan pembantu agar proses produksi mampu berjalan sesuai yang direncanakan. Beberapa utilitas yang diperlukan dalam perancangan pabrik Alumunium sulfat ini, meliputi :

- a. Unit Pendukung Proses (*Process Support System*).
- b. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (*Water Treatment System*).
- c. Unit Refrigerasi (*Refrigeration System*).
- d. Unit Penyediaan Udara Tekan (*Instrument Air System*).
- e. Unit Pembangkit *Steam* (*Steam Generation System*)
- f. Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*).
- g. Unit Penyediaan Bahan Bakar (*Fuel Supply System*).
- h. Unit Pengolahan Limbah (*Sewage Treatment System*).

5.1 Unit Pendukung Proses

Unit pendukung proses atau utilitas di pabrik aluminium sulfat yang dirancang meliputi unit pengadaan air, unit refrigerasi, unit pengadaan pendingin reaktor, unit pengadaan udara tekan, unit pengadaan listrik, unit pengadaan bahan bakar, dan unit pengolahan limbah.

a. Unit Pengadaan Air

Unit ini bertugas menyediakan dan mengolah air untuk memenuhi kebutuhan air sebagai berikut :

1. Kebutuhan air proses dan pendingin sebesar 14.105,35 kg/jam
2. Kebutuhan *make up* air sebesar 570,48 kg/jam
3. Kebutuhan air sanitasi sebesar 215,04 kg/jam.

b. Unit Refrigerasi

Unit ini bertugas untuk menyediakan brine sebagai media pendingin

pada jaket kristaliser. Kebutuhan brine sebesar 51.736,171 kg/jam dengan refrigerant yang digunakan adalah amonia cair.

c. Unit Pengadaan Pendingin Reaktor

Unit ini bertugas menyediakan pendingin reaktor agar suhu reaktor dipertahankan pada suhu 120°C. Pendingin yang digunakan adalah air.

d. Unit Pengadaan Udara Tekan

Unit ini bertugas untuk menyediakan udara tekan untuk kebutuhan instrumentasi *pneumatic*, penyediaan udara tekan di bengkel dan untuk kebutuhan umum yang lain. Kebutuhan udara tekan yang harus disediakan sebesar 54 m³ /jam.

e. Unit Pengadaan Listrik

Unit ini bertugas menyediakan listrik sebagai tenaga penggerak pada peralatan proses, keperluan pengolahan air, peralatan-peralatan elektronik atau listrik AC, maupun untuk penerangan. Kebutuhan listrik pabrik ini sebesar 578,286 kW per jam yang disuplai dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) dan dari generator sebagai cadangan apabila listrik dari PLN mengalami gangguan.

f. Unit pengadaan bahan bakar

Unit ini bertugas menyediakan bahan bakar untuk kebutuhan *furnace*, heater dan generator. Jenis bahan bakar yang digunakan untuk generator dan heater adalah *High Speed Diesel* (HSD). Kebutuhan HSD sebesar 54,932 L/jam. Bahan bakar untuk furnace adalah *Industrial Diesel Oil* (IDO) dengan kebutuhan sebesar 33,768 L/jam. Kemudian untuk boiler sebesar 51,698 L/jam

g. Unit Pengolahan Limbah

Unit ini bertugas mengolah limbah yang berasal dari seluruh aktivitas pabrik aluminium sulfat agar ketika dibuang tidak mencemari lingkungan.

5.2 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air

Sumber air yang digunakan pada pabrik aluminium sulfat adalah air Sungai Kapuas yang tidak jauh dari lokasi pabrik. Alasan digunakannya air

sungai adalah air sungai dapat diperoleh dalam jumlah yang besar dengan biaya murah serta mudah dalam pengaturan dan pengolahannya. Air yang berasal dari sungai pada umumnya mengandung lumpur atau padatan serta mineral penyebab *foaming*, oksigen bebas dan kadang mengandung asam, sehingga harus menjalani proses pengolahan terlebih dahulu. Tahapan pengolahan air sungai meliputi:

a. Pengendapan awal

Air sungai dialirkan dari sungai ke bak penampungan dengan menggunakan pompa. Sebelum masuk pompa, air sungai dilewatkan pada *traveling screen* menyaring partikel dengan ukuran besar. Air sungai dilakukan pengendapan awal di dalam bak penampungan. Tahap ini bertujuan mengendapkan dan memisahkan padatan-padatan atau lumpur yang terdapat di dalam air dengan menggunakan gaya gravitasi.

b. Pengendapan dengan cara koagulasi

Air pada bak penampungan yang sudah terpisahkan dari padatan atau lumpur di alirkan menggunakan pompa menuju bak koagulasi. Air pada tahap ini dilakukan proses pengendapan padatan-padatan tersuspensi (*flok*) yang tidak dapat mengendap di bak penampungan awal. Pada tahap koagulasi dibutuhkan larutan tawas 5% dan larutan kapur 5%. Larutan kapur 5% (Ca(OH)_2) berfungsi sebagai pengikat garam-garam yang terlarut dalam air sungai, sedangkan larutan tawas 5% ($\text{Al}_3(\text{SO}_4)_3$) berfungsi sebagai bahan koagulan yang dapat mempercepat pengendapan *flok*.

c. Pemisahan dengan *clarifier*

Air dari bak koagulasi kemudian dialirkan menggunakan pompa menuju *clarifier*. *Flok* yang terbentuk pada proses koagulasi dipisahkan dalam *clarifier*. *Flok* akan mengendap di dasar *clarifier* dan keluar melalui pipa *blow down*, sedangkan air yang terpisahkan dari *flok* akan mengalir ke atas menuju *sand filter*.

d. Pemisahan dengan *sand filter*

Air dari *clarifier* kemudian dipisahkan dari partikel-partikel yang belum mengendap di dalam *sand filter*. Air keluaran *sand filter* kemudian

dialirkan menuju bak penampungan air bersih. Di dalam bak penampung air bersih ditambahkan *chlorine* sebagai desinfektan terhadap mikroorganisme yang terdapat di dalam air sungai.

Air bersih dari bak penampungan dapat digunakan sebagai air proses, air konsumsi dan sanitasi serta air pendingin (*cooling water*). Air konsumsi dan sanitasi merupakan air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan air minum, air laboratorium, air pertamanan serta air hidran, dan air poliklinik. Air konsumsi dan sanitasi harus memenuhi beberapa syarat meliputi syarat fisik, kimia, dan bakteriologis. Syarat-syarat tersebut mengikuti Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 32 tahun 2017 yang dapat dilihat pada Tabel 5.1, Tabel 5.2, dan Tabel 5.3.

Tabel 5. 1 Parameter Fisis dalam Standar baku Mutu Air

No	Parameter Wajib	Unit	Standar Baku Mutu (kadar maksimum)
1.	Kekeruhan	NTU	25
2.	Warna	TCU	50
3.	Zat padat terlarut (<i>total dissolved solid</i>)	mg/L	1.000
4.	Suhu	°C	± 30
5.	Rasa		Tidak berasa
6.	Bau		Tidak berbau

Tabel 5. 2 Parameter Kimia dalam Standar Baku Mutu Air

No	Parameter Wajib	Unit	Standar Baku Mutu (kadar maksimum)
1.	pH	mg/L	6,5-8,5
2.	Besi	mg/L	1
3.	Fluorida	mg/L	1,5
4.	Kesadahan (CaCO ₃)	mg/L	500
5.	Mangan	mg/L	0,5
6.	Nitrat	mg/L	10
7.	Nitrit	mg/L	1
8.	Sianida	mg/L	0,1

Tabel 5.2 Parameter Kimia dalam Standar Baku Mutu Air (Lanjutan)

9.	Detergen	mg/L	0,05
10.	Pestisida total	mg/L	0,1

Tabel 5. 3 Parameter Biologi dalam Standar Baku Mutu Air

No.	Parameter Wajib	Unit	Standar Baku Mutu (kadar maksimum)
1.	Total <i>coliform</i>	CFU/100 mL	50
2.	<i>E. coli</i>	CFU/100 mL	0

Air bersih dari bak penampungan dapat digunakan sebagai air proses, air pendingin dan air konsumsi serta sanitasi. Total kebutuhan air terdapat pada Tabel 5.4, Tabel 5.5, dan Tabel 5.6.

Tabel 5. 4 Kebutuhan Air Proses dan Air Pendingin

No.	Alat	Kebutuhan (kg/jam)
1.	<i>Mixer</i> (M-01)	1.004,389
2.	<i>Rotary drum vacuum filter</i> (RDVF-01)	1.882,339
3.	<i>Reactor</i> (R-01)	8.543,799
4.	Air Refrigerasi <i>Makeup water</i> (20%)	2674,823
Total		14.105,35

Tabel 5. 5 Kebutuhan Air dan Sanitasi

No.	Nama Unit	Kebutuhan (kg/jam)
1.	Perkantoran	125
2.	Laboratorium	31,25
3.	Kantin	31,67
4.	Hidran dan Taman	18,79
5.	Poliklinik <i>Makeup water</i> (20%)	8,33
Total		215,04

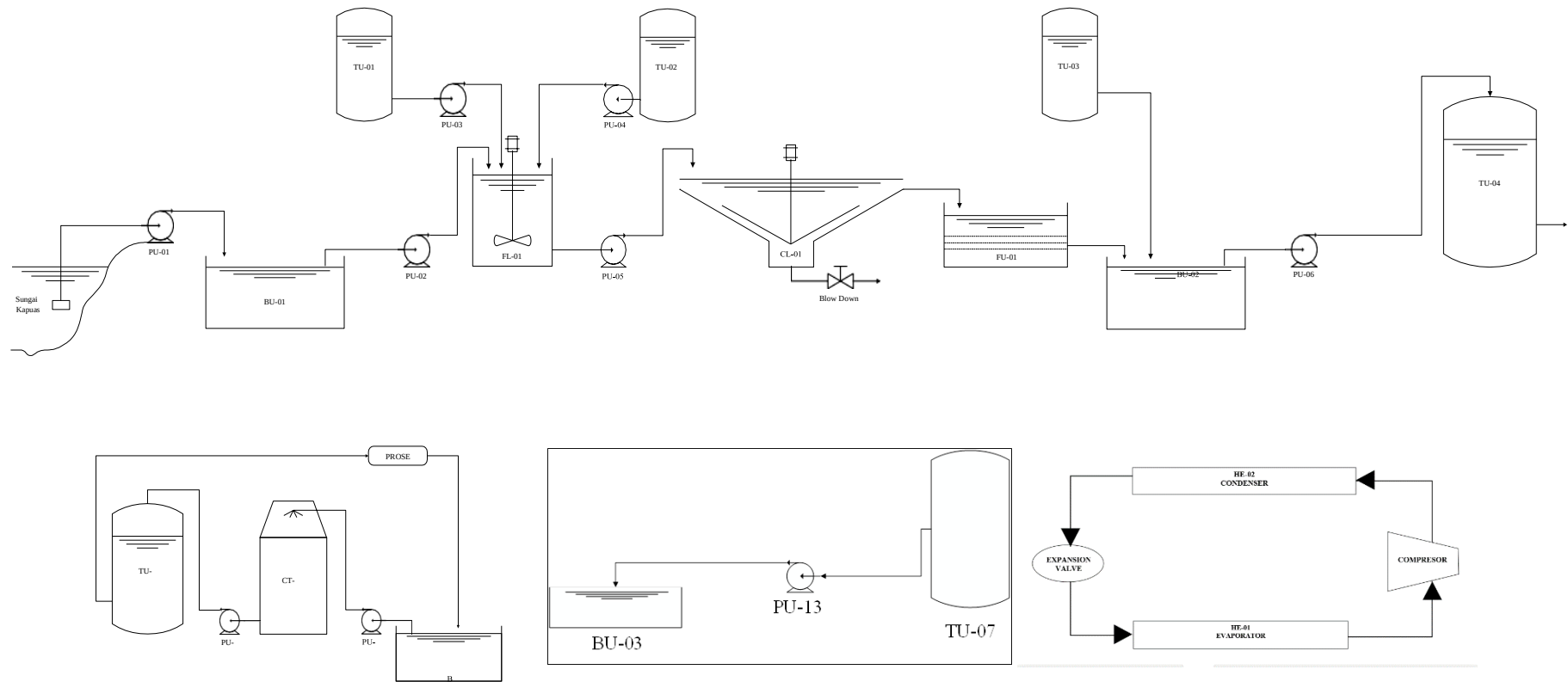
Tabel 5. 6 Kebutuhan Air Total (*makeup water*)

No.	Keterangan	Kebutuhan (kg/jam)	Kebutuhan (m3/jam)
1.	Air proses dan pendingin	14.105,349	13,789
2.	<i>Makeup water</i>	570,481	0,557
3.	Air Sanitasi	215,042	0,2102
4.	Over Capacity (20%)	2.978,174	2,911
Total		17.869,045	17,469

Air yang digunakan sebagai air pendingin dapat digunakan kembali dengan cara membuang panas yang terserap dalam air menggunakan *cooling tower* (CT- 01).

Kebutuhan spesifik air tiap 1 jam produksi =

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan spesifik} &= \frac{\text{Kebutuhan air/jam}}{\text{Kapasitas produksi/jam}} \\
 &= \frac{16,623 \text{ m3/jam}}{2.525,253 \text{ kg produk /jam}} \\
 &= 0,0065 \text{ m3/kg produk} \\
 &= 6,5 \text{ m3/ton produk}
 \end{aligned}$$



Gambar 5. 1 Pengolahan Air Pabrik Aluminium Sulfat

5.3 Unit Refrigerasi

Pendingin brine digunakan sebagai media pendingin pada jaket kristalizer (CR-101). Brine masuk jaket crystallizer pada suhu -15°C dan keluar pada suhu -10°C . Untuk mendapatkan brine bersuhu -15°C digunakan unit refrigerasi. Adapun kebutuhan brine sebesar 51.736,171 kg/jam.

Unit refrigerasi yang dipilih adalah tipe *Mechanical Compression*. Alasan pemilihan tipe ini adalah :

- a. Karena dapat digunakan untuk sistem dalam suhu -40°F sampai 30°F
- b. Paling sering digunakan dan murah

Unit ini menggunakan refrigeran berupa amonia cair dengan suhu masuk 50°C , Dipilih amonia sebagai refrigerant karena zat ini memiliki suhu yang rendah dan murah. Unit ini bertugas untuk mendinginkan brine dari -10°C menjadi -15°C . Kebutuhan ammonia untuk sistem refrigerasi sebesar 105,151 kg/jam. Unit refrigerasi terdiri dari evaporator, kompresor, kondensor, dan expansion valve.

Kebutuhan spesifik brine tiap 1 jam produksi =

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan spesifik} &= \frac{\text{Kebutuhan brine/jam}}{\text{Kapasitas produksi/jam}} \\
 &= \frac{51.736,171 \text{ kg brine/jam}}{2.525,253 \text{ kg produk /jam}} \\
 &= 20 \text{ kg brine/kg produk} \\
 &= 0,020 \text{ m}^3 \text{ brine/kg produk} \\
 &= 20 \text{ m}^3/\text{ton produk}
 \end{aligned}$$

Kebutuhan spesifik ammonia tiap 1 jam produksi =

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan spesifik} &= \frac{\text{Kebutuhan ammonia/jam}}{\text{Kapasitas produksi/jam}} \\
 &= \frac{105,151 \text{ kg ammonia/jam}}{2.525,253 \text{ kg produk /jam}} \\
 &= 0,041 \text{ kg ammonia/kg produk} \\
 &= 0,041 \text{ m}^3/\text{ton produk}
 \end{aligned}$$

5.4 Unit Penyediaan Udara Tekan

Kebutuhan udara tekan untuk prarancangan pabrik aluminium sulfat digunakan sebagai instrumentasi *pneumatic*. Kebutuhan udara tekan dihitung berdasarkan jumlah alat kontrol yang dipakai, yaitu kontrol valve. Kebutuhan udara tekan tiap kontrol valve yaitu 3 m³/jam, sehingga diperkirakan kebutuhan udara tekan total sebesar 18 x 3 m³/jam = 54 m³/jam, tekanan 4 atm (58,8 psi) dan suhu 35 °C. Alat untuk menyediakan udara tekan berupa kompresor. Kompresor dengan *dryer* berisi *silica gel* untuk menyerap kandungan air pada udara tekan.

a. Perhitungan Daya Kompresor

Daya yang diperlukan kompresor dihitung menggunakan persamaan 4.1 (Branan, 2002).

$$HP = \left(\frac{144}{33000} \right) \left[\frac{K}{(K-1)} \right] (P_1 Q_1) \left[r^{\frac{(K-1)}{K}} - 1 \right] / E_o \quad \dots\dots\dots(5.1)$$

Keterangan :

K = adiabatik exponent = 1,19

P₁ = suction pressure = 1 atm (14,7 psi)

Q₁ = kapasitas aktual = 34,961 ft³/menit

R = compression ratio (P₂/P₁) = 4

E_o = efisiensi kompresor = 84%

Maka, daya kompresor yang dibutuhkan sebesar 4 hp.

