

SKRIPSI

**“PRARANCANGAN PABRIK ALUMINIUM SULFAT DARI
ALUMINIUM HIDROKSIDA DAN ASAM SULFAT DENGAN
KAPASITAS PRODUKSI 50.000 TON/TAHUN”**



AMDANU WIRA ADI KUSUMA LUMBANTOBING
(2110017401051)

*Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Meraih Gelar Sarjana Pada
Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta*

UNIVERSITAS BUNG HATTA
OKTOBER 2022



JURUSAN TEKNIK KIMIA

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI – UNIVERSITAS BUNG HATTA
Kampus III – Jl. Gajah Mada, Gunung Pangilun, telp. (0751) 54257 Padang

**LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI**

**PRA RANCANGAN PABRIK ALUMINIUM SULFAT DARI ALUMINIUM
HIDROKSIDA DAN ASAM SULFAT DENGAN KAPASITAS 50.000
TON/TAHUN**

OLEH :

AMDANU WIRA ADI KUSUMA LUMBANTOBING
2110017411051

**Disetujui Oleh :
Pembimbing**

Dr. Firdaus, S.T., M.T.

Diketahui Oleh :

Fakultas Teknologi Industri

Dekan

Prof. Dr. Eng. Reni Desmiarti, S.T, M.T

Jurusan Teknik Kimia

Ketua

Dr. Firdaus, S.T, M.T



**LEMBAR PENGESAHAN REVISI LAPORAN SKRIPSI/
PRA RANCANGAN PABRIK**

Nama : Amdanu Wira Adi Kusuma LumbanTobing

NPM : 2110017411051

Tanggal Sidang : 08 Februari 2023

Jabatan	Nama	Tanda Tangan
Ketua	Dr. Firdaus, S.T, M.T	
Anggota	1. Prof. Dr. Eng. Reni Desmiarti, S.T, M.T	
	2. Dr. Pasyimi, S.T, M.T	

Pembimbing

Dr. Firdaus, S.T, M.T



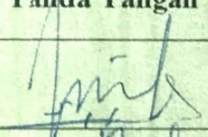
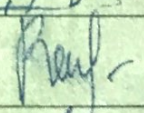
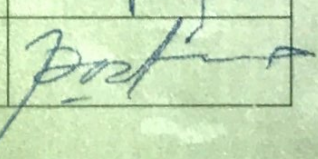
**LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI
SKRIPSI**

**PRA RANCANGAN PABRIK ALUMINIUM SULFAT DARI ALUMINIUM
HIDROKSIDA DAN ASAM SULFAT DENGAN KAPASITAS 50.000
TON/TAHUN**

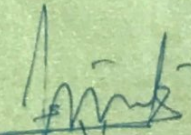
Oleh :



AMDANU WIRA ADI KUSUMA LUMBANTOBING
2110017411051

**Sidang Tugas Akhir Sarjana Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri
Universitas Bung Hatta Dengan Team Penguji :**

Jabatan	Nama	Tanda Tangan
Ketua	Dr. Firdaus, S.T, M.T	
Anggota	1. Prof. Dr. Eng. Reni Desmiarti, S.T, M.T	
	2. Dr. Pasyimi, S.T, M.T	

Pembimbing


Dr. Firdaus, S.T, M.T

	FORMULIR PENILAIAN SEMINAR TUGAS AKHIR		
Fakultas Teknologi Industri	No. Dokumen 01/TA.02/TK-FTI/II-2023	Tanggal Terbit 8 Februari 2023	Jurusan Teknik Kimia

BERITA ACARA SEMINAR TUGAS AKHIR

Pada hari *Rabu* tanggal *Delapan* Bulan *Februari* Tahun *Dua Ribu Dua Puluh Tiga*, telah dilangsungkan Seminar Tugas Akhir Program Strata Satu (S-1) di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta, terhadap :

Nama	: Amdanu Wira Adi Kusuma Lumban Tobing
NPM	: 2110017411051
Judul Tugas Akhir	: Pra Rancangan Pabrik Alumunium Sulfat Dari Alumunium Hidroksida Dengan Asam Sulfat Dengan Kapasitas Produksi 50.000 Ton/Tahun
Pembimbing	: Dr. Firdaus, ST. MT.
Tanggal / Waktu Ujian	: 8 Februari 2023 / 11.00 – 12.30 WIB
Ruang Ujian	: Ruang Sidang Prodi Teknik Kimia I

Hasil Ujian : “ Lulus *) dengan/tanpa perbaikan, nilai:

*) Tidak Lulus, dapat mengulang ujian pada :.....

*) Tidak lulus

Nilai Akhir :

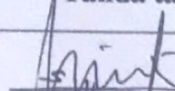
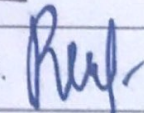
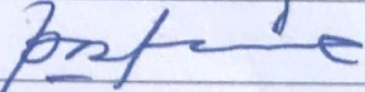
Angka

: **67,1**

Huruf

: **C / C+ / (B-) / B / B+ / A- / A**

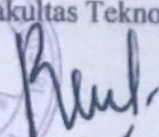
Tim Penguji

Jabatan	Nama	Tanda tangan
Ketua	1. Dr. Firdaus, S.T., M.T.	1. 
Anggota	2. Prof. Dr. Eng. Reni Desmiarti, ST. MT.	2. 
	3. Dr. Pasymi, ST. MT.	3. 

Demikianlah Berita Acara ini dikeluarkan agar dipergunakan seperlunya.

Mengetahui

Dekan Fakultas Teknologi Industri

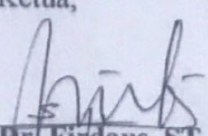

Prof. Dr. Eng. Reni Desmiarti, ST. MT.

Dikeluarkan : Di Padang

Tanggal : 8 Februari 2023

Jurusan Teknik Kimia

Ketua,


Dr. Firdaus, ST., MT.

INTISARI

Pabrik aluminium sulfat dari aluminium hidroksida dan asam sulfat ini dirancang dengan kapasitas produksi 50.000 ton/tahun. Dengan lokasi pabrik direncanakan di Jl. Jenderal Ahmad Yani, Ngipik, Ngipik, Karangpoh, Kec. Gresik, Kabupaten Gresik, Jawa Timur. Pabrik ini beroperasi selama 330 hari per tahun. Proses produksi yang digunakan adalah proses *Giullini*. Aluminium hidroksida dan asam sulfat direaksikan didalam *Continues Stirred Tank Reactor* (CSTR) sehingga membentuk produk aluminium sulfat, dan dilanjutkan ke *Evaporator* untuk memekatkan larutan asam sulfat dan mengurangi kadar air didalamnya, lalu pengeringan aluminium sulfat dilakukan menggunakan *Rotary Dryer*. Pabrik ini merupakan perusahaan yang berbentuk Perusahaan Terbatas (PT) dengan struktur organisasi "*Lini*". Hasil analisa ekonomi pada rancangan pabrik dietil eter ini menunjukkan bahwa pabrik ini layak didirikan dengan jumlah total investasi yang dibutuhkan Rp. 620.029.849.132 yang diperoleh dari pinjaman bank 50% dan 50% modal sendiri. Laju pengembalian modal (ROR) sebesar 43,36%, waktu pengembalian modal 2 tahun 7 bulan 5 hari. dan *Break Event Point* (BEP) sebesar 39,90%.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabarakattuh.

Puji dan syukur penulis haturkan kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, Sehingga berkat keridha'an nya tugas akhir dengan judul **“Pra Rancangan Pabrik Aluminium Sulfat Dari Aluminium Hidroksida Dan Asam Sulfat Dengan Kapasitas 50.000 ton/tahun”** dapat terselesaikan tepat pada waktunya.

Tujuan penulisan tugas akhir ini adalah dalam rangka memenuhi salah satu syarat akademis untuk menyelesaikan pendidikan S1 di jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta.

Penyusunan tugas akhir ini tidak terlepas dari dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Eng. Reni Desmiarti, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta Padang.
2. Bapak Dr. Firdaus, ST., MT., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Bung Hatta Padang.
3. Ibu Dr. Firdaus, S.T., M.T., selaku Pembimbing yang telah memberikan arahan dan membagikan pengetahuannya hingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Seluruh Dosen Teknik Kimia Universitas Bung Hatta yang telah memberikan ilmu pengetahuannya sehingga kami dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Kedua orang tua dan keluarga besar penulis yang telah memberikan dukungan dan doanya, moral dan material, serta selalu membimbing baik penulis baik secara lisan maupun tindakan. Yang selalu menasehati penulis dan memberikan saran semenjak kanak-kanak hingga saat ini.
6. Rekan-rekan di Teknik Kimia 21 sekalian yang telah mendukung dan menyemangati penulis hingga saat ini, serta selalu memberikan pelajaran-pelajaran hidup dan mau menjadi teman bertukar pikiran bagi penulis saat sedang buntu.

7. Kepada Muhammad Iqbal P Nasution, Nelson DolokSaribu, Citra Barimbing, Fitri Ayu Diya Sari, serta teman-teman mahasiswa transfer ke Univeritas Bung Hatta yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.
8. Rekan-rekan mahasiswa Jurusan Teknik Kimia Universtas Bung Hatta angkatan 2014 dan 2015 yang senantiasa saling memotivasi.

Penulis menyadari tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritikan dan saran dari pembaca demi perbaikan tugas akhir ini. Atas perhatiannya penulis mengucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Padang, Oktober 2022

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	
DAFTAR ISI	
DAFTAR TABEL	
DAFTAR GAMBAR	
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Kapasitas Pabrik.....	2
1.3 Lokasi Pabrik	4
1.3.1 Lokasi alternatif (Lalang, Tayan Hilir, Sanggau Regency, Kalimantan Barat)	5
1.3.2 Lokasi alternatif II (Gunung Kijang, Bintan Regency, Kepulauan Riau)	7
1.3.3 Lokasi alternatif III (Jl. Jenderal Ahmad Yani, Ngipik, Ngipik, Karangpoh, Kec. Gresik, Kabupaten Gresik, Jawa Timur).....	9
1.3.4 Pemilihan Lokasi Pabrik.....	11
BAB II TINJAUAN UMUM	12
2.1 Tinjauan Umum	12
2.1.1 Aluminium Sulfat	12
2.1.2 Bahan Baku Pembuatan Aluminium Sulfat.....	12
2.2 Tinjauan Proses	14
2.2.1 Proses Dorr	14
2.2.2 Proses Giullini	16
2.2.3 Proses Digesting	17
2.2.4 Perbandingan Proses	18
2.3 Bahan Baku	19
2.4 Spesifikasi Bahan Baku	20
BAB III TAHAPAN DAN DESKRIPSI PROSES	22
3.1 Tahapan Proses dan Blok Diagram.....	22
3.1.1 Tahapan Proses	22
3.1.2 Diagtam Alir Proses.....	22

3.2 Deskripsi Proses dan Flowsheet.....	23
3.2.1 Deskripsi Proses	23
3.2.2 Proses Flow Diagram.....	25
BAB IV NERACA MASSA DAN NERACA ENERGI	26
4.1 Neraca Massa	26
4.3 Neraca Energi.....	31
BAB V UTILITAS	39
5.1 Unit Penyediaan Listrik	39
5.2 Unit Pengadaan Air.....	39
5.2.1 Air Sanitasi	40
5.2.2 Air Pendingin.....	44
5.2.3 Air Proses dan Air Umpan Boiler.....	45
5.3 Unit Penyediaan <i>Steam</i>	49
5.3.1 <i>Deaerator</i>	49
5.4 Unit Pengolahan Limbah	50
BAB VI SPESIFIKASI PERALATAN	52
6.1 Spesifikasi Peralatan Utama	52
6.1.1 Tangki Penyimpanan H ₂ SO ₄	52
6.1.2 <i>Bucket Elevator</i>	53
6.1.3 <i>Ware House</i>	53
6.1.4 Pompa	54
6.1.5 Pompa Peralatan	55
6.1.6 Tangki Pengenceran.....	55
6.1.7 <i>Heat Exchanger</i>	56
6.1.8 <i>Reaktor</i>	56
6.1.9 <i>Filter Press</i>	57
6.1.10 <i>Cooler</i>	58
6.1.11 <i>Evaporator</i>	58
6.1.12 <i>Condensor</i>	59
6.1.13 <i>Crystallizer</i>	60
6.1.14 <i>Belt Conveyor</i>	60
6.1.15 <i>Centrifuge</i>	61

6.1.16	<i>Screw Conveyor</i>	62
6.1.17	<i>Blower</i>	62
6.1.18	<i>Rotary Dryer</i>	63
6.1.19	<i>Roller Mill</i>	63
6.1.20	<i>Silo</i>	64
6.2	Spesifikasi Peralatan Utilitas	64
6.2.1	Pompa Air Sungai	64
6.2.2	Bak Penampung Air Sungai	65
6.2.3	Tangki Pelarutan <i>Alum</i>	66
6.2.4	Tangki Pelarutan Kapur Tohor	66
6.2.5	Tangki Pelarutan Kaporit	67
6.2.6	Unit Pengolahan <i>Raw Water</i>	67
6.2.7	<i>Sand Filter</i>	68
6.2.8	Bak Penampungan Air Bersih	68
6.2.9	<i>Softener Tank</i>	69
6.2.10	Tangki Air <i>Demin</i>	69
6.2.11	<i>Cooling Tower</i>	70
6.2.12	<i>Dearator</i>	70
6.1.13	<i>Boiler</i>	71
BAB VII TATA LETAK PABRIK DAN K3LH (KESEHATAN,		
KESELAMATAN, KERJA DAN LINGKUNGAN HIDUP).....		72
7.1	Tata Letak Pabrik	72
7.2	Kesehatan, Keselamatan, Kerja dan Lingkungan Hidup	75
7.2.1	Sebab – Sebab Terjadinya Kecelakaan	76
7.2.2	Peningkatan Usaha Keselamatan Kerja	77
7.2.3	Alat Pelindung Diri (APD)	77
7.2.4	Macam – Macam Alat Pelindung Diri	78
BAB VIII ORGANISASI PERUSAHAAN.....		82
8.1	Bentuk Perusahaan	82
8.2	Struktur Organisasi	83
8.3	Tugas dan Wewenang	83
8.3.1	Pemegang Saham	84

8.3.2 Dewan Komisaris.....	84
8.3.3 Direktur Utama	84
8.3.4 Kepala Bagian.....	85
8.4 Sistem Kepegawaian dan Sistem Gaji.....	88
8.5 Sistem Kerja	89
8.5.1 Waktu Kerja Karyawan <i>Non Shift</i>	89
8.5.2 Waktu Kerja Karyawan <i>Shift</i>	89
8.6 Jumlah Karyawan.....	90
8.7 Kesejahteraan Sosial Karyawan.....	90
BAB IX ANALISA EKONOMI.....	94
9.1 <i>Total Capital Investment (TCI)</i>	94
9.2 Biaya Produksi (<i>Total Production Cost</i>).....	95
9.3 Harga Jual (<i>Total Sales</i>).....	95
9.4 Tinjauan Kelayakan Pabrik.....	95
9.4.1 Laba Kotor dan Laba Bersih.....	95
9.4.2 Laju Pengembalian Modal (<i>Rate Of Return</i>).....	96
9.4.3 Waktu Pengembalian Modal (<i>Pay Out Time</i>).....	96
9.4.4 Titik Impas (<i>Break Event Point</i>).....	96
BAB X TUGAS KHUSUS	98
10.1 Pendahuluan	98
10.2 Ruang Lingkup Rancangan	98
10.1 Rancangan	98
10.3.1 <i>Reaktor</i>	98
10.3.2 Pompa	103
10.3.3 <i>Heater</i>	111
10.3.4 <i>Filter Press</i>	120
BAB XI KESIMPULAN.....	123
11.1 Kesimpulan	123
11.2 Saran.....	124
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Daftar pabrik penghasil aluminium hidroksida di Indonesia.....	2
Tabel 1.2	Daftar pabrik penghasil aluminium hidroksida di dunia	2
Tabel 1.3	Daftar pabrik penghasil Asam Sulfat di Dunia.....	2
Tabel 1.4	Daftar pabrik penghasil Asam Sulfat di Indonesia	2
Tabel 1.5	Data Impor Aluminium Sulfat Indonesia.....	3
Tabel 1.6	Data Ekspor Aluminium Sulfat Indonesia	3
Tabel 1.7	Daftar pabrik penghasil Aluminium Sulfat di Indonesia	4
Tabel 1.8	Analisa SWOT Lalang, Tayan Hilir, Sanggau Regency, Kalimantan Barat	6
Tabel 1.9	Analisa SWOT Gunung Kijang, Bintan Regency, Kepulauan Riau.....	8
Tabel 1.10	Jl. Jenderal Ahmad Yani, Ngipik, Ngipik, Karangpoh, Kec. Gresik, Kabupaten Gresik, Jawa Timur	10
Tabel 2.1	Komposisi Al(OH) ₃ PT. ICA.....	13
Tabel 2.2	Perbandingan Proses Pada Pembuatan Aluminium Sulfat	18
Tabel 4.1	Neraca Massa <i>Mixing</i>	26
Tabel 4.2	Neraca Massa <i>Reaktor</i>	27
Tabel 4.3	Neraca Massa <i>Filter Press</i>	28
Tabel 4.4	Neraca Massa <i>Evaporator</i>	29
Tabel 4.5	Neraca Massa Kristalizer	29
Tabel 4.6	Neraca Massa <i>Centrifugasi</i>	30
Tabel 4.7	Neraca Massa <i>Rotary Dryer</i>	31
Tabel 4.8	Nilai Kapasitas Panas Komponen Fungsi Tertentu	31
Tabel 4.9	Kapasitas Panas Elemen, Kal/mol°K	32
Tabel 4.10	Nilai Panas Pembentukan Komponen.....	32
Tabel 4.11	Neraca Energi <i>Heater</i>	33
Tabel 4.12	Neraca Energi <i>Reaktor</i>	33
Tabel 4.13	Neraca Energi <i>Cooler</i>	34
Tabel 4.14	Neraca Energi <i>Evaporator</i>	35
Tabel 4.15	Neraca Energi <i>Condensor</i>	35
Tabel 4.16	Neraca Energi Kristalizer.....	36

Tabel 4.17	Neraca Energi <i>Centrifugasi</i>	36
Tabel 4.18	Neraca Energi <i>Rotary Dryer</i>	37
Tabel 4.19	Neraca Energi <i>Heater</i> Udara.....	37
Tabel 5.1	Kebutuhan Air.....	39
Tabel 5.2	Kualitas Air Sungai Ngipik.....	40
Tabel 5.3	Ambang Batas Kandungan Unsur Atau Senyawa Kimia Dalam Air Bagi Kesehatan Manusia	41
Tabel 5.4	Persyaratan Air Umpan Boiler.....	45
Tabel 5.5	Kehilangan Efisiensi Termal Akibat Lapisan Kerak Pada <i>Boiler</i>	47
Tabel 5.6	<i>Resin</i> Yang Digunakan	47
Tabel 6.1	Spesifikasi <i>Ware House</i> Al(OH) ₃	52
Tabel 6.2	Spesifikasi <i>Bucket Elevator</i>	53
Tabel 6.3	Spesifikasi Tangki Penyimpanan H ₂ SO ₄	53
Tabel 6.4	Spesifikasi Pompa.....	54
Tabel 6.5	Daya Pompa Pada Larutan.....	55
Tabel 6.6	Spesifikasi Tangki Pengenceran H ₂ SO ₄	55
Tabel 6.7	Spesifikasi <i>Heat Exchanger</i>	56
Tabel 6.8	Spesifikasi <i>Reaktor</i>	56
Tabel 6.9	Spesifikasi <i>Filter Press</i>	57
Tabel 6.10	Spesifikasi <i>Cooler</i>	58
Tabel 6.11	Spesifikasi <i>Evaporator</i>	58
Tabel 6.12	Spesifikasi <i>Condensor</i>	59
Tabel 6.13	Spesifikasi <i>Crystallizer</i>	60
Tabel 6.14	Spesifikasi <i>Belt Conveyor</i>	60
Tabel 6.15	Spesifikasi <i>Centrifuge</i>	61
Tabel 6.16	Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i>	62
Tabel 6.17	Spesifikasi <i>Blower</i>	62
Tabel 6.18	Spesifikasi <i>Rotary Dryer</i>	63
Tabel 6.19	Spesifikasi <i>Roller Mill</i>	63
Tabel 6.20	Spesifikasi <i>Silo</i>	64
Tabel 6.21	Spesifikasi Pompa <i>Utilitas</i>	64

Tabel 6.22	Pompa Pada Peralatan <i>Utilitas</i>	65
Tabel 6.23	Spesifikasi Bak Penampung Air Sungai	65
Tabel 6.24	Spesifikasi Tangki Pelarutan Alum	66
Tabel 6.25	Spesifikasi Tangki Pelarutan Kapur Tohor.....	66
Tabel 6.26	Spesifikasi Tangki Pelarutan Kaporit	67
Tabel 6.27	Spesifikasi Unit Pengolahan <i>Raw Water</i>	67
Tabel 6.28	Spesifikasi <i>Sand Filter</i>	68
Tabel 6.29	Spesifikasi Bak Penampungan Air Bersih	68
Tabel 6.30	Spesifikasi <i>Softener Tank</i>	69
Tabel 6.31	Spesifikasi Tangki Air Demin	69
Tabel 6.32	Spesifikasi <i>Cooling Tower</i>	70
Tabel 6.33	Spesifikasi <i>Deaerator</i>	70
Tabel 6.34	Spesifikasi <i>Boiler</i>	71
Tabel 8.1	Waktu Kerja Karyawan <i>Non Shift</i>	90
Tabel 8.2	Karyawan <i>Non Shift</i>	91
Tabel 8.3	Karyawan <i>Shift</i>	91
Tabel LA.1	Neraca Massa <i>Mixing</i>	LA-3
Tabel LA.2	Neraca Massa <i>Reaktor</i>	LA-5
Tabel LA.3	Neraca Massa <i>Filter Press</i>	LA-6
Tabel LA.4	Neraca Massa <i>Evaporator</i>	LA-8
Tabel LA.5	Neraca Massa Kristalizer.....	LA-10
Tabel LA.6	Neraca Massa <i>Centrifugasi</i>	LA-11
Tabel LA.7	Neraca Massa <i>rotary Dryer</i>	LA-13
Tabel LB.1	Nilai Kapasitas Panas Komponen Fungsi Temperatur.....	LB-1
Tabel LB.2	Kapasitas Panas Elemen, Kal/mol ^o K.....	LB-1
Tabel LB.3	Nilai Panas Pembentukan Komponen	LB-1
Tabel LB.4	Neraca Energi <i>Heater</i>	LB-3
Tabel LB.5	Neraca Energi <i>Reaktor</i>	LB-6
Tabel LB.6	Neraca Energi <i>Cooler</i>	LB-7
Tabel LB.7	Neraca Energi <i>Evaporator</i>	LB-9
Tabel LB.8	Neraca Energi <i>Condensor</i>	LB-10
Tabel LB.9	Neraca Energi Kristalizer	LB-12

Tabel LB.10	Neraca Energi <i>Centrifugasi</i>	LB-13
Tabel LB.11	Neraca Energi <i>Rotary Dryer</i>	LB-15
Tabel LB.12	Neraca Energi <i>Heater Udara</i>	LB-17
Tabel LC.1	Kebutuhan <i>Steam</i> Untuk Proses	LC-31
Tabel LC.2	Kebutuhan Air Pendingin	LC-31
Tabel LC.3	Kebutuhan Air Proses	LC-60
Tabel LC.4	Kebutuhan Air Pendingin	LC-60
Tabel LC.5	Kebutuhan Air Sanitasi	LC-60
Tabel LC.6	Kebutuhan <i>Steam</i>	LC-60
Tabel LC.7	Daya Pompa Pada Peralatan <i>Utilitas</i>	LC-68
Tabel LD.1	Daftar Indeks harga Rata – Rata Tahunan	LD-1
Tabel LD.2	Daftar Perkiraan Harga Peralatan Proses	LD-4
Tabel LD.3	Daftar Perkiraan Harga Peralatan Utilitas	LD-5
Tabel LD.4	Daftar <i>Capital Investment</i> Pabrik Aluminium Sulfat Dari Aluminium Hidroksida Dan Asam Sulfat	LD-7
Tabel LD.5	Harga Bahan Baku	LD-8
Tabel LD.6	Gaji Karyawan Pra Rancangan Pabrik Aluminium Sulfat Dari Aluminium Hidroksida Dan Asam Sulfat	LD-9
Tabel LD.7	Perhitungan Komponen Biaya Produksi Total	LD-10
Tabel LD.8	Perhitungan Komponen Biaya Produksi Total	LD-11

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Hubungan Antara Tahun Dengan Produksi Di Indonesia.....	3
Gambar 1.2	Lalang, Tayan Hilir, Sanggau Regency, Kalimantan Barat	5
Gambar 1.3	Gunung Kijang, Bintan Regency, Riau Islands	7
Gambar 1.4	Jl. Jendral Ahmad Yani, Ngipik, Ngipik, Karangpoh, Kec. Gresik, Kabupaten Gresik, Jawa Timur.....	9
Gambar 2.1	Struktur Aluminium Hidroksida	13
Gambar 2.2	Struktur Asam Sulfat.....	13
Gambar 2.3	Blok Diagram Proses Dorr	16
Gambar 2.4	Blok Diagram Proses Giullini	17
Gambar 2.5	Blok Diagram Proses Digesting	18
Gambar 3.1	Blok Diagram Proses Pembuatan Aluminium Sulfat Dari Aluminium Hidroksida Dan Asam Sulfat.....	22
Gambar 3.2	Flowsheet Pembuatan Aluminium Sulfat.....	25
Gambar 4.1	Blok Diagram Neraca Massa Pada <i>Mixer</i>	26
Gambar 4.2	Blok Diagram Neraca Mssa Pada <i>Reaktor</i>	27
Gambar 4.3	Blok Diagram Neraca Massa Pada <i>Filter Press</i>	28
Gambar 4.4	Blok Diagram Neraca Massa Pada <i>Evaporator</i>	28
Gambar 4.5	Blok Diagram Neraca Massa Pada Kristalizer.....	29
Gambar 4.6	Blok Diagram Neraca Massa Pada <i>Centrifugasi</i>	30
Gambar 4.7	Blok Diagram Neraca Massa Pada <i>Rotary Dryer</i>	31
Gambar 4.8	Blok Diagram Neraca Energi Pada <i>Heater</i>	32
Gambar 4.9	Blok Diagram Neraca Energi Pada <i>Reaktor</i>	32
Gambar 4.10	Blok Diagram Neraca Energi Pada <i>Cooler</i>	33
Gambar 4.11	Blok Diagram Neraca Energi Pada <i>Evaporator</i>	34
Gambar 4.12	Blok Diagram Neraca Energi Pada <i>Condensor</i>	34
Gambar 4.13	Blok Diagram Neraca Energi Pada Kristalizer	36
Gambar 4.14	Blok Diagram Neraca Energi Pada <i>Centrifugasi</i>	36
Gambar 4.15	Blok Diagram Neraca Energi Pada <i>Rotary Dryer</i>	37
Gambar 4.16	Blok Diagram Neraca Energi Pada <i>Heater Udara</i>	37
Gambar 5.1	Blok Diagram Proses Pengolahan Air Sanitasi	42

Gambar 5.2	Lapisan Kerak Pada Pipa	46
Gambar 5.3	Flowsheet Utilitas	51
Gambar 7.1	Tata Letak Lingkungan Pabrik.....	74
Gambar 7.2	Tata Letak Pabrik	75
Gambar 7.3	<i>Safety Helmet</i>	78
Gambar 7.4	<i>Safety Belt</i>	79
Gambar 7.5	<i>Safety Boot</i>	79
Gambar 7.6	<i>Safety Shoes</i>	79
Gambar 7.7	<i>Safety Gloves</i>	80
Gambar 7.8	<i>Ear Plug / Ear Muff</i>	80
Gambar 7.9	<i>Safety Glasses</i>	80
Gambar 7.10	<i>Safety Mask</i>	81
Gambar 7.11	<i>Face Shield</i>	81
Gambar 7.12	<i>Rain Coat</i>	81
Gambar 8.1	Struktur Organisasi	93
Gambar 9.1	Kurva Break Event Point	97

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Setelah memasuki era pasar bebas dan pembangunan yang pesat, maka bangsa Indonesia dihadapkan dengan situasi pembangunan yang besar agar mampu bersaing dengan negara lain, serta mampu menaikkan taraf hidup masyarakat. Setiap pembangunan yang dilakukan tentu tidak terlepas dari pembangunan industri yang semakin hari semakin banyak didirikan termasuk dalam bidang kimia. Diantara produk yang dihasilkan di bidang kimia adalah aluminium sulfat hal ini sangat penting karena mampu mengurangi ketergantungan kita terhadap industri luar negeri serta mampu mengurangi pengeluaran oleh negara.

Menurut Indexmundi (2016), produksi aluminium sulfat pada tahun 2005-2011 cukup besar. Pada tahun 2011, Indonesia berada dalam urutan ke-70 untuk kategori negara pengimpor aluminium sulfat (Alum) dan urutan ke-11 untuk kategori negara pengekspor aluminium sulfat. Berdasarkan data tersebut dapat diketahui bahwa Indonesia memiliki produksi aluminium sulfat yang besar sehingga dapat mengekspor ke negara lain. Menurut publikasi statistik industri besar dan sedang bahan baku (BPS, 2020) industri yang menggunakan aluminium sulfat diantaranya industri minyak kasar (minyak makan) dari nabati dan hewani, industri minyak goreng dari minyak kelapa sawit, industri gula pasir, industri kertas, industri kimia dasar organik yang bersumber dari hasil pertanian, industri damar buatan dan bahan baku plastik, industri sabun, dan industri perekat atau lem.

Aluminium sulfat adalah suatu senyawa kimia anorganik dengan rumus $Al_2(SO_4)_3$. Senyawa ini larut dalam air, terutama digunakan sebagai bahan flokulasi dalam pemurnian air minum dan kilang pengolahan air, serta dalam pembuatan kertas (Faith dan Keyes, 1957).

1.2 Kapasitas Pabrik

Penentuan kapasitas pabrik Aluminium Sulfat, terdapat beberapa faktor yang harus di pertimbangkan. Yaitu, ketersediaan bahan baku, kebutuhan pasar dan kapasitas minimum dari pabrik yang sudah ada.

1. Ketersediaan bahan baku.

Bahan baku pembuatan Aluminium Sulfat adalah Aluminium Hidroksida $\text{Al}(\text{OH})_3$ dan Asam Sulfat H_2SO_4 . Data produksi penghasil Aluminium Sulfat dan Asam Sulfat.

Tabel 1.1 Daftar pabrik penghasil aluminium hidroksida di Indonesia :

Nama Perusahaan	Lokasi	Kapasitas (Ton/Tahun)	Sumber
PT ICA	Indonesia	300.000	www.pt-ica.com

Tabel 1.2 Daftar pabrik penghasil aluminium hidroksida di dunia :

Nama Perusahaan	Lokasi	Kapasitas (Ton/Tahun)	Sumber
Chalco	China	2.592.000	Richard Flook (2018)
Alcoa	Australia	720.000	Richard Flook (2018)
Almatis	German	504.000	Richard Flook (2018)
Alteo	France	432.000	Richard Flook (2018)

Tabel 1.3 Daftar pabrik penghasil Asam Sulfat di Dunia

Nama Perusahaan	Lokasi	Kapasitas (Ton/Tahun)	Sumber
Chemieanlagenbau Chemnitz	German	420.000	<i>Badische Anilin- und Soda-Fabrik</i>
Bestgrand Chemical Group	America	300.000	<i>Badische Anilin- und Soda-Fabrik</i>

Tabel 1.4 Daftar pabrik penghasil Asam Sulfat di Indonesia

Nama Perusahaan	Lokasi	Kapasitas (Ton/Tahun)	Sumber
PT. Indo Acid Industry	Indonesia	82.500	www.indoacid.co.id
PT. Timuraya Tunggal	Indonesia	30.000	www.indoacid.co.id

2. Kebutuhan pasar.

Kebutuhan pasar Aluminium Sulfat dapat dilihat berdasarkan data ekspor dan impor Aluminium Sulfat di Indonesia. Data impor Aluminium Sulfat dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 1.5 Data Impor Aluminium Sulfat Indonesia

No	Tahun	Ekspor (Ton)
1	2015	46.504
2	2016	39.068
3	2017	39.430
4	2018	35.575
5	2019	37.511
6	2020	35.587

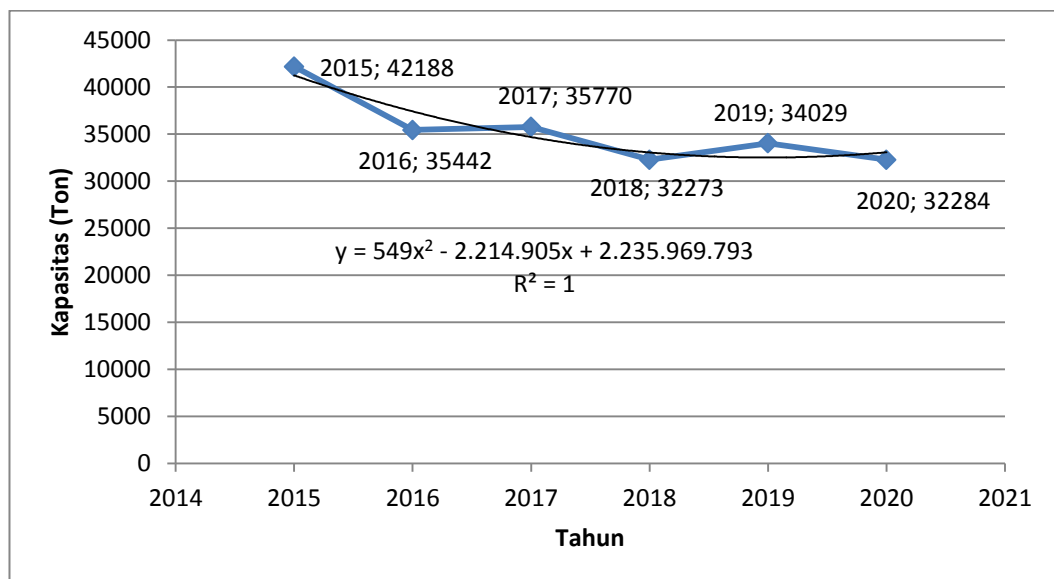
(Sumber : Badan Pusat Statistik, 2020)

Tabel 1.6 Data Ekspor Aluminium Sulfat Indonesia

No	Tahun	Ekspor (Ton)
1	2015	42.188
2	2016	35.442
3	2017	35.770
4	2018	32.273
5	2019	34.029
6	2020	32.284

(Sumber : Badan Pusat Statistik, 2020)

Dari data ekspor Aluminium Sulfat di Indonesia tersebut dapat dibuat grafik hubungan antara tahun dengan kebutuhan ekspor aluminium sulfat.



Gambar 1.1 Hubungan Antara Tahun dengan Produksi di Indonesia

Berdasarkan grafik kapasitas pabrik Aluminium Sulfat yang akan didirikan pada tahun 2025 dapat diperoleh dari persamaan Polinomial. Dari persamaan $Y = 548.52x^2 - 2.214.905,44x + 2.235969792,75$ diprediksi kebutuhan Aluminium Sulfat pada tahun 2025 sebesar 61.101,75 ton/tahun.

3. Kapasitas pabrik yang sudah ada.

Daftar pabrik penghasil aluminium sulfat di Indonesia.