Kebutuhan udara tekan dalam satu tahun adalah 427.680 m³/tahun.

Kebutuhan spesifik udara tekan tiap 1 jam produksi =

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan spesifik} &= \frac{\text{Kebutuhan udara tekan/jam}}{\text{Kapasitas produksi/jam}} \\ &= \frac{54 \text{ m}^3/\text{jam}}{2.525,253 \text{ kg produk /jam}} \\ &= 0,021 \text{ m}^3 \text{ udara tekan/kg produk} \\ &= 21 \text{ m}^3 \text{ udara tekan/ton produk} \end{aligned}$$

5.5 Unit Pembangkit *Steam*

Air dari tangki pendingin diumpankan menuju boiler untuk membangkitkan steam. Unit ini bertujuan untuk mencukupi kebutuhan steam pada proses produksi yaitu dengan menyediakan boiler dengan kebutuhan steam sebanyak 198,233 kg/jam. Steam yang berasal dari boiler digunakan sebagai media pemanas yang hasilnya berupa uap dan dimasukkan ke alat heat exchanger untuk memanaskan, kemudian hasilnya yang berupa embunan dimasukkan ke dalam tangki kondensat.

5.6 Unit Pembangkit Listrik

Kebutuhan tenaga listrik di pabrik aluminium sulfat dipenuhi oleh PLN dan *generator*. Generator bertujuan sebagai pasokan listrik ketika terjadi gangguan dari PLN. Generator yang digunakan adalah generator arus bolak-balik dengan pertimbangan :

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

Kebutuhan listrik di pabrik ini terdiri dari :

- a. Listrik untuk keperluan proses dan utilitas
- b. Listrik untuk penerangan
- c. Listrik untuk AC
- d. Listrik untuk laboratorium dan instrumentasi

Besarnya kebutuhan listrik masing-masing keperluan tersebut dapat diperkirakan sebagai berikut :

- a. Listrik untuk Keperluan Proses dan Utilitas

Pabrik aluminium sulfat beroperasi selama 330 hari dalam setahun. Kebutuhan listrik unit proses dan utilitas selama setahun dihitung dalam satuan kilowatt jam (kWh) dengan menyesuaikan kebutuhan tiap peralatan proses. Masing-masing kebutuhan listrik unit proses dan utilitas disajikan pada tabel 5.7 dan tabel 5.8.

Tabel 5. 7 Kebutuhan Listrik Unit Proses

Alat	Jumlah	Daya (hp)	Total Daya		
			(hp)	(kW)	(kWh) 1 tahun
M-101	1	10	10	7,457	59.059,44
R-101	1	60	60	44,742	354.356,64
RDVF-01	1	2	2	1,491	11.811,89
CR-01	1	15	15	11,186	88.589,16
CF-01	1	15	15	11,186	88.589,16
RD-01	1	10	10	7,457	59.059,44
P-01	1	0,333	0,333	0,249	1.968,65
P-02	1	0,125	0,125	0,093	738,24
P-03	1	1	1	0,746	5.905,94
P-04	1	1	1	0,746	5.905,94
P-05	1	0,250	0,250	0,186	1.476,49
P-06	1	0,333	0,333	0,249	1.968,65
BE-01	1	0,496	0,496	0,370	2.927,21
BC-01	1	0,357	0,357	0,266	2.108,24
BC-02	1	0,049	0,049	0,037	289,08
BC-03	1	0,078	0,078	0,058	458,27
SW-01	1	0,481	0,481	0,359	2.840,62
PC-101	1	30	30	22,371	177.178,32
PC-102	1	75	75	55,928	442.945,80
Total			221,502	165,174	1.308.177,19

Tabel 5. 8 Kebutuhan Listrik Unit Utilitas

Alat	Jumlah	Daya (hp)	Total Daya		
			(hp)	(kW)	(kWh) 1 tahun
PU-01	1	4	4	2,983	23.623,78
PU-02	1	1	1	0,746	5.905,94
PU-03	1	0,083	0,083	0,062	492,16
PU-04	1	0,083	0,083	0,062	492,16
PU-05	1	1	1	0,746	5.905,94
PU-06	1	0,750	0,750	0,559	4.429,46
PU-07	1	0,500	0,500	0,373	2.952,97
PU-08	1	0,750	0,750	0,559	4.429,46
PU-09	1	0,750	0,750	0,559	4.429,46
PU-10	1	0,750	0,750	0,559	4.429,46
PU-11	1	0,750	0,750	0,559	4.429,46
PU-12	1	0,750	0,750	0,559	4.429,46
PU-13	1	0,750	0,750	0,559	4.429,46
CT-01	1	2	2	1,491	11.811,89
C-01	1	7,5	7,5	5,593	44.294,58
Total			21.417	15,970	126.485,634

Jadi, kebutuhan listrik yang digunakan untuk memenuhi kegiatan pada unit proses dan utilitas sebesar 181,144 kW atau sekitar 1.434.662,827 kWh/tahun.

b. Listrik untuk Penerangan

Penentuan besar tenaga listrik digunakan persamaan:

$$L \frac{a.F}{U.D} \dots\dots\dots(5.2)$$

Dengan

L = Lumen per outlet

- a = Luas area, ft²
 F = foot candle yang diperlukan
 U = Koefisien utilitas
 D = Efisiensi lampu

Berdasarkan SNI 03-6197-2011 Konversi Energi pada Sistem Pencahayaan, *foot candle* masing – masing lokasi dapat diperkirakan. Lampu yang digunakan adalah Neutral White LED yang memiliki koefisien utilitas 0,77 dan efisiensi 85%.

Seluruh area dalam bangunan direncanakan menggunakan lampu LED 110 mA. Data lumen output satu buah lampu philip LED E27 cap 13 W sebesar 1.400 lumen/buah. Jumlah lampu dalam ruangan sebesar 852 buah. Sebesar 6992 lumen/buah. Jumlah lampu luar ruangan 567 buah

$$\begin{aligned}
 \text{Total daya penerangan} &= (13 \text{ W} \times 852 + 55 \text{ W} \times 567) \\
 &= 42.261 \text{ W} \\
 &= 42,261 \text{ kW} \\
 &= 334.707,120 \text{ kWh/tahun}
 \end{aligned}$$

c. Listrik untuk AC

Penggunaan AC dibutuhkan pada beberapa tempat tertentu, yaitu kantor, laboratotium, control room, mushola, ruang safety, dan koperasi. Kebutuhan listrik untuk keperluan AC (Air Conditioner) dihitung menggunakan SNI 03-6389-2000 (Badan Standardisasi Nasional, 2000) tentang konservasi selubung bangunan pada bangunan gudang, fisika bangunan, dan kenyamanan thermal.

Beban AC = Luas ruangan x koefisien

Setiap 1 m² membutuhkan 600 Btu/jam.

Luas bangunan yang memerlukan AC = 1.900 m²

$$\begin{aligned}
 \text{Beban AC} &= 1.900 \text{ m}^2 \times 600 \text{ Btu/jam} \\
 &= 1.140.000 \text{ Btu/jam}
 \end{aligned}$$

1 PK = 9.000 Btu/jam, maka kebutuhan PK dapat dihitung sebagai berikut:

$$\text{Kebutuhan PK} = \frac{\text{Beban AC}}{\text{Daya AC}}$$

$$= \frac{1.140.00 \text{ Btu/jam}}{9000 \frac{\text{Btu}}{\text{jam}}/\text{PK}}$$

$$= 127 \text{ PK}$$

1 PK (Paard Kracht) = 840 Watt, maka kebutuhan listrik dapat dihitung sebagai berikut : Kebutuhan listrik = 127 PK x 840 Watt/PK

$$= 106.400 \text{ Watt}$$

$$= 106,40 \text{ kW}$$

$$= 842.688 \text{ kW/Tahun}$$

Maka, diperkirakan kebutuhan listrik untuk AC sebesar 106,400 kW.

d. Listrik untuk Elektronik

$$\text{Total daya elektronik} = 14,163 \text{ kW}$$

$$= 112.167 \text{ kWh/tahun}$$

e. Listrik untuk laboratorium dan instrumentasi

Kebutuhan listrik untuk laboratorium menggunakan asumsi 30% penggunaan daya total listrik sehingga didapatkan nilai sejumlah 16,93 kW.

Tabel 5. 9 Total Kebutuhan Listrik Pabrik

No	Keterangan	Tenaga Listrik	
		kW	kWh/tahun
1.	Listrik untuk keperluan proses dan utilitas	397,517	3.156.258,22
2.	Listrik untuk keperluan penerangan	42,261	334.707,12
3.	Listrik untuk AC	106,400	842.688,00
4.	Listrik elektronik	14,167	112.167,00
5.	Listrik untuk laboratorium dan instrumentasi	16,927	134.062,24
Total		578,268	4.579.882,58

Kebutuhan listrik total yang dibutuhkan 578,268 kW per jam. Total kebutuhan listrik dalam satu tahun sebesar 4.579.882,58 kWh

$$\begin{aligned}
\text{Kebutuhan spesifik} &= \frac{\text{Kebutuhan listrik/jam}}{\text{Kapasitas produksi/jam}} \\
&= \frac{557,038 \text{ kW/jam}}{2.525,253 \text{ kg produk /jam}} \\
&= 0,228 \text{ kW listrik/kg produk} \\
&= 228 \text{ kW / ton produk}
\end{aligned}$$

Generator digunakan sebagai sumber tenaga utama pada saat terjadi pemadaman listrik. Bangunan yang disuplai daya listrik oleh generator pada saat pemadaman yaitu unit proses, utilitas, kantor, control room, laboratorium, dan jalansehingga generator yang disiapkan harus mempunyai *output*:

$$\text{Output generator} = 429,664 \text{ kW}$$

Generator yang dipilih adalah generator dengan daya 500 kW sebanyak 1 buah sehingga dapat menyuplai energi total sebesar 429 kW.

Spesifikasi *generator* yang diperlukan:

Jenis	: AC <i>generator</i>
Jumlah	: 1 buah
Power	: 500 kW
Tegangan	: 380 Volt
Efisiensi	: 80%
Bahan bakar	: HSD

5.7 Unit Penyediaan Bahan Bakar

Unit penyediaan bahan bakar mempunyai tugas untuk memenuhi kebutuhanbahan bakar pada *furnace* dan generator. Jenis bahan bakar yang digunakan untuk *furnace* adalah *Industrial Diesel Oil* (IDO), sedangkan bahan bakar untuk generatoradalah *High Speed Diesel* (HSD) yang diperoleh dari Pertamina dan distributornya. Pemilihan bahan bakar cair didasarkan pada alasan:

- Mudah diperoleh dari lokasi pabrik
- Keseimbangan terjamin
- Mudah dalam penyimpanan.

Kebutuhan bahan bakar dapat diperkirakan sebagai berikut.

a. Kebutuhan bahan bakar untuk *furnace*Jenis bahan bakar = *Industrial Diesel Oil* (IDO)

Heating value = 18.448 Btu/lb

Efisiensi pembakaran = 80 %

Kapasitas *furnace* = 933.886,851 btu/jamDensitas = 53,1 lb/ft³

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan Bahan Bakar} &= \frac{\text{Kapasitas Furnace}}{\text{Efisiensi} \times \text{Heating Value} \times p} \\
 &= \frac{933.886,851 \text{ btu/jam}}{80\% \times 18.448 \text{ Btu/lb} \times 53,1 \text{ lb/ft}^3} \\
 &= 1,19 \text{ ft}^3/\text{jam} \\
 &= 33,768 \text{ L/jam} \\
 \text{Kebutuhan spesifik} &= \frac{\text{Kebutuhan IDO/jam}}{\text{Kapasitas produksi/jam}} \\
 &= \frac{33,768 \text{ L/jam}}{2.525,253 \text{ kg produk/jam}} \\
 &= 13,372 \text{ L/ton produk}
 \end{aligned}$$

b. Kebutuhan bahan bakar untuk *boiler*Jenis bahan bakar = *High Speed Diesel* (HSD)

Heating value = 21.312 Btu/lb

Efisiensi pembakaran = 80%

Kapasitas Boiler = 1.706.071 Btu/jam

Densitas = 51,584 lb/ft³

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan Bahan Bakar} &= \frac{\text{Kapasitas Boiler}}{\text{Efisiensi} \times \text{Heating Value} \times p} \\
 &= \frac{1.706.071 \text{ btu/jam}}{80\% \times 21.312 \text{ Btu/lb} \times 51,3 \text{ lb/ft}^3} \\
 &= 1,1857 \text{ ft}^3/\text{jam} \\
 &= 51,698 \text{ L/jam} \\
 \text{Kebutuhan spesifik} &= \frac{\text{Kebutuhan HSD/jam}}{\text{Kapasitas produksi/jam}} \\
 &= \frac{51,698 \text{ L/jam}}{2.525,253 \text{ kg produk/jam}} \\
 &= 20,472 \text{ L/ton produk}
 \end{aligned}$$

c. Kebutuhan bahan bakar untuk *generator*Jenis bahan bakar = *High Speed Diesel* (HSD)

$$\begin{aligned}
 \text{Heating value} &= 21.312 \text{ Btu/lb} \\
 \text{Efisiensi pembakaran} &= 80\% \\
 \text{Kapasitas generator} &= 682.428,40 \text{ Btu/jam} \\
 \text{Densitas} &= 51,584 \text{ lb/ft}^3 \\
 \text{Kebutuhan Bahan Bakar} &= \frac{\text{Kapasitas HSD}}{\text{Efisiensi} \times \text{Heating Value} \times \rho} \\
 &= \frac{1.706.071,00 \text{ Btu/jam}}{80\% \times 21.312 \text{ Btu/lb} \times 51,584 \text{ lb/ft}^3} \\
 &= 1,940 \text{ ft}^3/\text{jam} \\
 &= 54,930 \text{ L/jam} \\
 \text{Kebutuhan spesifik} &= \frac{\text{Kebutuhan HSD/jam}}{\text{Kapasitas produksi/jam}} \\
 &= \frac{54,930 \text{ L/jam}}{2.525,253 \text{ kg produk/jam}} \\
 &= 21,752 \text{ L/ton produk}
 \end{aligned}$$

5.8 Unit Pengolahan Limbah

Limbah yang dihasilkan dari pabrik aluminium sulfat berupa buangan padat, cair dan gas.

a. Pengolahan Limbah Cair

Limbah cair pabrik ini berupa :

1. Limbah proses

Limbah cair berupa cairan sisa dari *rotary dryer* dan air pada tangkipepengendap yang tidak digunakan untuk proses. Limbah cair yang keluar akan ditampung terlebih dahulu di bak penampung.

2. Limbah cair hasil pencucian peralatan pabrik

Limbah ini diperkirakan mengandung kerak dan kotoran-kotoran yang melekat pada peralatan pabrik.

3. Limbah domestik dan kantor

Limbah ini mengandung bahan organik yang berasal dari kamar mandi di lokasi pabrik serta limbah dari kantin berupa limbah padat dan cair. Limbah cair merupakan hasil buangan limbah domestik dan

limbah utilitas semua diolah di dalam Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL).

4. Limbah laboratorium

Limbah yang berasal dari laboratorium mengandung bahan-bahan kimia yang digunakan untuk menganalisis kualitas bahan baku dan produk, serta yang digunakan untuk penelitian dan pengembangan proses. Limbah laboratorium termasuk kategori limbah B3 sehingga dalam penanganannya harus dikirim ke pengumpul limbah B3, yaitu PT Pengelola Limbah Kutai Kartanegara (PLKK) di Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur.

b. Pengolahan Limbah Padat

1. Limbah proses

Limbah padat berupa *slurry* atau *cake* yang berasal dari *filter*. Limbah padat (*cake*) yang berupa limbah hasil pengolahan bauksit disebut juga dengan *Red Mud*. Adapun kandungan dari Red Mud menurut Ramdhani, 2017 adalah Fe_2O_3 14-45%; Al_2O_3 -14%; SiO_2 1-9%; Na_2O 1-6%; TiO_2 2-12%. Red mud yang berasal dari proses akan ditampung dalam *residu disposal* dan dilakukan pengiriman limbah padatan (*red mud*) ke PT Borneo Alumina Indonesia yang berlokasi di Menpawah, Kalimantan Barat untuk diolah sehingga limbah padat dapat dimanfaatkan oleh industri lainnya.

2. Limbah domestik dan kantor

Pengolahan limbah padat mengacu pada SNI 19-2454-2002 tentang tata cara teknik operasional pengelolaan sampah.

a) Pola Pewadahan

Pewadahan sampah dilakukan sesuai dengan jenis sampah yang telah terpilah, yaitu:

1) Sampah anorganik, seperti gelas, plastik, logam, dan lainnya

dengan warna-warna terang

- 2) Sampah organik, seperti daun sisa, sayuran, kulit buah lunak, dan sisa makanan dengan warna gelap
- 3) Limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) dengan warnamerah yang diberi lambang khusus

b) Kriteria Lokasi dan Pewadahan

Lokasi penempatan wadah sebagai berikut:

- 1) Wadah individual ditempatkan di halaman muka dan halaman belakang sumber sampah
- 2) Wadah komunal ditempatkan di lokasi yang dekat dengan sumber sampah, tidak mengambil lahan trotoar, dan tidak mengganggu pemakai jalan atau sarana umum lainnya

c) Pola Pengumpulan Sampah

Pengumpulan sampah dilakukan 1-2 hari atau maksimal tiga hari sekali tergantung dari kondisi komposisi sampah. Semakin besar persentase sampah organik, periodisasi pengambilan maksimal satu kali dalam sehari. Periode pengumpulan sampah kering disesuaikan dengan jadwal yang telah ditentukan dan dapat dilakukan lebih dari tiga hari sekali. Sampah B3 disesuaikan dengan ketentuan yang berlaku yaitu, mempunyai daerah pelayanan tertentu dan tetap, mempunyai petugas pelaksana yang tetap dan dipindahkan secara periodik, serta pembebasan pekerjaan diusahakan merata dengan kriteria jumlah sampah terangkut, jarak tempuh, dan kondisi daerah.

d) Peralatan Pengangkut Sampah

Alat sampah harus dilengkapi dengan penutup sampah, minimal dengan jaring. Tinggi bak maksimum 1,6 meter dan sebaiknya ada alat angkut. Kapasitas disesuaikan dengan kelas jalan yang akan dilalui. Bak truk/dasar kontainer sebaiknya dilengkapi pengaman air sampah.

e) Teknik Pengolahan Sampah

Pengomposan berdasarkan proses (alami, biologis dengan

cacing, biologis dengan organisme tambahan). Daur ulang disesuaikan jenis sampah organik maupun non-organik. Pengurangan volume dengan pencacahan serta biogasifikasi atau pemanfaatan energi hasil pengolahan sampah.

f) Pemilihan Lokasi TPA

g) Metode pembuangan akhir sampah dilakukan dengan cara penimbunan terkendali termasuk pengolahan lindi dan gas. Lahan urug saniter termasuk pengolahan lindi dan gas. Metode penimbunan sampah untuk daerah pasang surut dengan sistem kolam (anaerob, fakultatif, dan maturasi).

3. Pengolahan bahan buangan gas

Limbah gas yang dihasilkan berasal dari gas hasil pembakaran bahan bakar boiler yang berupa gas CO_2 , CO , SO_2 dan NO_x . Penanganan terhadap limbah gas tersebut dilakukan dengan cara pembuatan *stack* atau cerobong asap dengan ketinggian tertentu. Cerobong asap berfungsi untuk menarik keluar udara dari proses pembakaran serta menguraikan polutan yang terkandung dalam gas buang menuju wilayah yang lebih luas.

5.9 Spesifikasi Alat Utilitas

a. Bak Pengendapan Awal

Fungsi : Mengendapkan partikel berukuran besar yang terlarut dalam air

Spesifikasi

Volume : $69,878 \text{ m}^3$

Panjang : 5,670 m

Lebar : 2,835 m

Tinggi : 5 m

b. Tangki Penyimpanan Tawas

Fungsi : Melarutkan dan membuat larutan tawas dengan konsentrasi 5% yang akan diumpungkan ke floakulator

Spesifikasi

Volume : 10,563 m³

Diameter : 1,976 m

Tinggi : 3,952 m

c. Tangki Penyimpanan Kapur

Fungsi : Melarutkan dan membuat larutan kapur 5% yang akan diumpankan ke dalam flokulator

Spesifikasi

Volume : 21,642 m³

Diameter: 2,512 m

Tinggi : 5,023 m

d. Flokulator

Fungsi : Sebagai tempat pencampuran air yang berasal dari bak penampung awal dengan Ca(OH)₂ serta koagulan tawas

Spesifikasi

Volume : 17,559 m³/jam

Diameter: 2,343 m

Tinggi : 4,685 m

e. *Clarifier*

Fungsi : Mengendapkan partikel berukuran besar yang terlarut dalam air

Spesifikasi

Volume : 68,950 m³

Diameter: 5,573 m

Lebar : 2,786 m

Tinggi : 1,393 m

f. *Filter*

Fungsi : Menyaring partikel-partikel halus (kotoran yang masih tersisa (belum mengendap) dalam *clarifier*

Spesifikasi

Volume : 6,075 m³

Panjang : 4,336 m

Lebar : 2,168 m

g. Tangki Penyimpanan *Chlorine*/Kapur

Fungsi : Menampung larutan klorin dengan konsentrasi 2% yang digunakan sebagai desinfektan

Spesifikasi

Volume : 21,642 m³

Diameter: 2,512 m

Tinggi : 5,023 m

h. Bak Chlorinasi

Fungsi : Menampung air bersih berasal dari saringan pasir dan tempat penambahan kaporit

Spesifikasi

Volume : 70,118 m³

Panjang : 5,679 m

Lebar : 2,840 m

Tinggi : 5 m

i. Tangki Penyimpanan Air Konsumsi dan Sanitasi

Fungsi : Menampung air bersih untuk konsumsi dan sanitasi

Spesifikasi

Volume : 5,045 m³

Diameter: 1,546 m

Tinggi : 3,092 m

j. Bak Penampung Air Pendingin

Fungsi : Menampung air pendingin yang berasal dari proses

Spesifikasi

Volume : 13,760 m³

Panjang : 2,519 m

Lebar : 1,259 m

Tinggi : 5 m

k. *Cooling Tower*

Fungsi : Mendinginkan kembali air pendingin supaya dapat digunakan kembali

Spesifikasi

Volume : $16,623 \text{ m}^3$

Panjang : 1,506 m

Lebar : 1,506 m

l. Tangki Penyimpanan Air Pendingin

Fungsi : Menampung air dingin untuk pendingin proses

Spesifikasi

Volume : $13,362 \text{ m}^3$

Diameter: 1,085 m

Tinggi : 2,169 m

m. Tangki Kondensat

Fungsi : Menyimpan air umpan boiler selama 1 jam

Spesifikasi

Volume : $4,651 \text{ m}^3$

Diameter : 1,504 m

Tinggi : 3,009 m

n. *Boiler*

Fungsi : Menguapkan air steam menjadi umpan heater

Spesifikasi

Ud : 297,551 Btu/jam

Uc : 2772,129 Btu/jam

Rd : 0,00336

Rd min : 0,00300

Tabel 5. 10 Spesifikasi Pompa Utilitas

Kriteria Pompa	Tugas	Tipe	Bahan Kontruksi	Kapasitas (gpm)	Power Pompa (HP)	Power Motor (HP)
PU-01	Mengalirkan air dari sungai menuju BU-01	<i>centrifugal pump single stage</i>	<i>Commercial steel</i>	62,756	3	4
PU-02	Memompa air dari BU-01 menuju flokulator	<i>centrifugal pump single stage</i>	<i>Commercial steel</i>	77,126	0,75	1
PU-03	Memompa air dari TU-01 menuju flokulator	<i>centrifugal pump single stage</i>	<i>Commercial steel</i>	0,129	0,05	0,083
PU-04	Memompa air dari TU-02 menuju flokulator	<i>centrifugal pump single stage</i>	<i>Commercial steel</i>	0,265	0,05	0,083
PU-05	Memompa air dari flokulator menuju clarifier	<i>centrifugal pump single stage</i>	<i>Commercial steel</i>	77,129	0,750	1
PU-06	Mengalirkan air dari BU-02 menuju TU-04	<i>centrifugal pump single stage</i>	<i>Commercial steel</i>	77,266	0,500	0,750
PU-07	Mengalirkan air dari BU-03 menuju CT-01	<i>centrifugal pump single stage</i>	<i>Commercial steel</i>	60,881	0,250	0,500
PU-08	Mengalirkan air dari CT-01 menuju TU-06	<i>centrifugal pump single stage</i>	<i>Commercial steel</i>	84,016	0,500	0,750
PU-09	Mengalirkan air dari TU-06 menuju Mixer	<i>centrifugal pump single stage</i>	<i>Commercial steel</i>	4,985	0,500	0,750
PU-10	Mengalirkan air dari TU-06 menuju Jaket reaktor	<i>centrifugal pump single stage</i>	<i>Commercial steel</i>	42,408	0,500	0,750

Tabel 5. 10 Spesifikasi Pompa Utilitas (Lanjutan)

PU-11	Mengalirkan air dari TU-06 menuju RDVF	<i>centrifugal pump single stage</i>	<i>Commercial steel</i>	1,765	0,500	0,750
PU-12	Mengalirkan Air dari TU-06 menuju Boiler	<i>centrifugal pump single stage</i>	<i>Commercial steel</i>	1,027	0,500	0,750
PU-13	Mengalirkan Air dari Tangki Kondensat menuju Bak Penampung	<i>centrifugal pump single stage</i>	<i>Commercial steel</i>	0,986	0,500	0,750

BAB VI

EVALUASI EKONOMI

Pada suatu perancangan pabrik aluminium sulfat ini dilakukan evaluasi atau penilaian investasi bertujuan untuk mengetahui apakah pabrik yang dirancang menguntungkan atau tidak. Komponen terpenting dari perancangan ini adalah estimasi harga alat-alat, karena harga ini dipakai sebagai dasar untuk estimasi analisa ekonomi. Analisa ekonomi dipakai untuk mendapatkan perkiraan/ estimasi tentang kelayakan investasi modal dalam suatu kegiatan produksi suatu pabrik dengan meninjau kebutuhan modal investasi, besarnya laba yang diperoleh, lamanya modal investasi dapat dikembalikan, dan terjadinya titik impas. Selain itu analisa ekonomi dimaksudkan untuk mengetahui apakah pabrik yang dirancang dapat menguntungkan atau tidak jika didirikan.

Kelayakan investasi modal dalam sebuah pabrik dapat diperkirakan dan dianalisa meliputi:

- a. *Profitability*
- b. *Percent Return of Investment (ROI)*
- c. *Pay Out Time (POT)*
- d. *Break Even Point (BEP)*
- e. *Shut Down Point (SDP)*
- f. *Discounted Cash Flow (DCF)*

Untuk meninjau faktor - faktor di atas perlu dilakukan penaksiran terhadap beberapa faktor yaitu :

- a. Penaksiran modal industri (*Total Capital Investment*), yang terdiri dari:
 1. *Fixed Capital Investment* (Modal tetap)
 2. *Working Capital* (Modal Kerja)
- b. Penentuan biaya produksi total (*Production Costs*), yang terdiri dari:
 1. Biaya pengeluaran (*Manufacturing Costs*)
 2. Biaya pengeluaran umum (*General Expense*)
- c. Total pendapatan penjualan produk.

6.1 Penaksiran Harga Peralatan

Harga peralatan proses tiap alat tergantung pada kondisi ekonomi yang sedang terjadi. Dalam rangka mengetahui harga peralatan yang pasti setiap tahun adalah hal yang sangat sulit sehingga diperlukan suatu metode atau cara untuk memperkirakan harga suatu alat dari data peralatan serupa tahun-tahun sebelumnya. Penentuan harga peralatan dilakukan dengan menggunakan data indeks harga

Tabel 6. 1 Indeks Harga Alat Untuk Tahun 2001-2011

Tahun	CEPCI
2000	394,1
2001	394,3
2002	395,6
2003	402
2004	444,2
2005	468,2
2006	499,6
2007	525,4
2008	575,4
2009	521,9
2010	550,8
2011	585,7
2012	584,6

(Chemengonline, 2022)



Gambar 6. 1 Grafik Linierisasi Indeks Harga Alat

Dengan asumsi kenaikan indeks linear, maka dapat diturunkan persamaan least square sehingga didapatkan persamaan berikut:

$$y = 11,319x - 22328 \dots\dots\dots(6.1)$$

Dengan dimasukkan nilai x adalah tahun 2027 saat pabrik direncanakan berdiri, maka didapat indeks harga alat yaitu 717,64

Harga alat dan yang lainnya diperkirakan pada tahun evaluasi (2025). Sedangkan harga alat pada tahun – tahun sebelumnya dilihat dari grafik pada referensi. Untuk mengestimasi harga alat tersebut pada masa yang akan datang digunakan persamaan:

$$C_2 = C_1 \left(\frac{I_2}{I_1} \right) \dots\dots\dots(6.2)$$

(Turton,1999)

Dengan,

C_2 = Harga pembelian pada tahun 2

C_1 = Harga pembelian pada tahun 1

I_2 = Indeks harga pada tahun 2

I_1 = Indeks harga pada tahun 1

6.2 Dasar Perhitungan

Kapasitas produksi = 20.000 ton/tahun

Satu tahun operasi = 330 hari

Tahun didirikan = 2027

Harga bahan baku dan produk:

Harga bahan baku Bauksit = US \$52,57/ton = US \$0,053/kg
(Ali Baba, 2023)

Harga bahan baku Asam Sulfat = US \$157,51/ton = US \$0,158/kg
(Echemi, 2023)

Harga produk Aluminium Sulfat = US \$367,98/ton = US \$0,368/kg
(Ali Baba, 2023)

6.3 Penentuan *Total Capital Investment (TCI)*

Asumsi dan ketentuan yang digunakan dalam analisa ekonomi :

- a. Pengoperasian pabrik dimulai tahun 2027. Proses yang dijalankan adalah proses *batch*.
- b. Kapasitas produksi adalah 20.000 ton/tahun
- c. Jumlah hari kerja adalah 330 hari/tahun
- d. Shut down pabrik dilaksanakan selama 30 hari dalam satu tahun untuk perbaikan alat-alat pabrik.
- e. Modal kerja yang diperhitungkan selama 1 bulan.
- f. Umur alat – alat pabrik diestimasikan 10 tahun.
- g. Nilai rongsokan (Salvage Value) adalah 0% dari FCI.
- h. Upah buruh asing US\$ 5,67 (Rp 85.000,-) per manhour
- i. Upah buruh lokal US\$ 0,82 (Rp 12.172,-) per manhour
- j. Satu manhour asing = 2 manhour Indonesia
- k. Situasi pasar, biaya dan lain - lain diperkirakan stabil selama pabrik beroperasi
- l. Kurs rupiah yang dipakai 1 US\$ = Rp 15.266,00 menurut Bank Indonesia

6.4 Hasil Perhitungan

6.4.1 Fixed Capital Investment (FCI)

Tabel 6. 2 Fixed Capital Investment (FCI)

No	Keterangan	US\$	Rp
1	Pembelian Alat Proses	\$ 4.891.356,27	Rp 76.412.767.666
2	Instalasi	\$ 1.042.167,16	Rp 16.280.735.423
3	Pemipaan	\$ 1.237.311,27	Rp 19.329.276.620
4	Instrumentasi	\$ 209.662,68	Rp 3.275.350.401
5	Isolasi	\$ 216.782,84	Rp 3.386.581.500
6	Listrik	\$ 314.609,96	Rp 4.914.836.853
7	Bangunan	\$ 612.359,29	Rp 9.566.276.767
8	Tanah	\$ 612.359,29	Rp 9.566.276.767
9	Utilitas	\$ 72.872,16	Rp 1.138.408.831
<i>Physical Plant Cost</i>		\$ 9.209.480,91	\$ 143.870.510.828
10	<i>Engineering & Construction</i>	\$ 6.466.465,30	Rp 101.019.120.868
<i>Direct Plant Cost</i>		\$ 6.466.465,30	\$ 101.019.120.868
11	<i>Contraction's Fee</i>	\$ 258.658,61	Rp 4.040.764.835
12	<i>Contingency</i>	\$ 646.646,53	Rp 10.101.912.087
<i>Fixed Capital Invesment (FCI)</i>		\$ 905.305,14	\$ 14.142.676.922

6.4.2 Working Capital Investment (WCI)

Tabel 6. 3 Working Capital Investment (WCI)