Tabel 1.7 Daftar pabrik penghasil Aluminium Sulfat di Indonesia

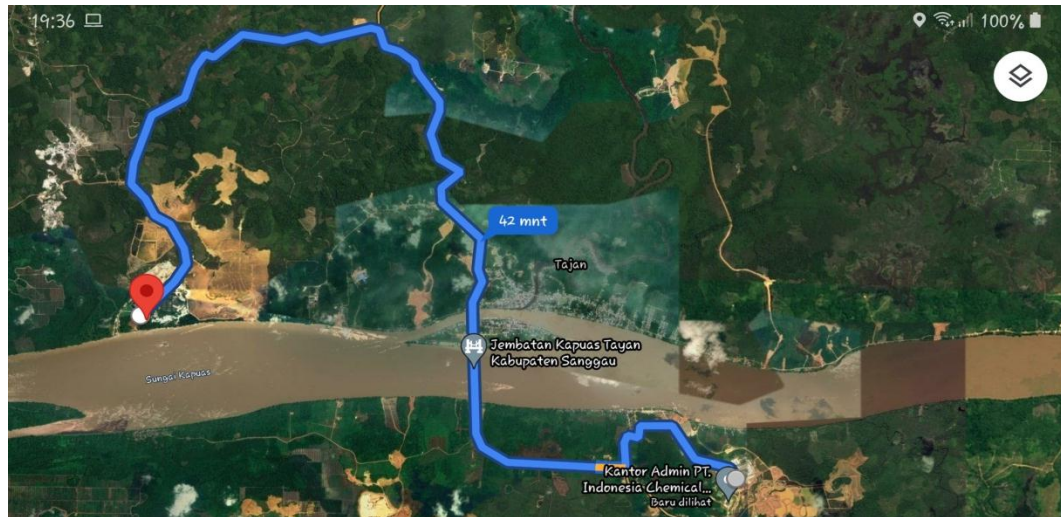
Nama Perusahaan	Kapasitas (Ton/Tahun)	Sumber
PT Indonesia Acid Industri	44.600	www.indoacid.go.id
PT Mahkota Indonesia	50.000	Kemenperin.go.id
PT Utama Inti Hasi Kimia Industri	3.000	Kemenperin.go.id
PT Dunia Kimia Utama	10.000	Kemenperin.go.id

1.3 Lokasi Pabrik

Penentuan lokasi pabrik sangat mempengaruhi masa depan industri yang akan didirikan baik menyangkut produksi maupun distribusi produk. Maka dari itu pemilihan lokasi harus memberikan perhitungan biaya produksi yang minimum. Pemilihan ini bisa berdasarkan penggunaan analisis SWOT (*Strength, Weakness, Opportunities, Threat*). Data analisis SWOT dapat dilihat pada masing-masing tabel dibawah ini.

1.3.1 Lokasi alternatif (Lalang, Tayan Hilir, Sanggau Regency, Kalimantan Barat)

Lokasi ini terletak di Lalang, Tayan Hilir, Sanggau Regency, Kalimantan Barat, yang dapat dilihat pada **Gambar 1.2** di bawah ini.



Gambar 1.2 Lalang, Tayan Hilir, Sanggau Regency, Kalimantan Barat
(Sumber : maps.google.com)

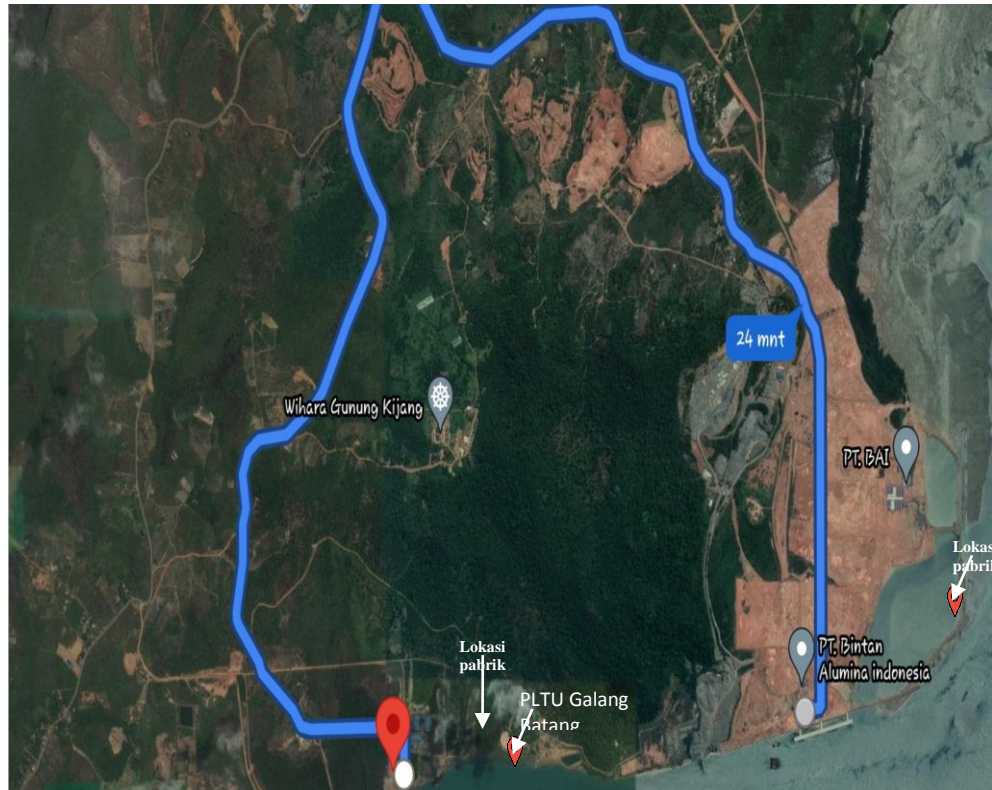
Analisa SWOT Lalang, Tayan Hilir, Sanggau Regency, Kalimantan Barat dapat dilihat pada **Tabel 1.8**

Tabel 1.8 Analisa SWOT Lalang, Tayan Hilir, Sanggau Regency, Kalimantan Barat

<p style="text-align: center;">INTERNAL</p> <p style="text-align: center;">EXTERNAL</p>	<p><i>STRENGTH (S)</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Dekat dengan penyediaan bahan baku, yaitu PT. Indonesia Chemical Alumina. 2. Dekat dengan dermaga Tayan. 3. Unit pengolahan air terintegrasi. 4. Tersedia tenaga kerja sesuai dengan kompetensi yang dibutuhkan. 5. Temperatur 27-30°C dan curah hujan 320 mm perbulan. 	<p><i>WEAKNESS (W)</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ketergantungan dengan industri bahan baku 2. Biaya pendistribusian lebih besar. 3. Kurangnya tenaga kerja terlatih 4. Wilayah rawan bencana seperti kebakaran hutan, banjir, dan lainnya.
<p><i>OPPORTUNITY (O)</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Bahan Alumina yang dekat dengan pabrik Produk. 2. Terletak di kawasan industri Lalang, Tayan Hilir. 3. Rekomendasi tenaga kerja dari lembaga yang terdidik 	<p><i>S-O STRATEGY</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Memaksimalkan kapasitas produksi 2. Meningkatkan kompetensi tenaga kerja. 3. Meminimalisir biaya distribusi bahan baku dari pabrik. 	<p><i>W-O STRATEGY</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Meningkatkan usaha integrasi vertikal antara pengolahan dan pemasaran
<p><i>THREATS (T)</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Perusahaan memberikan pelatihan khusus kepada karyawan 2. Peningkatan pemasaran untuk ekspor dan impor. 	<p><i>S-T STRATEGY</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Pemberian <i>reward</i> kepada karyawan untuk pencapaian target 2. Peningkatan <i>standar</i> pengolahan limbah 	<p><i>W-T STRATEGY</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Cost effectiveness</i> dalam penyediaan dan distribusi

1.3.2 Lokasi alternatif II (Gunung Kijang, Bintan Regency, Kepulauan Riau)

Lokasi ini terletak di Lokasi ini terletak di Gunung Kijang, Bintan Regency, Riau Islands dapat dilihat pada **Gambar 1.3**



Gambar 1.3 Gunung Kijang, Bintan Regency, Riau Islands
(Sumber : *maps.google.com*)

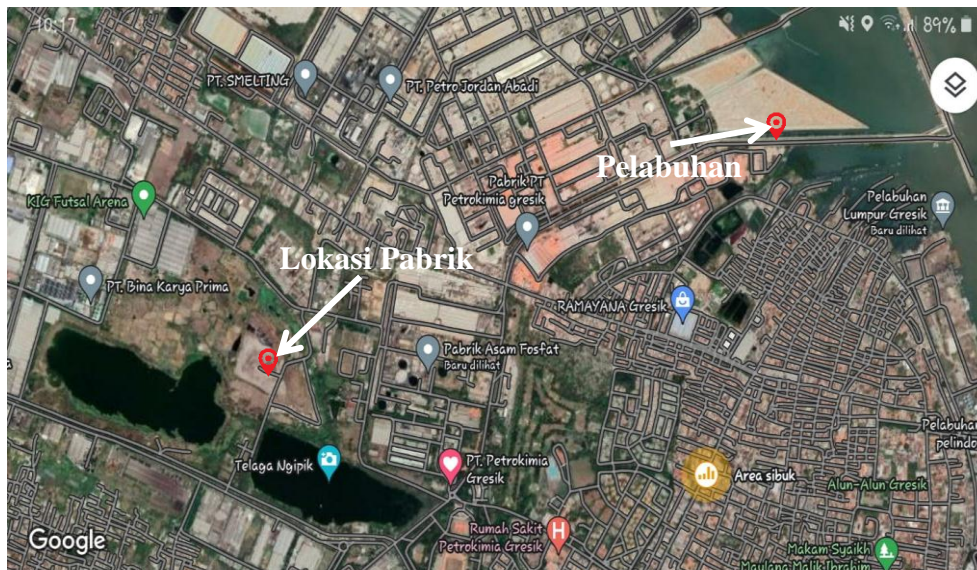
Pabrik akan dibangun dekat dengan PLTU Galang Batang yang berada dekat kawasan industri Kabupaten Bintan, Kepulauan Riau. Pemilihan lokasi tersebut dilakukan dengan analisa SWOT dapat dilihat pada **Tabel 1.9**

Tabel 1.9 Analisa SWOT Gunung Kijang, Bintang Regency, Kepulauan Riau

<p style="text-align: center;">INTERNAL</p> <p style="text-align: center;">EXTERNAL</p>	<p><i>STRENGTH (S)</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Dekat dengan penyedia bahan baku, yaitu PT Bintang Alumina Indonesia 2. Dekat dengan pelabuhan Kek Galang 3. Dekat dengan sungai gunung Kijang 4. Tenaga kerja di peroleh dari penduduk sekitar 5. Lokasi daerah stabil 6. Dekat dengan PLTU Galang Batang 	<p><i>WEAKNESSES (W)</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Debit air yang fluktuatif 2. Kurangnya tenaga kerja yang terlatih.
<p><i>OPPORTUNITY (O)</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Rekomendasi tenaga kerja dari lembaga yang terdidik. 2. Kondisi alam yang stabil. 	<p><i>S-O Strategy</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Memaksimalkan kapasitas produksi 2. Membuka akses <i>buy and sell</i> antar perusahaan di kawasan industri 3. Meningkatkan kompetensi tenaga kerja 	<p><i>W-O STRATEGY</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Meningkatkan usaha integrasi vertikal antara pengolahan dan pemasaran. 2. Memberikan pelatihan pada pekerja.
<p><i>Threat (S)</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Minimnya tenaga kerja yang terlatih 2. Minimnya air bersih dan tidak stabil 	<p><i>S-T Strategy</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Memberikan pelatihan kepada pekerja. 2. Membuat unit pengolahan air dan steam 	<p><i>W-T STRATEGY</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Cost effectiveness</i> dalam penyediaan dan distribusi

1.3.3 Lokasi alternatif III (Jl. Jenderal Ahmad Yani, Ngipik, Ngipik, Karangpoh, Kec. Gresik, Kabupaten Gresik, Jawa Timur)

Lokasi ini terletak di Jl. Jenderal Ahmad Yani, Ngipik, Ngipik, Karangpoh, Kec. Gresik, Kabupaten Gresik, Jawa Timur dapat dilihat pada **Gambar 1.4**



Gambar 1.4 Jl. Jenderal Ahmad Yani, Ngipik, Ngipik, Karangpoh, Kec. Gresik, Kabupaten Gresik, Jawa Timur
(Sumber : *maps.google.com*)

Pabrik akan dibangun dekat dengan peyedia bahan baku yaitu Asam Sulfat dan dekat dengan Pelabuhan Petrokimia Gresik. Pemilihan lokasi tersebut dilakukan dengan analisa SWOT dapat dilihat pada **Tabel 2.0**

Tabel 1.10 Jl. Jenderal Ahmad Yani, Ngipik, Ngipik, Karangpoh, Kec. Gresik, Kabupaten Gresik, Jawa Timur

<p>INTERNAL</p> <p>EXTERNAL</p>	<p><i>STRENGTH (S)</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Dekat dengan penyedia bahan baku Asam Sulfat, yaitu PT Petrokimia Gresik. 2. Dekat dengan Pelabuhan Petrokimia Gresik. 3. Tenaga kerja di peroleh dari penduduk sekitar 4. Lokasi daerah stabil 	<p><i>WEAKNESSES (W)</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Kurangnya tenaga kerja yang terlatih. 2. Keterbatasan dalam membayar upah tenaga kerja yang sesuai dengan pendapatan dan kemampuan pabrik.
<p><i>OPPORTUNITY (O)</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Rekomendasi tenaga kerja dari lembaga yang terdidik. 2. Kondisi alam yang stabil. 	<p><i>S-O Strategy</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Memaksimalkan kapasitas produksi 2. Meningkatkan kompetensi tenaga kerja 	<p><i>W-O STRATEGY</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Meningkatkan usaha integrasi vertikal antara pengolahan dan pemasaran 2. Memberikan pelatihan pada pekerja.
<p><i>Threat (S)</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Minimnya tenaga kerja yang terlatih 2. Minimnya air bersih dan tidak stabil 	<p><i>S-T Strategy</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Memberikan pelatihan kepada pekerja. 2. Membuat unit pengolahan air dan steam 	<p><i>W-T STRATEGY</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Cost effectiveness</i> dalam penyediaan dan distribusi

1.3.4 Pemilihan Lokasi Pabrik

Dari tiga data lokasi alternatif yang telah dijelaskan lokasi pendirian pabrik memiliki kelebihan dan kelemahannya masing-masing melalui analisa SWOT, maka diputuskan bahwa untuk pendirian pabrik aluminium sulfat ini akan didirikan di Kawasan PT. Petrokimia Gresik, Jawa Timur, Indonesia. Hal ini mengacu dengan kapasitas bahan baku yang besar dan diikuti oleh hasil analisa SWOT yang mendukung di lokasi tersebut.

BAB II

TINJAUAN UMUM

2.1 Tinjauan Umum

2.1.1 Aluminium Sulfat

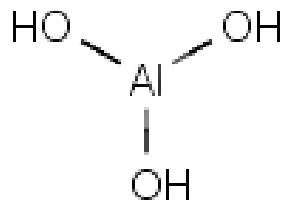
Alumunium sulfat ini larut dalam air dan digunakan sebagai bahan flokulasi dalam pemurnian air minum dan kilang pengolahan air limbah, dan juga dalam pembuatan kertas (pengolahan air pada proses industri pulp dan kertas). Alumunium Sulfat dapat menjernihkan air karena ketika Alumunium Sulfat ditambahkan dalam air maka muatan positif yang terdapat pada Alumunium Sulfat menyerap dan menetralsir muatan negatif dari air sehingga akan terbentuk koagulan - koagulan yang dapat disaring dan menghasilkan air yang jernih dan dapat dimanfaatkan. Dalam industri konstruksi aluminium sulfat digunakan sebagai zat tahan air (*waterproofing*) dan akselerator dalam beton. Penggunaan lainnya Aluminium sulfat dapat digunakan dalam pembuatan kertas untuk mengentalkan bubur kayu dalam proses pembuatan kertas, industri kulit, industri batik, industri tekstil, industri kosmetik, industri bahan pemadam api (Ismayanda, 2011).

2.1.2 Bahan Baku Pembuatan Aluminium Sulfat

Bahan baku dalam pembuatan aluminium sulfat adalah sebagai berikut :

1. Aluminium Hidroksida.

Aluminium hidroksida adalah suatu senyawa kimia dengan rumus kimia $\text{Al}(\text{OH})_3$, ditemukan di alam sebagai mineral gibbsite (dikenal pula dengan sebagai hydrargillite) dan tiga polimorfnya yang langka : bayerit, doyleit, dan nordstrandit. Senyawa ini memiliki sifat asam dan basa. Senyawa terkait yang berhubungan dengan senyawa ini seperti aluminium oksida hidroksida $\text{AlO}(\text{OH})$, dan aluminium oksida atau alumina (Al_2O_3). Senyawa ini bersama-sama merupakan komponen utama dari bijih bauksit aluminium.



Gambar 2.1 Struktur Aluminium Hidroksida
(sumber : Wikipedia.com)

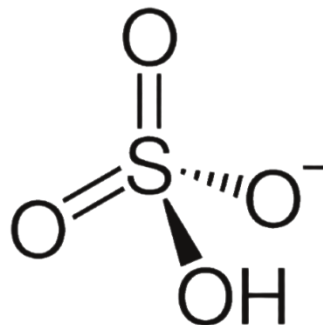
Tabel 2.1 Komposisi Al(OH)₃ PT. ICA

Spesifikasi	Keterangan
Wujud	Padatan
Warna	putih
Kandungan Al(OH) ₃	99,9%
Air	0,001%
SiO ₂	0,001%
Fe ₂ O ₃	0,001%
Na ₂ O	0,001%
Kandungan lain	0,001%

(sumber : PT. ICA)

2. Asam Sulfat.

Asam sulfat (H₂SO₄) merupakan cairan yang bersifat korosif, tidak berwarna, tidak berbau, sangat reaktif dan mampu melarutkan berbagai logam. Bahan kimia ini dapat larut dengan air dengan segala perbandingan, mempunyai titik lebur 10,31°C dan titik didih pada 336,85°C tergantung kepekatan serta pada temperatur 300°C atau lebih terdekomposisi menghasilkan sulfur trioksida.



Gambar 2.2 Struktur Asam Sulfat
(sumber : Wikipedia.com)

Pada proses pembuatan aluminium sulfat pada dasarnya mereaksikan bahan – bahan yang mengandung alumina (Al₂O₃) dengan asam sulfat. Metode dalam

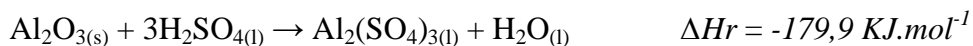
proses pembuatan aluminium sulfat dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu sebagai berikut :

1. Proses Dorr.
2. Proses Giulini.
3. Proses Digesting.

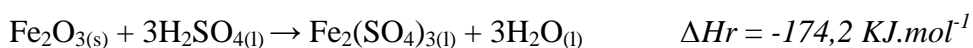
2.2 Tinjauan Proses

2.2.1 Proses Dorr

Bahan baku utama aluminium sulfat yakni bauksit terdiri dari (Al_2O_3 , Fe_2O_3 , SiO_2 , TiO_2), yang berupa bongkahan-bongkahan dari gudang diangkut dengan menggunakan *belt conveyor* menuju *jaw crusher* untuk menghancurkan bongkahan dari ukuran besar menjadi kecil. Pecahan bauksit dari *jaw crusher* diangkut lagi menggunakan *belt conveyor* kemudian dihancurkan lagi dengan menggunakan *ball mill* (sampai ukuran 200 mesh). Keluar dari *ball mill*, bauksit masuk ke dalam *screen*. *Oversize* dikembalikan lagi ke *ball mill* untuk dihaluskan kembali, sedangkan *undersize* diangkut menggunakan *bucket elevator* lalu di tampung ke *hopper* bauksit dalam bentuk serbuk. Pada prarancangan ini pabrik aluminium sulfat didasarkan pada reaksi netralisasi yaitu reaksi antara senyawa basa dengan senyawa asam membentuk senyawa garam dan air. Semua atom H dari asam diganti dengan atom logam, jadi ion H^+ dari H_2SO_4 diganti ion Al_3^+ sehingga membentuk senyawa $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$. Di dalam *reaktor* bauksit dan H_2SO_4 48% direaksikan dengan aluminium hidroksida untuk menghasilkan aluminium sulfat. Bauksit dalam bentuk bubuk dan larutan H_2SO_4 dimasukkan kedalam reaktor dengan kondisi operasi 105°C dan tekanan 1 atm selama 1 jam. Adapun jenis *reaktor* yang digunakan yaitu reaktor alir tangki berpengaduk berjumlah 1 buah. Dari reaksi tersebut menghasilkan aluminium sulfat dengan konversi 92%. Reaksi yang terjadi :



Selain itu juga terdapat reaksi samping yaitu reaksi antara feri oksida dan asam sulfat, sebagai berikut, dengan konversi reaksi perubahan feri oksida menjadi FeSO_4 sebesar 65%.



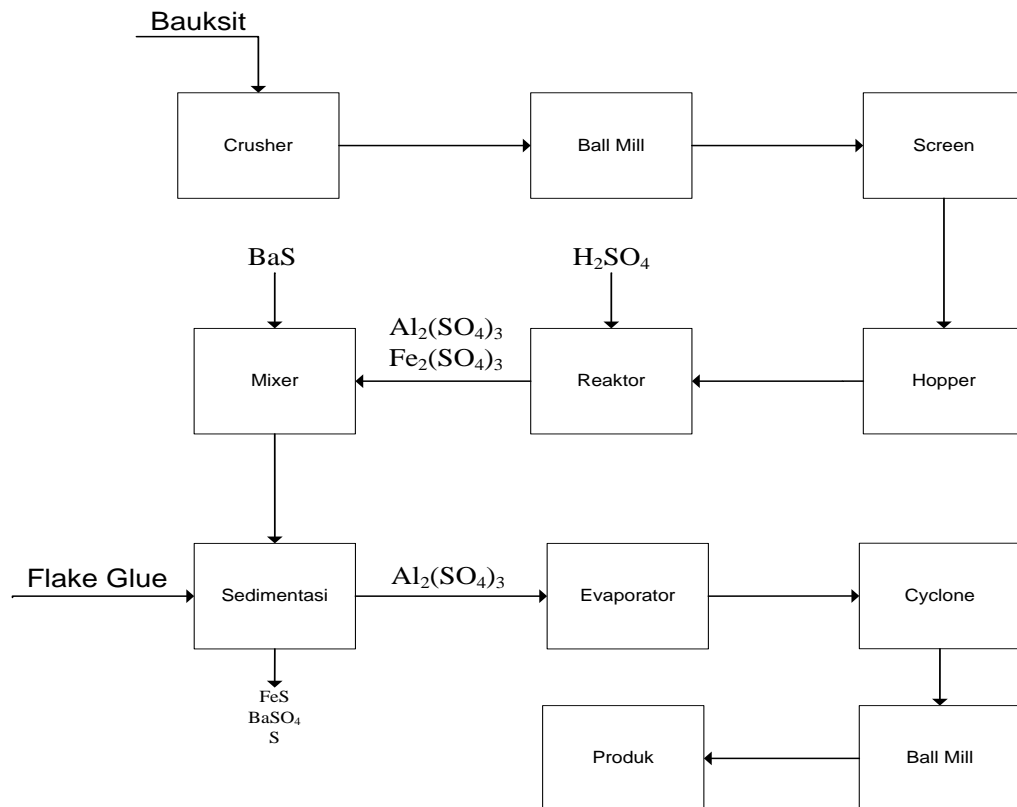
Produk yang keluar dari *reaktor* kemudian di pompa menuju *cooler* untuk didinginkan sampai suhu 30°C. Lalu diumpankan ke *mixer* untuk mereaksikan ferro sulfat dengan barium sulfida dari bin yang berfungsi untuk mereduksi Fe₂(SO₄)₃ adapun reaksinya sebagai berikut:



Dan penambahan *flake glue* dari bin untuk membentuk flok-flok agar mudah mengendap. Selanjutnya dimasukkan ke *settling tank* untuk memisahkan endapan dan cairan. *Over flow* dari settling tank di pompa menuju *evaporator*. Sedangkan *under flow* selanjutnya di tampung.

Untuk menaikkan konsentrasi aluminium sulfat dari *settling tank* kemudian di alirkan kedalam *evaporator* hingga mencapai konsentrasi 90%. Selanjutnya larutan di pompa menuju *spray dryer* untuk proses pengeringan dan membentuk produk berupa serbuk atau *granular*, prinsip kerjanya yaitu *spray dryer* menyemprotkan cairan melalui *atomizer*, selanjutnya keluaran dari *spray dryer* kemudian dimasukkan kedalam *cyclone*. Karena *cyclone* bekerja secara *centrifugal* maka padatan terlempar ke dinding *cyclone* yang kemudian turun kebawah menuju ke *cooling conveyor* untuk proses pendinginan sampai 30°C. Setelah dingin produk dimasukkan ke dalam *ball mill* untuk menghaluskan ukuran produk, kemudian memasukkan ke dalam *screen* menyeragamkan ukuran produk menjadi 100 mesh.

Produk yang keluar dari screen terdapat dua bagian yaitu, produk yang lolos dibawa menggunakan *bucket elevator* dan di tampung didalam bin aluminium sulfat kemudian dilakukan pengepakan lalu disimpan didalam gudang, sedangkan produk yang tidak lolos dikembalikan lagi menjadi umpan *ball mill* untuk dihaluskan kembali.



Gambar 2.3 Blok Diagram Proses Dorr
(Sumber : Jurnal Aptar Eka Lestari & Sabidan Rabiah. 2020)

2.2.2 Proses Giulini

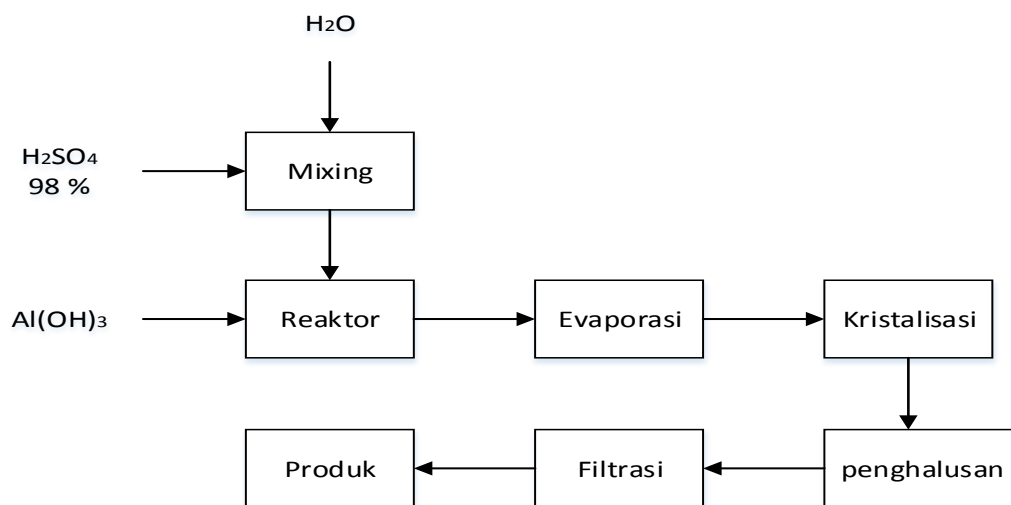
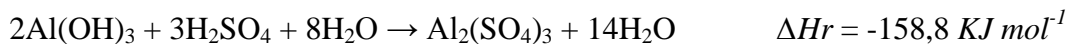
Aluminium hidroksida diangkut dan disimpan dalam tangki penyimpanan. Setiap aluminium hidroksida dibawa dengan kerekan ke gerbong umpan, di mana kantong itu dibuka dan dibawa ke tangki reaksi. Air reaksi, trihidrat dan asam sulfat diaduk selama beberapa waktu dengan uap air keluar melalui *stack*.

Setelah periode reaksi baik aluminium sulfat cair atau padat dibuat. Jika cair, *batch* terkonsentrasi dijalankan ke dalam tangki pengenceran yang diisi dengan air pengenceran di mana ia mendingin dari waktu ke waktu. Cairan aluminium sulfat kemudian disaring dan dipompa ke tempat penyimpanan. Ada fasilitas beban keluar *overhead* di *Morrinsville* di mana sejumlah bahan kimia cair tersedia di tangki pengiriman untuk jalan kapal tanker.

Jika padat dibuat, aluminium sulfat pekat dialirkan ke dalam panci tuang di mana ia mengeras, dibantu oleh kipas pendinginan. Panci diangkut ke rak penyimpanan dan dari sana mereka dibawa ke *Crushing Plant* dan dijatuhkan ke dalam *hopper*. Potongannya dipecah lebih lanjut oleh penampung besar diikuti

oleh penampung kecil dan kemudian disaring. Partikel yang terlalu besar masuk ke hopper pengantongan dan dijual sebagai penampung produk. Aluminium sulfat yang disaring dihancurkan secara berputar dan disaring lebih lanjut untuk baik kembali ke *rotary crusher* atau dikantongi sebagai produk tanah. Debu terus menerus dikumpulkan melalui sistem ekstraksi dan dijual sebagai produk. Pabrik Penghancur bersifat fleksibel dan rasio penampung ke tanah aluminium sulfat adalah variabel.

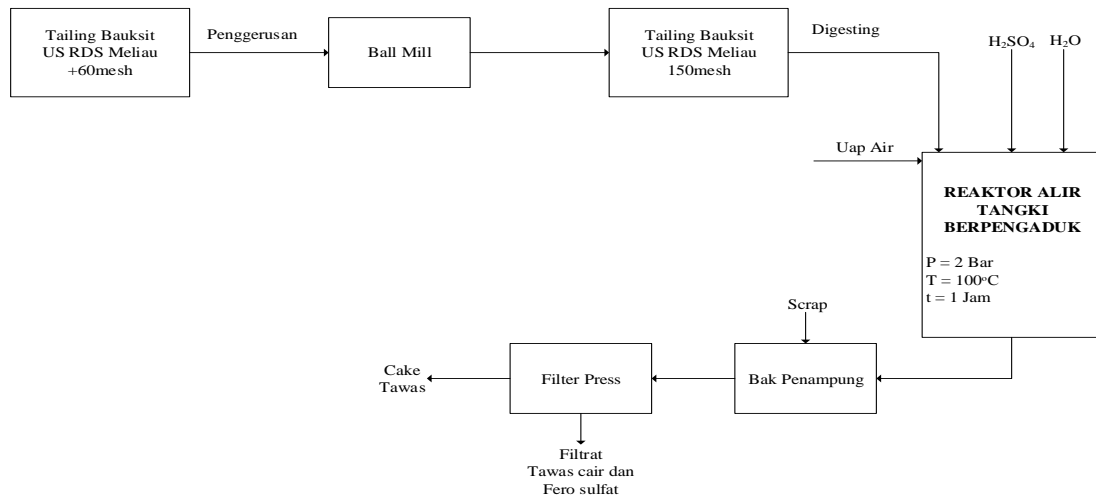
Aluminium sulfat diproduksi sesuai dengan reaksi eksotermik berikut:



Gambar 2.4 Blok Diagram Proses Giulini
(Sumber : US Patent 3226188)

2.2.3 Proses Digesting

Aluminium sulfat dapat dihasilkan melalui proses digesting bauksit dengan menggunakan asam sulfat. Percobaan pembuatan aluminium sulfat ini menggunakan ampas pencucian bauksit, berupa *undersize rotary drum scrubber* (RDS) yang berukuran +60mesh dan sudah mengalami penggerusan 150mesh. Proses ini dimulai dengan proses reduksi bauksit dengan *ball mill*, dilanjutkan dengan pelarutan bauksit dengan asam sulfat dalam sebuah reaktor pada suhu 100°C. Selanjutnya ditambah besi *scrap* untuk mereduksi kandungan ion feri dan fero sulfat dan didapatkan produk aluminium sulfat.



Gambar 2.6 Blok Diagram Proses Digesting
(Sumber : Hidayat, dkk., 2018)

2.2.4 Perbandingan Proses

Perbandingan proses pembuatan aluminium sulfat dapat dilakukan dengan mempertimbangkan beberapa parameter seperti pada **Tabel 2.2** berikut ini :

Tabel 2.2 Perbandingan Proses Pada Pembuatan Aluminium Sulfat

Kriteria	Jenis Proses		
	Proses Dorr	Proses Giulini	Proses Digesting
Suhu operasi	Reaktor, heating 105°C	Reaktor, heating 170°C	Reaktor, Heating 110°C
Tekanan	1 atm	5 bar	4 atm
Bahan baku	Bauksit (Kadar SiO ₂ , TiO ₂ , Fe ₂ O ₃ masih tinggi)	Al(OH) ₃ Kadar Al ₂ O ₃ tinggi dan SiO ₂ , Fe ₂ O ₃ , Na ₂ O rendah	Ampas Bauksit (Masih mengandung Fe dan Fe ₂ SO ₄)
Bahan tambahan	Barium sulfida, Flake glue, asam sulfat	Seed aluminium sulfat, asam sulfat	Asam sulfat
Produk Samping	Fe ₂ (SO ₄) ₃ BaSO ₄ FeS	-	Fe ₂ SO ₄
Konversi Reaksi	92 %	90%	85 %

Literatur	Aptar Eka Lestari, Sadidan Rabiah (2020)	US Patent (1958)	Kukuh N, Hidayat, Husaini, Suganal (2018)
-----------	--	------------------	---

Berdasarkan **Tabel 2.2** dapat disimpulkan bahwa untuk pembuatan aluminium sulfat ialah dengan menggunakan proses giulini. Karena pada proses ini tidak perlu penambahan barium sulfida untuk mengendapkan kandungan besi, serta memiliki konversi reaksi yang tinggi.

2.3 Bahan Baku

Bahan baku dalam pembuatan aluminium sulfat adalah Aluminium hidroksida dan asam sulfat. Berikut sifat fisika dan kimia yang terdapat dalam Aluminium hidroksida dan asam sulfat.

1. Aluminium Hidroksida

a. Sifat Fisika

- Titik lebur : 300°C (572°F).
- Berat Molekul : 78 g/mol
- Warna : Putih.
- Densitas : 2,42 g/cm³.
- Nilai pH : 8,5 – 10,2 (20% H₂O) pada (20°C).

(Sumber : MSDS, 2018)

b. Sifat Kimia

- Golongan garam basa lemah.
- Berbentuk kristal bubuk.
- Stabil pada suhu dan tekanan normal.
- Tidak larut dalam air dan alkohol
- Dapat menyerap karbondioksida di udara.
- Larut dalam pelarut alkali, asam klorida, asam sulfat, asam kuat dengan adanya air.

(Sumber : MSDS,2018)

2. Asam Sulfat.

a. Sifat Fisika

- Titik lebur : 10,49°C.

- Berat molekul : 98 g/mol.
- Titik didih : 340°C.
- Berta molekul : 98,07 gr/mol.
- Densitas : 1,84 gr/ml.

(Sumber : MSDS, 2018)

b. Sifat Kimia

- Merupakan asam kuat.
- Bersifat korosif terhadap logam.
- Merupakan senyawa polar.
- Pelarut yang baik untuk senyawa organik.

(Sumber : MSDS, 2017)

3. Aluminium Sulfat

a. Sifat Fisika

- Warna : Putih.
- Berat molekul : 342 g/mol.
- Densitas : 2,672 g/cm³.
- Titik lebur : 770°C.