No	Keterangan	US\$	Rp
1	Raw Material Inventory	\$ 313.171,93	Rp 4.892.371.816
2	In Process Inventory	\$ 97.661,50	Rp 1.525.667.981
3	Product Inventory	\$ 600.993,86	Rp 9.388.726.035
4	Extended Credit	\$ 904.685,55	Rp 14.132.997.600
5	Available Cash	\$ 600.993,86	Rp 9.388.726.035
Working Capital Invesment		\$ 2.517.506,69	Rp 39.328.489.466

6.4.3 Total Capital Investment (TCI)

$$\begin{aligned}
 \text{TCI} &= \text{FCI} + \text{WCI} \\
 &= \text{US\$ } 7.371.770,44 + \text{US\$ } 2.517.506,69 \\
 &= \text{US\$ } 9.889.277,13 \\
 &= \text{Rp} 154.490.287.255,50
 \end{aligned}$$

6.4.4 Direct Manufacturing Cost (DMC)

Tabel 6. 4 Direct Manufacturing Cost (DMC)

No	Keterangan	US\$	Rp
1	Harga Bahan Baku	\$ 3.444.891,18	Rp 53.816.089.975
2	Gaji Pegawai	\$ 175.137,63	Rp 2.736.000.000
3	<i>Supervision</i>	\$ 30.725,90	Rp 480.000.000
4	<i>Maintenance</i>	\$ 221.153,11	Rp 3.454.853.934
5	<i>Plant Supplies</i>	\$ 33.172,97	Rp 518.228.090
6	<i>Royalties And Patents</i>	\$ 108.562,27	Rp 1.695.959.712
7	Utilitas	\$ 1.956.542,51	Rp 30.565.107.066
<i>Direct Manufacturing Cost</i>		\$ 5.970.185,56	Rp 93.266.238.777,61

6.4.5 Indirect Manufacturing Cost (IMC)

Tabel 6. 5 Indirect Manufacturing Cost (IMC)

No	Keterangan	US\$	Rp
1	<i>Payroll Overhead</i>	\$ 35.027,53	Rp 547.200.000
2	Laboratorium	\$ 17.513,76	Rp 273.600.000
3	<i>Plant Overhead</i>	\$ 87.568,81	Rp 1.368.000.000
4	<i>Packaging And Tranpotation</i>	\$ 143.300,47	Rp 2.238.639.927
<i>Direct Manufacturing Cost</i>		\$ 283.410,57	Rp 4.427.439.926,72

6.4.6 Fixed Manufacturing Cost (FMC)

Tabel 6. 6 Fixed Manufacturing Cost (FMC)

No	Keterangan	US\$	Rp
1	<i>Depreciation</i>	\$ 737.177,04	Rp 11.516.179.779
2	<i>Property Taxes</i>	\$ 147.435,41	Rp 2.303.235.956
3	<i>Insurance</i>	\$ 73.717,70	Rp 1.151.617.978
<i>Fixed Manufacturing Cost</i>		\$ 958.330,16	Rp 14.971.033.712,66

6.4.7 Total Manufacturing Cost (TMC)

$$\begin{aligned}
 \text{TMC} &= \text{DMC} + \text{IMC} + \text{FMC} \\
 &= \text{US\$ } 5.970.185,56 + \text{US\$ } 283.410,57 + \text{US\$ } 958.330,16 \\
 &= \text{US\$ } 7.211.926,28 \\
 &= \text{Rp } 112.664.712.416,98
 \end{aligned}$$

6.4.8 General Expenses (GE)

Tabel 6. 7 General Expenses (GE)

No	Keterangan	US\$	Rp
1	<i>Administration</i>	\$ 335.347,59	Rp 5.238.800.000
2	<i>Sale Expense</i>	\$ 542.811,33	Rp 8.479.798.560
3	<i>Researrch</i>	\$ 325.686,80	Rp 5.087.879.136
4	<i>Finance</i>	\$ 316.456,87	Rp 4.943.689.192
<i>Direct Manufacturing Cost</i>		\$ 1.520.302,58	Rp 4.943.689.192,18

6.4.9 Total Production Cost (TPC)

$$\begin{aligned}
 \text{TPC} &= \text{TMC} + \text{GE} \\
 &= \text{US\$ } 7.211.926,28 + \text{US\$ } 1.520.302,58 \\
 &= \text{US\$ } 8.732.228,86 \\
 &= \text{Rp } 136.414.879.304,91
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Biaya modal spesifik} &= \frac{\text{Rp } 136.414.879.304,91/\text{tahun}}{20.000 \text{ ton/tahun}} \\ &= \text{Rp}6.820.743,97/\text{ton}\end{aligned}$$

6.5 Analisis Profitabilitas

6.5.1 Estimasi Laba Tahunan

$$\begin{aligned}\text{Total Penjualan} &= \text{Harga produk} \times \text{Jumlah produksi} \\ \text{Sa} &= \text{US\$ } 542,81/\text{ton} \times 20.000 \text{ ton/tahun} \\ &= \text{US\$ } 10.856.226,55/\text{tahun} \\ &= \text{Rp}1.695.959.711,97\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Keuntungan sebelum pajak} &= \text{Pendapatan (Sa)} - \text{Biaya Produksi} \\ &= \text{US\$ } 10.856.226,55 - \text{US\$}8.732.228,86 \\ &= \text{US\$}2.123.997,69 / \text{tahun} \\ &= \text{Rp } 33.181.091.891,99 / \text{tahun}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Keuntungan spesifik} &= \frac{\text{Rp}29.028.164.789,249/\text{tahun}}{20.000 \text{ ton/tahun}} \\ &= \text{Rp}1.659.054,59 / \text{ton}\end{aligned}$$

Berdasarkan Pasal 2 Peraturan Pemerintah Nomor 30 Tahun 2020. Tarif pajak penghasilan yang diterapkan atas penghasilan kena pajak bagi wajib badan pajak badan dalam negeri dan bentuk usaha tetap adalah sebesar:

- a. 22% (dua puluh dua persen) yang berlaku pada tahun pajak 2020 dan tahun pajak 2021; dan
- b. 20% (dua puluh persen) yang mulai berlaku pada tahun pajak 2022.

Maka perusahaan dikenai wajib pajak sebesar 20%. sehingga, keuntungan yang diperoleh setelah dipotong wajib pajak adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Pajak pendapatan} &= 20\% \text{ dari keuntungan sebelum pajak} \\ &= 20\% \times \text{US\$}2.123.997,69 \\ &= \text{US\$ } 424.799,54 \\ &= \text{Rp } 6.636.218.378,40\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Keuntungan setelah pajak} &= \text{keuntungan sebelum pajak} - \text{pajak} \\ &= \text{US\$}2.123.997,69 - \text{US\$}424.799,54\end{aligned}$$

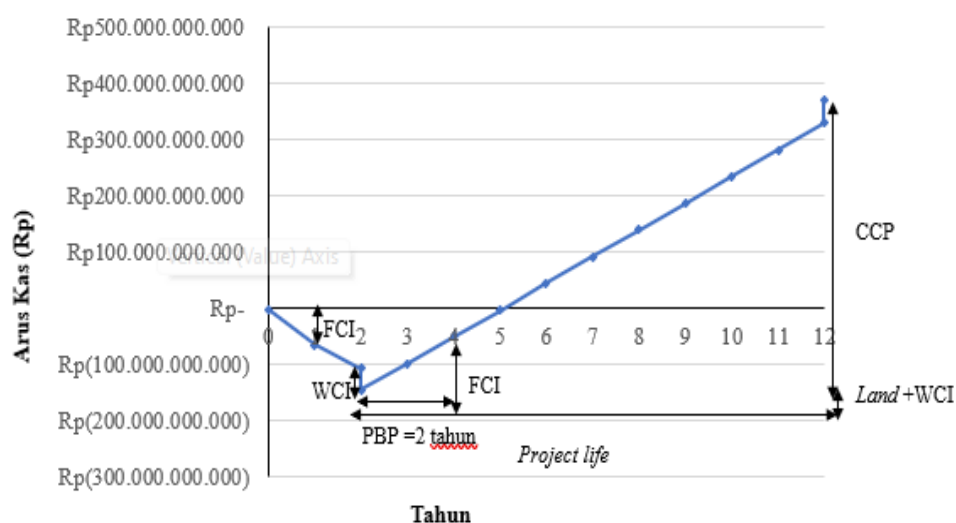
= US\$1.699.198,15 /tahun

= Rp26.544.873.513,59/tahun

6.5.2 Analisis Profitabilitas Non-*discounted*

Tabel 6. 8 Arus Kas Non-*discounted*

Tahun	Investasi (Rp)	Depresiasi(Rp)	FCI-d (Rp)	(R-COM-d) x (1-t)+d	Cash Flow	Cumulative Cash Flow
2023	-1925000000			0	-1925000000	-1925000000
2024	-63357312614		63357312614	0	-63357312614	-65282312614
2025	-42238208409		105595521023	0	-42238208409	-107520521023
2025	-39328489466		105595521023	0	-39328489466	-146849010489
2026		10559552102	95035968921	47656917444	47656917444	-99192093044
2027		10559552102	84476416818	47656917444	47656917444	-51535175600
2028		10559552102	73916864716	47656917444	47656917444	-3878258156
2029		10559552102	63357312614	47656917444	47656917444	43778659289
2030		10559552102	52797760512	47656917444	47656917444	91435576733
2031		10559552102	42238208409	47656917444	47656917444	139092494177
2032		10559552102	31678656307	47656917444	47656917444	186749411622
2033		10559552102	21119104205	47656917444	47656917444	234406329066
2034		10559552102	10559552102	47656917444	47656917444	282063246511
2035		10559552102	0	47656917444	47656917444	329720163955
	41253489466				41253489466	370973653421



Gambar 6. 2 Diagram Arus Kas Non-discounted

Berdasarkan Tabel 6.8 dan Gambar 6.2 dapat dilakukan analisis profitabilitas sebagai berikut:

a. *Payback Period (PBP)*

Yaitu jumlah tahun yang diperlukan untuk pengembalian *Fixed Capital Investment* berdasarkan profit yang diperoleh. PBP pada pabrik ini selama 2 tahun.

b. *Cummulative Cash Position (CCP)*

CCP merupakan nilai proyek pada akhir masa pakainya. Berdasarkan perhitungan arus kas non-discounted diperoleh nilai pada akhir masa proyek ini sebesar Rp370.973.653.420,90

c. *Cummulative Cash Ratio (CCR)*

CCR merupakan suatu ukuran perbandingan antara CCP terhadap uang yang diinvestasikan. Nilai CCR dihitung menggunakan persamaan berikut

$$CCR = \frac{\text{Jumlah seluruh arus kas positif}}{\text{Jumlah seluruh arus kas negatif}} \dots\dots\dots(6.3)$$

(Turton, 2015).

Berdasarkan persamaan di atas diperoleh nilai CCR sebesar 3,53. Nilai CCR pabrik ini lebih dari 1 maka pabrik layak didirikan dan akan mendapatkan keuntungan.

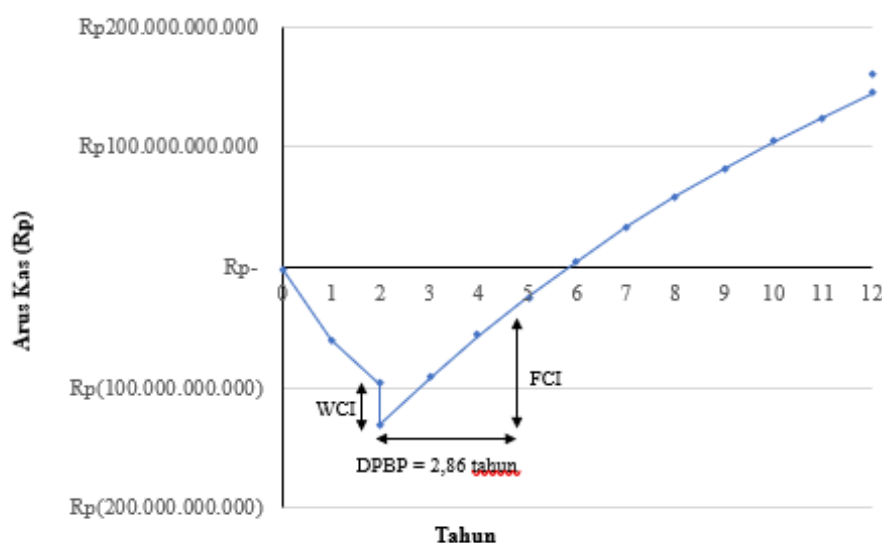
d. *Rate of Return on Investment (ROROI)*

ROROI adalah tingkat pengembalian modal yang dihitung berdasarkan nilai laba bersih dibagi dengan nilai biaya modal tetap. Nilai tingkat pengembalian modal didapatkan sebesar 31,38%

6.5.3 Analisis Profitabilitas *Discounted*

Tabel 6. 9 Arus Kas *Discounted*

<i>Year</i>	<i>Cash Flow Non- Discounted</i>	<i>Cash Flow Discounted</i>	<i>Cumulative cash flow</i>
2023	-1925000000	-1925000000	-1925000000
2024	-63357312614	-58664178346	-60589178346
2025	-42238208409	-36212455769	-96801634115
2025	-39328489466	-33717840763	-1,30519E+11
2026	47656917444	37831597575	-92687877303
2027	47656917444	35029257014	-57658620289
2028	47656917444	32434497235	-25224123054
2029	47656917444	30031941884	4807818830
2030	47656917444	27807353597	32615172427
2031	47656917444	25747549626	58362722053
2032	47656917444	23840323728	82203045781
2033	47656917444	22074373822	1,04277E+11
2034	47656917444	20439235021	1,24717E+11
2035	47656917444	18925217612	1,43642E+11
	41253489466	16382328259	1,60024E+11



Gambar 6. 3 Diagram Arus Kas Discounted

Berdasarkan Tabel 6.9 dan Gambar 6.3 dapat dilakukan analisis profitabilitas sebagai berikut:

a. *Discounted Payback Period (DPBP)*

DPBP adalah jumlah tahun yang diperlukan untuk mengembalikan modal tetap berdasarkan perhitungan arus kas discounted. Berdasarkan gambar 6.2 diperoleh DPBP pabrik ini selama 2,86 tahun. Proyek dengan periode pengembalian pendek yang paling diinginkan.

b. *Net Present Value (NPV)*

NPV merupakan arus kas yang diperkirakan pada masa yang akan datang dengan suku bunga pada masa kini. NPV suatu proyek sangat dipengaruhi oleh tingkat investasi modal tetap. Perhitungan nilai NPV dapat menunjukkan keputusan investasi dengan nilai yang disimpulkan. Jika $NPV > 0$ maka investasi memberikan manfaat bagi perusahaan, jika $NPV < 0$ maka investasi mengakibatkan kerugian bagi perusahaan, dan $NPV = 0$ maka investasi tidak mengakibatkan untung maupun rugi. Berdasarkan perhitungan arus kas discounted dengan suku bunga 8%, maka dapat diperkirakan NPV pabrik ini sebesar

Rp160.024.200.495,44

c. *Present Value Ratio (PVR)*

PVR adalah perbandingan antara NPV dengan modal yang diinvestasikan. Nilai PVR dihitung menggunakan persamaan di bawah ini.

$$PVR = \frac{\text{Jumlah seluruh arus kas positif nilai sekarang}}{\text{Jumlah seluruh arus kas negatif nilai sekarang}} \dots\dots\dots(6.4)$$

(Turton, 2015).

Berdasarkan persamaan di atas diperoleh nilai PVR sebesar 2,23. Nilai PVR pabrik ini lebih dari 1 maka pabrik layak didirikan dan akan mendapatkan keuntungan.

d. *Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFRROR)*

DCFRROR adalah suku bunga yang menyamakan jumlah nilai sekarang dari penerimaan yang diharapkan pada masa yang akan datang. Jumlah nilai sekarang dari pengeluaran modal (saat NPV = 0). Perhitungan dilakukan menggunakan trial and error diperoleh nilai DCFRROR pabrik ini sebesar 29,47%

6.6 Evaluasi Risiko dalam Perhitungan Profitabilitas

6.6.1 Break Even Point (BEP)

Break-even Point (BEP) adalah titik impas, besarnya kapasitas produksi dapat menutupi biaya keseluruhan, dimana pabrik tidak mendapatkan keuntungan namun tidak menderita kerugian.

$$BEP = \frac{(Fa + 0,3 Ra)}{Va - 0,7 Ra} \times 100\% \dots\dots\dots(6.5)$$

(Aries & Newton, 1955)

Dengan,

ra = *Annual production rate*

Fa = *Annual fixed expense at max production*

Ra = *Annual regulated expense at max production*

Sa = *Annual sales value at max production*

Va = *Annual variable expense at max production*

a. Fixed Manufacturing Cost (Fa)

<i>Depreciation</i>	= \$ 737.177,04	Rp 11.516.179.779
<i>Property taxes</i>	= \$ 147.435,41	Rp 2.303.235.956
<i>Insurance</i>	= \$ 73.717,70	Rp 1.151.617.978
Total Fa	= \$ 958.330,16	Rp 14.971.033.712,66

b. Variable Cost (Va)

<i>Raw material</i>	= \$ 3.444.891,18	Rp 53.816.089.975
<i>Packaging transport</i>	= \$ 143.300,47	Rp 2.238.639.926,72
<i>Utilities</i>	= \$ 1.956.542,51	Rp 30.565.107.066
<i>Royalti</i>	= \$ 108.562,27	Rp 1.695.959.712
Total Va	= \$ 5.653.296,42	Rp 88.315.796.680,58

c. Regulated Cost (Ra)

<i>Labor</i>	= \$175.137,63	Rp 2.736.000.000,00
<i>Payroll overhead</i>	= \$35.027,53	Rp 547.200.000,00
<i>Supervisi</i>	= \$30.725,90	Rp 480.000.000,00
<i>Laboratorium</i>	= \$17.513,76	Rp 273.600.000,00
<i>General expense</i>	= \$1.520.302,58	Rp 23.750.166.887,93
<i>Maintenance</i>	= \$221.153,11	Rp 3.454.853.933,69
<i>Plant supplies</i>	= \$33.172,97	Rp 518.228.090,05
<i>Plant overhead</i>	= \$87.568,81	Rp 1.368.000.000,00
Total Ra	= \$2.120.602,29	Rp 33.128.048.911,67

d. Penjualan (Sa)

Penjualan/tahun	= \$ 10.856.226,55	Rp 1.695.959.711,97
-----------------	--------------------	---------------------

Berdasarkan data-data di atas, dengan menggunakan persamaan 6.4 diperoleh nilai BEP pabrik ini adalah 42,88% Pabrik dapat memproduksi dan menjual produk sebesar 42,88% dari kapasitas perancangan atau sekitar 8.576,0774 ton/tahun. Pada kondisi tersebut pabrik tidak menerima laba atau rugi.

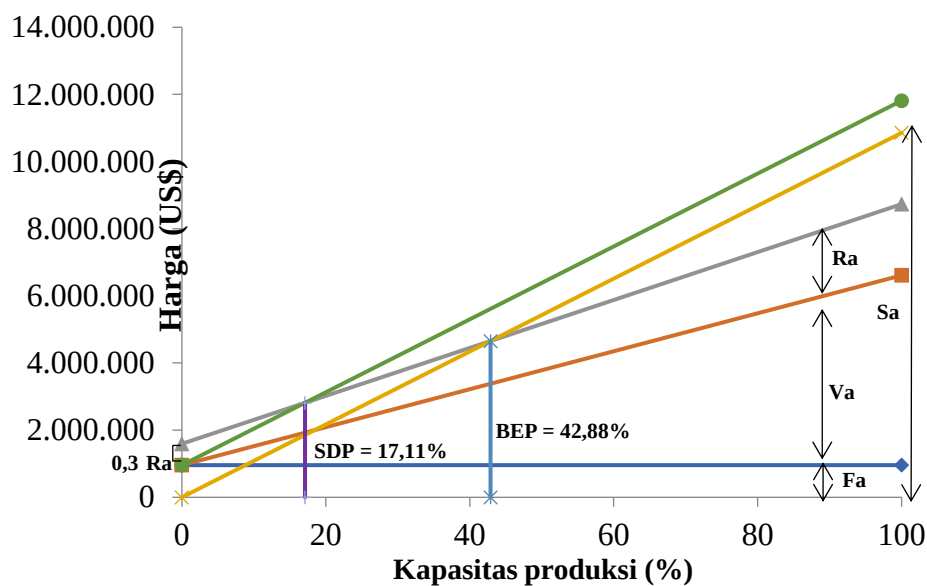
6.6.2 Shut Down Point (SDP)

Shut down point adalah titik dimana pabrik mengalami kerugian sebesar biaya tetap yang menyebabkan pabrik lebih menguntungkan apabila ditutup dan membayar kerugian dari uang deposit pabrik. SDP dinyatakan dengan persamaan berikut.

$$SDP = \frac{0,3 Ra}{Sa - Va - 0,7 Ra} \times 100\% \dots\dots\dots(6.6)$$

(Aries & Newton, 1955)

Berdasarkan persamaan diatas diperoleh nilai SDP sebesar 17,11% Jika pabrik memproduksi aluminium sulfat sebesar 17,11% kapasitas perancangan atau 3.421,6981 ton/tahun pabrik akan mengalami kerugian. Pabrik harus mampu memproduksi dan menjual di atas 3.421,6981 ton/tahun. Kurva evaluasi risiko dalam perhitungan profitabilitas dapat dilihat pada Gambar 6.4.



Gambar 6. 4 Kurva Evaluasi Risiko Ekonomi

6.6.3 Estimasi Ketidakpastian

a. Ketidakpastian FCI

Nilai modal tetap dapat berubah jika terjadi sesuatu yang tidak dapat diprediksi saat proses pembangunan pabrik. Nilai modal tetap

akan naik atau turun seiring dengan kondisi perekonomian suatu negara. Berikut tabel hasil perhitungan analisis profitabilitas discounted terhadap nilai modal tetap yang berubah.

Tabel 6. 10 Hasil Analisis Ketidakpastian FCI

%	FCI	kriteria				keterangan
		NPV	PVR	DPBP (tahun)	DCFROD (%)	
-25%	79.196.640.767	204.030.766.227	2,91	2,24	38,02%	untung
-15%	89.756.192.870	185.405.736.776	2,59	2,52	34,26%	untung
25%	131.994.401.279	110.905.618.973	1,72	3,59	22,64%	untung
50%	158.393.281.535	64.343.045.345	1,36	4,23	17,15%	untung
75%	184.792.161.790	17.780.471.718	1,09	4,86	12,50%	untung
159%	266.559.535.576	-46.278.935.904	0,83	5,66	5,84%	rugi

Berdasarkan tabel 6.10, nilai modal tetap yang turun menyebabkan nilai NPV, PVR dan DCFROD semakin besar dan nilai depresiasi semakin kecil, yang berarti modal tetap akan semakin cepat kembali dan mendapatkan keuntungan yang lebih besar. Hal ini berkebalikan apabila nilai modal tetap naik. Nilai NPV, PVR dan DCFROD semakin kecil dan depresiasi semakin besar, yang berarti modal tetap akan kembali dalam waktu yang lebih lama dan keuntungan pabrik menurun. Pabrik tidak menguntungkan apabila nilai modal tetap naik melebihi 159%.

b. Ketidakpastian Produk

Harga produk dapat berubah seiring dengan kualitas produk dan permintaan pasar. Berikut tabel hasil perhitungan analisis profitabilitas discounted terhadap harga produk yang berubah.

Tabel 6. 11 Hasil Analisis Ketidakpastian Harga Produk

%	Pendapatan	kriteria				keterangan
		NPV	PVR	DPBP (tahun)	DCFRROR (%)	
-25%	132.526.089.028	- 10.580.687.571	0,92	5,01	3%	rugi
-15%	144.156.575.517	42.945.726.044	1,33	4,08	15%	untung
-10%	152.636.374.077	81.971.884.195	1,63	3,53	20%	untung
-5%	161.116.172.637	120.998.042.345	1,93	3,16	25%	untung
5%	178.075.769.757	199.050.358.646	2,53	2,65	34%	untung

Berdasarkan tabel 6.11, nilai produk yang naik menyebabkan nilai NPV, PVR, dan DCFRROR semakin besar yang berarti modal tetap akan semakin cepat kembali dan pabrik mendapatkan keuntungan yang lebih besar. Hal ini berkebalikan apabila nilai produk turun. Nilai NPV, PVR, dan DCFRROR semakin kecil yang berarti modal tetap akan kembali dalam waktu yang lebih lama dan keuntungan pabrik semakin menurun. Pabrik akan mengalami kerugian apabila nilai produk turun melebihi -25%.

c. Ketidakpastian Bahan Baku Harga

Bahan baku dapat berubah seiring dengan kondisi pasar. Berikut tabel hasil perhitungan analisis profitabilitas discounted terhadap harga bahan baku yang berubah.

Tabel 6. 12 Hasil Analisis Ketidakpastian Harga Bahan Baku

%	Bahan Baku	Kriteria				keterangan
		NPV	PVR	DPBP (tahun)	DCFRROR (%)	
15%	67.514.731.060	119.495.542.324	1,79	3,23	24,19%	untung
25%	73.385.577.239	92.476.436.876	1,58	3,49	20,47%	untung
50%	88.062.692.687	8.546.344.998	1,07	4,35	7,99%	untung
70%	99.804.385.045	-45.491.865.897	0,65	5,44	7,99%	rugi

Berdasarkan tabel 6.12, nilai bahan baku yang turun

menyebabkan nilai NPV, PVR, DCFROR semakin besar karena biaya produksi yang semakin kecil sehingga keuntungan semakin besar. Hal ini berkebalikan apabila nilai bahan baku naik. Nilai NPV, PVR, DCFROR semakin kecil karena biaya produksi yang semakin besar sehingga keuntungan pabrik kecil. Pabrik akan mengalami kerugian apabila nilai bahan baku naik melebihi 70%.

d. Ketidakpastian Bunga

Laju bunga dapat berubah seiring dengan kondisi perkenomian suatu negara. Berikut tabel hasil perhitungan analisis profitabilitas *discounted* terhadap laju bunga yang berubah.

Tabel 6. 13 Hasil Analisis Ketidakpastian Suku Bunga

%	Kriteria				keterangan
	NPV	PVR	DPBP (tahun)	DCFROR (%)	
50%	128.220.778.154,51	1,91	3,19	29,47%	untung
75%	101.732.401.091,23	1,74	3,46	29,47%	untung
100%	60.966.670.682,68	1,46	4,02	29,47%	untung
200%	11.170.853.592,68	1,08	5,07	29,47%	untung
250%	-10.500.943.545,07	0,9	5,79	29,47%	rugi

Berdasarkan tabel 6.13, laju bunga yang turun menyebabkan nilai NPV dan PVR semakin besar sehingga modal tetap akan semakin cepat kembali dan pabrik mendapatkan keuntungan yang lebih besar. Hal ini berkebalikan apabila laju bunga naik. Nilai NPV dan PVR semakin kecil sehingga modal tetap akan akan kembali dalam waktu yang lebih lama dan keuntungan pabrik menurun. Nilai DCFROR tidak dipengaruhi naik turunnya laju bunga karena nilai DCFROR merupakan laju bunga saat $NPV = 0$. Pabrik tidak menguntungkan apabila laju bunga naik melebihi 250%

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

Pabrik alumunium sulfat dari bauksit dan asam sulfat dengan kapasitas 20.000 ton/tahun akan didirikan pada tahun 2027 untuk memenuhi kebutuhan pasar di Indonesia. Dalam perancangan pabrik aluminium sulfat ini diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- a. Proses mendirikan pabrik alumunium sulfat dengan kapasitas 20.000 ton/tahun untuk, memenuhi kebutuhan dalam negeri, menjadikan lapangan kerja baru, dan memajukan perkembangan industri.
- b. Pabrik alumunium sulfat dari bauksit dan asam sulfat berbentuk Perseroan Terbatas (PT) direncanakan akan dibangun di Jungkat, kec. Jongkat, Mempawah Kalimantan Barat dengan luas tanah keseluruhan 19.800 m² dan luas bangunan 14.034 m². Jumlah karyawan 151 orang dan beroperasi 330 hari/tahun.
- c. Hasil perhitungan analisa terhadap aspek ekonomi yang telah dilakukan di pabrik ini didapatkan sebagai berikut: Keuntungan sebelum pajak sebesar Rp 33.181.091.891,99/tahun dan keuntungan setelah pajak sebesar Rp26.544.873.513,59/tahun (dengan asumsi pajak 20%).
- d. Presentasi *Return on Investment* (ROI) adalah 31,38%.
- e. *Payback Period* (PBP) adalah 2 tahun
- f. Nilai *Break Even Point* (BEP) adalah 42,88% dan *Shut Down Point* (SDP) adalah 17,11 %. BEP untuk pabrik kimia pada umumnya sebesar 40% - 60% dan SDP < BEP. (Aries & Newton, 1955).
- g. *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR) adalah 29,47%
- h. Berdasarkan data yang diatas dapat disimpulkan bahwa pabrik alumunium sulfat dari bauksit dan asam sulfat layak ditinjau untuk didirikan karena memiliki indikator ekonomi yang menguntungkan.

- i. Dengan perhitungan estimasi ketidakpastian pabrik mengalami kerugian jika nilai modal (FCI) naik 159% dan Pabrik akan mengalami kerugian jika nilai produk turun melebihi 25%. Pabrik akan mengalami kerugian apabila nilai bahan baku naik melebihi 70%. Dan terakhir Pabrik tidak menguntungkan apabila laju bunga naik melebihi 250%.
- j. Dari hasil analisa ekonomi tersebut Pabrik dikatakan layak untuk dibangun.

7.2 Saran

Dalam merancang suatu pabrik kimia diperlukan pemahaman konsep kompleks yang dapat meningkatkan kelayakan pendirian suatu pabrik kimia diantaranya sebagai berikut:

- a. Upaya dalam proses seperti alat proses atau alat penunjang dan bahan baku yang perlu diperhatikan akan lebih optimal dalam menghasilkan keuntungan.
- b. Dalam merancang pabrik kimia tidak jauh dari produksi limbah, sebab itu diperhatikan dalam perkembangan pabrik kimia yang lebih ramah lingkungan.
- c. Produksi aluminium sulfat dapat diwujudkan sebagai sarana untuk menempati kebutuhan di masa pendatang yang jumlahnya semakin lama semakin meningkat.

DAFTAR PUSTAKA

- 650, A. (2001)). *API 650: Welded Steel Tanks for Oil Storage*. New York:: American Petroleum Institute.
- Aries, R. d. (1955). *Chemical Engineering Cost Estimation*, . New York.: McGraw-Hill Book Company.
- Badan Standardisasi Nasional. (2008). *SNI 0032:2011 Aluminium Sulfat Padat*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Branan, C. (1994). *Rules of Thumb for Chemical Engineers*. Texas: Gulf Publishing Company.
- Brownell, L. &. (1959). *Process Equipment Design: Vessel Design*. New York: John Wiley and Sons Inc.
- E.H, B. L. (1959). *Process Vessel Design*. new york: john willet & sons. inc.
- Etal, H. (1961). *Patent No. 3226188*. Germany.
- Faith, K. (1950). *Industrial Chemicals*. Canada : United State of America.
- Garret, D. (1989.). *Chemical Engineering Economics*, . New York.: Van Nostrand Reinhold.
- Himmelblau., ,. (1996). *Basic Principles and calculations in Chemical Enginering Prentice*. Tokyo: -Hall International, .
- Indonesia, K. M. (n.d.). *Nomor KEP. 102/MEN/VI/2004 tentang Waktu Kerja Lembur Dan Upah Kerja Lembur, KEPNAKER 2004/102*. Jakarta: . Republik Indonesia: .Kementerian Tenaga Kerja dan Transmigrasi .
- Indonesia, P. P. (n.d.). *Nomor 45 tahun 2015 tentang Penyelenggaraan Program*

- Jaminan Pensiun*, . Jakarta.: PP 2015/45. .
- Kesehatan, P. M. (n.d.). *Nomor 32 tahun 2017 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua dan Pemandian Umum*,. PERMENKES 2017/32. Jakarta.: Republik Indonesia.
- Khan S.A, &. H. (2011). *Production of aluminum sulphate from indigenous bauxite without precalcination of the ore*. Journal of The Chemical Society of Pakistan, 17(4), 213.
- McKetta, J. (1977). *Encyclopedia of Chemical Processing and Design*. New York: Marcel Dekker, Inc., .
- Nikolic, C. (1971.). *Hydrolysis of Aluminum Sulphate Solutions at High Temperature*. London: : The University of British Columbia.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia, P. (n.d.). *Nomor 46 tahun 2015 tentang Penyelenggaraan Program Jaminan Hari Tua*. Jakarta.: PP 2015/26.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia, P. (n.d.). *Nomor 82 tahun 2019 tentang Perubahan Atas Peraturan Pemerintah Nomor 44 tahun 2015 tentang Penyelenggaraan Program Jaminan Keselakaan Kerja dan Jaminan Kematian*. PP 2019/82.: Jakarta.
- Perry, R. d. (1950,). *Perry's Chemical Engineer's Handbook. 3rd ed*. Tokyo: . McGraw Hill Book Company. .
- Rase, H. &. (n.d.).
- Sinnot, R. (2005). *Coulson and Richardson's Chemical Engineering, Volume 6*,. Allyn and Bacon, Massachusets.
- Smith, J. M. (2005). *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics. 7th edn*. New York: McGraw-Hill Book Company.
- Turton, R. B. (n.d.).
- Ullman, F. 2. (n.d.).
- Ulrich, G. ,. (1984). *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. New York.: John Wiley and Sons, .
- UU Nomor 3 Tahun 2020 tanggal 10 Juni 2020, t. P. (n.d.). -Jakarta, 2020.
- VIII, A. S. (1956). *ASME VIII: Boiler Pressure Vessels: Rules for Construction of*

Unfired Pressure Vessels. New York: The American Society of Mechanical Engineers.