(Sumber : MSDS, 2014)

b. Sifat Kimia

- Kandungan Al₂O₃ : 17 – 18%.
- Kandungan Fe₂O₃ : <0,01.
- *insoluble material* : 0,03%.
- Bentuk : Kristal.
- Terjadi proses kristalisasi ketika dipanaskan.
- Bersifat korosif terhadap carbon steel, aluminium dan zinc.

(Sumber : MSDS, 2014)

2.4 Spesifikasi Bahan Baku

1. Al(OH)₃

Spesifikasi	Keterangan
Wujud	Padatan
Warna	putih

Kandungan $\text{Al}(\text{OH})_3$	99%
Air	0,001%
SiO_2	0,001%
Fe_2O_3	0,001%
NaO_2	0,001%

(sumber : PT. ICA)

2. H_2SO_4

Spesifik	Keterangan
Wujud	Cair
Warna	Tidak berwarna
Konsentrasi	98%

(Sumber : PT. Indoacid)

3. Aluminium Sulfat (Produk)

Spesifik	Keterangan
Warna	Berwarna putih
Bentuk	Granular, bongkahan, powder
Kandungan Al_2O_3	17%

(sumber : PT. Indoacid)

BAB III

TAHAPAN & DESKRIPSI PROSES

3.1 Tahapan Proses dan Blok Diagram

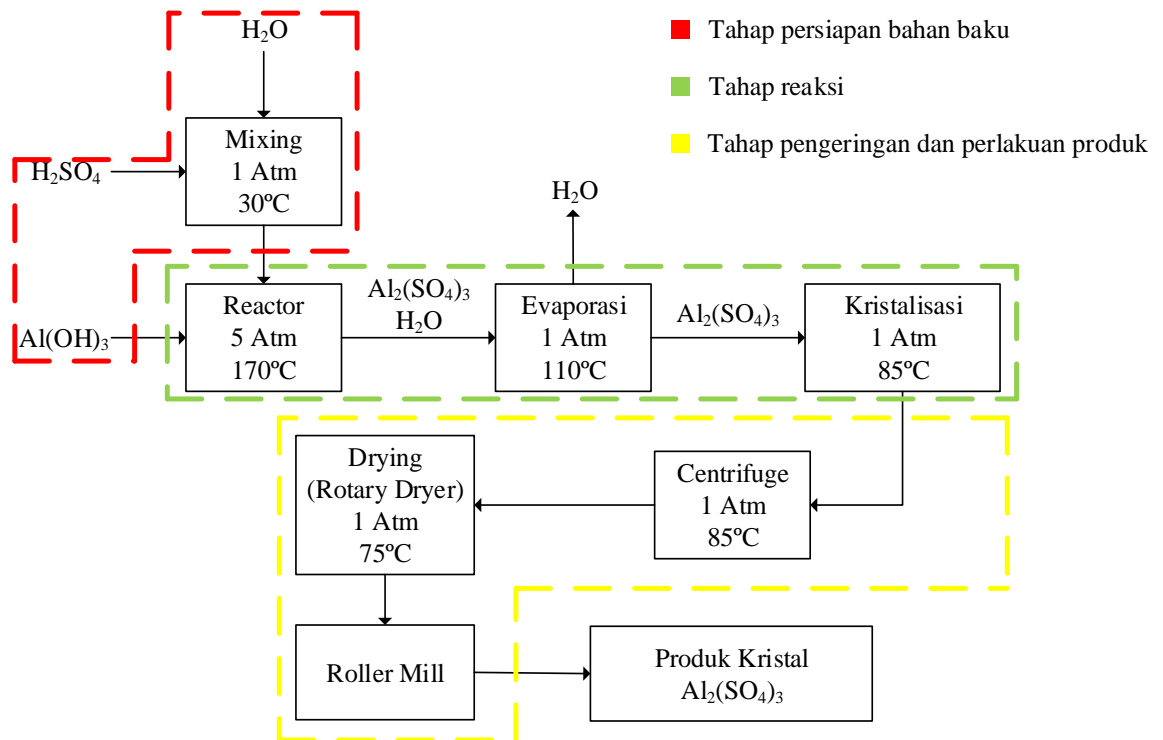
3.1.1 Tahapan Proses

Pembuatan Aluminium Sulfat dari aluminium hidroksida dan asam sulfat memiliki empat tahapan proses, yaitu :

1. Tahapan persiapan bahan baku.
2. Tahapan reaksi.
3. Tahapan pengeringan dan perlakuan produk.

3.1.2 Diagram Alir Proses

Diagram alir proses pembuatan aluminium sulfat dari aluminium hidroksida dan asam sulfat dapat dilihat pada **Gambar 3.1**



Gambar 3.1 Blok Diagram Proses Pembuatan Aluminium Sulfat Dari Aluminium Hidroksida Dan Asam Sulfat

3.2 Deskripsi Proses dan Flow Sheet

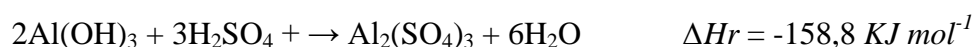
3.2.1 Deskripsi Proses

A. Tahapan Persiapan Bahan Baku

Bahan baku untuk memproduksi aluminium sulfat adalah aluminium hidroksida $\text{Al}(\text{OH})_3$ dan asam sulfat. Bahan baku aluminium hidroksida disimpan didalam *Ware House* (WH-1.01) pada temperatur ruang, sedangkan asam sulfat 98% yang tersimpan didalam tangki penyimpanan (TP-1.01). Asam sulfat diencerkan dengan air proses menjadi 66% di dalam tangki pengenceran *mixing* (MI-1.01) setelah dicampurkan asam sulfat 66% dinaikkan suhunya menjadi 70°C , sebelum memasuki tangki reaktor CSTR beserta bahan baku $\text{Al}(\text{OH})_3$ dalam *Ware House* diangkut dengan *Belt Conveyor* (BC-1.01) lalu pengangkutan dilanjutkan menggunakan *Bucket Elevator* (BE-1.01) menuju *reaktor CSTR* (CSTR-2.01).

B. Tahapan Reaksi

Setelah semua bahan sudah dipersiapkan, maka aluminium hidroksida dan asam sulfat dimasukkan kedalam *Reaktor CSTR* (CSTR-2.01). Bahan baku $\text{Al}(\text{OH})_3$ dari *Ware House* (WH-1.01) diangkut dengan *Belt Conveyor* (BC-1.01) dan *Buceket Elevator* (BE-1.01) menuju *Reaktor CSTR* (CSTR-2.01), dan asam sulfat 66% dialirkan melalui pipa yang terlebih dahulu dilakukan pemanasan menggunakan *Heater* (H-1.01) sebelum memasuki *reaktor CSTR* (CSTR-2.01), lalu kedua bahan tersebut direaksikan dengan tekanan 5 atm suhu pada *reaktor* 170°C . Persamaan reaksi yang terjadi pada *reaktor CSTR* (CSTR-2.01) adalah :



Setelah terbentuk aluminium sulfat cair, selanjutnya akan dialirkan melalui pompa menuju *evaporator* (E-2.01). Sebelum tahap *kristalisasi*, terlebih dahulu dilakukan tahap *evaporasi* didalam *evaporator* (E-2.01) yang prinsip kerjanya, *evaporasi* bertujuan memekatkan aluminium sulfat dengan cara menguapkan air dan SO_3 pada temperatur 110°C setelah itu larutan pekat akan dialirkan melalui pipa menuju unit *Crystallizer* (K-3.01). Pada tahapan *kristalisasi* adalah proses pembentukan kristal aluminium sulfat, proses *kristalisasi* berlangsung didalam unit *crystallizer* (K-3.01) dengan suhu 85°C pembentukan kristal aluminium sulfat dapat dilakukan dengan cara menjaga suhu dibawah titik didih tetapi harus berada

dikisaran suhu *solidification point* dari aluminium sulfat, pada unit *crystallizer* (K-3.01) larutan induk atau (*mother liquor*) terus dilakukan pengsiklusan didalam *crystallizer* (K-3.01) yang dimana *mother liquor* dilakukan pendinginan sehingga terbentuk kristal, kristal yang terbentuk akan diangkut dengan *Belt Conveyor* (BC-3.03) menuju *Centrifuge* (C-3.01) untuk pemisahan padatan dari air yang masih terikat pada kristal aluminium sulfat. Selanjutnya, padatan kristal keluaran dari *Centrifuge* (C-3.01) diangkut menggunakan *Screw Conveyor* (SC-3.01) menuju *Rotary Dryer* (RD-3.01)

C. Tahapan Pengeringan dan Perlakuan Produk

Tahapan pengeringan dilakukan didalam *Rotary Dryer* (RD-3.01) untuk menghasilkan produk dengan kandungan air yang sedikit, aluminium sulfat keluaran dari *Centrifuge* (C-3.01) diangkut menuju *Rotary Dryer* (RD-3.01) untuk dikeringkan dengan memberikan udara panas yang dihembuskan oleh *Blower* (BL-3.01) dengan temperatur $100\pm^{\circ}\text{C}$ secara langsung terhadap aluminium sulfat, udara panas output dari *Rotary Dryer* (RD-3.01) diarahkan menuju *Cyclone* (CY-4131) untuk memperoleh kembali padatan aluminium sulfat yang terbawah oleh udara. keluar *Rotary Dryer* (RD-3.01), selanjutnya padatan aluminium sulfat yang sudah kering diangkut dengan *Screw Conveyor* (SC-3.02) menuju *Roller Mill* (RM-3.01) untuk dihaluskan. Pada tahap penanganan produk ini, aluminium sulfat dikecilkan ukurannya lalu ditransportasikan menggunakan *Bucket Elevator* (BE-3.02) menuju tempat penyimpanan aluminium sulfat yaitu *Silo* (S-3.01).

BAB IV
NERACA MASSA DAN NERACA ENERGI

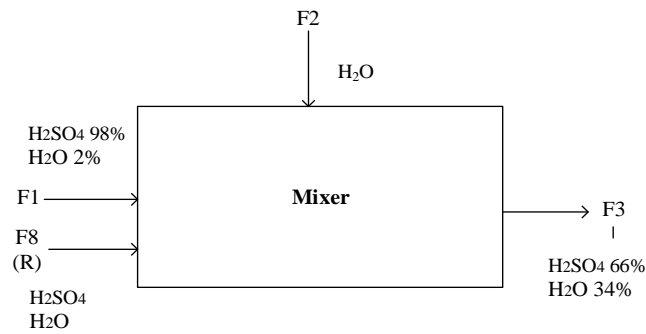
4.1. Neraca Massa

Kapasitas produksi	: 50.000 ton/tahun	
		$\frac{50.000 \text{ ton}}{\text{tahun}} \times \frac{1 \text{ tahun}}{330 \text{ hari}} \times \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ ton}}$
	: 6.313 kg/hari	
Waktu bekerja / tahun	: 330 hari	
Jumlah bahan baku		
H ₂ SO ₄	: 5.899,00 kg/jam	
Al(OH) ₃	: 3.130,08 kg/jam	
Satuan operasi	: kg / jam	

1. Tangki Pengeceran

Fungsi : Untuk mengencerkan larutan asam sulfat 98% menjadi 66% didasarkan pada US3226188

Berikut ini blok diagram neraca massa mixer yang dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 4.1. Blok Diagram neraca massa pada Mixer

Berikut ini neraca massa pada alat mixing dapat dilihat pada tabel 4.1.berikut :

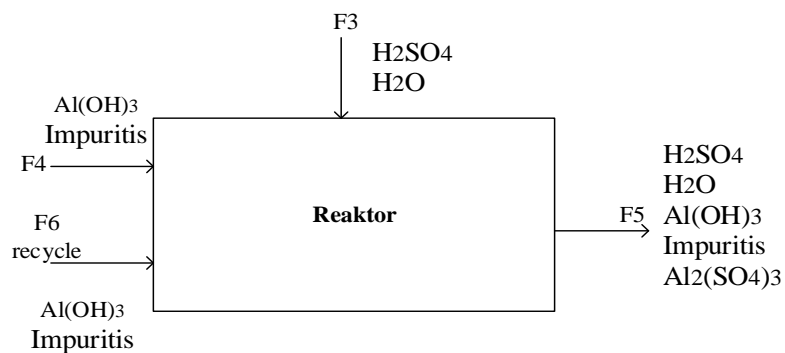
Tabel 4.1 Neraca Massa Mixing

Komponen	Masuk (kg/jam)			Keluar (kg/Jam)
	Recycle	F1	F2	F3
H ₂ SO ₄	471.920	5,427.1		5,899.00
H ₂ O	1.636	110.76	1.291,87	3038.88
total		8,937.8752		8937.8752

2. Reaktor

Fungsi = Untuk mereaksikan aluminium Hidroksida dan Asam Sulfat menjadi aluminium Sulfat.

Berikut ini blok diagram neraca massa reaktor yang dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 4.2 Blok diagram neraca massa pada Reaktor

Berikut ini neraca massa pada alat Reaktor dapat dilihat pada tabel 4.2.berikut :

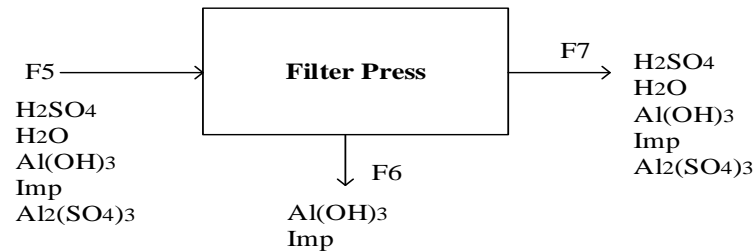
Tabel 4.2 Neraca Massa Reaktor

Komponen	Masuk (kg/jam)			Keluar (kg/Jam)
	F6 RECYCLE	F3	F4	F5
H ₂ SO ₄		5,898.998		471.92
Al(OH) ₃	250.41		2,879.67	250.41
H ₂ O		3,038.878	2.88	5.035,38
Al ₂ (SO ₄) ₃				6.313,13
Total		12,070.84		12,070.84

3. Filter Press

Fungsi : Untuk Memisahkan $\text{Al}(\text{OH})_3$ sisa hasil reaksi dari filtrat .

Berikut ini blok diagram neraca massa Filter Press yang dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4.3 Blok diagram neraca massa pada Filter Press

Berikut ini neraca massa pada alat Filter Press dapat dilihat pada tabel 4.3.berikut :

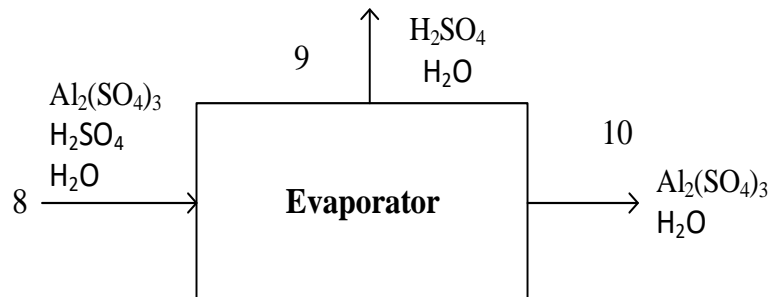
Tabel 4.3 Neraca Massa Filter Press.

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/Jam)	
	F5	F6	F7
H_2SO_4	471.91981		471.920
$\text{Al}(\text{OH})_3$	250.40643	250.406	0.000
H_2O	5,035.38052		5035.381
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	6,313.13131		6,313.13131
Total	12,070.84	12070.84	

4. Evaporasi.

Fungsi : Untuk memekatkan larutan Aluminium Sulfat dengan Menguapkan Air .

Berikut ini blok diagram neraca massa Evaporator yang dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4.4 Blok diagram neraca massa pada Evaporator

Berikut ini neraca massa pada alat Evaporator dapat dilihat pada tabel 4.4.berikut :

Tabel 4.4 Neraca Massa Evaporator

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/Jam)	
	F7	F8	F9
H ₂ SO ₄	471.920	471.920	
H ₂ O	5,035.381	1,636	3.399,378
Al ₂ (SO ₄) ₃	6,313.131		6313.1313
Total	11,820.43	11,820.43	

5. Kristalizer.

Fungsi : Untuk Mengkristalisasi Larutan Aluminium Sulfat.

Berikut ini blok diagram neraca massa Kristalizer yang dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4.5 Blok diagram neraca massa pada Kristalizer

Berikut ini neraca massa pada alat Kristalizer dapat dilihat pada tabel 4.5.berikut :

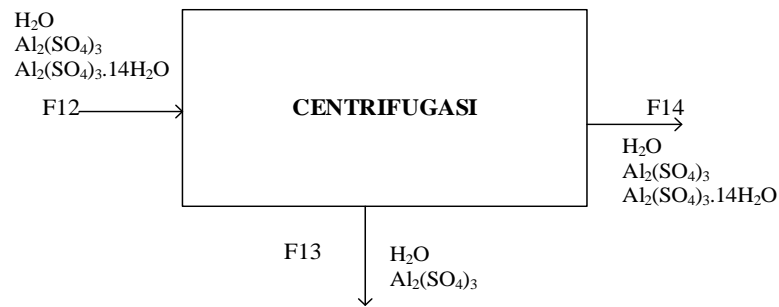
Tabel LA4.5 Neraca Massa Kristalizer

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/Jam)
	F11	F12
H ₂ O	3,399.378	3,268
Al ₂ (SO ₄) ₃	6,313.131	126.263
Al ₂ (SO ₄) ₃ .14H ₂ O		6,317.862
Total	9,712.510	9712.510

6. Centrifugal

Fungsi : untuk memisahkan produk kristal dari mother liquor.

Berikut ini blok diagram neraca massa Centrifugal yang dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4.6 Blok diagram neraca massa pada Kristalizer

Berikut ini neraca massa pada alat Centrifugasi dapat dilihat pada tabel 4.6.berikut :

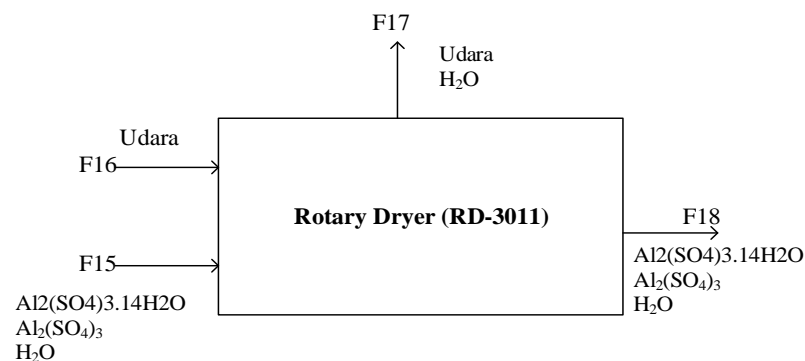
Tabel 4.6 Neraca Massa Centrifugasi

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/Jam)	
	F7	F8	F9
H ₂ O	3,268.38	2,941.55	326.84
Al ₂ (SO ₄) ₃	126.26	113.64	12.63
Al ₂ (SO ₄) ₃ .14H ₂ O	6,317.86		6,317.86
Total	9,712.51	9,712.51	

7. Rotary Dryer

Fungsi : Untuk Mengurangi Kadar air yang ada pada kristal aluminium sulfat yang basah.

Berikut ini blok diagram neraca massa *Rotary Dryer* yang dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4.7 Blok diagram neraca massa pada Rotary Dryer

Berikut ini neraca massa pada alat Centrifugasi dapat dilihat pada tabel 4.7.berikut :

Tabel 4.7 Neraca Massa Rotary Dryer

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/Jam)	
	F15	F16	F17	F18
H ₂ O	326.84		323.49	3.35
Al ₂ (SO ₄) ₃	6,317.86			6,317.86
Al ₂ (SO ₄) ₃	12.63			12.63
udara panas		6,469.9	6,469.9	
Total	13,127.19		13,127.19	

4.2. Neraca Energi

Persamaan yang digunakan untuk menghitung nilai panas (Q) adalah:

- Panas Latent

$$Q = m \times \lambda$$

- Panas sensible

$$Q = m \times c_p \times \Delta T$$

- Data Cp berdasarkan fungsi temperature dapat dilihat sebagai berikut:

Tabel 4.8 Nilai Kapasitas Panas Komponen Fungsi Temperatur

Komponen	A	B	C	D	e
N ₂ (g)	29,342	-3,539×10 ⁻³	1,0076×10 ⁻⁵	-4,3116×10 ⁻⁹	2,5935×10 ⁻¹³
O ₂ (g)	29,526	-8,8999×10 ⁻³	3,3236×10 ⁻⁵	-3,2629×10 ⁻⁸	8,8607×10 ⁻¹²
H ₂ O (l)	92,053	-3,9953×10 ⁻²	-2,1103×10 ⁻⁴	5,3469×10 ⁻⁷	-
H ₂ SO ₄ (l)	26.004	7.03×10 ⁻¹	-1.39×10 ⁻³	1.03×10 ⁻⁶	-
H ₂ O (g)	33.933	-8.42×10 ⁻³	2.99×10 ⁻⁵	-1.78×10 ⁻⁸	3.6934×10 ⁻¹²

(Sumber : Yaws, 1990)

$$\int_{T_1}^{T_2} C_p \cdot dT = A(T_2 - T_1) + \frac{B}{2}(T_2^2 - T_1^2) + \frac{C}{3}(T_2^3 - T_1^3) + \frac{D}{4}(T_2^4 - T_1^4) + \frac{E}{5}(T_2^5 - T_1^5)$$

Tabel 4.9 Kapasitas panas elemen, Cal/mol K

Komponen	Kapasitas Panas
Al ₂ (SO ₄) ₃	63.5
Al ₂ (SO ₄) ₃ ·14H ₂ O(s)	235.00
Al(OH) ₃	104.9

- Panas reaksi dapat dihitung dari persamaan sebagai berikut:

$$Q_r = -\Delta H_R$$

$$\Delta H_R = \Delta H^{\circ}_R + (\Delta H \text{ produk} - \Delta H \text{ reaktan})$$

$$\Delta H^{\circ}_R = \Delta H^{\circ}_f \text{ produk} - \Delta H^{\circ}_f \text{ reaktan}$$

Data dari ΔH°_f dapat dilihat pada table dibawah ini:

Tabel 4.10 Nilai Panas Pembentukan Komponen

Komposisi	ΔH°_f (Kj/kmol)	Literatur
$Al_2(SO_4)_3$	-3740.07	Perry 7ed;T.2-220
H_2SO_4	-887.13	Perry 7ed;T.2-220
$Al(OH)_3$	-1275.28	Perry 7ed;T.2-220
H_2O	-285.840	Perry 7ed;T.2-220

1. Heater

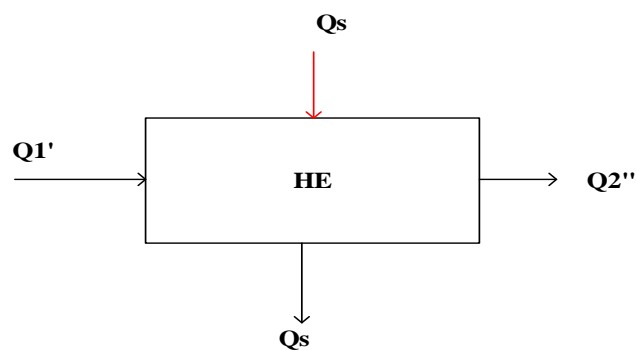
Fungsi: Sebagai tempat untuk memanaskan larutan asam Sulfat sebelum memasuki Reaktor.

Kondisi Operasi :

Temperatur in : 30 °C

Temperatur Out : 180 °C

Berikut ini blok diagram neraca Energi Heater yang dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4.8 Blok diagram neraca Energi pada Heater

Table 4.8 Neraca Energi Heater

Aliran	masuk (Kj/jam)	Keluar (Kj/jam)
Q1 in	105965.2068	
Q2 Out		3389983.316
Qs in	5360908.5	
Qs out		2076890.392
Total	5466873.7072	5466873.7072

2. Reaktor

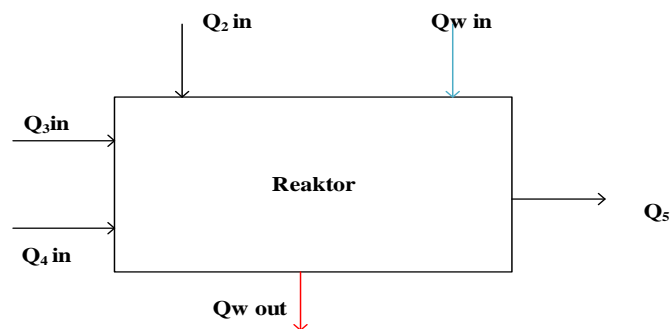
Fungsi : Sebagai tempat Mereaksikan Aluminium Hidroksida dengan Asam Sulfat.

Kondisi Operasi :

Temperatur : 150 °C

Tekanan : 5 atm

Berikut ini blok diagram neraca Energi Reaktor yang dapat dilihat pada gambar berikut.

**Gambar 4.9** Blok diagram neraca Energi pada Reaktor**Table 4.9** Neraca Energi Reaktor

Aliran	masuk (Kj/jam)	Keluar (Kj/jam)
Q2 in	19424.413	
Q3 in	3389983.316	
Q4 in	20226.099	
Q5 Out		3393322
Q reaksi	184157.2226	
Qw in	0	
Q Wout		220469.481
Total	3613791.050	3613791.050

3. Cooler

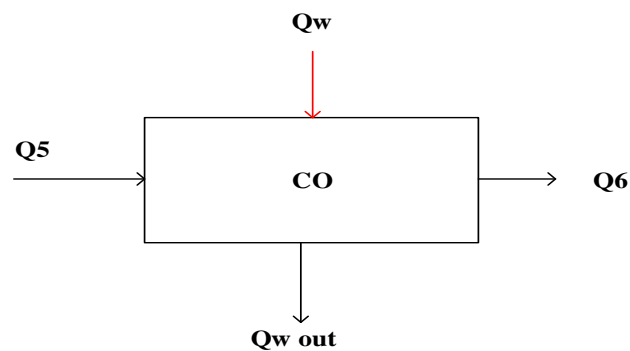
Fungsi: untuk menurunkan temperatur larutan Aluminium Sulfat.

Kondisi Operasi :

Temperatur in : 150 °C

Temperatur Out : 85 °C

Berikut ini blok diagram neraca Energi Cooler yang dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4.10 Blok diagram neraca Energi pada Cooler

Table 4.10 Neraca Energi Cooler

Aliran	Masuk (kj/jam)	Keluar (kj/jam)
Q5	3393321.569	
Q6		1618541.034
QW in	0	
QW Out		1774780.535
Total	3393321.569	3393321.569

4. Evaporator

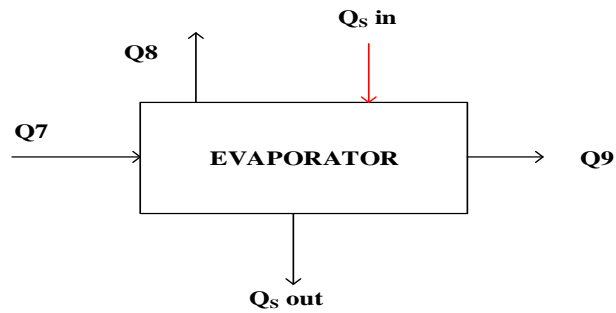
Fungsi: untuk memekatkan larutan Aluminium Sulfat dengan cara penguapan .

Kondisi Operasi :

Temperatur : 110 °C

Tekanan : 1 atm

Berikut ini blok diagram neraca Energi Evaporator yang dapat dilihat pada gambar berikut



Gambar 4.11 Blok diagram neraca Energi pada Evaporator

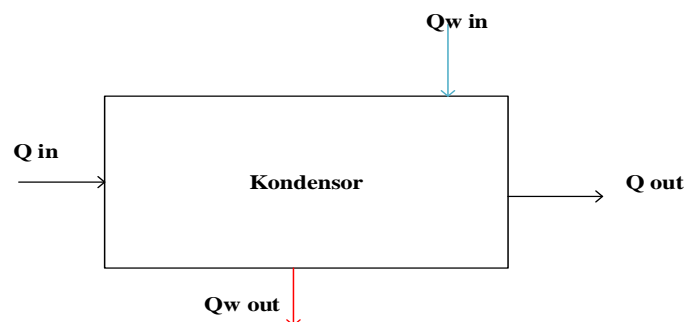
Table 4.11 Neraca Energi Evaporator

Aliran	Masuk (kj/jam)	Keluar (kj/jam)
Qin 7	1598335.162	
Qout 8		297873.0815
Qout 9		1625717.189
Qs in	530954.0996	
Qs out		205698.9907
Total	2129289.261	2129289.261

5. Kondensor.

Fungsi: untuk membentuk padatan aluminium hidroksida.

Berikut ini blok diagram neraca Energi Kondensor yang dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4.12 Blok diagram neraca Energi pada Kondensor

Table 4.12 Neraca Energi Kondensor

Aliran	Panas Masuk kJ/kmol	Panas Keluar kJ/kmol
Q_w in	0	
Q_w out		297873.0815
Q_{CD}	297873.0815	
TOTAL	297873.0815	297873.0815

6. Kristalizer.

Fungsi : untuk mengkristalkan larutan Aluminium sulfat

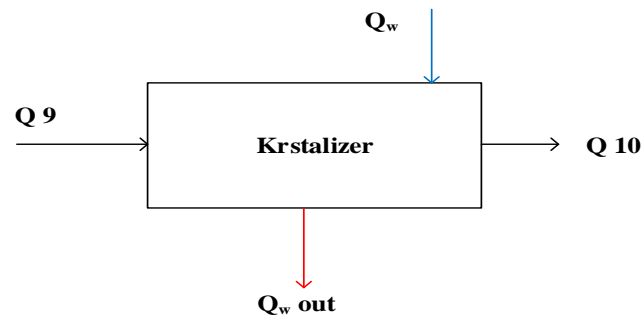
Kondisi Operasi

Temperatur in : 110 °C

Temperatur out : 40 °C

Tekanan : 1 atm

Berikut ini blok diagram neraca Energi Kristalizer yang dapat dilihat pada gambar berikut.

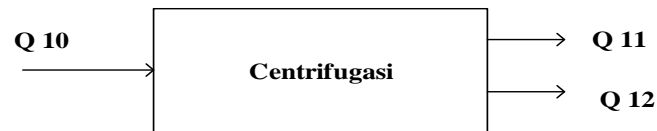
**Gambar 4.13** Blok diagram neraca Energi pada Kristalizer**Table 4.13** Neraca Energi Kristalizer

Aliran	Masuk (kj/jam)	Keluar (kj/jam)
Q 9	1625717.189	
Q 10		1453007.299
QW in	0	
QW Out		172709.8901
Total	1625717.189	1625717.189

7. Centrifugasi

Fungsi : untuk memisahkan mother liquor dengan kristal aluminium sulfat

Berikut ini blok diagram neraca Energi Centrifugasi yang dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4.14 Blok diagram neraca Energi pada Kristalizer

Table 4.14 Neraca Energi centrifugasi

Aliran	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Q 10	363777.2914	
Q 11		165786.9689
Q 12		173761.2087
Q loss		24229.11372
Total	363,777.291	363,777.291

8. Rotary Dryer

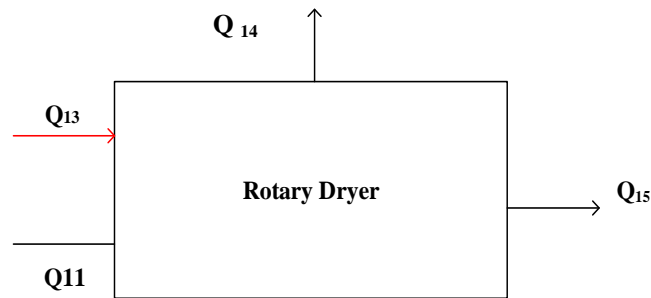
Fungsi: mengurangi kadar air produk (aluminium Sulfat)

Kondisi Operasi :

Temperatur : 55 °C

Tekanan : 1 atm

Berikut ini blok diagram neraca Energi Rotary Heater yang dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4.15 Blok diagram neraca Energi pada Kristalizer

Table 4.15 Neraca Energi Rotary Dryer

Aliran	Masuk (kj/jam)	Keluar (kj/jam)
Q_{11} in	165786.969	
Q_{13} udara	334563.674	
Q_{14} out udara		133802.574
Q_{15} out		319899.524
Q_{loss}		46648.545
Total	500350.643	500350.643

9. Heater Udara

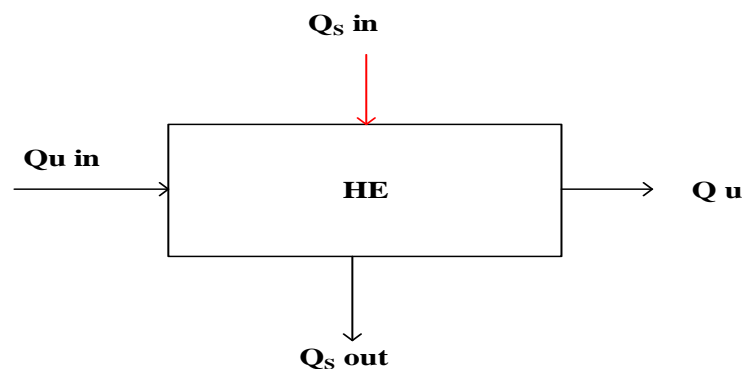
Fungsi: untuk menaikkan temperature udara

Kondisi Operasi :

Temperatur in : 30 °C

Temperatur Out : 75 °C

Berikut ini blok diagram neraca Energi Heater yang dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4.16 Blok diagram neraca Energi pada Kristalizer

Table 4.16 Neraca Energi Heater

Aliran	Masuk (kj/jam)	Keluar (kj/jam)
Q _{in}	34876.59	
Q _{out}		334563.67
Q _{s in}	489216.253	
Q _{s out}		189529.169
Total	466193.01	466193.01

BAB V

UTILITAS

Utilitas yang diperlukan pada prarancangan pabrik Aluminium Sulfat dari aluminium hidroksida dengan asam sulfat kapasitas 50.000 ton/tahun ini meliputi :

1. Listrik digunakan untuk alat pompa dan penunjang lainnya.
2. Air proses digunakan untuk pembuatan air pendingin pada Cooler.
Air sanitasi, digunakan untuk para karyawan lingkungan pabrik (perumahan, perkantoran, laboratorium, mesjid/ musholla, kantin, mess dan lain-lain).
3. *Steam* digunakan untuk alat *heater*, Evaporasi.
4. Air pendingin digunakan untuk *cooler*, *kristalizer*, *reaktor*

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, didapatkan kebutuhan air pendingin, air sanitasi dan *steam* yang dapat dilihat pada **Tabel 5.1**

Tabel 5.1 Kebutuhan Air

Kebutuhan Air	Laju Alir (Kg/jam)
Air Umpan Boiler	2021,419
Air Pendingin	24209,357
Air Sanitasi	1314,710
Air Proses	2918,49
Total	30.463,974

5.1 Unit Penyediaan Listrik

Kebutuhan tenaga listrik pada pabrik Kalsium Klorida direncanakan untuk non proses (perumahan, perkantoran, laboratorium, mesjid/musholla, kantin dan lain-lain) dan keperluan proses seperti menggerakkan pompa, penerangan dan peralatan instrumentasi. Sumber pengadaan listrik untuk kebutuhan-kebutuhan tersebut diperoleh dari PLN dan sebagai cadangan digunakan genset.