Warmada, W. d.-K. (n.d.).

Widjaja, G. d. (, 2003,). *Perseroan Terbatas*,. ,Jakarta.: Raja Grafindo Persada.

Wignjosoebroto, S. .. (1992). *Tata Letak Pabrik dan Pemindahan Bahan*. Surabaya : : Guna Widya.

www.alibaba.com. diakses pada 06 Oktober 2023

www.bps.go.id, w. diakses pada 12 Oktober 2022

www.indoacid.com. 02 November 2022

www.kurs.dollar.web.id. diakses pada 05 Oktober 2023

www.matche.com. diakses pada 06 Oktober 2023

www.ojk.go.id. diakses pada 06 Oktober 2023

www.pertamina.com. diakses pada 06 Oktober 2023

Yaws, C. L. (1999,). *Chemical Properties Handbook*,. USA: McGraw Hill Companies.

LAMPIRAN A

PERANCANGAN REAKTOR

Jenis : Reaktor *Batch*

Tujuan perancangan : Menentukan jenis reaktor
 Menentukan bahan konstruksi reaktor
 Menentukan dimensi reaktor
 Menentukan dimensi pengaduk dan daya pengaduk
 Menentukan dimensi jaket pendingin

Pertimbangan :

- Suhu reaksi di reaktor telah ditetapkan sehingga kondisi suhu tersebut dapat dipenuhi dengan pemakaian reaktor jenis *Batch* karena ada pengadukan.
- Fase reaktan adalah padat-cair sehingga memungkinkan penggunaan reaktor *Batch*.
- Menghindari adanya "*Hot Spot*" (bagian yang suhunya sangat tinggi) sebab dengan adanya pengadukan diharapkan suhu di semua titik di reaktor adalah sama.

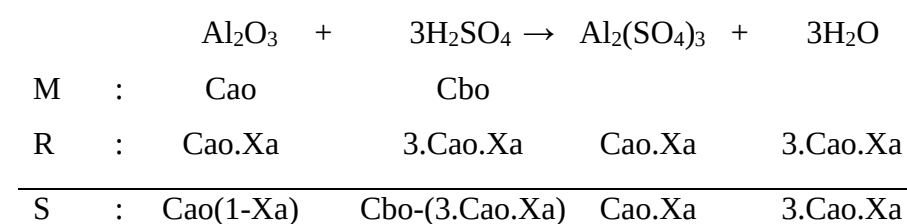
Kondisi : $T = 120^{\circ}\text{C}$
 $P = 1 \text{ atm}$

a. Uraian Proses

Aluminium sulfat diperoleh dengan melarutkan aluminium oksida (Al_2O_3) yang terkandung dalam bauksit dengan asam sulfat (H_2SO_4) didalam reaktor *batch* dalam kondisi operasi suhu 120°C dan tekanan 1 atm. Konsentrasi asam sulfat sebesar 60% berat dengan perbandingan mol antara aluminium oksida dan asam sulfat sesuai dengan perbandingan stoikiometrik, yaitu 1 : 3.

b. Menyusun Persamaan Reaksi :

Reaksi :



Kecepatan Reaksi

$$-r_a = k C_a^2 C_b \dots\dots\dots (A.1)$$

$$-r_a = k \cdot C_{ao}(1 - X_a)^2 \cdot C_{bo} - (3C_{ao} \cdot X_a)$$

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Hussain, 1995.

Diperoleh data-data sebagai berikut:

1. $C_{Ao} : C_{Bo} = 1 : 3$
2. Waktu (t) = 6,5 jam
3. Konversi = 96%

Jenis reaktor RATB :

$$V = \frac{F_{Ao} \cdot X_a}{-r_a} \dots\dots\dots (A.2)$$

$$V = \frac{V_o \cdot C_{ao} \cdot X_a}{k \cdot C_a^2 C_b}$$

$$t = \frac{C_{Ao} \cdot X_a}{k \cdot C_a^2 C_b}$$

$$390 = \frac{1,944}{k \cdot C_a^2 C_b}$$

$$k = 3,126 \text{ (L/mol)}^2 \text{ min}$$

$$= 187,536 \text{ (L/mol)}^2 \text{ jam}$$

$$\begin{aligned} R_{in} - R_{out} + R_{gen} &= R_{acc} \\ F_{A0} - F_A + r_A \cdot V &= 0 \text{ (steady state)} \\ F_{A0} - F_{A0}(1 - X_A) + r_A \cdot V &= 0 \\ F_{A0} - F_{A0} + F_{A0} \cdot X_A + r_A \cdot V &= 0 \\ F_{A0} \cdot X_A + r_A \cdot V &= 0 \\ F_{A0} \cdot X_A &= -r_A \cdot V \\ V &= \frac{F_{A0} \cdot X_A}{-r_A} \end{aligned}$$

c. Neraca Massa Reaktor

M	:	7,703	23,109		
R	:	7,395	22,185	7,395	22,185
S	:	0,308	0,924	7,395	22,185

d. Neraca Panas Total Reaktor

KOMPONEN	INPUT		OUTPUT
	Arus 3	Arus 4	Arus 5
Air	1036,106	240,628	1550,773
Alum Sulfat			1735,584
Asam Sulfat	1554,159		62,166
Silikon Dioksida		129,939	129,939
Titanium Dioksida		6,449	6,449
Alum Okside		539,198	21,568
Besi (II) oksida		50,339	50,339
Total	2590,266	966,553	
	3556,818		3556,818

Komponen	Input (kJ/jam)			Output (kJ/jam)	
	Arus 3	Arus 4	Qreaksi	Arus 5	Qpendingin
H ₂ O	26.464,275	6.146,120		733.629,825	
Al ₂ (SO ₄) ₃				128,174	
H ₂ SO ₄	2.200,476			3.342,650	
FeO		97,011		6,001	
SiO ₂		689,084		68.053,872	
TiO ₂		138,329		0,611	
Al ₂ O ₃		1.714,101		2,422	
Q reaksi			1.446.573,426		
Q pendingin					678.859,267
Total	28.664,752	8.784,644	1.446.573,426	805.163,555	678.859,267
	1.484.022,822			1.484.022,822	

Penjadwalan Reaktor Batch

Waktu pengisian : 1 jam

Waktu reaksi : 6,5 jam

Waktu pengosongan : 1 jam

Total waktu : 8,5 jam

Reaktor/Jam	8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24	
	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	9	9	9,5	10	10,5	11	11,5	12	12,5	13	13,5	14	14,5	15	15,5	16	16,5	17
Batch 1																																		
Batch 2																																		
Batch 3																																		
Batch 4																																		
Batch 5																																		
batch 6																																		
Batch 7																																		
batch 8																																		
Batch 9																																		

Maka dibutuhkan 9 reaktor agar proses berjalan *continue*

Keterangan :

	Waktu Pengisian
	Waktu Reaksi
	Waktu Pengosongan

e. Menentukan *Volume Reactor*

$$\begin{aligned}
 \text{Volume reaktor} &= 16965,855 \text{ L} \\
 &= 16,966 \text{ m}^3 \\
 &= 599,144 \text{ ft}^3 \\
 &= 4482,197 \text{ galloon} \\
 &= 106,648 \text{ bbl}
 \end{aligned}$$

$$\text{Overdesign} = 20\%$$

$$\text{Design} = 120\%$$

Maka,

$$\begin{aligned}
 \text{Volume design} &= 20359,026 \text{ L} \\
 &= 20,359 \text{ m}^3 \\
 &= 718,973 \text{ ft}^3 \\
 &= 5378,636 \text{ galloon} \\
 &= 127,977 \text{ bbl}
 \end{aligned}$$

f. Menentukan Dimensi Reaktor

Bentuk : Silinder tegak dengan atap dan dasar berbentuk *torrispherical*

(alasan: P operasi 15 - 200 psi)

$$V_{head} = 0,000049 D_t^3 \text{ (dengan } D_t \text{ dalam satuan in)}$$

$$V_{head} = 0,0809 D_t^3 \text{ (dengan } D_t \text{ dalam satuan ft)}$$

Asumsi :

$$L_s = D_t \quad (\text{Rase, 1977, Tabel 8.3 Halaman 342})$$

$$\text{Volume} < 400 \text{ bbl}$$

$$\text{Volume reaktor} = \text{Volume silinder} + \text{Volume head}$$

$$\text{Volume reaktor} = (1/4) 3.14 D_t^3 + 0.0809 D_t^3$$

$$718,973 = 0,785 D_t^3 + 0,0809 D_t^3$$

$$718,973 = 0,8659 D_t^3$$

$$D_t^3 = 830,319$$

$$D_t = 9,399 \text{ ft}$$

$$= 112,788 \text{ in}$$

$$= 2,865 \text{ m}$$

$$L_s = D_t / ID$$

$$= 9,399 \text{ ft}$$

$$= 112,788 \text{ in}$$

$$= 2,865 \text{ m}$$

dengan,

$$L_s = \text{tinggi shell}$$

$$D_t / ID = \text{diameter reaktor}$$

g. Menentukan Tinggi Cairan dalam Tangki

$$V_{head} = 0,0809 D_t^3$$

$$= 67,173 \text{ ft}^3$$

$$V_{\text{cairan total}} = 16965,855 \text{ L}$$

$$= 599,144 \text{ ft}^3$$

$$V_{\text{cairan dalam silinder (shell)}} / V_s$$

$$\begin{aligned}
 V_s &= V_{\text{cairan total}} - V_{\text{head}} \\
 &= 599,144 - 67,173 \\
 &= 531,971 \text{ ft}^3
 \end{aligned}$$

Tinggi cairan dalam silinder (shell) /Hs

$$\begin{aligned}
 V_s &= 0.25 \pi D t^2 H_s \\
 H_s &= 7,671 \text{ ft} \\
 &= 2,338 \text{ m} \\
 &= 92,053 \text{ in}
 \end{aligned}$$

h. Menentukan Tebal Dinding Reaktor

dengan,

$$\begin{aligned}
 t &= \text{Tebal dinding reaktor (in)} \\
 P &= \text{Tekanan operasi (psia)} \\
 &= 1 \text{ atm} \\
 R &= \text{Jari-jari dalam tangki (in)} = 56,394 \text{ inch} \\
 P &= P_{\text{operasi}} + P_{\text{hidrostatik}} \\
 P_{\text{hidrostatik}} &= \rho * g / g_c * h \\
 \rho &= 2,015 \text{ kg/L} \\
 &= 125,754 \text{ lb/ft}^3
 \end{aligned}$$

maka,

$$\begin{aligned}
 P_{\text{Hidrostatik}} &= 6,699 \text{ lbf/in}^2 \\
 &= 6,699 \text{ psia} \\
 P_{\text{operasi}} &= 1 \text{ atm} \\
 &= 14,700 \text{ psia}
 \end{aligned}$$

maka,

$$\begin{aligned}
 P &= 21,399 \text{ psia} \\
 P_{\text{design}} &= P + 15\% P_{\text{operasi}} \\
 &= 24,609 \text{ psia} \\
 &= 1,675 \text{ atm}
 \end{aligned}$$

direncanakan bahan konstruksi dipilih dari *Stainless steel SA-240 Grade M type 316* (18 Cr-12 Ni-2 Mo)

Alasan :

1. Kuat dan tahan korosi
2. Mudah difabrikasi
3. Harga relatif murah

Data :

Allowable stress (S) = 21000 psia (API standart 260)

Corrossion allowance (C) = 0,125 inch

Efisiensi pengelasan (E) = 0,8

sehingga tebal dinding reaktor (ts) adalah :

ts = 0,208 in

= 0,017 ft

digunakan tebal standar dinding reaktor 1/4 in = 0,25 inch

= 0,00635 m

= 0,02083 ft

OD Reactor = Dt + 2ts = 9,441 ft

= 2,878 m

= 113,288 inch

i. Menentukan Tebal Head

Dengan,

t = tebal head (in)

P = tekanan operasi (psia)

L = diameter dalam vessel (in)

S = allowable stress (psia)

E = efisiensi pengelasan

Maka,

t head = 0,271235748 inch

Sehingga :

Untuk perancangan diambil tebal standar dari Tabel 5.6 Brownell

untuk t 5/16 in = 0,313 inch = 0,0079375 m

j. Menentukan Tinggi Head

Asumsi :

$$\begin{aligned}\text{OD head} &= \text{ID shell} + 2th \\ &= 113,330 \text{ inch} \\ &= 9,441 \text{ ft}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{dipakai OD standar} &= 132 \text{ inch} \\ &= 11 \text{ ft} \\ &= 3,353 \text{ m}\end{aligned}$$

dari tabel 5.7 Brownell untuk OD = 132 inch

$$\begin{aligned}t &= 5/16 \text{ inch} \\ &= 0,3125 \text{ inch} \quad (\text{Brownell, tabel 5.7 hal. 90})\end{aligned}$$

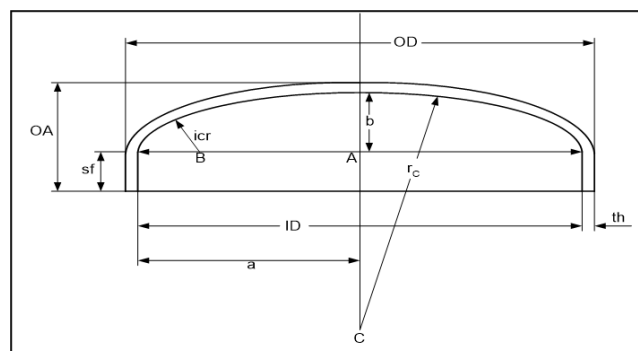
$$\text{icr} = 8 \text{ inch}$$

$$r = 130 \text{ inch}$$

Untuk tebal head (t) 5/16 inch, maka

Standar straight flange (sf) = 1,5 - 3 inch

$$\begin{aligned}\text{dipilih sf} &= 2 \text{ inch} \\ &= 0,0508 \text{ m}\end{aligned}$$



Keterangan :

ID = Diameter dalam head

OD = Diameter luar head

a = Jari-jari dalam head

th = Tebal head

r = Jari-jari head

icr = Jari-jari dalam sudut dish

b = Tinggi head

sf = Straight flange

OA = Tinggi head total

W = *Stress intensification factor*

Dari persamaan fig. 5.8 Brownell

$$\begin{aligned} BC &= r - icr \\ &= 122 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} AB &= (ID/2) - icr \\ &= 48,394 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} AC &= (BC^2 - AB^2)^{0.5} \\ &= 111,991 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b &= r - AC \\ &= 18,009 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi head (OA)} &= th + b + sf \\ &= 20,321 \text{ in} \\ &= 0,516 \text{ m} \\ &= 1,693 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi reaktor total} &= H + 2OA \\ &= 153,431 \text{ in} \\ &= 3,897 \text{ m} \\ &= 12,785 \text{ ft} \end{aligned}$$