5.2 Unit Pengadaan Air

Untuk memenuhi kebutuhan air pada pabrik aluminium sulfat digunakan sumber air yang berasal dari ngipik, Gresik, Jawa Timur yang ditampung di dalam bak penampung sementara, sebelum digunakan sebagai air sanitasi, air proses dan air umpan boiler. Kualitas air sungai dapat dilihat pada **Tabel 5.2**

Tabel 5.2 Kualitas Air Sungai Ngipik

No	Parameter	Satuan	
1	Temperatur	°C	26-29
2	Total Suspended Solids (TSS)	Mg/L	9-25
3	Kekeruhan	Ntu	3-5,17
4	pH	-	5-9
5	COD	Mg/L	4-22,6
6	BOD	Mg/L	3,48-4,25
7	DO	Mg/L	5,8-6,96
8	Silika	Mg/L	5,2-17,14
9	Besi	Mg/L	0,5
10	Mangan (Mn)	Mg/L	0,6
11	Sulfat	Mg/L	400
12	Timbal	Mg/L	0,03
13	Fecal Coliform	Mg/L	100

Sumber : *Direktorat jenderal pengendalian pencemaran dan kerusakan lingkungan, Kementerian Lingkungan Hidup*

5.2.1 Air Sanitasi

Air sanitasi adalah air yang mengandung mineral dan tidak mengandung kotoran atau bakteri. Air sanitasi digunakan untuk para karyawan lingkungan pabrik (perumahan, perkantoran, laboratorium, mesjid / musholla, kantin dan lain-lain). Karena air ini berhubungan langsung dengan kesehatan, maka air sanitasi harus memenuhi standar kualitas sebagai berikut :

1. Syarat fisika, yaitu :
 - Suhu : di bawah suhu kamar
 - Warna : tidak berwarna
 - Rasa : tidak berasa
 - Bau : tidak berbau
 - Kekeruhan : < 1 mg SiO₂ / liter
2. Syarat kimia, meliputi :
 - a. Tidak mengandung zat-zat organik maupun anorganik yang terlarut dalam air, seperti PO₄³⁺, Hg²⁺, Cu²⁺ dan logam-logam berat lainnya yang beracun.

b. Syarat bakteriologis

Air sanitasi tidak mengandung kuman maupun bakteri terutama bakteri patogen. Untuk memenuhi persyaratan ini, setelah proses penjernihan harus diberi tambahan desinfektan seperti khlor cair atau kaporit.

Pada **Tabel 5.3** menyajikan ambang batas kandungan unsur atau senyawa kimia dalam air bagi kesehatan manusia.

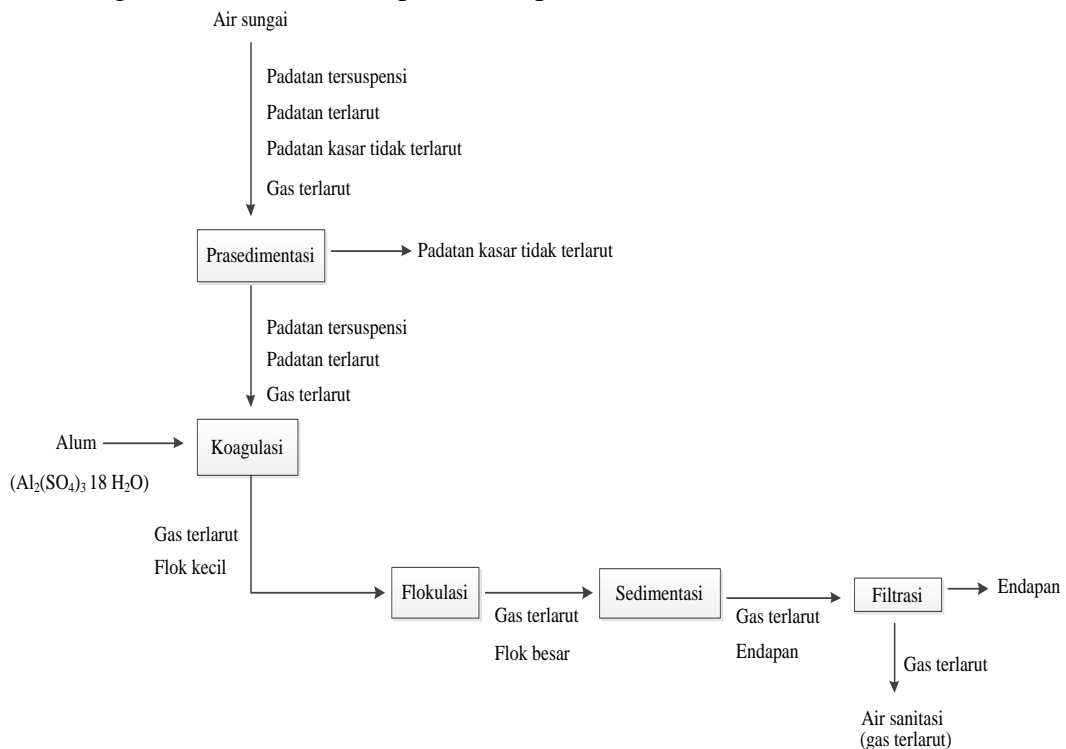
Tabel 5.3 Ambang Batas Kandungan Unsur atau Senyawa Kimia dalam Badan Air Bagi Kesehatan Manusia

Karakteristik	Ambang Batas Alamiah (ppm)	Ambang Batas yang Disarankan (ppm)
Timbal	0,1	0,05
Fluorida	1,5	0,7 – 1,20
Arsenik	0,05	0,01
Selenium	0,05	-
Kromium	0,05	-
Tembaga		1,0
Besi		0,3
Magnesium		125
Seng		5
Klorida		250
Sulfat		250
Senyawa fenol		0,001
Padatan total		
Desirable		500
Permitted		1000
Karbonat		120
Normal		
(CaCO ₃) Alkalinitas		35
Kesadahan Berlebih		10,6
pH (25oC)		0,5
Akil Benzen		0,2
Sulfonat		0,01
Ekstrak		0,05
Karbon Kloroform		45
Sianida		

Mangan		
Nitrat		

Sumber : Kegiatan Industri dan Dampaknya Bagi Lingkungan

Pengolahan air sanitasi dapat dilihat pada **Gambar 5.1** dibawah ini.



Gambar 5.1 Blok Diagram Proses Pengolahan Air Sanitasi

a. Proses Presedimentasi

Air sungai sebelum dikirim ke unit utilitas, dipisahkan terlebih dahulu dari kotoran yang berupa zat padat kasar yang terapung dengan cara memasang saringan disekitar *suction* pompa pengambil air (P-1001), lalu dipompakan dan dialirkan ke bak penampung sementara (TP-1101). Pada proses presedimentasi ini diharapkan dapat mengendapkan air baku sebanyak 20%.

b. Proses Pengolahan *Raw Water*

Air dari bak penampungan (BP-1101) dialirkan ke bak pengolahan *raw water* (BPR-2102) yang terdiri dari empat buah bak, yaitu bak pembentukan koagulan (*Mixing Chamber*), bak pembentukan flok-flok (*Flocculation Chamber*), bak sedimentasi (*Sedimentation Chamber*), dan bak penampungan limpahan air bersih (*Float Chamber*). Bak pengolahan *raw water* (BPR-2102) berfungsi untuk menghilangkan padatan terlarut dengan cara menambahkan bahan kimia sehingga terbentuk gumpalan dari kotoran-kotoran yang tersuspensi dalam air. Pengolahan

raw water terbagi menjadi tiga tahap :

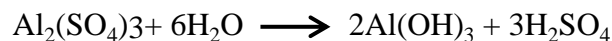
1. Proses Koagulasi

Air dari bak penampungan (BP-1101) dialirkan ke bak pembentukan koagulan, pada bak ini diinjeksikan bahan-bahan kimia sebagai berikut :

- Larutan Alum ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$)

Bahan kimia ini untuk menggabungkan beberapa molekul melalui penetralan muatan.

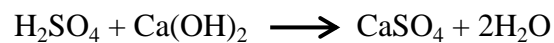
Reaksi yang terjadi :



- Larutan Kapur Tohor ($\text{Ca}(\text{OH})_2$)

Bahan ini digunakan untuk menetralkan air yang dihasilkan pada unit pengendapan sehingga memperoleh nilai pH=7.

Reaksi yang terjadi :



- Larutan *Calcium Hypochlorite* ($\text{Ca}(\text{OCl})_2$)

Penambahan $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ berfungsi sebagai :

- Desinfektan berfungsi membunuh bakteri yang terdapat dalam air.
- Menghilangkan senyawa nitrogen dalam air, terutama amoniak.
- Mengontrol rasa, bau, dan warna.
- Meminimalkan H_2S .
- Meminimalkan Mn dan Fe
- Mengontrol alga dan lumut.
- Sebagai bahan pendukung koagulasi

2. Proses Flokulasi

Proses flokulasi, yaitu penggabungan flok-flok kecil menjadi flok yang berukuran besar. Proses flokulasi juga bisa dipercepat dengan penambahan zat kimia tertentu (flokulan aid), seperti $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Faktor utama yang mempengaruhi keefektifan koagulasi dan flokulasi air adalah tingkat kekeruhan air, padatan tersuspensi, pH, durasi dan tingkat agitasi selama koagulasi dan flokulasi, serta dosis koagulan.

Pengolahan dengan metode koagulasi-flokulasi dapat menghilangkan padatan tersuspensi sebesar 60-90%, BOD sebesar 40-70%, COD sebesar 30-60%, fosfor sebesar 70-90%, dan bakteri patogen yang menempel pada padatan tersuspensi sebesar 80-90% (U.S.EPA, 1987). Koagulan-koagulan yang terbentuk dialirkan bersama air ke bak pembentukan flok. Pada bak ini dilengkapi dengan pengaduk yang berputar dengan lambat sehingga koagulan-koagulan saling bergabung membentuk flok-flok.

3. Proses Sedimentasi

Flok-flok yang terbentuk dialirkan bersama air ke bak sedimentasi. Flok-flok ini akan mengendap dengan proses sedimentasi, dimana flok akan terbentuk pada bagian dasar tangki dan air bersih dialirkan pada bagian atas (limpahan). Bak sedimentasi ini dilengkapi dengan *sludge scrapper* yang bertujuan untuk mengangkut lumpur agar lumpur lebih cepat keluar.

c. Filtrasi

Filtrasi adalah suatu proses pemisahan zat padat dari fluida (cair maupun gas) yang membawanya menggunakan suatu medium berpori atau bahan berpori lain untuk menghilangkan sebanyak mungkin zat padat halus yang tersuspensi dan kloid. Pada pengolahan air, filtrasi digunakan untuk menyaring air hasil dari proses koagulasi-flokulasi-sedimentasi sehingga dihasilkan air yang bersih.

Air bersih dari bak pengolahan *raw water* (BPR-2102) diteruskan ke *sand filter* (SF-2301), guna memisahkan kotoran-kotoran halus yang masih terdapat dalam air dan menghilangkan bau, rasa dan warna yang masih terdapat pada air tersebut. Penyaring yang digunakan pada *sand filter* (SF-2301) adalah pasir silika, karbon aktif, dan kerikil. Agar pasir tidak terikut didalam air, maka pada bagian bawah *Sand Fiter* (SF-2301) diberi penyaring. Air yang keluar dari *sand filter* (SF-2301) ditampung pada tangki penampungan air bersih (BP-2103). Air bersih ini sebagian digunakan untuk air sanitasi dan sebagian lagi di alirkan ke tangki air pendingin.

5.2.2 Air Pendingin

Air pendingin atau *cooling water* dihasilkan pada menara pendingin (*Cooling tower*). *Cooling tower* berfungsi sebagai alat untuk mendinginkan air

panas yang berasal dari *condensor* dan *cooler* dengan cara dikontakkan langsung dengan udara secara konveksi paksa menggunakan *fan*/kipas.

Langkah pertama adalah memompa air panas tersebut menuju *cooling tower* melewati *system* pemipaan yang pada ujungnya memiliki banyak *nozzle* untuk tahap *spraying* atau semburan. Air panas yang keluar dari *nozzle* secara langsung sementara itu udara atmosfer dialirkan melalui atau berlawanan dengan arah jatuhnya air panas karena pengaruh *fan/blower* yang terpasang pada *cooling tower*. Sistem ini sangat efektif dalam proses pendinginan air karena suhu kondensasinya sangat rendah mendekati suhu *wet-bulb* udara. Air yang sudah mengalami penurunan temperatur ditampung dalam bak/basin untuk kemudian dipompa kembali menuju *condensor* dan *cooler*. Pada *cooling tower* juga dipasang katup *make up water* yang dihubungkan kesumber air terdekat untuk menambah kapasitas air pendingin jika terjadi kehilangan air ketika proses *evaporative cooling* tersebut.

5.2.3 Air Proses dan Air Umpan Boiler

Air baku ini yang berasal dari ngipik sebagian digunakan untuk air sanitasi dan sebagian lagi dilakukan demineralisasi untuk mendapatkan air proses dan air umpan boiler yang diharapkan memiliki spesifikasi sesuai dengan syarat air yang digunakan untuk umpan boiler dan air proses. Air umpan boiler harus memenuhi standar kualitas, yang dapat dilihat pada Tabel 5.6.

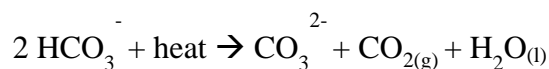
Tabel 5.4 Persyaratan Air Umpan Boiler

Parameter	Satuan	Pengendalian Batas
Ph	Unit	10.5-11.5
Konduktivitas	$\mu\text{mhos/cm}$	5000, max
TDS	Ppm	3500, max
P-Alkalinity	Ppm	-
M-Alkalinity	Ppm	800, max
O-Alkalinity	Ppm	2.5 x SiO ₂ , min
Total Hardness	Ppm	-
Silika	Ppm	150,max
Besi	Ppm	2,max
Residu pospat	Ppm	20-50
Residu sulfat	Ppm	20-50
pH kondensat	Unit	8.0-9.0

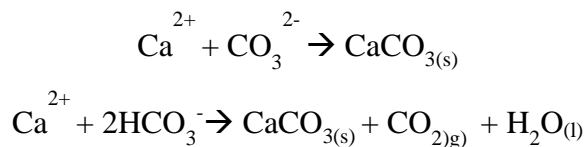
Sumber: PT. Nalco Indonesia

Selain itu air yang digunakan untuk umpan boiler harus bebas dari mineral-mineral atau unsur yang menyebabkan kesadahan air menjadi tinggi. Ion-ion seperti Ca^{2+} dan Mg^{2+} akan menyebabkan tingginya kesadahan air disamping juga Mn^{2+} dan $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$. Ion-ion penyebab kesadahan ini harus dieliminasi sekecil mungkin sehingga konsentrasinya maksimum 0,05 ppm.

Air umpan boiler dengan tingkat kesadahan yang tinggi dapat menyebabkan pembentukan kerak pada pipa maupun boiler itu sendiri. Kerak ini akan terbentuk ketika ion-ion seperti Ca^{2+} bereaksi dengan anion yang secara alami terdapat di dalam air, seperti ion bikarbonat (HCO_3^-) yang merupakan hasil reaksi antara CO_2 dengan air pada tekanan atmosfer. Ketika larutan yang mengandung Ca^{2+} dan HCO_3^- dipanaskan, endapan kalsium karbonat akan terbentuk sebagai hasil dari reaksi ion seperti di bawah ini.



Ion karbonat yang dihasilkan kemudian bereaksi dengan ion kalsium menurut persamaan reaksi :



Endapan kalsium karbonat inilah yang akan menempel pada permukaan peralatan sehingga mengurangi efisiensi alat. Pipa yang sudah ditumbuhi kerak ini akan memberikan hambatan gesekan sehingga mengurangi laju alir air.

Fenomena terbentuknya kerak ini dapat dilihat pada **Gambar 5.2**



Gambar 5.2 Lapisan Kerak pada Pipa

Selain itu, boiler dengan permukaan yang dilapisi oleh kerak juga akan mengalami penurunan efisiensi panas seperti yang ditunjukkan oleh **Tabel 5.6**.

Tabel 5.5 Kehilangan Efisiensi Termal Akibat Lapisan Kerak pada Boiler

Ketebalan Lapisan Kerak (in)	Kehilangan Efisiensi Termal (%)
1/16	15
1/8	25
1/4	39
3/8	55
1/2	70

Sumber : Peairs, 2004

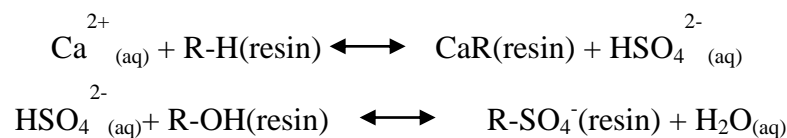
- **Demineralisasi (*Water Softener*)**

Untuk menanggulangi hal diatas maka diperlukan *pretreatment* atau pengolahan awal terhadap air umpan boiler berupa pelunakan air (*water softening*). Alat yang digunakan untuk menghilangkan kesadahan ini disebut dengan *water softener*. *Water softener* menggunakan prinsip kerja pertukaran ion. Pada proses ini, air dialirkan melalui unggun resin yang telah dijenuhkan terlebih dahulu dengan mengalirkan larutan *brine* (mengandung ion natrium) melewati unggun. Resin yang digunakan pada pertukaran air bebas mineral dapat dilihat pada **Tabel 5.6**.

Tabel 5.6 Resin yang Digunakan

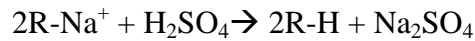
	Kation	Anion
Jenis resin	Lewatit MonoPlus S 100	Lewatit MP 600 WS
Bentuk	<i>Gel type beads</i>	<i>Macroporous</i>
Volume	250 L	550 L
<i>Ionic form as shipped</i>	Na	Cl
<i>Functional group</i>	Asam sulfonat	Quarternary amine
Densitas	1.28 g/ml	1.1 g/ml
Ph	0-14	0-14
Suhu	120°C	30°C
Regeneran	H ₂ SO ₄ , HCl, NaCl	NaOH
Konsentrasi regeneran	4-6%	2-4%

Proses pertukaran ion terjadi ketika ion penyebab kesadahan seperti Ca²⁺ dan Mg²⁺ terikat pada resin dan melepaskan ion Na⁺ ke dalam air menurut persamaan reaksi di bawah ini.



Kation lainnya, seperti ion Cu²⁺, Zn²⁺, Mn²⁺ dan Fe²⁺/Fe³⁺, juga akan dihilangkan dari dalam air melalui proses ini. Air yang keluar selanjutnya ditampung pada *demin water storage tank* (DM-171) dan dapat digunakan untuk air proses, air umpan boiler serta air pendingin.

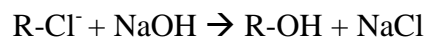
Suatu resin penukar ion yang hanya dapat berlangung jika bahan penukar dapat menyediakan hidrogen atau hidroksida untuk menggantikan kation dan anion dari air mentah. Jika suatu kation dan anion tidak mampu lagi menukar, kation dan anion tersebut harus dikembalikan kepada keadaan awal melalui regenerasi. Regenerasi kation dilakukan dengan cara mengganti kembali ion H^+ yang telah jenuh dengan mereaksikannya dengan H_2SO_4 .



Ada beberapa tahapan yang dilakukan pada proses regenerasi kation yaitu:

- *Backwash*, *backwash* adalah suatu proses yang bertujuan untuk membuang/menghilangkan deposit kotoran yang menempel di resin.
- Pemberian *acid* step 1 yaitu dengan menginjeksikan H_2SO_4 1,75%
- Pemberian *acid* step 2 yaitu dengan menginjeksikan H_2SO_4 3,5%
- Pemberian *acid* step 3 yaitu dengan menginjeksikan H_2SO_4 5,25%
- *Slow rinse* dimaksudkan untuk pembilasan dan pengangkatan kotoran yang telah di proses.
- *Fast rince* sama dengan *slow rinse* hanya saja melakukannya dengan debit air yang besar.

Regenerasi resin penukar anion sama dengan regenerasi kation, jika sudah jenuh maka dapat dikembalikan ke keadaan dengan menggunakan alkali. Soda kaustik dipakai sebagai penukar anion dari basa kuat.



Sama dengan regenerasi pada kation, pada anion juga terdapat beberapa tahapan. Tahap-tahap yang dilakukan pada proses regenerasi anion, yaitu :

- *Backwash*, *backwash* adalah suatu proses yang bertujuan untuk membuang/menghilangkan deposit kotoran yang menempel di resin.
- *Preheat bed*.
- *Caustic injection* yaitu penambahan kaustik dengan cara menginjeksikan NaOH 4%.
- *Slow rinse* dimaksudkan untuk pembilasan dan pengangkatan kotoran yang telah di proses.
- *Fast rince* sama dengan *slow rinse* hanya saja melakukannya dengan debit air yang besar.

Selama proses regenerasi, limbah air yang dihasilkan ditampung pada bak penampung regenerasi (neutral basin) untuk dinetralkan sebelum akhirnya dibuang ke sungai.

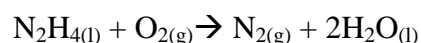
5.3 Unit Penyediaan *Steam*

Unit ini berfungsi memenuhi kebutuhan *steam* pada pabrik, *steam* dihasilkan oleh boiler dan digunakan untuk keperluan proses.

5.3.1 *Deaerator*

Selain bebas dari ion-ion penyebab kesadahan, air umpan boiler juga harus bebas dari kandungan gas terlarut, seperti oksigen dan karbon dioksida. Keberadaan oksigen dan karbon dioksida terlarut di dalam air umpan boiler akan memicu terjadinya korosi pada perpipaan, boiler, dan peralatan lainnya.

Pemisahan gas terlarut dari air umpan boiler ini dapat dilakukan dalam suatu alat *deaerator*. Untuk menghilangkan kandungan gas-gas terlarut didalam air diberikan perlakuan fisik dan kimia. Perlakuan fisik dilakukan dengan menaikkan suhu air didalam *deaerator* dengan menggunakan *steam*. Mekanismenya yaitu: Air umpan boiler disemprotkan melalui *nozzle* dari bagian atas kolom *deaerator* yang terdiri atas *tray-tray*. Dari bagian bawah dialirkan *steam* dengan arah yang berlawanan dengan arah air umpan (*counter flow*). Kontak antara steam dengan air umpan pada *tray-tray* ini akan menaikkan temperature air sehingga dapat mengurangi kelarutan gas oksigen dan karbon dioksida didalam air sampai 0,007 ppm. Dilanjutkan dengan perlakuan kimia yaitu dengan penambahan bahan kimia yang dikenal dengan oksigen *scavenger*. Oksigen *scavenger* yang biasa digunakan adalah hidrazin (N₂H₄) dapat menghilangkan sisa oksigen yang tidak hilang secara mekanis. Hidrazin akan bereaksi dengan oksigen membentuk air dan gas nitrogen, sehingga dapat menghilangkan sisa kandungan gas terlarut dalam didalam air. Reaksi hidrazin dengan oksigen adalah sebagai berikut.



Hydrazine dapat juga bereaksi dengan besi dengan reaksi sebagai berikut :



Selanjutnya air yang sudah bebas dari kandungan gas terlarut akan turun dan masuk ke dalam *storage tank* yang terletak di bagian bawah *deaerator* untuk kemudian dialirkan ke dalam boiler. Temperatur air keluar dari alat ini berkisar

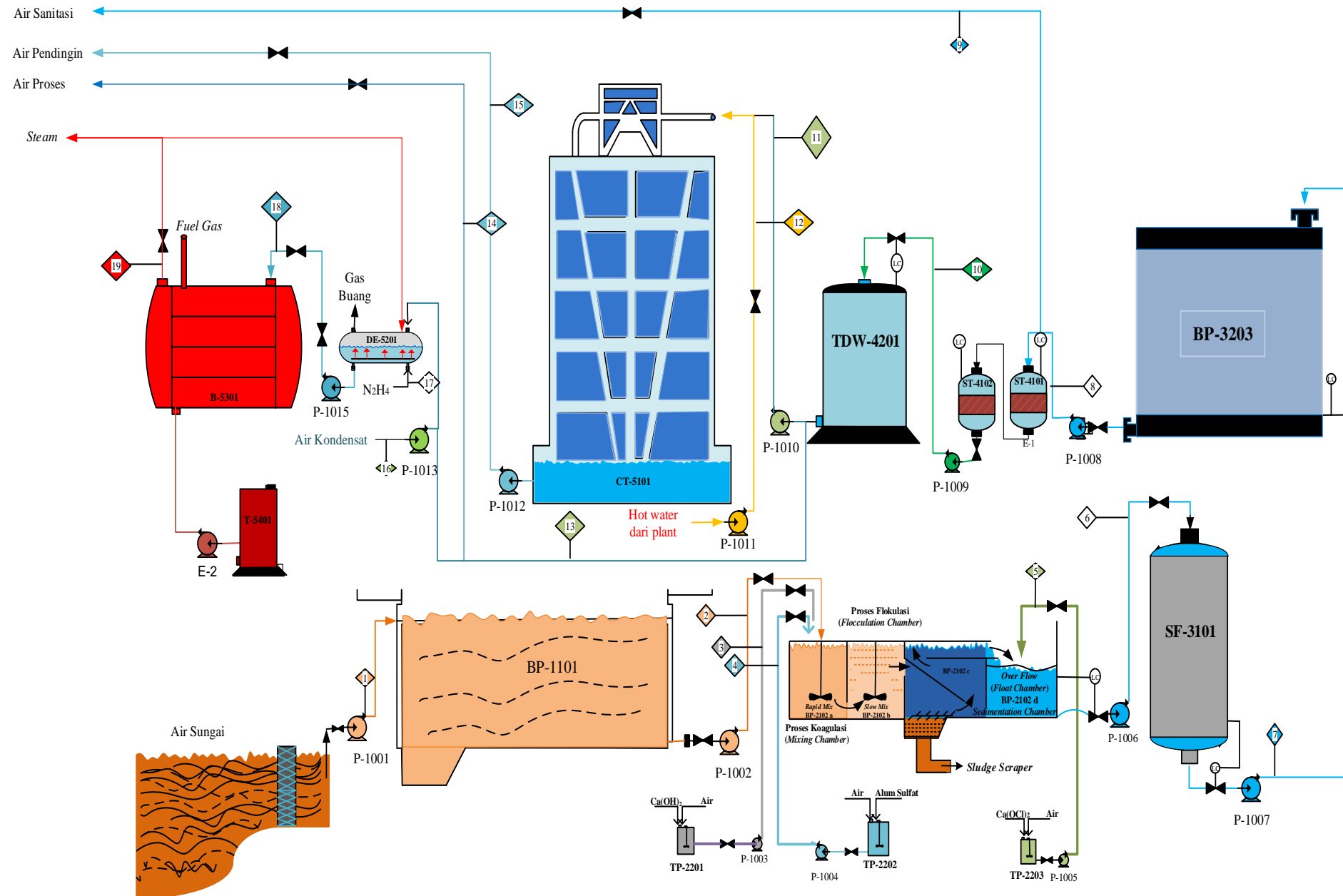
antara 102-104°C. Air keluaran *daerator* dialirkan ke Boiler (B-3801) untuk menghasilkan uap atau *steam* yang dibutuhkan pada proses pabrik. Jenis boiler yang digunakan adalah *fire tube boiler*. Api akan mengalir melewati *tube-tube* dan memanaskan air. Energi panas yang dilepaskan bahan bakar diserap oleh air sehingga air mengalami perubahan dari fasa cair menjadi fasa uap (*saturated* atau *superheated steam*). *Steam* yang dihasilkan ini kemudian dikirim ke *plant* untuk digunakan pada alat *heat exchanger*. Kondensat yang dihasilkan kemudian dialirkan ke *daerator* (DE-3701) kembali. *Steam* yang dihasilkan bersuhu 200°C

5.4 Unit Pengolahan Limbah

Limbah suatu industri merupakan hal yang tidak dapat diabaikan keberadaannya. Limbah yang tidak dikelola dengan baik bisa berdampak bagi lingkungan. Kandungan bahan-bahan organik yang tinggi pada limbah yang dihasilkan dapat menjadi sumber pertumbuhan mikroba. Sehingga limbah industri secara langsung maupun tidak langsung akan berpengaruh terhadap kesehatan masyarakat apabila tidak dikelola dengan benar.

Dalam proses produksinya, pabrik Aluminium Sulfat menghasilkan hanya sedikit limbah, yaitu limbah Air proses pada alat pemisahan *centrifugasi*. Sehingga penanganan limbah di pabrik aluminium sulfat tidak terlalu diperhatikan secara khusus.

FLOWSHEET UTILITAS PRA RANCANGAN PABRIK ALUMINIUM SULFAT DARI ALUMINIUM HIDROKSIDA DAN ASAM SULFAT DENGAN KAPASITAS PRODUKSI 50.000 TON/TAHUN



Gambar 5.3 Flowsheet Utilitas

JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI UNIVERSITAS BUNG HATTA	
FLOWSHEET UTILITAS PRA RANCANGAN PABRIK ALUMINIUM SULFAT DARI ALUMINIUM HIDROKSIDA DAN ASAM SULFAT DENGAN KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN	
Digambar Oleh :	Tanda Tangan
Dian Novendri DolokSaribu 2110017411050	
Amdanu Wira Adi Kusuma LumbanTobing 2110017411051	
Disetujui Oleh :	Tanda Tangan
Dr. Firdaus, S.T., M.T	

Nama Alat	Kode Alat
Pompa	P – (1001-1014)
Bak Penampungan Air Sungai	BP – 1001
Tangki Pelarutan Aluminium Sulfat	TP – 2002
Tangki Pelarutan Kapur Tohor	TP – 2201
Tangki Pealrutan Kaporit	TP – 2203
Bak Raw Water	BP – 2102
Sand Filter	SF – 3102
Bak Penampung Air Bersih	BP – 3203
Softener Tank	ST – 4101
Tangki Air Demin	TDW – 4201
Cooling Tower	CT – 5101
Deaerator	DE – 5201
Boiler	B – 5301

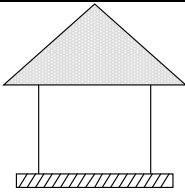
BAB VI
SPESIFIKASI PERALATAN

Berdasarkan perhitungan, diperoleh spesifikasi peralatan pada prarancangan pabrik Aluminium Sulfat dari Aluminium Hidroksida dan Asam sulfat dapat diuraikan di bawah ini :

6.1 Spesifikasi Peralatan Utama

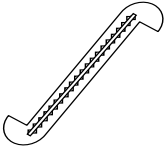
6.1.1 Ware House Al(OH)₃

Tabel 6.1 Spesifikasi Ware House Al(OH)₃

SPESIFIKASI	
Nama	Ware House Al(OH) ₃
Kode	WH-1.01
Jumlah	1 Unit
Fungsi	Sebagai tempat penyimpanan bahan baku Al(OH) ₃
Sifat Bahan	Padatan
Fasa Bahan Yang Disimpan	Padatan
DATA DESIGN	
Gambar	
Konstruksi	Dinding beton, alas semen, atap asbes
Tinggi Gudang	6,5 m
Panjang Gudang	13 m
Lebar Gudang	13 m

6.1.2 Bucket Elevator

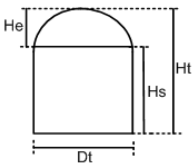
Tabel 6.2 Spesifikasi *Bucket Elevator*

SPESIFIKASI	
Nama	<i>Bucket Elevator</i>
Kode	(BE-1.01) dan (BE-3.02)
Jumlah	2 Unit
Fungsi	Untuk mengangkut bahan baku padatan
Sifat Bahan	Padatan
Fasa Bahan Yang Disimpan	Padatan
DATA DESIGN	
Gambar	
Konstruksi	<i>Carbon Steel</i>
Tinggi <i>Elevator</i>	7,6 m
Ukuran <i>Bucket</i>	5,5 in
Jarak antar <i>Bucket</i>	8 in
Kecepatan <i>Bucket</i>	225 ft/menit
Kecepatan putaran	43 Rpm
Power Poros	1 Hp

6.1.3 Tangki Penyimpanan H₂SO₄

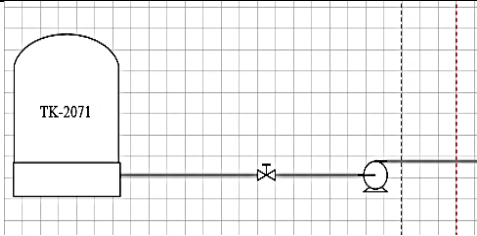
Tabel 6.3 Spesifikasi Tangki Penyimpanan H₂SO₄

SPESIFIKASI	
Nama	Tangki Penyimpanan H ₂ SO ₄
Kode	TP-1.01
Jumlah	1 Unit
Fungsi	Sebagai tempat penyimpanan bahan baku H ₂ SO ₄
Sifat Bahan	korosif
Fasa Bahan Yang Disimpan	Cair
DATA DESIGN	

Gambar	
Konstruksi	<i>Silinder Vertikal, alas datar dan tutup ellipsoidal</i>
Diameter tangki, (Dt)	7,8 m ³
Tinggi Tangki	5,2 m
Tinggi Silinder	3,9 m
Tinggi Tutup Ellipsoidal	1,3 m

6.1.4 Pompa

Tabel 6.4 Spesifikasi Pompa

SPESIFIKASI	
Nama	Pompa
Kode	P-1.01
Jumlah	4 Unit
Fungsi	Sebagai alat transportasi cair
DATA DESIGN	
Gambar	
Tipe	<i>Centrifugal Pump</i>
Bahan	<i>Carbon Steel</i>
Tekanan	1 atm
Densitas	1823,2 kg/m ³
Viskositas Campuran	26,20 cP
Faktor Keamanan	10%
Daya Pompa	1 Hp
Diameter Optimum	1,6 in

6.1.5 Pompa Peralatan

Tabel 6.5 Daya Pompa Pada Peralatan

Kode Alat	Jenis Pompa	Daya (Hp)
P-1.01	<i>Centrifugal Pump</i>	1 Hp
P-1.02	<i>Rotary Pump</i>	3,8 Hp
P-2.03	<i>Rotary Pump</i>	1 Hp
P-2.04	<i>Rotary Pump</i>	1 Hp
P-2.05	<i>Rotary Pump</i>	1 Hp

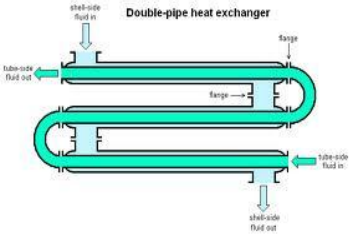
6.1.6 Tangki Pengenceran

Tabel 6.6 Spesifikasi Tangki Pengenceran H₂SO₄

SPESIFIKASI	
Nama	Tangki Pengenceran H ₂ SO ₄
Kode	MI-1.01
Jumlah	1 Unit
Fungsi	Sebagai pengenceran H ₂ SO ₄
Sifat Bahan	korosif
Fasa Bahan Yang Disimpan	Cair
DATA DESIGN	
Gambar	
Konstruksi	<i>Carbon steel, SA-285, Gr.C</i>
Diameter tangki, (Dt)	1,7 m
Tinggi Tangki	3,1 m
Tinggi Tutup <i>Ellipsoidal</i>	0,45 m
Tebal <i>Ellipsoidal</i>	0,3 in
Diameter Pengaduk	0,5 m
Panjang <i>Blade</i> Pengaduk	0,4 m
Lebar <i>Blade</i> Pengaduk	0,3 m
Tinggi Pengaduk	1,7 m
Lebar <i>Baffle</i>	0,4 m
Daya Motor	10,32 Hp

6.1.7 Heat Exchanger

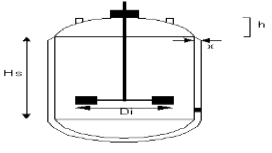
Tabel 6.7 Spesifikasi *Heat Exchanger*

SPESIFIKASI	
Nama	<i>Heat Exchanger</i>
Kode	HE-1.01
Jumlah	1 Unit
Fungsi	Sebagai tempat pemanasan H ₂ SO ₄
DATA DESIGN	
Gambar	
Tipe	<i>Double-Pipe Heat Exchanger</i>
Bahan	<i>duplex stainless steel</i>
<i>Overall Clean Coefficient, U_c</i>	2,93 Btu/Jam.°F
<i>Overall design Coefficient, U_d</i>	2,91 Btu/Jam.°F
<i>Dirt Factor, RD</i>	0,0002
<i>OD Tube</i>	2,38 in
<i>ID Shell</i>	2,067 in
Luas Penampang	5,3 ft ²

6.1.8 Reaktor

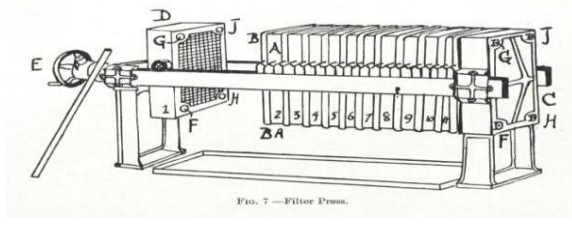
Tabel 6.8 Spesifikasi *Reaktor*

SPESIFIKASI	
Nama	<i>Reaktor</i>
Kode	R-1.01
Jumlah	1 Unit
Fungsi	Sebagai tempat pereaksian Al(OH) ₃ danu H ₂ SO ₄
Fasa	Cair
DATA DESIGN	

Gambar	
Konstruksi	<i>Carbon steel, SA-285, Gr.C</i>
Diameter tangki, (Dt)	1,9 m
Tinggi Tangki	3,3 m
Tinggi Tutup <i>Ellipsoidal</i>	0,4 m
Tinggi <i>Silinder</i>	2,3 m
Tebal Tangki	0,0091 in
Tebal <i>Ellipsoidal</i>	0,37 in
Diameter Jacket	2,1 m
Diameter Pengaduk	1,9 m
Diameter Pengaduk	0,63 m
Lebar <i>Blade</i> Pengaduk	0,126 m
Tinggi Pengaduk	0,63 m
Lebar <i>Baffle</i>	0,157 m
Daya Motor	0,32 Hp

6.1.9 Filter Press

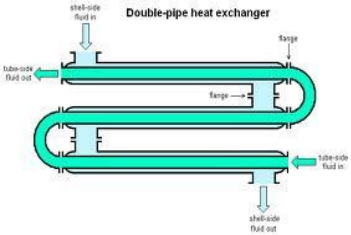
Tabel 6.9 Spesifikasi *Filter Press*

SPESIFIKASI	
Nama	<i>Filter Press</i>
Kode	FP-1.01
Jumlah	1 Unit
Fungsi	Sebagai tempat pemisahan $\text{Al}(\text{OH})_3$ yang tidak bereaksi
DATA DESIGN	
Gambar	
Tipe	<i>Plate and frame filter press</i>
Bahan	<i>Carbon steel (SA-285 grade A)</i>

Jumlah <i>Plate</i>	10 buah
Jumlah <i>Frame</i>	10 buah

6.1.10 Cooler

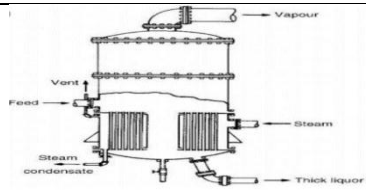
Tabel 6.10 Spesifikasi *Cooler*

SPESIFIKASI	
Nama	<i>Cooler</i>
Kode	C-1.01
Jumlah	1 Unit
Fungsi	Sebagai tempat pendinginan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$
DATA DESIGN	
Gambar	 <p>The diagram shows a U-shaped double-pipe heat exchanger. The shell-side fluid enters from the top left and exits from the bottom right. The tube-side fluid enters from the bottom right and exits from the top left. Labels include 'shell-side fluid in', 'shell-side fluid out', 'tube-side fluid in', and 'tube-side fluid out'.</p>
Tipe	<i>Double-Pipe Heat Exchanger</i>
Bahan	<i>duplex stainless steel</i>
<i>Overall Clean Coefficient, U_c</i>	120,53 Btu/Jam.°F
<i>Overall design Coefficient, U_d</i>	97,121 Btu/Jam.°F
<i>Dirt Factor, RD</i>	0,002
<i>OD Tube</i>	0,13 ft
<i>ID Shell</i>	0,11 ft
Luas Penampang	135,82 ft ²

6.1.11 Evaporator

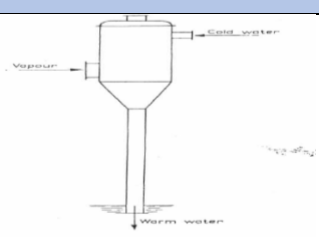
Tabel 6.11 Spesifikasi *Evaporator*

SPESIFIKASI	
Nama	<i>Evaporator</i>
Kode	FP-1.01
Jumlah	1 Unit
Fungsi	Sebagai tempat memekatkan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ dan mengurangi kadar air
DATA DESIGN	

Gambar	
Tipe	<i>Long-Tube Vertical (Silinder vertical dengan tutup ellipsoidal dan alas conical)</i>
Bahan	<i>Stainless Steel (SA-240 Grade 304)</i>
Diameter Evaporator	1,8 m
Tinggi Evaporator	4,3 m
Tinggi Silinder	1,8 m
Tinggi Ellipsoidal	0,4 m
Tinggi Conical	0,5 m
Tinggi cairan dalam Evaporator	3,7 m
Tebal dinding Evaporator	0,081 in
Tebal tutup Ellipsoidal	0,086 in
Tebal dinding alas Conical	0,086 in

6.1.12 Condensor

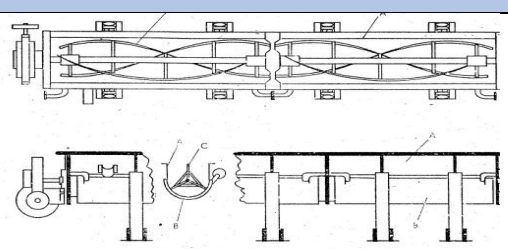
Tabel 6.12 Spesifikasi Condensor

SPESIFIKASI	
Nama	<i>Condensor</i>
Kode	CD-2.01
Jumlah	1 Unit
Fungsi	Sebagai alat untuk merubah fasa gas dari <i>Evaporator</i> menjadi fasa cair
DATA DESIGN	
Gambar	
Tipe	<i>Wet Counter Current</i>
Bahan	<i>Stainless Steel</i>
Tinggi badan condenser	8,2 ft
Diameter badan condenser	3,32 ft

Tinggi <i>tailing</i> pipa	159,6 ft
----------------------------	----------

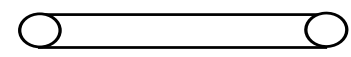
6.1.13 *Crystallizer*

Tabel 6.13 Spesifikasi *Crystallizer*

SPESIFIKASI	
Nama	<i>Crystallizer</i>
Kode	K-3.01
Jumlah	1 Unit
Fungsi	Sebagai alat untuk pembentukan kristal $Al_2(SO_4)_3$
DATA DESIGN	
Gambar	
Tipe	<i>Swenson Walker</i>
Bahan	<i>Carbon steel SA-283 grade C</i> 1 Unit
Panjang Kristalizer	4,9 m
Luas perpindahan panas, A	51,33 ft ²

6.1.14 *Belt Conveyor*

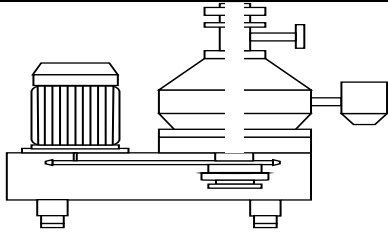
Tabel 6.14 Spesifikasi *Belt Conveyor*

SPESIFIKASI	
Nama	<i>Belt Conveyor</i>
Kode	(BC-1.01), (BC2.02) dan (BC-3.03)
Jumlah	3 Unit
Fungsi	Sebagai alat transportasi padatan
DATA DESIGN	
Gambar	
Tipe	<i>Belt conveyor</i>
Bahan	<i>Rubber</i>

Diameter <i>centrifuge</i>	51,33 ft ²
Diameter <i>bowl</i>	13 in
Kecepatan putaran	4000 Rpm
Daya motor	6 Hp
Gaya <i>centrifuge</i>	2953,6 Lbf
Tebal dinding silinder	0,04 in

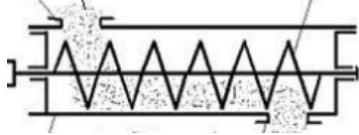
6.1.15 Centrifuge

Tabel 6.15 Spesifikasi *Centrifuge*

SPESIFIKASI	
Nama	<i>Centrifuge</i>
Kode	CF-3.01
Jumlah	1 Unit
Fungsi	Sebagai alat pemisah air dari Al ₂ (SO ₄) ₃
DATA DESIGN	
Gambar	
Tipe	<i>Dish centrifuge</i> dengan alas dan tutup datar
Bahan	<i>Stainless Steel austenitic (SA-240 Grade 304)</i>
Diameter <i>centrifuge</i>	51,33 ft ²
Diameter <i>bowl</i>	13 in
Kecepatan putaran	4000 Rpm
Daya motor	6 Hp
Gaya <i>centrifuge</i>	2953,6 Lbf
Tebal dinding silinder	0,04 in

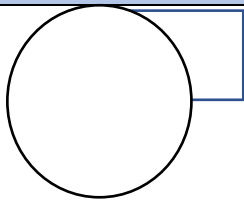
6.1.16 Screw Conveyor

Tabel 6.16 Spesifikasi *Screw Conveyor*

SPESIFIKASI	
Nama	<i>Screw Conveyor</i>
Kode	(SC-3.02) dan (SC-3.01)
Jumlah	2 Unit
Fungsi	Sebagai alat transportai krsital $Al_2(SO_4)_3$
DATA DESIGN	
Gambar	
Tipe	<i>Silinder</i>
Bahan	<i>Stainless Steel (SA-240)</i>
Diameter pipa	2,5 in
Diameter <i>shaft</i>	2 in
Diameter <i>flights</i>	10 in
Panjang maksimum	45 in
Pusat gantungan	10 in
Kecepatan motor	55 Rpm
Daya motor	1,5 Hp

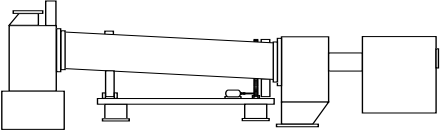
6.1.17 Blower

Tabel 6.17 Spesifikasi *Blower*

SPESIFIKASI	
Nama	<i>Rotary Dryer</i>
Kode	BL-3.01
Jumlah	1 Unit
Fungsi	Sebagai alat pengering kristal $Al_2(SO_4)_3$
DATA DESIGN	
Gambar	
Bahan	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Power blower	3,01 Hp

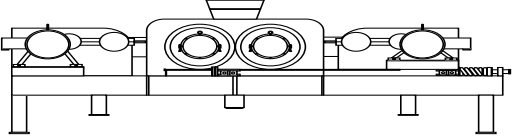
6.1.18 Rotary Dryer

Tabel 6.18 Spesifikasi *Rotary Dryer*

SPESIFIKASI	
Nama	<i>Rotary Dryer</i>
Kode	RD-3.01
Jumlah	1 Unit
Fungsi	Sebagai alat pengering kristal $Al_2(SO_4)_3$
DATA DESIGN	
Gambar	
Bahan	<i>Carbon Steel SA-285 Grade A 2,5 in</i>
Diameter <i>rotary, D</i>	1,09 m
Tebal dinding <i>rotary</i>	0,16 m
Panjang <i>rotary</i>	3,5 m
Putaran <i>rotary</i>	8,79 Rpm
Lama <i>hold up</i>	6,39 menit
Daya motor	1,2 Hp
Jumlah Flight	3 buah

6.1.19 Roller Mill


Tabel 6.19 Spesifikasi *Roller Mill*

SPESIFIKASI	
Nama	<i>Roller Mill</i>
Kode	RM-3.01
Jumlah	1 Unit
Fungsi	Sebagai alat transportai krsital $Al_2(SO_4)_3$
DATA DESIGN	
Gambar	
Tipe	<i>Silinder</i>
Diameter <i>roll</i>	18 in
<i>Face roll</i>	18 in
<i>Size lump</i>	4 in

Putaran	150 Rpm
Daya motor	8 Hp

6.1.20 Silo

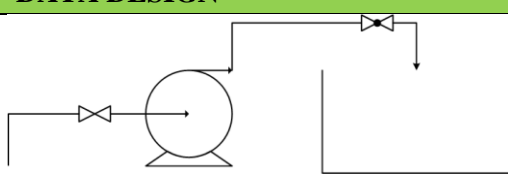
Tabel 6.20 Spesifikasi Silo

SPESIFIKASI	
Nama	<i>Silo</i>
Kode	RM-3.01
Jumlah	1 Unit
Fungsi	Sebagai tempat penyimpanan $Al_2(SO_4)_3$
DATA DESIGN	
Gambar	
Tipe	<i>Carbon Steel</i>
Volume silo	78,4 m ³ /jam
Diameter silo	153 in
Tinggi silinder	5,85 m
Tinggi konis	1,78
Tinggi silo	7,63

6.2 Spesifikasi Peralatan Utilitas

6.2.1. Pompa Air Sungai

Tabel 6.21 Spesifikasi Pompa Utilitas

SPESIFIKASI	
Nama	Pompa
Kode	P-1001
Jumlah	1 Unit
Fungsi	Transportasi cairan
DATA DESIGN	
Gambar	
Bahan Konstruksi	<i>Commercial steel pipe</i>
Type	<i>Centrifugal pump</i>
Laju Alir	9.479,34 kg/jam
Ukuran Pipa	2 in sch 40
OD Pipa	2,375 in

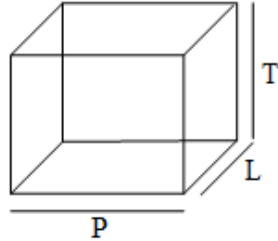
ID Pipa	2,0670 in
Daya	0,98 HP

Tabel 6.22 Pompa pada Peralatan utilitas

Kode	Keterangan	Ukuran pipa (in)	Daya (HP)
P-1002	Pompa bak penampungan	2	0,98
P-1003	Pompa tangki pelarutan alum	1/8	0,0001
P-1004	Pompa tangki pelarutan kapur tohor	1/8	0,0001
P-1005	Pompa tangki kaporit	1/8	0,0003
P-1006	Pompa ke unit pengolahan raw water	2	0.66
P-1007	Pompa ke sand filter	2	0,53
P-1008	Pompa ke bak penampungan air bersih	2	0,85
P-1009	Pompa ke softener tank	2	0,64
P-10010	Pompa ke tangki air demin	2	0.12
P-10011	Pompa ke deaeratrora	2	0,065
P-10012	Pompa ke boiler	2	2,4
P-10013	Pompa ke cooling tower	3	4,6

6.2.2. Bak Penampung Air Sungai

Tabel 6.23 Spesifikasi Bak Penampung Air Sungai

SPESIFIKASI	
Nama	Bak Penampung Air Sungai
Kode	BP-1101
Jumlah	1 Unit
Fungsi	Menampung air sungai sebelum diolah menjadi air bersih
DATA DESIGN	
Gambar	
Bahan Konstruksi	Beton bertulang
Type	Persegi Panjang
Laju Alir	72749,39066 kg/jam
Panjang	11 m
Lebar	7 m
Tinggi	4 m

6.2.3. Tangki Pelarutan Alum

Tabel 6.24 Spesifikasi Tangki Pelarutan Alum

SPESIFIKASI	
Nama	Tangki Pelarutan Alum
Kode	T-2202
Jumlah	1 Unit
Fungsi	Tempat melarutkan alum
Sifat bahan	Korosif
Fasa	Padat
DATA DESIGN	
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel (SA-285 Grade A)</i>
Type	Silinder vertikal dengan alas dan tutup ellipsoidal
Laju Alir	9.479,34 kg/jam
Diameter tangki	0,45 m
Tinggi tangki	0,68 m
Tebal tangki	0,82 mm
Kecepatan Pengaduk	5,16 rps
Daya Pengadukan	0,02 HP
Daya Motor	0,03HP

6.2.4. Tangki Pelarutan Kapur Tohor

Tabel 6.25 Spesifikasi Tangki Pelarutan Kapur Tohor

SPESIFIKASI	
Nama	Tangki Pelarutan Kapur Tohor
Kode	T-2201
Jumlah	1 Unit
Fungsi	Tempat melarutkan Kapur Tohor
Sifat bahan	Reaktif terhadap asam
Fasa	Padat
DATA DESIGN	
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel (SA-285 Grade A)</i>
Type	Silinder vertikal dengan alas dan tutup ellipsoidal
Laju Alir	9.479,34 kg/jam
Diameter tangki	0,28 m
Tinggi tangki	0,41 m
Tebal tangki	0,7 mm
Kecepatan Pengaduk	7,72 rps
Daya Pengadukan	0,011 HP
Daya Motor	0,015 HP

6.2.5. Tangki Pelarutan Kaporit

Tabel 6.26 Spesifikasi Tangki Pelarutan Kaporit

SPESIFIKASI	
Nama	Tangki Pelarutan Kaporit
Kode	T-2203
Jumlah	1 Unit
Fungsi	Tempat melarutkan Kaporit
Sifat bahan	Korosif
Fasa	Padat
DATA DESIGN	
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel (SA-285 Grade A)</i>
Type	Silinder vertikal dengan alas dan tutup ellipsoidal
Laju Alir	9.479,34 kg/jam
Diameter tangki	0,31 m
Tinggi tangki	0,47 m
Tebal tangki	0,93 mm
Kecepatan Pengaduk	7,71 rps
Daya Pengadukan	0,012 HP
Dayar Motor	0,015 HP

6.2.6. Unit Pengolahan Raw Water

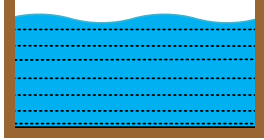
Tabel 6.27 Spesifikasi Unit Pengolahan Raw Water

SPESIFIKASI	
Nama	Unit Pengolahan Raw Water
Kode	BP-2102
Jumlah	1 Unit
Fungsi	Tempat pencampuran, pembentukan dan pengendapan flok-flok yang terkandung dalam air
DATA DESIGN	
Gambar	
Bahan Konstruksi	Beton bertulang
Type	Persegi Panjang
Laju Alir	9.479,34 kg/jam
Panjang Total	4,6 m
Lebar	3,0 m

Tinggi	1,5 m
Panjang Bak Pencampur	0,91 m
Panjang Bak Flokulasi	0,91 m
Panjang Bak Sedimentasi	1,37 m
Panjang Bak Berpelampung	1,37 m

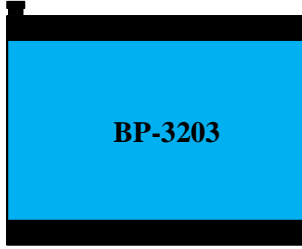
6.2.7. Sand Filter

Tabel 6.28 Spesifikasi Sand Filter

SPESIFIKASI	
Nama	Sand Filter
Kode	SF-3101
Jumlah	1 Unit
Fungsi	Menyaring sisa-sisa flok dalam air dari bak penampung berpelampung
DATA DESIGN	
Gambar	
Bahan Konstruksi	Beton bertulang
Type	Persegi Panjang dengan isi pasir silica dll
Laju Alir	72749,39066 kg/jam
Panjang	3,91 m
Lebar	2,61 m
Tinggi	1,30 m

6.2.8. Bak Penampungan Air Bersih


Tabel 6.29 Spesifikasi Bak Penampungan Air Bersih

SPESIFIKASI	
Nama	Bak Penampungan Air Bersih
Kode	BP-3203
Jumlah	1 Unit
Fungsi	Menampung air bersih hasil penyaringan dari sand filter
DATA DESIGN	
Gambar	
Bahan Konstruksi	Beton bertulang

Type	Persegi Panjang
Laju Alir	9.479,34 kg/jam
Panjang	10,4 m
Lebar	7,0 m
Tinggi	3,5 m

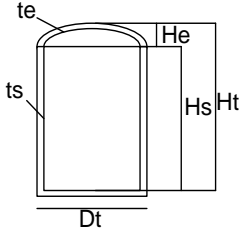
6.2.9. Softener Tank

Tabel 6.30 Spesifikasi *Softener Tank*

SPESIFIKASI	
Nama	<i>Softener Tank</i>
Kode	ST-4101
Jumlah	1 Unit
Fungsi	Menghilangkan kandungan ion-ion di dalam air
DATA DESIGN	
Gambar	
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel</i>
Type	MHC 1200-3
Laju Alir	9.479,34 kg/jam
Diameter tangki	1,22 m
Tinggi	1,52 m

6.2.10. Tangki Air Demin

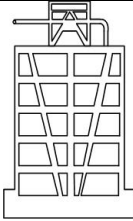
Tabel 6.31 Spesifikasi Tangki Air Demin

SPESIFIKASI	
Nama	Tangki Air Demin
Kode	TDW-4201
Jumlah	1 Unit
Fungsi	Tempat penyimpanan air bersih bebas mineral
DATA DESIGN	
Gambar	
Bahan Konstruksi	<i>Steinless steel (SS316), grade 55 C-Si</i>
Type	Silinder vertikal dengan alas dan tutup elipsoidal
Kapasitas	9.479,34 kg/jam
Diameter tangki	1,42 m
Tinggi	1,80 m

Tebal dinding	1,54 mm
---------------	---------


6.2.11. Cooling Tower

Tabel 6.32 Spesifikasi *Cooling Tower*

SPESIFIKASI	
Nama	Cooling Tower
Kode	CT-5101
Jumlah	1 unit
Fungsi	Mendinginkan air sirkulasi yang telah dipakai untuk pendinginan
Sifat bahan	Tidak korosif
Fasa bahan	Cair
DATA DESIGN	
Gambar	
Tipe	<i>Induced draft cooling tower</i>
Diameter tower	6,89 m
Tinggi tower	13,78 m
Daya fan	16,86 hp


6.2.12. Deaerator

Tabel 6.33 Spesifikasi *Deaerator*

SPESIFIKASI	
Nama	<i>Deaerator</i>
Kode	DE-3301
Jumlah	1 unit
Fungsi	Menghilangkan gas terlarut dalam air umpan <i>boiler</i>
Sifat bahan	Tidak korosif
Fasa	Cair
DATA DESIGN	
Gambar	
Tipe	<i>SM7 D</i>
Panjang tangki	2,74 m
Diameter	0,91 m
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel</i>

6.2.13. Boiler

Tabel 6.34 Spesifikasi Boiler

SPESIFIKASI	
Nama	<i>Boiler</i>
Kode	B-3401
Jumlah	1 unit
Fungsi	Menghasilkan <i>steam</i>
Sifat bahan	Tidak korosif
Fasa bahan	Cair
DATA DESIGN	
Gambar	
Tipe	<i>Fire-tube boiler</i>
Panjang	3,48 m
Lebar	1,75 m
Tinggi	2,43 m
Tekanan operasi	10 bar
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel</i>

BAB VII

TATA LETAK PABRIK DAN K3LH (KESEHATAN, KESELAMATAN KERJA DAN LINGKUNGAN HIDUP)

Susunan peralatan dan fasilitas dalam suatu rancangan alir proses merupakan syarat penting dalam memperkirakan biaya secara akurat sebelum mendirikan pabrik atau desain secara terperinci pada masa mendatang meliputi desain sarana perpipaan, fasilitas bangunan, tata letak peralatan dan kelistrikan. Hal ini secara khusus akan memberi informasi yang dapat diperoleh biaya yang terperinci sebelum pabrik didirikan.

7.1 Tata Letak Pabrik

Tata letak pabrik adalah suatu perencanaan dan penginterogasian aliran dari komponen-komponen produksi suatu pabrik, sehingga diperoleh suatu hubungan yang efisien dan efektif antara operator, peralatan dan gerakan material dari bahan baku menjadi produk. Tata letak suatu pabrik memainkan peranan yang penting dalam menentukan biaya produksi serta efisiensi dan keselamatan kerja. Oleh karena itu, tata letak pabrik disusun secara cermat untuk menghindari kesulitan di kemudian hari.

Suatu rancangan pabrik yang rasional mencakup penyusunan area proses, *Storage* (persediaan) dan area pemindahan / area alternatif (area *handling*) pada posisi yang efisien dan dengan melihat faktor-faktor sebagai berikut (*Peter, M.S., and Timmerhaus, K.D., 2004*) :

- A. Urutan proses produksi dan kemudian akseibilitas operasi, jika suatu produk perlu diolah lenih lanjut maka unit berikutnya disusun berurutan sehingga sistem perpipaan dan penyusunan letak pompa lebih sederhana.
- B. Pengembangan lokasi baru atau penambahan / perluasan lokasi yang telah ada sebelumnya.
- C. Distribusi ekonomis dari fasilitas logistik (bahan baku dan bahan pelengkap), fasilitas utilitas (pengadaan air, *steam*, tenaga listrik dan bahan bakar), bengkel untuk pemeliharaan / perbaikan alat serta peralatan pendukung lainnya.

- D. Bangunan menyangkut luas bangunan, kondisi bangunan dan konstruksinya yang memenuhi syarat.
- E. Pertimbangan kesehatan, keamanan dan keselamatan seperti kemungkinan kebakaran / peledakan.
- F. Masalah pembuangan limbah.
- G. Alat-alat yang dibersihkan / dilepas pada saat *shutdown* harus disediakan ruang yang cukup sehingga tidak mengganggu peralatan lainnya.
- H. Pemeliharaan dan perbaikan.
- I. Fleksibilitas dalam perencanaan tata letak pabrik harus dipertimbangkan dengan kemungkinan dari perubahan proses / mesin, sehingga perubahan-perubahan yang dilakukan tidak memerlukan biaya yang tinggi.
- J. *Service area* seperti kantin, tempat parkir, ruang ibadah dan sebagainya diatur sedemikian rupa sehingga tidak terlalu jauh dari tempat kerja.

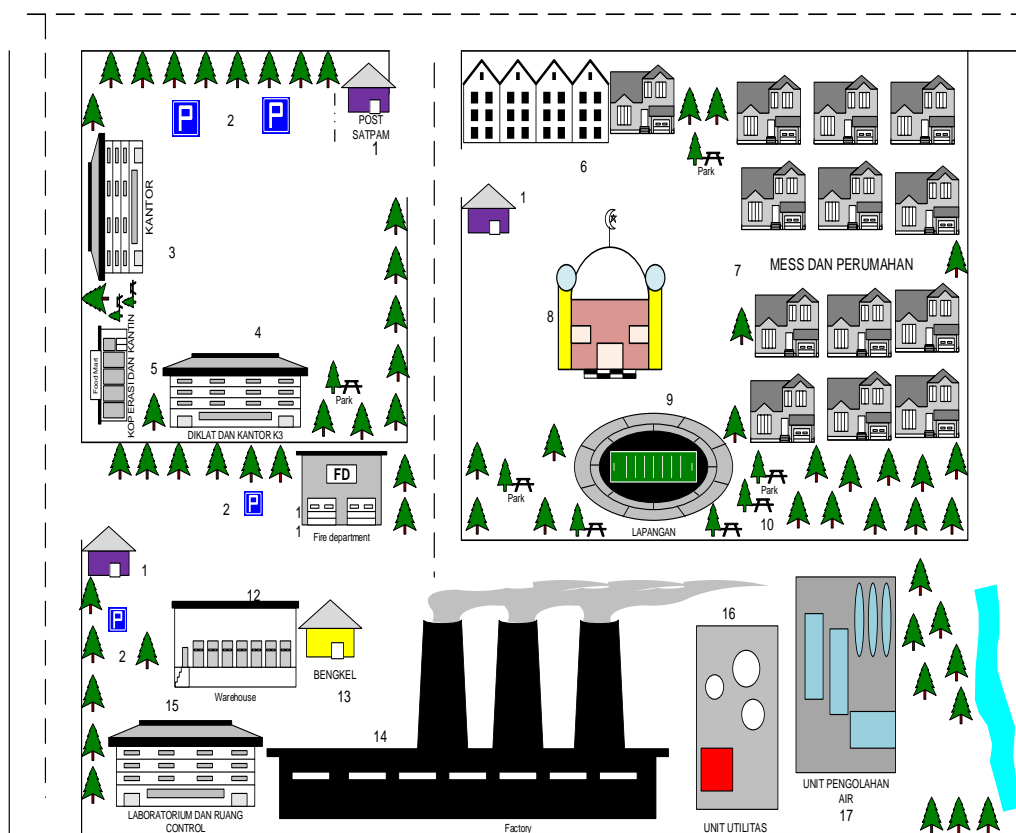
Penyusunan tata letak peralatan proses, tata letak bangunan dan lain-lain akan berpengaruh secara langsung pada investasi modal, biaya produksi, efisiensi kerja dan keselamatan kerja. Pengaturan tata letak pabrik yang baik akan memberikan beberapa keuntungan, seperti :

1. Mengurangi jarak transportasi bahan baku dan produk sehingga memudahkan proses *handling*.
2. Membrikan ruang gerak yang lebih leluasa sehingga mempermudah perbaikan mesin dan peralatan yang rusak.
3. Menurunkan ongkos produksi
4. Meningkatkan keselamatan kerja.
5. Mengefisiensikan kerja semaksimal mungkin.
6. Meningkatkan pengawasan operasi dan proses agar lebih baik.

Pabrik aluminium sulfat dari aluminium hidroksida dan asam sulfat ini berdiri di Jl. Jendral Ahmad Yani, Ngipik, Karangpoh, Kec. Gresik, Jawa Timur dengan luas daerah 5 Ha dengan perincian sebagai berikut :

- Area Pabrik : 1 Ha
- Area perumahan : 1 Ha
- Area Perkantoran : 0,5 Ha
- Area perluasan : 2,5 Ha

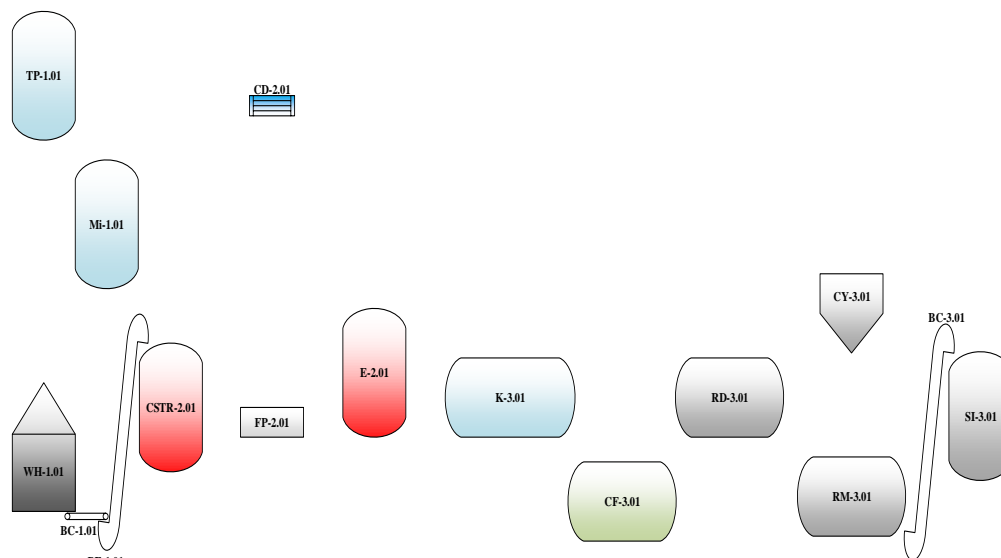
Tata letak lingkungan pabrik dan tata peralatan pabrik dapat dilihat pada Gambar 7.1 dan 7.2 berikut ini.



Gambar 7.1 Tata Letak Lingkungan Pabrik

Keterangan:

- | | |
|-------------------------|------------------------------------|
| 1. Pos satpam | 10. Taman |
| 2. Area Parkir | 11. <i>Unit pemadam</i> |
| 3. Kantor Taman | 12. Warehouse |
| 4. Kantor diklat dan K3 | 13. Bengkel |
| 5. Kantin dan Koperasi | 14. Unit proses |
| 6. Mess | 15. Laboratorium dan ruang control |
| 7. Perumahan karyawan | 16. Unit utilitas |
| 8. Masjid | 17. Unit pengolahan air |
| 9. Lapangan Bola | |



Gambar 7.2 Tata Letak Pabrik

7.2 Kesehatan, Keselamatan, Kerja dan Lingkungan Hidup

Suatu usaha perencanaan dalam pengaturan peralatan pabrik sehingga seluruh karyawan, masyarakat sekitar dan lingkungan terhindar dari bahaya yang ditimbulkan oleh pabrik.

Dalam melaksanakan pekerjaan setiap karyawan perlu disiplin untuk menghindari bahaya yang mungkin terjadi. Dengan adanya keselamatan kerja suatu pabrik, berarti ada usaha untuk menciptakan lingkungan kerja yang aman, bebas dari kecelakaan, kehancuran dan kebocoran. Selain bahaya yang bersumber dari dalam pabrik, bahaya juga dapat berasal dari luar pabrik, seperti angin, gempa dan petir.

Usaha-usaha yang perlu diperhatikan untuk menanggulangi bahaya-bahaya yang mungkin terjadi adalah sebagai berikut :

1. Tangki dipilih yang tahan tekan, tahan korosi dan dilengkapi dengan *manhole* dan *handhole* untuk pemeriksaan dan pemeliharaan.
2. Memakai jaket untuk mencegah kebocoran pada suatu sistem pemipaan.
3. Pipa – pipa yang dialiri fluida panas dan beracun diberi warna kontras dan dipasang jauh dari tempat karyawan lewat.
4. Lampu – lampu penerangan pada daerah suatu proses diberi khusus yang tahan terhadap panas.
5. Kabel – kabel listrik pada daerah suatu proses diberi isolasi khusus yang tahan terhadap panas.

6. Bangunan – bangunan yang tinggi harus diberi penangkal petir.
7. Ventilasi udara untuk laboratorium dan ruang penyimpanan bahan kimia harus cukup agar sirkulasi udara baik.
8. Sistem pemadaman kebakaran disesuaikan dengan jenis proses.
9. Pengontrolan harus diadakan secara periodik untuk peralatan dan instalasi pabrik.

7.2.1 Sebab – sebab Terjadinya Kecelakaan

Secara umum sebab terjadinya kecelakaan sebagai berikut :

1. Lingkungan fisik

Lingkungan fisik meliputi mesin, peralatan, bahan produksi, lingkungan kerja, penerangan dan lain – lain.

Kecelakaan terjadi akibat :

- Kesalahan perencanaan.
- Rusaknya peralatan.
- Kesalahan waktu pembelian.
- Terjadi ledakan karena kondisi operasi yang tidak terkontrol.
- Penyusunan peralatan dan bahan produksi yang kurang tepat.

2. Manusia (karyawan)

Kecelakaan yang disebabkan oleh manusia (karyawan) antara lain :

- Kurangnya pengetahuan dan keterampilan karyawan.
- Ketidakcocokan karyawan dengan peralatan proses atau lingkungan kerja.
- Kurangnya motivasi kerja dan kesadaran karyawan akan keselamatan kerja.
- Ketidakmampuan fisik, mental serta faktor bakat lainnya.

3. Sistem manajemen

Adapun kecelakaan yang disebabkan sistem manajemen adalah :

- Kurangnya perhatian terhadap keselamatan kerja.
- Kurangnya penerapan prosedur kerja dengan baik.
- Kurangnya pengawasan terhadap kegiatan pemeliharaan pabrik dan modifikasi pabrik.
- Tidak mengadakan inspeksi peralatan.

- Kurang perhatian pada sistem penanggulangan bahaya.