Kesimpulan		
Kode :	R-01	
Fungsi :	Untuk mereaksikan bauksit dengan asam sulfat membentuk aluminium sulfat	
Jenis :	Silinder vertikal dengan <i>Head</i> dan <i>Bottom</i> berbentuk <i>Torispherical</i>	
Mode Operasi :	Batch	
Kondisi Operasi :		
Tekanan Operasi :	1 atm	14,70
Suhu Operasi :	120°C	393,15 K
Kondisi Operasi :	Non-Isotermal	
Spesifikasi :		
Dimensi Reaktor		
Bahan Reaktor :	Stainless steel SA-240 Grade M type 316 (18 Cr-12 Ni-2 Mo)	
Diameter shell :	2,865	m
Tinggi shell :	2,865	m
Volume shell :	16,965	m ³
Volume reaktor :	16965,855	m ³
Tinggi reaktor :	3,897	m
Tinggi head (OA) :	0,516	m
Tebal shell :	0,00635	m
Tebal head :	0,0079375	m

k. Perancangan Pengaduk

1. Menghitung viskositas campuran dan jenis pengaduk

$$T = 120^{\circ}\text{C} = 393\text{K}$$

$$\log \mu = A + B/T + C.T + D.T^2 \quad \mu \text{ (cP)}$$

Komponen	A	B	C	D	Output (kg/jam)	xi	μ_i (cP)	x_i/μ_i
H ₂ O	-10,2158	1790	0,0177	-1,3E-05	1550,773	0,463	0,194	2,391
Al ₂ (SO ₄) ₃	-0,5958	682,3	-4,9E-06	1,0E-09	1735,584	0,518	13,758	0,038
H ₂ SO ₄	-18,7045	3500	0,0331	-1,7E-05	62,166	0,019	3,837	0,005
FeO	(solid insoluble material)							
SiO ₂								
TiO ₂								
Al ₂ O ₃								
TOTAL					3348,523	1	17,789	2,433

$$\mu_{\text{camp}} = 0,411 \text{ cP}$$

$$= 2,76\text{E-}04 \text{ lbm/ft.s}$$

$$= 0,994 \text{ lbm/ft.jam}$$

Jenis pengaduk yang dipilih dari data viskositas cairan dalam reaktor, maka dari fig. 8.4 Rase dipilih : turbin dengan flat blade (Rase, figure 8.4, hal. 341)

Pertimbangan:

- Range viskositas pengaduk jenis ini sesuai dengan viskositas bahan di reaktor = 0,411 cp.
- Baffle* dapat memperbaiki transfer panas di dalam reaktor.
jenis : turbin dengan 6 blade dengan 4 baffle (*Pitched-Blade Turbine*)

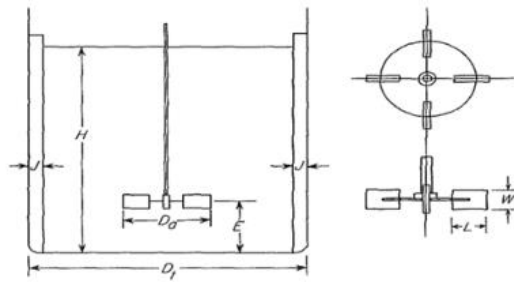


FIGURE 9.7
Measurements of turbine. (After Rushton et al.⁴²)

Diameter Pengaduk

$$D_t = 9,399 \text{ ft} = 2,865 \text{ m} = 112,788 \text{ in}$$

$$D_a = D_t/3 = 3,132999613 \text{ ft} = 0,955 \text{ m} = 37,596 \text{ in}$$

Tinggi Cairan Dalam Pengadukan

$$Z_l = 3,9 D_a$$

$$Z_l = 3,9 \times D_a$$

$$Z_l = 12,219 \text{ ft}$$

$$= 2,917 \text{ m}$$

$$= 146,624 \text{ in}$$

Jarak pengaduk dari Dasar Tangki

$$Z_i = 1,3 D_a$$

$$Z_i = 1,3 \times D_a$$

$$Z_i = 4,073 \text{ ft}$$

$$= 1,241 \text{ m}$$

$$= 48,875 \text{ in}$$

Lebar *Impeller*

$$L = 1/4 \times D_a$$

$$= 0,783 \text{ ft}$$

$$= 0,239 \text{ m}$$

$$= 9,399 \text{ in}$$

2. Menghitung Dimensi *Baffle*

Panjang *Baffle*

$$\text{Panjang Baffle} = \text{Tinggi Shell}$$

$$= 9,399 \text{ ft}$$

$$= 2,338 \text{ m}$$

$$= 92,053 \text{ in}$$

Lebar Baffle (J) =

$$J = 1/4 \times Dt$$

$$= 2,350 \text{ ft}$$

$$= 0,716 \text{ m}$$

$$= 28,197 \text{ inch}$$

Tebal Baffle (W) =

$$w = 1/12 \times Dt$$

$$= 0,783 \text{ ft}$$

$$= 0,239 \text{ m}$$

$$= 9,399 \text{ inch}$$

Volume Baffle (Vb)

$$Vb = \text{Lebar baffle} \times \text{panjang baffle} \times \text{tebal baffle} \times \text{jumlah baffle}$$

$$= 69,193 \text{ ft}^3$$

$$= 1,599 \text{ m}^3$$

$$= 97584,547 \text{ inch}^3$$

3. Kecepatan Putaran Pengaduk

Jarak Antar Turbine = Turbin 1 = 30,684 inch

Turbin 2 = 46,026 inch

Tinggi Tercelup = 76,711 inch

dari pers 8.8 Rase hal 345, diperoleh:

$$WELH = (Jl \, Di \, N / 600)^2$$

$$2Di$$

dengan,

$$Di = \text{Diameter impeller} = Da = 3,133 \text{ ft}$$

$$N = \text{Kecepatan putaran pengaduk, rpm}$$

$$WELH = \text{Water Equivalent Liquid Height} = \text{tinggi cairan} \times \text{s.g. cairan}$$

$$= 4,607 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 &= 15,114 \text{ ft} \\
 \text{jumlah turbin} &= WELH/Dt \\
 &= 1,608012016 \\
 &= 2 \text{ buah} \\
 WELH &= (Jl \text{ Di } N / 600)^2 \\
 2Di & \\
 2,412 &= 2,69E-04 \\
 &= 94,722 \text{ rpm} \\
 &= 5683,329 \text{ rph} \\
 &= 1,579 \text{ rps} \\
 \text{digunakan impeller speed standar} &= 84 \text{ rpm}
 \end{aligned}$$

4. Menentukan Power Pengaduk

$$NRe = (N \cdot Di^2 \cdot \rho) / \mu \quad (\text{Rumus reynold number})$$

dengan,

$$N = 84 \text{ rpm} = 1,579 \text{ rps}$$

$$Di = 3,133 \text{ ft}$$

$$\rho \text{ camp} = 125,754 \text{ lb/ft}^3$$

$$\mu \text{ camp} = 2,76E-04 \text{ lb/ft.s}$$

maka,

$$NRe = 7056247,399$$

Dari fig 8.8 Rase, untuk $NRe = 102-107$ diperoleh harga Np sebesar = 5,5

(Rase fig 8.8, hal. 349)

Besarnya daya yang dibutuhkan untuk pengadukan dihitung dengan persamaan :

dengan,

$$P = \text{daya pengaduk, hp}$$

$$N = \text{kecepatan pengaduk, rpm} = 84$$

$$\rho = \text{densitas cairan, lb/ft}^3 = 125,754$$

$$Di = Da = \text{diameter pengaduk, in} = 37,596$$

N_p = power number = 5,5

maka,

P = 32,301 hp

= 24,087 kW

1 hp = 0,7457 kW

Untuk perancangan motor pengaduk ditambah 10% dan 0.5hp

P = 32,301 + 3,230 + 0,5

= 36,031 hp

= 26,869 kW

dipilih motor pengaduk dengan daya = 60 hp = 44,742 kW

(Rase halaman 358)

Menghitung Beban Hydraulic

σ = P_o/N

= 28,341 N.m

ft = 0,3048 m

Panjang Poros

L_p = (t head + t shell) - (1/3 tshell)

= 10,528 ft

= 3,209m

= 126,335 in

Momen Bending (M) = 6,169 N.m

F(allowable stress) = 20000 psi = 127551020,4 N/m²

Diameter Poros (Dshaft) = 154,692

= 133503401,4

= 1,15871E-06 m

Volume Poros (Vp) = 1,35281E-11 m³

Jumlah Impeller = 2

Lebar Impeller = 0,239m

Tinggi Impeller = 2,656 m

Tebal Impeller = 0,239 m

$$\begin{aligned}\text{Jumlah Sudut (n)} &= 5,6 \\ \text{Volume Impeller (Vi)} &= 1,695 \text{ m}\end{aligned}$$

5. Volume Cairan Setelah Penambahan Pengaduk

$$\begin{aligned}\text{Volume Pengadukan} &= V_p + V_i + V_b \\ &= 3,294 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Maka, Volume cairan di shell = Volume cairan shell reaktor +
Volume pengadukan

dengan,

$$V_{\text{cairan di shell}} = 531,971 \text{ ft}^3 = 15,064 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{cairan setelah penambahan pengaduk}} = 18,358 \text{ m}^3$$

maka

Tinggi cairan di shell (Hs) setelah pengadukan =

$$V_s = 0.25 \pi D_t^2 H_s$$

$$H_s = 2,849 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi Shell} = 2,865 \text{ m} = 9,399 \text{ ft}$$

$$\text{Tinggi Cairan dalam Shell Setelah Diberi Pengaduk} = 2,849 \text{ m} = 9,346 \text{ ft}$$

Kesimpulan		
Fungsi :	Menggerakkan bahan reactor sehingga bahan tercampur, menghasilkan turbulensi sehingga terjadi tranfer massa antara fasa, dan terjadi tranfer panas yang baik.	
Jenis :	turbin dengan 6 blade dan 4 baffle	
Kondisi Operasi :		
Tekanan Operasi :	1 atm	
Suhu Operasi :	120°C	393,15 K
Kondisi Operasi :	Non-Isotermal	
Spesifikasi :		
Pengaduk Reaktor		
Bahan Pengaduk:	<i>Pitched-Blade Turbine</i>	
Jumlah <i>Baffle</i> :	4	
Jumlah <i>Blade</i> :	6	
Jumlah <i>Impeller</i> :	2	
Panjang <i>Baffle</i> :	2,338	m
Lebar <i>Baffle</i> :	0,716	m
Volume <i>Baffle</i> :	1,599	m ³

I. Perancangan Jaket Reaktor

a) Kebutuhan Pendingin Air

Kondisi operasi isothermal nonadiabatis

Kebutuhan pendingin berdasarkan jumlah panas yang diserap (Q_p)

$$Q_p = 678.859,27 \text{ kJ/jam} = 643.431,91 \text{ btu/jam}$$

$$Q_p = 678.859,27 \text{ kJ / jam} = 45,257 \text{ kkal/s}$$

$$T \text{ reaktor} = 120 \text{ }^{\circ}\text{C} = 393,15 \text{ K} = 248,0 \text{ F}$$

$$T \text{ reaktor} = 120 \text{ }^{\circ}\text{C} = 393,15 \text{ K} = 248,0 \text{ F}$$

untuk pendingin air :

$$t_1 = \text{suhu pendingin masuk} = 30^{\circ}\text{C} = 303,15 \text{ K} = 86,0 \text{ F}$$

$$t_2 = \text{suhu pendingin keluar} = 49^{\circ}\text{C} = 322,15 \text{ K} = 120,2 \text{ F}$$

$$t \text{ rata-rata} = 39,5^{\circ}\text{C} = 312,6 \text{ K} = 103,1 \text{ F}$$

Sifat air :

$$C_p = 4,182 \text{ KJ/kg K} \quad 0,999 \text{ Btu/lbm.F}$$

$$\rho = 1,014 \text{ g/cm}^3 = 1013,810 \text{ kg/m}^3 = 363,290 \text{ lbm/ft}^3$$

$$\mu = 0,670 \text{ cP} = 0,001 \text{ kg/m.s} = 4,50\text{E-}04 \text{ lbm/ft.s} = 1,622 \text{ lbm/ft.hr}$$

$$k = 1,112 \text{ W/m K} = 0,642 \text{ Btu/hr.ft.oF}$$

Konduktivitas

$$\text{Organik} \quad : \log k = A + B[1 - T/C]^{2/7} \quad T = 393,150 \text{ K}$$

$$\text{anorganik} \quad : k = A + BT + CT^2$$

Komponen	A	B	C	k	Output (kg/jam)	xi	k.xi
H ₂ O	-0,2758	4,61E-03	-5,54E-06	-1,132	1.550,773	0,436	-0,494
Al ₂ (SO ₄) ₃	<i>aspen plus</i>			0,050	1.735,584	0,488	0,024
H ₂ SO ₄	0,1553	1,07E-03	-1,29E-06	-0,043	62,166	0,017	-0,001
FeO	<i>aspen plus</i>			52,000	50,339	0,014	0,736
SiO ₂	2,1744	-3,78E-03	4,64E-06	2,891	129,939	0,037	0,106
TiO ₂	<i>aspen plus</i>			52,000	6,449	0,002	0,094
Al ₂ O ₃	7,97E+01	-1,66E-01	9,63E-05	94,546	21,568	0,006	0,573
Jumlah					3.556,818	1,000	1,039

Maka, k campuran = 1,039 W/m.K

= 0,600 btu/hr.ft.F

$\log \mu$ = A + B/T + C.T + D.T²

T = 393,15 K

Komponen	A	B	C	D	Output (kg/jam)	xi	μi (cP)	xi/μi
H ₂ O	-10,216	1,8E+03	1,8E-02	-1,3E-05	1550,773	0,463	0,223	2,076
Al ₂ (SO ₄)	-0,596	6,8E+02	-4,9E-06	1,0E-09	1735,584	0,518	13,737	0,038
H ₂ SO ₄	-18,705	3,5E+03	3,3E-02	-1,7E-05	62,166	0,019	3,833	0,005
FeO	(solid insoluble material)							
SiO ₂								
TiO ₂								
Al ₂ O ₃								
Jumlah					3348,523	1	17,794	2,119

Maka, μ campuran = 0,472 cp = μ slurry = 1 cP

= 1,142 lb/ft.hr = 5,33E-04 lbm/ft.s = 1,92E+00 lbm/ft.jam

$$C_p = A + B.T + C.T^2 + D.T^3 \quad C_p \text{ (J/(mol K))} \quad (T=K) \quad T = 393,15 \quad K$$

Maka, C_p campuran = 92,079 kJ/kmol.K

$$= 222,831 \text{ J/mol.K}$$

Komponen	A	B	C	D	MW	Output (kmol/jam)	xi	Cp	Cp.xi	xi.MW (kg/kmol)
H ₂ O	92,053	-3,9953E-02	-2,1103E-04	5,3469E-07	18	125,543	0,907	76,219	69,107	16,320
Al ₂ (SO ₄) (liquid)	<i>aspen plus</i>				342	7,395	0,053	377,000	20,135	18,265
H ₂ SO ₄	26,004	7,0337E-01	-1,3856E-03	1,0342E-06	98	0,924	0,007	151,212	1,009	0,654
FeO	<i>aspen plus</i>				72	1,019	0,007	51,600	0,380	0,530
SiO ₂	2,478	1,65E-01	-9,67E-05	-9,00E-09	60	3,156	0,023	51,933	1,184	1,367
TiO ₂	<i>aspen plus</i>				80	0,117	0,001	62,700	0,053	0,068
Al ₂ O ₃	-8,12	3,86E-01	-3,16E-04		102	0,308	0,002	94,762	0,211	0,227
Jumlah						138,463	1	865,426	92,079	37,432

$$= 2,460 \text{ kJ/kg.K}$$

$$= 0,588 \text{ btu/lbm.}$$

b) Data yang diperlukan**Fluida Panas (Larutan dalam Reaktor)**

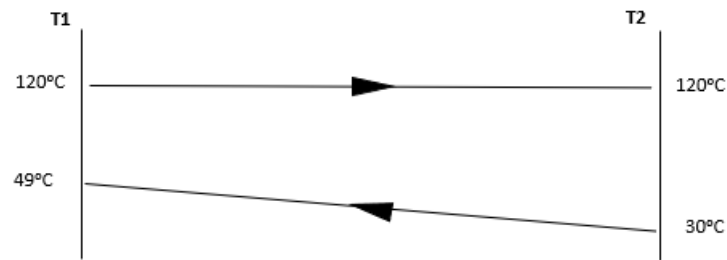
$$\begin{aligned}
 T1 \text{ (suhu masuk)} &= 120\text{ }^{\circ}\text{C} = 393,15\text{ K} = 248\text{ }^{\circ}\text{F} \\
 T2 \text{ (suhu keluar)} &= 120\text{ }^{\circ}\text{C} = 393,15\text{ K} = 248\text{ }^{\circ}\text{F} \\
 T_{\text{avg}} &= 120\text{ }^{\circ}\text{C} = 393,15\text{ K} = 248\text{ }^{\circ}\text{F} \\
 \text{Tekanan operasi} &= 1\text{ bar} \\
 \text{Laju Alir Massa (W)} &= 3556,818\text{ kg/jam} \\
 &= 7841,361\text{ lb/jam} \\
 \text{Laju alir molar (n)} &= 95,020\text{ kmol/jam} \\
 \text{Beban panas (Qc)} &= 678859,267\text{ kJ/jam} \\
 &= 643468,499\text{ Btu/jam}
 \end{aligned}$$