7.2.2 Peningkatan Usaha Keselamatan Kerja

Untuk meningkatkan keselamatan kerja yang harus diperhatikan dahulu adalah perkiraan – perkiraan di daerah mana yang paling rawan dengan kecelakaan. Kemudian mengetahui jenis kecelakaan apa saja yang dapat terjadi.

Di lokasi pabrik aluminium sulfat ini kemungkinan jenis kecelakaan yang terjadi adalah :

1. Kecelakaan karena ledakan dan kebakaran dapat terjadi terutama di area proses dan utilitas. Hal – hal yang perlu diperhatikan :
 - Cara pemasangan peralatan pabrik.
 - Kondisi operasi yang terjadi pada masing – masing alat.
 - Pemeriksaan terhadap peralatan hendaknya dilakukan secara rutin.
 - Menyediakan alat pemadam kebakaran serta alat penyelamatan yang baru.

2. Kecelakaan secara fisik.

Kecelakaan ini terjadi karena :

- Benturan.

Pencegahan dapat dilakukan dengan cara :

- Memberi pagar pembatas pada peralatan yang bergerak.
- Mewajibkan setiap karyawan memakai helm dan sepatu seperti pengaman apabila masuk ke lokasi pabrik.

7.2.3 Alat Pelindung Diri (APD)

Alat pelindung diri (APD) merupakan kelengkapan yang wajib digunakan saat bekerja sesuai dan risiko kerja untuk menjaga keselamatan pekerja itu sendiri dan orang di sekelilingnya. Kewajiban itu sudah disepakati oleh pemerintah melalui Departemen Tenaga Kerja Republik Indonesia.

Semua jenis APD harus digunakan sebagaimana mestinya, gunakan pedoman yang benar – benarsesuai dengan standar keselamatan kerja (K3L) “Kesehatan, Keselamatan Kerja dan Lingkungan”.

Hukum yang mendasari adalah :

1. Undang – undang No.1 Tahun 1970

- a. Pasal 3 ayat (1) butir f : Dengan peraturan perundangan ditetapkan syarat – syarat untuk memberikan APD.
- b. Pasal 9 ayat (1) butir c : Pengurus diwajibkan menunjukkan dan menjelaskan pada tiap tenaga kerja baru tentang APD.
- c. Pasal 12 ayat butir b : Dengan peraturan perundangan diatur kewajiban dan atau hak tenaga kerja untuk memakai APD.
 - d. Permenakertans No. Per. 01/MEN/1981.
2. Pasal 4 ayat (3) menyebutkan kewajiban pengurus menyediakan pelindung diri dan wajib bagi tenaga kerja untuk menggunakannya untuk pencegahan penyakit akibat kerja.
3. Permenakertans No. Per. 03/MEN/1982.

Pasal 2 butir 1 menyebutkan, memeberikan nasehat mengenai perencanaan dan pembuatan tempat kerja, pemilihan alat pelindung diri yang diperlukan dan gizi serta penyelenggaraan makanan ditempat kerja.

7.2.4 Macam – Macam Alat Pelindung Diri

1. *Safety Helmet*

Safety Helmet merupakan alat pelindung kepala yang melindungi kepala dari benda – benda yang bisa mencederai kepala secara langsung ataupun tidak langsung.



Gambar 7.3 *Safety Helmet*
Sumber : Tokotakumi.com

2. Tali Keselamatan (*Safety Belt*)

Berfungsi sebagai alat pengaman ketika menggunakan alat transportasi ataupun peralatan lain yang serupa (mobil, pesawat, alat berat, dan lain – lain).



Gambar 7.4 Safety Belt
Sumber : Aliexpress.com

3. Sepatu Karet (*Safety Boot*)

Berfungsi sebagai alat pengaman saat bekerja di tempat yang becek ataupun berlumpur. Kebanyakan dilapisi dengan metal untuk melindungi kaki dari benda tajam atau berat, benda panas, cairan kimia dsb.



Gambar 7.5 Safety Boot
Sumber : Bhineka.com

1. Sepatu Keselamatan (*Safety Shoes*)

Seperti sepatu biasa, tapi dari bahan kulit dilapisi metal dengan sol dari karet tebal dan kuat. Berfungsi mencegah kecelakaan fatal yan menimpa kaki karena tertimpa benda tajam atau berat, benda panas, cairan kimia, dsb.



Gambar 7.6 Safety Shoes
Sumber : Bhineka.com

2. Sarung Tangan (*Safety Gloves*)

Berfungsi sebagai alat pelindung tangan pada saat bekerja di tempat atau situasi yang dapat mengakibatkan cedera tangan. Bahan dan bentuk sarung tangan disesuaikan dengan fungsi masing – masing pekerjaan.



Gambar 7.7 *Safety Gloves*
Sumber : Durston.com

1. Penutup Telinga (*Ear Plug / Ear Muff*)

Berfungsi sebagai telinga pada saat bekerja di tempat yang berisik. Subat telinga yang baik adalah menahan frekuensi tertentu saja, sedangkan frekuensi untuk bicara (komunikasi) tak terganggu.



Gambar 7.8 *Ear Plug / Ear Muff*
Sumber : Tokopedia.com

2. Kaca Mata Pelindung (*Safety Glasses*)

Berfungsi sebagai pelindung mata ketika bekerja (misalnya Mengelas) agar tidak membuat mata sakit karena pancaran cahaya dari pengelasan.



Gambar 7.9 *Safety Glasses*
Sumber : Bhineka.com

3. Masker (*Repirator*)

Berfungsi sebagai penyaring udara yang dihisap saat bekerja di tempat dengan kualitas udara buruk (misal berdebu, beracun, dsb).



Gambar 7.10 *Safety Mask*
Sumber : Tokopedia.com

1. Pelindung Wajah (*Face Shield*)

Berfungsi sebagai pelindung wajah dari percikan benda asing saat bekerja (misal pekerjaan menggerinda).



Gambar 7.11 *Face Shield*
Sumber : Tokopedia.com

2. Jas Hujan (*Rain Coat*)

Berfungsi sebagai pelindung dari percikan air saat bekerja (misal bekerja pada waktu hujan atau sedang mencuci alat).



Gambar 7.12 *Rain Coat*
Sumber : Tokopedia.com

BAB VIII

ORGANISASI PERUSAHAAN

Keberhasilan suatu perusahaan dalam meningkatkan pendapatannya sangat tergantung pada struktur, bentuk dan manajemen dari perusahaan tersebut. Pengelolaan suatu perusahaan yang baik memerlukan suatu struktur organisasi yang sesuai, hal ini dimaksudkan untuk meningkatkan efisiensi dan produktifitas sumber daya manusia yang pada akhirnya akan meningkatkan pendapatan perusahaan.

8.1. Bentuk Perusahaan

Pada Prarancangan pabrik aluminium sulfat dari aluminium hidroksida dan asam sulfat ini, bentuk perusahaan yang dipilih adalah Perseroan Terbatas (PT). Pemilihan ini didasarkan pertimbangan sebagai berikut:

- a. Perseroan Terbatas adalah suatu badan hukum, artinya pemegang saham adalah pemilik dari perusahaan dan kekuasaan tertinggi pada rapat pemegang saham.
- b. Tanggung jawab dan wewenang pemegang saham terbatas karena segala sesuatu yang menyangkut kelancaran produksi dipegang oleh pimpinan perusahaan, sehingga pembagian hak dan wewenang antara pemegang saham dengan pelaksanaan perusahaan terlihat dengan jelas.
- c. Direktur perusahaan adalah orang yang dipandang mampu mengendalikan perusahaan sehingga diharapkan mampu mendapatkan keuntungan yang maksimal.
- d. Mudah untuk mendapatkan modal, yaitu dengan menjual saham perusahaan.
- e. Kelangsungan hidup perusahaan lebih terjamin, karena tidak berpengaruh dengan berhentinya salah satu pemegang saham, direksi beserta staffnya serta karyawan perusahaan.
- f. Perseroan terbatas dapat menarik modal yang sangat besar dari masyarakat, sehingga dengan modal ini PT dapat memperluas usahanya.

8.2. Struktur Organisasi

Struktur organisasi akan menentukan kelancaran aktivitas perusahaan dalam pencapaian keuntungan yang maksimal dan perkembangan perusahaan yang baik. Dalam pengelolaan perusahaan direncanakan memakai sistem *Line and staff organization*. Pemilihan sistem ini didasarkan atas beberapa azas yang akan dijadikan pedoman, antara lain :

- Pembagian tugas dan wewenang yang jelas.
- Sistem control atas kerja yang telah dilaksanakan.
- Kesatuan perintah dan tanggung jawab.

Pada sistem ini garis kekuasaan lebih sederhana dan praktis, dimana :

- Pimpinan yang terpusat pada satu tangan tidak akan menyebabkan timbulnya kesimpangsiuran dalam menjalankan tugas (adanya kesatuan komando).
- Kepala bagian merupakan orang yang ahli dibidangnya.
- Keputusan dapat dijalankan dengan cepat.

Ada dua kelompok penting yang berpengaruh dalam menjalankan organisasi *line and staff*, yaitu :

- Sebagai garis atau *line* yaitu orang – orang yang melaksanakan tugas pokok operasional produksi.
- Sebagai *staff* yaitu orang – orang yang membantu tugas dari para Dewan Direksi dan Kepala Bagian.

Perusahaan dipimpin oleh seorang direktur utama yang dibantu oleh direksi. Dalam kegiatan operasionalnya direksi dibantu oleh *staff* dan kepala departemen. Direktur utama bertanggung jawab kepada dewan komisaris yang merupakan wakil dari pemegang saham mayoritas sebagai badan tertinggi yang berkewajiban menentukan kebijaksanaan umum dan mengawasi jalan perusahaan.

8.3. Tugas dan Wewenang

Pembagian tugas dan wewenang merupakan hal yang sangat penting dalam suatu kegiatan guna kelancaran operasi perusahaan. Adapun tugas dan wewenang tiap jabatan adalah sebagai berikut :

8.3.1. Pemegang Saham

Pemegang saham adalah beberapa orang yang mengumpulkan modal untuk kepentingan pendirian dan berjalannya operasi perusahaan tersebut. Para pemilik saham sebagai pemilik perusahaan mempunyai kekuasaan tertinggi. Kekuasaan tertinggi pada perusahaan yang mempunyai bentuk perseroan terbatas adalah Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS). Rapat umum tersebut mempunyai wewenang :

- a. Mengangkat dan memberhentikan dewan komisaris
- b. Menentukan gaji dari dewan
- c. Menyerahkan hasil-hasil usaha serta neraca perhitungan untung rugi tahunan dari perusahaan.
- d. Evaluasi kinerja perusahaan

8.3.2. Dewan Komisaris

Dewan komisaris selaku pimpinan tertinggi yang diangkat oleh rapat pemegang saham untuk masa jabatan tertentu mempunyai tugas dan wewenang :

- Menetapkan kebijaksanaan perusahaan sesuai dengan kebijaksanaan pemerintah.
- Menilai dan menyetujui rencana direktur, target laba perusahaan, lokasi sumber – sumber dana dan penyerahan pemasaran.
- Mengawasi tugas – tugas direktur dan membantunya dalam hal yang penting.
- Sebagai wakil pemilik saham, dewan ini bertanggung jawab langsung kepada pemilik saham.

8.3.3. Direktur Utama

Direktur utama membawahi kepala bagian. Tugas dan wewenang direktur utama, yaitu:

- Menyusun target laba perusahaan, lokasi sumber–sumber dana dan penyerahan pemasaran.
- Membuat keputusan serta membuat perjanjian kerjasama dan kontrak kerja dengan pihak luar organisasi.
- Menetapkan kebijakan umum dalam perencanaan dan pelaksanaan program perusahaan.

8.3.4. Kepala Bagian

Tugas dan wewenang kepala bagian adalah sebagai berikut :

- Bertanggung jawab kepada direktur atas tugas yang diberikan untuk mencapai target yang telah direncanakan.
- Mengawasi kualitas dan kuantitas barang-barang dan peralatan yang menjadi tanggung jawabnya.
- Menciptakan kerja sama yang baik dan menjamin keselamatan para karyawan dan memberikan saran-saran serta membuat laporan secara berkala kepada atasan.

Kepala bagian ini terdiri atas :

A. Bagian Keuangan dan Pemasaran

Bagian ini terbagi atas 2 bagian, yaitu :

➤ Bagian anggaran dan akuntansi,

Mempunyai tugas dan wewenang sebagai berikut :

- Mengelola anggaran pendapatan dan belanja perusahaan.
- Mengatur dan menyerahkan gaji karyawan.
- Mengatur dan merencanakan pembelian barang investasi.
- Mengatur dan mengawasi setiap pengeluaran dan pembelian bahan baku dan penjualan produk.
- Membuat dan membukukan pemasukan dan pengeluaran perusahaan.

➤ Bagian pemasaran

Mempunyai wewenang untuk melaksanakan pemasaran produksi. Bagian pemasaran mempunyai wewenang sebagai berikut :

- Menentukan daerah – daerah pemasaran hasil produksi.
- Meningkatkan hubungan kerjasama yang baik dengan perusahaan luar.

B. Bagian Logistik

Bagian logistik mempunyai tugas dan wewenang sebagai berikut :

- Mengatur Penerimaan, pergudangan dan suplai bahan baku serta alat-alat yang merupakan kebutuhan produksi

- Bertanggung jawab terhadap tersedianya bahan baku dan alat-alat yang cukup untuk kelangsungan proses produksi

Bagian ini dalam pengoperasiannya terbagi dua bagian, yaitu :

1. Perlengkapan

Tugas membeli barang yang dibutuhkan perusahaan dalam bidang proses produksi, kebutuhan pegawai dan lain-lain

2. Gudang

Tugasnya menyimpan dan mendistribusikan barang-barang jadi, suku cadangan, bahan-bahan kimia dan lain-lain

C. Bagian Pengendalian Mutu

Bagian logistik mempunyai tugas dan wewenang sebagai berikut :

- Mengatur penerimaan, pergudangan dan suplai bahan baku serta alat – alat yang merupakan kebutuhan produksi.
- Bertanggung jawab terhadap tersedianya bahan baku dan alat – alat yang cukup untuk kelangsungan proses produksi.

Bagian ini dalam pengoperasiannya terbagi menjadi, yaitu :

➤ Perlengkapan

Tugasnya membeli barang yang dibutuhkan perusahaan dalam bidang proses produksi, kebutuhan pegawai dan lain – lain.

➤ Gudang

Tugasnya menyimpan dan mendistribusikan barang – barang jadi, suku cadang, bahan – bahan kimia dan lain – lain.

➤ Mutu

Tugasnya memastikan bahan baku dan produk memenuhi kualitas

D. Bagian Administrasi dan Personalia

Bagian ini dalam pengoperasiannya terbagi empat, yaitu :

➤ Bagian personalia

Tugas dan wewenang bagian ini adalah :

- Menerima dan memberhentikan tenaga kerja yang sesuai dengan kemampuan dan keahlian masing – masing.

- Memberikan penilaian terhadap prestasi karyawan.
- Memberikan latihan dan peningkatan bagi peningkatan mutu dan prestasi karyawan.

➤ Bagian administrasi dan tata usaha

Bagian ini bertugas membuat dan mengatur kelancaran administrasi dalam perusahaan.

➤ Bagian hubungan masyarakat

Bagian ini mempunyai tanggung jawab dalam mengelola hubungan dengan masyarakat dan izin – izin yang menyangkut perusahaan.

➤ Bagian umum

Bagian ini mempunyai tugas dan wewenang :

- Memberikan pelayanan bagi semua unsur dalam organisasi di bidang kesejahteraan dan fasilitas – fasilitas kesehatan.
- Bertanggung jawab terhadap keamanan dan keselamatan yang meliputi satuan pengamanan (satpam) dan pemadam kebakaran.

E. Bagian Proses dan Produksi

Bagian produksi bertanggung jawab terhadap proses produksi, yaitu mengoperasikan peralatan atau mengendalikan proses terutama penyediaan utilitas, pengemasan, pengepakan produk dan perencanaan produksi yang akan datang. Bagian produksi dibagi dua bagian, kedua bagian ini mempunyai tanggung jawab sendiri – sendiri, diantaranya :

➤ Bagian Produksi

Bagian ini mempunyai tugas dan wewenang :

- Melaksanakan dan mengawasi operasi selama proses berlangsung.
- Mengawasi persediaan bahan baku dan penyimpanan hasil produksi.

➤ Bagian Utilitas

Bagian ini bertanggung jawab terhadap penyediaan air, listrik dan lain – lainnya yang berkaitan dengan kelancaran fungsional utilitas.

F. Bagian Teknik

Bagian ini bertanggung jawab memelihara semua peralatan fisik pabrik.

Bagian ini dalam pengoperasiannya terbagi atas dua bagian, yaitu :

- Bagian teknik pemeliharaan mesin dan peralatan (*maintenance*), mempunyai wewenang :
 - Mengawasi dan menyelenggarakan pemeliharaan peralatan.
 - Melakukan perbaikan untuk kelancaran operasi.

- Bagian teknik umum

Bagian ini bertanggung jawab atas pemeliharaan dan perbaikan – perbaikan fasilitas – fasilitas penunjang lainnya.

G. Bagian Penelitian dan Pengembangan

Bagian ini dalam pengoperasiannya terbagi atas :

- a. Bagian pengendalian mutu

Mempunyai tugas :

- Membuat program dan melaksanakan suatu penelitian guna meningkatkan mutu produksi dan efisiensi proses produksi.
- Mengawasi pelaksanaan penelitian dan analisa hasil produksi.

- b. Bagian laboratorium

Mempunyai tugas dan wewenang :

- Melakukan analisa terhadap bahan baku yang terlibat dalam proses produksi.
- Melakukan analisa semua bahan yang terlibat untuk mengontrol proses produksi.

8.4. Sistem Kepegawaian dan Sistem Gaji

Pada pabrik aluminium sulfat dari aluminium hidroksida dan asam sulfat ini sistem gaji karyawan ditentukan berdasarkan tanggung jawab serta keahlian karyawan tersebut. Pembagian karyawan pabrik ini dibagi menjadi tiga golongan, yaitu :

1. Karyawan tetap

Karyawan tetap adalah karyawan yang diangkat dan diberhentikan dengan suatu keputusan direktur dan mendapat gaji bulanan sesuai kedudukan, keahlian dan masa kerja.

2. Karyawan harian

Karyawan harian adalah karyawan yang diangkat dan diberhentikan direktur tanpa surat keputusan direktur dan mendapat upah harian yang dibayar setengah bulan sekali sesuai dengan hari kerja.

3. Karyawan tidak tetap (kontrak)

Karyawan tidak tetap adalah karyawan yang digunakan oleh pabrik saat diperlukan sesuai perjanjian yang disepakati dan diberhentikan sesuai masa kontrak kerja. Keselamatan seluruh karyawan selama jam kerja dijamin dengan asuransi tenaga kerja.

8.5. Sistem Kerja

Pabrik aluminium sulfat dari aluminium hidroksida dan asam sulfat ini beroperasi selama 320 hari setahun secara kontiniu dengan waktu kerja 24 jam sehari. Untuk menjaga kelancaran produksi serta mekanisme administrasi dan pemasaran, masa waktu kerja dibagi dengan *shift* dan *non shift*.

8.5.1 Waktu Kerja Karyawan *Non Shift*

Tabel 8.1 Waktu Kerja Karyawan *Non Shift*

HARI	JAM KERJA	JAM ISTIRAHAT
Senin s/d Kamis	08.00 – 17.00	12.00 – 13.00
Jumat	08.00 – 17.00	11.30 – 13.00

8.5.2 Waktu Kerja Karyawan *Shift*

Pembagian jam kerja terdiri dari 3 *shift* dan 4 group, dimana 3 group melakukan *shift* sedangkan satu *shift* libur. Setiap group dikepalai seorang *foreman shift*. Pengaturan jam kerja *shift* ini adalah :

- *Shift* Pagi : jam 07.00 – 15.00
- *Shift* Sore : jam 15.00 – 22.00
- *Shift* Malam : jam 22.00 – 07.00

8.6. Jumlah Karyawan

Jumlah karyawan pada pra rancangan pabrik aluminium sulfat dari aluminium hidroksida dan asam sulfat ini dapat dilihat pada **Tabel 8.2** dan **Tabel 8.3**.

Tabel 8.2 Karyawan *Non Shift*

No	Jabatan	Jumlah
1.	Dewan Komisaris	2
2.	Direktur	1
3.	Kepala Bagian	4
4.	Karyawan Akuntansi dan Anggaran	2
5.	Karyawan Pemasaran	2
6.	Karyawan Administrasi dan SDM	1
7.	Karyawan Logistik	1
8.	Karyawan Litbang	2
9.	Sekretaris	1
10.	Kepala satpam	1
11.	Sopir	2
12.	Dokter	1
13.	Perawat	2
Jumlah		22

Tabel 8.3 Karyawan *Shift*

No	Jabatan	Operator
1.	Karyawan Produksi	20
2.	Karyawan Utilitas	8
3.	Karyawan Mesin (teknisi)	4
4.	Karyawan Laboratorium dan Pengendali Mutu	8
5.	Karyawan Instrumentasi dan Elektrikal	4
6.	Satpam	4
7.	Supervisor	4
8.	Office boy	4
Jumlah		56

8.7 Kesejahteraan Sosial Karyawan

Jaminan sosial diberikan kepada karyawan, antara lain :

1. Tunjangan

- Tunjangan berupa gaji pokok yang diberikan berdasarkan golongan.
- Tunjangan jabatan yang diberikan berdasarkan jabatan yang dipegang karyawan.
- Tunjangan lembur yang diberikan pada karyawan yang bekerja diluar jam kerja berdasarkan jumlah jam kerja.

2. Cuti

- Cuti tahunan diberikan kepada setiap karyawan selama 12 hari kerja setahun.
- Cuti sakit diberikan kepada karyawan yang menderita sakit berdasarkan surat keterangan dokter.
- Cuti mendadak diberikan kepada karyawan apabila terjadi hal – hal diluar dugaan.

3. Perlengkapan kerja karyawan produksi

Perlengkapan kerja diberikan kepada karyawan berupa *safety shoes*, *safety earring*, helm, pakaian, masker dan kacamata.

4. Pengobatan

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

5. Asuransi tenaga kerja (ASTEK)

Sesuai dengan yang telah diatur pada pasal 15 ayat 2 Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan transmigrasi Republik Indonesia No. PER.07/MEN/V/2010, premi Asuransi ditetapkan sebesar Rp. 400.000,- yang terdiri dari;

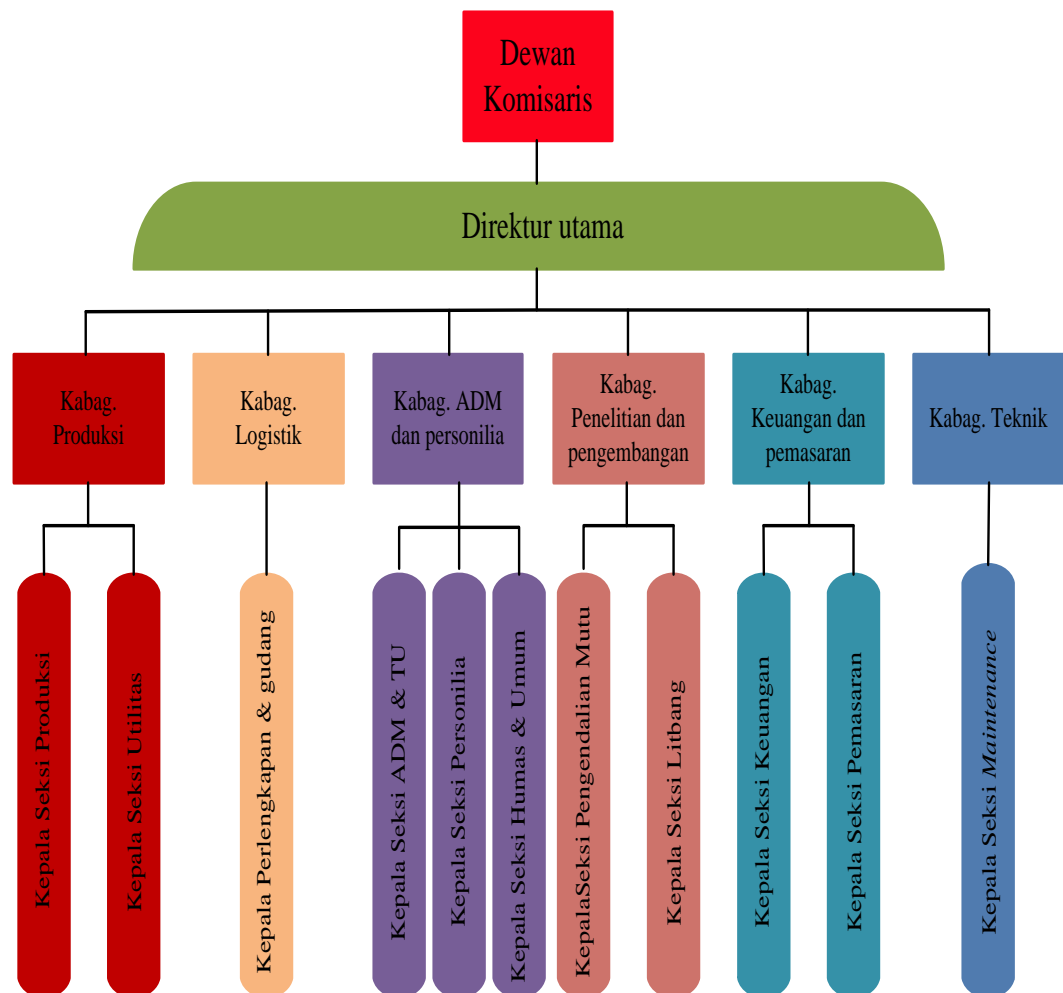
- a. Premi Asuransi TKI Pra Penempatan sebesar Rp. 50.000,-
- b. Premi Asuransi TKI Masa Penempatan sebesar Rp. 300.000,-
- c. Premi Asuransi TKI Purna Penempatan sebesar Rp. 50.000,-

PP No 84 Tahun 2013 menetapkan jaminan kesehatan bagi tenaga kerja. Pasal 9 ayat (1) berbunyi, sbb:

1. Besarnya iuran program jaminan sosial tenaga kerja, adalah :

- a. Jaminan kecelakaan kerja yang perincian besarnya iuran berdasarkan kelompok jenis usaha sebagaimana tercantum dalam Lampiran 1, antara lain :
 - Kelompok I : 0,24% dari upah sebulan
 - Kelompok II : 0,54% dari upah sebulan

- Kelompok III : 0,89% dari upah sebulan
 - Kelompok IV : 1,27% dari upah sebulan
 - Kelompok V : 1,74 % dari upah sebulan
- b. Iuran jaminan hari tua, sebesar 5,70% dari upah sebulan
- c. Iuran kematian, sebesar 0,30% dari upah sebulan
2. Iuran jaminan kecelakaan kerja dan jaminan kematian ditanggung sepenuhnya oleh pengusaha
3. Iuran jaminan hari tua sebagaimana dimaksud dalam ayat (1). Huruf b, sebesar 3,70% ditanggung oleh pengusaha dan sebesar 2% ditanggung oleh tenaga kerja.



Gambar 8.1 Struktur Organisasi

BAB IX

ANALISA EKONOMI

Analisa ekonomi diperlukan untuk menentukan jumlah modal yang dibutuhkan untuk mendirikan dan mengoperasikan pabrik serta tinjauan kelayakan suatu pabrik. Faktor – faktor yang perlu ditinjau dalam analisa ekonomi adalah :

1. Investasi yang dibutuhkan untuk pendirian suatu pabrik sampai beroperasi yang dikenal dengan istilah *Total Capital Investment*.
2. Biaya produksi (*Total Production Cost*).
3. Harga jual produk yang dihasilkan.
4. Tinjauan kelayakan dari investasi yang disebut *Profitability Measure of Investment*. Tinjauan kelayakan ini terdiri atas perhitungan laba kotor dan laba bersih, laju pengembalian modal (*Rate of Return*), waktu pengembalian modal (*Pay Out Time*), serta titik impas (*Break Event Point*).

9.1 Total Capital Investment (TCI)

Total Capital Investment (TCI) adalah sejumlah modal yang ditanamkan/diresikokan untuk mendirikan pabrik sampai pabrik siap beroperasi. *Total Capital Investment* terbagi 2, yaitu :

a. *Fixed Capital Investment* (FCI)

Fixed Capital Investment atau investasi biaya tetap adalah modal yang dikeluarkan untuk pembelian dan pemasangan peralatan pabrik serta alat penunjang lainnya sehingga pabrik dapat beroperasi. Berdasarkan perhitungan Lampiran D didapatkan *Fixed Capital Investment* sebesar US\$ 41.916.566 atau Rp. 620.029.849.132

b. *Working Capital Investment* (WCI)

Working Capital Investment atau investasi biaya kerja adalah modal atau biaya yang dikeluarkan untuk mengoperasikan pabrik sampai menghasilkan produk perdana. Biaya ini dimaksudkan untuk membiayai start up, gaji karyawan, pembelian bahan baku, pajak dan kebutuhan lainnya. Berdasarkan perhitungan Lampiran D didapatkan *Working Capital Investment* sebesar US\$.7.397.041 atau Rp 109.417.032.200. Dengan demikian, *Total Capital Investment* adalah sebesar US\$ 49.313.607 atau Rp 792.446.881.332

9.2 Biaya Produksi (*Total Production Cost*)

Total Production Cost adalah biaya yang diperkirakan untuk menjalankan pabrik. Biaya produksi terbagi 2, yaitu:

a. *Manufacturing Cost*

Manufacturing cost adalah biaya yang berhubungan dengan produksi yang terdiri dari *Direct Production Cost*, biaya tetap dan biaya *overhead*. Berdasarkan perhitungan Lampiran D, didapatkan harga *manufacturing cost* seperti berikut.

- *Direct Production Cost* = US\$ 21.078.376 = Rp. 311.791.341.115
- *Fixed Charge* = US\$ 1.941.517 = Rp. 28.718.921.003
- *Plant overhead cost* = US\$ 3.640.796 = Rp. 53.854.658.026

b. *General expenses*

General expenses adalah biaya yang diperlukan untuk keperluan administrasi, distribusi, penjualan produk, penelitian dan pembiayaan lainnya. Berdasarkan perhitungan Lampiran D, *general expenses* yang didapatkan adalah US\$ 9.747.273 atau Rp. 144.181.660.119

Dengan demikian, *Total Production Cost* adalah sebesar US\$ 36.407.962 atau Rp 538.546.580.263

9.3 Harga Jual (*Total Sales*)

Produk utama yang dihasilkan pada pabrik aluminium hidroksida yang akan dipasarkan di seluruh wilayah Indonesia dan sebagian nya akan di ekspor. Harga jual aluminium hidroksida ini adalah sebesar US\$ 1,2169/kg. Total penjualan aluminium sulfat 50.000 ton/tahun sebesar US\$. 60.843.699 atau Rp. 900.000.000.000,00

9.4 Tinjauan Kelayakan Pabrik

Tinjauan kelayakan pabrik aluminium sulfat dari aluminium hidroksida dengan asam sulfat kapasitas 50.000 ton/tahun ini dapat dilihat dari 4 bagian berikut ini.

9.4.1 Laba Kotor dan Laba Bersih

Laba adalah hasil yang diperoleh dari total penjualan dikurangi total biaya produksi. Laba kotor adalah laba sebelum dikeluarkan pajak, sedangkan laba

bersih adalah laba yang diperoleh setelah dikeluarkan pajak. Berdasarkan perhitungan Lampiran D, diperoleh laba sebagai berikut.

Laba kotor yang diperoleh adalah	= US\$24.435.270
	= Rp. 361.453.419.736
- Laba bersih yang diperoleh adalah	= US\$ 21.381.270
	= Rp. 316.271.742.269

9.4.2 Laju Pengembalian Modal (*Rate of Return*)

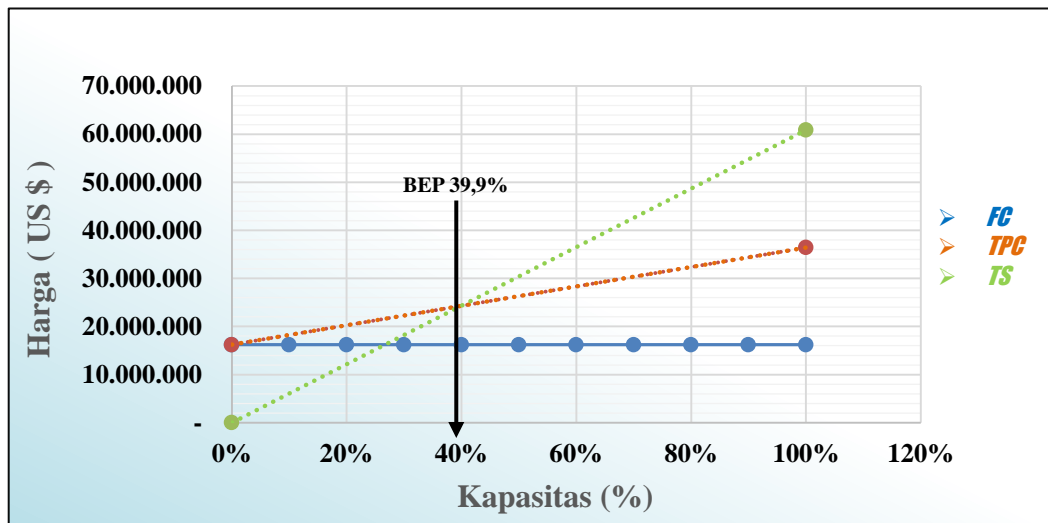
Rate of Return (ROR) merupakan perbandingan antara laba yang diperoleh tiap tahun terhadap modal yang ditanamkan. Berdasarkan perhitungan Lampiran D didapatkan nilai ROR sebesar 43,36%. Hal ini menandakan bahwa pabrik aluminium sulfat dari aluminium hidroksida dengan asam sulfat kapasitas 50.000 ton/tahun layak didirikan.

9.4.3 Waktu Pengembalian Modal (*Pay Out Time*)

Pay Out Time (POT) merupakan lamanya waktu yang diperlukan untuk mengembalikan modal yang dipinjam. Berdasarkan perhitungan Lampiran D, POT yang didapatkan adalah 2 tahun 7 bulan 5 hari.

9.4.4 Titik Impas (*Break Event Point*)

Break Event Point (BEP) atau yang lebih dikenal dengan sebutan titik impas merupakan suatu kondisi dimana hasil penjualan produk sama dengan biaya produksi. Berdasarkan perhitungan Lampiran D didapatkan BEP sebesar 39,90%. Hal ini menunjukkan bahwa pabrik aluminium sulfat dari aluminium hidroksida dengan asam sulfat kapasitas 50.000 ton/tahun layak untuk didirikan. Analisa BEP dapat dilihat pada **Gambar 9.1**



Gambar 9.1 Kurva Break Event Point

BAB X

TUGAS KHUSUS

10.1 Pendahuluan

Industri kimia merupakan industri yang mengolah bahan baku menjadi produk dengan memanfaatkan proses-proses kimia. Aluminium sulfat merupakan salah satu produk yang dihasilkan oleh proses kimia. Aluminium sulfat, dibuat dengan cara mereaksikan antara aluminium hidroksida dan asam sulfat.

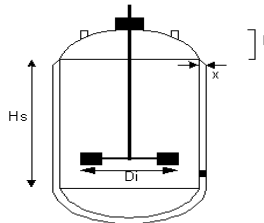
10.2 Ruang Lingkup Rancangan

Perancangan peralatan proses yang digunakan dalam produksi Aluminium Sulfat, terdiri atas rancangan *reactor*, alat transportasi, perancangan alat perpindahan panas dan rancangan alat pemisah. *Reactor* adalah tempat terjadinya reaksi antara aluminium hidroksida dan asam sulfat dalam produksi aluminium sulfat, alat transportasi cairan berupa pompa, alat perpindahan panas meliputi rancangan *heater* serta alat pemisah yaitu *filter press*. Rancangan lengkap peralatan proses dapat dilihat pada sub bab rancangan.

10.3 Rancangan

10.3.1 Reaktor

- Fungsi : Tempat berlangsungnya reaksi pembentukan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$
- Jenis : Tangki berpengaduk dengan alas tutup *Ellipsoidal*
- Bahan Konstruksi : *Carbon Steel Sa-285 Grade C*



Data :

- Laju alir, m : 12071 kg/jam
- Densitas : 1934,6 kg/m³
- Temperatur : 170°C

- Waktu reaksi : 1 jam

Perhitungan :

A. Kapasitas Tangki, V_t

$$V_t = \frac{m \times t}{\rho}$$

$$= \frac{12071 \frac{\text{kg}}{\text{jam}} \times 1 \text{ jam}}{1934,6 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 6,23 \text{ m}^3$$

1. Volume Reaktor

Untuk menentukan besarnya reaktor, maka dipakai pendekatan CSTR

Diasumsikan aliran dalam reaktor adalah aliran *plug flow*, maka volume reaktor dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\frac{V_R}{F_{AO}} = \frac{\tau}{C_{AO}} \quad (\text{Levenspiel hal 194})$$

V_R = Volume reaktor

F_{AO} = Laju alir molar reaktan

C_{AO} = Konsentrasi reaktan

Maka,

$$V_R = \frac{F_{AO} \times \tau}{C_{AO}}$$

- Konsentrasi Umpan C_{AO}

$$\text{Konsentrasi Asam Sulfat} = \frac{60,19 \text{ kmol/jam}}{6,23 \text{ m}^3/\text{jam}} = 9,66 \text{ kmol/m}^3$$

$$\text{Konsentrasi Air} = \frac{168,82 \text{ kmol/jam}}{6,23 \text{ m}^3/\text{jam}} = 27,1 \text{ kmol/m}^3$$

$$\text{Konsentrasi Aluminium Hidroksida} = \frac{3,21 \text{ kmol/jam}}{6,23 \text{ m}^3/\text{jam}} = 0,51 \text{ kmol/m}^3$$

Maka ;

C_{AO} = konsentrasi asam sulfat + aluminium hidroksida + Asam Klorida

$$C_{AO} = 9,66 \text{ kmol/m}^3 + 27,1 \text{ kmol/m}^3 + 0,51 \text{ kmol/m}^3$$

$$C_{AO} = 37,27 \text{ kmol/m}^3$$

- F_{AO} = laju kmol umpan masuk
- F_{AO} = mol asam sulfat + mol air + mol asam klorida
- = 60,19 kmol/jam + 168,82 kmol/jam + 3,21 kmol/jam
- = 232,22 kmol/jam

$$V_R = \frac{F_{AO} \times t}{C_{AO}}$$

$$V_R = \frac{232,22 \times 1}{37,27} = 6,23 \text{ m}^3$$

$$V_R = \frac{V_c}{80\%}$$

$$V_r = \frac{6,23 \text{ m}^3/\text{jam}}{0,8} = 7,87 \text{ m}^3 = 277,92 \text{ ft}^3$$

B. Perhitungan (D_i) dan Tinggi Reaktor (H_R)

Diambil :

$$H_s : D_i = 1 : 2$$

$$H : D_i = 1 : 4$$

Faktor kelonggaran, $fk = 20\%$

$$\begin{aligned} \text{Volume reaktor, } V_R &= 1,2 \times V \\ &= 1,2 \times 6,24 \text{ m}^3 = 7,487 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

C. Dimensi tangki

$$\text{Volume silinder, } V_s = \frac{\pi}{6} \times D_t^2 \times H_s$$

$$\text{Maka, } V_s = \frac{\pi}{6} \times \frac{1}{4} D_t^3$$

$$\text{Volume Ellipsoidal} = \frac{5}{16} \times D_s^3$$

$$\text{Diameter tangki, } D_t = D_t^3 = \frac{\pi D_t^3}{24} + \frac{5\pi D_t^3}{16} = \frac{17\pi D_t^3}{48}$$

$$D_t^3 = \frac{48 \times V_r}{17 \times \pi}$$

$$D_t^3 = 6,73 \text{ m}^3$$

$$D_t = 1,89 \text{ m} = 6,19 \text{ ft} = 74,3 \text{ in}$$

D. Tinggi reaktor, H_t

$$\text{Tinggi silinder, } H_s = \frac{5}{4} \times D_t$$

$$H_s = \frac{5}{4} \times 1,89 = 2,3 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi Ellipsoidal, } H_e = \frac{1}{4} \times D_t$$

$$H_e = \frac{1}{4} \times 1,89 = 0,4 \text{ m}$$

Tinggi total tangki, $H_t = H_s + 2H_e$

$$H_t = 2,3 + (2 \times 0,4) = 3,3 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi cairan, } H_c = \frac{\text{Volume cairan}}{\text{Volume tangki}} \times H_t$$

$$H_c = \frac{6,24}{7,487} \times 3,3 = 2,75 \text{ m}$$

E. Tekanan Desain

$$\begin{aligned}
 \text{Tekanan cairan, } P_c &= \rho \times g \times H_c \\
 &= 1934,6 \times 9,8 \times 2,75 \\
 &= 52208 \text{ N/m}^2 \\
 &= 0,51 \text{ atm} \\
 &= 7,51 \text{ Psi}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tekanan desain, } P_d &= P_{op} + P_c \\
 &= 1 \text{ atm} + 0,51 \text{ atm} \\
 &= 2,51 \text{ atm} \\
 &= 23,47 \text{ Psi}
 \end{aligned}$$

F. Tebal tangki

$$\text{Tebal dinding, } T_d = \frac{P \times r}{SE - 0,6P} + C$$

$$\text{Tekanan desain, } P_d = 22,67 \text{ Psi}$$

$$\text{Jari-jari tangki, } r = 74,3 / 2 = 37,16 \text{ in}$$

$$\text{Allowable stress, } S = 13700 \text{ Psi}$$

$$\text{Efisiensi pengelasan, } E = 0,85$$

$$\text{Faktor korosi yang diizinkan} = 0,002 \text{ in/tahun}$$

$$\text{Lama pemakaian} = 10 \text{ tahun}$$

Tebal dinding tangki, P_d :

$$\begin{aligned}
 T_d &= \frac{P \times r}{SE - 0,6P} + C \\
 &= \frac{22,67 \times 37,67}{(13700 \times 0,85) - (0,6 \times 22,67)} + (0,002 \times 10) = 0,091 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Tebal *Ellipsoidal*, T_e

$$\begin{aligned}
 T_e &= \frac{P \times r}{2SE - 0,2P} + C \\
 &= \frac{22,67 \times 37,67}{(2 \times 13700 \times 0,85) - (0,2 \times 22,67)} + (0,002 \times 10) = 0,376 \text{ in}
 \end{aligned}$$

G. Rancang Jaket

$$\text{Jumlah air pendingin} = 651,16 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Volume air pendingin} = 0,651 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Diameter luar reaktor (} D_1 \text{)} &= \text{Diameter dalam} + (2 \times \text{tebal dinding}) \\
 &= 74,3 + (2 \times 0,091) = 74,5 \text{ in} = 1,89 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi jaket} &= \text{tinggi reaktor} = 3,3 \text{ m} \\
 \text{Asumsi jarak jaket} &= 5 \text{ in} \\
 \text{Diameter dalam jaket } (D_2) &= D_1 + (2 \times 5 \text{ in}) \\
 &= 74,5 + (10) = 84,50 \text{ in} = 2,1 \text{ m} \\
 \text{Luas yang dilalui steam } (A) &= \frac{\pi}{4} ((D_2)^2 - (D_1)^2) \\
 &= \frac{3,14}{4} \times ((84,5)^2 - (74,5)^2) \\
 &= 1248,22 \text{ in} = 31,7 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kecepatan } \textit{Superficial} \text{ air pendingin, } v &= V / A \\
 &= 0,651 / 2,1 \text{ m}^2/\text{jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tekanan dalam jaket, } P_h &= ((H - 1) \times \text{densitas}) / 144 \\
 &= 0,376 \text{ Psi} \\
 P_{\text{desain}} &= 14,696 + 0,376 \\
 &= 15,07 \text{ Psi}
 \end{aligned}$$

Tebal dinding jaket (t_s) *Stainless steel, SA-240 tipe 304, 18Cr – 8 Ni*

$$\begin{aligned}
 t_s &= \frac{P \times r}{S \times E_j - 0,6P} + C_c \\
 &= 0,0882 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Tebal jaket standard yang digunakan 3/16 in (**Brownell & Young, 1958**)

H. Perhitungan pengaduk

Desain pengaduk

Jenis : Turbin impeller daun empat

Kecepatan putaran : 60 put/detik

Efisiensi motor : 80% = 0,8

Viskositas campuran : 14,517 cP = 0,0145 kg/ms

Pengaduk didesain dengan standar sebagai berikut (*Geankoplis, 1997*)

$$D_a : D_i = 1 : 3$$

$$W : D_a = 1 : 5$$

$$C : D_i = 1 : 3$$

$$J : D_i = 1 : 12 \text{ (4 baffle)}$$

$$D_i = \text{Diameter Reaktor} = 1,9 \text{ m}$$

$$D_a = \text{Diameter Pengaduk} = 0,63 \text{ m} = 2,06 \text{ ft}$$

W = Lebar daun pengaduk = 0,126 m

C = Tinggi pengaduk dari dasar = 0,63 m

J = Lebar *Baffle* = 0,157 m

Perhitungan bilangan *Reynolds* (N_{Re})

$$N_{Re} = \frac{D_a^2 N \rho}{\mu} = \frac{(0,63)^2 \times (1) \times (1934,6)}{0,0145} = 52796,43$$

Dari *Figure 3.4-4 (Geankoplis, 1997)* dengan menggunakan kurva 3, untuk pengaduk jenis turbin *impeller* daun enam dengan 4 *baffle*, diperoleh $N_p = 5$.

Perhitungan daya pengaduk (P) :

$$P = \frac{N_p \times N^3 \times D_a^5 \times \rho}{gc}$$

(Geankoplis, 1997)

Dimana :

N = Kecepatan putaran pengaduk = 60 put/detik = 1 rps

D_a = Diameter pengaduk = 0,63 m x 3,208 ft/m = 2,06 ft

ρ = Densitas campuran = 1934,6 kg/m³ = 120,719 lb/ft³

gc = 32,2 ft/det²

$$P = \frac{(5) (1)^3 (2,06ft)^5 (120,719lb/ft^3)}{32,2lb/det^2}$$

$$= 165,10 \text{ ft/lbf.det} \times \frac{1 \text{ HP}}{550 \text{ ft.lbf/det}} = 0,3 \text{ Hp}$$

Perhitungan daya motor (P_m) :

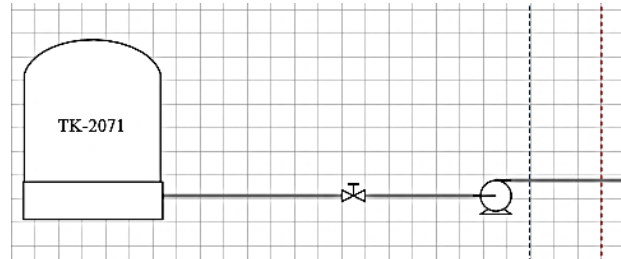
$$P_m = \frac{P}{\eta_m} = \frac{0,3}{0,8} = 0,975 \text{ kw}$$

10.3.2 Pompa

Fungsi : Mengalirkan H₂SO₄ ke *Reaktor*

Tipe : *Centrifugal Pum*

Bahan : *Carbon Steel*



Data :

$$\frac{P_a}{\rho} + \frac{gZ_a}{g_c} + \frac{\alpha_a V_a^2}{2g_c} + \eta W_p = \frac{P_b}{\rho} + \frac{gZ_b}{g_c} + \frac{\alpha_b V_b^2}{2g_c} + h_f$$

- Laju alir massa, m : 5537,80 kg/jam
: 12208,63 lb/jam
- Densitas, ρ : 1823,2 kg/m³
: 113,82 lb/ft³
- Viskositas : 26.20 cP
- Tinggi pompa terhadap cairan masuk, Z_a : 0 m = 0 ft
- Tinggi pompa terhadap cairan keluar, Z_b : 5 m = 16,40 ft
- Panjang pompa hisap, L_s : 4 m = 22,2 ft
- Panjang pompa buang, L_b : 8 m = 25 ft
- Faktor keamanan 10%

(Peter's, Tabel 6)

PROCESS DESIGN DEVELOPMENT 37					
TABLE 6 Factors in equipment scale-up and design					
Type of equipment	Is pilot plant usually necessary?	Major variables for operational design (other than flow rate)	Major variables characterizing size or capacity	Maximum scale-up ratio based on indicated characterizing variable	Approximate recommended safety or over-design factor, %
Agitated batch crystallizers	Yes	Solubility-temperature relationship	Flow rate Heat transfer area	> 100:1	20
Batch reactors	Yes	Reaction rate Equilibrium state	Volume Residence time	> 100:1	20
Centrifugal pumps	No	Discharge head	Flow rate Power input Impeller diameter	> 100:1 > 100:1 10:1	10

(Peter's, Tabel 6)

➤ **Laju Alir Volumetrik**

$$Q_p = \frac{m}{0,9} = \frac{12208,63}{0,9} = 13565,15 \text{ lb/jam} = 3,77 \text{ lb/dtk}$$

$$Q_v = \frac{Q_p}{\rho} = \frac{3,77}{113,82} = 0,0331 \text{ ft}^3/\text{dtk} = 15 \text{ gal/min}$$

➤ **Diameter Optimum, D_{opt}**

Asumsi aliran *Lamniar*

$$D_{opt} = 3,9 \times Q_v^{0,45} \times \rho^{0,13} \quad (\text{Peter. Pers 15, Hal 496})$$

making design estimates:
 For turbulent flow ($N_{Re} > 2100$) in steel pipes

$$D_{i,opt} = 3,9 q_f^{0,45} \rho^{0,13} \quad (15)$$

For viscous flow ($N_{Re} < 2100$) in steel pipes

$$D_{i,opt} = 3,0 q_f^{0,36} \mu_c^{0,18} \quad (16)$$

(Peter, Pers 14.15 Hal 496)

$$= 3,9 \times (0,0331^{0,45}) \times (113,82^{0,13})$$

$$= 1,6 \text{ in} = 2 \text{ in}$$

Dari Appendix 5 Mc. Cabe , hal 1087, diperoleh data sebagai berikut :

Nominal pipe size, in.	Outside diameter, in.	Schedule no.	Wall thickness, in.	Inside diameter, in.	Cross-sectional area of metal, in. ²	Circumference, ft or surface, ft ² /ft of length		Capacity at 1 ft/s velocity		Pipe weight lb/ft	
						Outside	Inside	U.S. gal/min	Water, lb/h		
2	2.375	40	0.154	2.067	1.075	0.02330	0.622	0.541	10.45	5.225	3.65
2½	2.875	40	0.203	2.469	1.704	0.03322	0.753	0.647	14.92	7.460	5.79
3	3.500	40	0.216	3.068	2.228	0.05130	0.916	0.803	23.00	11,500	7.38
3	3.500	80	0.200	2.900	2.016	0.04587	0.916	0.759	20.55	10,275	10.25
3½	4.000	40	0.226	3.548	2.680	0.06870	1.047	0.929	30.80	15,400	9.11
3½	4.000	80	0.318	3.364	3.078	0.08170	1.047	0.881	27.70	13,850	12.31
4	4.500	40	0.237	4.026	3.47	0.08640	1.178	1.054	39.6	19,800	10.78
4	4.500	80	0.337	3.826	4.41	0.07986	1.178	1.002	35.8	17,900	14.98
5	5.363	40	0.258	5.047	4.30	0.1390	1.456	1.321	62.3	31,150	14.62
5	5.363	80	0.375	4.813	6.11	0.1263	1.456	1.260	57.7	28,830	20.78
6	6.625	40	0.280	6.065	5.58	0.2206	1.734	1.588	90.0	45,000	18.97
6	6.625	80	0.432	5.761	8.40	0.1810	1.734	1.508	81.1	40,550	25.57
8	8.625	40	0.322	7.981	8.396	0.3474	2.258	2.089	155.7	77,850	25.55
8	8.625	80	0.500	7.625	12.76	0.3174	2.258	1.996	142.3	71,150	43.39
10	10.75	40	0.365	10.020	11.91	0.5475	2.814	2.620	246.0	123,000	40.48
10	10.75	80	0.594	9.562	18.95	0.4987	2.814	2.503	233.4	111,700	64.40
12	12.75	40	0.406	11.938	15.74	0.7778	3.338	3.13	349.0	174,500	53.56
12	12.75	80	0.688	11.374	26.07	0.7056	3.338	2.98	316.7	158,350	88.57

† Based on ANSI B36.10-1959 by permission of ASME.

(Appendix 5 Mc. Cabe, Hal 1087)

	Suction (a)				Discharge (b)			
IPS	2 in sch 40							
ID	2	in	0,17	ft	2	in	0,17	ft
OD	2,067	in	0,17	ft	2,067	in	0,17	ft
a''	0,0233 ft²							

➤ **Kecepatan aliran, V**

- $V_a = V_b$, karena ukuran pipa hisap dan pipa buang sama
- $Q_v = 0,0331 \text{ ft}^3/\text{s}$
- $a'' = 0,0233 \text{ ft}^2$
- $V = \frac{Q_v}{a''}$
 $= 1,42 \text{ ft/s}$
- $\frac{V^2}{2gc} = \frac{1,42^2}{2 \times 32,17} = 0,03 \text{ ft.lbf/lb}$

SIGNIFICANCE OF DIMENSIONLESS GROUPS.²³ The three dimensionless groups in Eq. (9.14) may be given simple interpretations. Consider the group $nD_a^2\rho/\mu$. Since the impeller tip speed u_2 equals $\pi D_a n$,

$$N_{Re} = \frac{nD_a^2\rho}{\mu} = \frac{(nD_a)D_a\rho}{\mu} \propto \frac{u_2 D_a \rho}{\mu} \quad (9.17)$$

and this group is proportional to a Reynolds number calculated from the diameter and peripheral speed of the impeller. This is the reason for the name of the group.

➤ **Bilangan Reynolds, N_{Re}**

$$N_{Re} = \frac{\rho \times V \times D}{\mu} \quad (\text{Mc. Cabe, Hal. 249})$$

$$N_{Re} = \frac{118,32 \times 1,42 \times 0,17}{0,0128}$$

$$= 2110,94 \text{ (Turbulen)}$$

➤ **Rugi Gesek**

- **Pipa Hisap (Suction)**
- **Rugi gesek akibat bergesekan dengan kulit pipa**

$$- h_{fs} = f \frac{\Delta L}{r_H} \frac{V^2}{2gc}$$

(Mc. Cabe, Pers 5.56)

104 FLUID MECHANICS

where D_i and D_o are the inside and outside diameters of the annulus, respectively. The equivalent diameter of an annulus is therefore the difference of the diameters. Also, the equivalent diameter of a square duct with a width of side b is $4(b^2/4b) = b$.

The hydraulic radius is a useful parameter for generalizing fluid-flow phenomena in turbulent flow. Equation (5.7) can be so generalized by substituting $4r_H$ for D or $2r_H$ for r_w :

$$h_{fs} = \frac{\tau_w}{\rho r_H} \Delta L = \frac{\Delta p_s}{\rho} = f \frac{\Delta L}{r_H} \frac{V^2}{2g_c} \tag{5.56}$$

$$N_{Re} = \frac{4r_H \bar{V} \rho}{\mu} \tag{5.57}$$

(Mc. Cabe, Pers 5.56)

- $r_H = \frac{ID}{4}$

(Mc. Cabe, Hal 103)

Thus, for the special case of a circular tube, the hydraulic radius is

$$r_H = \frac{\pi D^2/4}{\pi D} = \frac{D}{4}$$

(Mc. Cabe, Hal 103)

- $r_h = \frac{0,17 \text{ ft}}{4} = 0,043 \text{ ft}$

- $Nre = 2110,94$

Material pipa yang digunakan adalah *Wrought iron steel* :

- $k = 0,00015 \text{ ft}$

- $k/ID = 0,00015 \text{ ft} / 0,17$

$= 0,00087$

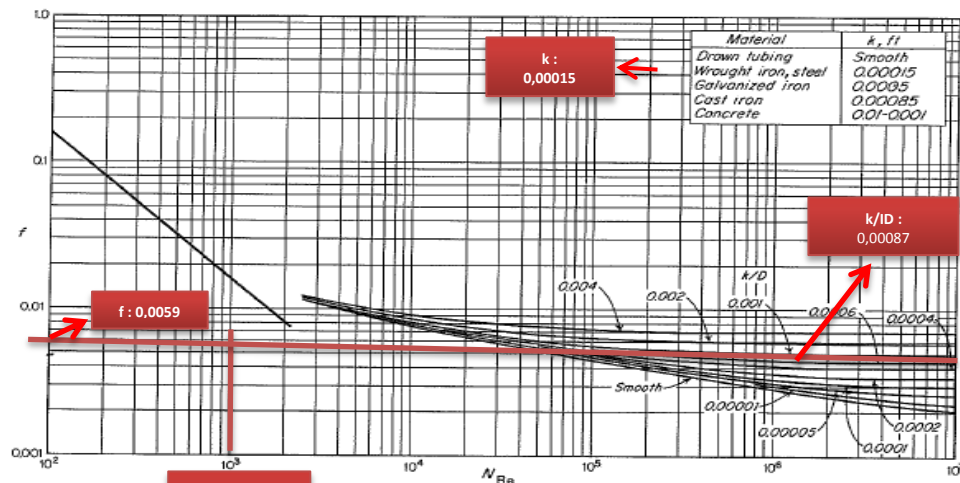


FIGURE 5.9 Friction-factor chart.

(Fig 5.9 Mc. Cabe)

$$\begin{aligned}
 - \quad h_{fsa} &= f \frac{\Delta L}{r_H} \frac{V^2}{2gc} \\
 &= \frac{0,0059 \times 12,8ft \times 0,09ft.lbf/lb}{0,043} \\
 &= 0,0551 ft.lbf/lbf
 \end{aligned}$$

➤ **Rugi gesek akibat *Fitting* (h_{ffa})**

$$- \quad h_{ffa} = K_f \frac{V^2}{2gc}$$

(Mc.Cabe, Pers 5.67)

EFFECT OF FITTINGS AND VALVES. Fittings and valves disturb the normal flow lines and cause friction. In short lines with many fittings, the friction loss from the fittings may be greater than that from the straight pipe. The friction loss h_{ff} from fittings is found from an equation similar to Eqs. (5.59) and (5.65):

$$h_{ff} = K_f \frac{V_a^2}{2g_c} \quad (5.67)$$

where K_f = loss factor for fitting
 V_a = average velocity in pipe leading to fitting

(Mc.Cabe, Pers 5.67)

- Jumlah *gate valve* = 1
- K_f *gate valve* : *elbow 90* = 0,9

(Mc.Cabe, Tabel 5.1)

TABLE 5.1
Loss coefficients for standard threaded pipe fittings†

Fitting	K_f
Globe valve, wide open	10.0
Angle valve, wide open	5.0
Gate valve	
Wide open	0.2
Half open	5.6
Return bend	2.2
Tee	1.8
Elbow	
90°	0.9
45°	0.4

† From J. K. Vennard, in V. L. Streeter (ed.), *Handbook of Fluid Dynamics*, McGraw-Hill Book Company, New York, 1961, p. 3-23.

(Mc.Cabe, Tabel 5.1)

$$h_{ff} = K_f \frac{V^2}{2g_c}$$

$$\begin{aligned} Hh_{ff} &= 0,9 \times 0,03 \\ &= 0,028 \text{ ft.lbf.lb} \end{aligned}$$

Pipa Buang (Discharge)

➤ Rugi gesek akibat gesekan dengan kulit pipa

$$h_{fs} = f \frac{\Delta L}{r_H} \frac{V^2}{2g_c} \quad (\text{Mc. Cabe, Pers 5.56})$$

$$r_H = \frac{ID}{4} \quad (\text{Mc. Cabe, Hal 103})$$

$$r_H = \frac{0,17}{4} = 0,043 \text{ ft}$$

$$N_{Re} = 2110,9$$

Material pipa yang digunakan adalah *Wrought Iron Steel* :

$$k = 0,00015 \text{ ft}$$

(Mc.Cabe, Fig 5.9)

$$\begin{aligned} kk/ID &= 0,00015 \text{ ft} / 0,17 \\ &= 0,00087 \end{aligned}$$

(Mc.Cabe, Fig 5.9)

$$f = 0,0059$$

$$h_{fsb} = f \frac{\Delta L}{r_H} \frac{V^2}{2g_c}$$

$$h_{fsb} = \frac{0,0059 \times 25 \text{ ft} \times 0,03 \text{ ft.lbf/lb}}{0,043}$$

$$= 0,1090 \text{ ft.lbf/lb}$$

➤ Rugi gesek akibat *Fitting* (h_{ff})

$$h_{ffb} = K_f \frac{V^2}{2g_c}$$

(Mc.Cabe, Pers 5.67)

$$\begin{aligned} \text{Jumlah globe valve} &= 1 \\ \text{Kf globe valve} &= 10 \times 1 \\ &= 10 \end{aligned}$$

(Mc.Cabe, Tabel 5.1)

$$\begin{aligned} \text{Jumlah elbow} &= 2 \\ \text{Kf elbow} &= 0,9 \times 2 \\ &= 1,8 \\ h_{\text{ffb}} &= 11,8 \times 0,03 \text{ ft.lbf/lb} \\ &= 0,3702 \text{ ft.lbf/lb} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga rugi gesek total (} h_f \text{)} &= h_{\text{fsuction}} + h_{\text{fdischarge}} \\ &= 0,05511 + 0,028238 + 0,109020 + 0,3702 \\ &= 0,5626 \text{ ft. lbf/lb} \end{aligned}$$

➤ Daya Pompa (BHP)

Daya pompa dapat dihitung dengan menggunakan persamaan *Bernoulli* (Mc. Cabe, Pers, 4.32)

$$\frac{P_a}{\rho} + \frac{gZ_a}{g_c} + \frac{\alpha_a V_a^2}{2g_c} + \eta W_p = \frac{P_b}{\rho} + \frac{gZ_b}{g_c} + \frac{\alpha_b V_b^2}{2g_c} + h_f$$

Atau :

$$\eta W_p = \left(\frac{P_b}{\rho} + \frac{gZ_b}{g_c} + \frac{\alpha_b V_b^2}{2g_c} \right) - \left(\frac{P_a}{\rho} + \frac{gZ_a}{g_c} + \frac{\alpha_a V_a^2}{2g_c} \right) + h_f$$

The mechanical energy delivered to the fluid is, then, ηW_p , where $\eta < 1$. Equation (4.29) corrected for pump work is

$$\frac{P_a}{\rho} + \frac{gZ_a}{g_c} + \frac{\alpha_a V_a^2}{2g_c} + \eta W_p = \frac{P_b}{\rho} + \frac{gZ_b}{g_c} + \frac{\alpha_b V_b^2}{2g_c} + h_f \quad (4.32)$$

Equation (4.32) is a final working equation for problems on the flow of incompressible fluids.

(Mc.Cabe, Pers. 4.32)

Dimana :

$$P_a = P_b$$

$$V_a = V_b$$

$$\rho_a = \rho_b$$

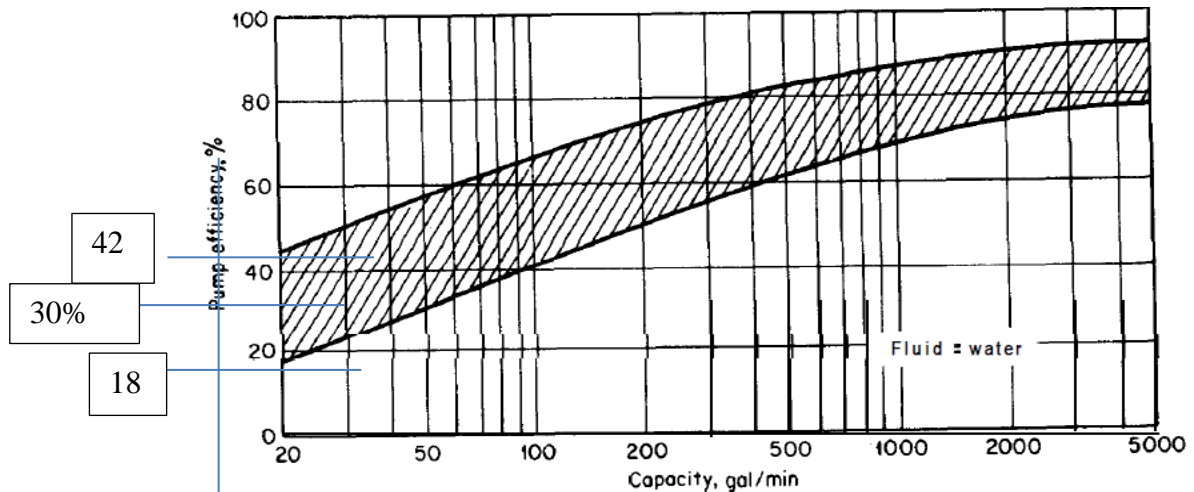
$$g/g_c = 1$$

$$\alpha_a = \alpha_b$$

$$Q_v = 15 \text{ gal/min}$$

$$\eta = 30\%$$

(Peters, Fig. 14.37)



(Peters, Fig. 14.37)

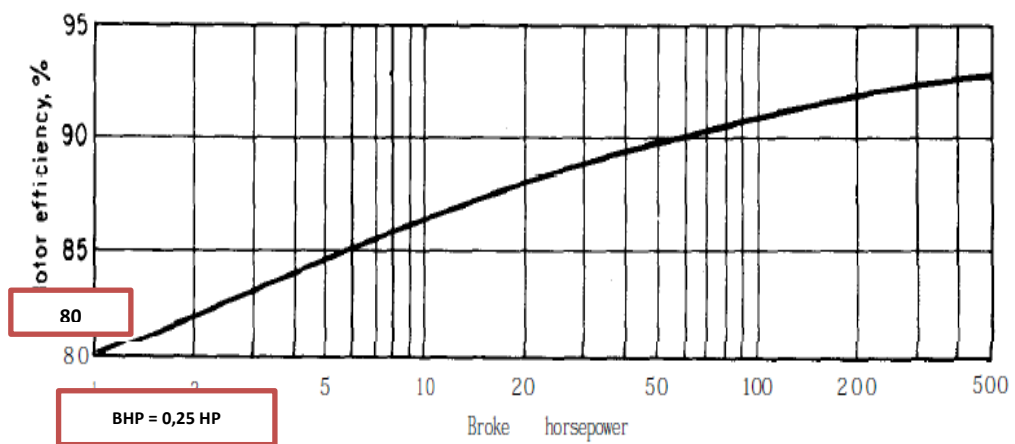
Sehingga persamaan diatas dapat disederhanakan menjadi :

$$\eta W_p = (Z_b - Z_a) + h_f$$

$$W_p = \frac{(16,40 - 0) + 0,5626}{30}$$

$$= 0,57 \text{ ft.lbf/lb}$$

$$\text{BHP} = \frac{W_p \times m}{550}$$



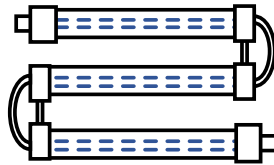
(Peters, Fig 14.38)

$$\begin{aligned} \text{MPH} &= \frac{\text{BHP}}{\eta} \\ &= \frac{0,04}{80\%} = \mathbf{0,31 \text{ Hp}} \end{aligned}$$

10.3.3 Heater

Fungsi : Untuk memanaskan air yang akan masuk reactor

Tipe : *Double Pipe*



Data :

- Fluida panas = *Steam*
 Laju alir, m = 4726433 kg/jam = 10419894,20 lb/jam
 $T_{\text{masuk}} (T_1) = 200 \text{ }^\circ\text{C} = 392 \text{ }^\circ\text{F}$
 $T_{\text{keluar}} (T_2) = 200 \text{ }^\circ\text{F} = 392 \text{ }^\circ\text{F}$
- Fluida dingin = H_2SO_4
 Laju alir, m = 8937,88 kg/jam = 19704,45 lb/jam
 $T_{\text{masuk}} (t_1) = 30 \text{ }^\circ\text{C} = 86 \text{ }^\circ\text{F}$
 $T_{\text{keluar}} (t_2) = 180 \text{ }^\circ\text{C} = 356 \text{ }^\circ\text{F}$
 Beban panas yang dibutuhkan (Q) = 7273 Kkal/jam
 = 26898,91 Btu/jam

1. Menghitung ΔT LMTD

Fluida Panas		Temperatur (F)	Fluida dingin		Selisih	Tavg	tavg
T_1	392	temperatur tinggi	t_2	356	36	588	399
T_2	392	temperatur rendah	t_1	86	306		

$$\begin{aligned} \text{LMTD} &= \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{LN \frac{T_1 - t_2}{T_2 - t_1}} \\ &= \frac{(86 \text{ }^\circ\text{F}) - (306 \text{ }^\circ\text{F})}{LN \frac{36 \text{ }^\circ\text{F}}{306 \text{ }^\circ\text{F}}} \\ &= 126,16 \text{ }^\circ\text{F} \end{aligned}$$

2. Menghitung ΔT LMTD

$$R = \frac{(T_1 - T_2)}{(t_2 - t_1)} = \frac{(392^\circ\text{F})}{(392^\circ\text{F})} = 1$$

$$S = \frac{(t_2 - t_1)}{(T_1 - t_1)} = \frac{(270^\circ\text{F})}{(306^\circ\text{F})} = 0,82$$

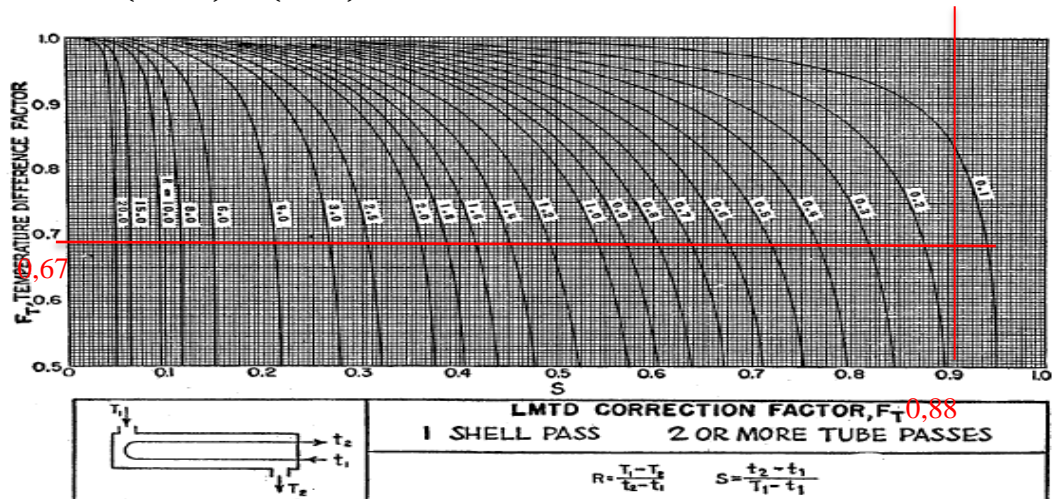


FIG. 18. LMTD correction factors for 1-2 exchangers. (Standards of Tubular Exchanger Manufacturers Association, 2d ed., New York, 1949.)