Fluida Dingin (Air)

$$\begin{aligned}
 T1 \text{ (suhu masuk)} &= 30\text{ }^{\circ}\text{C} = 303,15\text{ K} = 86\text{ }^{\circ}\text{F} \\
 T2 \text{ (suhu keluar)} &= 49\text{ }^{\circ}\text{C} = 322,15\text{ K} = 120,2\text{ }^{\circ}\text{F} \\
 T_{\text{avg}} &= 39,5\text{ }^{\circ}\text{C} = 312,65\text{ K} = 103,1\text{ }^{\circ}\text{F} \\
 \text{Kapasitas panas (Cp) fluida dingin} &= 75,274\text{ kJ/kmol} \\
 &= 4,182\text{ kJ/kg} \\
 \text{Beban panas (Q)} &= W \cdot C_p \cdot dT \\
 \text{Laju alir pendingin (W)} &= \\
 &= 8.543,799\text{ kg/jam} \\
 &= 18.835,659\text{ lb/jam}
 \end{aligned}$$

c) Kebutuhan Jaket***Log Mean Temperature Difference***

Hot Liquid (Reactor)		diff	Cold Liquid (Water)	
T1	120,00	Higher	71,00	t2
T2	120,00	Lower	90,00	t1
	0,00	diff		19



Untuk aliran *counter current*

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln \frac{(T_1 - t_2)}{(T_2 - t_1)}} \dots\dots\dots (A.3)$$

Maka, $\Delta T_{LMTD} = 80,125 \text{ } ^\circ\text{C}$

Menentukan harga Ud

Dari tabel 8 Kern, Heavy Organics (slurry) - Water :

$U_d = 5-75 \text{ Btu / ft}^2 \cdot \text{F} \cdot \text{Hr}$

Dipilih $U_d = 50 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{F}$

Menentukan luas perpindahan panas tersedia

Dengan,

$D = 9,399 \text{ ft}$

$H_j = 7,671 \text{ ft}$

$A = 299,626 \text{ ft}^2$

$= 27,836 \text{ m}^2$

Menentukan luas perpindahan panas dibutuhkan

$A = Q$

$U_d * \Delta T_{LMTD}$

$A = 169,450 \text{ ft}^2$

$= 15,742 \text{ m}^2$ maka, jaket dapat digunakan

d) Spesifikasi Jaket

annulus = AIR *inner pipe* = Fluida Dalam Reaktor

Lebar Jacket = 1,5 inch (trial) = 0,038m
 OD reaktor = 113,288 in = 2,8775 m
 Ukuran reaktor = ID = 112,788 in = 2,8648 m
 Diameter Jacket = 114,788 in = 2,9156 m

a) Flow Area

D2 = 114,788 in = 9,5657 ft
 D = 112,788 in
 D1 = 113,288 in = 9,3990 ft
 = 9,4407 ft (Kern, p.113)

aa = 1,8650 ft²

ap = 69,3478 ft²

ekivalen diameter De

(Kern, p.113)

De = 0,2517 ft

b) Mass Velocity

Ga = W/aa (Kern, p.113)

Gp = w/ap

$$G_a = \frac{18835,659 \text{ lb/jam}}{1,8650 \text{ ft}^2} = \frac{7841,361 \text{ lb/jam}}{69,3478 \text{ ft}^2}$$

$$= 10.099,569 \text{ lb/jam.ft}^2 = 113,073 \text{ lb/jam.ft}^2$$

c) NRe

Pada Tavg *cooling water* = 39,5000 °C

μ_{water} = 0,670 cp

= 1,621 lb/ft.jam

N Reynold = 1567,621

d) Menghitung Koefisien Transfer Panas pada Diameter dalam Reaktor (Hi)

kb = konduktivitas termal bahan (*camp*) 0,600 Btu/jam.ft. F

$$\begin{aligned}
\mu_b &= \text{viskositas bahan (camp)} 1,918 \text{ lbm/ft jam} \\
C_{pb} &= \text{kapasitas panas bahan(camp)} 0,588 \text{ Btu/lbm.F} \\
N &= \text{rotasi pengaduk } 5.683,329 \text{ rpj} \\
\rho &= \text{densitas bahan } 125,754 \text{ lb/ft}^3 \\
L &= \text{lebar impeller } 0,783 \text{ ft} \\
(L^2 \cdot N \cdot \rho / \mu)^{2/3} &= 3738,711 \\
[\mu_b \cdot C_{pb}]^{1/3} &= 1,233 \\
[k_b]^{1/3} & \\
[\mu_b]^{0.14} &= 1,024 \\
[\mu_w]^{0.14} & \\
h_i &= 108,5875 \text{ Btu/(jam)(ft}^2\text{)(}^\circ\text{F)}
\end{aligned}$$

e) Menghitung Nilai

Pada Tavghot fluid, dicari

$$\begin{aligned}
c &= 1,918 \text{ Btu/lb.}^\circ\text{F} \\
k &= 0,6425 \text{ Btu/(jam)(ft}^2\text{)(}^\circ\text{F/ft)} \\
h_i &= 108,5875 \text{ Btu/(jam)(ft}^2\text{)(}^\circ\text{F)} \\
&= 2,2000 \text{ (Kern, p.113)}
\end{aligned}$$

f) Menghitung Koefisien Transfer Panas Pendingin dalam Jacket ke Dinding Reaktor (Ho)

$$h_o = 56,1676 \text{ Btu/(jam)(ft}^2\text{)(}^\circ\text{F)} \quad (\text{Kern, p.113})$$

g) Correct hi to Surface at the OD

$$h_{io} = 108,1082 \text{ Btu/(jam)(ft}^2\text{)(}^\circ\text{F)}$$

h) Clean Overall Coefficient, UC

$$U_c = 36,9633 \text{ Btu/(jam)(ft}^2\text{)(}^\circ\text{F)} \quad (\text{Kern, p.113})$$

i) Design Overall Coefficient, UD

$$R_d = 0,001 \quad (\text{Kern page 840, untuk light organic-water})$$

$$1/UD = 0,0281$$

$$UD = 35,646 \text{ Btu}/(\text{jam})(\text{ft}^2)(^\circ\text{F})$$

j) Required Surface

$$A = 225,2953 \text{ ft}^2$$

$$A = 20,9306 \text{ m}^2$$

Luas perpindahan panas dibutuhkan lebih kecil daripada tersedia, maka jaket dapat digunakan.

k) Menentukan Tinggi Jacket

$$A = \pi.D.H_j + 0,264.\pi.D^2$$

$$H_j = \frac{A - (0,264 \times 3,14 \times D^2)}{3,14 \times D} \dots\dots\dots(\text{A.4})$$

$$= 1,699 \text{ m}$$

$$= 5,575 \text{ ft}$$

l) Menentukan Tebal Jacket

$$t_j = \frac{P.r_j}{fE - 0,6P} + c \dots\dots\dots(\text{A.5})$$

$$R_i = \text{jari jari jaket} = 9,566 \text{ ft}$$

$$= 114,788 \text{ in}$$

$$= 2,916 \text{ m}$$

$$t_j = \text{tebal jaket}$$

Untuk bahan jaket dipilih = *Carbon Steels SA 283 grade C*

$$P \text{ operasi} = 24,609 \text{ Psia}$$

$$f = 12650 \text{ Psia}$$

$$E = 80\%$$

$$C = 0,125 \text{ in}$$

$$t_j = 0,405 \text{ in}$$

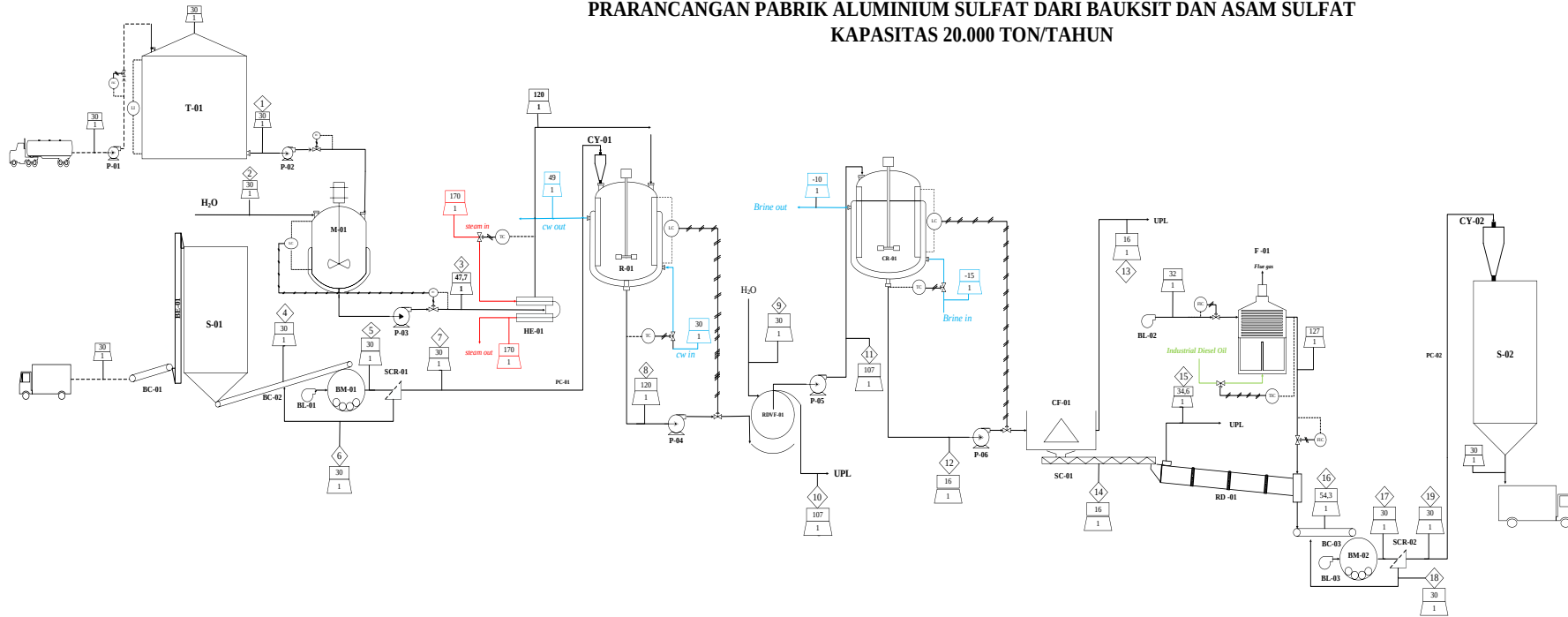
$$\text{Digunakan tebal standar} = 1/2 \text{ in} = 0,5 \text{ in}$$

$$= 0,013 \text{ m}$$

$$= 0,041 \text{ ft}$$

LAMPIRAN B
PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM (PEFD)

DIAGRAM ALIR PROSES
PRARANCANGAN PABRIK ALUMINIUM SULFAT DARI BAUKSIT DAN ASAM SULFAT
KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN



- KETERANGAN GAMBAR
- CY : SIKLON
 - CR-01 : CRYSTALLIZER
 - CF-01 : CENTRIFUGE
 - P : POMPA
 - R : REAKTOR
 - RD : ROTARY DRYER
 - RDVF : ROTARY DRUM VACUUM FILTER
 - TK-01 : TANGKI ASAM SULFAT
 - M : MIXER
 - S-01 : SILO BAUKSIT
 - S-02 : SILO ALUMINIUM SULFAT
 - F : FURNACE
 - HE : HEAT EXCHANGER
 - SCR : SCREENING
 - SW : SCREW CONVEYOR
 - BC : BELT CONVEYOR
 - BE : BUCKET ELEVATOR
 - PC : PNEUMATIC CONVEYOR
 - BL : BLOWER
 - BM : BALL MILL
 - FIC : FLOW INDICATOR CONTROLLER
 - FRC : FLOW RATIO CONTROLLER
 - LIC : LEVEL INDICATOR CONTROLLER
 - TIC : TEMPERATURE INDICATOR CONTROLLER
 - LC : LEVEL CONTROLLER
 - FC : FLOW CONTROLLER
 - TC : TEMPERATURE CONTROLLER
 - LI : LEVEL INDICATOR
 - cw : COOLING WATER
 - brine : BRINE
 - CV : CONTROL VALVE
 - NOMOR ARUS : NOMOR ARUS
 - TEKANAN (ATM) : TEKANAN (ATM)
 - SUHU (°C) : SUHU (°C)
 - ELECTRIC CONNECTOR : ELECTRIC CONNECTOR
 - PNEUMATIC SIGNAL : PNEUMATIC SIGNAL

JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA 2023

PROCESS ENGINEERING: FLOW DIAGRAM
PRARANCANGAN PABRIK ALUMINIUM SULFAT KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN

Disusun Oleh :
1. M. Mindzil Fadlulol NIM. 19521148
2. Bagus Alri Naufalyah NIM. 19521153

Dosen Pembimbing,
Umi Rafiqah, S.T., M.T.
NIP.165211304

Komponen	Arus (kg/jam)																		
	Arus 1	Arus 2	Arus 3	Arus 4	Arus 5	Arus 6	Arus 7	Arus 8	Arus 9	Arus 10	Arus 11	Arus 12	Arus 13	Arus 14	Arus 15	Arus 16	Arus 17	Arus 18	Arus 19
Air	31,718	1004,389	1036,106	240,628	240,628	12,665	240,628	1550,773	355,682	24,116	1882,339	811,020	715,365	95,654	93,129	2,525	2,658	0,133	2,525
Alum Sulfat								1735,584		26,990	1708,593	254,660	224,625	30,035	24,985	5,051	5,316	0,266	5,051
Al ₂ (SO ₄) ₃ .14H ₂ O																			
Asam Sulfat	1554,159		1554,159					62,166		0,967	61,200	2525,253	53,982	2525,253	4,693	2525,253	2658,161	132,908	2525,253
Besi (II) oksida				50,339	50,339	2,649	50,339	50,339		50,339	50,339								
Silikon Dioksida				129,939	129,939	6,839	129,939	129,939		129,939	129,939								
Titanium Dioksida				6,449	6,449	0,339	6,449	6,449		6,449	6,449								
Alum Oksida				539,198	539,198	28,379	539,198	21,568		21,568									
Jumlah	1585,877	1004,389	2590,266	966,553	966,553	50,871	966,553	3556,818	355,682	260,368	3652,132	3652,132	993,971	2658,161	122,807	2535,354	2668,793	133,440	2535,354

LAMPIRAN C
KARTU KONSULTASI BIMBINGAN
PRARANCANGAN PABRIK

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

1. Nama Mahasiswa : M. Mindzil Fadlooil

NIM : 19521148

2. Nama Mahasiswa : Bagus Alri Naufalsyah

NIM : 19521153

Judul Prarancangan *) : PRA RANCANGAN PABRIK ALUMINIUM SULFAT
DARI BAUKSIT DAN ASAM SULFAT KAPASITAS
20.000 TON/TAHUN

Mulai Masa Bimbingan : **10 Oktober 2022**

Batas Akhir Bimbingan : **06 Oktober 2023**

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1.	12 Oktober 2022	Perkenalan dan diskusi mengenai tahap prarancangan pabrik	
2.	18 Januari 2023	Penentuan kapasitas pabrik, latar belakang pendirian pabrik	
3.	23 Januari 2023	Revisi penulisan senyawa (subscript)	
4.	17 Juli 2023	Tinjauan pustaka, menentukan kinetika reaksi, tinjauan termodinamika	
5.	7 Agustus 2023	Revisi luaran tinjauan kinetika sampai luaran diagram alir	
6.	14 September 2023	Bimbingan luaran neraca massa via chat	
7	22 September 2023	Bimbingan perancangan raktoralat alat pemisah, via chat	
8	25 September 2023	Bimbingan optimasi reaktor, pefd	
9.	4 Oktober 2023	Bimbingan tata letak pabrik, utilitas, dan evaluasi ekonomi	

10	9 Oktober 2023	Bimbingan naskah tugas akhir	
----	----------------	------------------------------	---

Disetujui Draft Penulisan:

Yogyakarta, 11 Oktober 2023

Pembimbing,



Umi Rofiqah, S.T., M.T

***) Judul PraRancangan Ditulis dengan Huruf Balok**

Kartu Konsultasi Bimbingan dilampirkan pada Laporan PraRancangan

Kartu Konsultasi Bimbingan dapat difotocopy