(DQ. Kern. Figure 18, hal 828)

Sehingga,

$$\begin{aligned} \Delta t \text{ (LMTD Koreksi)} &= \text{LMTD} \times F_T \\ &= 84,53^\circ\text{F} \end{aligned}$$

3. Luas area perpindahan panas, A

Heaters		
Hot fluid	Cold fluid	Overall U_D
Steam	Water	200-700\$
Steam	Methanol	200-700\$
Steam	Ammonia	200-700\$
Steam	Aqueous solutions:	
Steam	Less than 2.0 cp	200-700
Steam	More than 2.0 cp	100-500\$
Steam	Light organics	100-200
Steam	Medium organics	50-100
Steam	Heavy organics	6-80
Steam	Gases	5-50 ¶

$$U_D = 200 \text{ Btu/jam.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$$

$$A = \frac{Q}{U_D \times \text{LMTD}} = \frac{77433,67 \text{ Btu/jam}}{200 \frac{\text{Btu}}{\text{jam}} \cdot \text{ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \times 84,53^\circ\text{F}}$$

$$A = 3,18 \text{ ft}^2$$

Berdasarkan luas (A) < 200 ft², maka digunakan tipe double pipe (Kern, D., 1950, hal 120).

compared with other types of equipment. However, the double pipe exchanger is of greatest use where the total required heat-transfer surface is small, 100 to 200 ft² or less.

4. Spesifikasi *Double Pipe*

Pemilihan ukuran *Double Pipe* berdasarkan Tabel 6.2 hal 110, Kern

TABLE 6.2. FLOW AREAS AND EQUIVALENT DIAMETERS IN DOUBLE PIPE EXCHANGERS

Exchanger, IPS	Flow area, in. ²		Annulus, in.	
	Annulus	Pipe	d_e	d_i
2 × 1¼	1.19	1.50	0.915	0.40
2½ × 1¼	2.63	1.50	2.02	0.81
3 × 2	2.93	3.35	1.57	0.69
4 × 3	3.14	7.38	1.14	0.53

Berdasarkan Tabel 6.2 diperoleh spesifikasi perancangan *Heat Exchanger* tipe *Double Pipe* sebagai berikut.

TABLE 11. DIMENSIONS OF STEEL PIPE (IPS)

Nominal pipe size, IPS, in.	OD, in.	Schedule No.	ID, in.	Flow area per pipe, in. ²	Surface per lin ft, ft. ² /ft.		Weight per lin ft, lb steel
					Outside	Inside	
½	0.405	40*	0.269	0.058	0.106	0.070	0.25
		80†	0.215	0.036		0.056	0.32
¾	0.540	40*	0.364	0.104	0.141	0.095	0.43
		80†	0.302	0.072		0.079	0.54
⅝	0.675	40*	0.493	0.192	0.177	0.129	0.57
		80†	0.423	0.141		0.111	0.74
¾	0.840	40*	0.622	0.304	0.220	0.163	0.85
		80†	0.546	0.235		0.143	1.09
1	1.05	40*	0.824	0.534	0.275	0.216	1.13
		80†	0.742	0.432		0.194	1.48
1¼	1.315	40*	1.048	0.804	0.344	0.274	1.68
		80†	0.957	0.718		0.250	2.17
1½	1.66	40*	1.380	1.50	0.435	0.362	2.28
		80†	1.278	1.28		0.335	3.00
2	1.90	40*	1.610	2.04	0.498	0.422	2.72
		80†	1.500	1.76		0.393	3.64
2½	2.38	40*	2.067	3.35	0.622	0.542	3.66
		80†	1.939	2.95		0.508	5.03
3	2.88	40*	2.469	4.79	0.753	0.647	5.80
		80†	2.323	4.23		0.609	7.67
4	3.50	40*	3.068	7.38	0.917	0.804	7.58
		80†	2.900	6.61		0.760	10.3
6	4.50	40*	4.026	12.7	1.178	1.055	10.8
		80†	3.826	11.5		1.002	15.0
8	6.625	40*	6.065	28.9	1.734	1.590	19.0
		80†	5.761	26.1		1.510	28.6

Dengan spesifikasi sebagai berikut (Tabel 11, Hal 844. D.Q Kern, 1950)

Outer pipe		Inner pipe	
IPS (in)	2	IPS (in)	1,25
Sch No	40	Sch No	40
ID (in)	2,067	ID (in)	1,38
OD (in)	2,38	OD (in)	1,66
a" (ft ² /ft)	0,622	a" (ft ² /ft)	0,435

(DQ. Kern Tabel 11, hal 844)

Annulus (<i>Hot Fluid</i>)	Inner Pipe (<i>Cold Fluid</i>)
<p>5. Flow area, a_a</p> $D_1 = 0,138278 \text{ ft}$ $D_2 = 0,1721811 \text{ ft}$ $a_a = \frac{\pi (D_2^2 - D_1^2)}{4}$ $= \frac{3,14 ((0,1721811 \text{ ft})^2 - 0,138278 \text{ ft}^2)}{4}$ $= 0,008263 \text{ ft}_2$ <p>6. Laju alir massa, G_a</p> $G_a = \frac{W}{a_p} = \frac{91,46 \text{ Ib/jam}}{0,008263 \text{ ft}^2}$ $= 1261100935,33 \text{ Ib/jam.ft}^2$ <p>7. Bilangan Reynold, μ</p> $\mu = 0,0393 \text{ Ib/jam.ft}$ $De = \frac{(2,067^2 - 1,66^2)}{1,66^2}$ $= 0,07615 \text{ ft}$ $Re_a = \frac{De \times G_a}{\mu}$ $= \frac{0,07615 \text{ ft} \times 1261100935,33 \text{ Ib/jam.ft}^2}{0,0393 \text{ Ib/jam.ft}}$ $N_{Re} = 27997911435,8$ <p>8. $jH = 29$</p> <p>Fig 24, Hal 834 D.Q Kern</p> <p>9. Konduktivitas termal</p> $k = 0,0179 \text{ Btu/jam.ft. } ^\circ\text{F}$ <p>Tabel 4 (DQ. Kern hal 800)</p> $C = 0,47 \text{ Btu/Ib } ^\circ\text{F}$ $\left(\frac{c \mu}{k}\right)^{1/3}$ $= \left(\frac{3,6 \text{ Btu/Ib } ^\circ\text{F} \times 0,0458781 \text{ Ib/jam.ft}^2}{0,01825 \text{ Btu/jam.ft}^2\text{F}}\right)$	<p>5'. Flow area, a_p</p> $D = 0,01037 \text{ ft}$ <p>6'. Laju alir massa, G_p</p> $G_p = \frac{W}{a_p} = \frac{91,46 \text{ Ib/jam}}{0,0103733 \text{ ft}^2}$ $= 8816,55 \text{ Ib/jam.ft}^2$ <p>7'. Bilangan Reynold, R_{ep}</p> $\mu = 0,0222 \text{ Ib/jam.ft}$ $Rep = \frac{D \times G_p}{\mu}$ $= \frac{0,01037 \text{ ft} \times 8816,55 \text{ Ib/jam.ft}^2}{0,0222 \text{ Ib/jam.ft}}$ $= 3805,483$ <p>8'. $jH = 1,8$</p> <p>Fig 24, Hal 834 D.Q Kern</p> <p>9'. Konduktivitas termal</p> $k = 0,38537 \text{ Btu/jam.ft. } ^\circ\text{F}$ <p>Tabel 24 (DQ. Kern 801)</p> $C = 0,44 \text{ Btu/Ib. } ^\circ\text{F}$ $\left(\frac{c \mu}{k}\right)^{1/3}$ $= \left(\frac{0,44 \text{ Btu/Ib } ^\circ\text{F} \times 0,0222 \text{ Ib/jam.ft}^2}{0,38537 \text{ Btu/jam.ft}^2\text{F}}\right)$ $= 0,2941 \text{ ft}$ <p>10'. $hi = jh \frac{k}{D} \left(\frac{c \mu}{k}\right)^{1/3}$</p> $= 9 \times \left(\frac{0,38537 \text{ Btu/jam.ft}^2}{0,00958 \text{ ft}}\right) \times 0,2941$ $= 106,47 \text{ Btu/jam.ft}^2\text{F}$ <p>11''. $H_{i0} = h_i \times \frac{ID}{OD}$</p> $= 106,47 \text{ Btu/jam.ft}^2\text{F} \times \frac{0,11495}{1,38}$ $= 8,8696 \text{ Btu/jam.ft}^2\text{F}$

$$10. Ho = jh \frac{k}{D_e} \left(\frac{c \mu}{k} \right)^{1/3} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0.14}$$

$$= 80 \times \left(\frac{0,0179 \text{ Btu / jam.ft}^2}{0,076146 \text{ ft}} \right) \times 0,9654$$

$$= 18,18 \text{ Btu/jam.ft}^2 \text{ F}$$

• Annulus

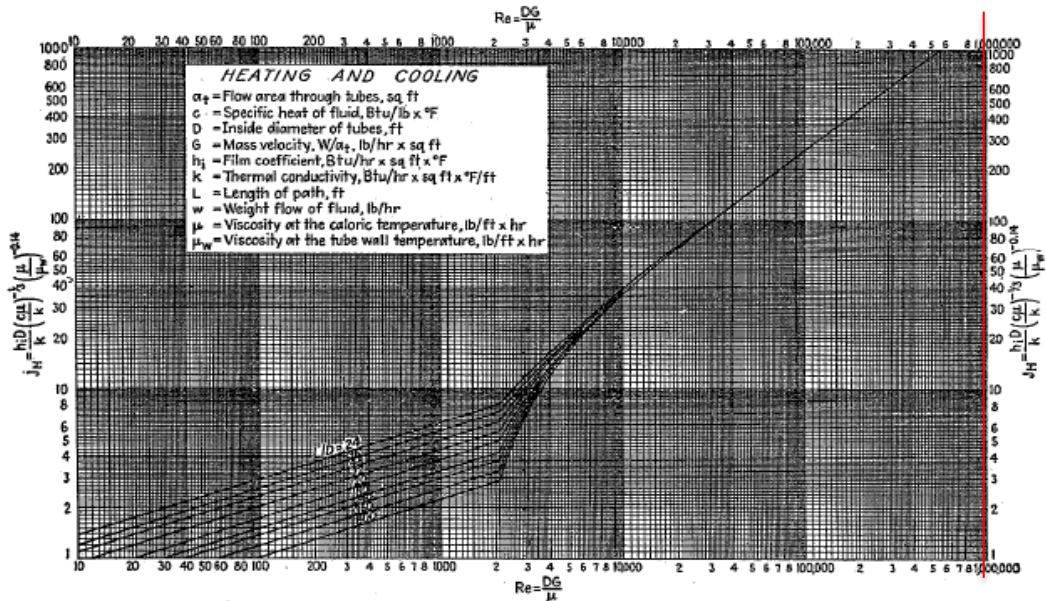


FIG. 24. Tube-side heat-transfer curve. (Adapted from Sieder and Tate.)

Fig 24, Hal 834 D.Q Kern

• Inner Pipe

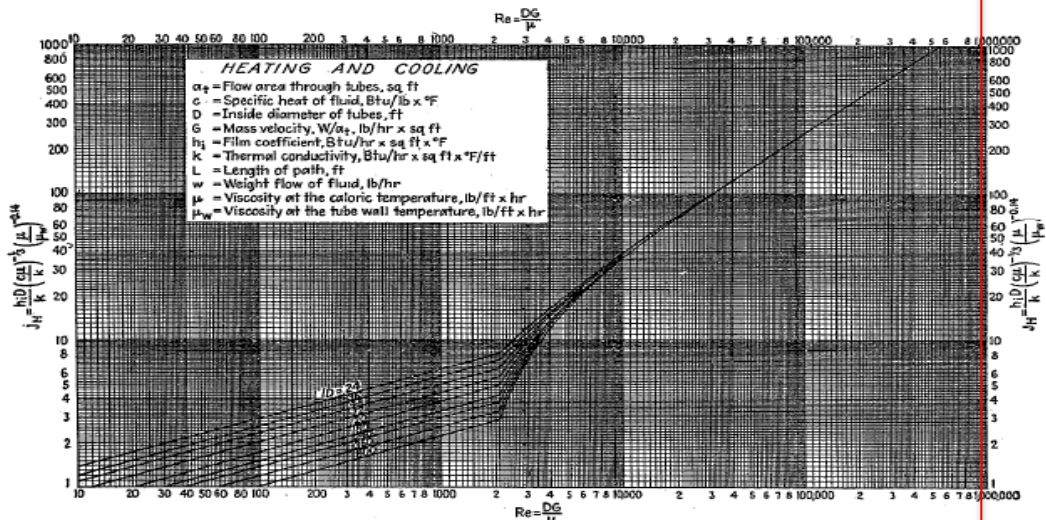


FIG. 24. Tube-side heat-transfer curve. (Adapted from Sieder and Tate.)

Fig 24, Hal 834 D.Q Kern

• *Annulus*

TABLE 5. THERMAL CONDUCTIVITIES OF GASES AND VAPORS.*—(Continued)

Substance	°F	k	Substance	°F	k
Hydrogen and nitrogen	32		Nitric oxide	-94	0.0103
0% H ₂		0.0133		32	0.0138
20%		0.0212	Nitrogen	-148	0.0095
40%		0.0313		32	0.0140
60%		0.0438		122	0.0160
80%		0.0635		212	0.0180
Hydrogen and nitrous oxide	32		Nitrous oxide	-98	0.0067
0% H ₂		0.0002		32	0.0087
20%		0.0170		212	0.0128
40%		0.0270	Oxygen	-148	0.0095
60%		0.0410		-58	0.0119
80%		0.0650		32	0.0142
Hydrogen sulphide	32	0.0076		122	0.0164
				212	0.0185
Mercury	392	0.0197	Pentane (n-)	32	0.0074
Methane	-148	0.0100		68	0.0083
			(iso-)	32	0.0072
				212	0.0127
Methyl alcohol	32	0.0083	Propane	32	0.0087
	212	0.0128		212	0.0151
Acetate	32	0.0059	Sulphur dioxide	32	0.0050
	68	0.0068		212	0.0069
Methyl chloride	32	0.0053	Water vapor	115	0.0120
	115	0.0072		212	0.0137
	212	0.0094			
	363	0.0130		392	0.0187
	413	0.0148		572	0.0248
Methylene chloride	32	0.0039		752	0.0315
	115	0.0049		932	0.0441
	212	0.0063			
	413	0.0095			

* From Perry, J. H., "Chemical Engineers' Handbook," 3d ed., McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, 1950.

Sumber: Tabel 4, Hal 800, D.Q Kern

• *Inner Pipe*

Oxylene (para)	140	0.079	Oleic acid	212	0.0925
Decane (n-)	86	0.085	Palmitic acid	212	0.0835
	140	0.083	Paraldehyde	86	0.084
Dichlorodifluoromethane	20	0.057		212	0.078
	40	0.053	Pentane (n-)	86	0.078
	100	0.048		167	0.074
	140	0.043	Perchloroethylene	122	0.092
Dichloroethane	130	0.038	Petroleum ether	86	0.075
Dichloromethane	122	0.082		167	0.073
	5	0.111	Propyl alcohol (n-)	86	0.099
	36	0.096		167	0.095
Ethyl acetate	68	0.101	Alcohol (iso-)	86	0.091
Alcohol 100%	68	0.105		140	0.080
80%	68	0.127	Sodium	212	49
60%	68	0.176		410	46
40%	68	0.224	Sodium chloride brine 25.0%	86	0.33
20%	68	0.281		86	0.34
100%	122	0.087	12.5%	212	0.0786
Benzene	86	0.086	Stearic acid	86	0.21
	140	0.082	Sulfuric acid 90%	86	0.25
Bromide	68	0.070	60%	86	0.30
Ether	86	0.080	30%	86	0.128
	167	0.078	Sulfur dioxide	5	0.111
Iodide	104	0.064		86	
Ethylene glycol	167	0.063	Toluene	86	0.086
	32	0.153		167	0.084
Gasoline	86	0.078	β-trichloroethane	122	0.077
Glycerol 100%	68	0.164	Trichloroethylene	122	0.080
80%	68	0.189	Turpentine	59	0.074
60%	68	0.220	Vaseline	59	0.106
40%	68	0.259	Water	32	0.330
20%	68	0.378		86	0.356
100%	212	0.164		140	0.381
Heptane (n-)	86	0.081		178	0.398
	140	0.079	Xylene (ortho-)	68	0.090
Hexane (n-)	86	0.080	(meta-)	68	0.090
	140	0.078			

* From Perry, J. H., "Chemical Engineers' Handbook," 3d ed., McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, 1950.

Sumber: Tabel 4, Hal 800, D.Q Kern

11. Clean overall coefficient, U_c

$$\begin{aligned}
 U_c &= \frac{h_{io} \times h_o}{h_{io} + h_o} && \text{(Pers 6.7, Kern)} \\
 &= \frac{8,8696 \text{ Btu/jam.ft F} \times 18,18 \text{ Btu/jam.ft F}}{8,8696 \text{ Btu/jam.ft F} + 18,18 \text{ Btu/jam.ft F}} \\
 &= 2,9313 \text{ Btu/jam. ft F}
 \end{aligned}$$

12. Design overall coefficient, U_D

$$\begin{aligned}
 \frac{1}{U_D} &= \frac{1}{U_C} + R_d \\
 U_D &= 2,914 \text{ Btu/jam.F}
 \end{aligned}$$

13. Dirt Factor, R_d

$$\begin{aligned}
 R_d &= \frac{U_c - U_D}{U_c \times U_D} \\
 &= \frac{5,9611 \text{ Btu/jam.ft F} \times 5,891 \text{ Btu/jam.ft F}}{5,9611 \text{ Btu/jam.ft F} + 5,891 \text{ Btu/jam.ft F}} \\
 &= 0,002 \text{ Btu/jam. ft F}
 \end{aligned}$$

14. Required surface

- External surface (a'') = 0,435 ft^2/ft
- Required length (L) = 251,02 ft

Digunakan panjang pipa efektif *Double Pipe Heat Exchanger* yaitu 20 ft (Hal. 103, D.Q Kern).

Double pipe exchangers are usually assembled in 12-, 15-, or 20-ft effective lengths, the effective length being the distance in *each* leg over which heat transfer occurs and excludes inner pipe protruding beyond the exchanger section. When hairpins are employed in excess of 20 ft in

$$\begin{aligned}
 \text{Banyaknya hairpin yang digunakan} &= \frac{\text{panjang pipa yang dibutuhkan}}{2 \times \text{panjang pipa}} \\
 &= \frac{251,02 \text{ ft}}{2 \times 20 \text{ ft}} \\
 &= 6
 \end{aligned}$$

Maka hairpin yang digunakan adalah 3 buah

15. *Actual design overall coefficient (Ud actual)*

Actual surface = required length x a''

$$= 109,19 \text{ ft}^2$$

$$UD = \frac{Q}{A_x \Delta t} = \frac{77433,67 \text{ Btu/jam}}{64,18 \text{ ft}^2 \times 206,87 F}$$

$$= 1,95 \text{ Btu/jam.ft}^2 F$$

• *Annulus*

PRESSURE DROP	
Annulus (Hot Fluid)	Inner Pipe (Cold Pipe)
<p>1. <i>Actual Dirt Factor (Rd aktual)</i> $De' = (D_2 \times D_1)$ (Kern, Pers. 6.4) $= 0,0339031 \text{ ft}$</p> $Re_a' = \frac{D_e G_a}{\mu}$ <p>$Re_a' = 1087395$</p> $F = 0,0035 + \frac{0,264}{\left(\frac{D_e G_a}{\mu}\right)^{0,42}}$ <p>$= 0,003542$</p> <p>$s = 0,82$ (tabel 6, D.Q Kern)</p> <p>$\rho = 0,82 \times 62,5 = 51,25$</p> <p>2. $\Delta F_a = \frac{4 f G_a 2 L}{2 g \rho^2 D_e}$ $= 2,77 \times 10^{-11} \text{ ft}$</p> <p>3. $V = \frac{G_a}{3600 \rho}$ $= \frac{3157,514224 \frac{lb}{jam \text{ ft}^2}}{3600 \times 5,125 \frac{lb}{ft^3}}$ $= 1,366 \times 10^{-5} \text{ ft/s}$</p> <p>4. $\Delta F_t = 3 \left(\frac{V_a}{2g} \right)$ $= 2 \left(\frac{(0,171138982 \frac{ft}{s})^2}{2 \times 32,2} \right)$ $= 2,319 \times 10^{-11} \text{ ft}$</p>	<p>1. $Re_p = 3805,483$</p> $F = 0,0035 + \frac{0,264}{\left(\frac{D_e G_a}{\mu}\right)^{0,42}}$ <p>$s = 1$ (tabel 6, D.Q, Kern)</p> <p>$\rho = 1 \times 6,25 = 6,25$</p> <p>2. $\Delta F_p = \frac{4 f G_a L}{2 g \rho^2 D_e}$ $= 0,000122 \text{ psi}$</p> <p>3. $\Delta P_p = \Delta \frac{\Delta F_p \rho}{144}$ $= 5,31 \times 10^{-5} \text{ psi}$</p>

$$\Delta P_a = \Delta \frac{(\Delta F_a + \Delta F_t) \rho}{144}$$

$$= 1,20 \times 10^{-8} \text{ psi}$$

- **Annulus**

TABLE 6. SPECIFIC GRAVITIES AND MOLECULAR WEIGHTS OF LIQUIDS

Compound	Mol. wt.	s*	Compound	Mol. wt.	s*
Acetaldehyde.....	44.1	0.78	Ethyl iodide.....	155.9	1.98
Acetic acid, 100 %.....	60.1	1.05	Ethyl glycol.....	88.1	1.04
Acetic acid, 70 %.....	.....	1.07	Formic acid.....	46.0	1.22
Acetic anhydride.....	102.1	1.08	Glycerol, 100 %.....	92.1	1.26
Acetone.....	58.1	0.79	Glycerol, 50 %.....	.....	1.13
Allyl alcohol.....	58.1	0.86	n-Heptane.....	100.2	0.68
Ammonia, 100 %.....	17.0	0.81	n-Hexane.....	86.1	0.66
Ammonia, 26 %.....	.....	0.91	Isopropyl alcohol.....	60.1	0.79
Amyl acetate.....	130.2	0.85	Mercury.....	200.6	13.55
Amyl alcohol.....	88.2	0.81	Methanol, 100 %.....	32.0	0.79
Aniline.....	93.1	1.02	Methanol, 90 %.....	.....	0.82
Anisole.....	108.1	0.90	Methanol, 40 %.....	.....	0.94
Arsenic trichloride.....	181.3	2.16	Methyl acetate.....	74.9	0.93
Benzene.....	78.1	0.88	Methyl chloride.....	50.5	0.92
Brine, CaCl ₂ 25 %.....	.....	1.23	Methyl ethyl ketone.....	72.1	0.81
Brine, NaCl 25 %.....	.....	1.19	Naphthalene.....	128.1	1.14
Bromotoluene, ortho.....	171.0	1.42	Nitric acid, 95 %.....	.....	1.50
Bromotoluene, meta.....	171.0	1.41	Nitric acid, 60 %.....	.....	1.38
Bromotoluene, para.....	171.0	1.39	Nitrobenzene.....	123.1	1.20
n-Butane.....	58.1	0.60	Nitrotoluene, ortho.....	137.1	1.16
i-Butane.....	58.1	0.60	Nitrotoluene, meta.....	137.1	1.16
Butyl acetate.....	116.2	0.88	Nitrotoluene, para.....	137.1	1.29
n-Butyl alcohol.....	74.1	0.81	n-Octane.....	114.2	0.70
i-Butyl alcohol.....	74.1	0.82	Octyl alcohol.....	130.23	0.82
n-Butyric acid.....	88.1	0.95	Pentachloroethane.....	202.3	1.67
i-Butyric acid.....	88.1	0.95	n-Pentane.....	72.1	0.63
Carbon dioxide.....	44.0	1.29	Phenol.....	94.1	1.07
Carbon disulfide.....	76.1	1.26	Phosphorus tribromide.....	270.8	2.85
Carbon tetrachloride.....	153.8	1.60	Phosphorus trichloride.....	137.4	1.57
Chlorobenzene.....	112.6	1.11	Propane.....	44.1	0.59
Chloroform.....	119.4	1.49	Propionic acid.....	74.1	0.99
Chlorosulfonic acid.....	116.5	1.77	n-Propyl alcohol.....	60.1	0.80
Chlorotoluene, ortho.....	126.6	1.08	n-Propyl bromide.....	123.0	1.35
Chlorotoluene, meta.....	126.6	1.07	n-Propyl chloride.....	78.5	0.89
Chlorotoluene, para.....	126.6	1.07	n-Propyl iodide.....	170.0	1.75
Cresol, meta.....	108.1	1.03	Sodium.....	23.0	0.97
Cyclohexanol.....	100.2	0.96	Sodium hydroxide, 50 %.....	.....	1.53
Dibromo methane.....	187.9	2.06	Stannic chloride.....	280.5	2.23
Dichloro ethane.....	99.0	1.17	Sulfur dioxide.....	64.1	1.38
Dichloro methane.....	88.9	1.34	Sulfuric acid, 100 %.....	98.1	1.83
Diethyl oxalate.....	146.1	1.08	Sulfuric acid, 98 %.....	.....	1.84
Diphenyl oxalate.....	119.1	.....	Sulfuric acid, 60 %.....	.....	1.50
Diphenyl.....	154.2	.....	Sulfuric acid, 50 %.....	.....	.....
Dipropyl oxalate.....	174.1	1.02	Tetra chloroethane.....	167.9	1.60
Ethyl acetate.....	88.1	0.90	Tetra chloroethylene.....	165.9	1.63
Ethyl alcohol, 100 %.....	46.1	0.79	Titanium tetrachloride.....	189.7	1.73
Ethyl alcohol, 95 %.....	.....	0.81	Toluene.....	92.1	0.87
Ethyl alcohol, 40 %.....	.....	0.94	Trichloroethylene.....	131.4	1.46
Ethyl benzene.....	106.1	0.87	Vinyl acetate.....	86.1	0.93
Ethyl bromide.....	108.9	1.43	Water.....	18.0	1.0
Ethyl chloride.....	64.5	0.92	Xylene, ortho.....	106.1	0.97
Ethyl ether.....	74.1	0.71	Xylene, meta.....	106.1	0.96
Ethyl formate.....	74.1	0.92	Xylene, para.....	106.1	0.96

* At approximately 68°F. These values will be satisfactory, without extrapolation, for most engineering problems.

Sumber: Tabel 6, D.Q Kern

• *Annulus*

TABLE 6. SPECIFIC GRAVITIES AND MOLECULAR WEIGHTS OF LIQUIDS

Compound	Mol. wt.	s*	Compound	Mol. wt.	s*
Acetaldehyde.....	44.1	0.78	Ethyl iodide.....	155.9	1.98
Acetic acid, 100%.....	60.1	1.05	Ethyl glycol.....	88.1	1.04
Acetic acid, 70%.....	.....	1.07	Formic acid.....	46.0	1.22
Acetic anhydride.....	102.1	1.08	Glycerol, 100%.....	92.1	1.26
Acetone.....	58.1	0.79	Glycerol, 50%.....	.....	1.13
Allyl alcohol.....	58.1	0.86	n-Heptane.....	100.2	0.68
Ammonia, 100%.....	17.0	0.81	n-Hexane.....	86.1	0.66
Ammonia, 26%.....	.....	0.91	Isopropyl alcohol.....	60.1	0.79
Amyl acetate.....	130.2	0.86	Mercury.....	200.6	13.55
Amyl alcohol.....	88.2	0.81	Methanol, 100%.....	32.5	0.79
Aniline.....	93.1	1.02	Methanol, 90%.....	.....	0.82
Anisole.....	108.1	0.90	Methanol, 40%.....	.....	0.94
Arsenic trichloride.....	181.3	2.10	Methyl acetate.....	74.9	0.93
Benzene.....	78.1	0.88	Methyl chloride.....	50.5	0.92
Brine, CaCl ₂ 25%.....	.....	1.23	Methyl ethyl ketone.....	72.1	0.81
.....	.....	1.19	Naphthalene.....	128.1	1.14
Bromotoluene, ortho.....	171.0	1.42	Nitric acid, 95%.....	.....	1.50
Bromotoluene, meta.....	171.0	1.41	Nitric acid, 60%.....	.....	1.35
Bromotoluene, para.....	171.0	1.39	Nitrobenzene.....	123.1	1.20
n-Butane.....	58.1	0.62	Nitrotoluene, ortho.....	137.1	1.16
i-Butane.....	58.1	0.65	Nitrotoluene, meta.....	137.1	1.16
Butyl acetate.....	116.2	0.88	Nitrotoluene, para.....	137.1	1.29
n-Butyl alcohol.....	74.1	0.81	n-Octane.....	114.2	0.70
i-Butyl alcohol.....	74.1	0.82	Octyl alcohol.....	130.23	0.82
n-Butyric acid.....	88.1	0.95	Pentachloroethane.....	202.3	1.67
i-Butyric acid.....	88.1	0.95	n-Pentane.....	72.1	0.63
Carbon dioxide.....	44.0	1.29	Phenol.....	94.1	1.07
Carbon disulfide.....	76.1	1.26	Phosphorus tribromide.....	270.8	2.85
Carbon tetrachloride.....	153.8	1.60	Phosphorus trichloride.....	137.4	1.57
Chlorobenzene.....	112.6	1.11	Propane.....	44.1	0.59
Chloroform.....	119.4	1.49	Propionic acid.....	74.1	0.99
Chlorosulfonic acid.....	116.5	1.77	n-Propyl alcohol.....	60.1	0.80
Chlorotoluene, ortho.....	126.6	1.08	n-Propyl bromide.....	123.0	1.35
Chlorotoluene, meta.....	126.6	1.09	n-Propyl chloride.....	78.5	0.89
Chlorotoluene, para.....	126.6	1.07	n-Propyl iodide.....	170.0	1.75
Cresol, meta.....	108.1	1.03	Sodium.....	23.0	0.97
Cyclohexanol.....	100.2	0.96	Sodium hydroxide, 50%.....	.....	1.53
Dibromo methane.....	187.9	2.09	Selenium chloride.....	200.5	2.23
Dichloro ethane.....	99.0	1.17	Sulfur dioxide.....	64.1	1.38
Dichloro methane.....	88.9	1.34	Sulfuric acid, 100%.....	98.1	1.83
Diethyl oxalate.....	146.1	1.0	Sulfuric acid, 98%.....	.....	1.84
Dimethyl oxalate.....	118.1	1.45	Sulfuric acid, 90%.....	.....	1.90
Diphenyl.....	154.2	0.99	Sulfuryl chloride.....	136.0	1.67
Dipropyl oxalate.....	174.1	1.03	Tetra chloroethane.....	167.9	1.50
Ethyl acetate.....	88.1	0.90	Tetra chloroethylene.....	165.9	1.63
Ethyl alcohol, 100%.....	46.1	0.79	Titanium tetrachloride.....	189.7	1.73
Ethyl alcohol, 95%.....	.....	0.81	Toluene.....	92.1	0.87
Ethyl alcohol, 40%.....	.....	0.94	Trichloroethylene.....	131.4	1.45
Ethyl benzene.....	106.1	0.87	Vinyl acetate.....	86.1	0.93
Ethyl bromide.....	108.9	1.43	Water.....	18.0	1.0
Ethyl chloride.....	84.5	0.95	Xylene, ortho.....	106.1	0.87
Ethyl ether.....	74.1	0.71	Xylene, meta.....	106.1	0.86
Ethyl formate.....	74.1	0.92	Xylene, para.....	106.1	0.86

* At approximately 68°F. These values will be satisfactory, without extrapolation, for most engineering problems.

Sumber: Tabel 6, D.Q Kern

10.3.4 Filter Press

Fungsi : Memisahkan Al(OH)₃ sisa hasil reaksi dari filtrat

Typ : *Plate and frame filter press*

Bahan : *Carbon steel (SA-285 grade A)*

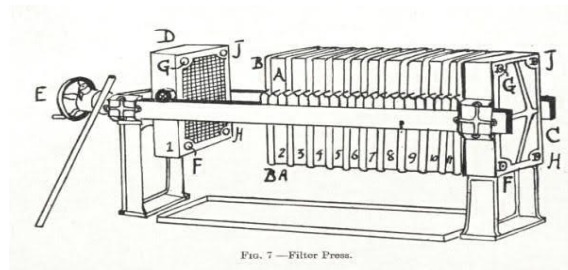


FIG. 7—Filter Press.

Data :

Laju alir umpan : 12071,089 kg/jam

Massa cake : 250,406 kg/jam

Densitas cake : 50,201 kg/nm³

Filtrat : 11348,51 kg/jam
 Densitas filtrat : 1884,4 kg/m³

A. Luas permukaan

Luas permukaan yang efektif dihitung dengan persamaan sebagai berikut (Foust, 1979) :

$$L \times A (1-E) \rho_s = (V + E \times L \times A) \times \rho \left(\frac{W}{1-W} \right)$$

Dimana :

- L = Tebal *cake* pada *frame* (m)
- A = Luas penyaring efektif (m²)
- E = Porositas partikel = 0,32 (Standardnya antara 0-1)
- ρ_s = Densitas *Sludge* (kg/m³)
- ρ = Densitas *Filtrat* (kg/m³)
- V = Volume *filtrat* hasil penyaringan (m³)
- W = Fraksi massa *sludge* dalam umpan

Beroperasi selama 1 jam :

$$\begin{aligned} \text{Volume penyaringan} &= \frac{\text{Laju alir massa filtrate}}{\text{Densitas filtrate}} \\ &= \frac{11348,51 \text{ kg/jam}}{1884,4 \text{ kg/m}^3} \\ &= 6,02 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume sludge} &= \frac{\text{Laju alir massa cake}}{\text{Densitas cake}} \\ &= \frac{250,406 \text{ kg/jam}}{50,201 \text{ kg/m}^3} \\ &= 4,99 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Tebal *sludge* yang diestimasi pada *frame* = 0,4 cm = 0,004m

$$W = \frac{\text{Laju alir massa cake}}{\text{Laju alir massa filtrate}} = \frac{250,406 \text{ kg/jam}}{11348,51 \text{ kg/jam}} = 0,02$$

Dirancang setiap *plate* mempunyai luas 4,0 m², maka luas penyaringan :

$$\begin{aligned} L \times A (1-E) \rho_s &= (V + E \times L \times A) \times \rho \left(\frac{W}{1-W} \right) \\ &= 0,004 \times A (1-0,32) 3424,64 = (755,11 + 0,32 \times 0,004 \times A) \times 1147,94 \\ &\quad \left(\frac{0,0737}{1-0,0737} \right) \\ &= 43,94 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

B. Jumlah plate (n)

$$\begin{aligned}\text{Jumlah } plate \text{ (n)} &= \frac{\text{Luas penyaringan}}{\text{Luas setiap } plate} \\ &= \frac{43,94 \text{ m}^2}{4,0 \text{ m}^2} = 9 \text{ buah}\end{aligned}$$

Faktor keamanan, $f_k = 10\% = 0,1$

$$\begin{aligned}\text{Maka, jumlah } plate \text{ yang dibutuhkan (n)} &= 1,1 \times 9 \\ &= 9,9 \approx 10 \text{ buah}\end{aligned}$$

Sehingga jumlah *frame* = 10 buah

$$\text{Jumlah } plate = 10 \text{ buah}$$